РУКОВОДСТВО
ПО РЕВИЗИИ И НАЛАДКЕ ГЛАВНЫХ ВЕНТИЛЯТОРНЫХ УСТАНОВОК ШАХТ



gost.e-ecolog.ru

УТВЕРЖДЕНО

Энергомеханическим
управлением
Министерства угольной
промышленности СССР

15 января 1979 г.

РУКОВОДСТВО
ПО РЕВИЗИИ И НАЛАДКЕ ГЛАВНЫХ ВЕНТИЛЯТОРНЫХ УСТАНОВОК ШАХТ

МОСКВА «НЕДРА» 1981

УДК 621.63.004.5:622.3.012.2

Руководство по ревизии и наладке главных вентиляторных установок шахт/ А. С. Гофман, И. С. Меламед, И. Т. Цуцык и др.— М., Недра, 1981. 336 с.

В руководстве изложены методика и объем работ по ревизии и наладке механического и электрического оборудования главных вентиляторных установок шахт, серийно выпускаемого отечественными заводами; описаны конструкции основных узлов вентиляторов и схемы управления приводными двигателями; отражены вопросы автоматизации, защиты и контроля работы вентиляторных установок, а также методика балансировки роторов; даны основные указания по эксплуатации вентиляторных установок и устранению характерных неисправностей в работе оборудования; рассмотрены вопросы повышения экономичности действующих вентиляторов; приведены справочные данные, методика проверочных расчетов и указания по технике безопасности.

Руководство предназначено для персонала специализированных наладочных бригад, выполняющих работы по ревизии и наладке главных вентиляторных установок шахт на предприятиях угольной промышленности, а также для слесарей и инженерно-технических работников шахт, занимающихся эксплуатацией и ремонтом вентиляторных установок, и может быть использовано в учебных комбинатах, готовящих специалистов по обслуживанию главных вентиляторных установок шахт.

Табл. 89, ил. 229, список лит.— 40 назв.

Авторы: **А. С. Гофман, И. С. Меламед, И. Т. Цуцык, В. И. Горбатовский, Н. И. Свищев, Л. И. Дягилев, В. А. Сидоренко, В. Р. Бежок, Ж. В. Вискин, Н. И. Срибный, В. И. Дубровский, А. М. Имшенецкий и Н. М. Баранов.**

Редакционная коллегия: **А. И. Григорьев, В. Р. Бежок, Н. И. Волощенко, В. В. Дегтярев, В. Е. Кожухов, В. А. Попов, А. В. Сапилов, Г. А. Бабак, К. П. Бочаров, Л. В. Седаков.**

Рецензент — Энергомеханическое управление Минуглепрома СССР

Александр Сергеевич Гофман
Илья Семенович Меламед
Иван Тихонович Цуцык и др.

РУКОВОДСТВО ПО РЕВИЗИИ И НАЛАДКЕ ГЛАВНЫХ ВЕНТИЛЯТОРНЫХ УСТАНОВОК ШАХТ

Редактор издательства *Е. Г. Вороновская*
Переплет художника *Ю. Е. Фомина.* Художественный редактор *О. Н. Зайцева.*
Технический редактор *Л. Н. Шиманова.* Корректор *М. П. Курылева*
ИБ № 4341

Сдано в набор 21.10.80. Подписано в печать 24.03.81. Т-06064. Формат 60×90¹/₁₆. Бумага книжно-журнальная. Гарнитура «Литературная». Печать высокая. Усл. печ. л. 21,0. Усл. кр.-отт. 21,0. Уч.-изд. л. 27,83. Тираж 14500 экз. Заказ 2435/8421—12. Цена 1 р. 70 к.

Издательство «Недра», 103633, Москва, К-12, Третьяковский проезд, 1/19.

Ленинградская типография № 4 ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 191126, Ленинград, Социалистическая ул., 14.

Р $\frac{30704—145}{043(01)—81}$ 231—81 2501020000

© Издательство «Недра», 1981

ПРЕДИСЛОВИЕ

Главные шахтные вентиляторные установки являются важнейшими объектами энергомеханического хозяйства шахт, от надежности работы которых зависят здоровье, производительность и безопасность труда шахтеров. Эти установки должны работать с высоким к. п. д., так как они являются одним из основных потребителей электроэнергии.

Высокая надежность и экономичность работы главных вентиляторных установок могут быть обеспечены их правильным обслуживанием при эксплуатации, а также проведением периодических ревизий, ремонтов, наладок и испытаний.

Настоящее Руководство содержит основные материалы по вопросам ревизии и наладки главных вентиляторных установок, которые в соответствии с Правилами безопасности в угольных и сланцевых шахтах должны проводиться специализированными организациями не реже одного раза в два года. В Руководстве отражен многолетний опыт работы наладочных управлений треста Донецкуглеавтоматика и ряда других наладочных организаций Министерства угольной промышленности СССР.

Неотъемлемой частью настоящего Руководства являются Единые формы технической документации по ревизии и наладке главных вентиляторных установок угольных и сланцевых шахт ВУ — 77, утвержденные Энергомеханическим управлением Министерства угольной промышленности СССР.

Проект Руководства рассматривался в МакНИИ, Донгипроуглемаше, Институте горной механики и технической кибернетики им. М. М. Федорова, Министерстве угольной промышленности УССР, Карагандинском производственном объединении по добыче угля (Карагандауголь), Государственном шахтоспецмонтажном тресте Ворошиловградуглеавтоматика, Всесоюзном специализированном монтажно-наладочном тресте Энергоуголь, на Донецком машиностроительном заводе им. Ленинского комсомола Украины и Артемовском машиностроительном заводе, которые сделали ряд существенных замечаний. Эти замечания были учтены в настоящем Руководстве.

В целях обобщения опыта по ревизии и наладке главных вентиляторных установок шахт, а также учета пожеланий работников угольной промышленности замечания и предложения по данному Руководству просим направлять в Энергомеханическое управление Министерства угольной промышленности СССР.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. ЦЕЛЬ РЕВИЗИИ И НАЛАДКИ ГЛАВНЫХ ВЕНТИЛЯТОРНЫХ УСТАНОВОК

Ревизия и наладка главных вентиляторных установок должны производиться в соответствии с требованиями § 166 Правил безопасности в угольных и сланцевых шахтах не реже 1 раза в два года. Указанные работы выполняются специализированной организацией.

Наладочные работы на главных вентиляторных установках проводят с целью:

выявления и устранения всех неисправностей вентиляторной установки. Неисправности устраняются в зависимости от их характера соответствующими организациями;

определения работоспособности всех узлов вентиляторной установки;

обеспечения безаварийной и бесперебойной работы вентиляторов;

продления срока службы установки;

повышения экономичности работы;

выявления и устранения несоответствий проекту в установленном оборудовании, аппаратуре, схемах управления.

При проведении наладочных работ заменяют изношенные детали и узлы: подшипники, соединительные муфты, лопатки, рабочие колеса, промежуточные валы и т. д.

Целесообразно на вновь вводимых вентиляторных установках участие представителей наладочного управления в контрольном осмотре установленного оборудования с целью проверки соответствия качества строительно-монтажных работ требованиям СНиП III-И.6-67. Шахта должна вызвать представителей наладочного управления перед подливкой фундаментных плит. При контрольном осмотре необходимо обратить особое внимание на:

качество фундамента;

качество прилегания фундаментных плит, степень затяжки анкерных болтов;

расположение прокладок, их количество и затяжку;

равномерность зазоров между сталью статора и ротора по вертикальной и горизонтальной осям;

возможность вертикального смещения подшипниковых узлов;

отсутствие следов ударов, изгибов и других деформаций элементов вентиляторной установки, возникших в процессе монтажных работ.

Если все контрольные зазоры смонтированной вентиляторной установки находятся в пределах соответствующих допусков, представители наладочного управления могут дать письменное согласие на подливку смонтированного оборудования.

При обнаружении заводских дефектов изготовления или дефектов монтажа оборудования и аппаратуры управления на вновь вводимых вентиляторных установках наладочная организация обязана выдать рекомендации шахте по привлечению завода-изготовителя, завода-поставщика или строительно-монтажной организации к устранению дефектов.

Вентиляторы с диаметром роторов до 2500 мм обкатывают на предприятии-изготовителе. Продолжительность обкатки — не менее 24 ч. Вентиляторы с диаметром роторов свыше 2500 мм предприятие-изготовитель обкатывает у потребителя. Продолжительность обкатки — не менее 24 ч.

1.2. ОБЪЕМ РАБОТ ПО РЕВИЗИИ И НАЛАДКЕ ГЛАВНЫХ ВЕНТИЛЯТОРНЫХ УСТАНОВОК

При ревизии и наладке главных вентиляторных установок специализированные наладочные бригады должны выполнить следующие работы:

выяснить наличие и состояние технической документации;

проверить состояние фундамента, затяжку фундаментных болтов, рам, кожухов, диффузоров, обтекателей;

произвести ревизию рабочих колес, направляющих и спрямляющих аппаратов;

произвести ревизию и наладку подшипников качения, скольжения и системы маслосмазки подшипников;

проверить соосность валов;

выполнить ревизию и наладку соединительных муфт;

проверить и отрегулировать тормоза вентиляторов;

произвести ревизию и наладку реверсивных и переключающих устройств;

отбалансировать, при необходимости, роторы вентиляторов;

проверить защитное заземление;

произвести ревизию и наладку высоковольтных и низковольтных распределительных устройств;

проверить и наладить приводные двигатели, станции управления приводными двигателями, аппараты контроля и защиты;

произвести ревизию и наладку возбудителей, вспомогательных двигателей, генераторов и пускорегулирующей аппаратуры к ним;

проверить и наладить схемы автоматизации и дистанционного управления, исправить ошибки в маркировке;

выполнить наладку контрольно-измерительных приборов;

произвести замеры режимных параметров вентилятора;

проинструктировать обслуживающий персонал.

При вводе в эксплуатацию вновь смонтированных установок в объем ревизии и наладки дополнительно входят: испытание электрооборудования в соответствии с требованиями Правил устройств электроустановок; пробный пуск вентиляторов, обкатка их на холостом ходу и под нагрузкой.

1.3. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ РАБОТ ПО РЕВИЗИИ И НАЛАДКЕ ГЛАВНЫХ ВЕНТИЛЯТОРНЫХ УСТАНОВОК

1.3.1. Подготовительные работы

Приступая к наладочным работам, следует:

1) получить данные о категории шахты по газу, графики текущих ремонтов и осмотров установки, данные о требуемой производительности и существующем вентиляционном режиме;

2) проверить наличие проектной документации, чертежей основных узлов, инструкций по эксплуатации, технических условий и паспортов на вентиляторы завода-изготовителя;

3) ознакомиться со схемой каналов и устройствами реверсирования воздушной струи;

4) проверить наличие и правильность заполнения технической документации.

В здании вентилятора, а для автоматизированных установок также и в пункте управления должны быть вывешены: схема реверсирования вентиляторной установки, схема электроснабжения, индивидуальные характеристики вентиляторов и инструкция для машиниста (работника, обслуживающего пульт управления вентиляторной установкой). Машинист вентилятора, а при автоматизированных вентиляторных установках работник, обслуживающий пульт управления, обязан вести Книгу учета работы вентилятора. На шахте, кроме того, должны вести Книгу осмотра вентиляторных установок и проверки реверсирования;

5) после ознакомления с документацией и опроса обслуживающего персонала следует установить основные неполадки и аварии, возникавшие при эксплуатации вентиляторной установки;

6) изучить отчеты по проводимым ранее наладочным работам;

7) проверить наличие и состояние противопожарных устройств, средств пожаротушения и инструментов;

8) произвести внешний осмотр вентиляторной установки. Во время работы вентиляторов обратить внимание на наличие стуков и вибраций, проверить нагрев подшипников и обмоток электродвигателей, состояние фундаментов, наличие внешних утечек и т. д. При остановленном вентиляторе произвести осмотр рабочего колеса, вентиляционных каналов, обтекателя, подшипников, расположенных в канале вентилятора, диффузора, спрямляющих и направляющих аппаратов и т. д.;

9) составить совместно с главным механиком шахты график ведения наладочных и ремонтных работ. График должен быть утвержден главным инженером шахты.

1.3.2 Порядок проведения наладочных работ

Работы по ревизии и наладке главных вентиляторных установок проводят согласно утвержденному графику.

Все работы необходимо выполнять в соответствии с технической документацией заводов-изготовителей и проектных организаций, с соблюдением требований Правил безопасности в угольных и сланцевых шахтах, Правил технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт, Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей.

Работы по ревизии и наладке вентилятора производятся на остановленном и заторможенном вентиляторе при обесточенной и заблокированной схеме питания приводного двигателя. Исключением являются работы по замеру производительности и мощности вентилятора, а также наладке схемы управления. В первую очередь следует выполнять работы на вентиляторе, находящемся в худшем состоянии.

Наладочная бригада по окончании рабочего дня должна обеспечить полную работоспособность вентиляторной установки. В отдельных случаях допускается оставлять резервный вентилятор в нерабочем состоянии, но при этом о необходимости вывода вентилятора из состояния резерва на срок более суток должен ставиться в известность главный механик шахты, об этом должна быть сделана запись в Книге учета работы вентилятора.

В процессе ревизии и наладки по возможности устраняют все выявленные неисправности. Не приводящие к аварии вентилятора дефекты, которые не могут быть устранены в период наладки, должны быть отражены в отчете. Работы по устранению таких дефектов включаются в общий план мероприятий по ремонту главной вентиляторной установки.

При обнаружении неисправностей, способных повлечь аварию, и невозможности их немедленного устранения следует поставить об этом в известность руководство шахты и сделать запись в Книге осмотра вентиляторных установок и проверки реверсирования.

Все изменения, произведенные наладочной бригадой в процессе ревизии и наладки, должны быть обоснованы и предварительно согласованы с главным механиком шахты, а при необходимости и с проектной организацией или заводом-изготовителем и обязательно оформлены документами (чертежами, эскизами, расчетами и т. д.). Документы подлежат хранению на правах паспорта. После проведения работ, связанных с разборкой или заменой отдельных узлов и внесения принципиальных изменений в схему управления, следует произвести обкатку вентилятора в течение 72 ч.

На время обкатки должно быть обеспечено постоянное наблюдение за работой установки обслуживающим персоналом шахты.

Все работы по ревизии и наладке должны производиться при непосредственном участии лиц обслуживающего персонала шахты. Руководитель нала-

дочной бригады обязан ознакомить указанных лиц с обнаруженными неисправностями и способами их устранения.

После окончания ревизии и наладки руководитель наладочной бригады должен проинструктировать обслуживающий персонал о правильной эксплуатации и уходе за вентиляторной установкой. В процессе инструктажа обслуживающий персонал должен быть ознакомлен со всеми дополнениями и изменениями, произведенными наладочной бригадой.

1.3.3. Определение режимных параметров главной вентиляторной установки

Во время проведения наладочных работ необходимо:

определить фактический режим работы вентилятора и, в случае необходимости, установить более эффективный;

определить относительную величину суммарных подсосов (утечек) воздуха и дать рекомендации по ее уменьшению.

С этой целью проводят контрольные замеры. Замеры производят после завершения всех работ по ревизии и наладке механической и электрической частей вентилятора. Результаты замеров и выводы следует согласовать с начальником участка ВТБ и главным механиком шахты.

После регулирования режима работы вентилятора необходимо произвести повторные контрольные замеры. Данные всех замеров и расчетов должны быть отражены в отчете.

1.3.4. Оформление отчетно-технической документации

По результатам произведенных работ руководитель заполняет Отчет по ревизии и наладке вентиляторного агрегата (см. сборник Единых форм технической документации по ревизии и наладке главных вентиляторных установок угольных и сланцевых шахт ВУ — 77). Если главная вентиляторная установка состоит из двух вентиляторных агрегатов, то отчет составляют по каждому агрегату. Для главных вентиляторных установок, состоящих из одного агрегата с резервным двигателем, составляют один отчет с дополнительными формулярами на оборудование и аппаратуру резерва.

Отчет в двух экземплярах утверждает главный инженер наладочного управления. Один экземпляр отчета представляется шахте, другой — является архивным экземпляром наладочного управления. К отчету по ревизии и наладке действующих главных вентиляторных установок прилагают: принципиальную схему электроснабжения, управления, защиты и сигнализации[1]; схему вентиляционных каналов и реверсирования воздушной струи; индивидуальные характеристики вентиляторов; карты маслосмазки; рекомендации по улучшению состояния и повышению эффективности работы вентиляторных установок; список лиц, ответственных за эксплуатацию, с которыми проведен инструктаж.

При ревизии и наладке вновь смонтированных установок к отчету дополнительно прилагают протоколы испытания электрооборудования и кабельных линий в соответствии с требованиями ПБ и ПУЭ.

Окончание работ оформляется Актом окончания ревизии и наладки вентиляторного агрегата. Акт составляется в трех экземплярах, подписывается представителями шахты и наладочного управления, он является документом, подтверждающим проведение ревизии и наладки в объеме, предусмотренном Руководством по ревизии и наладке главных вентиляторных установок, и определяющим техническое состояние вентиляторного агрегата, а также его пригодность к дальнейшей нормальной эксплуатации. Акт окончания ревизии и наладки действителен до оформления окончания следующей периодической ревизии и наладки, но не более чем два года.

---

[1] При выполнении исполнительной принципиальной схемы электроснабжения, управления, защиты и сигнализации наладочная организация должна на схеме указывать номер проекта (при его наличии), кем и когда он разработан, а также произведенные изменения и дополнения с указанием даты их внесения.

2. КОНСТРУКЦИИ И ПАРАМЕТРЫ ВЕНТИЛЯТОРНЫХ УСТАНОВОК

Главные вентиляторные установки предназначены для проветривания выработок угольных шахт. По принципу действия вентиляторы делятся на осевые и центробежные. Осевые вентиляторы применяют для проветривания шахт со статическим давлением 5,5—300 даН/м², а центробежные — соответственно для шахт с давлением 250—800 даН/м². В настоящее время в эксплуатации находятся следующие типы вентиляторов: осевые В-УПД, ВОК, ВОКД, ВОКР, ВОД; центробежные ВЦО, ВЦ, ВЦД, ВРЦД, ВЦЗ.

2.1. ЭЛЕМЕНТЫ ГЛАВНОЙ ВЕНТИЛЯТОРНОЙ УСТАНОВКИ ШАХТЫ

В состав главной вентиляторной установки шахты входят вентилятор с присоединенными к нему входными и выходными элементами: подводящим каналом, диффузором, выходной частью и вспомогательными устройствами для переключения и реверсирования воздушной струи. Кроме того, вентиляторная установка включает в себя электродвигатели с пускорегулирующими устройствами, аппаратуру контроля работы подшипников вентиляторов и электродвигателей, аппаратуру дистанционного управления, звукопоглощающее устройство.

Главные вентиляторные установки шахты состоят из двух самостоятельных вентиляторных агрегатов, причем один из них является резервным.

На действующих негазовых шахтах главные вентиляторные установки могут состоять из одного агрегата с резервным двигателем.

На рис. 2.1 показаны план и разрез вентиляторной установки с осевыми вентиляторами ВОКД.

Вентиляторы диаметром до 1,8 м располагают вне здания. Там же находятся ляды, шиберы, лебедки, блочки, канаты, строительные сооружения (каналы, глушители шума). В здании расположены двигатели, электроаппаратура, лебедки реверсивных и переключающих устройств, аппаратура автоматики и дистанционного управления, маслостанции и другое вспомогательное оборудование. Вентиляторы диаметром 2,4; 3,0 и 3,6 м, имеющие закрылки направляющих аппаратов, располагают в здании.

Реверсивные устройства осевых вентиляторов выполняют по схеме, приведенной на рис. 2.1. Исключение составляют установки с реверсивными вентиляторами ВОКР и ВОД, обеспечивающими подачу в шахту необходимого в аварийных случаях количества воздуха за счет изменения направления вращения приводного двигателя без применения обводного канала и всасывающей будки.

Схема предусматривает применение шести ляд: по одной — для всасывающей будки и канала, две — для диффузоров и две — для переключения. Все ляды имеют уплотнения, к которым они прижимаются за счет перепада давления, т. е. являются самоуплотняющимися. При работе вентилятора в режиме всасывания ляда канала поднята, а ляды всасывающей будки и диффузоров опущены. Переключающая ляда рабочего вентилятора поднята, а резервного — опущена. Воздух из шахты через подводящий канал поступает в вентилятор и выбрасывается в атмосферу.

Для перехода в режим нагнетания производят следующие переключения: ляду канала опускают, изолируя всас вентилятора от шахты, ляду всасывающей будки поднимают, открывая доступ атмосферному воздуху в вентилятор, ляду диффузора поднимают, соединяя диффузор с обводным каналом. В результате указанных переключений атмосферный воздух нагнетается через обводной канал в шахту. Из одного положения в другое ляды переставляются лебедками при помощи канатов, перекинутых через блочки.

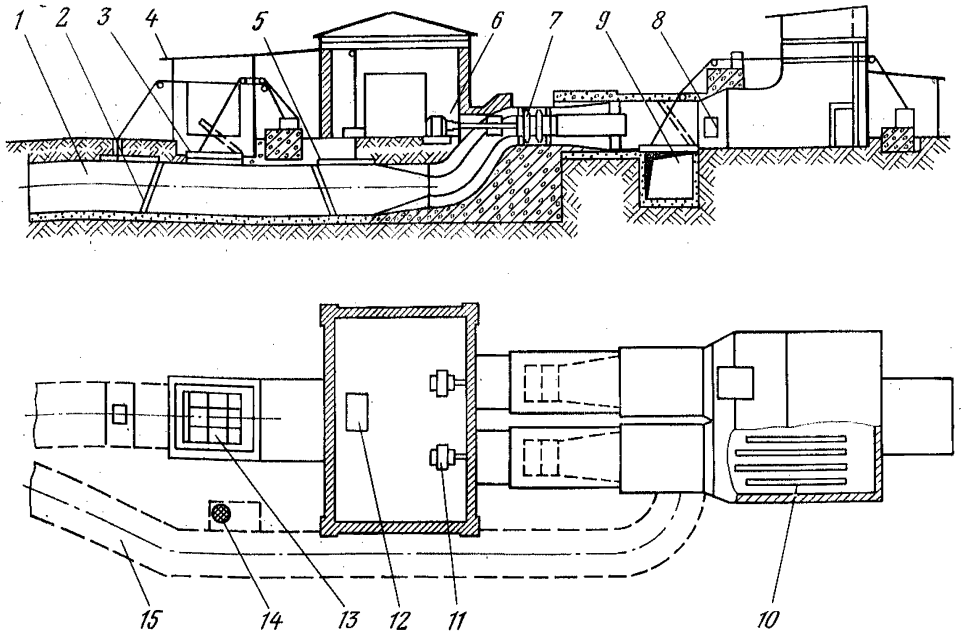


Рис. 2.1. Шахтная вентиляторная установка с осевыми вентиляторами ВОКД:
1 — главный вентиляционный канал; *2* — перекрывающая ляда; *3* — рама атмосферной яды; *4* — атмосферная будка; *5* — переключающая ляда; *6* — здание вентиляторной установки; *7* — рабочее колесо; *8* — ремонтные люки; *9* — ляда диффузора; *10* — глушитель шума; *11* — электродвигатель; *12* — лебедки; *13* — атмосферная ляда; *14* — лаз в канал; *15* — обводной канал

Таблица 2.1

Параметры	Лебедки			
	ЛРУ-4	ЛГРУ-10М	ЛР-2	ЛРУ-1-2М
Тяговое усилие, кН	40	100	20	40
Скорость движения каната, м/с	0,072	0,042	0,1	0,07
Диаметр тягового каната, мм	19,5	26	15,5	19,5
Число слоев навивки	1	2	1	1
Полезная канатоемкость, м	9	15	6	9
Масса лебедки, кг	795	1430	320	760
Мощность двигателя, кВт	5,5	5,5	2,8	5,5
Частота вращения двигателя, об/мин	1445	1445	950	1450

Технические характеристики лебедок приведены в табл. 2.1. Лебедка состоит из барабана, редуктора, фрикциона, приводного электродвигателя и концевых выключателей. Фрикцион предотвращает обрыв каната при переподъеме или заклинивании ляды. Лебедка смонтирована на сварной раме, которая анкерными болтами крепится к бетонному фундаменту.

Центробежные вентиляторы имеют аналогичную схему реверсирования. Для крупных центробежных вентиляторов подводящие, обводные каналы и диффузоры выполняются в виде блочной конструкции, позволяющей сократить площадь застройки и объем строительных работ.

Осевые вентиляторы при больших окружных скоростях рабочего колеса создают интенсивный шум высокого тона. Для борьбы с шумом применяют глушители, состоящие из нескольких параллельных стенок, с зазорами между

ними 400—450 мм, которые делят выходящий из вентилятора воздушный поток на отдельные струи. Стенки глушителя выкладывают из пустотелых звукопоглощающих блоков размером 200×200×400 мм, изготовленных из гранулированного шлака и портландцемента марки не ниже 400 или из ракушечника № 7. Благодаря трению воздуха в порах шлакоблоков в глушителе затухают звуковые колебания.

Для уменьшения шума, распространяющегося через металлический кожух и кольцевой диффузор вентилятора, предусматривают звукоизолирующее их покрытие.

2.2. ОСЕВЫЕ ВЕНТИЛЯТОРЫ

Общий вид осевого вентилятора показан на рис. 2.2. Вентилятор состоит из ротора *9*, кожуха *6*, коллектора *5*, спрямляющего аппарата *8*, диффузора и других элементов.

Основным рабочим органом вентилятора является ротор *9*. Он состоит из вала с насаженными на него одним или двумя рабочими колесами. Рабочие колеса имеют расположенные по окружности лопатки, которые при вращении перемещают воздух в осевом направлении. Вал рабочего колеса вентилятора вращается в двух подшипниковых узлах (радиальном *7* и радиально-упорном *10*).

Вращение ротора осуществляется приводным электродвигателем *1* через систему, состоящую из соединительных муфт *2*, *4* и промежуточного вала *3*.

Кожух *6* осевого вентилятора выполняется сварным. На нем располагаются масленки для дистанционной смазки подшипников и ремонтные люки для осмотра рабочих колес. Внутри к кожуху крепятся опоры подшипников, направляющие и спрямляющие аппараты и другие конструкции.

Воздух засасывается в вентилятор через коллектор *5*, который служит для плавного входа потока в рабочую полость, затем перемещается лопатками рабочих колес и поступает в диффузор, состоящий из внутренней цилиндрической или конической обечайки *11* и внешнего конуса *12*. Диффузор преобразует часть скоростного давления в статическое.

Между колесами первой и второй ступени ротора устанавливается промежуточный спрямляющий аппарат *8*, который раскручивает поток воздуха после колеса первой ступени и направляет его на колесо второй ступени. За второй ступенью колеса устанавливается спрямляющий аппарат.

Технические характеристики вентиляторов приведены в приложении 1, а их индивидуальные характеристики — в приложении 2.

Вентиляторы серии В выпускались заводами угольного машиностроения в послевоенные годы. До настоящего времени на шахтах еще находятся в эксплуатации следующие типоразмеры вентиляторов этой серии: одноступенчатые ВУПД-1,2; ВУПД-1,8 и двухступенчатые ВУПД-1,2; ВУПД-1,8; ВУПД-2,4; ВУПД-2,8. Шифр ВУПД означает: вентилятор с усиленными подшипниками и удлиненным диффузором.

Рабочее колесо вентилятора В-УПД (рис. 2.3) состоит из стальной ступицы *1*, к которой приклепан диск *2*, конуса *3*, стаканов *4*, обечайки *5* и лопаток *6*. Рабочие колеса всех типоразмеров вентиляторов имеют по шестнадцати некрученных лопаток трапециевидной формы. Крепление лопаток к колесу осуществляется следующим образом (рис. 2.4): хвостовик стержня *1* лопатки ввинчивается в стакан *2*, вставленный и приваренный в прорези диска *3* колеса. Конец стакана *2* имеет продольные отверстия *6*, выполненные так, что от основного тела стакана отделяются два лепестка, которые стягиваются болтом *4* и гайкой *5*, благодаря чему резьба стержня зажимается в резьбе стакана, удерживая лопатку от самопроизвольного поворота при работе вентилятора.

Изменение угла установки лопаток может производиться в пределах от 10 до 40° (во избежание задевания за неподвижные конструкции кожуха) поворотом лопаток в стакане *2* при ослабленной гайке *5*. На обечайке *5* (см. рис. 2.3) рабочего колеса для каждой лопатки имеются риски, нанесен-

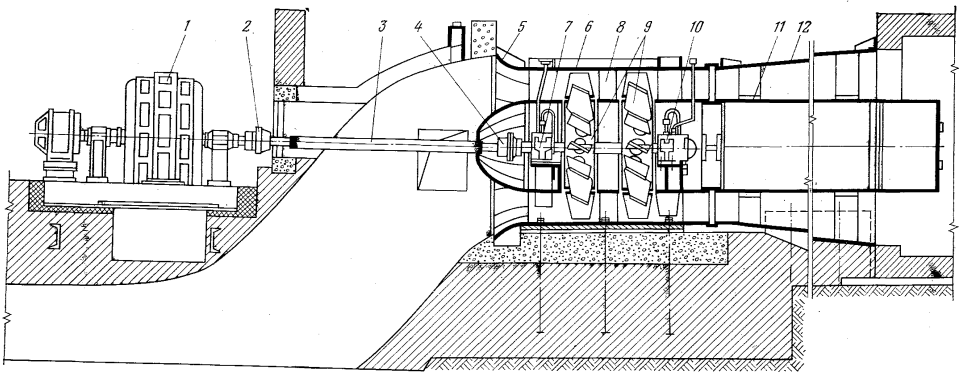


Рис. 2.2. Осевой вентилятор

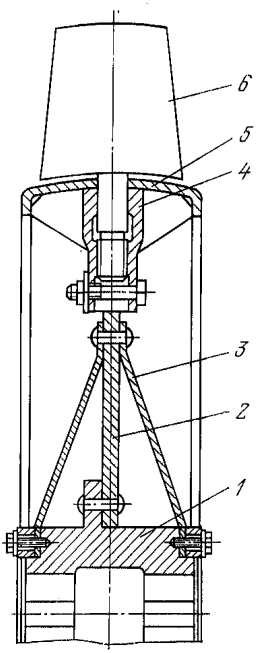


Рис. 2.3. Рабочее колесо вентилятора ВУПД

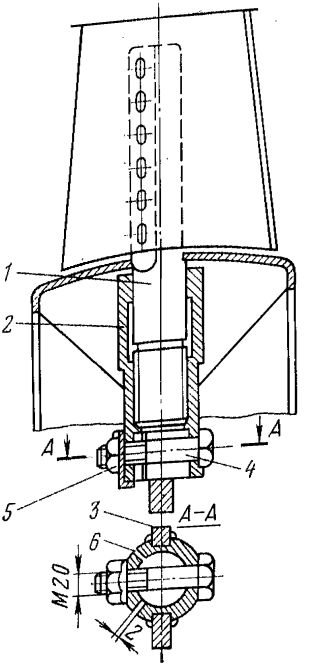


Рис. 2.4. Крепление лопаток к колесу на вентиляторе ВУПД

ные через 5°, дающие возможность устанавливать и контролировать необходимый угол установки лопатки относительно плоскости вращения колеса.

В кожухе двухступенчатого вентилятора установлен промежуточный направляющий аппарат с одиннадцатью неподвижными лопатками, расположенными через равные промежутки по окружности под углом 110°.

Спрямляющий аппарат имеет тринадцать профилированных лопаток, установленных под углом 110°. Вентиляторы рассчитаны на работу с окружными скоростями до 94,3 м/с.

Кожух вентилятора выполняется разъемным. Нижняя часть кожуха со стойками под подшипники устанавливается на фундаментную раму жесткой (сварной) конструкции. Коллектор и обтекатель сварены из листовой стали. У вентиляторов диаметром рабочих колес 1,2; 1,4 и 1,8 м коллектор выполняется в бетоне при строительстве вентиляторной установки. Ротор вентилятора соединен с электродвигателем через промежуточный вал. Ротор и промежуточный вал вращаются в подшипниках качения. Вентиляторы серии ВУПД имеют по три радиальных и по одному радиально-упорному подшипниковому узлу. Смазка подшипников производится масленками через выводные трубки.

Практика эксплуатации вентиляторов серии В показала следующие недостатки:

отсутствие защиты от попадания пыли и влаги во втулки рабочих колес и стаканы для крепления лопаток, что приводит к нарушению балансировки ротора и затрудняет поворот лопаток;

низкий максимальный и средневзвешенный статический к. п. д.;

сварная конструкция кожуха без последующей обработки по внутреннему диаметру не обеспечивает малой величины и равномерности зазора между кожухом и концами лопаток, что влечет за собой снижение давления и к. п. д. вентилятора;

неудовлетворительная аэродинамическая схема промежуточного направляющего аппарата;

упрощенные некрученые лопатки рабочих колес;

резко седлообразная форма индивидуальной характеристики, что создает предпосылки для неустойчивой работы вентиляторов, особенно при параллельном их включении;

сильный шум при работе на расчетных окружных скоростях;

наиболее уязвимые детали вентилятора — подшипники и зубчатая муфта — находятся внутри вентилятора, в местах, трудно доступных для осмотра и ухода.

Перечисленные недостатки явились причиной того, что вентиляторы серии В были сняты с производства и заменены более совершенными.

Вентиляторы ВОК и ВОКД по аэродинамической схеме К-06 ЦАГИ им. Н. Е. Жуковского имеют следующие типоразмеры: одноступенчатые ВОК-1, ВОК-1,5; двухступенчатые ВОКД-1; ВОКД-1,5; ВОКД-1,8; ВОКД-2,4; ВОКД-3; ВОКД-3,6. Малые типоразмеры (ВОК-1, ВОКД-1) выполнены передвижными и используются на вентиляционных шурфах или в калориферных установках. Более крупные, начиная с диаметра 1,5 м, устанавливаются стационарно.

Вентиляторы работают с окружной скоростью колеса не выше 77 м/с. Работа с окружной скоростью колеса до 94 м/с разрешается для вентиляторов ВОКД с диаметром рабочих колес 1,8—3,6 м, но не рекомендуется из-за большой величины шума и повышенных нагрузок.

Ротор вентиляторов ВОКД (рис. 2.5) состоит из рабочих колес *5* первой и второй ступеней, насаженных на вал *1* и закрепленных шпонками *4* и круглыми гайками *7*. Вал вращается в радиальном *2* и радиально-упорном *8* подшипниковых узлах. Втулка рабочего колеса *6* имеет сварную конструкцию и выполнена герметичной во избежание проникновения влаги и пыли, вызывающих неуравновешенность ротора. Рабочие колеса вентиляторов диаметром 1,8; 2,4; 3,6 м имеют двенадцать крученых профилированных лопаток *3*; а диаметром 3 м — шестнадцать лопаток. У малых вентиляторов они литые, а у крупных, начиная с диаметра 1,8 м, пустотелые, изготовляемые из стального листа. Для уменьшения износа передняя часть лопатки армируется стальным ребром, приваренным к листам обшивки. Лопатки крепятся на втулке колеса специальным затвором. Конструкция затвора имеет несколько разновидностей. Наиболее распространен конусный затвор. Он позволяет поворачивать лопатки или менять их через смотровой люк.

Конструкция затвора приведена на рис. 2.6. Коническая часть *3* хвостовика лопатки входит в конусное отверстие разъемного вкладыша *4*, который имеет выступы, упирающиеся в обод рабочего колеса *6* и удерживающие лопатки от выпадания. Положение вкладыша фиксируется штифтом *2*. Коническая часть хвостовика лопатки прижимается к вкладышу пружиной *5*, упирающейся вторым концом в траверсу *1*. При вращении колеса это поджатие увеличивается за счет центробежной силы. Установка лопаток на необходимый угол производится по меткам, нанесенным на ободе колеса и на фланце лопатки через каждые 5°.

В вентиляторах Артемовского машиностроительного завода с диаметром рабочих колес до 2,4 м узел крепления лопаток значительно упрощен (рис. 2.7). На цилиндрической части хвостовика выполнена проточка, в которую вставляются два сегмента *4*, имеющие на торце канавку под разрезное пружинное кольцо *2*. Вторая половина кольцевой канавки выполнена в расточке обода *3* рабочего колеса. Между дисками рабочего колеса вварена траверса *5*, в расточку которой заходит цапфа распорного стержня *6*. На цапфу надета цилиндрическая пружина *7*, упирающаяся в выточку траверсы. Лопатка фиксируется во втулке пружинным кольцом *2*, воспринимающим силу нажатия лопатки *1* при вращении рабочего колеса.

Следует отметить, что отсутствие конуса упростило конструкцию крепления лопаток к рабочему колесу. Однако на практике неоднократно имели случаи самопроизвольного разворота лопаток. Поэтому перед запуском вентилятора необходим контроль углов установки лопаток рабочих колес.

Конструкция других разновидностей затворов проста и не требует описания.

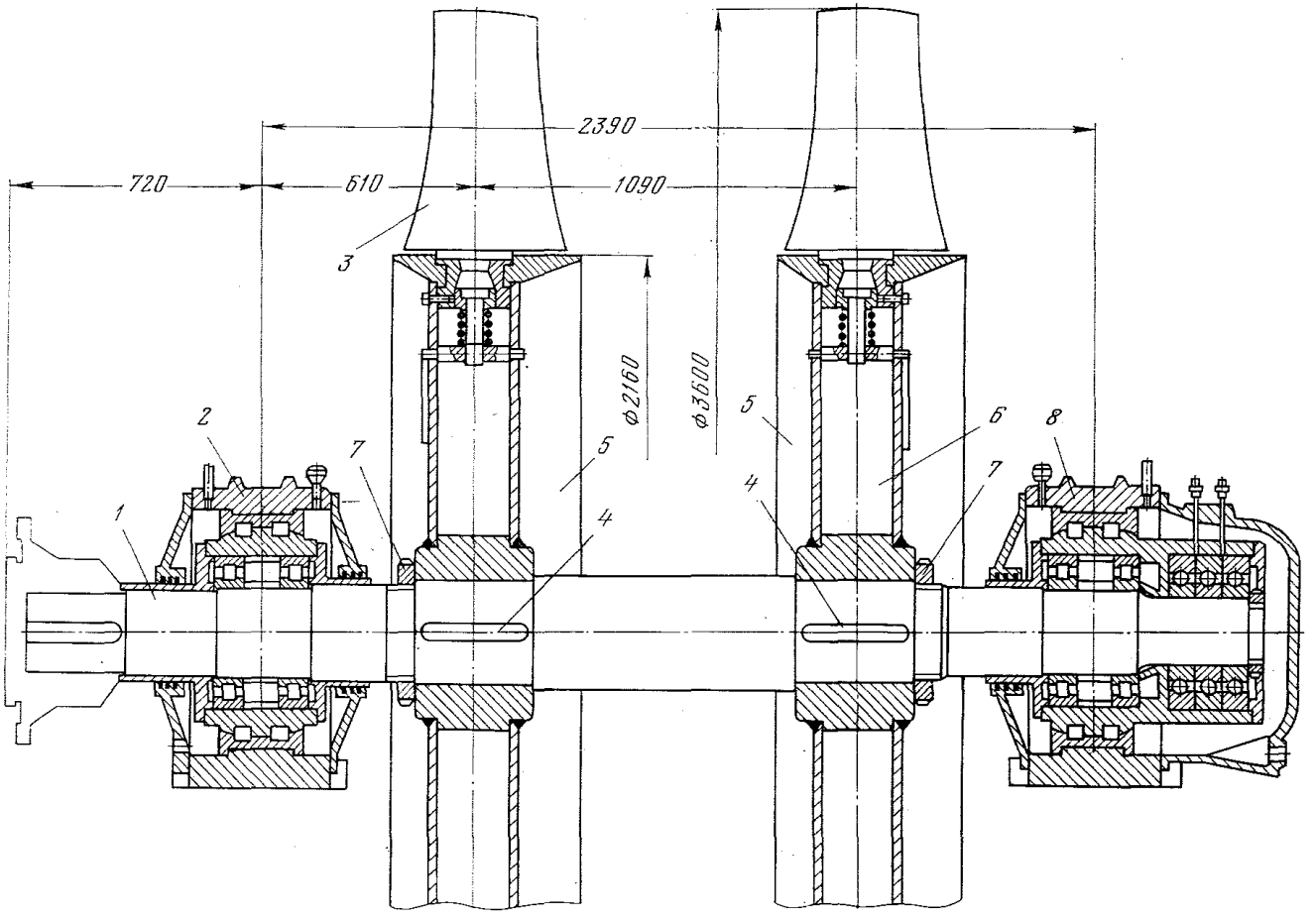


Рис. 2.5. Ротор вентилятора ВОКД-3,6

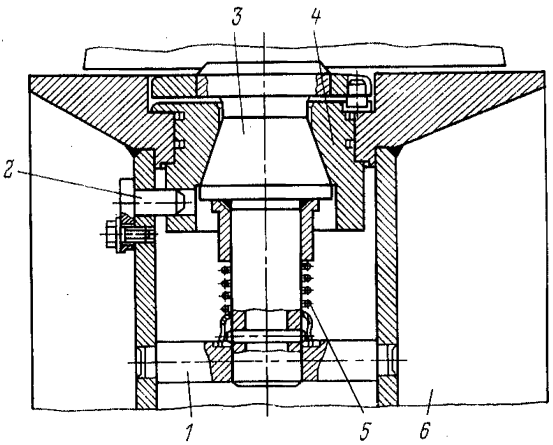


Рис. 2.6. Конусный затвор лопатки вентилятора ВОКД

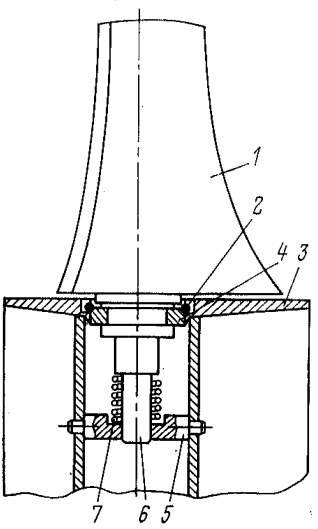


Рис. 2.7. Кольцевое крепление лопатки вентилятора

В вентиляторах ВОК и ВОКД с диаметром рабочих колес до 1,8 м применены подшипниковые опоры с самоустанавливающимися роликоподшипниками и сферическими шайбами упорного подшипника. У крупных машин с диаметром рабочего колеса 2,4—3,6 м подшипники монтируются в сферических обоймах, которые занимают положение, соответствующее прогибу вала.

Для подшипников в вентиляторах с диаметром рабочего колеса 1; 1,5 и 1,8 м применяют консистентную смазку, пополняемую из пресс-масленок. Подшипники более крупных вентиляторов имеют жидкую циркуляционную смазку. Для подачи смазки служит маслостанция, смонтированная в помещении вентиляторной установки.

Маслостанция вентилятора ВОКД (рис. 2.8) состоит из рабочего и резервного маслонасосов *3*, их приводных электродвигателей *1*, маслобака с двумя герметизированными сообщающимися цилиндрами *8* и *11*, пластинчатого масляного фильтра *4*, струйных реле *9* и контактных манометров *5*. Все оборудование маслостанции смонтировано на раме *2*.

Применение в маслобаке двух отдельных цилиндров *8* и *11* объясняется необходимостью уравнивания давления воздуха внутри подшипников и в маслобаке во избежание утечки масла из подшипников.

Цилиндр *8* обслуживает радиальный подшипник, работающий в зоне более низкого давления, а цилиндр *11* — радиально-упорный подшипник, расположенный в зоне высокого давления. Каждый цилиндр соединен со своим подшипником уравнительной трубкой, благодаря чему давление воздуха в подшипнике и цилиндре одинаково. Имеются модификации с одним баком, разделенным перегородкой на две части.

Нагнетаемое насосом *3* масло очищается в фильтре *4*, после чего поступает в подшипниковый узел. Количество подаваемого масла регулируется кранами *7* и *10*. Излишек масла сбрасывается через перепускной клапан. Из подшипникового узла масло по сливным трубам самотеком возвращается в соответствующие цилиндры бака, откуда по трубам *6* вновь поступает в маслонасос. Работа маслостанции контролируется по давлению электроконтактными манометрами *5* и наличию струи на сливе струйными реле *9*. При снижении давления в маслосистеме ниже заданного или прекращении подачи масла в подшипниковые узлы автоматически включается резервный насос.

Ротор вентилятора с приводным двигателем соединяется промежуточным валом. Он не имеет подшипниковых опор и с помощью зубчатых муфт подвешивается к валам ротора и электродвигателя. В вентиляторах с диаметром

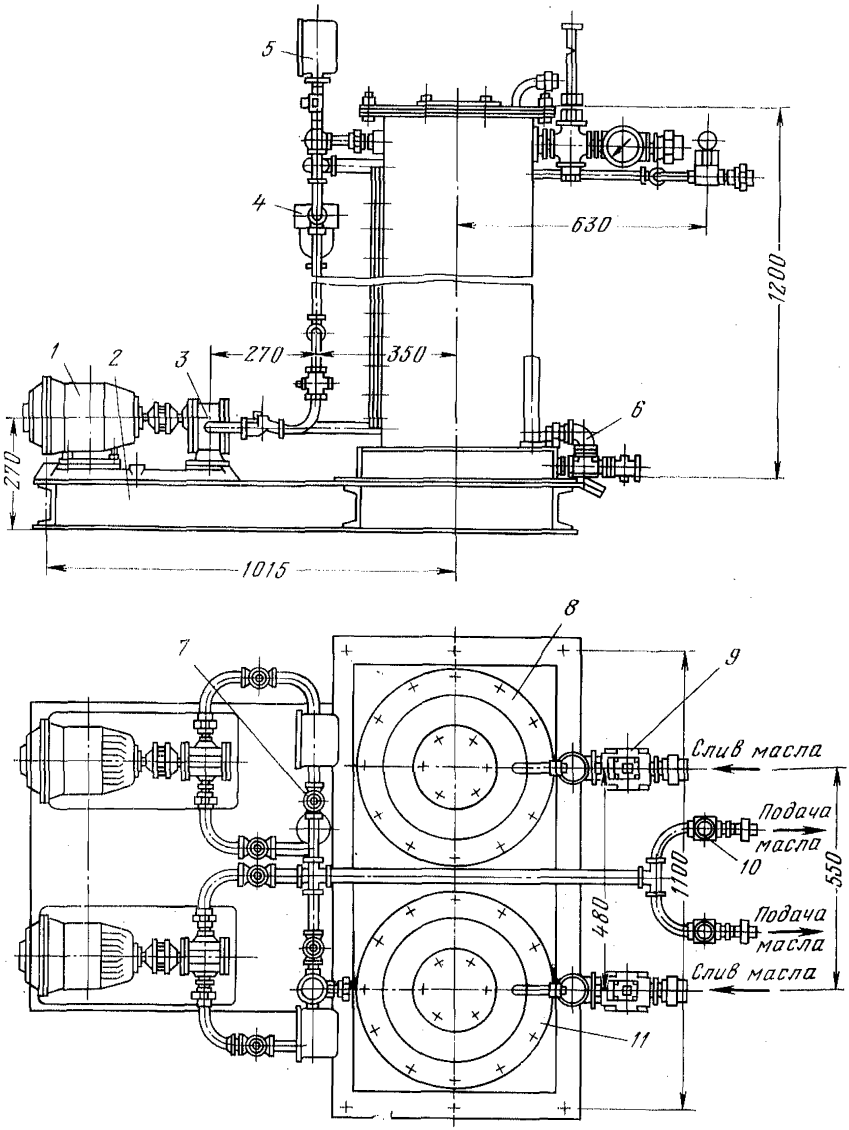


Рис. 2.8. Маслостанция вентилятора ВОКД

рабочих колес 1 м промежуточный вал заменен удлиненным валом рабочего колеса.

Осевые вентиляторы оборудуются тормозными устройствами, препятствующими самопроизвольному вращению колеса вентилятора. Колодки тормозов изготовляют деревянными и пресс-массовыми. В качестве тормозного шкива используют втулку зубчатой муфты.

Кожухи вентиляторов ВОКД имеют сварную или сварно-литую конструкцию. Внутреннюю поверхность кожуха вальцуют, что позволяет уменьшить

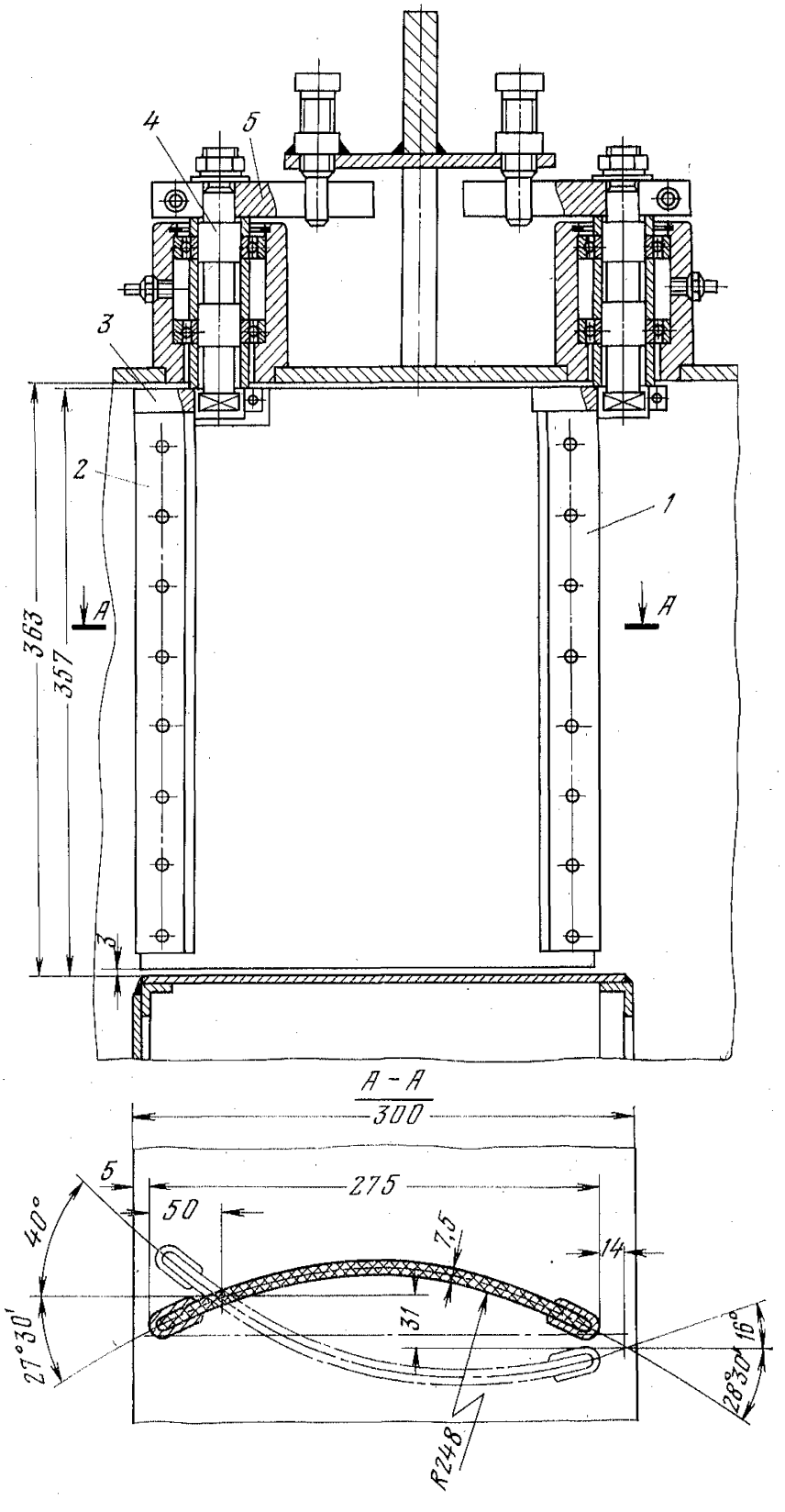


Рис. 2.9. Гибкие лопатки направляющего аппарата вентилятора ВОКР-1,8

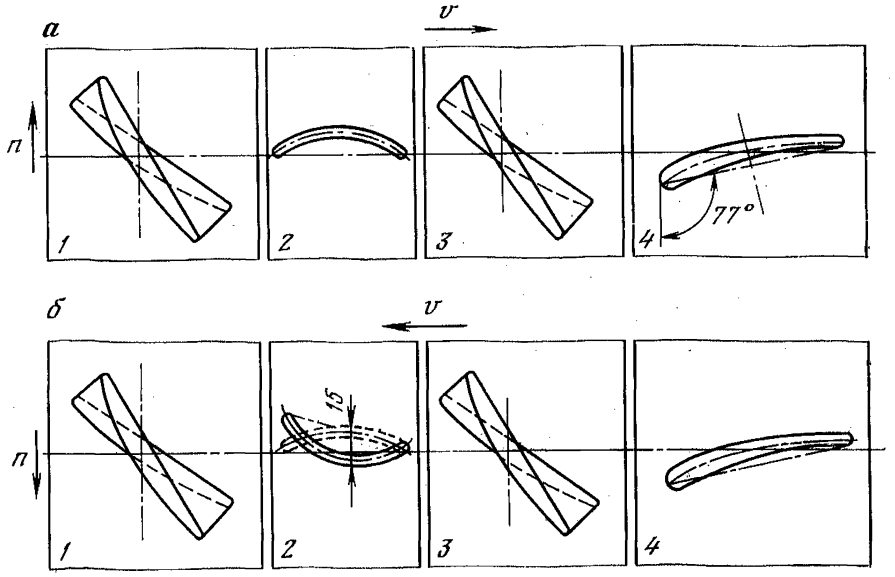


Рис. 2.10. Аэродинамическая схема работы вентилятора ВОКР:

а — нормальный режим проветривания; *б* — реверсивный режим проветривания; *1* — положение лопаток рабочего колеса первой ступени; *2* — положение гибких лопаток промежуточного направляющего аппарата; *3* — положение лопаток рабочего колеса второй ступени; *4* — положение лопаток спрямляющего аппарата; *n* — направление вращения ротора; *v* — направление воздушного потока

зазор между кожухом и лопатками рабочего колеса до величины 0,3—1,5 % длины лопатки.

Внутри к кожуху у вентиляторов с диаметром рабочего колеса до 1,8 м привариваются опоры подшипников. В кожухах двухступенчатых вентиляторов установлены лопатки промежуточного направляющего аппарата. У вентиляторов с диаметром рабочего колеса до 1,8 м эти лопатки неподвижны. У крупных вентиляторов лопатки имеют поворотные закрылки, предназначенные для тонкого регулирования производительности. Одновременный поворот закрылков осуществляется специальным механизмом, состоящим из рычагов, надетых на хвостовики закрылков, системы шарниров и приводного кольца. Для вращения кольца служит приводная колонка, которая работает либо от двигателя, либо от маховика вручную.

Диффузор, коллектор и обтекатель вентиляторов ВОК и ВОКД сварены из листовой стали. Диффузор соединяется с кожухом вентилятора резиновой лентой, предотвращающей передачу вибрации на строительные сооружения. Коллектор и обтекатель имеют плавную конфигурацию, обеспечивающую минимальные потери при входе воздушного потока в вентилятор. Обтекатель имеет люк для доступа к подшипникам. В вентиляторах с диаметром рабочего колеса 1 м воздушная струя подводится к рабочим колесам через входную коробку.

Вентиляторы ВОК и ВОКД являются нереверсивными. Вентиляторные установки шахт с этими вентиляторами оборудуются обводными каналами, лядами и другими устройствами для реверсирования воздушной струи в аварийных случаях.

Вентиляторы ВОКР в отличие от ранее описанных позволяют реверсировать воздушную струю за счет изменения направления вращения рабочего колеса и поворота в определенное положение всех лопаток промежуточного направляющего аппарата.

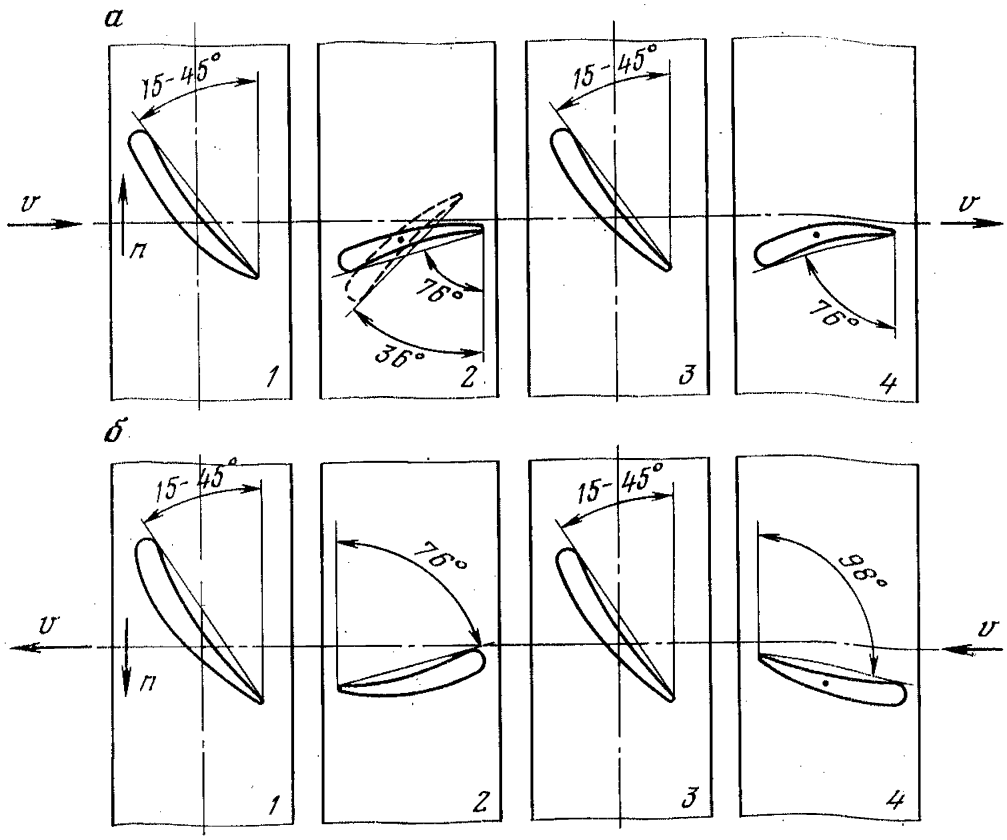


Рис. 2.11. Аэродинамическая схема вентилятора ВОД

а — нормальное направление потока; *б* — реверсивное направление потока; *1* — положение лопаток рабочего колеса первой ступени; *2* — положение лопаток направляющего аппарата; *3* — положение лопаток рабочего колеса второй ступени; *4* — положение лопаток спрямляющего аппарата; *n* — направление вращения ротора; *v* — направление воздушного потока

Вентилятор ВОКР-1,8 выполнен на базе осевого двухступенчатого вентилятора ВОКД-1,8 и отличается лишь конструкцией промежуточного направляющего аппарата и наличием тормозного устройства.

Особенностью вентилятора ВОКР-1,8 является применение гибких лопаток промежуточного направляющего аппарата. Гибкие лопатки выполнены резиновыми (рис. 2.9) с металлическими носиками *2* и хвостиками *1*. Все лопатки через систему рычагов *3*, *5* и валов *4* связаны с приводным кольцом механизма одновременного поворота. При перемещении приводного кольца рычаги поворачиваются и, действуя на носики лопаток, меняют направление выпуклости резиновой части лопаток. Этим самым аэродинамическая схема вентилятора ВОКР (рис. 2.10) подготавливается к работе в заданном режиме. Перемещение приводного кольца осуществляется колонкой КДУ. Ход кольца ограничивается конечными выключателями, установленными на кожухе.

Вентилятор снабжен тормозным устройством, необходимым для быстрой остановки ротора перед изменением направления вращения во время реверсирования воздушной струи. В качестве привода тормоза используют электромагнит КМТ-4А.

Вентиляторы ВОД так же, как и вентиляторы ВОКР, являются реверсивными. При реверсе этих вентиляторов обеспечивается 60—70 % производительности нормального режима их работы, что позволяет отказаться от применения обводных каналов и сложных систем переключения ляд.

На шахтах находят применение следующие типоразмеры вентиляторов ВОД: ВОД-11 нереверсивного исполнения, ВОД-16 реверсивный встречного вращения, ВОД-21; ВОД-30; ВОД-40; ВОД-50. Все они выполнены по аэродинамической схеме К-84 ЦАГИ. Реверсирование воздушной струи производится изменением направления вращения приводного двигателя с одновременным изменением угла установки лопаток направляющего и спрямляющего аппаратов соответственно на углы 180 и 158°. Аэродинамическая схема вентилятора ВОД показана на рис. 2.11.

Вентиляторы ВОД имеют такие же узлы, что и вентиляторы ВОКД. Отдельные конструктивные особенности вентиляторов ВОД описаны ниже.

Раму вентилятора ВОД крепят к фундаменту болтами. У вентилятора ВОД-21 на раме установлен разъемный корпус. У более крупных вентиляторов на раме установлены передние и задние опорные блоки, служащие для крепления радиального и радиально-упорного подшипниковых узлов.

В корпусе вентилятора ВОД-21 встроены направляющий и спрямляющий аппараты, имеющие по четырнадцать поворотных лопаток. Одновременный поворот лопаток осуществляется приводами РБ-100 через приводные кольца и механизмы поворота. Аналогичное устройство имеют направляющие и спрямляющие аппараты более крупных вентиляторов. Разница лишь в том, что спрямляющий аппарат у этих вентиляторов имеет одиннадцать поворотных и три неподвижных лопатки.

Рабочее колесо вентиляторов ВОД крепят на валу шпонками и гайкой. Втулка рабочего колеса выполнена герметичной для предотвращения попадания внутрь влаги и пыли. У вентиляторов ВОД-21 рабочее колесо закреплено шпонками, пружинами и стопорными кольцами. Лопатки рабочих колес (12 на каждое колесо) сварно-клепаные, пустотелые и состоят из несущего хвостовика, двух листов обшивки, ребра, донышек и заклепок. Лопатки крепят на ободе колеса обратным конусом на хвостовике и разрезным коническим вкладышем. Поворот лопаток в пределах 15—45° производится вручную. Для работы на режимах с меньшим давлением допускается уменьшать число лопаток второй ступени до шести.

Смазка подшипников ВОД-21 — консистентная, у остальных вентиляторов — принудительная, циркуляционная от маслостанции, состоящей из двух насосов производительностью 12 л/мин, маслобака, пластинчатого фильтра, реле протока масла, электроконтактных манометров и другой необходимой арматуры.

Промежуточный вал выполнен подвесным. Вентиляторы оборудованы колодочными тормозами с приводами от электромагнита.

2.3. ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ ВЕНТИЛЯТОРЫ

В угольной промышленности применяются различные типы центробежных вентиляторов: ВЦО, ВЦ, ВШЦ, ВЦД, ВРЦД (В — вентилятор, Ц — центробежный, О — с односторонним подводом воздуха, Ш — шахтный, Д — с двухсторонним подводом воздуха, Р — рудничный). Вентиляторы с рабочими колесами малых диаметров используют при проветривании неглубоких шахт или отдельных участков шахтного поля. Вентиляторы с рабочими колесами диаметром 2—4,5 м устанавливают в качестве главных при проветривании глубоких шахт и рудников.

Центробежный вентилятор (рис. 2.12) состоит из рабочего колеса *5*, закрепленного на валу *6*, подшипниковых узлов *1* и *7*, на которые опирается вал, спирального кожуха *4*, направляющего аппарата *3*, входной коробки *2*, диффузора, рамы и других узлов. На рабочем колесе закреплены лопатки, которые при вращении колеса создают приращение давления в потоке. Спиральный кожух преобразует динамическое давление в статическое. Осевой направляющий аппарат, установленный перед рабочим колесом, имеет лопатки и механизм для их одновременного поворота. Направляющий аппарат служит для регулирования режима работы вентилятора, а также для уменьшения потребляемой мощности при пуске приводного электродвигателя. Вал

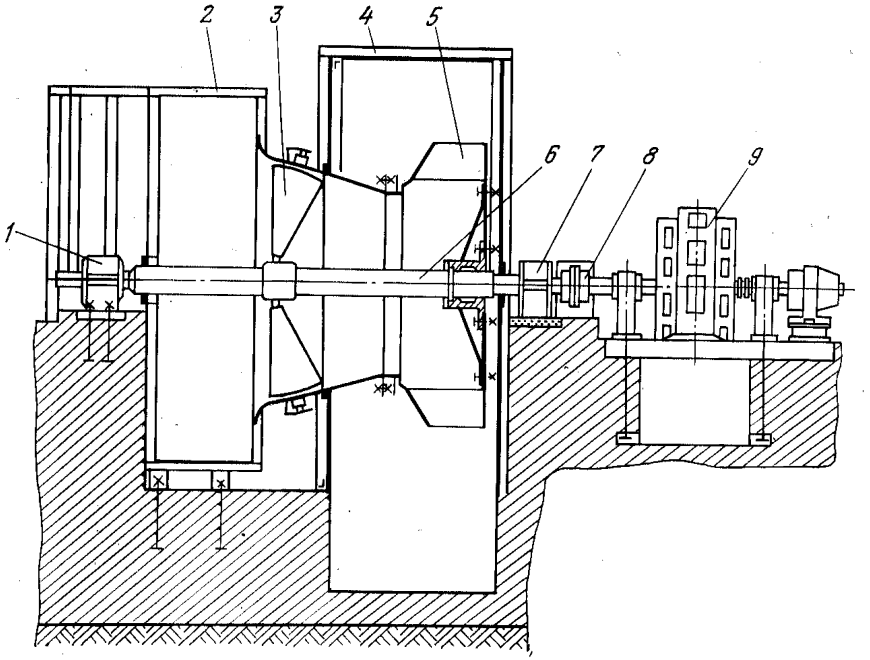


Рис. 2.12. Центробежный вентилятор ВЦ-32

вентилятора при помощи муфты *8* соединяется с валом электродвигателя *9*. Кожух имеет люк для осмотра и ремонта рабочего колеса. Технические характеристики центробежных вентиляторов даны в приложении 1, а их индивидуальные характеристики — в приложении 2.

Центробежные вентиляторы ВЦО представляют собой машины одностороннего всасывания. Рабочее колесо вентилятора ВЦО состоит из 28 лопаток, коренного и покрывного дисков, лабиринтного кольца, ступицы и обтекателя. Лопатки S-образной формы изготавливаются из стали и привариваются к коренному и покрывному дискам. Уплотнение зазора между колесом и кожухом обеспечивается кольцом, приваренным к диску. Для плавного входа воздушного потока в колесо ступица закрывается обтекателем.

Вал вентилятора ВЦО имеет консольную конструкцию. Один консольный конец служит для крепления рабочего колеса, а другой — для насадки соединительной муфты.

Во всех типоразмерах вентиляторов ВЦО применяют двухрядные сферические роликоподшипники, один из которых выполняет функции радиально-упорного, а второй — радиального. Радиально-упорный подшипник располагается у вентиляторов с диаметром рабочего колеса 1 и 1,5 м со стороны двигателя, а у вентиляторов с диаметром рабочего колеса 2,5 и 3,1 м — со стороны рабочего колеса.

Предусмотрены различные схемы смазки подшипников: у вентиляторов ВЦО-1 и ВЦО-1,5 — консистентная смазка, а у вентиляторов ВЦО-2,5 и ВЦО-3,1 — смазка за счет масляной ванны в корпусе подшипникового узла.

Уплотнение подшипниковых узлов от утечки смазки и проникновения пыли достигается применением войлочных колец и лабиринтов (вентиляторы с диаметром рабочего колеса 1 и 1,5 м) или маслоотбойных колец, текстолитовых разрезных колец и жировых канавок (вентиляторы с диаметром рабочего колеса 2,5 и 3,1 м).

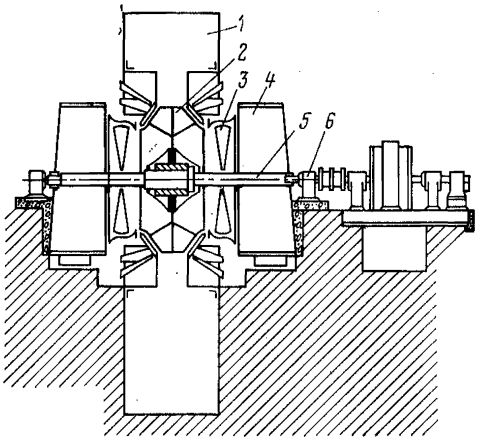


Рис. 2.13. Центробежный вентилятор ВЦД

Кожух вентилятора ВЦО состоит из спиральной улитки и кольцевого радиального диффузора. В зависимости от размера вентилятора кожух выполняется цельнометаллическим (ВЦО-1 и ВЦО-1,5) или с бетонной нижней частью (ВЦО-2,5, ВЦО-3,1). Система кольцевых и радиальных ребер обеспечивает жесткость кожуха при действии на его стенки перепада давления воздуха.

Направляющий аппарат устанавливают на входе в вентилятор. Он служит для регулирования режима работы. Аппарат состоит из корпуса; двенадцати лопаток, центральной втулки и механизма одновременного поворота лопаток. Механизм одновременного поворота лопаток имеет кольцо, вращающееся на роликах, шарнирные пальцы и рычаги, надетые на оси лопаток. Поворот осуществляется вручную или с помощью приводной колонки с электродвигателем. Предусмотрен поворот лопаток на угол от 0 (аппарат открыт) до 90° (аппарат закрыт).

Центробежные вентиляторы двухстороннего всасывания ВЦД-2,2 и ВЦД-3,3 (рис. 2.13) предназначены для труднопроветриваемых шахт.

Рабочее колесо *2* вентилятора имеет 28 левых и 28 правых лопаток, прикрепленных к коренному и двум покрывным дискам. Кожух *1* вентилятора ВЦД состоит из спиральной улитки и симметричного радиального диффузора. Кожух представляет собой сварную конструкцию с горизонтальным разъемом Нижняя часть кожуха снабжена опорной рамой для установки на фундаменте. К кожуху с обеих сторон крепятся литые лабиринтные конусы, являющиеся элементом уплотнения между всасывающей частью колеса и кожухом. Направляющие аппараты *3* (левый и правый) состоят из корпуса, восемнадцати лопаток и механизма одновременного их поворота. Приводом механизма одновременного поворота служит колонка с электродвигателем. Подвод воздуха к направляющему аппарату осуществляется через всасывающую коробку *4*.

Вал *5* рабочего колеса выполнен пустотелым. Подшипники *6* у вентиляторов ВЦД — двухрядные, роликовые, сферические, на конических втулках. Смазка подшипников осуществляется их окунанием в масляную ванну корпуса подшипникового узла. Уплотнение от утечки смазки и проникновения пыли достигается войлочными и маслоотбойными кольцами. Соединительная зубчатая муфта имеет промежуточную вставку между полумуфтами. Применение вставки делает более удобным монтаж и демонтаж муфты.

Вентиляторы ВЦ-4 и ВЦ-5 в настоящее время не выпускаются из-за громоздкости и недостаточной экономичности. Однако эти вентиляторы еще работают на некоторых шахтах.

Кожух вентиляторов ВЦ-4 и ВЦ-5 выполнен в виде конструкции спиральной формы. Нижняя часть кожуха — бетонная, верхняя — металлическая. Опорой для верхней части кожуха служит жесткая прямоугольная рама, заливаемая в фундамент. Воздух к рабочему колесу подводится через входную трубу кожуха. На торце входной трубы или направляющего аппарата монтируют лабиринтное уплотнение в виде стальных лент, закрепленных винтами. Ленты имеют продолговатые прорези, позволяющие регулировать их положение в осевом направлении.

Рабочее колесо с 24 лопатками крепится к ступице, насаженной на консольный конец вала. Ступица фиксируется шпонкой и затягивается на конце

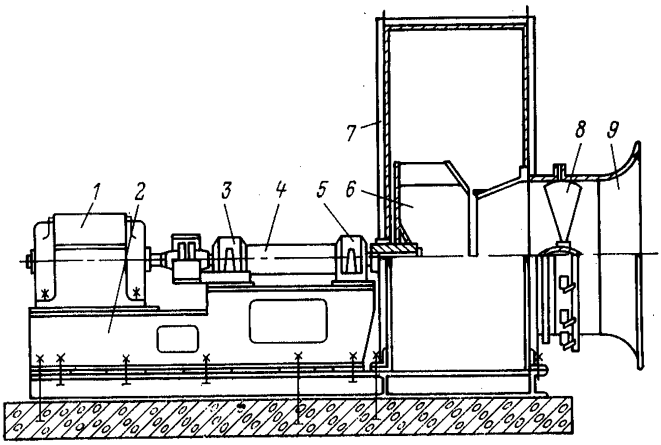


Рис. 2.14. Центробежный вентилятор ВЦ-11

вала круглой гайкой. Для предотвращения самоотвинчивания гайки применен специальный стакан, укрепленный тремя болтами к торцу вала. Рабочие колеса изготавливают левыми или правыми в зависимости от направления вращения.

Радиальный и радиально-упорный подшипники имеют самоустанавливающиеся сферические вкладыши, залитые баббитом марки БН (Б16). Вкладыши установлены в разъемных чугунных корпусах. Смазка подается в подшипники под давлением через отверстие в корпусе и вкладыше. Для подачи смазки в подшипники применена маслостанция, состоящая из двух шестеренчатых насосов ЩДП-50 с подачей 50 л/мин каждый, маслобака, фильтра, манометров и другой необходимой арматуры. Для охлаждения смазки используются вентилятор МЦ-8 и радиатор.

Направляющий аппарат состоит из четырнадцати профилированных лопаток, обечайки, обтекателя и механизма одновременного поворота лопаток. Приводом механизма служит колонка с электродвигателем.

Для сокращения времени свободного выбега после отключения приводного двигателя вентилятора используется механический тормоз.

Центробежные вентиляторы одностороннего всасывания ВЦ-11, ВШЦ-16, ВЦ-25, ВЦ-32, ВЦЗ-32 и двухстороннего всасывания ВЦД-32М, ВЦД-40, ВРЦД-4,5 заменили ранее выпускавшиеся менее экономичные машины.

Вентиляторы ВЦ-11 и ВШЦ-16 предназначены как для главных, так и для вспомогательных вентиляторных установок шахт с эквивалентным отверстием вентиляционной сети 0,1—1,4 м^2.

Они состоят из рабочего колеса *6* (рис. 2.14), узла вала *4*, кожуха *7*, коллектора *9*, направляющего аппарата *8*, рамы *2*, подшипниковых узлов *3* и *5* и приводного двигателя *1*.

Рабочее колесо представляет собой сварную конструкцию, состоящую из восьми крылообразных лопаток, расположенных между коренным и покрывным дисками. К коренному диску приваривается ступица и обтекатель, а к покрывному диску — уплотнительное кольцо.

Вал вентилятора вращается в двух сферических роликоподшипниках. Литые корпуса подшипниковых узлов вентилятора ВЦ-11 соединены между собой трубой *4*, выполняющей роль масляной ванны. Все узлы вентилятора монтируются на общей раме.

Режим работы вентиляторов регулируется осевым направляющим аппаратом *8*, состоящим из сварного цилиндрического корпуса, обтекателя, двенадцати поворотных лопаток и механизма одновременного поворота лопаток.

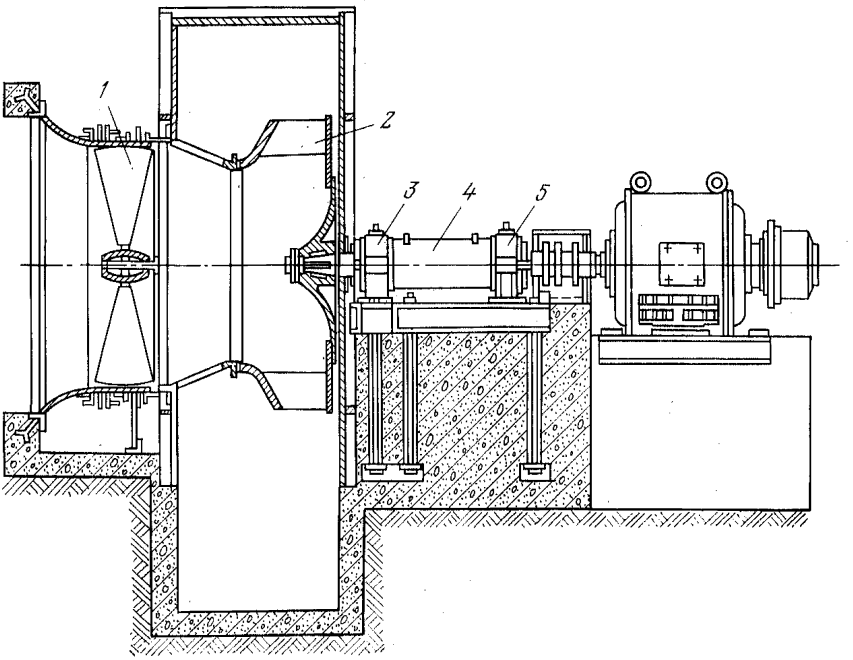


Рис. 2.15. Общий вид вентилятора ВЦ-25

Лопатки направляющего аппарата могут поворачиваться от угла 90° (всасывающее отверстие полностью перекрыто) до 0°. При промежуточных углах воздух, попадая на лопатки, отклоняется по направлению вращения рабочего колеса. Допускается установка лопаток на небольшие отрицательные углы (до 10°), при которых воздух подкручивается навстречу вращению колеса. Вал рабочего колеса вентилятора соединяется с приводом упругой пальцевой муфтой.

Вентилятор ВШЦ-16 по сравнению с ВЦ-11 имеет более усиленную конструкцию основных узлов. Смазка подшипников тугоплавкая, наполняемая через масленки.

Вентиляторы ВЦ-25 изготавливают в двух исполнениях: с горизонтально расположенным диффузором (для установок, работающих на нагнетание) и с вертикально расположенным диффузором (для работы на всасывание).

Конструкция вентилятора ВЦ-25 (рис. 2.15) аналогична ВЦ-11, однако он не имеет общей рамы и рассчитан для стационарной установки. Допустима установка лопаток направляющего аппарата *1* на отрицательные углы (до 20°).

Рабочее колесо *2* вентилятора состоит из покрывного и коренного дисков, между которыми приварены восемь пустотелых лопаток. Коренной диск закреплен на ступице, внешняя поверхность которой образует обтекатель, служащий для улучшения условий поворота потока на входе в колесо. Рабочее колесо посажено на консольный конец главного вала, вращающегося в двух радиально-сферических роликоподшипниках. Внутренние обоймы подшипников имеют коническую посадочную поверхность и насаживаются на разрезные втулки вала. Корпуса обоих подшипниковых узлов *3* и *5* соединены между собой сварной разъемной трубой *4*, выполняющей роль масляной ванны.

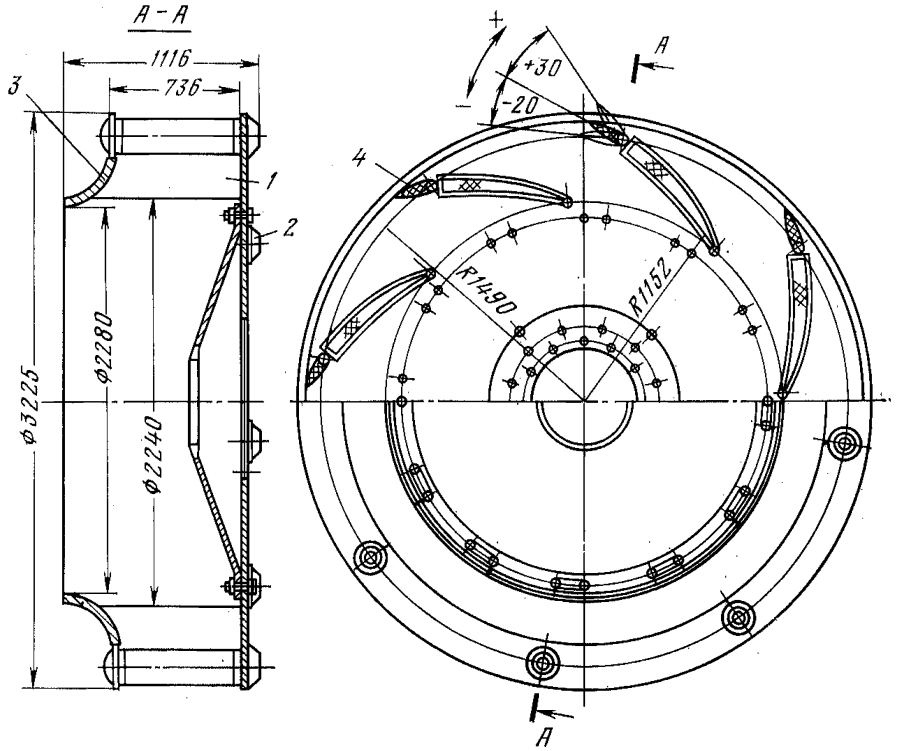


Рис. 2.16. Рабочее колесо вентилятора ВЦЗ-32

Для повышения ремонтопригодности предусмотрена конусная посадка рабочего колеса на вал и затяжка гайкой с контргайкой.

Узлы вентилятора монтируют на заранее подготовленном фундаменте.

Вентилятор ВЦ-32 (см. рис. 2.12) имеет двухопорный ротор с подшипниковыми узлами, расположенными по обе стороны рабочего колеса.

Рабочее колесо имеет восемь лопаток. Нагрузку от ротора воспринимают радиальный и сдвоенные радиально-упорные подшипники, самоустанавливаемость которых достигается за счет монтажа их в сферических обоймах. Смазка подшипниковых опор осуществляется с помощью масляной ванны, выполненной в нижней части корпуса подшипника.

Вентилятор ВЦЗ-32 имеет на рабочем колесе восемь лопаток с поворотными закрылками. Такая конструкция обеспечивает глубокое аэродинамическое регулирование с достаточно высоким к. п. д. на режимах, отличающихся от оптимальных. Регулировку ВЦЗ-32 производят двумя способами: глубокую — поворотом закрылков рабочих колес; тонкую — с помощью осевого направляющего аппарата. Регулирование направляющим аппаратом производят на ходу вентилятора, а поворотом закрылков — при остановленном вентиляторе.

Конструктивная компоновка вентилятора ВЦЗ-32 аналогична ВЦ-32. Существенное различие имеют только рабочие колеса этих вентиляторов.

У ВЦЗ-32 рабочее колесо (рис. 2.16) имеет восемь лопаток, каждая из которых состоит из неподвижной части *1*, приваренной к коренному *2* и покрывному *3* дискам, и подвижной — закрылка *4*. При повороте закрылка на положительные углы (10, 20, 30°) производительность и давление, развиваемые вентилятором, повышаются, а при повороте на отрицательные углы — снижаются.

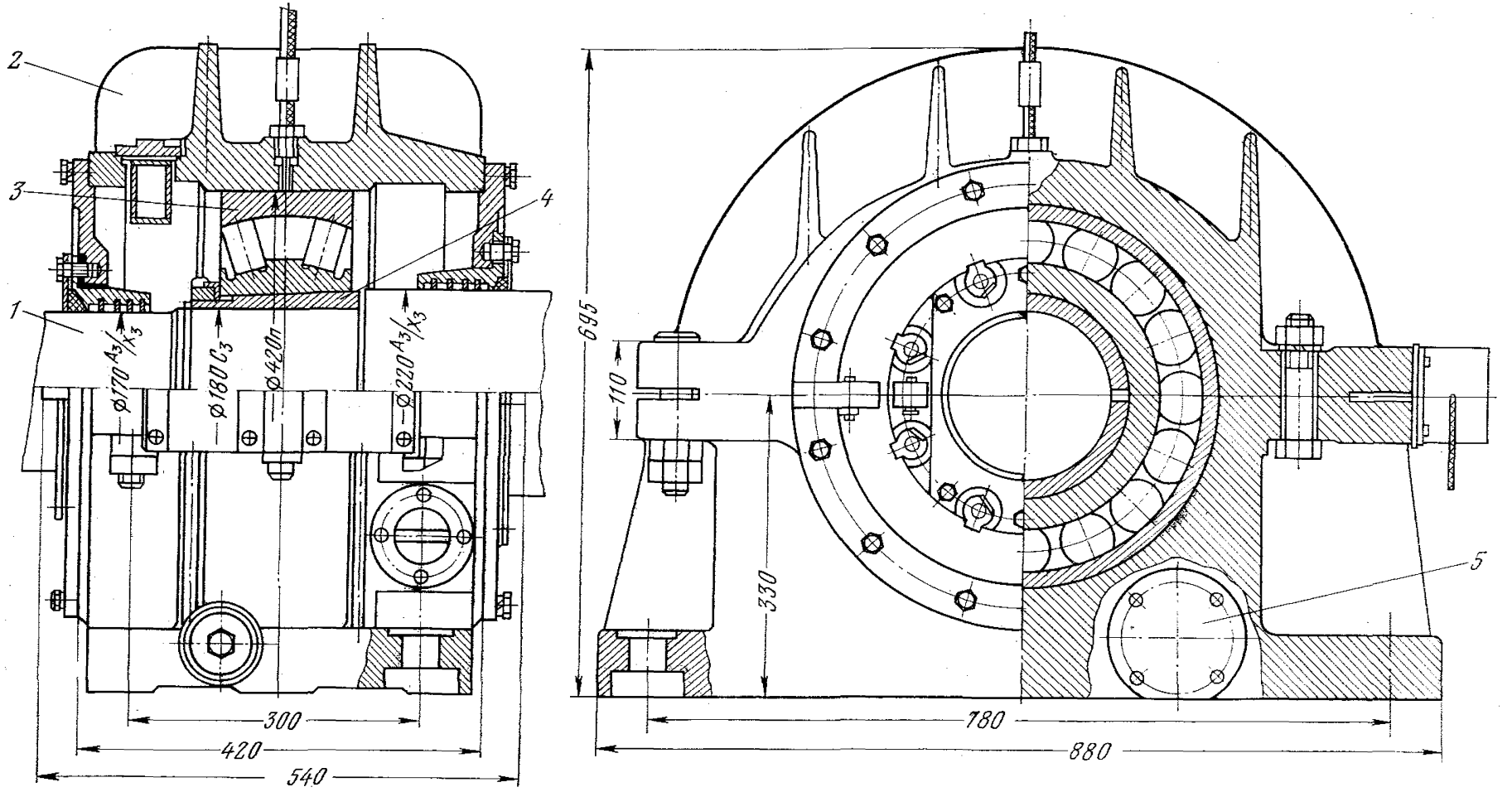


Рис. 2.17. Подшипник ротора вентилятора ВЦД-32М:

1 — вал ротора; *2* — крышка корпуса; *3* — роликовый подшипник; *4* — конусная втулка; *5* — крышка для замены смазки

Вентиляторы ВЦД-32М характеризуются высокой экономичностью регулировки режима работы вследствие плавного изменения частоты вращения приводного двигателя. Регулирование частоты вращения электродвигателя осуществляется созданием противоэлектродвижущей силы в роторной цепи с рекуперацией энергии скольжения в сеть.

К особенностям конструкции вентилятора относятся наличие статорной группы, не имеющей вертикальных разъемов, и размещение осевых направляющих аппаратов во входных коробках спирального кожуха. Ротор вентилятора вращается в двух сферических роликоподшипниках (рис. 2.17), посаженных на валу *1* с помощью разрезных конусных втулок *4*. Такое крепление подшипников, посадка зубчатой муфты на конусную поверхность вала и наличие специальной вставки между полумуфтами значительно упрощают ремонт машины.

Смазка подшипников вентилятора осуществляется турбинным маслом, залитым в ванны литых корпусов подшипниковых узлов.

Рабочее колесо вентилятора состоит из коренного несущего и двух сварно-литых покрывных дисков, между которыми вварены профильные лопатки крылообразной формы. Лопатки пустотелые, жесткость их обечаек достигается за счет более массивных носовой и хвостовой частей и лонжеронов фермной конструкции.

К ободу главного вала коренной диск крепят болтами, что позволяет компоновать рабочее колесо левого и правого вращения одними и теми же узлами.

Внутри входных коробок в кольцевых обтекателях расположен привод поворота лопаток направляющего аппарата.

Привод представляет собой кольцевой редуктор (рис. 2.18), состоящий из литых полукорпусов *1* и *6*, десяти зубчатых секторов *2*, поворотного кольца *10* с закрепленными на нем зубчатыми секторами *3*, приводного вала *5* с шестерней 4. Зубчатые секторы опираются на две опоры, расположенные на наружном и внутреннем кольцах редуктора.

На выступающих в проточную часть концах секторов имеются пазы, в которых закрепляются внутренние цапфы лопаток. Поворотное кольцо фиксируется в осевом направлении буртом корпуса и разрезным кольцом *9*. Для облегчения поворота кольцо установлено на шариках, уплотненных в радиальных сверлениях. Приводной валик вращается в подшипниковой опоре *8*. На один его конец насажена шестерня, входящая в зацепление с зубчатым венцом поворотного кольца. Второй конец представляет собой зубчатую полумуфту с внутренним зацеплением. Уплотнение выполняется войлочным кольцом *7*.

Выставку и крепление кольцевого редуктора во входной коробке производят с помощью десяти тяг круглого поперечного сечения. Поворот лопаток осуществляется от электродвигателя, расположенного у рамы статора. От подвесного валика (параллельного оси главного вала), зубчатая шестерня которого входит в зацепление с полумуфтой приводного валика, вращение передается через шестерню на зубчатый венец поворотного кольца. При повороте кольца происходит угловое перемещение десяти зубчатых секторов с закрепленными на них лопатками.

Жесткая конструкция элементов кольцевого редуктора обеспечивает синхронность поворота лопаток направляющего аппарата и точность их углов установки. Благодаря герметичности конструкции и плотной набивке внутренней полости техническим вазелином, кольцевой редуктор рассчитан на длительную работу без осмотра и ремонта.

Вентиляторы ВЦД-40 по конструктивному исполнению аналогичны ВЦД-32М.

Ротор вращается в двух сферических роликоподшипниках. Смазка подшипников — принудительная от специальной маслостанции. На случай отказа маслостанции в корпусах подшипников предусмотрены масляные ванны. Вал рабочего колеса вентилятора соединяется с двумя приводными электродвигателями зубчатыми муфтами, насаженными на оба его конца.

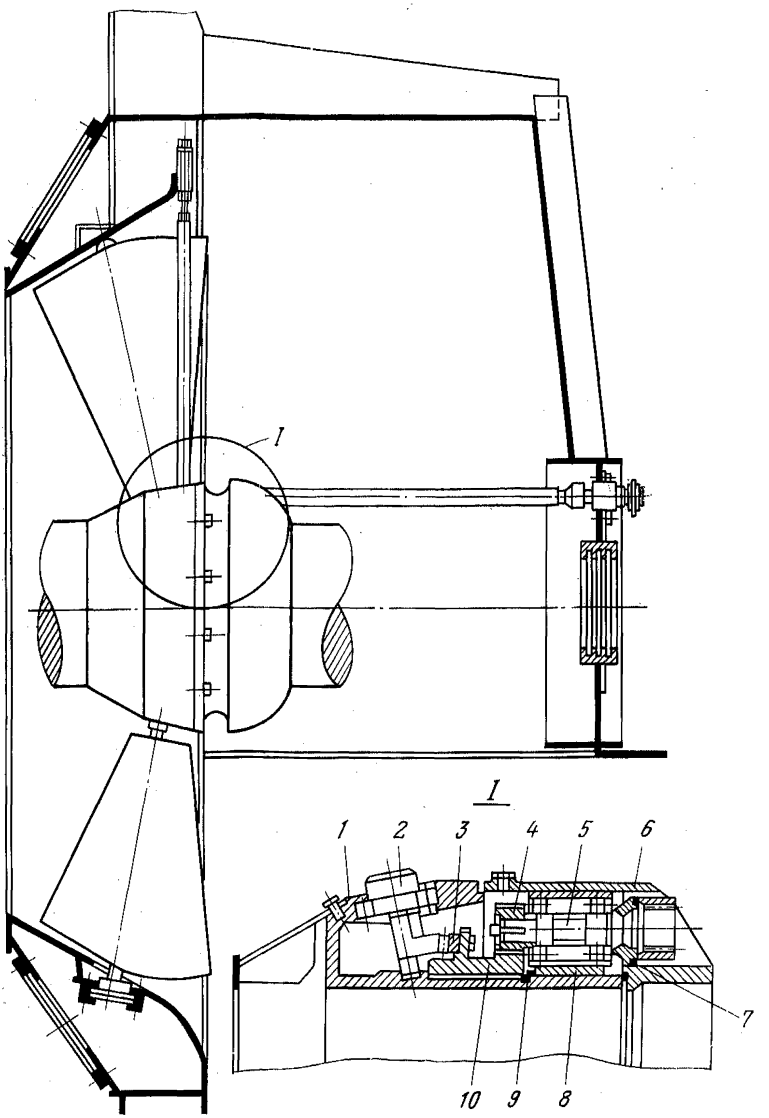


Рис. 2.18. Кольцевой редуктор направляющего аппарата

Вентилятор ВРЦД-4,5 предназначен для проветривания крупных труднопроветриваемых шахт. Рабочее колесо вентилятора диаметром 4800 мм состоит из двух рядов узких крыловидных загнутых назад пустотелых лопаток, приваренных к коренному и двум плоским покрывным дискам. Колесо выполняют в нескольких модификациях, отличающихся шириной или углом установки лопаток. Благодаря этому и увеличивается производительность вентилятора. Колесо крепится на кованом валу, вращающемся в двух подшипниковых узлах. Подшипники установлены в сферических самоцентрирующихся обоймах.

Смазка подшипников — циркуляционная. Для регулирования производительности вентилятора служат два направляющих аппарата диаметром 3200 мм каждый с четырнадцатью поворотными лопатками, управляемыми шарнирно-рычажным механизмом с приводом от электродвигателя мощностью 1,7 кВт, частотой вращения 1450 об/мин.

В 1975—1976 гг. произведена модернизация и унификация центробежных вентиляторов, выпускаемых Донецким машиностроительным заводом им. Ленинского комсомола Украины. Вентиляторы выпускаются двух базовых типоразмеров с диаметром рабочих колес 3200 и 4700 мм.

Вентиляторы с колесом диаметром 3200 мм выпускают одностороннего всасывания ВЦ-31,5М и двухстороннего всасывания ВЦД-31,5М. Эти вентиляторы имеют профилированные сплошные лопатки.

Предусмотрен выпуск модификаций этих вентиляторов с лопатками рабочих колес с поворотными закрылками: ВЦ-31,5 П (одностороннего всасывания) и ВЦД-31,5П (двухстороннего всасывания). Вентиляторы ВЦ-31,5М и ВЦД-31,5М с 1977 г. поставляет Донецкий машиностроительный завод им. Ленинского комсомола Украины. Вентиляторы с поворотными закрылками будут освоены в 1979—1980 гг.

Особенностями вентиляторов ВЦ-31,5М; ВЦД-31,5М; ВЦ-31,5П являются применение в их конструкциях усиленных сферических роликоподшипников с условным обозначением 3652 (подшипниковые узлы всех этих вентиляторов одинаковы), принудительной циркуляционной смазки подшипниковых узлов ротора, направляющего аппарата с тросовым приводом поворота лопаток и смазочной системой для узлов опор лопаток (периодическая прокачка ручным насосом консистентной смазки).

В связи с освоением указанных унифицированных вентиляторов прекращается выпуск вентиляторов ВЦ-32, ВЦ-31,5, ВЦД-32М, ВЦЗ-32.

На базе рабочего колеса диаметром 4700 мм выпускают два типоразмера вентиляторов: ВЦД-47У с производительностью 350—400 м³/с и ВЦД-47 «Север» с производительностью 500—550 м³/с. Они отличаются друг от друга шириной рабочих колес, которая у ВЦД-47У составляет 2004 мм, а у ВЦД-47 «Север» — 2730 мм.

В подшипниковых узлах вентиляторов ВЦД-47У применены роликовые радиальные сферические двухрядные подшипники 3680 (условное обозначение по ГОСТ 520—71) с принудительной циркуляционной смазкой. Конструкция направляющих аппаратов аналогична применяемой в вентиляторах с диаметром рабочего колеса 3200 мм.

Вентилятор ВЦД-47 «Север» имеет рабочее колесо двухстороннего всасывания, состоящее из соединенных между собой и сидящих на общей ступице двух колес одностороннего всасывания. Направляющие аппараты в этом вентиляторе отсутствуют, так как он выпускается только с регулируемым электроприводом. Для запуска вентилятора в нем имеется устройство для сброса мощности.

Ведутся работы по взаимной унификации вентиляторов ВЦД-47У и ВЦД-47 «Север». В связи с этим снимается с производства вентилятор ВРЦД-4,5.

Техническая характеристика модернизированных и унифицированных вентиляторов приведена в приложении 1.

3. РЕВИЗИЯ И НАЛАДКА МЕХАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ГЛАВНЫХ ВЕНТИЛЯТОРНЫХ УСТАНОВОК

3.1. РЕВИЗИЯ И НАЛАДКА ОТДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ВЕНТИЛЯТОРОВ И ПРОБНЫЙ ПУСК

3.1.1. Проверка состояния фундамента, рамы, кожуха, диффузора, коллектора, обтекателя, подшипниковых узлов

При проверке фундамента и бетонных сооружений следует:

1. Осмотреть фундамент, обращая внимание на наличие трещин, обнаженной арматуры и прочих дефектов. Для определения характера трещин на фундамент устанавливают маяки из раствора алебастра, располагая их перпендикулярно к трещине через каждые 400—500 мм. Сечение маяка 20×10 мм, длина — не менее 30 мм в обе стороны от трещины. Маяки проверяют через каждые двое суток. Отсутствие разрывов маяков указывает на то, что трещина не развивается. В случае разрыва маяков необходимо совместно со строителями разработать мероприятия по укреплению фундамента.

2. Проверить нет ли отслоения фундаментных рам от фундамента, причиной которого может быть попадание масла. При выявлении отслоения вырубить бетон по всей длине дефектного участка до свежего бетона и залить вырубленное место бетоном из быстросхватывающего цемента.

При проведении работ по ревизии рамы, кожуха, диффузора, коллектора, обтекателя и подшипниковых узлов следует:

1. Произвести внешний осмотр. Убедиться в отсутствии вмятин, местных провалов на кожухе, обтекателе, подшипниковых узлах. Если при осмотре на кожухе обнаружены вмятины большой площади и глубиной более 2—3 мм, необходимо в этих местах проверить зазоры между лопатками рабочего колеса и кожухом. Если зазоры окажутся недостаточными для нормального вращения колес, кожух следует подвергнуть правке.

2. Осмотреть и простучать сварные швы. Лопнувшие швы заварить.

3. Подтянуть все болтовые соединения. Особенно тщательно проверить болты, соединяющие кожух с рамой, горизонтальные фланцы половин кожуха, кожух с коллектором и переходным патрубком, верхнюю и нижнюю части обтекателя. Болты с сорванной резьбой следует заменить.

Проверить затяжку фундаментных болтов и болтов, крепящих раму кожуха к фундаменту.

4. Проверить состояние резиновых прокладок на горизонтальных и вертикальных фланцах. Пришедшие в негодность прокладки заменить новыми из мягкой листовой резины толщиной 3 мм. На фланцах горизонтального разъема кажухов осевых вентиляторов прокладки ставить не следует, так как они могут нарушить зазоры между кожухом и лопатками рабочего колеса. Для устранения неплотностей эти фланцы обмазывают по периметру жидким стеклом или шпаклюют.

5. У осевых вентиляторов проверить герметичность соединения кожуха и диффузора. Резиновая лента должна плотно прилегать к опорным пояскам кожуха или переходного патрубка и диффузора. Проверить затяжку хомутов, охватывающих резиновую ленту, при необходимости произвести затяжку.

6. Проверить состояние уплотнений в местах прохода вала вентилятора через стенку обтекателя кожуха или входных коробок. Фланец войлочного уплотнительного кольца подтянуть или заменить уплотнительное кольцо, лабиринтные уплотнения заправить смазкой.

7. Проверить наличие уплотнительных прокладок под фланцами люков

кожуха. При установке новых прокладок проверить, чтобы внутренняя поверхность люка не выступала за обработанную внутреннюю поверхность кожуха осевого вентилятора.

8. Проверить состояние бетонных стен диффузора и нижней бетонной части кожуха центробежных вентиляторов. При обнаружении трещин, неровностей, выбоин и проволоки следует устранить эти дефекты, прибегнув к помощи строителей. Поверхности стен должны быть гладкими.

3.1.2. Рабочие колеса осевых вентиляторов

При проведении наладочных работ на рабочих колесах осевых вентиляторов следует:

1. Очистить поверхности рабочих колес и лопаток от налипшей пыли и грязи.

2. Произвести внешний осмотр рабочих колес и лопаток. Простучать сварные швы боковых дисков с ободом и ступицей. Дребезжащий звук при ударах молотка свидетельствует о наличии трещин и дефектов сварки. Небольшие трещины в швах — заварить. При обнаружении трещин в отливке или крупных дефектов сварных швов ротор следует демонтировать и произвести капитальный ремонт. В процессе осмотра следует очистить, а в случае необходимости, восстановить риски и цифры, набитые на ободе и лопатках для регулировки углов установки лопаток.

3. Проверить крепление рабочих колес на валу. Все соединения подтянуть и застопорить.

4. Через ремонтный люк осмотреть лопатки рабочих колес. В литых лопатках обратить внимание на состояние их поверхности (особенно у передней кромки). Лопатки, на которых обнаружены значительные оспины, глубокие вмятины или трещины, заменить. Небольшие дефекты на поверхности литых лопаток зачистить.

При осмотре полых лопаток обратить внимание на состояние сварных и заклепочных швов. Лопатки с дефектными швами заменить новыми.

Для замены лопатки вентиляторов серии В необходимо отпустить гайку, стягивающую стакан, и вывинтить ее из стакана. Затем подобрать лопатку с такой же массой и закрепить ее на диске колеса ввинчиванием хвостовика в стакан с последующей надежной затяжкой гайки. При замене лопаток необходимо подбирать их попарно: противоположно расположенные лопатки должны быть одинаковой массы.

При завинчивании устанавливаемой лопатки хвостовик ее стержня необходимо смазать графитной смазкой.

Для замены лопаток вентиляторов ВОК, ВОКД, ВОКР и ВОД, крепящихся во втулках рабочих колес при помощи затворов, следует вывинтить болт фиксатора, и снять фиксатор (рис. 3.1, *а, I*), повернуть лопатку против часовой стрелки до совпадения меток на ободе колеса и лопатки (рис. 3.1, *а, II*). При совпадении рисок выступы разрезного вкладыша установятся против вырезов обода и пружина (в вентиляторах ВОД пружины не применяются) выталкивает вкладыш вместе с лопаткой из колеса (рис. 3.1. а, III). После чего лопатку вместе с затвором вынуть через люк кожуха. Разрезной вкладыш и другие детали затвора разобрать и подготовить к установке на запасной лопатке. Снятую лопатку без деталей затвора взвесить. Масса вновь устанавливаемой лопатки должна быть такой же как и снятой. Взвешивание можно не производить, если на тарельчатой части лопаток имеются цифры моментного взвешивания завода-изготовителя. В этом случае запасную лопатку следует подобрать по статическому моменту, величина которого на старой и новой лопатках должна быть одинакова. Допустимые отклонения статических моментов парных лопаток указаны в табл. 3.1. После взвешивания или подбора по статическому моменту запасной лопатки на ней следует собрать детали затвора в соответствии с рис. 3.1, *б, I*. Собранную лопатку вставить через люк в гнездо обода рабочего колеса. Нажать на лопатку до сжатия пружины и повернуть ее на угол 90° до совпадения отверстий под фиксатор в диске колеса и во вкладыше (рис. 3.1, *б, II*). Установить

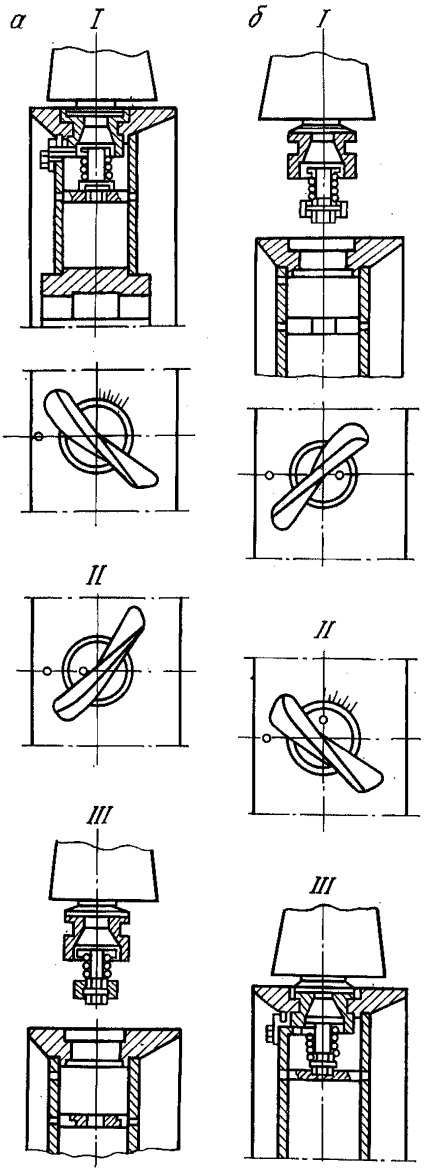


Рис. 3.1. Порядок замены лопаток рабочего колеса вентилятора ВОКД

фиксатор, закрепить его болтом и застопорить отгибной шайбой (рис. 3.1, *б*, *III*).

Недопустимо менять местами конические вкладыши. Гнезда втулок и вкладыши имеют один номер-клеймо.

5. Проверить правильность углов установки лопаток. Угол установки выбрать в соответствии с рекомендациями, приведенными в разделе 5. В крученых лопатках угол установки следует отсчитывать по среднему сечению. Это угол α между направлением вращения колеса и хордой профиля в среднем сечении лопатки (рис. 3.2). Расстояния *l* от обода колеса до среднего сечения лопатки *S* приведены в табл. 3.2. Риски для отсчета углов установки лопаток нанесены на ободе рабочего колеса. Лопатки следует установить по этим рискам. Если возникает сомнение в правильности маркировки рисок, проверить установку лопаток угломером. Все лопатки должны быть установлены под одинаковыми углами. Разнобой в установке лопаток вызывает вибрацию и ухудшает к. п. д. вентилятора. После установки лопаток следует запустить вентилятор, через несколько минут остановить и проверить, не произошел ли самопроизвольный поворот лопаток.

В случае самопроизвольного поворота лопаток следует выяснить и устранить причину.

6. Проверить зазоры между кожухом и лопатками рабочих колес. Перед проверкой установить лопатки под углом 30° для вентиляторов ВОД и ВОКД и под углом 40° для вентиляторов серии В и ВУПД, при котором зазор становится равномерным по всей ширине лопатки. Величину зазора измерить клиновым щупом. Поскольку усилия пружин затвора на лопатках бывает недостаточно для полного отжима лопаток, то при проверке зазоров необходимо лопатку от обода отжимать монтировкой. Измерения начинают с определения наиболее и наименее выступающих лопаток колеса, для чего вращают колесо и в одной точке кожуха измеряют зазор между кожухом и всеми лопатками. Наиболее и наименее выступающие лопатки заменить. Каждой из этих лопаток обойти круг, измеряя зазор между кожухом и лопатками в четырех точках, расположенных через 90°. Средний арифметический радиальный зазор между лопаткой и корпусом осевых вентиляторов должен быть в пределах 0,001—0,003 диа-

метра ротора. Неравномерность радиальных зазоров между лопатками и кожухом устранить регулировкой положения ротора в корпусе. Однако решение о регулировке должно приниматься с учетом состояния центровки ротора, трансмиссионного промежуточного вала и вала двигателя. Поэтому предварительно проверить соосность валов, а затем отрегулировать зазоры комплексно с центровкой.

7. Замерить осевые зазоры между торцами втулок рабочих колес и втулками направляющего и спрямляющего аппаратов. Замеры производить клиновым щупом в четырех точках, расположенных через 90°. Величины зазоров и допустимые отклонения указаны в табл. 3.3. Если осевые зазоры распределяются так, что очевидно смещение ротора в сторону двигателя, то следует осмотреть радиально-упорный подшипниковый узел и проверить затяжку упорных подшипников на валу.

8. Подтянуть гайку, крепящую упорные подшипники на валу рабочего колеса. Предварительно снять торцовую крышку радиально-упорного подшипникового узла и разъединить зубчатую муфту, расположенную между валом рабочего колеса и промежуточным валом. Рычагами отжать вал рабочего колеса до упора в сторону диффузора, после чего подтянуть гайку. Гайку надежно застопорить.

9. Проверить осевой разбег вала ротора или осевую игру подшипников. Проверку осевого разбега или осевой игры осуществляют индикатором часового типа. Для проверки при неразъемных корпусах к торцу выходного конца вала, а при разъемных — к торцу любой детали (например, зубчатого колеса, сидящего на регулируемом валу) приставляют измерительный штифт индикатора, укрепленного на жесткой стойке. С помощью рычагов или приспособлений вал рабочего колеса перемещают до отказа в сторону диффузора, а затем в противоположную сторону. Разность показаний индикатора при крайних положениях вала рабочего колеса определяет величину осевого разбега вала рабочего колеса или осевой игры подшипников.

Таблица 3.1

Вентилятор	Допустимое отклонение, даН·см
ВОК-1	1,0
ВОКД-1	1,0
ВОК-1,5	1,5
ВОКД-1,5	1,5
ВОКД-1,8	2,0
ВОКР-1,8	2,0
ВОКД-2,4	2,0
ВОКД-3	3,0
ВОКД-3,6	5,0
ВОД-16	1,5
ВОД-21	2,0
ВОД-30	3,0
ВОД-40	4,0

Таблица 3.2

Вентилятор	Расстояние от обода колеса до среднего сечения лопатки, мм
ВОК-1; ВОКД-1	100
ВОК-1,5; ВОКД-1,5	150
ВОКД-1,8; ВОКР-1,8	180
ВОКД-2,4	240
ВОКД-3	300
ВОКД-3,6	360
ВОД-16	160
ВОД-21	210
ВОД-30	300
ВОД-40	400
ВОД-50	500

Таблица 3.3

Диаметр рабочего колеса вентилятора, м	Номинальный осевой зазор, мм	Допустимое отклонение, мм
1,0	5	±2
1,5—2,4	10	±3
3,0	15	±5
3,6	20	±5
4,0	20	±5

Рекомендуемые величины осевой игры для роликовых радиальных сферических подшипников, осевых и центробежных вентиляторов, используемых

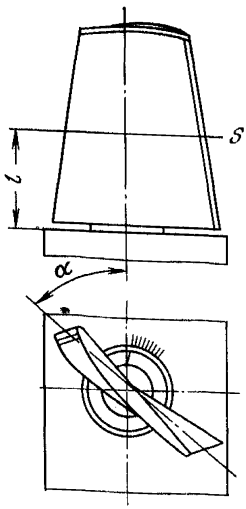


Рис. 3.2. Отсчет углов установки лопаток вентиляторов ВОКД:

α — угол установки лопаток; l — расстояние от обода колес до среднего сечения лопатки; S — среднее сечение, по которому отсчитывается угол установки лопатки

в качестве радиально-упорных, и рекомендуемые величины минимального допустимого осевого разбега вала рабочего колеса вентиляторов приведены соответственно в табл. 3.4 и 3.5.

Зависимость между осевой игрой и радиальным зазором определяют для радиальных сферических двухрядных роликовых подшипников соотношением

$$\frac{2S}{e_r} = \frac{0{,}44}{Y_o}, \qquad (3.1)$$

где $2S$ — осевая игра, мм; e_r — радиальный зазор, мм, Y_o — коэффициент осевой статической нагрузки (см. табл. 3.4).

Таблица 3.4

Вентилятор	Условные обозначения подшипников по ГОСТ 520—71	ГОСТ подшипника	Тип подшипника	Осевая игра, мм		Y_o
				минимальная	максимальная	
ВОК-1, ВОКД-1, ВОД-11	3 616	5721—75	Роликовый радиальный сферический двухрядный	0,01	0,05	1,84
ВОД-16, ВЦО-1,5	3 624	5721—75	То же	0,015	0,05	1,81
ВЦО-1	3 618	5721—75	»	0,011	0,05	1,79
ВЦО-2,5	3 640	5721—75	»	0,02	0,06	1,83
ВЦО-3,1	3 652	5721—75	»	0,025	0,08	1,97
ВЦД-2,2	13 528	8545—75	Роликовый радиальный сферический с закрепительной втулкой	0,02	0,05	2,24
ВЦД-3,3	13 636	8545—75	»	0,025	0,07	1,83
ВШЦ-16	3 528	5721—75	Роликовый радиальный двухрядный	0,013	0,04	2,3
ВЦ-25	3 644	5721—75	Роликовый радиальный сферический двухрядный	0,02	0,06	1,91
ВЦД-32М	1-0-13636	8545—75	Роликовый радиальный сферический с закрепительной втулкой	0,041	0,085	1,83
ВЦД-40	2-6-3652	5721—75	Роликовый радиальный сферический двухрядный	0,051	0,11	1,97

Таблица 3.5

Вентилятор	Условное обозначение подшипников, применяемых в упорном подшипниковом узле	Число подшипников в узле или комплектов	Величина минимального осевого разбега, мм
ВОК-1,5; ВОКД-1,5; ВОКР-1,5	3624	1	0,1
	346322Л1	2	
ВОКД-1,8; ВОКР-1,8	3624	1	0,1
	5-366322	2	
ВОКД-2,4	32328	2	0,1
	36632Л1	2	
ВОКД-3	32340	2	0,15
	366340Л1	2	
ВОКД-3,6	1032752	2	0,2
	656340Л1	3	
ВОД-21	3624	1	0,1
	5-366322Л2	2	
ВОД-40	1032752	2	0,2
	656340	3	
ВОД-50	2032172	2	0,2
	656340Л2	3	
ВЦ-32	5-266340	2	0,15
ВРЦД-4,5	3032180	2	0,2
	346340Л1	2	0,2
ВУПД-1,2; ВУПД-1,4	3618	1	
ВУПД-1,8	66412Л1	2	0,1
ВУПД-2,4	3622	1	0,1
	366322Л1	3	
ВУПД-2,8	3626	1	
	366322Л1	3	0,1

Осевой разбег, в случае необходимости, отрегулировать прокладками, устанавливаемыми между корпусом и торцовой крышкой радиально-упорного подшипникового узла или между сферической обоймой и крышкой подшипникового узла у крупных вентиляторов.

Осевую игру отрегулировать смещением местно нагруженного наружного или внутреннего кольца подшипника посредством металлических прокладок, гаек с внутренней или наружной резьбой, обеспечивающих фиксацию колец подшипника, либо распорных колец в зависимости от схемы установки подшипников и конструкции подшипниковых узлов.

Регулировку величины осевой игры прокладками производить следующим образом:

торцовую крышку радиально-упорного подшипникового узла установить на место без прокладок и равномерно прижимать к торцу корпуса болтами. При завертывании болтов вал вращать от руки для правильной установки роликов относительно дорожек качения и упорных бортов колец подшипника. При достижении заметного торможения вала затяжку болтов прекратить;

замерить зазор между торцом корпуса и крышкой подшипникового узла в трех — четырех местах. За действительную величину зазора принять среднее арифметическое произведенных измерений;

снять торцовую крышку и установить ее на место с комплектом регулировочных прокладок. Зажать до отказа всеми болтами. При этом толщина регулировочных прокладок

$$a = K + S, \qquad (3.2)$$

где K — величина зазора между корпусом и крышкой подшипникового узла, мм; S — необходимая величина осевой игры подшипника, мм.

Регулировочные прокладки готовят из жести или тонколистовой декапированной стали. Они должны быть гладкими и чистыми, не иметь заусенцев по наружным краям и краям отверстий. Для удобства регулировки рекомендуется применять прокладки толщиной 0,15; 0,20; 0,30 и 0,50 мм. Отверстия в прокладках должны быть больше диаметра болта минимум на 2 мм.

3.1.3. Рабочие колеса центробежных вентиляторов

Во время проведения наладочных работ на рабочих колесах центробежных вентиляторов следует:

1. Произвести внешний осмотр рабочих колес центробежных вентиляторов в том же объеме, что и на осевых вентиляторах.

Лопатки рабочих колес очистить от осевшей на них спрессованной пыли, ржавчины и грязи. Остукиванием проверить все сварные и заклепочные швы. Ослабленные заклепки срубить и заменить новыми. Сварные швы, в которых обнаружены трещины, вырубить до основного металла, разделить под V-образный шов и заварить. Сварку лопаток рабочих колес производить специальными электродами в зависимости от марки стали и в соответствии с технической документацией завода-изготовителя. При обнаружении на лопатках небольших трещин, не угрожающих их целостности, концы трещин засверлить и трещины заварить. Лопатки рабочих колес вентиляторов ВШЦ-16, ВЦ-25, ВЦД-32М, ВЦД-40, ВРЦД-4,5 в процессе работы могут заполняться водой и штыбом через небольшие трещины, что вызывает чрезмерную вибрацию ротора. Для устранения этого дефекта воду следует удалить из лопаток, а трещины заварить специальными электродами. При значительном коррозийном износе лопаток, при обнаружении трещин в местах крепления обшивки лопаток к коренному или покрывному диску лопатки необходимо заменить. При этом лопатки по месту тщательно подгоняются к покрывному диску и лабиринтному кольцу так, чтобы обеспечить установку лопаток на заданные чертежами диаметры и углы. Зазор между дисками и лопаткой по всему контуру не должен превышать 1,5 мм. Сварка ведется дипломированным сварщиком. Фамилии сварщика и руководителя работ заносят в паспорт вентилятора. После окончания работ необходимо провести динамическую балансировку.

2. На вновь вводимых в эксплуатацию вентиляторных установках измерить радиальные и торцовые биения рабочего колеса. Допустимые величины биения роторов центробежных вентиляторов указаны в табл. 3.6. Если биение превышает величины, приведенные в табл. 3.6, необходимо поставить об этом в известность заказчика и завод-изготовитель.

На эксплуатируемых вентиляторах при отсутствии вибрации подшипников указанная проверка не производится.

3. Проверить зазоры между колесом и стенкой кожуха, а также в лабиринтных уплотнениях. Измерение зазоров производить через каждые 90°

Таблица 3.6

Вид биений, мм	Величина биения при диаметре ротора, мм			
	до 1800	свыше 1800 до 3150	свыше 3150 до 4500	свыше 4500
Радиальное биение коренного диска по наружному диаметру	1,5	2,5	3,0	4,0
Торцовое биение коренного диска по наружному диаметру	3,0	5,0	8,0	10,0
Торцовое биение покрывного диска по наружному диаметру	4,0	6,0	10,0	12,0

Таблица 3.7

Зазор в лабиринтном уплотнении колеса, мм	Вентилятор								
	ВЦО-2,5	ВЦ-25	ВЦД-2,2	ВЦ-32 ВЦ-31,5	ВЦД-32М ВЦД-315	ВЦД-3,3	ВЦ-4	ВЦ-5	ВРЦД-4,5 ВЦД-47 «Север»
Радиальный	5±2	5±2	5±3	5±2	7,5±3	5±3	7,5±3	10±5	7±4
Осевой	15±5	10±3	15±5	30±5	32±5	25±10	15±5	12±5	15±5

поворота колеса. Зазоры должны быть равномерными и соответствовать размерам, указанным на чертежах завода-изготовителя. В случае отклонения величин зазоров от рекомендуемых, отрегулировать их выставкой подшипниковых узлов. Величины зазоров в лабиринтных уплотнениях центробежных вентиляторов указаны в табл. 3.7.

4. Проверить надежность крепления рабочего колеса. Особенно тщательно эту проверку производить в вентиляторах, колеса которых насажены на конический вал. Проверку производить щупом. Пластинка щупа толщиной 0,05 мм не должна заходить в зазор между валом и ступицей со стороны большего диаметра конуса. При необходимости подтянуть колесо, и застопорить или законтргаить устройство крепления колеса.

5. Проверить состояние болтовых соединений колеса (коренной диск к ступице, обтекатель к коренному диску и обтекатель к торцу вала). Все корончатые гайки должны быть зашплинтованы.

6. У вентилятора ВЦЗ-32 проверить работу механизма фиксации закрылков. Все закрылки должны быть выставлены под одинаковыми углами и надежно зафиксированы.

3.1.4. Направляющие и спрямляющие аппараты

При проведении наладочных работ на направляющих и спрямляющих аппаратах осевых вентиляторов необходимо:

1. Очистить профильную часть лопаток направляющего или спрямляющего аппаратов от уплотненного слоя налипшей пыли, штыба и грязи, искажающего профиль лопаток и ухудшающего аэродинамические параметры вентилятора.

2. Осмотреть и простучать швы в местах соединения лопаток направляющего и спрямляющего аппаратов с кожухом. Лопнувшие швы заварить, а пришедшие в негодность лопатки заменить новыми. Вновь устанавливаемые лопатки выставить под заданным углом с соблюдением равномерного шага.

Проверка сварных швов должна быть тщательной, так как отрыв лопатки может вывести из строя весь вентилятор.

3. У вентиляторов ВОКД с диаметром рабочего колеса 2,4; 3,0 и 3,6 м проверить возможность плавного поворота закрылков направляющего аппарата в пределах заданных углов. Закрылок должен поворачиваться от угла +20°, отсчитываемого против направления вращения рабочего колеса до угла —60°, отсчитываемого в сторону вращения колеса. При углах установки закрылков от 0 до +20° производительность и давление растут, при углах от 0 до —60° — снижаются.

Закрылки всех лопаток направляющего аппарата должны быть установлены под одинаковыми углами. Разнобой в углах установки закрылков снижает к.п.д. вентиляторов и вызывает вибрацию кожуха. Перед проверкой с помощью механизма одновременного поворота все закрылки установить на угол 0° и шаблоном *1* (рис. 3.3) проконтролировать угол установки всех закрылков *2*.

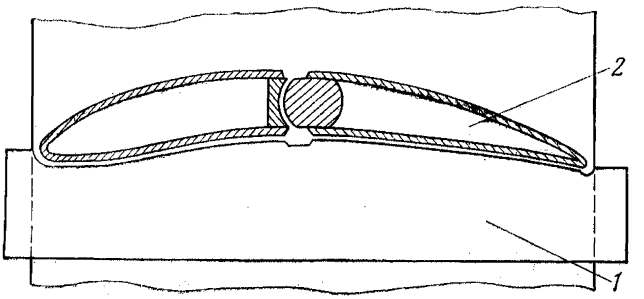


Рис. 3.3. Установка закрылков лопаток направляющего аппарата с помощью шаблона

При выявлении неправильно установленных закрылков ослабить болт, затягивающий разрезной рычаг на хвостовике закрылка, отвернуть стопорный винт рычага и повернуть закрылок в положение 0°, после чего затянуть болт и стопорный винт рычага.

В процессе наладки направляющего аппарата смазать внутреннюю и наружную цапфы закрылков. Наружные оси закрылков, вращающиеся в бронзовых втулках подшипников, имеют на торцах отверстия для смазки. Для подачи смазки следует вывернуть пробки на торцах осей и запрессовать шприцем консистентную смазку.

4. У вентиляторов ВОД проверить возможность поворота лопаток направляющего аппарата на 180° и лопаток спрямляющего аппарата на 158°. Углы установки всех лопаток направляющего аппарата должны быть одинаковыми. Одинаковыми должны быть и углы установки поворотных лопаток спрямляющего аппарата. После проверки все шарниры и вращающиеся узлы смазать консистентной смазкой.

5. При ревизии вентиляторов ВОКР проверить состояние резиновых лопаток и возможность изменения направления их выпуклости. Состояние лопаток считается хорошим, если их поверхность гладкая и не имеет отслоений, лопатки сохраняют форму дужки и под действием привода беспрепятственно меняют направление выпуклости. Изношенные и поврежденные резиновые лопатки должны быть заменены новыми.

6. Проверить работоспособность механизма поворота закрылков или лопаток. Поворот всех лопаток и закрылков должен быть одновременным. Люфты в шарнирах и других соединениях необходимо свести до минимума. На кожухе находится шкала для отсчета углов поворота. Деления этой шкалы должны соответствовать истинному положению лопаток или закрылков, а конечные выключатели, ограничивающие ход механизма одновременного поворота,— должны четко отключать привод в конечных положениях.

7. Проверить состояние приводной колонки механизма одновременного поворота закрылков и лопаток. Техническая характеристика приводных колонок направляющих аппаратов приведена в табл. 3.8. При ревизии колонки необходимо проверить вращение винта вручную с помощью маховика и от двигателя. Редуктор колонки должен работать спокойно, без шума. В противном случае следует вскрыть редуктор и осмотреть червячную пару. При обнаружении износа зубьев червячного колеса на величину более 0,5 мм колесо необходимо заменить. В процессе ревизии следует смазать колонку. В редуктор колонки залить индустриальное масло И-40А, а винт, гайку и подшипник смазать смазкой ЦИАТИМ-203.

При проведении наладочных работ на направляющих аппаратах центробежных вентиляторов необходимо:

1. Проверить установку лопаток направляющего аппарата. Лопатки должны встречать набегающий поток своей плоской или вогнутой стороной и подкручивать его в сторону вращения рабочего колеса. Неправильной является такая установка лопаток, при которой они подкручивают воздушный поток против направления вращения рабочего колеса. В этом случае наблюдается сильная вибрация кожуха.

Таблица 3.8

Основные данные	Колонка	
	для крупных вентиляторов	для реверсивных вентиляторов
Тип электродвигателя	КОМ-12-4 или А-42-4	КОМ-11-4
Мощность электродвигателя, кВт	1,0 или 2,8	0,6
Частота вращения электродвигателя, об/мин	1440	1420
Передаточное отношение редуктора	1 : 60	1 : 60
Модуль червячной пары, мм	3	2
Число заходов червяка	1	1
Резьба приводного винта трапецеидальная	60 × 8	40 × 3
Условное обозначение подшипников:		
радиального	309	306
упорного	38 214	38 208

2. Тщательно осмотреть лопатки направляющих аппаратов, обратив особое внимание на места соединения их листов с хвостовиками. Лопатки, в которых обнаружены трещины, необходимо заварить либо заменить.

3. Проверить углы установки всех лопаток и равномерность их вращения.

Для этого лопатки установить в положение полного закрытия. В этом положении все лопатки должны располагаться в одной плоскости, перпендикулярной к оси аппарата. Если какая-либо лопатка не устанавливается в этой плоскости, необходимо ослабить болт, затягивающий рычаг на хвостовике лопатки, и повернуть лопатку в требуемое положение. Затем механизмом одновременного поворота переставить лопатки на угол 0°. В этом случае все лопатки должны стать в открытое положение, т. е. параллельно оси вентилятора.

Если обнаружатся лопатки, отставшие при повороте и не дошедшие до положения полного открытия, необходимо проверить затяжку их рычагов, наличие на рычагах стопорных винтов, состояние цапф лопаток и регулировку шарниров механизма одновременного поворота. Отклонения углов установки отдельных лопаток не должны превышать ±3°.

В процессе проверки и регулировки следует очистить от грязи и смазать все цапфы лопаток.

4. Проверить состояние деталей механизма одновременного поворота лопаток. Все трущиеся поверхности шарниров, роликов и колец очистить от ржавчины и густо смазать солидолом. Приводное колесо механизма должно свободно поворачиваться на длину хода, обеспечивающую поворот лопаток от 90 до 20°. Люфты в шарнирах механизма следует свести до минимума во избежание вибрации лопаток под действием воздушного потока. Свобода поворота лопаток за счёт люфтов не должна превышать 2°.

Одновременность поворота лопаток направляющего аппарата проверяют поворотом их вручную не менее 5 раз.

5. Проверить наличие шкалы отсчета углов установки лопаток и соответствие ее показаний положению лопаток.

6. Отрегулировать зоны срабатывания конечных выключателей привода направляющих аппаратов.

Выключатели должны отключать двигатель привода направляющего аппарата при полном закрытии лопаток и при предельном угле открытия лопаток, на который настроен аппарат в соответствии с вентиляционным режимом шахты.

Ограничение хода подвижных элементов механизма поворота лопаток направляющих и спрямляющих аппаратов проверяют четырехкратным

Таблица 3.9

Осевой вентилятор	Условное обозначение подшипника по ГОСТ 520—71	ГОСТ подшипника	Тип подшипника	Начальный радиальный зазор, мм	Ориентировочная величина наибольшего радиального зазора, мм
ВОК-1, ВОКД-1	3616	5721—75	Роликовый радиальный сферический двухрядный	0,04—0,06	0,2
ВОК-1,5; ВОКД-1,5; ВОКР-1,5	3624	5721—75	То же	0,06—0,09	0,2
	346322Л1	832—78	Шариковый радиально-упорный сдвоенный	0,02—0,046	—
ВОКД-1,8; ВОКР-1,8	3624	5721—75	Роликовый радиальный сферический двухрядный	0,06—0,09	0,2
	5-366322Л1	832—78	Шариковый радиально-упорный сдвоенный	0,02—0,046	—
ВОКД-2,4	32 328	8328—75	Роликовый радиальный с короткими цилиндрическими роликами	0,05—0,115	0,25
	366326Л1	832—78	Шариковый радиально-упорный сдвоенный	0,023—0,053	—
ВОКД-3	32 340	8328—75	Роликовый радиальный с короткими цилиндрическими роликами	0,075—0,150	0,3
	366340Л1	Нестандартный	Шариковый радиально-упорный сдвоенный	0,033—0,083	—
ВОКД-3,6	1 032 752	»	Роликовый радиальный с короткими цилиндрическими роликами без бортов на внутреннем кольце	0,1—0,18	0,35
	656340Л1	»	Шариковый радиально-упорный строенный с массивным сепаратором	0,033—0,083	—
ВОД-16	3624	5721—75	Роликовый радиальный сферический двухрядный	0,06—0,09	0,2
ВОД-21	3624	5721—75	То же	0,06—0,09	0,2
	5-366322Л2	832—78	Шариковый радиально-упорный сдвоенный	0,02—0,046	—
ВОД-30	1 032 752	Нестандартный	Роликовый радиальный с короткими цилиндрическими роликами без бортов на внутреннем кольце	0,1—0,18	0,35
	656340Л2	»	Шариковый радиально-упорный строенный с массивным сепаратором	0,033—0,083	—
ВОД-40	1 032 752	»	Роликовый радиальный с короткими цилиндрическими роликами без бортов на внутреннем кольце	0,1—0,18	0,35
	656340Л2	»	Шариковый радиально-упорный строенный с массивным сепаратором	0,033—0,083	—
ВОД-50	2 032 172	»	Роликовый радиальный с короткими цилиндрическими роликами без бортов на внутреннем кольце	0,14—0,235	0,45
	656340Л2	»	Шариковый радиально-упорный строенный с массивным сепаратором	0,033—0,083	—
ВУПД-1,2; ВУПД-1,4	3618	5721—75	Роликовый радиальный сферический двухрядный	0,045—0,070	0,2
ВУПД-1,8	66412Л1	831—75	Шариковый радиально-упорный однорядный	0,013—0,033	—
ВУПД-2,4	3622	5721—75	Роликовый радиальный сферический двухрядный	0,05—0,08	0,2
	366322Л1	832—78	Шариковый радиально-упорный строенный	0,02—0,046	—
ВУПД-2,8	3626	5721—75	Роликовый радиальный сферический двухрядный	0,06—0,090	0,25
	366322Л1	832—78	Шариковый радиально-упорный строенный	0,02—0,046	—

доведением лопаток направляющих и спрямляющих аппаратов до конечного положения. При этом концевые выключатели должны отключать электродвигатель механизма поворота.

7. В установках с вентиляторами двухстороннего всасывания не следует допускать питания электродвигателей направляющих аппаратов от одного контактора, так как в этом случае из-за люфтов трудно добиться одинакового угла установки лопаток обоих аппаратов.

Неодинаковые углы установки вызывают осевое усилие на рабочем колесе и являются причиной вибрации и быстрого износа подшипников.

8. Ревизию и наладку приводной колонки направляющего аппарата выполнять в той же последовательности, что и для осевых вентиляторов.

3.1.5. Подшипники качения. Валы

Перед ревизией подшипников качения следует уточнить тип и условное обозначение каждого подшипника по ГОСТу (табл. 3.9; 3.10).

ГОСТ 520—71 установлены следующие классы точности подшипников: 0; 6; 5; 4; 2, перечень которых дан в порядке повышения точности.

Условные обозначения рядов начальных радиальных зазоров отечественных подшипников приведены в табл. 3.11.

Ревизию и наладку подшипников качения и валов необходимо выполнять в следующей последовательности:

1. Проверить затяжку болтов, крепящих корпус подшипникового узла к раме или опорам, подбить контрольные штифты и поджать клинья, фиксирующие положение корпуса.

2. Снять крышку и произвести внешний осмотр подшипника. При консистентной смазке проверить качество смазки. Удалить старую смазку и промыть подшипник керосином или трансформаторным маслом. При жидкой смазке проверить качество масла и отсутствие отложений в системе смазки.

3. Произвести тщательную проверку внешним осмотром рабочих поверхностей колец, тел качения и сепараторов. Основным браковочным признаком служит наличие на поверхностях качения питтингов, следов коррозии и т. п.

4. Проверить радиальный зазор *e* (рис. 3.4) между роликами и наружным кольцом. Проверку производить щупом, пластина которого вводится между верхним роликом и наружным кольцом. Накатывание ролика на щуп не допускается. Ролик должен быть плотно прижат к внутреннему борту подшипника. Измерение произвести четыре раза, поворачивая наружное кольцо подшипника при каждом измерении на 90°. Величина радиального зазора определяется как среднее арифметическое четырех измерений. Измерение радиальных зазоров в двухрядных роликоподшипниках производят аналогично в каждом ряду. Величина радиального зазора этих подшипников определяется как среднее арифметическое измерений в двух рядах. Измерения производят при нагруженном подшипнике.

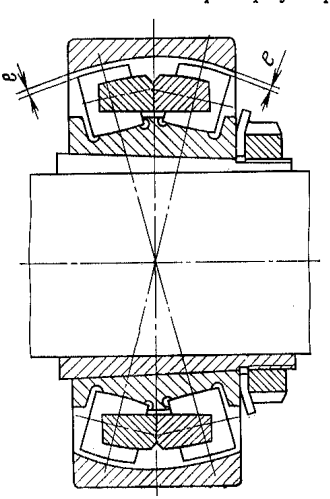


Рис. 3.4. **Подшипник с закрепительной втулкой**

Радиальный зазор в подшипниках с закрытыми сепараторами измеряют щупом между внутренним кольцом и роликом.

Чтобы руководствоваться величинами радиальных зазоров, приведенных в табл. 3.9 и 3.10, необходимо знать класс точности и номер соответствующего ряда установленных на оборудовании подшипников.

Таблица 3.10

Центробежный вентилятор	Условное обозначение подшипника по ГОСТ 520—71	ГОСТ подшипника	Тип подшипника	Начальный радиальный зазор, мм	Ориентировочная величина наибольшего радиального зазора, мм
ВЦО-1	3618	5721—75	Роликовый радиальный сферический двухрядный	0,045—0,07	0,2
ВЦО-1,5	3624	5721—75	То же	0,06—0,09	0,2
ВЦО-2,5; ВЦО-3,1	3640	5721—75	»	0,09—0,14	0,3
ВЦО-3,1	3652	5721—75	»	0,11—0,17	0,35
ВЦД-2,2	13 528	8545—75	Роликовый радиальный сферический с закрепительной втулкой	0,1—0,14	0,25
ВЦД-3,3	13 636	8545—75	То же	0,11—0,15	0,3
ВШЦ-16	3528	5721—75	Роликовый радиальный сферический двухрядный	0,065—0,1	0,2
ВЦ-25	13 636	8545—75	Роликовый радиальный сферический с закрепительной втулкой	0,11—0,15	0,3
	3644	5721—75	Роликовый радиальный сферический двухрядный	0,09—0,14	0,3
ВЦ-32	32 340	8328—75	Роликовый радиальный с короткими цилиндрическими роликами	0,075—0,15	0,3
	5-266340	Нестандартный	Шариковый радиально-упорный сдвоенный	0,033—0,083	—
ВЦД-32М	1-0-13636	8545—75	Роликовый радиальный сферический с закрепительной втулкой	0,17—0,23	0,35
ВЦД-40	2-6-3652	5721—75	Роликовый радиальный сферический двухрядный	0,23—0,32	0,5
ВРЦД-4,5	3680	5721—75	То же	0,17—0,26	0,45
	3 032 180	Нестандартный	Роликовый радиальный с короткими цилиндрическими роликами без бортов на внутреннем кольце	0,14—0,235	0,45
	346340Л1	»	Шариковый радиально-упорный сдвоенный	0,033—0,083	—

Таблица 3.11

Подшипник	Ряды радиальных зазоров
Шарикоподшипники радиальные однорядные	6, основной ряд, 7, 8, 4
Роликоподшипники радиальные сферические двухрядные с цилиндрическим отверстием	Основной ряд, 1, 2, 3 —
Роликоподшипники радиальные сферические двухрядные с коническим отверстием	Основной ряд, 1, 2, 3 —
Роликоподшипники радиальные однорядные с короткими цилиндрическими роликами с невзаимозаменяемыми деталями	5, основной ряд, 7, 8, 9
Роликоподшипники радиальные однорядные с короткими цилиндрическими роликами с взаимозаменяемыми деталями	1, основной ряд, 2, 3, 4

Если зазор превышает приводимую ориентировочную величину, то необходимо тщательно проверить его влияние на характер истирания рабочих поверхностей и снижение долговечности подшипника для определения возможности дальнейшей эксплуатации подшипника или необходимости его замены.

Величины радиальных зазоров приведены в табл. 3.9 и 3.10 для подшипников основного ряда, за исключением подшипников 1-0-13636 и 2-6-3652. Если применены подшипники дополнительных рядов, то величины начальных радиальных зазоров необходимо брать по справочной литературе для подшипников соответствующего типа.

В опорах вентиляторных установок подшипники могут выходить из строя не только вследствие усталостного разрушения поверхностей качения, но и вследствие абразивного их износа при загрязнении, коррозии или недостатка смазки. Поэтому ориентировочное значение допустимого радиального зазора определяют по формуле

$$e_r = e_{r\text{н}} + e_{r\text{у}}, \tag{3.3}$$

где e_r — допустимый радиальный зазор, мкм; $e_{r\text{н}}$ — начальный радиальный зазор, мкм; $e_{r\text{у}}$ — допустимое увеличение радиального зазора в подшипнике, мкм;

$$e_{r\text{у}} = f_v e_0, \tag{3.4}$$

f_v — коэффициент износа подшипника. Для опор вентиляторных установок в зависимости от мощности привода принимается $f_v = 3 \div 8$; e_o — удельная величина износа, мкм, определяется по шкале (рис. 3.5) в зависимости от величины внутреннего диаметра d подшипника.

5. Проверить плотность посадки внутреннего кольца на шейке вала. Для этого с помощью медной пластинки заклинить один ролик подшипника, домкратом приподнять вал и вручную попытаться прокрутить наружное кольцо подшипника. Если посадка подшипника ослаблена, то внутреннее кольцо подшипника начнет проворачиваться относительно вала. В этом случае следует демонтировать ротор вентилятора и отремонтировать или заменить вал.

Для вентиляторов рекомендуются следующие виды посадок подшипников качения на вал в зависимости от его диаметра: $\text{Н}_{1\text{п}}$, $\text{Н}_{\text{п}}$, $\text{П}_{\text{п}}$, $\text{П}_{1\text{п}}$ и $\text{Т}_{\text{п}}$. Натяги и зазоры в зависимости от принятой конструктивной посадки приводятся в технической документации завода-изготовителя на данный подшипниковый узел.

6. Проверить посадку наружных колец подшипников в корпусах. Контроль посадки подшипников в корпусах осуществляется щупом внизу с обеих сторон наружного кольца, предварительно очистив посадочную поверхность корпуса от грязи. Подшипники должны сидеть в корпусах с гарантирован-

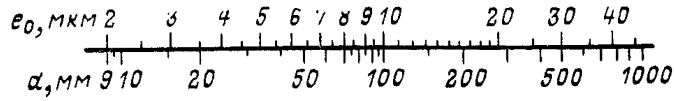


Рис. 3.5. Шкала для определения величины e_0 в зависимости от внутреннего диаметра подшипников d

ным зазором, который измеряется набором пластинчатых щупов или определяется с помощью свинцовых оттисков и сравнивается с величиной, приводимой в таблицах допусков и посадок. Величина этого зазора зависит от диаметра сопрягаемых поверхностей и типа посадки. Практически гарантированным зазором следует считать зазор не менее 0,05 мм поверху между корпусом и наружным кольцом подшипника. Один из подшипниковых узлов должен быть «плавающим», чтобы обеспечить возможность осевого перемещения вала для компенсации температурных деформаций и неточности сборки.

Для вентиляторов рекомендуются следующие виды посадок подшипников качения в корпусах: $П_{1п}$, $П_п$ и $С_п$. Натяги и зазоры в зависимости от принятой конструктивно посадки следует брать из технической документации завода-изготовителя на данный подшипниковый узел.

7. Проверить перекос осей наружного и внутреннего колец подшипников. Проверку производить с помощью лекального угольника, устанавливаемого на вал или втулку. При отсутствии перекоса торцы наружного и внутреннего колец должны находиться в одной плоскости. Об отсутствии перекоса также свидетельствует одинаковое количество загруженных роликов по обеим сторонам подшипника. Более точная проверка может быть произведена индикатором часового типа, закрепленным на валу. При этом измерительный штифт индикатора должен упираться в наружное кольцо.

Перекос осей наружного и внутреннего колец подшипника не должен превышать 0,3 мм на длине 100 мм.

8. Подтянуть гайку, крепящую упорные подшипники на валу рабочего колеса. При стопорении гайки отгибными усиками шайбы обратить внимание на исправность усиков.

9. Проверить осевой разбег вала рабочего колеса или осевую игру подшипника, необходимые для свободного вращения подшипников и предотвращения заклинивания тел качения. Рекомендуемая осевая игра для роликовых радиальных сферических подшипников осевых и центробежных вентиляторов, используемых в качестве радиально-упорных, приведена в табл. 3.4.

Рекомендуемые величины минимально допустимого осевого разбега вала рабочего колеса осевых и центробежных вентиляторов приведены в табл. 3.5.

10. Проверить состояние уплотнений. В подшипниках с манжетными и войлочными уплотнениями проверить щупом зазор между уплотнительной крышкой и шейкой вала. Зазор, измеренный в четырех точках по окружности, должен быть равномерным и не превышать 0,5 мм.

Манжетные уплотнения для предотвращения утечки смазки из корпуса должны быть установлены уплотняющей кромкой в сторону подшипника, а для защиты подшипника от загрязнений извне — уплотняющей кромкой наружу. Если необходимо предусмотреть оба случая, применяются сдвоенные уплотнения, устанавливаемые уплотняющими кромками в разные стороны. Обжимающие кромки манжет должны плотно прилегать к шейке вала. Манжеты с подгоревшими или порванными кромками следует заменить. Концы пружин манжет должны быть ввернуты один в другой не менее чем на три витка. Жировые и лабиринтные канавки уплотнений заполнить смазкой. В уплотнениях из латунных колец проверить зазор (должен быть не более 0,1 мм) между кольцами и шейкой вала и состояние заостренных кромок колец, а затем прочистить отверстия для сбрасывания смазки, расположенные в крышке или корпусе подшипникового узла между латунными кольцами. Разрезные текстолитовые уплотнения подтянуть с помощью пружин, а при большом износе — заменить.

11. Произвести очистку маслопроводящих трубок и заполнить подшипник новой смазкой (при консистентной смазке).

После окончания сборки подшипниковых узлов проверить их работу под нагрузкой. При этом обратить внимание на температуру подшипников, шумовую характеристику, вибрацию и отсутствие утечек смазки. В начальный период работы узла возможно временное повышение температуры до 95 °С. После установления нормального режима смазки и приработки уплотнений рост температуры обычно прекращается, а затем температура снижается до нормального уровня.

При непрекращающемся нарастании температуры подшипников выше 95 °С вентилятор следует остановить, разобрать и осмотреть подшипниковые узлы для выявления и устранения причин нагрева подшипников. При этом проверить:

количество смазки; состояние лабиринтных уплотнений; отсутствие деформаций корпуса или крышки подшипника; отсутствие зажатий наружных колец в корпусе и защемления элементов качения.

Правильно смонтированный подшипниковый узел с исправными деталями должен работать без толчков, вибраций и значительного шума. Глухой прерывистый шум характеризует работу подшипников с загрязненной смазкой. Свистящий шум указывает на работу подшипника с недостаточным количеством смазки, а также на возможность соприкасания вращающихся и неподвижных деталей узла.

В процессе ревизии подшипников качения иногда приходят к выводу о необходимости их замены. Порядок демонтажа и монтажа подшипников качения в этом случае следующий:

1. Демонтировать ранее установленный подшипник. Демонтаж должен производиться съемниками.

2. Проверить состояние подготовленных к монтажу подшипников и их соответствие маркировке, согласно чертежу подшипникового узла.

Перед проверкой подшипники следует тщательно промыть в масле, нагретом до температуры 90—95 °С. Произвести внешний осмотр при рассеянном свете и убедиться в отсутствии дефектов на рабочих поверхностях тел качения, колец и сепараторов. Запрещается монтаж подшипников со следами коррозии и ожогов на рабочих поверхностях, подшипников, имеющих трещины, сколы, забоины, вмятины и другие механические повреждения, а также подшипников с провисшими и деформированными сепараторами.

3. Проверить габариты подшипников (микрометром и штихмасом).

Затем проверить легкость вращения подшипника и радиальный зазор между роликами и наружным кольцом, для чего подшипник установить в вертикальное положение. Методика измерения радиальных зазоров приведена выше.

Различают три вида радиальных зазоров:

1) начальный — до установки подшипника на вал и в корпус;

2) посадочный — после установки подшипника на рабочее место, т. е. после уменьшения внутреннего диаметра наружного кольца и увеличения наружного диаметра внутреннего кольца от посадочного натяга;

3) рабочий, образующийся под рабочей нагрузкой при установившемся температурном режиме в подшипниковом узле.

Посадочный зазор всегда меньше начального зазора из-за изменения диаметров колец подшипника при их установе с посадочным натягом. Рабочий зазор изменяется в зависимости от перепада температур и увеличивается под действием приложенной нагрузки.

Указанная связь между начальным, посадочным и рабочим зазорами справедлива лишь для нерегулируемых подшипников и не относится к подшипникам, у которых величина радиального зазора и осевой игры регулируется при сборке узла.

Величины начальных радиальных зазоров радиальных и радиально-упорных подшипников вентиляторов приведены в табл. 3.9 и 3.10.

На вентиляторных установках применяют подшипники основного ряда, предназначенные для нормальных условий эксплуатации.

Подшипники дополнительных рядов с увеличенным радиальным зазором применяются на опорах со значительными колебаниями рабочих температур,

Рис. 3.6. Проверка обработки посадочного места в корпусе с помощью калибра

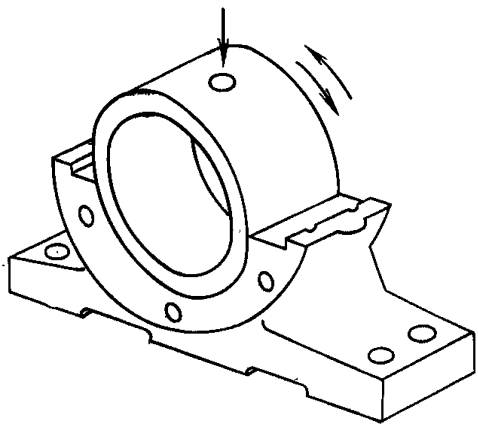
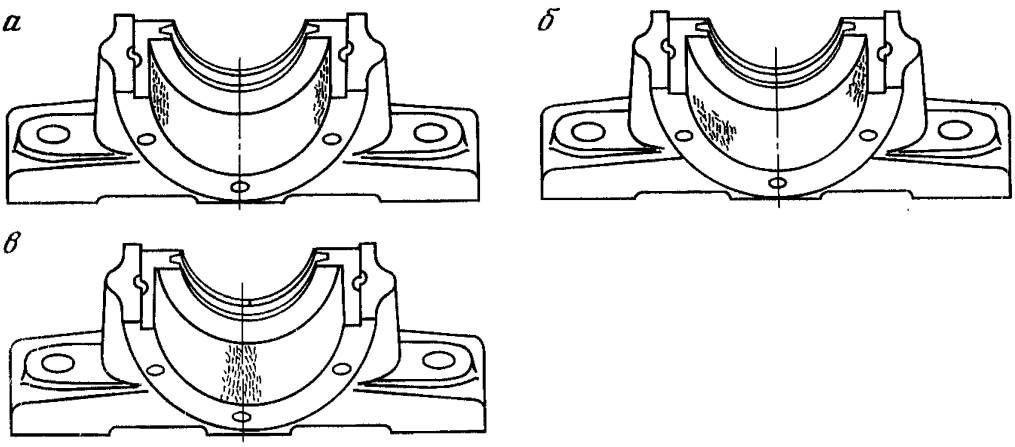


Рис. 3.7. Расположение следов краски на посадочном месте корпуса подшипника



а также для опор, в которых кольца подшипников вследствие тяжелых динамических нагрузок монтируют на валу со значительными посадочными натягами.

4. Проверить и устранить повреждение посадочных мест подшипниковых узлов. Посадочные места под подшипник на валу и в корпусе должны быть тщательно обработаны. Наличие коррозийных налетов, металлической стружки или абразивных частиц затрудняет посадку подшипника. На краях посадочных мест следует сделать фаски. Заусенцы и забоины удалить личным напильником или шибером. После этого поверхность зачистить мелкой наждачной бумагой. Коррозийные пятна удалить пастой ГОИ (окисью хрома).

5. Проверить точность обработки посадочных мест вала и корпуса. Проверку посадочных мест вала производить предельными скобами или микрометрами. Измерение выполнить в нескольких плоскостях по длине посадочного места и по окружности. По результатам измерений делают вывод о допустимых размерах шейки вала и ее овальности и конусности.

Проверку геометрической формы конусного посадочного места на валу производить по краске при помощи специального калибра или внутреннего кольца подшипника. Насаженный от руки калибр должен прилегать к посадочной поверхности вала на площади не менее 75%.

Посадочные места корпуса подшипника проверить микрометрическими или индикаторными нутромерами. Замеры производить в нескольких местах по

длине. Полученные размеры по каждому сечению не должны выходить за пределы поля допуска для посадки, указанной в чертеже корпуса.

6. Проверить наличие холодильников в разъемах корпуса. При их отсутствии последние необходимо выполнить методом шабровки. Зазор между корпусом наружным кольцом подшипника по разъему должен быть не менее 0,05 мм.

Если возникает необходимость пришабрить плоскости разъема корпуса подшипника, то эту операцию следует осуществлять по контрольной плите.

Разъемные корпусы можно проверить по краске при помощи кольцевого калибра или наружного кольца подшипника (рис. 3.6). Посадочное место считается правильно обработанным, если следами краски покрыто не менее 70% поверхности. Если следы краски легли на меньшей поверхности, то необходимо выяснить характер и причины дефекта. При диаметре расточки меньше требуемого или деформации корпуса в результате старения литья краска ложится только в двух противоположных зонах, близких к месту разъема (рис. 3.7, *а*). При перекосе посадочных мест следы краски остаются в двух противоположных зонах по диагонали (рис. 3.7, б). Эти дефекты можно устранить шабрением или обработкой на станке. Если диаметр посадочного места больше допустимого, следы краски остаются в нижней зоне посадочного места (рис. 3.7, *в*). В этом случае дефект устранить заменой корпуса.

7. Смонтировать подшипник на валу. Для этого посадочные места тщательно протереть и смазать минеральным маслом или консистентной смазкой. Подшипник нагреть в горячем минеральном масле до 90—95 °С и установить на посадочное место вала. Допрессовку подшипника до заплечика вала следует производить с помощью медной выколотки либо специальных приспособлений (монтажные трубы, механические и гидравлические прессы).

Роликоподшипники с коническими отверстиями имеют некоторую специфику монтажа, так как они напрессовываются на коническую шейку вала или закрепительную втулку (см. рис. 3.4). Перемещаясь по конусу, внутреннее кольцо расширяется и обжимает посадочное место на валу, в результате чего создается необходимый натяг. О величине посадочного натяга следует судить по уменьшению зазора *е* (см. рис. 3.4) или по величине осевого перемещения втулки или подшипника, при котором гарантируется надежное сопряжение с валом и обеспечивается необходимый минимальный радиальный зазор (табл. 3.12).

Таблица 3.12

Диаметр отверстия подшипника, мм	Уменьшение начального радиального зазора, мкм		Осевое перемещение подшипника, мм	
	наименьшее	наибольшее	наименьшее	наибольшее
80—100	45	60	0,7	0,9
100—120	50	70	0,75	1,1
120—140	65	90	1,1	1,4
140—160	75	100	1,2	1,6
160—180	80	110	1,3	1,7
180—200	90	120	1,4	1,9
200—225	100	140	1,6	2,2
225—250	110	150	1,7	2,4
250—280	120	170	1,9	2,7
280—315	130	190	2,0	3,0
315—355	150	210	2,4	3,3
355—400	170	230	2,6	3,6
400—450	200	260	3,1	4,0
450—500	210	280	3,3	4,4

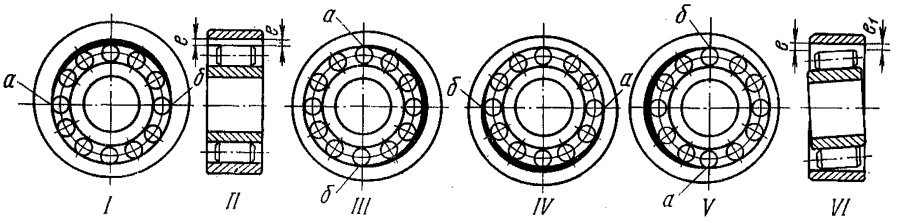


Рис. 3.8. Установка и выверка корпусов по расположению посадочного радиального зазора в подшипнике

Конусная втулка должна быть проверена лекальной линейкой на прямолинейность образующих конуса не менее чем через каждые 20 мм по окружности, а затем на прилегание по конусу к посадочному месту роликоподшипника с помощью щупа. Отклонение от прямолинейности более 0,02 мм и более чем на 20 % образующих (распределенных по окружности равномерно) не допускается.

Монтаж подшипников с коническими отверстиями производить следующим образом. Подшипник в холодном состоянии надеть на втулку и затянуть гайку до полного контакта внутреннего кольца подшипника с конической поверхностью втулки. Определить начальный радиальный зазор и по табл. 3.12 величину необходимого осевого перемещения. Установить стопорный штифт (либо изготовить шаблон) в положение, до которого следует переместить подшипник. После этого подшипник снять, нагреть в масле до температуры 90—95 °С и повторно надеть на заранее определенное место посадки. После охлаждения вновь проверить радиальный зазор подшипника. Для нормальной работы подшипников этого типа требуемое уменьшение начального радиального зазора должно составлять примерно 0,05 мм на 100 мм диаметра отверстия подшипника.

При монтаже в одной опоре двух радиальных роликовых подшипников их предварительно комплектуют так, чтобы были близкими величины начальных радиальных зазоров и допусков на посадочные диаметры. Перед монтажом в каждом комплекте проверить разность начальных радиальных зазоров (не более 0,03 мм) и разность диаметров беговых дорожек внутренних колец (не более 0,04 мм).

8. Произвести выставку корпуса подшипника. Для этого при помощи пластинчатого щупа определить длину ненагруженной зоны подшипника (зоны, где имеется зазор между телами качения и наружным кольцом). Эту зону следует зафиксировать на бумаге в виде круговой диаграммы, соответствующей четырем последовательным поворотам вала на 90° (рис. 3.8). Ненагруженная зона у правильно выставленных корпусов располагается симметрично относительно вертикальной оси между точками *а* и *б* (рис. 3.8, *I*). Радиальный зазор *е* на концах роликов в этом случае одинаков (рис. 3.8, *II*). Различное значение *е* указывает на угловой поворот оси корпуса относительно оси вала (рис. 3.8, *IV*). При неправильной выставки следует произвести соответствующее смещение корпуса подшипника согласно рис. 3.8, *III*, *IV*, *V*. При положении *III* корпус следует сдвигать влево, при *V* — вправо, а при положении *IV* — корпус приподнимать.

9. Произвести сборку корпусов и крышек подшипникового узла с применением герметизирующего состава, например пасты «Герметик» (УТ-32), отрегулировав лабиринтные зазоры. Руководствуясь рекомендациями, приведенными ранее в этом разделе, выполнить окончательную проверку и испытание подшипников.

3.1.6. Подшипники скольжения. Валы

Ревизию подшипников скольжения и валов производить в следующей последовательности:

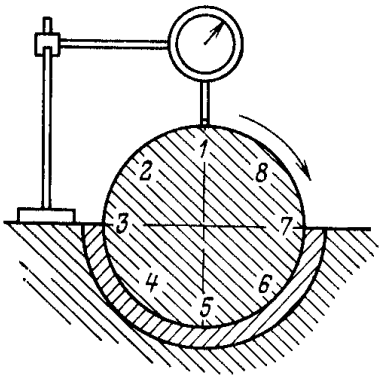


Рис. 3.9. Проверка биения шейки вала

1. Осмотреть рабочую поверхность вкладышей. Обратить внимание на наличие трещин, скалываний, оплавлений, наносов, задиров, царапин, подгорания и отставания баббита. Проверить прилегание вкладыша к шейке вала. Прилегание вкладыша следует проверить с помощью краски (сурика, растертого на масле, или сажи). Для этого тонкую полоску краски нанести по всей длине образующей шейки вала и проворачивать либо вал относительно вкладыша, либо вкладыш относительно вала на 360°. Прилегание вкладыша считается удовлетворительным, если 85 % рабочей поверхности вкладыша равномерно покрыто мелкими пятнами касания. Если плотность прилегания недостаточна, вкладыш необходимо пришабрить.

2. Осмотреть шейки валов. Они не должны иметь следов коррозии, царапин, задиров или борозд. Для заглаживания царапин, рисок, отдельных забоин шейку вала следует запилить бархатным напильником, а затем прошлифовать. Для шлифовки на вал надеть цилиндр из самого мелкого наждачного полотна или бумаги. Цилиндр обвить ремнем и попеременным вытягиванием концов ремня вращать его по валу. После снятия мелких дефектов вал отполировать пастой ГОИ, нанесенной на кожу, фетр, прессшпан или ремень. По достижении зеркального блеска шейки, шлифовку прекратить и удалить частички абразива, врезавшиеся в вал. Для этого вал протереть с помощью того же ремня прессшпаном, смазанным турбинным маслом, а затем промыть шейку бензином и протереть чистой тряпкой.

3. В подшипниках с кольцевой смазкой проверить чистоту масляной ванны. При обнаружении загрязнения старую смазку выпустить, подшипник промыть керосином и заполнить свежим маслом.

Обратить внимание на состояние уплотнений, прокладок, чистоту маслоподводящих каналов. При наличии утечки масла заменить прокладки и уплотнения, промыть и прочистить маслоулавливающие приспособления, канавки и трубки вкладышей.

4. Проверить уровнем горизонтальность установки вала и корпуса каждого подшипника. Перед измерением следует протереть поверхность разъема корпуса подшипника, на которой будет установлен уровень. Измерения производить в двух положениях уровня (с поворотом его на 180°). Нормальное отклонение горизонтальности установки вала и подшипников не должно превышать 0,5 мм на 1 м длины.

5. Определить (при необходимости) биение шеек валов. Биение шеек валов проверить в точках *1—8* (рис. 3.9), которое не должно превышать 0,02 мм для диаметров 100—200 мм и 0,03 мм — для диаметров свыше 200 мм.

6. Определить при помощи свинцовых оттисков радиальный зазор между шейкой вала и верхним вкладышем. Зазоры в подшипниках должны соответствовать данным завода-изготовителя. В том случае, если эти данные отсутствуют, руководствоваться следующим.

Согласно гидродинамической теории смазки при увеличении зазора против требуемого для заданных условий работы уменьшается подъемная сила масляного клина, уменьшается также толщина смазочного слоя. Это снижает нагрузочную способность подшипника и увеличивает потери на трение. Поэтому при небольших скоростях шеек, т. е. в тихоходных машинах, зазор делают меньшим, чем в быстроходных, так как в этом случае для получения необходимой подъемной силы масляного клина необходим меньший зазор. Причем, чем больше нагрузка на шейку вала, тем зазор должен быть меньше. При больших скоростях валов условия для образова-

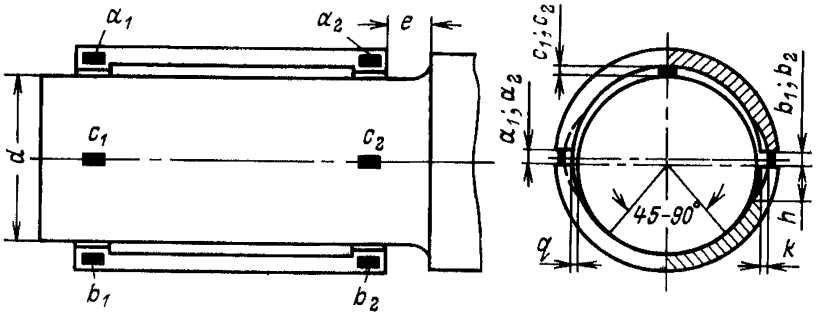


Рис. 3.10. Измерение зазоров в подшипниках скольжения

ния масляного клина более благоприятны, и поэтому зазоры в быстроходных машинах могут быть сделаны бóльшими, чем в тихоходных. Радиальные зазоры в разъемных вкладышах подшипников скольжения с циркуляционной смазкой должны быть больше, чем при кольцевой смазке, так как при больших окружных скоростях и значительных нагрузках требуется бóльший расход масла для охлаждения шейки вала и вкладыша.

Допустимый радиальный зазор можно определить по формуле

$$m_{доп} = (0{,}0005 \div 0{,}0015)\, d, \qquad (3.5)$$

где d — диаметр шейки вала, мм.

Для определения зазора m на шейку вала и на плоскость разъема вкладышей положить свинцовые спиральки диаметром 1—1,5 мм и длиной 20—30 мм (расположение спиралек видно на рис. 3.10). После этого подшипник собрать и стянуть болтами.

Затем подшипник разобрать и микрометром измерить толщину оттисков. Величину зазоров определить по формуле

$$m_1 = c_1 - \frac{a_1 + b_1}{2}; \qquad m_2 = c_2 - \frac{a_2 + b_2}{2}, \qquad (3.6)$$

где a_1, a_2, b_1, b_2, c_1, c_2 — толщина свинцовых оттисков (см. рис. 3.10).

Полученные зазоры m_1 и m_2 сравнить с допустимыми. Для уменьшения зазоров необходима, как правило, перезаливка вкладышей. Увеличение зазора достигают специальной обработкой вкладышей. В качестве временной меры допускают установку в стыки половин вкладыша прокладок из тонкой листовой стали 0,1—0,2 мм. Прокладки должны иметь одинаковую толщину по всей длине и не должны закрывать карманов, отверстий для болтов и шпилек, а также отверстий для прохода масла. Такой метод регулировки зазора допускается только для временной эксплуатации.

Ориентировочные величины пределов радиальных зазоров между шейкой вала и вкладышем в неразъемных вкладышах подшипников скольжения с кольцевой смазкой приведены в табл. 3.13.

Таблица 3.13

Диаметр шейки вала, мм	Зазор, мм
50—80	0,065—0,135
80—120	0,080—0,160
120—180	0,100—0,195
180—260	0,120—0,225
260—360	0,140—0,250
360—500	0,170—0,305

7. Проверить боковой зазор q (см. рис. 3.10) между вкладышем и валом в плоскости разъема. Замер производить щупом при снятой верхней половине вкладыша. Нормально эти зазоры должны быть равны половине величины зазора m между валом и верхним вкладышем.

8. Проверить масляные камеры (холодильники), обеспечивающие постоянную подачу масла вдоль вкладыша и способствующие затягиванию

масла в нагруженную рабочую зону. Максимальный зазор k между шейкой вала и вкладышем в зоне масляных карманов не должен быть более 2—3 мм, а глубина карманов $h=15\div20$ мм. Длина масляных карманов не должна превышать $^5/_6$ длины вкладыша, чтобы масло не вытекало за пределы вкладыша.

9. Определить осевые зазоры e между галтелями вала и вкладышем подшипника. Сопоставить значение зазора e для всех подшипников и вычислить величину осевого разбега. Для двигателей осевой разбег не должен превышать 4 мм. Допустимые величины осевых разбегов для вентиляторов находятся в пределах 0,25—0,3 мм.

10. Определить при помощи свинцовых оттисков величину зазора между верхним вкладышем и крышкой подшипника. Зазор должен быть не более 0,05 мм. Зазор регулируют прокладками между верхней подушкой вкладыша и крышкой подшипника.

11. Проверить состояние смазывающих колец. Кольца не должны иметь заусенцев, задиров, вмятин и значительной подработки. Недопустима деформация колец в виде овальностей и изгибов. Места разъема должны быть соединены всеми винтами. Качество соединений в местах разъема следует проверять при каждой ревизии.

12. При сборке подшипников затяжку диагонально расположенных болтов или шпилек на крыше производить одновременно. Уплотнение разъемов подшипников выполнить пастой «Герметик», бакелитовым лаком и т. д.

После окончания сборки проверить работу подшипников под нагрузкой.

3.1.7. Системы циркуляционной смазки подшипников

Система циркуляционной смазки состоит из рабочего и резервного насосов, маслобака, фильтра, перепускного клапана, контактных манометров, соединительных трубопроводов и другой арматуры. Все оборудование маслостанции закреплено на раме. Для надежного слива масла из подшипников маслостанция располагается на 1,5 м ниже уровня пола машинного вала.

При ревизии системы циркуляционной смазки необходимо:

1. Проверить правильность монтажа маслосистемы, плотность соединений маслопроводов, арматуры и насосов, наличие уклонов маслопроводов в сторону бака.

Соединения, в которых обнаружена течь, подтянуть. Уклон сливных линий должен быть в пределах 20—50 мм на 1 м.

2. Разобрать рабочий и резервный маслонасосы, промыть их и проверить зазоры между шестернями и корпусом, а также между торцами шестерен и боковыми крышками насоса.

Зазор между шестернями и корпусом должен быть в пределах 0,05—0,08 мм, а зазор между торцами шестерен и боковыми крышками насоса — составлять 0,05—0,1 мм. Изношенные детали насосов заменить. После сборки произвести обкатку.

3. Слить масло из бака и тщательно промыть бак и его предохранительную сетку. После промывки залить свежее масло до уровня метки на маслоуказательном стекле.

4. Снять корпус масляного фильтра и промыть пластины фильтра керосином.

5. Включить насос, отрегулировать подачу масла в отдельные подшипники с помощью регулировочных вентилей на нагнетательных линиях.

6. Проверить работу указателей движения масла и электроконтактных манометров.

При необходимости промыть указатели движения масла и отрегулировать грузиками положение флажка. У электроконтактных манометров подвижные контакты должны четко настраиваться на верхний и нижний пределы давления. Рекомендуемый нижний предел настройки, при достижении которого включается резервный насос, составляет 0,8 даН/см^2 и верхний предел настройки, при достижении которого подается предупредительный сигнал,— 2,5—4 даН/см^2.

7. Прочистить трубки воздушно-масляного охладителя и проверить работу воздухоотводчика, установленного на крышке охладителя. Игольчатый клапан воздухоотводчика должен плотно закрываться при наличии давления масла и открываться для доступа воздуха при исчезновении масла.

При прекращении работы насоса масло из охладителя должно самотеком сливаться в подшипники, обеспечивая их смазку в период выбега вентилятора.

8. Произвести ревизию вентилятора охладителя и смазку его подшипников.

9. Проверить работу электрической блокировки насосов. При снижении давления в маслосистеме ниже заданного или прекращения подачи масла в подшипники должен автоматически включаться резервный насос.

10. Проверить работоспособность устройства для подогрева масла в зимний период на неработающем вентиляторе. Температура масла не должна быть ниже 20—25 °С.

11. Проверить работу маслостанции при работающем вентиляторе. Температура масла на сливе не должна превышать 60°.

3.1.8. Соединительные муфты

Центробежные вентиляторы соединяются с валами электродвигателей зубчатыми муфтами двустороннего зацепления МЗ (рис. 3.11) и, реже, пальцевыми муфтами. В осевых вентиляторах с подвесным промежуточным валом применяют муфты одностороннего зацепления МЗП (рис. 3.12).

Характеристики зубчатых муфт МЗ приведены в табл. 3.14, МЗП — в табл. 3.15.

Ревизию соединительных муфт необходимо производить в следующем порядке:

1. Произвести наружный осмотр и проверить отсутствие течи масла через уплотняющие устройства.

На вентиляторах для уплотнения зубчатых муфт применяют манжетные или войлочные уплотнения, которые устанавливают в проточки зубчатой обоймы или торцового фланца. При ревизии зубчатой муфты необходимо проверить состояние контактных уплотнений. При этом уплотняющая кромка манжета должна плотно прилегать к поверхности зубчатой втулки. При установке войлочного уплотнения необходимо его пропитать нагретым до 90 °С минеральным маслом (индустриальным И-12А или И-20А).

2. Рассоединить муфту, очистить от смазки и промыть керосином.

3. Проверить состояние отдельных деталей муфты. В зубчатых муфтах обратить внимание на состояние втулок, зубьев, прокладок и уплотнений. При полном зацеплении муфты износ зубьев зубчатых втулок допускается не более 30 % их толщины. При этом не должны ограничиваться осевая игра или осевой разбег. Измерение толщины зуба должно производиться по диаметру начальной (делительной) окружности. При ревизии пальцевых муфт осмотреть

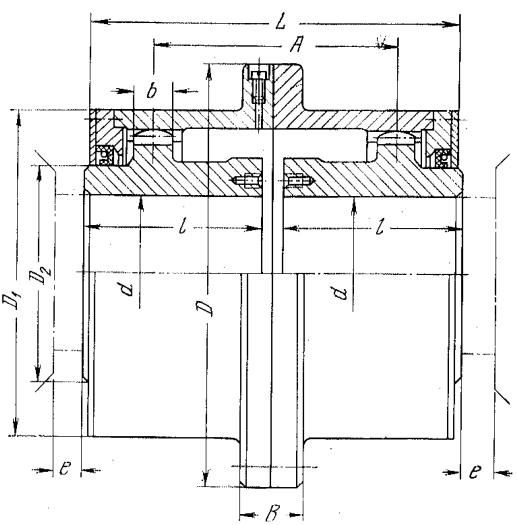


Рис. 3.11. Зубчатая муфта МЗ

Таблица 3.14

Номера зубчатых муфт МЗ	Диаметр внутреннего отверстия муфты d, мм, не более	Ширина зуба b, мм	Размеры, мм (см. рис. 3.11)							
			D	D_1	D_2	L	B	l	A	e
			не более						не менее	
5	90	25	290	200	130	235	50	115	145	25
6	105	30	320	230	140	235	50	125	160	25
7	120	35	350	260	170	285	50	140	185	30
8	140	35	380	290	190	325	50	160	210	30
9	160	35	430	330	210	335	50	165	220	30
10	180	40	490	390	260	365	50	180	245	30
11	220	45	545	445	300	405	60	200	280	35
12	250	50	590	490	340	485	60	240	350	35
13	280	60	680	555	380	525	70	260	375	40
14	320	65	730	610	420	565	70	280	405	40
15	360	70	780	660	480	645	70	320	480	40

Таблица 3.15

Номера зубчатых муфт МЗП	Диаметр, мм, не более		Размеры, мм, не более (см. рис. 3.12)						
	d	d_1	D	D_1	D_2	D_3	L	B	l
4	75	100	250	175	110	170	215	40	105
5	90	120	290	200	130	190	240	50	115
6	105	130	320	230	140	210	260	50	125
7	120	150	350	260	170	240	290	50	140
8	140	170	380	290	190	270	330	50	160
9	160	190	430	330	210	280	340	50	165
10	180	210	490	390	260	320	370	50	180
11	220	250	545	445	300	380	405	60	200
12	250	280	590	490	340	420	485	60	240
13	280	300	680	555	380	480	530	70	260
14	320	340	730	610	420	520	570	70	280
15	360	380	780	660	480	560	650	70	320

соединительные пальцы, эластичные шайбы и при значительном износе заменить их. Обратить внимание на отсутствие трещин и выработки отверстий для пальцев. При их неудовлетворительном состоянии произвести замену полумуфт. Требуемая посадка втулок приведена в табл. 3.16.

Для вентиляторов ВЦД-32, ВЦД-32М и ВЦД-3,3, у которых зубчатая втулка устанавливается на коническую шейку вала, посадка с требуемым натягом осуществляется осевым перемещением зубчатой втулки по валу при помощи упорной плоской шайбы.

4. Проверить надежность посадки втулок и затяжку шпонок. При наличии слабины или шаткости втулки необходимо заменить.

5. Проверить наличие полного зацепления зубьев при сдвинутых и раздвинутых валах, а также отсутствие натяжения валов после соединения муфты. Выполняя указанную проверку, следует руководствоваться размерами, приведенными в табл. 3.14 и 3.15.

6. Проверить соосность валов. Максимальное радиальное смещение валов не должно превышать 0,5 мм, угол перекоса осей должен быть не более 5′.

7. Заполнить муфту смазкой. Свободное пространство зубчатых муфт при применении консистентных смазок должно быть заполнено на $^2/_3$, а при применении жидких масел — на $^1/_3$ объема.

8. Собрать муфту, обращая внимание на затяжку болтов и стопорных приспособлений.

При замене муфт втулку снять с помощью съемников (рис. 3.13). Для облегчения съема надо быстро подогреть втулку, предохраняя от нагрева вал. Если муфта не подлежит дальнейшему использованию, то для облегчения съема втулку разрезать.

Обычно при наличии шпоночного соединения втулки насаживают на вал по посадкам, указанным в табл. 3.16. Перед расточкой втулки необходимо микрометром измерить диаметр вала в нескольких сечениях. При расточке втулки следует обеспечить требуемый натяг. При посадке втулку насаживают с подогревом в масляной ванне до температуры 180—200 °С. Перед посадкой втулки необходимо осмотреть шейку вала, зачистить ее и подогнать шпонки. На шейке вала не должно быть рисок, заусенцев и других дефектов. Втулку насаживают так, чтобы торец вала был заподлицо с торцом втулки.

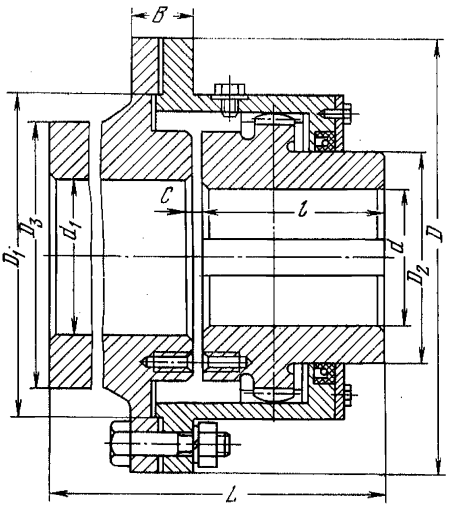


Рис. 3.12. Зубчатая муфта МЗП

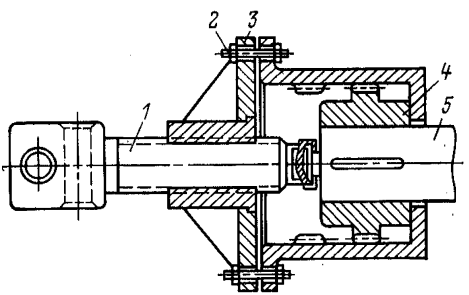


Рис. 3.13. Съемник для демонтажа зубчатых муфт:

1 — винт; *2* — крепежные болты; *3* — фланец; *4* — полумуфта; *5* — вал

В вентиляторах ВЦО-3,1; ВЦ-32; ВЦД-32М; ВЦ-31,5; ВЦД-31,5; ВЦД-3,3; ВЦД-40; ВЦ-45 и ВРЦД-4,5 между торцами зубчатых втулок, насаженных на валы двигателя и вентилятора, предусмотрен монтажный зазор для замены подшипников и муфт без демонтажа вала двигателя или вентиляторов. Величины этих зазоров приводятся на чертежах общего вида вентилятора завода-изготовителя.

3.1.9. Центровка опорных валов

При ревизии и наладке вентиляторных установок производят проверку соосности и, при необходимости, центровку валов. Соосность валов проверяют после окончания работ по ревизии подшипников, соединительных муфт, двигателя и рабочего колеса.

Для проверки соосности валов следует разъединить валы, очистить полумуфты и убедиться в том, что центровочные пояски не имеют забоин и других дефектов. Проверить затяжку болтов, крепящих корпуса подшипниковых узлов, закрепить полумуфты и установить центровочные приспособления

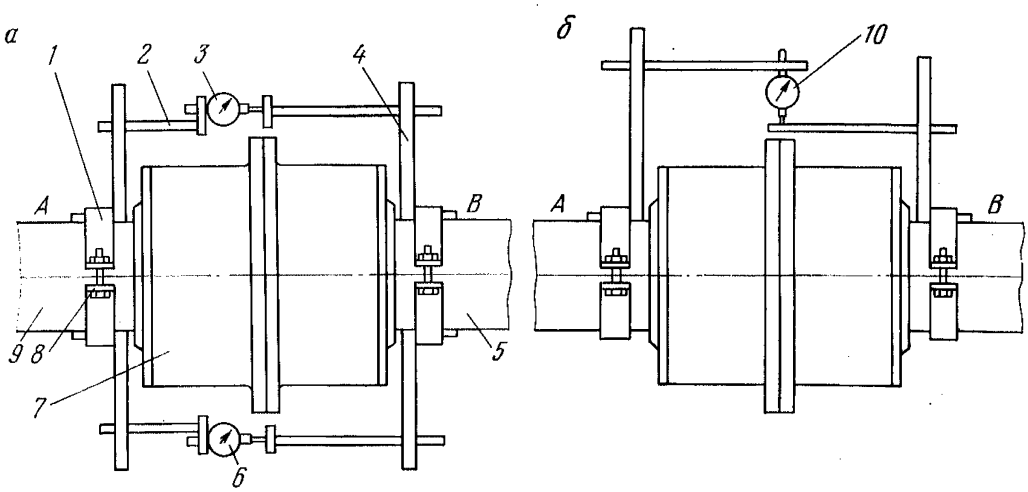


Рис. 3.14. Центровочные приспособления с индикаторами часового типа для измерения: *а* — угловых смещений; *б* — радиальных смещений; *1* — хомут; *2* — кронштейн; *3, 6, 10* — индикаторы; *4* — угольник; *5* — вал *B*; *7* — полумуфта; *8* — стяжка хомута; *9* — вал *A*

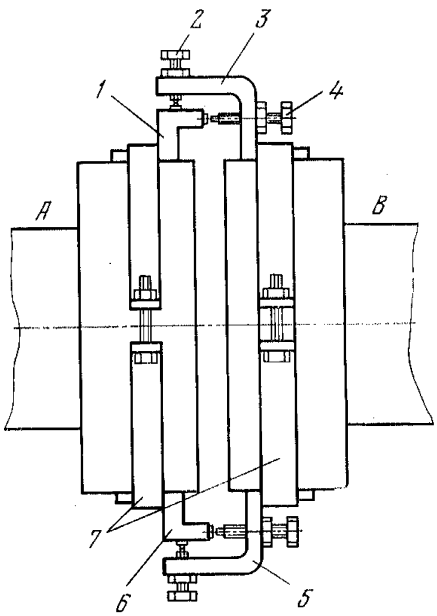


Рис. 3.15. Центровочные скобы: *1, 6* — скобы; *2, 4* — центрирующие болты; *3, 5* — скобы; *7* — хомуты

(рис. 3.14, 3.15). Разъединение муфты не производить, если ее конструкция позволяет установить центровочное приспособление так, как показано на рис. 3.14, *а, б*.

При центровке валов вентилятора исходить из того, что вал рабочего колеса вентилятора выставлен правильно и к нему прицентровывают вал электродвигателя или промежуточный вал. В дальнейшем везде считать выставленный вал валом *A*, а центрируемый — валом *B*. В качестве измерителей отклонений используются индикаторы часового типа, клиновые щупы и лекальные линейки.

При центровке опорных валов необходимо:

1. Замерить радиальное смещение в плоскости, по возможности близкой к плоскости разъема муфты. Замеры производить в четырех положениях валов при совместном их повороте через каждые 90°. Каждый раз замеры снимать в одной и той же точке полумуфты, отмеченной после первого замера.

При проверке соосности в зависимости от конкретных условий выбрать один из следующих способов определения радиальных смещений:

I — замер индикатором, установленным на центровочных приспособлениях, как изображено на рис. 3.14, *а, б*. Центровочные приспособления должны быть выверенными и достаточно жесткими. Индикаторы закрепляют на валу *A*, а их наконечники упирают в центровочные пояски или площадки на валу *B*;

II — замер с помощью щупов и скобы (см. рис. 3.15). Скобу жестко закрепляют на одной из полумуфт, щупами замеряют зазор между скобой и другой полумуфтой. Если скоба закреплена на полумуфте вала *B*, то

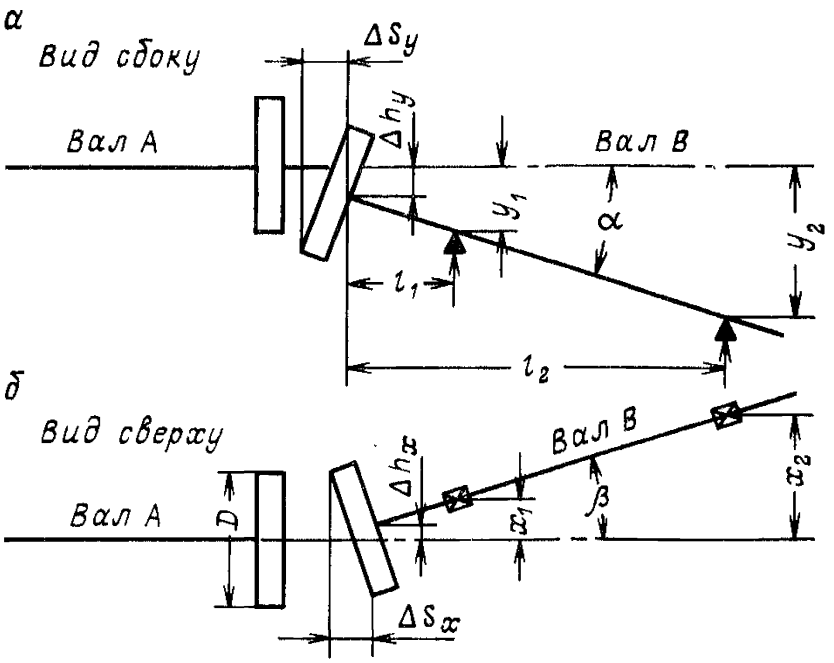


Рис. 3.16. Схема для определения величины перемещения подшипника:

а — в вертикальной плоскости; *б* — в горизонтальной плоскости

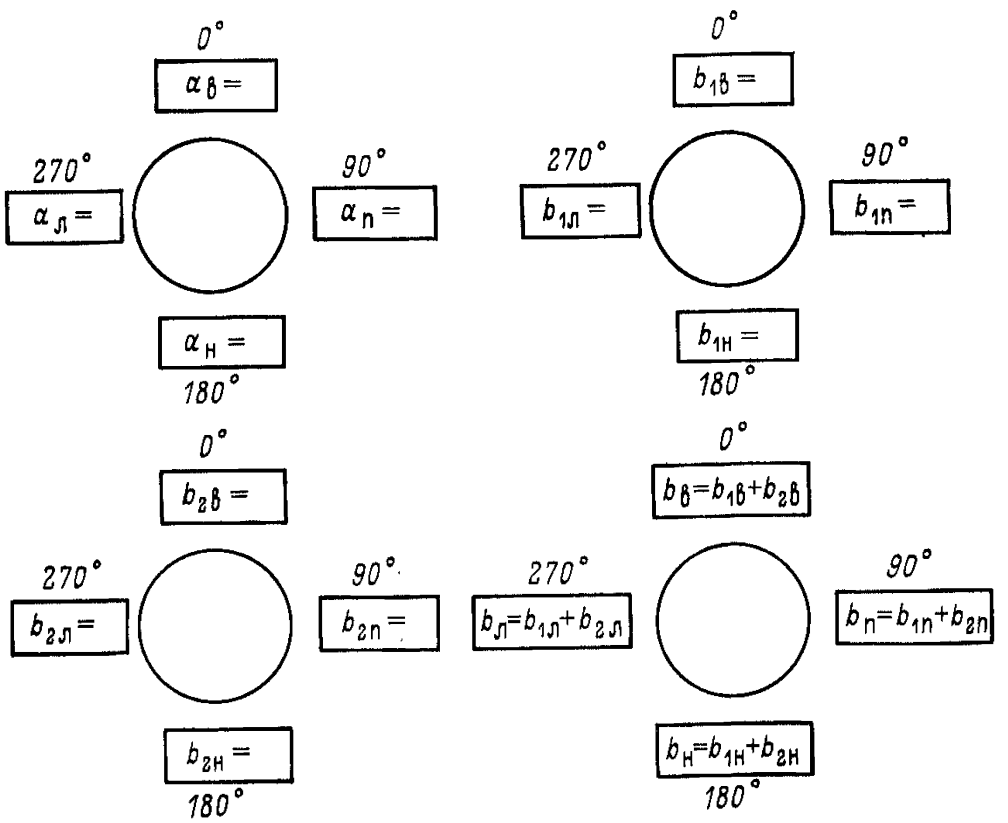


Рис. 3.17. Круговая диаграмма для записи результатов замера при измерении радиальных одним и угловых смещений двумя индикаторами:

$a_в$, $a_н$, $a_п$, $a_л$ — данные радиальных замеров соответственно в верхнем, нижнем, правом и левом положениях индикатора; $b_{1в}$, $b_{1н}$ — данные угловых замеров при нулевом положении валов в верхнем и нижнем положениях индикаторов; $b_{1пл}$, b_1 — то же при повороте на 90° в правом и левом положениях индикаторов; $b_{2в}$, $b_{2н}$, $b_{2п}$, $b_{2л}$ — данные угловых замеров при повороте валов на 180 и 270° соответственно в верхнем, нижнем, правом и левом положениях; $b_в$, $b_н$, $b_п$, $b_л$ — данные угловых суммарных измерений

Таблица 3.16

Вентилятор	Муфта				
	Номер	Диаметр, мм	Посадка втулок	Число на вентиляторе	Конструктивное исполнение
ВУПД-1,2; ОДВ-1,2	5	290	$А_3$/Г	2	Зубчатая двустороннего зацепления
ВУПД-1,4; ОВД-1,4	6	320	$А_3$/Г	2	То же
ВОК-1,5; ВОКД-1,5; ВОКД-1,8; ВОКР-1,8					Зубчатая одностороннего зацепления с подвесным промежуточным валом
ВОД-16	7	350	$А_3$/Н	2	
ВУП-1,8; ВУПД-1,8	7	350	$А_3$/Г	2	Зубчатая двустороннего зацепления
ВУП-2,4; ВУПД-2,4; ВУП-2,8; ВУПД-2,8	9	430	$А_3$/Г	2	То же
ВОКД-2,4	9	430	$А_3$/Г	2	Зубчатая одностороннего зацепления с подвесным промежуточным валом
ВОКД-3; ВОД-30	12	590	$А_3$/Г	2	То же
ВОКД-3,6	13	680	$А_3$/Г	2	»
ВЦД-2,18	9	430	$А_3$/Г	1	Зубчатая двустороннего зацепления с промежуточной вставкой
ВЦ-25	—	400	$А_3$/Г	1	Пальцевая с промежуточной вставкой
ВЦ-32	11	545	$А_3$/Н	1	Зубчатая двустороннего зацепления с удлиненными обоймами
ВЦО-3,1	11	545	$А_3$/Н	1	Зубчатая двустороннего зацепления с промежуточной вставкой
ВЦД-32; ВЦД-32М; ВЦД-3,3	11	545	На коническую шейку вала	1	То же
ВЦ-4	12	590	$А_3$/Г	1	Зубчатая двустороннего зацепления
ВЦ-5	13	680	$А_3$/Г	1	То же
ВРЦД-4,5; ВЦД-47	15	780	$А_3$/Г	1	Зубчатая двустороннего зацепления с промежуточной вставкой

данные замеров записывают со знаком минус, а если на полумуфте вала *А*,— со знаком плюс. Замер щупами во всех положениях производит один и тот же работник;

III — замер с помощью щупов и линейки (дает наименьшую точность). Его используют только при проверке соосности на действующих установках. Если линейку прикладывают к валу *В*, то данные замеров записывают в формуляр со знаком минус, а если к валу *А*, — со знаком плюс.

Данные замеров записать по виду от вала *А* к валу *В* (рис. 3.16, 3.17). Критерием правильности произведенных измерений радиального смещения является соблюдение равенства $a_в+a_н=a_п+a_л$. Величину радиального смещения (мм) вала *В* подсчитать по формулам:

в горизонтальной плоскости

$$\Delta h_x = \frac{a_п - a_л}{2}; \tag{3.7}$$

в вертикальной плоскости

$$\Delta h_y = \frac{a_в - a_н}{2}; \tag{3.8}$$

в пространстве

$$\Delta h = \sqrt{\Delta h_x^2 + \Delta h_y^2}. \tag{3.9}$$

2. Замерить осевые зазоры между полумуфтами. Для получения достаточной точности измерения, как правило, следует применять центровочные приспособления с индикаторами часового типа (см. рис. 3.14, *б*). При этом индикаторы закрепить на валу *А*, а их наконечники упереть в площадки, устанавливаемые на валу *В*. Применение двух диаметрально расположенных индикаторов позволяет компенсировать осевое перемещение валов в процессе их поворота. Поворачивая совместно оба вала от исходного, горизонтального положения, на 90, 180 и 270°, записать показания обоих индикаторов в четырех положениях, как показано на рис. 3.17. Запись производить по виду от вала *А* к валу *В*. Данные замеров обоими индикаторами в соответствующих точках суммировать. Критерием правильности замеров углового смещения является равенство $b_в + b_н = b_п + b_л$.

Тангенс угла перекоса вала *В* относительно вала *А* подсчитать по формулам:

в вертикальной плоскости

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{b_в - b_н}{2D} = \frac{\Delta S_y}{D}; \tag{3.10}$$

в горизонтальной плоскости

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{b_п - b_л}{2D} = \frac{\Delta S_x}{D}; \tag{3.11}$$

в пространстве

$$\operatorname{tg}\gamma = \sqrt{\operatorname{tg}^2\alpha + \operatorname{tg}^2\beta}, \tag{3.12}$$

где D — расстояние между наконечниками индикаторов, мм.

3. Сравнить полученные абсолютные величины наибольшего радиального смещения и наибольшего тангенса угла перекоса валов с допустимыми.

Зубчатые муфты, изготовленные согласно ГОСТ 5006—55, допускают перекос оси втулки относительно оси обоймы на угол до 30′ ($\operatorname{tg} 30' = 0{,}0087$). Это означает, что при отсутствии радиального смещения наибольший угол перекоса валов может быть $\gamma_{max} = 1°$ ($\operatorname{tg}\gamma_{max} = 0{,}0175$). Допустимые радиальные смещения валов при отсутствии перекоса приведены в табл. 3.17. При наличии угла перекоса допустимые радиальные смещения валов определить по формуле

$$\Delta h_{доп} = \Delta h_{max} \frac{\gamma_{max} - \gamma}{\gamma_{max}}. \tag{3.13}$$

Исходя из опыта, выставку валов необходимо выполнять с более жесткими допусками. Это существенно улучшает условия эксплуатации оборудования.

При центровке тихоходных валов рекомендуется допускать суммарный перекос осей валов не более 2 мм/м ($\operatorname{tg}\gamma_{доп} = 0{,}002$), а радиальные

Таблица 3.17

№ муфт	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Радиальное смещение $\Delta h_{доп}$, мм	1,1	1,2	1,7	2	2,2	2,6	3,1	3,2	3,6	3,9	4,8	5,2	5,7	6,7	7,0

смещения $\Delta h_{доп}$ — в 4 раза меньше значений, приведенных в табл. 3.17. При центровке быстроходных валов с частотой вращения (свыше 750 об/мин) суммарный перекос осей валов можно допускать не более 1 мм/м ($\operatorname{tg}\gamma_{доп}=0{,}001$), а радиальные смещения должны быть в 8 раз меньше значений, приведенных в табл. 3.17.

Для упругих пальцевых муфт радиальные смещения следует принимать в 2 раза меньше по сравнению с зубчатыми муфтами соответствующих размеров.

Смещения от несоосности на эксплуатируемых вентиляторах могут быть выше рекомендуемых. При принятии решения о необходимости центровки валов следует учитывать внешние факторы:

отсутствие интенсивного износа муфт: отсутствие вибраций валов, подшипников, муфт, если эти вибрации не вызываются другими факторами; отсутствие повышенного нагрева валов.

4. Определить величины и направление перемещений подшипников вала *B* по формулам:

а) для первого подшипника (от муфты):

в вертикальной плоскости

$$y_1 = \Delta h_y + l_1 \operatorname{tg}\alpha; \qquad (3.14)$$

в горизонтальной плоскости

$$x_1 = \Delta h_x + l_1 \operatorname{tg}\beta; \qquad (3.15)$$

б) для второго подшипника:

в вертикальной плоскости

$$y_2 = \Delta h_y + l_2 \operatorname{tg}\alpha; \qquad (3.16)$$

в горизонтальной плоскости

$$x_2 = \Delta h_x + l_2 \operatorname{tg}\beta, \qquad (3.17)$$

где l_1 и l_2 — расстояние между плоскостью разъема муфты и плоскостями, проходящими через середины первого и второго подшипников. Положительные значения рассчитанных величин говорят о том, что подшипники вала *B* необходимо перемещать вниз и влево, а отрицательные — вверх и вправо.

5. После центровки вновь произвести все замеры и оценить качество соосности.

3.1.10. Центровка подвесных валов

1. Проверку соосности валов производить индикаторами и замерять только осевой перекос валов.

Выставленным валом *A* считается вал рабочего колеса (рис. 3.18, *а*). К нему прицентровывают промежуточный вал *B*, не имеющий опор. Положение всей системы изменять смещением вала *C* электродвигателя. Измерения производить при собранной линии валов.

При измерении угловых смещений промежуточного вала *B* относительно вала *A* индикаторы закреплять на валу *B*, а упорные скобы — на валу *A*.

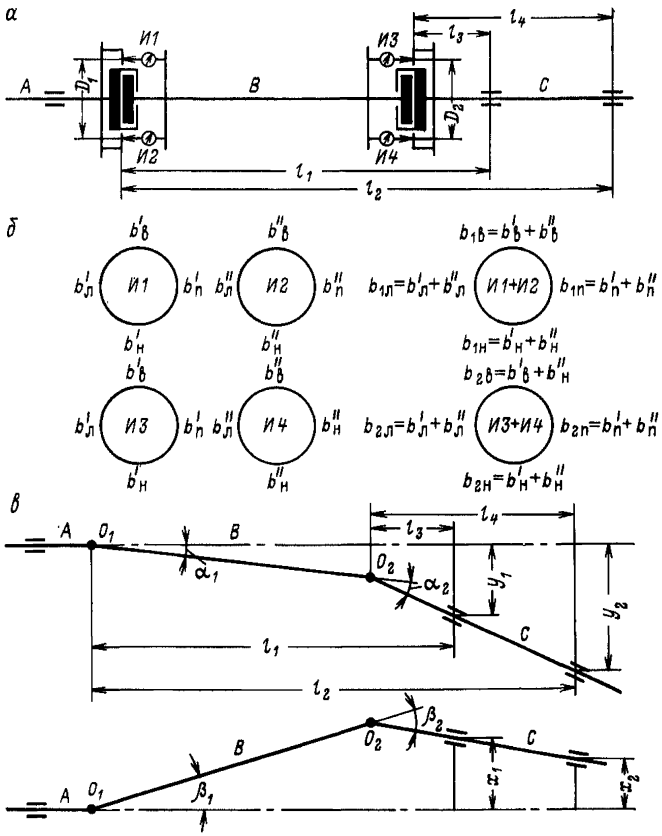


Рис. 3.18. Центровка подвесных валов

При измерении угловых смещений вала *C* электродвигателя относительного промежуточного вала *B* индикаторы закреплять на валу *B*, а упорные скобы — на валу *C*.

Записать для каждой муфты отдельно показания индикаторов в четырех положениях при совместном повороте валов на 90, 180, 270 и 360°. Запись производить в соответствии с рис. 3.18, *б* по виду от вала *A* к валу *C*.

Как видно из рис. 3.18, *в*, для устранения несцентрованности валов в вертикальной плоскости нужно вал *C* повернуть вокруг точки O_2 на угол α_2, а затем оба вала *B* и *C* совместно повернуть вокруг точки O_1 на угол α_1. Для этого необходимо переместить первый (ближний к муфте) подшипник электродвигателя по вертикали на величину (мм)

$$y_1 = \frac{l_1}{D_1}\,\frac{b_{1в} - b_{1н}}{2} + \frac{l_3}{D_2}\,\frac{b_{2в} - b_{2н}}{2}, \qquad (3.18)$$

а второй на величину

$$y_2 = \frac{l_2}{D_1}\,\frac{b_{1в} - b_{1н}}{2} + \frac{l_4}{D_2}\,\frac{b_{2в} - b_{2н}}{2}, \qquad (3.19)$$

где l_1 и l_2 — расстояние между плоскостью разъема муфты вала вентилятора и плоскостями, проходящими через середины первого и второго подшипников электродвигателя; l_3 и l_4 — расстояние между плоскостью разъема муфты

электродвигателя и плоскостями, проходящими через середины первого и второго подшипников электродвигателя; D_1 — расстояние между наконечниками индикаторов для замера угловых смещений промежуточного вала B относительно вала A вентилятора; D_2 — расстояние между наконечниками индикаторов для замера угловых смещений вала C электродвигателя относительно промежуточного вала B.

Необходимые перемещения (мм) подшипников в горизонтальной плоскости (рис. 3.18, *г*):

$$x_1 = \frac{l_1}{D_1} \cdot \frac{b_{1п} - b_{1л}}{2} + \frac{l_3}{D_2} \cdot \frac{b_{2п} - b_{2л}}{2}; \qquad (3.20)$$

$$x_2 = \frac{l_2}{D_1} \frac{b_{1п} - b_{1л}}{2} + \frac{l_4}{D_2} \frac{b_{2п} - b_{2л}}{2}. \qquad (3.21)$$

Положительные значения рассчитанных величин говорят о том, что подшипник электродвигателя необходимо переместить вниз и влево, отрицательные — вверх и вправо.

После необходимых перемещений и затяжки опорных болтов снова проверить соосность валов и занести данные в формуляр.

3.1.11. Тормозные устройства вентиляторов

Тормозные устройства применяют для уменьшения времени свободного выбега вентилятора при остановке.

При ревизии и наладке тормозных устройств необходимо:

1. Проверить состояние тормозных колодок и заменить изношенные колодки. Новые колодки пригнать к тормозному ободу, обеспечив их прилегание по всей рабочей поверхности.
2. Проверить индикатором биение тормозного шкива, которое не должно превышать 0,2 мм.
3. Отрегулировать зазор между колодками и тормозным шкивом. Зазор не должен превышать 0,5—2 мм в вентиляторах ВОКР и 2—3 мм — в вентиляторах ВОКД, ВЦ, ВОД.
4. Проверить смазку шарниров и подшипников. Все шарниры и подшипники должны быть заправлены консистентной смазкой.
5. Проверить работоспособность электромагнитного привода. При подаче напряжения в катушки электромагнитов якорь должен подняться до упора, не останавливаясь в промежуточных положениях.

Регулировку тормозного усилия выполняют при помощи тяг привода тормоза и изменением натяжения пружины амортизатора. Тормоз необходимо отрегулировать так, чтобы время полной остановки вентилятора не превышало 3—5 мин.

6. Проверить блокировку, не позволяющую включать электродвигатель при заторможенном вентиляторе.

3.1.12. Пробный пуск вентиляторов

Пробный пуск вентиляторного агрегата производят после окончания всех наладочных работ. До опробования вентиляторов необходимо:

1. Проверить затяжку и стопорение всех болтовых соединений.
2. Проверить плотность стыков.
3. Проверить угол установки лопаток рабочих колес, направляющих и спрямляющих аппаратов.
4. Установить в корпусах подшипников датчики контроля температуры так, чтобы они упирались в наружные кольца или во вкладыши подшипников.
5. Произвести проверку пусковой аппаратуры.

6. Проверить работу вспомогательных устройств.

7. Проверить наличие смазки подшипников.

В вентиляторах с циркуляционной смазкой маслостанция должна быть включена за 5 мин до пуска вентилятора.

Непосредственно перед пуском установить все ограждения, перекрыть кабельные каналы и принять необходимые меры в соответствии с требованиями техники безопасности. Из вентиляционных каналов убрать наладочные приспособления, инструменты и другие посторонние предметы. Закрыть все люки для доступа в каналы, к обтекателям и диффузорам.

Осуществить пробный пуск вентилятора в течение 1—2 мин, после чего открыть люки и проверить отсутствие задевания вращающихся частей о неподвижные.

Затем произвести пробные пуски вентилятора продолжительностью: 1-й пуск — 10 мин; 2-й пуск — 1 ч; 3-й пуск — 72 ч (обкатка).

Если условия запуска вентилятора тяжелые, то режим пусков может быть изменен, например, после кратковременного пуска осуществляется включение на 0,5 ч, а затем — на 72 ч.

После каждого пуска следует проверять температуру подшипников, которая не должна превышать 80 °С для подшипников скольжения и 95 °С для подшипников качения. Температура масла на сливе из подшипников не должна превышать 60 °С. В начальный период испытания можно допустить несколько большее повышение температуры, чем указано выше; однако при этом необходимо особенно тщательно наблюдать за подшипниками.

Если в работе вентилятора обнаруживаются какие-либо неисправности, его необходимо немедленно остановить, устранить выявленные дефекты, после чего вновь произвести пробные пуски.

После пуска вентилятора проверить отсутствие утечек воздуха через ляды и, в случае необходимости, дополнительно отрегулировать их уплотнения.

При отсутствии дефектов вентиляторная установка вводится в эксплуатацию.

3.2. БАЛАНСИРОВКА РОТОРОВ ШАХТНЫХ ВЕНТИЛЯТОРОВ

3.2.1. Причины и допустимые величины вибраций

Работа шахтных вентиляторов сопровождается вибрациями, вызываемыми различными причинами. Увеличение вибраций выше допустимых норм приводит к ускоренному износу валов, подшипников, соединительных муфт, расшатыванию фундамента, нарушению центровки и появлению других неполадок, ускоряющих процесс увеличения вибраций, что выводит вентилятор из строя.

Вибрации также нарушают нормальную работу приборов и средств автоматики, оказывают отрицательное физиологическое воздействие на организм человека и при длительном воздействии могут привести к профессиональным заболеваниям.

Статистика показывает, что около 80 % поломок и аварий в машинах являются результатом недопустимых вибраций, вызывающих усталостные разрушения узлов и деталей. Поэтому определение вибрации машин, устранение и предупреждение причин их возникновения имеют исключительно важное значение.

Вибрации шахтных вентиляторов могут быть вызваны причинами электромагнитного, аэродинамического и механического характера.

Основными причинами возникновения вибраций электромагнитного характера являются:

неправильное соединение обмоток статора синхронных и асинхронных двигателей;

междувитковое замыкание или замыкание на корпус в двух местах обмотки возбуждения синхронного двигателя;

неправильное соединение полюсов синхронного двигателя;

короткое замыкание в фазном роторе асинхронного двигателя (двигатель вибрирует с частотой скольжения);

повышенная неравномерность зазора между ротором и статором (возникают вибрации двойной частоты вращения);

обрывы в обмотках роторов асинхронных двигателей, а также в пусковых обмотках синхронных двигателей.

Для определения вибраций электромагнитного характера двигатель вентилятора необходимо отключить от сети, а для синхронных двигателей еще и снять возбуждение. Затем, когда частота вращения вентилятора практически еще не успела понизиться, проверить вибрацию. Если вибрации исчезли, то можно считать, что они были вызваны электромагнитными причинами.

Вибрации аэродинамического характера появляются, когда вентилятор работает в неустойчивом режиме. Работа вентилятора сопровождается «лающим» звуком.

Для определения вибраций аэродинамического характера необходимо расширить эквивалентное отверстие вентиляционной сети увеличением подсосов воздуха или другими средствами. При этом звук работы вентилятора меняется и вибрации исчезают.

Основными причинами возникновения вибраций механического характера являются:

плохое или ослабленное крепление отдельных узлов вентилятора;

неудовлетворительная соосность валов;

неправильное зацепление в зубчатых соединительных муфтах;

чрезмерный износ зубьев соединительных муфт;

слишком большой зазор в подшипниках;

неправильная смазка подшипников;

искривление валов;

совпадение частоты вращения вентилятора с частотой собственных колебаний фундамента;

появление овальности шеек вала.

Однако при правильном монтаже и хорошем уходе за вентиляторными установками основной причиной вибраций является неуравновешенность рабочих колес.

Причинами неуравновешенности являются: неравномерное распределение материала по окружности колеса из-за наличия раковин, неравномерности сварочных швов, неравномерности износа лопаток, эксцентричной расточки втулок рабочих колес и т. п.

Для выявления причины вибраций необходимо последовательно исключить причины и дефекты, так как балансировка без устранения вибраций электромагнитного, аэродинамического или механического характера не приведет к цели. Для этого сначала следует приступить к сбору информации: внешнему осмотру, исследованию машин, изучению «истории» вибрации. При исследовании прежде всего необходимо установить, появляются ли вибрации уже на холостом ходу вентилятора или только при работе под нагрузкой, является вибрация постоянной или появляется периодически.

После этого необходимо установить величины и характер основных показателей: амплитуды, частоты вибрации, фазы и формы виброграммы. При этом измерения следует производить по трем направлениям: горизонтально-поперечному (перпендикулярно к оси вала), горизонтально-осевому и вертикальному. Измерения в двух первых направлениях производить на уровне оси вала, а в вертикальном направлении — в наивысшей точке крышки подшипникового узла. Все расчеты при балансировке вести по направлению наибольшей вибрации (при ее уменьшении вибрации по другим направлениям также снижаются).

Определение основной частоты вибрации очень часто помогает выявить ее причину.

Таблица 3.18

Допустимый размах колебаний, мм	Диаметр ротора, мм	Частота вращения ротора, об/мин
	До 3000	
0,14		До 500
0,12		Свыше 500 до 750
0,10		Свыше 750 до 1000
0,07		Свыше 1000 до 1500
	Свыше 3000	
0,10		До 500
0,08		Свыше 500 до 750

Неуравновешенность вращающихся частей вызывает вибрацию с частотой вращения. Как известно, вибрация возрастает пропорционально квадрату частоты вращения машин, поэтому для более быстроходных вентиляторов к балансировке предъявляются более жесткие требования.

После окончания наладочных работ размах радиальных колебаний подшипников вентиляторов не должен превышать допустимых величин, указанных в табл. 3.18 (ГОСТ 11004—75).

3.2.2. Виброизмерительная аппаратура

В настоящее время имеется много разнообразных типов приборов для измерения вибрации машин.

Наиболее совершенными являются электрические виброизмерительные приборы и аппаратура УБП-1, БИП-5, АБШМ-1.

Прибор УБП-1 позволяет измерять смещение вибрации и сдвиг фазы вибрации в диапазоне частот 15—200 Гц.

Балансировочно-измерительный прибор БИП-5 позволяет измерять параметры вибрации (смещение, скорость, ускорение и сдвиг фазы) в диапазоне частот 15—250 Гц. Прибор имеет фильтры низких частот и выход на шлейфовый осциллограф для записи виброграммы.

Аппаратура для динамической балансировки АБШМ-1 шахтных машин при работе с индукционными датчиками типа И001 позволяет измерять смещение, скорость и ускорение вибрации по стрелочному прибору в пределах: S — по смещению от 0 до 1 мм; v — по скорости от 0 до 50 мм/с; g — по ускорению от 0 до 50 м/с^2. Сдвиг фазы вибрации измеряется стробоскопическим методом в диапазоне от 0 до 360°. Диапазон частот измеряемых вибраций — от 2 до 200 Гц.

Выделение основной гармонической составляющей при балансировке машин осуществляется включением съемных избирательных фильтров, которые настроены на частоты, соответствующие рабочим частотам вращения машин. В комплект аппаратуры входят семь фильтров, настроенных на следующие частоты:

Частота фильтров, Гц	Частота вращения машин, об/мин
5	300
7,5	450
10	600
12,5	750
16,5	990
25	1500
50	3000

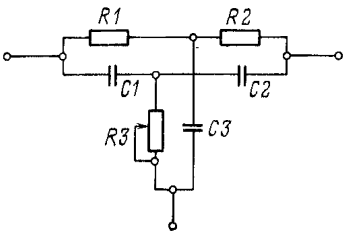


Рис. 3.19. Схема фильтра

При балансировке машин, работающих с другими частотами вращения, заменяются элементы фильтра, настроенного на частоту, наиболее близкую к частоте балансируемой машины. Расчет элементов производится по формуле

$$f = \frac{1}{2\pi R1C1}, \qquad (3.22)$$

где f — частота настройки фильтра, Гц; $R1$ — величина сопротивления, Ом; $C1$ — величина емкости конденсатора, Ф.

Схема фильтра показана на рис. 3.19, причем

$$R1 = R2 = 2R3; \qquad C1 = C2 = 0{,}5C3. \qquad (3.23)$$

Просты по конструкции виброскопы Н. В. Колесника ВК-2 и ВК-3. Первый пригоден для машин с частотами вращения от 600 до 2000 об/мин, второй — от 1000 до 3000 об/мин. Индикатор прибора реагирует только на гармоническую составляющую вибраций, частота которой равна частоте вращения. Сдвиг фазы измеряется стробоскопическим способом.

Вибрационное состояние машин с частотой вращения от 250 до 12 000 об/мин можно контролировать самодельным виброметром (рис. 3.20).

Основой прибора являются индикатор *1* часового типа (ГОСТ 577—68), вставленный в металлический корпус *2*, к которому приклеено клеем № 88 упругое основание *3* из губки.

Виброметр по колебанию стрелки (теневому веерку) позволяет без градуировки определять размах вибраций (двойную амплитуду) с достаточной точностью. Однако при размахе вибрации больше 0,25 мм точность прибора резко снижается.

На рис. 3.21 показана конструкция индукционного вибродатчика И001. На основании *17* датчика собираются и монтируются его основные узлы. К боковым стойкам основания с помощью двух крестообразных подвесов *16* подвешен маятник *18*. На свободном конце маятника укреплены две цилиндрические катушки *4*, каждая из которых находится в зазоре своего постоянного магнита *20* с полюсным наконечником *22* и магнитопроводом *19*. Между магнитами для их центровки и лучшего закрепления помещен латунный цилиндр *21*. Для удержания маятника в положении равновесия служит цилиндрическая пружина *9*. Регулировочное устройство датчика состоит из ползунка *14*, вертикального *15* и горизонтального *12* регулировочных винтов. С помощью горизонтального и вертикального винтов можно регулировать собственную частоту и устанавливать равновесие маятника. Последний находится в положении равновесия, если его центральная риска расположена против указателя *2* в смотровом окне *1*, после чего винтом *13* нужно застопорить ползунок *14*. В верхней части кожуха находится арретир *6*, который позволяет стопорить маятник во время транспортирования датчика.

Лучшей отечественной аппаратурой для балансировки шахтных вентиляторов (в низкочастотном диапазоне вибраций 5—25 Гц) является аппаратура АБШМ-1, разработанная и изготовленная Институтом горной механики и технической кибернетики им. М. М. Федорова.

3.2.3. Статическая балансировка

Задача статической балансировки — достигнуть равновесия покоя, при котором ротор с горизонтально расположенной осью остается в состоянии покоя при любом повороте вокруг этой оси.

Статическая балансировка компенсирует только статическую составляющую небаланса. При наличии в роторе двух видов неуравновешенности: статического и динамического небаланса — статическая балансировка лишь облегчает последующее динамическое уравновешивание.

Рис. 3.20. Самодельный виброметр

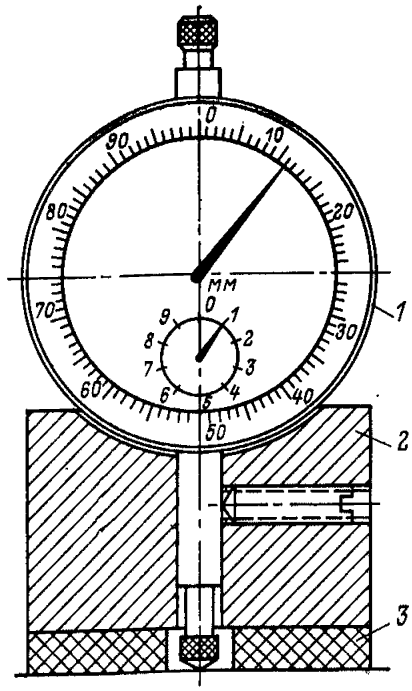
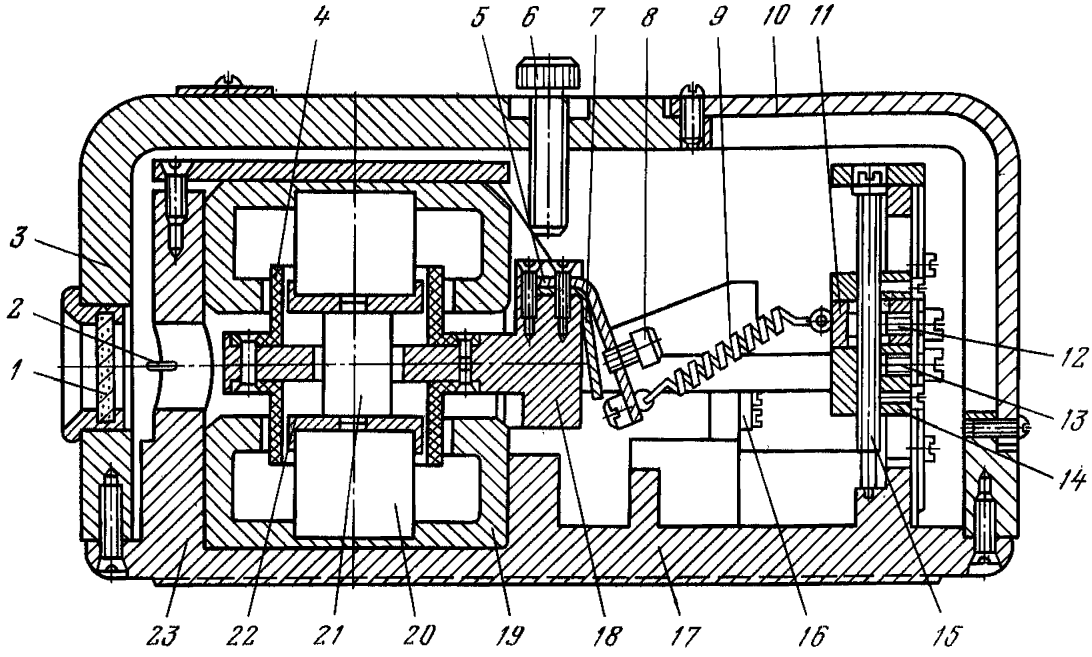


Рис. 3.21. Конструкция вибродатчика И001:

1 — смотровое окно; *2* — указатель; *3* — кожух; *4* — катушка; *5* — пластина биметаллическая; *6* — арретир; *7* — пластина бронзовая; *8* — регулировочный винт для температурной компенсации; *9* — цилиндрическая пружина; *10* — крышка; *11* — втулка; *12* — горизонтальный регулировочный винт; *13* — стопорный винт; *14* — ползунок; *15* — вертикальный регулировочный винт; *16* — крестообразный подвес; *17* — основание датчика; *18* — маятник; *19* — магнитопровод; *20* — магнит; *21* — латунный цилиндр для центровки магнитных систем; *22* — полюсный наконечник; *23* — цилиндр для установки магнитных систем



Статическая балансировка роторов вентиляторов в заводских условиях осуществляется на так называемом параллельном стенде (рис. 3.22). Стенд представляет собой две горизонтальные параллельные призматические опоры *1*, закаленные поверхности которых должны быть тщательно отшлифованы (не ниже R_z 20). Длина призматических опор должна выбираться так, чтобы ротор *2* шейками вала или цапфами специальной оправки мог на них свободно сделать полтора — два полных оборота.

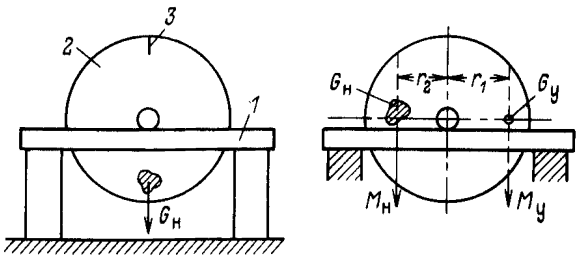


Рис. 3.22. Стенд статической балансировки

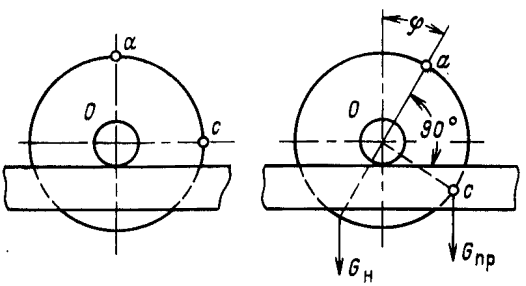


Рис. 3.23. Определение уравновешивающего груза при статической балансировке

Ширину рабочей поверхности призм (см) определяют по формуле

$$a = (0{,}012 \div 0{,}013)\frac{G}{d}, \qquad (3.24)$$

где G — вес, приходящийся на призму от балансируемой детали с оправкой, даН; d — диаметр шейки вала или оправки в месте соприкосновения с призмой, см.

Перед балансировкой необходимо:

1. Очистить ротор и шейки вала от отложений, грязи, штыба и т. п.
2. Проверить уровнем и линейкой параллельное и горизонтальное положение призм.
3. Проверить индикатором отсутствие радиального биения вала и его шеек.

Балансируемый ротор устанавливается на призмы. Неуравновешенный вес $G_н$ ротора поворачивает ротор в такое положение, при котором неуравновешенность занимает крайнее нижнее положение. Противоположную верхнюю часть ротора необходимо отметить радиальной чертой *3* и повернуть ротор так, чтобы эта черта заняла горизонтальное положение. Затем в отмеченном месте необходимо установить уравновешивающий груз $G_у$, подобрав его так, чтобы создаваемый им уравновешивающий момент $M_у$ был равен моменту $M_н$, создаваемому неуравновешенным весом ротора:

$$M_у = M_н; \qquad G_у r_1 = G_н r_2. \qquad (3.25)$$

Для ускорения процесса балансировки подбор уравновешивающего груза можно произвести с помощью простого расчета. Для этого на роторе необходимо отметить два положения (рис. 3.23): a — после установки ротора без уравновешивающего груза, c — под углом 90° к радиусу Oa.

В точке c установить пробный груз и после самоустановки ротора замерить угол φ. При закреплении уравновешивающего груза в точке a («легкое

место») на этом же расстоянии от оси вращения, что и пробного груза, его вес (даН) может быть определен по формуле

$$G_{\text{у}} = \frac{G_{\text{пр}}}{\operatorname{tg}\varphi}, \tag{3.26}$$

где $G_{\text{пр}}$ — вес пробного груза, даН.

Область статической балансировки ограничивается вентиляторами с небольшой частотой вращения (до 500 об/мин) и короткими роторами, ширина которых не должна превышать 1/5 диаметра, так как в случае расположения уравновешивающего груза в плоскости, не совпадающей с плоскостью статической неуравновешенности ротора, образуется пара сил, т. е. статическая неуравновешенность превращается в динамическую. При статической балансировке расчеты производить в одной плоскости, пренебрегая моментом пары сил, уравновешенных статически.

3.2.4. Динамическая балансировка

Динамическая балансировка отличается от статической тем, что определение величины и места установки уравновешивающих грузов производится в динамическом состоянии ротора (во время вращения в собственных подшипниках), что является наиболее удобным в шахтных условиях.

Динамическая балансировка, как правило, более точная и устраняет неуравновешенность любого вида: статическую, динамическую и смешанную.

Для проведения динамической балансировки необходимо располагать не только аппаратурой, но и определенной методикой уравновешивания. Нельзя начинать балансировку ротора, не имея заранее четкого представления о последовательности предстоящих операций или рассчитывая на то, что место установки нужного груза удастся определять методом обхода (для многоплоскостной балансировки).

В настоящее время существует несколько различных методов уравновешивания, в которых вектор силы от уравновешивающего груза находится расчетным путем на основании изменений вибраций от установки на ротор пробных грузов.

Почти все применяемые методы динамической балансировки основаны на предположении, что амплитуды вибраций подшипников пропорциональны вызывающим их силам и что сдвиг фаз между направлением возмущающей силы и направлением вибрации не изменяется при постоянной скорости вращения.

До начала балансировки необходимо проделать следующие операции подготовки:

1. Очистить рабочее колесо от штыба и других отложений.
2. На удобном для наблюдения торце ротора краской или мелом нанести метку — начальный радиус, а рядом расположить лимб для отсчета фазы по стробоскопу (угловую разметку лимба произвести с интервалом не более 10°).
3. Разметить мелом или краской лопатки ротора вентилятора.
4. Рассчитать и подготовить пробный груз и заготовить материал для уравновешивающих грузов.
5. Установить вибродатчики на корпусе подшипников ротора и подготовить балансировочную аппаратуру в соответствии с прилагаемой к ней инструкцией по эксплуатации.

Выбор пробного груза. Вес пробного груза необходимо выбирать так, чтобы получилась достаточно ощутимая разница в величине вибрации, но не возникла опасная вибрация. При выборе веса пробного груза исходят из величины допускаемой центробежной силы, развиваемой пробным грузом при нормальной частоте вращения, либо из величины существующей вибрации. В обоих случаях желательно, чтобы вес пробного груза был меньше неуравновешенного веса ротора, так как практически часто приходится

балансировать роторы, подшипники которых еще до прикрепления пробных грузов вибрируют с опасными амплитудами, и добавление больших пробных грузов является опасным.

В первом случае принимать вызываемую пробным грузом центробежную силу в пределах 10 % составляющей веса ротора, приходящейся на подшипник, ближайший к месту установки пробного груза. Исходя из этого, вес пробного груза рассчитывают по формуле

$$P_{\text{пр}} = 0{,}01 \frac{G_1}{r\left(\frac{n}{3000}\right)^2}, \text{ даН}, \tag{3.27}$$

где G_1 — вес на подшипник (ближайший к пробному грузу) от ротора, даН; r — расстояние от оси вращения до центра тяжести пробного груза, мм; n — частота вращения ротора, об/мин.

Так, например, если вес от ротора на подшипник вентилятора ВЦД-3,3 составляет 4440 даН, частота вращения ротора 600 об/мин, а расстояние от оси вращения до центра тяжести пробного груза 1600 мм, то вес пробного груза

$$P_{\text{пр}} = 0{,}01 \frac{4440}{1600\left(\frac{600}{3000}\right)^2} \approx 0{,}7 \text{ даН}.$$

Во втором случае следует брать вес пробного груза приблизительно равный небалансу, вычисленному по величине существующей вибрации, ориентировочно исходя из того, что центробежная сила от небаланса, равная одному проценту от веса ротора, вызывает вибрацию подшипника, двойная амплитуда которой равна 0,01 мм:

$$P_{\text{пр}} = 0{,}1 \frac{SG_{\text{р}}}{r\left(\frac{n}{3000}\right)^2}, \text{ даН}, \tag{3.28}$$

где S — величина двойной амплитуды, мм; $G_{\text{р}}$ — вес ротора, даН; r — расстояние от оси вращения до центра тяжести пробного груза, мм.

Если вес ротора вентилятора ВЦ-5 составляет 15 000 даН, частота вращения 300 об/мин, расстояние от оси вращения до центра тяжести пробного груза 2400 мм, а величина двойной амплитуды вибрации 0,12 мм, то масса пробного груза

$$P_{\text{пр}} = 0{,}1 \frac{0{,}12 \times 15\,000}{2400\left(\frac{300}{3000}\right)^2} = 7{,}5 \text{ даН}.$$

В настоящем параграфе рассматриваются два метода динамической балансировки:

а) балансировка ротора центробежных вентиляторов одностороннего всасывания, характеризующихся относительно малой шириной (не более 1/5 диаметра). В этих роторах можно пренебречь моментом пары неуравновешенных сил и производить балансировку в одной плоскости;

б) балансировка роторов осевых двухступенчатых и центробежных вентиляторов двустороннего всасывания, которые должны уравновешиваться в двух плоскостях.

Одноплоскостная балансировка. Схема, поясняющая принцип балансировки в одной плоскости с помощью приборов, позволяющих определять амплитуды и фазы вибрации, показана на рис. 3.24.

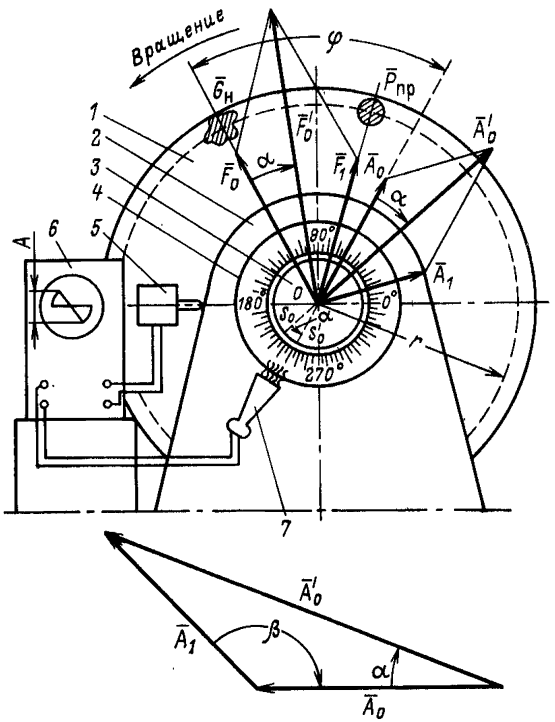


Рис. 3.24. Принципиальная схема балансировки при измерении амплитуд и фаз вибраций:

1 — балансируемый ротор; *2* — подшипник; *3* — торец вала с радиальной меткой; *4* — шкала с делениями на неподвижной части машины; *5* — датчик; *6* — вибрационный прибор; *7* — стробоскопический осветитель

Неуравновешенный вес $\overline{G_н}$ во время вращения ротора *1* создает неуравновешенную центробежную силу $\overline{F_0}$, вызывающую колебание корпуса подшипника *2*, размах которого пропорционален величине силы $\overline{F_0}$. Вектор этой вибрации обозначен на рисунке $\overline{A_0}$. Величину его можно определить по показаниям виброизмерительного прибора *6*. Как известно, колебание корпуса подшипника происходит с некоторым запаздыванием — сдвигом фазы, определяемым углом φ, зависящим от частот вынужденного и свободного колебаний механической системы. Следовательно, при постоянной угловой скорости ротора ω значение угла φ не меняется.

Для определения величины и места нахождения неуравновешенного веса необходимо сравнить влияние на вибрацию опоры центробежной силы $\overline{F_0}$ с влиянием центробежной силы $\overline{F_1}$, вызванной прикреплением пробного груза $\overline{P}_{пр}$, местоположение и вес которого известны.

Вектор вибрации $\overline{A_1}$, вызванной действием центробежной силы $\overline{F_1}$, непосредственным измерением определить нельзя. Прикрепив пробный груз, можно с помощью виброизмерительного прибора определить величину вектора вибрации $\overline{A_0'}$ от действия силы $\overline{F_0'}$, , равной геометрической сумме сил $\overline{F_0}$ и $\overline{F_1}$.

Для определения величины и направления вектора вибрации $\overline{A_1}$, вызванного действием центробежной силы $\overline{F_1}$ от пробного груза, необходимо, кроме измеренных величин векторов $\overline{A_0}$ и $\overline{A_0'}$ определить сдвиг фазы α между этими векторами (что равнозначно определению угла между силами $\overline{F_0}$ и $\overline{F_0'}$, так как параллелограммы сил и векторов вибраций подобны).

Сдвиг фаз α определить с помощью стробоскопического осветителя *7*, который зажигается короткими импульсами, вырабатываемыми в момент

изменения полярности сигнала вибродатчика (или в момент воздействия на вибродатчик максимальной вибрации). Импульсы вырабатываются синхронно с вынужденными колебаниями машины.

При стробоскопическом освещении вращающегося ротора безынерционной лампой радиальная метка, нанесенная на торец вала, занимает определенное положение относительно неподвижной шкалы *4*, которое определяется фазой э. д. с. датчика вибрации *5*. При изменении фазы вибрации после прикрепления пробного груза $\overline{P}_{пр}$, а следовательно, и фазы э. д. с. датчика метка на стробоскопически освещенном роторе поворачивается относительно неподвижно установленной шкалы на угол α, равный сдвигу фазы вибрации.

Поворот радиальной метки на торце вала при изменении фазы вибрации всегда происходит в сторону, противоположную смещению силы $\overline{F}_0'$ по отношению к силе $\overline{F}_0$. Это объясняется тем, что если при прикреплении пробного груза $\overline{P}_{пр}$ вектор результирующей вибрации $\overline{A}_0'$ воздействует на вибродатчик позднее, чем вектор $\overline{A}_0$, стробоскопический осветитель зажигается позднее на время, необходимое для поворота ротора на угол α. Если же после прикрепления пробного груза $\overline{P}_{пр}$ вектор результирующей вибрации $\overline{A}_0'$ воздействует на вибродатчик раньше, чем вектор $\overline{A}_0$, стробоскопический осветитель зажигается раньше на время, необходимое для поворота ротора на угол α. Так, например, при пуске вентилятора с первоначальной неуравновешенностью метка S_0 стояла против деления 220°, а при пуске с пробным грузом метка S_0' стояла против деления 240°. Если за положительное направление принят отсчет углов против часовой стрелки, то метка сместилась на угол α=20°. Это значит, что сила $\overline{F}_0'$ смещена по фазе относительно силы $\overline{F}_0$ на угол α=— 20°.

Условие равновесия может быть достигнуто, если произвести соответствующее угловое перемещение пробного груза и изменение его величины. Для этого в произвольном масштабе и направлении следует вычертить вектор $\overline{A}_0$ пропорционально размаху первоначального колебания. Затем под углом α — сдвига фазы колебания нанести в том же масштабе вектор $\overline{A}_0'$ пропорционально размаху колебания после установки пробного груза. Построив замыкающий вектор $\overline{A}_1$, определить его масштабное значение. Наконец, измерить угол β, на который следует переместить уравновешивающий груз (см. рис. 3.24) в сторону, противоположную перемещению ориентира (метки на валу). Вес уравновешивающего груза определить на основании веса пробного груза и соотношения величин A_0 и A_1:

$$G_у = \frac{A_0}{A_1} P_{пр}, \text{ даН}. \qquad (3.29)$$

Необходимо помнить, что до окончания процесса балансировки нельзя менять положение вибродатчика, так как случайный поворот его на 180° изменит фазу, указываемую прибором, на тот же угол, что может привести к ошибкам в расчете.

Двухплоскостная балансировка. В зависимости от распределения веса ротора различают неуравновешенность трех видов (рис. 3.25):

а) статическую неуравновешенность (рис. 3.25, *а*), характеризующуюся смещением центра тяжести *С* колеса по отношению к оси вращения. В этом случае в роторе возникает одна неуравновешенная сила $\overline{F}_{ст}$, которая проходит через центр тяжести перпендикулярно к оси вращения;

б) динамическую неуравновешенность (рис. 3.25, *б*), характеризующуюся наличием двух неуравновешенных масс, лежащих в различных радиальных плоскостях и размещенных так, что при вращении колеса возникает пара равных и противоположно направленных центробежных сил $\overline{F}_{дин}$. Центр тяжести *С* в таких случаях лежит на оси вращения;

в) смешанную неуравновешенность (рис. 3.25, *в*), характеризующуюся наличием одновременно статической и динамической неуравновешенности. Такая неуравновешенность может быть представлена в виде силы $\overline{F}_{ст}$ и пары сил $\overline{F}_{дин}$ или в виде двух сил, расположенных в двух плоскостях уравновешивания.

Роторы осевых двухступенчатых и центробежных вентиляторов двустороннего всасывания могут иметь неуравновешенность указанных выше видов. Для ее устранения уравновешивающие грузы необходимо размещать в двух плоскостях, что требует измерения вибраций на двух опорах.

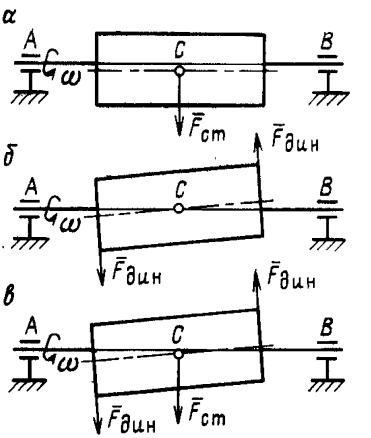


Рис. 3.25. Виды неуравновешенности

Ниже рассмотрены методы двухплоскостной балансировки, каждый из которых позволяет достигнуть требуемой уравновешенности ротора, однако между ними имеются существенные различия как в порядке операций процесса уравновешивания, так и в объеме необходимых расчетов.

Метод раздельного уравновешивания составляющих от статической и динамической неуравновешенности. Если в роторе имеется только статическая неуравновешенность (см. рис. 3.25, *а*), то она вызывает на опорах *A* и *B* две равные и одинаково направленные вибрации, обозначенные этими же буквами

$$\overline{A}_{с} = \overline{B}_{с}. \tag{3.30}$$

В случае только динамической неуравновешенности на опорах возникают две равные и противоположно направленные вибрации (см. рис. 3,25, *б*).

$$\overline{A}_{д} = -\overline{B}_{д}. \tag{3.31}$$

При наличии сразу двух видов неуравновешенности (см. рис. 3.25, *в*)

$$\overline{A} = \overline{A}_{с} + \overline{A}_{д}; \tag{3.32}$$

$$\overline{B} = \overline{B}_{с} + \overline{B}_{д}.$$

По методу раздельного уравновешивания нужны не непосредственно вибрации опор, а их составляющие, вызываемые статическим и динамическим небалансами. Эти составляющие из уравнений (3.32) равны соответственно векторной полусумме и полуразности вибраций опор:

$$\overline{A}_{с} = \overline{B}_{с} = \frac{\overline{A} + \overline{B}}{2},$$

$$\overline{A}_{д} = -\overline{B}_{д} = \pm\frac{\overline{A} - \overline{B}}{2}, \tag{3.33}$$

где $\overline{A}$ и $\overline{B}$ — векторы вибраций опор *A* и *B*; $\overline{A}_{с}$ и $\overline{B}_{с}$ — составляющие вибраций опор *A* и *B*, вызываемые статической неуравновешенностью (симметричные составляющие); $\overline{A}_{д}$ и $\overline{B}_{д}$ — составляющие вибрации опор *A* и *B*, вызываемые динамической неуравновешенностью (кососимметричные составляющие).

Необходимость представления вибраций опор через симметричные и кососимметричные составляющие объясняется тем, что у симметричных роторов эти составляющие обладают важным свойством взаимонезависимости: при изменении статических составляющих неуравновешенности изменяются только симметричные составляющие вибраций $\overline{A}_с$ и $\overline{B}_с$, а кососимметричные $\overline{A}_д$ и $\overline{B}_д$ остаются неизменными и наоборот.

На этом свойстве взаимонезависимости и основан метод раздельного уравновешивания:

а) вибрации опор раскладывают на симметричные и кососимметричные составляющие;

б) статические и динамические составляющие небаланса уравновешивают раздельно: первые — по симметричным, вторые — по кососимметричным составляющим вибраций опор. Расчет уравновешивающих систем грузов производят по формулам

$$\overline{G}_{н.\,сI} = \overline{P}_{пр.\,сI}\frac{\overline{A}_{с1}}{\overline{A}_{с2}-\overline{A}_{с1}};\quad \overline{G}_{н.\,сII} = \overline{P}_{пр\ сII}\frac{\overline{B}_{с1}}{\overline{B}_{с2}-\overline{B}_{с1}};\qquad (3.34)$$

$$\overline{G}_{н.\,дI} = \overline{P}_{пр.\,дI}\frac{\overline{A}_{д1}}{\overline{A}_{д2}-\overline{A}_{д1}};\quad \overline{G}_{н.\,дII} = \overline{P}_{пр.\,дII}\frac{\overline{B}_{д1}}{\overline{B}_{д2}-\overline{B}_{д1}},$$

где $\overline{G}_{н.сI}$ и $\overline{G}_{н.сII}$ — статические составляющие соответственно в I и II плоскостях уравновешивания со стороны опор A и B; $\overline{P}_{пр.сI}$ и $\overline{P}_{пр.сII}$ — пробные грузы в I и II плоскостях уравновешивания для определения статических составляющих неуравновешенности; $\overline{A}_{с1}$ и $\overline{B}_{с1}$ — симметричные составляющие вибраций при первом пуске без пробных грузов; $\overline{A}_{с2}$ и $\overline{B}_{с2}$ — то же при втором пуске с пробными грузами; $\overline{G}_{н.дI}$ и $\overline{G}_{н.дII}$ — динамические составляющие неуравновешенности в I и II плоскостях уравновешивания; $\overline{P}_{пр.дI}$ и $\overline{P}_{пр.дII}$ — пробные грузы в I и II плоскостях уравновешивания для определения динамических составляющих неуравновешенности; $\overline{A}_{д1}$ и $\overline{B}_{д1}$ — кососимметричные составляющие вибраций при первом пуске без пробных грузов; $\overline{A}_{д2}$ и $\overline{B}_{д2}$ — то же при пуске с пробными грузами $P_{пр.дI}$ и $P_{пр.дII}$.

Так как $G_у = G$ неуравновешенности, то вес уравновешивающих грузов:

$$\overline{G}_{у.\,сI} = \overline{P}_{пр.\,сI}\frac{-\overline{A}_{с1}}{\overline{A}_{с2}-\overline{A}_{с1}};\quad \overline{G}_{у.\,сII} = \overline{P}_{пр.\,сII}\frac{-\overline{B}_{с1}}{\overline{B}_{с2}-\overline{B}_{с1}};\qquad (3.35)$$

$$\overline{G}_{у.\,дI} = \overline{P}_{пр.\,дI}\frac{-A_{д1}}{\overline{A}_{д2}-\overline{A}_{д1}};\quad \overline{G}_{у.\,дII} = \overline{P}_{пр.\,дII}\frac{-\overline{B}_{д1}}{\overline{B}_{д2}-\overline{B}_{д1}}.$$

При установке пробных и уравновешивающих систем грузов необходимо учитывать, что входящие в систему грузы должны быть строго одинаковой массы, а углы установки их должны совпадать или отличаться на 180°. В противном случае уравновешивание по одним из составляющих будет нарушать состояние по другим.

Если в плоскостях исправления грузы устанавливаются на различных диаметрах, то веса грузов, входящих в систему, должны быть обратно пропорциональны этим диаметрам.

Измерения вибраций необходимо производить по трем направлениям: вертикальному, горизонтальному и осевому. Для расчетов следует брать бо́льшие вибрации.

Пример. Необходимо произвести динамическую двухплоскостную балансировку ротора. На рис. 3.26 показано рабочее колесо балансируемого вентилятора. При первом пуске имели место вибрации, приведенные в табл. 3.19.

Горизонтальные вибрации оказались больше вертикальных и осевых, по ним и следует производить балансировку.

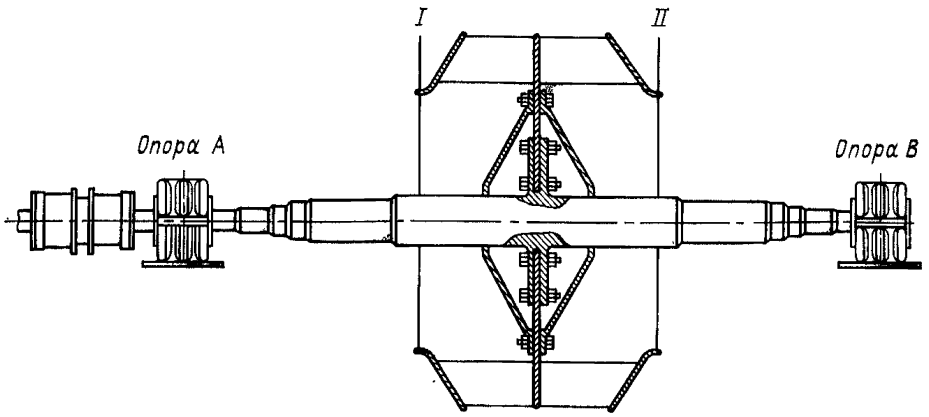


Рис. 3.26. Рабочее колесо балансируемого вентилятора

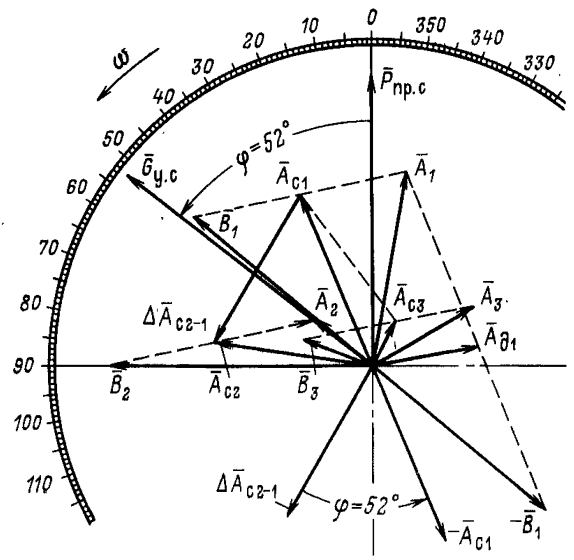


Рис. 3.27. Векторная диаграмма при уравновешивании симметричных составляющих вибраций

На диаграмме рис. 3.27 построить векторы

$$\bar{A}_1 = 100e^{i350} \quad \text{и} \quad \bar{B}_1 = 120e^{i50},$$

найти их полусумму $\bar{A}_{с1}$ (или $\bar{B}_{с1}$) $=96\ e^{i22}$ и полуразность $\bar{A}_{д1}$ (или $-\bar{B}_{д1}$) $=56e^{i280}$.

Поскольку $\bar{A}_{с1} > \bar{A}_{д1}$, балансировку следует начинать с уравновешивания статических составляющих неуравновешенности.

В каждой из плоскостей исправления *I* и *II* (см. рис. 3.26) установить по одному одинаковому грузу на один и тот же угол. Вес и угол установки пробной системы грузов выбраны произвольно — по 1,2 даН на угол 0°. В нашем случае

$$\bar{P}_{пр.\,сI} = \bar{P}_{пр.\,сII} = 1{,}2e^{i0}.$$

При втором пуске вибрации изменились по величине и фазе (см. табл. 3.19).

Таблица 3.19

№ пуска	Вибрация, мкм e^{i} градус						Вектор силы тяжести от веса груза, даН, e^{i}, градус	
	опоры A			опоры B			в плоскости I	в плоскости II
	вертикальная	горизонтальная	осевая	вертикальная	горизонтальная	осевая		
1	$72e^{i80}$	$100e^{i350}$	$80e^{i80}$	$70e^{i120}$	$120e^{i50}$	$75e^{i110}$	—	—
2	$52e^{i130}$	$36e^{i50}$	$55e^{i120}$	$100e^{i180}$	$140e^{i90}$	$110e^{i170}$	$1,2e^{i0}$	$1,2e^{i0}$ (к пуску № 1)
3	$28e^{i60}$	$65e^{i300}$	$30e^{i60}$	$40e^{i160}$	$40e^{i70}$	$45e^{i160}$	$1,28e^{i52}$	$1,28e^{i52}$ (к пуску № 1)
4	$20e^{i350}$	$51e^{i260}$	$25e^{i0}$	$50e^{i140}$	$80e^{i30}$	$53e^{i150}$	$1,0e^{i20}$	$1,0e^{i200}$ (к пуску № 3)
5	$5e^{i40}$	$18e^{i310}$	$12e^{i40}$	$6e^{i110}$	$17e^{i40}$	$16e^{i110}$	$1,0e^{i300}$	$1,0e^{i120}$ (к пуску № 3)

На диаграмме (см. рис. 3.27) определить симметричные составляющие вибраций $\overline{A}_{c2}$ (или $\overline{B}_{c2}$) $=86e^{i82}$ и найти вектор приращения

$$\Delta\overline{A}_{c2-1} = \overline{A}_{c2} - \overline{A}_{c1} = 86e^{i82} - \\ - 96e^{i22} = 90e^{i150}.$$

Рассчитать уравновешивающие грузы:
для плоскости *I*

$$\overline{G}_{y.c1} = \overline{P}_{пр.c1}\frac{-\overline{A}_{c1}}{\overline{A}_{c2} - \overline{A}_{c1}} = \\ = 1,2e^{i0}\frac{96e^{i(22+180)}}{90e^{i150}} = \\ = 1,2e^{i0} \times 1,066e^{i52} = 1,28e^{i52};$$

для плоскости *II*

$$\overline{G}_{y.c\,II} = \overline{G}_{y.c1} = 1,28e^{i52}.$$

Снять систему пробных грузов: установить на ротор в плоскостях *I* и *II* два груза по 1,28 даН, повернув их по вращению на угол $\varphi=52°$ от места расположения пробных.

Затем произвести третий пуск (см. табл. 3.19). Полусумма горизонтальных вибраций существенно снизилась $\overline{A}_{c3} = 25e^{i333}$ (см. рис. 3.27), поэтому следует перейти к уравновешиванию динамических составляющих неуравновешенности. Вибрации опор при третьем пуске являются исходными для уравновешивания динамических составляющих неуравновешенности:

$$\overline{A}_3 = 65e^{i300}; \qquad \overline{B}_3 = 40e^{i70}.$$

Полуразность этих векторов равна $\overline{A}_{д3}=48e^{i281}$ (рис. 3.28). Установить на ротор пробную динамическую систему грузов: два груза по 1,0 даН — углы установки которых и в плоскостях исправления *I* и *II* отличаются на 180°:

$$\overline{P}_{пр.д\,I} = 1,0e^{i20} \text{ и } \overline{P}_{пр.д\,II} = 1,0e^{i200}.$$

Произвести с этой парой четвертый пуск. По диаграмме (см. рис. 3.28) определить $\overline{A}_{д4}=60e^{i227}$ и найти вектор приращения

$$\Delta\overline{A}_{д4-3} = \overline{A}_{д4} - \overline{A}_{д3} = 49e^{i177}.$$

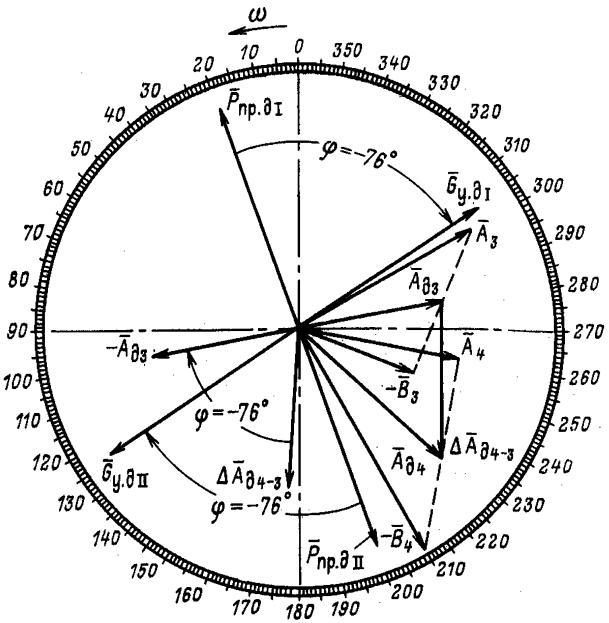


Рис. 3.28. Векторная диаграмма при уравновешивании кососимметричных составляющих вибраций

Определить уравновешивающие грузы:

$$\bar{G}_{у.д\,I} = \bar{P}_{пр.д\,I}\frac{-\bar{A}_{д3}}{\bar{A}_{д4}-\bar{A}_{д3}} = 1{,}0e^{i20}\,\frac{48e^{i(281+180)}}{49e^{i177}} = 0{,}98e^{i304};$$

$$\bar{G}_{у.д\,II} = -\bar{G}_{у.д\,II} = 0{,}98e^{i124}.$$

Сняв пробную систему грузов, установить на ротор рассчитанную и произвести пятый пуск. При установке на ротор эти грузы несколько скорректированы по весу и углу установки (см. табл. 3.19).

Так как все вибрации оказались существенно ниже нормы, на этом пуске балансировку закончить.

3.3. РЕВИЗИЯ И НАЛАДКА РЕВЕРСИВНЫХ И ПЕРЕКЛЮЧАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

3.3.1. Способы реверсирования воздушной струи и перестановки переключающих устройств

В соответствии с требованиями § 164 Правил безопасности в угольных и сланцевых шахтах главные вентиляторные установки должны обеспечивать реверсирование воздушной струи, поступающей в выработки. Перевод вентиляторных установок на реверсивный режим работы должен производиться не более чем за 10 мин.

Количество воздуха, проходящего по выработкам в реверсивном режиме проветривания, должно составлять не менее 60% количества воздуха, проходящего по ним в нормальном режиме.

Допускается с разрешения главного инженера объединения, комбината (треста) снижение количества воздуха до величины, меньшей 60% нормальной, при условии, что концентрация метана в общей исходящей ре-

версивной струе шахты и в участковых вентиляционных струях не будет превышать 1,5% при непрерывном проветривании шахты не менее 2 ч.

Исправность действия реверсивных и герметизирующих устройств должна проверяться главным механиком шахты и начальником участка ВТБ не реже одного раза в месяц. Результаты проверок заносят в Книгу осмотра вентиляторных установок и проверки реверсирования.

На всех шахтах не реже двух раз в год, а также при изменении схемы проветривания и замене вентиляторов должно производиться реверсирование вентиляционной струи в выработках в соответствии с планом ликвидации аварий.

Проверку реверсирования вентиляционной струи и реверсивных устройств производят согласно Инструкции по реверсированию вентиляционной струи и проверке действия реверсивных устройств вентиляторных установок.

На всех центробежных вентиляторах, на осевых вентиляторах серии В, серии К-06, типа ВОК и ВОКД реверсирование вентиляционной струи осуществляется с помощью всасывающих будок, обводных каналов, ляд и шиберов.

Осевой вентилятор ВОКР-1,8 выполнен реверсивным, причем реверсирование вентиляционной струи осуществляется без применения всасывающей будки, обводного канала, ляд и лебедок. Реверсирование достигается изменением направления вращения рабочего колеса и изменением направления выпуклости гибких лопаток промежуточного направляющего аппарата.

В последнее время созданы реверсивные вентиляторы ВОД-16, ВОД-21, ВОД-30, ВОД-40, ВОД-50, обеспечивающие реверс путем изменения направления вращения приводного электродвигателя с одновременным изменением угла установки лопаток промежуточного направляющего и спрямляющего аппаратов соответственно на углы 180 и 158°.

Осевой реверсивный вентилятор встречного вращения ВВВ-16 реверсирование воздушной струи осуществляет изменением направления вращения рабочих колес без применения поворотных направляющих и спрямляющих аппаратов.

3.3.2. Типовые схемы реверсирования и переключения воздушной струи

Технологические схемы вентиляторных установок чрезвычайно разнообразны.

Реверсивные и переключающие устройства большинства вентиляторов ВОКД всех размеров, ВЦО диаметром 2,5 и 3,1 м и ВЦД-2,2 выполняют по одной схеме (рис. 3.29).

Схема предусматривает применение шести ляд в установке, состоящей из двух вентиляторов (работающего *4* и резервного *6*), отсекающей ляды канала *1*, ляды всасывающей будки *2*, двух ляд переключения *3*, двух ляд диффузоров *5* и обводного канала *7*. При работе вентилятора в режиме всасывания отсекающая ляда канала поднята, а ляды диффузоров и всасывающей будки опущены. Переключающая ляда действующего вентилятора поднята, а резервного опущена. Воздух из подводящего канала поступает в вентилятор и через диффузор выбрасывается в атмосферу.

Для реверсирования вентиляционной струи необходимо произвести следующие переключения ляд: отсекающую ляду канала опустить, изолируя всас вентилятора от шахты; ляду всасывающей будки поднять, открывая доступ атмосферному воздуху к всасу вентилятора; ляды диффузоров поднять, сообщая диффузоры с обводным каналом.

В результате свежий воздух нагнетается вентилятором через обводной канал в шахту.

В зависимости от размеров ляд и типа вентиляторов ляды управляются двумя или четырьмя лебедками.

Переключающие ляды, служащие для выбора вентилятора, связаны канатами с общей лебедкой, расположенной между ними. Для перехода с ра-

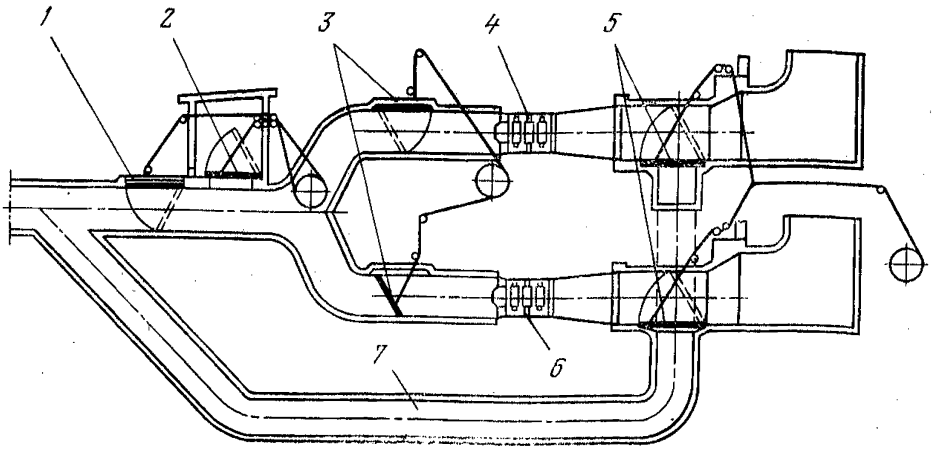


Рис. 3.29. Схема реверсивных и переключающих устройств вентиляторных установок с шестью лядами

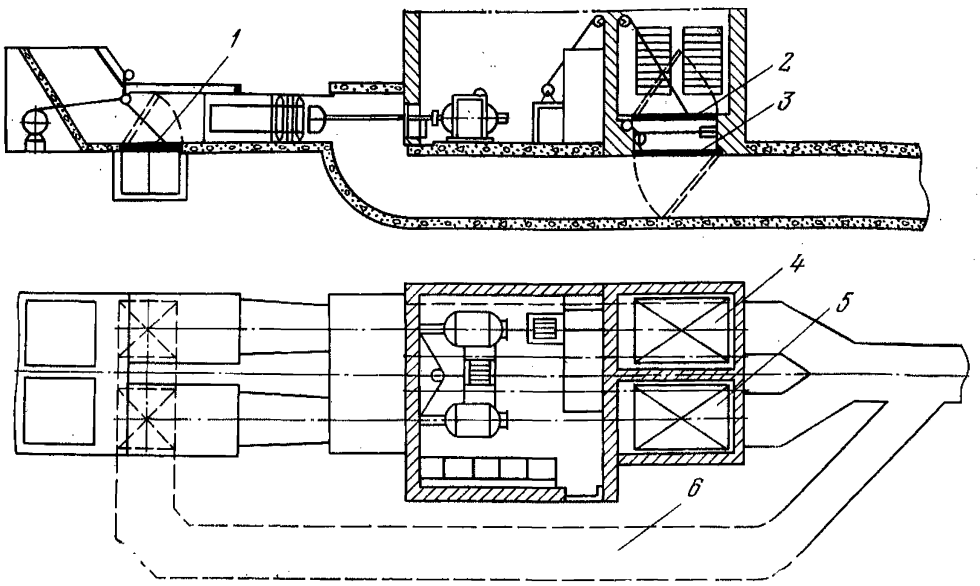


Рис. 3.30. Схема реверсивных и переключающих устройств с двумя всасывающими будками:

1 — ляда диффузора; *2* — верхняя атмосферная ляда; *3* — нижняя отсекающая ляда; *4* и *5* — всасывающие будки; *6* — обводной канал

ботающего на резервный вентилятор необходимо одну ляду поднять, другую опустить.

Возможна работа ляд переключения и без лебедки, так как при достаточно большой депрессии в канале ляды, связанные между собой канатом, переключаются автоматически. Ляда запускаемого вентилятора под действием перепада давлений автоматически поднимается, а ляда остановленного вентилятора опускается.

Описанная выше схема имеет то преимущество, что в ней все ляды являются самоуплотняющимися как при нормальном режиме работы, так и при реверсировании вентиляционной струи.

На осевых вентиляторах и центробежных вентиляторах ВЦД-2,2 получила распространение схема реверсивных и переключающих устройств, приведенная на рис. 3.30. Ее особенностью является наличие двух всасывающих будок *4* и *5* с лядами в два этажа: верхними *2* и нижними *3*. При нормальном режиме работы ляды устанавливаются в соответствии с рис. 3.30. Поток воздуха из шахты направляется через открытый канал к рабочему колесу, а затем выбрасывается через диффузор в атмосферу. Ляды являются самоуплотняющимися, так как расположены таким образом, что разность давлений, действующих на ляды, и сила тяжести ляд способствуют герметизации каналов: ляды диффузорные находятся в горизонтальном положении, ляды всасывающей будки работающего вентилятора в горизонтальном, резервного — в наклонном положении (показано на рис. 3.30 штриховой линией).

При реверсивном режиме работы ляды обеих всасывающих будок и диффузорная ляда работающего вентилятора находятся в наклонном положении (показано на рис. 3.30 штриховой линией), а диффузорная ляда резервного вентилятора в горизонтальном положении. В этом случае воздух из атмосферы через всасывающую будку работающего вентилятора поступает на лопатки рабочего колеса и через диффузор и обводной канал нагнетается в шахту.

Под действием разности давлений возможно поднятие нижней ляды всасывающей будки и ляды диффузора резервного вентилятора, а также нижней ляды всасывающей будки работающего вентилятора. Чтобы этого не произошло, ляды оборудуются специальными фиксирующими устройствами.

Такими устройствами для ляд диффузоров служат хвостовые канаты лебедок или пружинные секторные затворы, а для нижних ляд всасывающих будок — упорные стойки с пилообразными рейками (для предотвращения самопроизвольного подъема ляд вентиляторов ВОКР-1,8 и ВОКД-1,8 в режиме нагнетания подвижные части ляд дополнительно нагружаются бетонными плитами массой 400—500 кг).

Если имеются специальные натяжные устройства для выборки слабины канатов, то обе ляды каждой всасывающей будки управляются одной лебедкой. Ляды диффузоров управляются отдельными лебедками.

Имеется небольшое количество установок, где вместо переключающих и отсекающих ляд применены вертикальные шиберы. На рис. 3.31 показана схема реверсивных устройств осевых вентиляторов, а на рис. 3.32 — центробежных вентиляторов ВЦ-4 и ВЦ-5. Однако из-за возможного заклинивания шиберов в направляющих такие схемы никаких преимуществ перед схемами с лядами не имеют.

Схемы реверсирования и переключающих устройств вентиляторов ВЦД-3,3; ВЦД-32; ВЦД-40 более совершенны, чем на вентиляторных установках ВЦД-2,2, и отличаются только размерами (рис. 3.33). Подводящие и отводящие (диффузорные и обводные) каналы расположены в два этажа по одну сторону от здания вентилятора. Такое расположение позволило совместить часть перекрытий и значительно сократить длину обводных каналов. Установка имеет одну всасывающую будку, ляды переключения, ляды диффузоров, отделяющие участки обводных каналов от выходных частей диффузоров. Все ляды самоуплотняющиеся как при нормальном, так и при реверсивном режиме работы, за исключением диффузорных, прижатие которых к уплотнениям рам обеспечивается хвостовыми канатами лебедок.

Работа вентиляторной установки в режиме всасывания показана на рис. 3.33, *а*, в режиме нагнетания — на рис. 3.33, *б*.

У крупных центробежных вентиляторов схема реверсирования построена на описанных выше принципах с некоторыми особенностями, связанными лишь с размерами и расположением вентиляторов. Например, для вентиляторов ВРЦД-4,5 используется схема каналов с шестью лядами. Большие размеры каналов и высокое давление вызвали необходимость применения сдвоенных ляд, каждая из которых состоит из отдельных половинок с самостоятельным приводом. Посередине, между половинками, имеется метал-

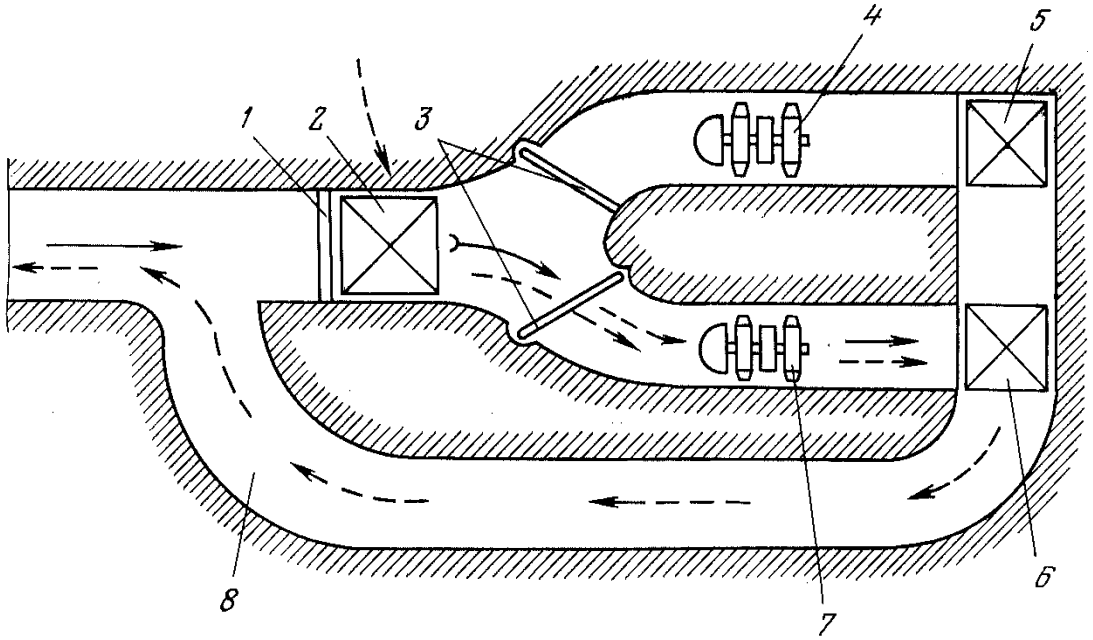


Рис. 3.31. Схема реверсивных и переключающих устройств осевых вентиляторов:
1 — главный шибер; *2* — атмосферная ляда; *3* — шиберы переключения; *4* — резервный вентилятор; *5, 6* — диффузорные ляды; *7* — работающий вентилятор; *8* — обводной канал. (Работа вентиляторов на всасывание показана сплошными стрелками, на нагнетание — штриховыми

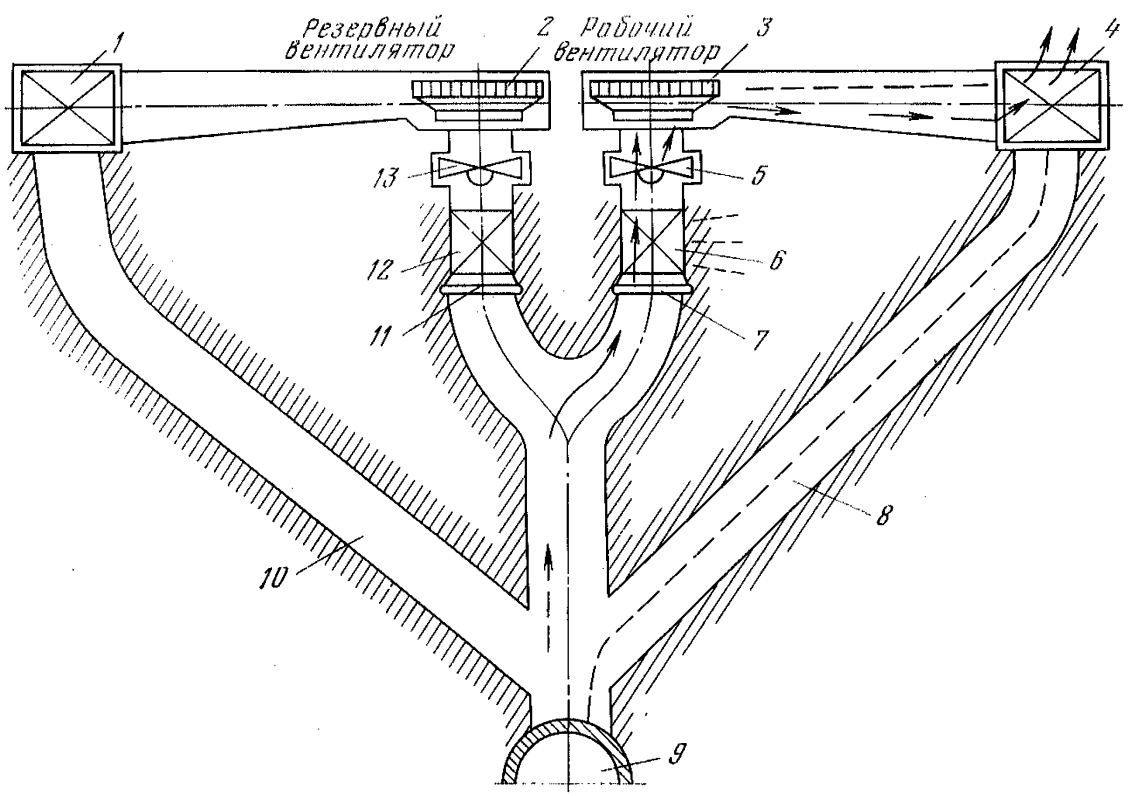


Рис. 3.32. Схема реверсивных и переключающих устройств центробежных вентиляторов ВЦ-4 и ВЦ-5:
1 и *4* — диффузорные ляды соответственно резервного и работающего вентиляторов; *2* и *3* — рабочие колеса вентиляторов; *5* и *13* — направляющие аппараты; *6* и *12* — атмосферные ляды; *7* и *11* — шиберы переключения; *8* и *10* — обводные каналы; *9* — вентиляционный ствол. (Работа вентилятора на всасывание показана сплошными стрелками, на нагнетание — штриховыми.)

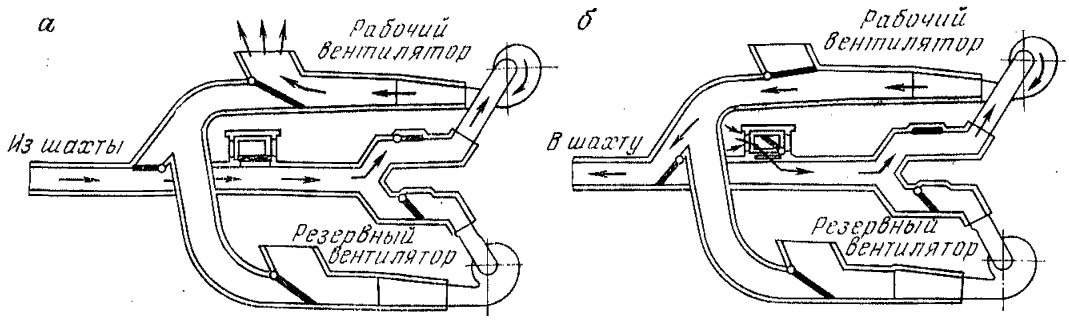


Рис. 3.33. Схема реверсивных и переключающих устройств вентиляторов ВЦД-3,3; ВЦД-32; ВЦД-40

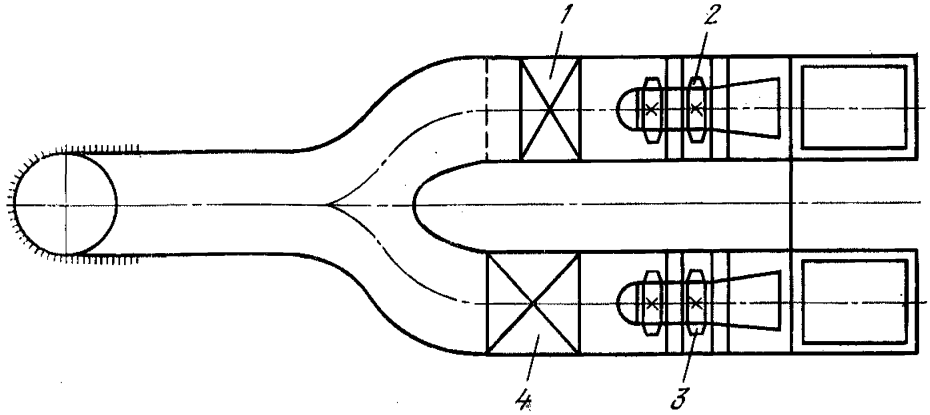


Рис. 3.34. Схема переключающих устройств вентиляторов ВОКР-1,8 и ВОД:
1 и *4* — ляды переключения; *2* и *3* — рабочие колеса вентиляторов

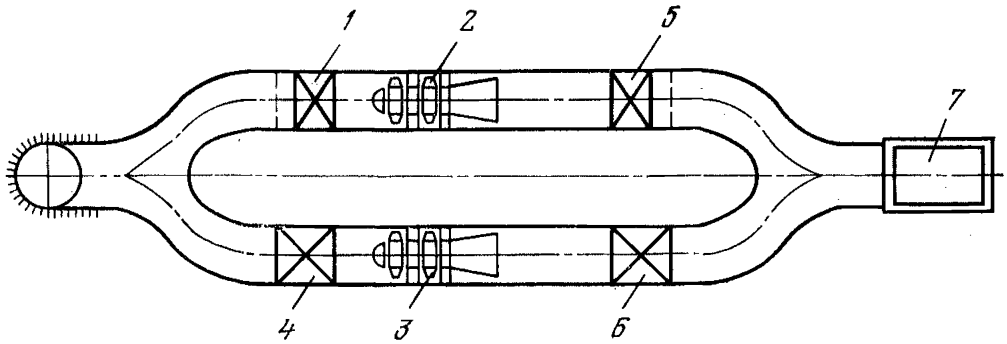


Рис. 3.35. Схема переключающих устройств вентиляторов ВОД, работающих в условиях низких температур:
1 и *4* — ляды переключения; *2* и *3* — рабочие колеса вентиляторов; *5* и *6* — диффузорные ляды; *7* — общий диффузор

лическая балка, перекрывающая зазор между лядами. Переключение ляд может производиться как при остановленном, так и при работающем вентиляторе. В последнем случае следует частично закрывать лопатки направляющих аппаратов, чтобы усилие отрыва половинок ляд от рамы не превышало 50—70 кН.

В вентиляторной установке ВЦД-47 «Север» реверсирование воздушной струи обеспечивается самоходными лядами, специальной схемой реверсивных устройств, не имеющих канатных лебедок, и системой блоков, что особенно важно при эксплуатации вентиляторов в условиях низких температур воздуха.

Так как вентиляторы ВОКР-1,8, ВОД-16, ВОД-21, ВОД-30, ВОД-40, ВОД-50 выполнены реверсивными, в установках отсутствуют обводные каналы, всасывающие будки и ляды реверсирования (рис. 3.34). Переход с вентилятора на вентилятор осуществляется с помощью ляд *1* и *4* каналов. Реверсивные вентиляторные установки, работающие в условиях низких температур (на всасывание), для исключения примерзания ляд из-за подсосов воздуха из атмосферы имеют общий выход в атмосферу и дополнительные диффузорные ляды *5* и *6* (рис. 3.35) с лебедками (или двери диффузора с мотор-редукторами).

3.3.3. Ревизия, наладка и опробование реверсивных и переключающих устройств

Во время проведения наладочных работ необходимо установить соответствие реверсивных и переключающих устройств требованиям Правил безопасности в угольных и сланцевых шахтах, для чего необходимо:

1. Ознакомиться со схемой, порядком реверсирования и актами проверки реверсивных устройств и пропуска реверсивной струи воздуха.

2. Произвести осмотр ляд, рам ляд, лебедок, отклоняющих и уравнительных блоков, вентиляционных каналов, фундаментов реверсивных и переключающих устройств в соответствии с проектом.

3. Проверить наличие записей результатов проверки реверсивных устройств в Книге осмотра вентиляторных установок и проверки реверсирования.

4. Проверить состояние канатов, соединяющих ляды с лебедками. Канаты должны быть закреплены на лядах и подвесках не менее чем тремя жимками. На барабанах лебедок должно быть не менее 2,5 витка трения для каждого каната. На большинстве вентиляторных установок применяют канаты диаметром 15—19 мм, а на крупных вентиляторных установках — канаты диаметром 26 мм. Канаты должны быть смазаны, а пришедшие в негодность вследствие коррозии или порывов — заменены.

Длина каната должна строго соответствовать величине хода ляды или шибера. Напуск каната допускается не более 100—150 мм.

При ревизии ляд, приводимых в действие от одной лебедки, необходимо обратить внимание на регулировку длины канатов, чтобы не было случаев, когда одна из ляд находится в крайнем положении, а другая не доходит до своего места и тем самым создает дополнительные подсосы воздуха.

5. Опустить все ляды, проверить их состояние и прилегание к резиновым уплотнениям рам. Ляда должна прилегать равномерно по всему контуру, а шарниры ляд должны быть смазаны и надежно зашплинтованы. Резиновые уплотнительные полосы должны быть установлены так, чтобы они подминались под действием силы тяжести ляды и перепада давлений. На рис. 3.36 показана установка уплотнений на раме ляды, а на рис. 3.37 — непосредственно на ляде.

6. Заполнить консистентной смазкой сверления в осях блоков канатов.

7. В установках ВЦ-4, ВЦ-5, ВОКД-3,0 первых выпусков и других, где применены вертикальные шиберы, необходимо смазать их направляющие.

8. Вскрыть редукторы лебедок, проверить состояние зубчатых и червячных колес, их целостность и износ, а также состояние их поверхности. Глу-

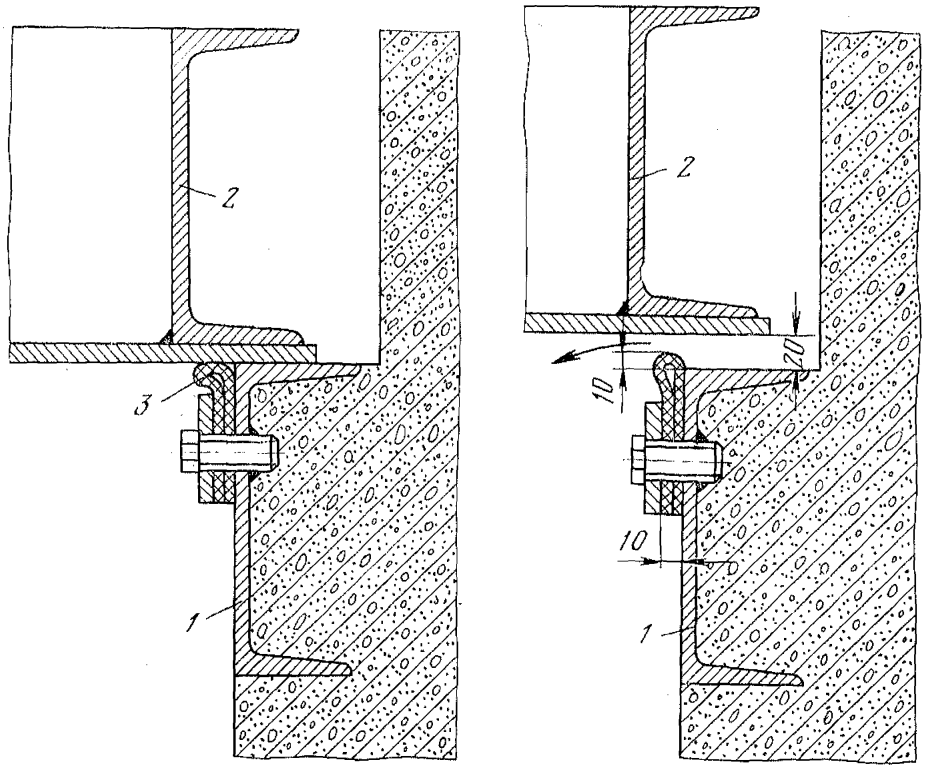


Рис. 3.36. Уплотнения ляд на вентиляторах ВЦ, ВОКД:
1 — рама; *2* — ляда; *3* — уплотнение

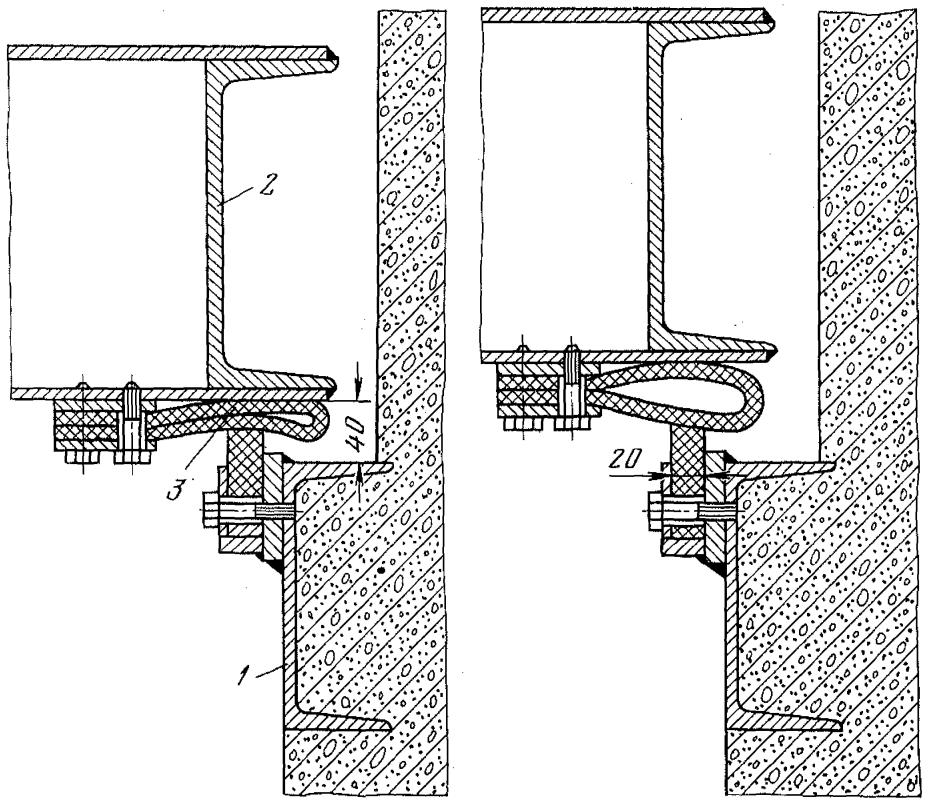


Рис. 3.37. Уплотнения ляд на вентиляторах ВЦД-32, ВЦД-40, ВРЦД-4,5:
1 — рама; *2* — ляда; *3* — уплотнение

бина износа зубьев по толщине допускается не более 10 %. Проверить посадку зубчатых и червячных колес на валах. Проверить состояние подшипников лебедок, промыть подшипники и зарядить их консистентной смазкой.

9. Залить в редукторы лебедок масло АК-15 (летом) или АК-10 (зимой) до уровня контрольных пробок.

10. Отрегулировать фрикционные муфты лебедок, чтобы при подходе ляды или шибера к упору муфта обеспечивала проскальзывание. Фрикционные муфты десятитонных лебедок ЛГРУ-10М должны быть отрегулированы, чтобы проскальзывание начиналось при приложении к моторной полумуфте крутящего момента 360 даН.

11. Отрегулировать тормозные устройства лебедок. Электромагнитный тормоз лебедок ЛГРУ-10М должен быть выставлен, чтобы в расторможенном состоянии электромагнит находился в крайнем верхнем положении. При выключении электромагнита ход якоря должен быть равен 28 мм. Пружина тормоза должна быть отрегулирована на длину 196±1,5 мм.

12. Поднять и опустить несколько раз каждую ляду. Подвижные части ляды должны подниматься свободно, без перекосов и задеваний о стенки канала. Для обеспечения свободного перемещения ляд зазоры между их боковыми кромками и стенками каналов должны быть не менее 30 мм.

13. Отрегулировать концевые выключатели лебедок.

14. Проверить исправность фиксирующих устройств, чтобы не было самопроизвольного подъема ляд в режиме нагнетания.

15. Проверить время, необходимое для перевода каждого вентилятора на реверсивный режим работы, и время перехода с одного вентилятора на другой (не более 10 мин).

16. Дать заключение о состоянии реверсивных и переключающих устройств.

4. РЕВИЗИЯ, НАЛАДКА И ИСПЫТАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ГЛАВНЫХ ВЕНТИЛЯТОРНЫХ УСТАНОВОК

При пусконаладочных работах, во время периодических ревизий и наладок электрооборудования вентиляторных установок следует проверить соответствие смонтированного оборудования проекту и требованиям действующих Правил безопасности в угольных и сланцевых шахтах, Правил технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт, Правил устройства электроустановок (ПУЭ), Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей, Строительных норм и правил (СНиП). Если имеются отклонения от указанных правил и норм, на действующих вентиляторных установках специализированными наладочными организациями вносятся соответствующие исправления, предварительно согласованные с заказчиком. На вновь вводимых в эксплуатацию установках подобные исправления заказчику следует согласовать с проектными организациями.

Вновь монтируемое и вновь вводимое в эксплуатацию электрооборудование на действующих вентиляторных установках должно быть подвергнуто приемо-сдаточным испытаниям в соответствии с требованиями ПУЭ.

По результатам испытаний составляют заключение о пригодности электрооборудования к эксплуатации и заносят в соответствующие формуляры отчета по ревизии и наладке главной вентиляторной установки. При этом ненормируемые величины следует оценивать сопоставлением полученных при испытании величин с результатами испытаний однотипного оборудования или с имеющимися результатами заводских испытаний.

4.1. РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1000 В

До начала работ по ревизии и наладке оборудования производят внешний осмотр распределительного устройства, проверяют состояние приводов разъединителей, заземляющих устройств, выкатных тележек, механических и электрических блокировок между разъединителями и масляными выключателями, наличие и соответствие надписей. Обнаруженные при осмотре недостатки устраняют. Затем производят ревизию, наладку и испытания в объеме и соответствии с указаниями, приведенными ниже.

4.1.1. Разъединители

При проведении ревизии и наладки разъединителей необходимо произвести внешний осмотр. При этом обратить внимание на состояние изоляторов (отсутствие трещин, сколов, следов перекрытия, нарушение целостности армировки), рабочих поверхностей подвижных и неподвижных контактов, присоединений шин и жил кабеля к разъединителю. Поврежденные изоляторы заменить. Окислившиеся поверхности зачистить мягкой стальной щеткой с последующей протиркой смоченной в бензине технической салфеткой. Подгоревшие контактные поверхности исправить опиловкой бархатным напильником. Зачистка контактов мелкозернистой стеклянной шлифовальной шкуркой запрещается. Ослабленные соединения подтянуть.

Проверить одновременность включения ножей разъединителя. Отставание включения одного ножа относительно другого для разъединителей 6 и

10 кВ не должно превышать 3 мм. Одновременности их включения достигают изменением длины поводков или тяг отдельных полюсов разъединителя.

Проверить включение и отключение разъединителя. При полностью включенном разъединителе ножи не должны доходить на 3—5 мм до упора в контактные площадки. Включение разъединителя должно происходить плавно, без ударов о головки изоляторов или о губки неподвижных контактов. Ножи должны входить в неподвижные контакты без перекосов. Угол поворота ножей при полном отключении для разъединителей РВ (6—10 кВ, 400—600 А) должен быть равен 90°, а для РВТ (6—10 кВ, 1000 В) — 65°. Холостой ход (люфт) привода при полном включении и отключении разъединителя не должен превышать 5°. При этом не должно быть видимого смещения подшипников. В обоих крайних положениях рукоятка привода разъединителя должна надежно фиксироваться защелкой.

Проверить качество контакта. Между рабочими плоскостями подвижного и неподвижного контактов должно быть не менее трех площадок касания, не лежащих на одной линии. Щуп толщиной 0,05×10 мм не должен проходить вглубь более чем на 6 мм. Давление (нажатие) в контактах проверить вытягиванием ножа из неподвижного контакта при помощи динамометра. Измерения произвести для каждого ножа в отдельности при несмазанных рабочих поверхностях. Усилия, приложенные к средней части ножа при номинальном токе разъединителя 400, 600, 1000 А, должны быть соответственно не менее 12—16, 14—18, 18—20 даН. Требуемое нажатие достигается вращением фиксирующих винтов. Жесткое зажатие пружин не допускается. Зазор между витками пружин должен быть не менее 0,5 мм.

Проверить работу сигнальных блок-контактов и при необходимости произвести их регулировку.

Проверить шарнирные соединения привода разъединителя на отсутствие заеданий и на надежность закрепления. Для этого произвести 10—15 пробных включений и отключений. Отсутствие деформации тяг, вибрации системы, смещения и перекоса плиты рамы подшипников свидетельствует о правильной регулировке разъединителя и его привода. Контактные поверхности и шарнирные соединения разъединителя смазать смазкой ЦИАТИМ-201, ГОИ-54п, СТ и др.

Измерить мегомметром на напряжение 2500 В сопротивление изоляции поводков и тяг, выполненных из органических материалов. Сопротивление изоляции при номинальном напряжении 3—10 кВ на вновь вводимом в эксплуатацию оборудовании должно быть не менее 1000 МОм (ПУЭ I-8-18). На действующих установках эта величина должна быть не менее 300 МОм (ПТЭ, приложение А, табл. 12).

На вновь смонтированном или на действующем оборудовании по требованию заказчика может быть выполнено испытание изоляторов повышенным напряжением в соответствии с нормами ПУЭ I-8-32 п. 2.

4.1.2. Масляные выключатели

При ревизии и наладке масляных выключателей необходимо проверить внешним осмотром наличие масла в цилиндрах (баке), состояние выхлопных устройств, отсутствие следов выброса масла в зоне масляного буфера, трещин на изоляторах, сильного загрязнения, течи масла, надежность крепления масляного выключателя, надежность соединения ошиновки или кабелей с выводами масляных выключателей.

Непосредственно после полного отключения установки проверить нагрев подводящих шин, контактных соединений и полюсов. Для контроля за нагревом разъемных контактных соединений в закрытых распределительных устройствах следует устанавливать термоиндикаторы или наклеивать термопленку (ПТЭ ЭП-9-26).

Предельно допустимая температура нагрева при коротком замыкании для медных шин —300°, алюминиевых —200°, стальных с непосредственным присоединением к аппаратам — 300°, кабелей с бумажнопропитанной изо-

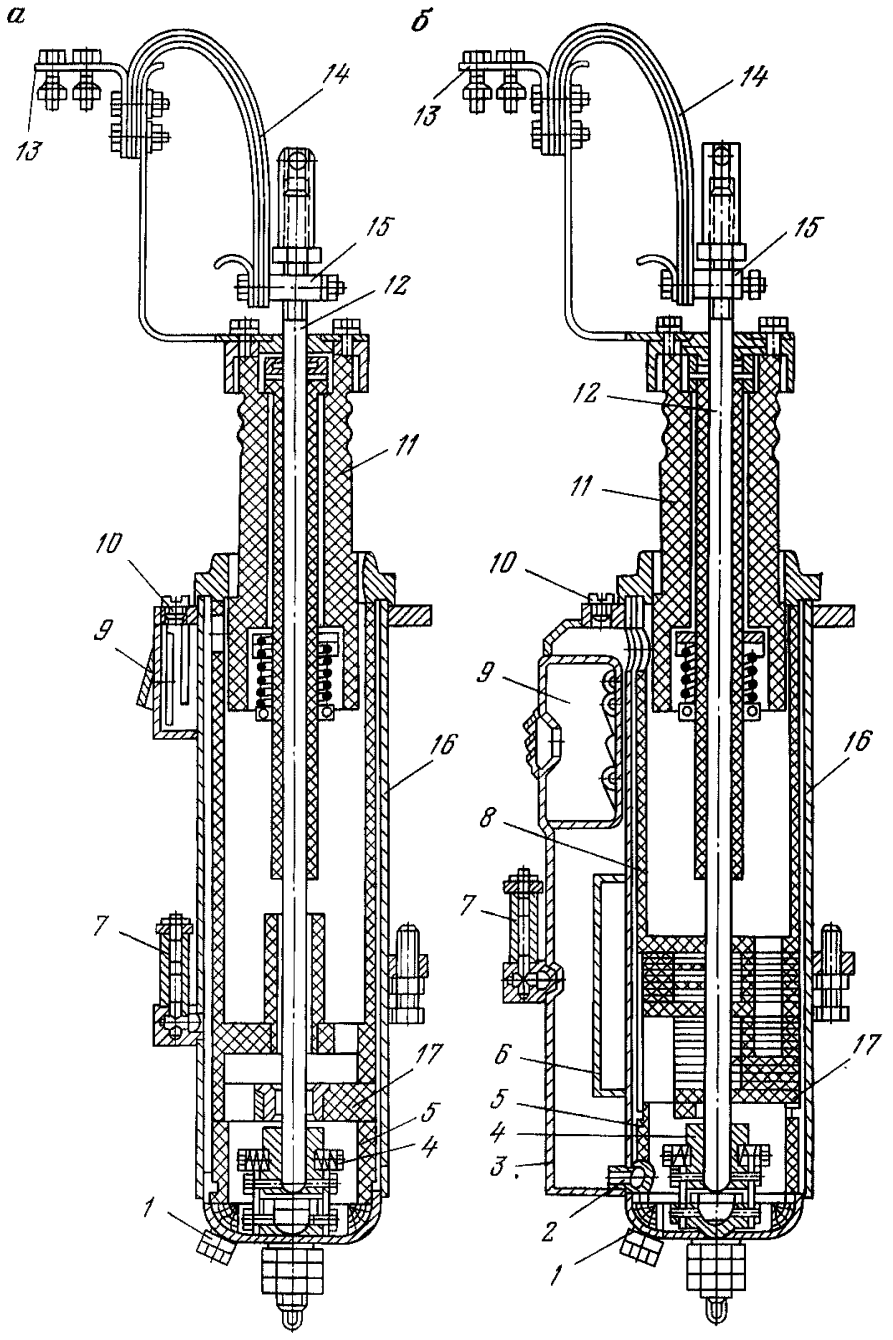


Рис. 4.1. Разрез полюса цилиндров выключателей ВМГ-133:
а) ВМГ-133I; б) ВМГ-133II и ВМГ-133III;

1 — пробка отверстия для спуска масла; *2* — обратный клапан; *3* — дополнительный резервуар; *4* — розеточный контакт; *5* — опорный бакелитовый цилиндр; *6* — перегородка дополнительного резервуара; *7* — указатель уровня масла; *8* — бакелитовый цилиндр стенок бака; *9* — маслоохладитель; *10* — пробка отверстия для заливки масла; *11* — проходной изолятор; *12* — токоведущий стержень; *13* — контактный угольник; *14* — гибкая связь; *15* — контактная колодка; *16* — цилиндр; *17* — дугогасительные камеры

ляцией напряжением до 10 кВ с медными и алюминиевыми жилами —200°, кабелей и изолированных проводов с поливинилхлоридной или резиновой изоляцией с медными и алюминиевыми жилами —150° (ПУЭ I-4-16). При обнаружении механических повреждений изоляции и перегрева полюсов выключатель необходимо отдать в ремонт.

В дальнейшем работы выполнить в объеме, предусмотренном ПУЭ (I-8-18) и ПТЭ (приложения А). Ниже приводятся указания по ревизии и

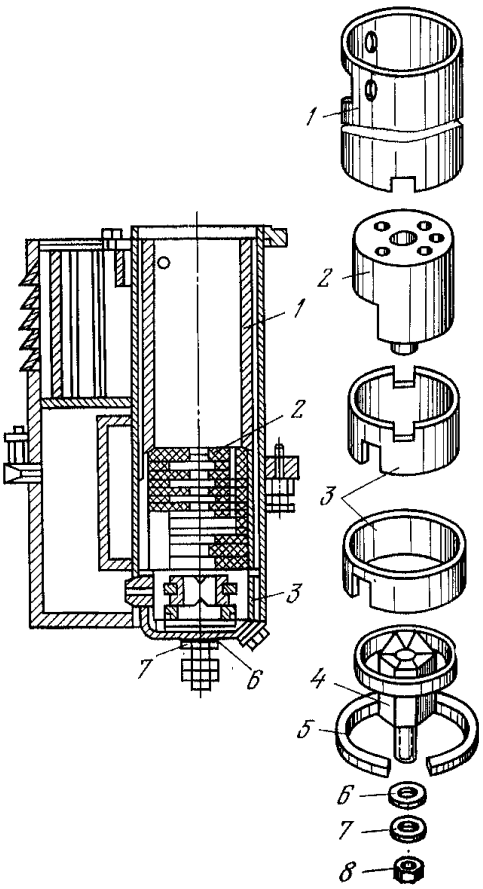


Рис. 4.2 Схема разборки цилиндра выключателя ВМГ-133:

1 — бакелитовый цилиндр стенок бака; *2* — дугогасительная камера; *3* — опорный бакелитовый цилиндр; *4* — розеточный контакт; *5* — кольцо из фанеры; *6* — уплотняющая прокладка; *7* — шайба латунная; *8* — гайка латунная

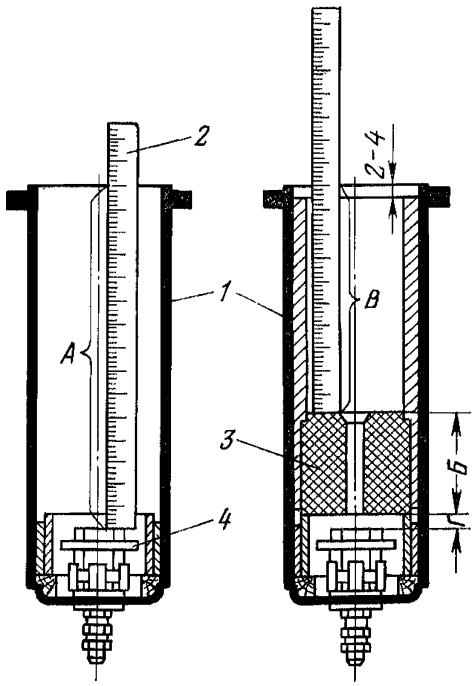


Рис. 4.3. Проверка расстояния между камерой и розеточным контактом выключателей ВМГ-133II и ВМГ-133III:

1 — цилиндр; *2* — линейка; *3* — дугогасительная камера; *4* — розеточный контакт

наладке, а также по установке (в случае замены) наиболее распространенных на главных вентиляторных установках масляных выключателей и приводов к ним.

Выключатель ВМГ-133 (рис. 4.1). Разборку цилиндра для внутреннего осмотра и наладки выполнить в следующем порядке: произвести внешний осмотр, отсоединить подводящие шины, слить масло, вынуть стержень, затем снять проходной изолятор вместе с крышкой.

Дальнейшую разборку вести в последовательности, изображенной на рис. 4.2. Осторожно, чтобы не повредить лакового покрытия, вынуть изоляционные детали *1*, *3* и дугогасительную камеру *2*. Рукой на ощупь проверить состояние ламелей розеточного контакта 4. Извлекать его без необходимости не следует, так как при разборке и сборке легко повреждаются нижние уплотняющие шайбы. Во время проведения работ по разборке цилиндров изоляционные части выключателя следует предохранять от увлажнения и повреждений. Дугогасительные камеры и бакелитовые цилиндры на период временного хранения следует погрузить в «сухое» трансформаторное масло. Если на изоляционных деталях будут обнаружены признаки сырости (пятна на поверхности деталей, не смоченные маслом), то их следует просушить. В разобранном цилиндре проверить, не засорены ли трубка и шариковый клапан маслоуказателя *7* (см. рис. 4.1). Для этого нужно наклонить цилиндр и медленно наливать масло. Если через некоторое время в маслоуказателе появится масло на том же уровне, что и в цилиндре, значит клапан и трубка исправны. Перед установкой дугогасительной

камеры проверить расстояние от верха розеточного контакта до нижней плоскости камеры (размер *Г* на рис. 4.3), это расстояние у выключателей ВМГ-133II и ВМГ-133III должно быть равно 14—16 мм. Размер *Г* определяется как разность измеренных величин: $Г=А-(Б+В)$.

Перед сборкой все вынутые детали следует протереть ветошью без ворса, слегка смоченной в спирте или бензине, а внутренние полости цилиндров промыть чистым трансформаторным маслом. Дугогасительную камеру в цилиндре установить так, чтобы ее выхлопные отверстия оказались расположенными со стороны изоляторов. Отверстия внутренних бакелитовых цилиндров должны совпадать с отверстиями стальных цилиндров.

Если вынимался розеточный контакт для устранения значительных повреждений или замены ламелей, то при его сборке обратить внимание на то, чтобы в собранном контакте ламели были установлены без перекосов и находились в наклонном положении (к оси розетки) с касанием между собой в верхней части.

При замене наконечника токоведущего стержня *12* (см. рис. 4.1) его следует ввинтить до отказа и в четырех местах надежно закернить. При значительном повреждении медной части стержня (над наконечником) его необходимо заменить целиком.

При установке крышки с проходным изолятором *11* паз уплотнения следует густо смазать бакелитовым лаком. При затяжке болтов крышки следить за тем, чтобы не произошло перекоса проходного изолятора по отношению к оси цилиндра.

После сборки цилиндра проверить отсутствие заедания при движении токоведущего стержня. Стержень, опущенный с высоты, соответствующей положению отключения, должен без задержки опускаться и входить в розеточный контакт на 40—45 мм. Собранные цилиндры установить на опорные изоляторы рамы в соответствии с маркировкой, имеющейся на цилиндрах и опорных изоляторах, к которым они крепятся. Проверить вертикальность установки цилиндров по отвесу. Расстояние между осями цилиндров должно быть в пределах 250±5 мм. Перекос цилиндров устраняют перемещением их вместе с опорными изоляторами относительно рамы, предварительно ослабив болты, крепящие опорные изоляторы. По окончании этой регулировки все болты плотно затянуть. Проследить, чтобы вертикальные оси цилиндра и токоведущего стержня строго совпадали.

Разобрать и зачистить гибкие контактные связи, надломанные и оборванные ленты заменить.

Измерить мегомметром на напряжение 2500 В сопротивление изоляции подвижных и направляющих частей, выполненных из органических материалов. Для вновь вводимого в эксплуатацию масляного выключателя сопротивление изоляции должно быть не менее 1000 МОм при номинальном напряжении выключателя 3—10 кВ (ПУЭ I-8-18 п. 1), для находящегося в эксплуатации — 300 МОм (ПТЭ и ПТБ табл. 12). Затем испытать изоляцию повышенным напряжением промышленной частоты. При номинальном напряжении масляного выключателя 6 кВ испытательное напряжение при нормальной керамической изоляции — 32 кВ, при нормальной изоляции из органических материалов — 28,8 кВ, для выключателей ВМГ-10 — 42 кВ. При облегченной керамической изоляции — 21 кВ и облегченной из органических материалов — 18,9 кВ. Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения — 1 мин (ПУЭ I-8-18 п. 4).

Измерить мегомметром на 500—1000 В сопротивление изоляции вторичных цепей, включающей и отключающей катушек. Оно должно быть не менее 1 МОм. Изоляция вторичных цепей и обмоток включающей и отключающей катушек должна выдерживать напряжение 1 кВ в течение 1 мин. Измеренные сопротивления обмоток включающей и отключающей катушек сравнить с заводскими данными.

Измерение сопротивления постоянному току контактов масляных выключателей произвести для контактной системы фазы и каждой пары рабочих контактов выключателя. Величины сопротивления контактов постоянному току должны соответствовать данным завода-изготовителя. Ориенти-

Таблица 4.1

Выключатель	Номинальный ток, А	Номинальное напряжение, кВ	Переходное сопротивление всей контактной системы фазы выключателя, мкОм	
			при вводе в эксплуатацию	находящегося в эксплуатации
ВМБ-10	200	3—10	250	300
	300	3—10	150	200
ВМГ-133	400—600	6—10	100	150
	1000	10	75	100
ВМГ-10	630	10	78	100
	1000	10	72	90
ВМП-10	600	10	55	75
ВМП-10К	1000	10	40	50
	1500	10	30	40

ровочные величины переходных сопротивлений постоянному току контактов масляных выключателей (не залитых маслом) приведены в табл. 4.1.

Залить цилиндры выключателя чистым трансформаторным маслом до верхнего уровня маслоуказателя. В масляных выключателях, залитых маслом, сопротивление контактов в 1,5—2 раза выше величин, приведенных в табл. 4.1. Собранные выключатель и привод проверить в совместной работе. Положение рычага масляного выключателя в отключенном и включенном состояниях показано на рис. 4.4.

Для определения полного хода контактного стержня нужно на уровне верхней кромки проходного изолятора нанести на нем риски при включенном и отключенном положениях выключателя. Расстояние между рисками будет величиной полного хода стержня, оно должно быть в пределах 250±5 мм.

Поворот вала выключателя ограничивается пружинным и масляным буферами и должен быть равен 54°. Углы поворота рычага по отношению к горизонтальной плоскости, проходящей через ось вала, должны быть равны. Сжатие пружинного буфера при включенном состоянии выключателя должно быть в пределах 14±1 мм для ВМГ-133II и 20±1 мм для ВМГ-133III, а зазор между шайбой буфера и его корпусом выдержан в пределах 0,5—1,5 мм. При меньшей величине зазора будет преждевременное ограничение хода вала при включении, при большей — контактные стержни по инерции могут пройти дальше, чем допустимо, и ударить о дно розеточного контакта, что может привести к разрушению фарфоровых тяг. Кроме того, для избежания удара стержней о дно розеточного контакта в последнем должен оста-

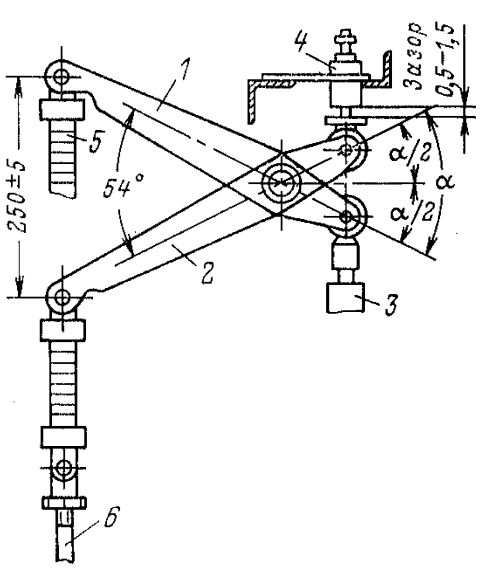


Рис. 4.4. Положение рычага масляного выключателя ВМГ-133 во включенном и отключенном состояниях:

1 — рычаг в положении «Отключено»; *2* — рычаг в положении «Включено»; *3* — буфер масляный; *4* — буфер пружинный; *5* — фарфоровая тяга; *6* — контактный стержень

Таблица 4.2

Выключатель	Привод	Время (с) от подачи импульса до момента			
		замыкания контактов	остановки подвижных контактов	размыкания контактов	остановки подвижных контактов
		при включении		при отключении	
ВМГ-133	ПС-10	0,2	0,23	0,1	0,18
ВМП и ВМП-10К	ПЭ-11	0,3	—	0,1	—
ВМП-10П	Пружинный	0,2	—	0,1	—
ВМГ-10	ПП-61, ПП-67 и ПЭ-11	0,1	0,3	0,12	—

ваться запасный ход стержня в пределах 25—30 мм. Величину запасного хода регулировать ввертыванием или вывертыванием стержня из верхнего наконечника. При этом нельзя допускать, чтобы верхний (резьбовой) его конец входил в наконечник на глубину менее 20 мм. Заход стержня в розеточный контакт должен быть в пределах 40—45 мм.

Механизм свободного расцепления должен быть проверен на участке хода подвижных контактов при включении — от момента замыкания первичной цепи выключателя (с учетом величины промежутка между его контактами, пробиваемого при сближении последних) до полного включенного положения. При этом в соответствии с инструкциями заводов-изготовителей или директивными материалами должны учитываться специфические требования конструкции приводов, определяющие необходимость проверки действия механизма свободного расцепления при поднятом до упора плунжере электромагнита включения или при незаведенных пружинах (грузе) и т. д. (ПУЭ I-8-18 п. 9).

Проверку напряжения срабатывания приводов выключателей производят (без тока в первичной цепи выключателя) для определения фактического значения напряжения на зажимах электромагнитов приводов, при котором выключатели сохраняют работоспособность, т. е. выполняют операции включения и отключения от начала до конца.

Напряжение срабатывания должно быть на 15—20 % меньше нижнего предела рабочего напряжения на зажимах электромагнитов приводов. Работоспособность выключателя с пружинным приводом необходимо проверить при уменьшенном натяге включающих пружин согласно указаниям инструкций заводов-изготовителей.

Масляные выключатели должны обеспечивать надежную работу при следующих значениях напряжения на зажимах электромагнитов приводов:

при отключении — 65—120 % номинального;

при включении — 80—110 % номинального. При указанных значениях нижних пределов рабочего напряжения приводов выключатели (без тока в первичной цепи) должны обеспечивать нормируемые заводами-изготовителями для соответствующих условий временные и скоростные характеристики (ПУЭ I-8-18 п. 10).

Испытание выключателя многократными включениями и отключениями производится при напряжении на зажимах электромагнитов:

включение — 110, 100, 80 (85) % номинального и при минимальном напряжении срабатывания;

отключение — 120, 100, 65 % номинального и при минимальном напряжении.

Количество операций при пониженном и повышенном напряжениях должно быть 3—5, а при номинальном напряжении — 10.

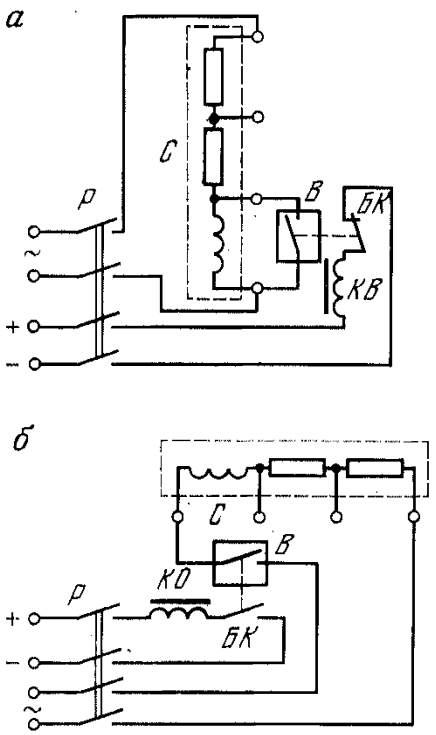


Рис. 4.5. Схема измерения времени включения (*а*) и отключения (*б*) масляного выключателя:

Р — рубильник; *В* — масляный выключатель; *С* — секундомер; *КВ* — катушка включения; *КО* — катушка отключения; *БК* — блок-контакт

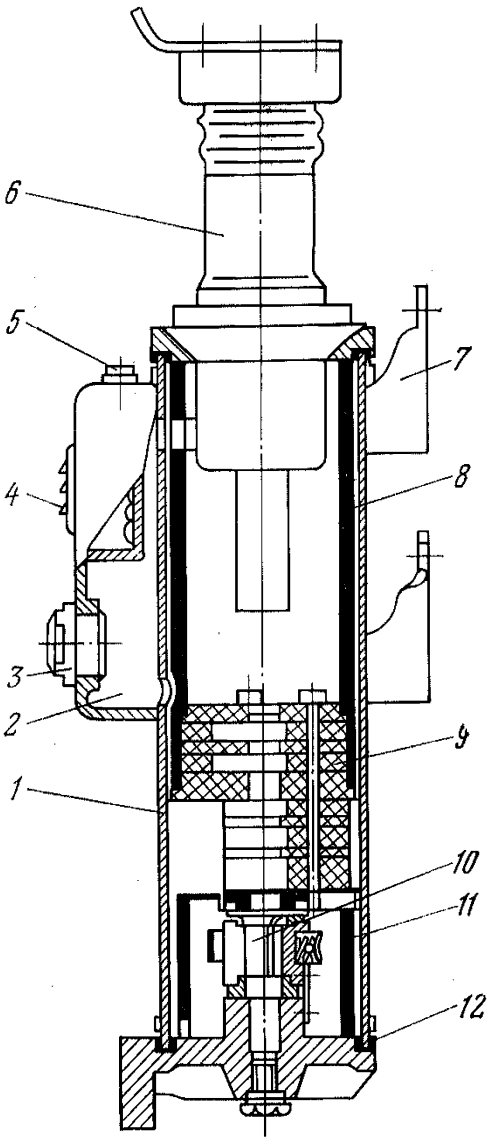


Рис. 4.6. Разрез полюса выключателя ВМГ-10:

1 — цилиндр сварной; *2* — кожух маслоохладителя; *3* — маслоуказатель; *4* — жалюзи; *5* — маслоналивная пробка; *6* — изолятор; *7* — скоба; *8, 11* — изоляционный цилиндр; *9* — дугогасительная камера; *10* — розеточный контакт; *12* — прокладка уплотнительная

Кроме того, выключатели следует подвергнуть 3—5-кратному опробованию в цикле В—О (включение — отключение) без выдержки времени (ПУЭ I-8-18 п. 11).

Электрическим секундометром по схемам, приведенным на рис. 4.5, измерить собственное время включения и отключения выключателя. Для исключения погрешности ножи рубильника должны замыкаться одновременно. Измеренные величины должны соответствовать данным заводов-изготовителей. Ориентировочные величины времени движения подвижных частей масляных выключателей приведены в табл. 4.2.

Выключатель ВМГ-10 (рис. 4.6) относится к типу маломасляных и имеет два варианта исполнения по номинальному току: ВМГ-10-630-20 (на 630 А) и ВМГ-10-1000-20 (на 1000 А). Они имеют одинаковые токоведущие стержни и розеточные контакты. Верхние торцы ламелей неподвижного контакта и наконечники контактных стержней облицованы тугоплавкой металлокерамикой. Токопровод отличается размерами колодок и числом гибких связей (на полюс 630 А — 1 шт., а на полюс 1000 А — 2 шт.). В каждый цилиндр заливается масло с пробивной прочностью не менее 30 кВ в объеме 1,8 л.

Управление выключателями осуществляется электромагнитными приводами постоянного тока типа ПЭ-11 или пружинными приводами типа ПП-67.

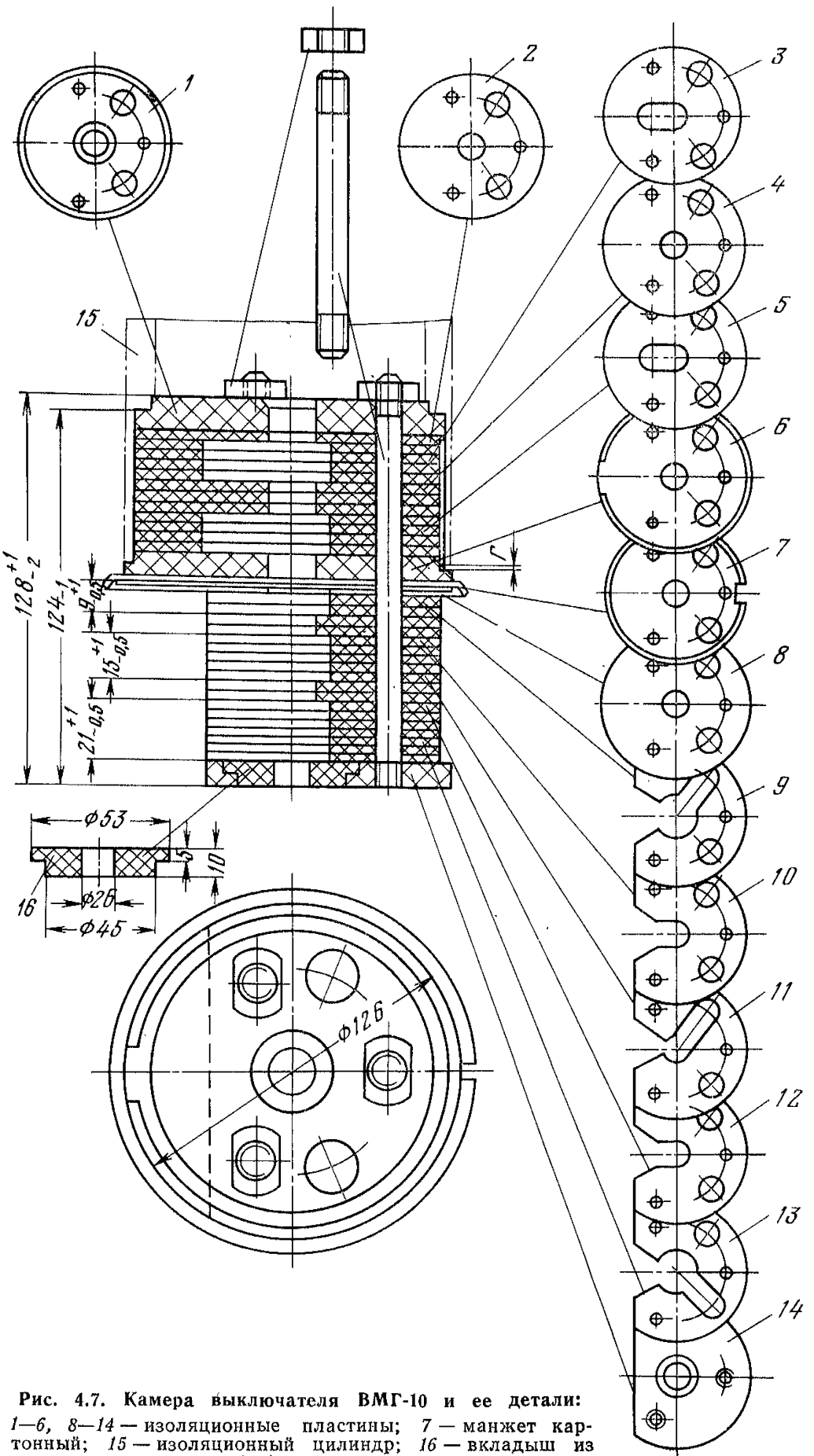


Рис. 4.7. Камера выключателя ВМГ-10 и ее детали:
1—6, 8—14 — изоляционные пластины; *7* — манжет картонный; *15* — изоляционный цилиндр; *16* — вкладыш из фибры

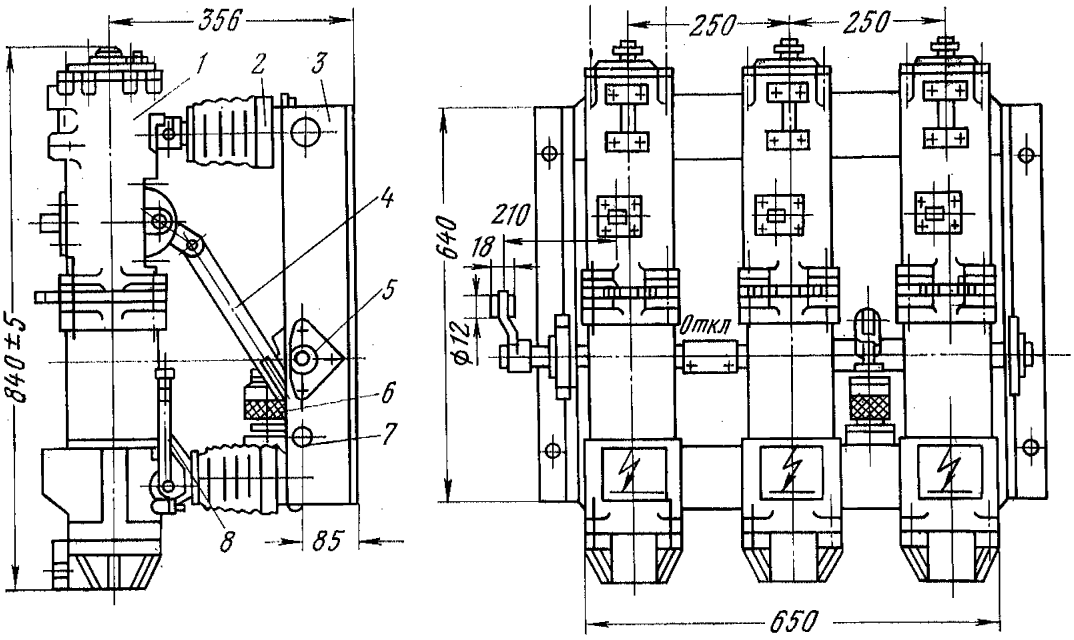


Рис. 4.8. Основные и установочные размеры выключателя ВМП-10:
1 — полюс; *2* — изолятор; *3* — рама; *4* — изоляционная тяга; *5* — главный вал; *6* — масляный демпфер; *7* — заземляющий болт; *8* — маслоуказатель

Ревизию, наладку и испытание выключателей ВМГ-10 производить в том же объеме, что и выключателей ВМГ-133.

При необходимости выполнения ремонта разборку выключателей ВМГ-10, в отличие от выключателей ВМГ-133, следует вести снизу.

Для этого снять нижние крышки цилиндров, извлечь изоляционные цилиндры и камеры. Вынутые из цилиндров детали промыть чистым трансформаторным маслом, протереть и осмотреть. Если контакты и камеры имеют несущественный износ (небольшие наплывы металла на рабочих поверхностях контактов, поверхностное обугливание перегородок камеры без увеличения сечения дутьевых каналов), то рабочие поверхности контактов зачистить напильником, перегородки камер — мелкой шлифовальной шкуркой, а затем промыть их трансформаторным маслом. Контакты и камеры должны быть заменены новыми, если имеются: раковины и сквозные прожоги тугоплавкой облицовки контактов, обгорание внутренней поверхности фибрового вкладыша камеры выключателя (рис. 4.7) до диаметра 28—30 мм и увеличение отверстия в перегородках между щелями до 3 мм в сторону выхлопных каналов.

При сборке полюсов камеры вводить в полюс через нижний разъем цилиндра. Для облегчения установки камеры выступающую часть картонной манжеты предварительно смазать тонким слоем смазки ЦИАТИМ. Сборку цилиндров произвести в последовательности, обратной разборке. Проверить междуполюсные расстояния. Они должны быть равны 250±1 мм. Расстояние от нижней поверхности дугогасительной камеры до верха розеточного контакта должно быть в пределах 3—5 мм. Отрегулировать длину контактного стержня, включая выключатель вручную. Нормальный ход в контактах должен быть в пределах 40—50 мм, а отставание касания контактов по ходу не более 5 мм. Полный ход контактного стержня — 210±5 мм. По окончании регулировки длины контактного стержня затянуть контргайку под верхним наконечником. Во включенном положении расстояние от нижнего края колодки контактного стержня до головки болта на верхнем колпачке проходного изолятора должно быть 25—30 мм. Длину тяги дистанционной передачи отрегулировать так, чтобы включенному

положению привода (срабатывание защелки) механизма привода соответствовало включенное положение выключателя. Величина хода контактов регулируется вращением тяги в резьбовых наконечниках. При этом необходимо следить за тем, чтобы тяга входила в наконечники не менее чем на 20 мм.

Проверить наличие масла в масляном буфере. Уровень масла от дна стакана должен составлять 45 мм. Ход масляного буфера должен быть 20±1 мм. Разбирая буфер, необходимо принять меры предосторожности, так как буферная пружина в сборе имеет большое усилие предварительного натяга.

Установить выключатель в отключенном положении. В этом случае угол между горизонталью и приводным рычагом вала должен бытв равен 24°, а угол между горизонталью и изоляционными рычагами — 22,5°. Включить выключатель с установкой привода на защелку. При этом угол между изоляционными рычагами и горизонталью должен составить 22,5° вниз от горизонтали.

У электромагнитного привода на зажимах включающей катушки замерить напряжение, при котором выключатель включается вхолостую.

При номинальном напряжении 220 В минимальное напряжение на зажимах обмотки включающего электромагнита привода ПЭ-11 должно быть не ниже 140 В; при номинальном напряжении 110 В — 70 В.

В приводах ПП-61 и ПП-67 определить минимальный натяг включающих пружин, при котором выключатель включается вхолостую, после чего увеличить натяг включающих пружин примерно на 30 мм.

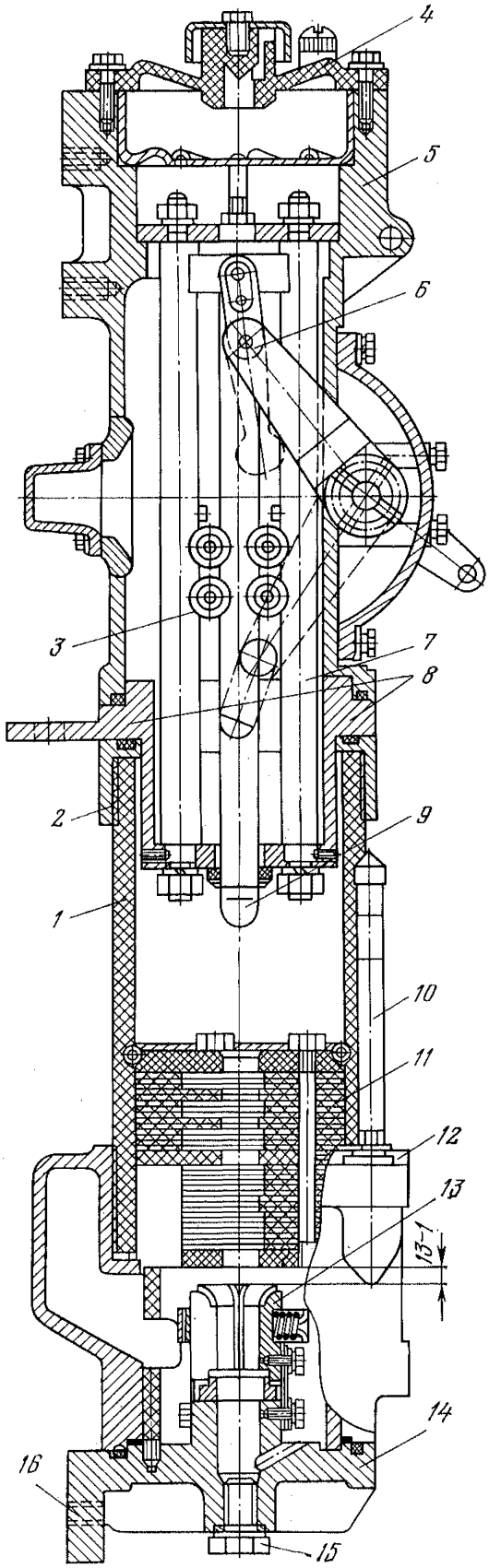


Рис. 4.9. Разрез полюса выключателя ВМП-10:

1 — изоляционный цилиндр; *2* — верхний фланец; *3* — роликовый токосъем (четыре пары на выключатель 630 А, шесть пар на выключатель 1000 А); *4* — верхняя крышка; *5* — корпус; *6* — механизм, приводящий в движение подвижный контакт; *7* — направляющий стержень; *8* — верхний вывод; *9* — подвижный контакт; *10* — маслоуказатель; *11* — дугогасительная камера; *12* — фланец; *13* — неподвижный контакт; *14* — нижняя крышка; *15* — пробка маслоспускного отверстия; *16* — нижний вывод

Выключатель ВМП-10 (рис. 4.8) применяется в распределительных устройствах на номинальное напряжение 3,6 и 10 кВ. Выпускается в двух исполнениях: ВМП-10 для обычных стационарных распределительных устройств (камеры КСО) и ВМП-10К — для комплектных распределительных устройств (КРУ).

У выключателя ВМП-10 в отличие от выключателя ВМП-10К расстояние между цилиндрами меньше и имеются изоляционные перегородки. На рис. 4.9 приведен разрез полюса, из которого видно устройство этого выключателя.

Управление выключателями осуществляется электромагнитными приводами ПЭ-11 или пружинными ППМ-10. Соединение с приводом выполняется при помощи регулируемой тяги так, чтобы при положении «Включено» зазор между роликом и упорным болтом буфера выключателя был в пределах 0,5—1,5 мм.

Ревизию, наладку и испытание выключателей ВМП-10 выполнять в том же объеме, что и выключателей ВМГ-133. При этом разборку и сборку выключателя следует вести снизу. Для этого снять с каждого полюса нижнюю крышку с неподвижным контактом, удалить распорный цилиндр и камеру и, проверив состояние внутренних частей, вновь установить снятые детали. Нижняя крышка должна плотно прилегать к фланцу. Залить выключатель чистым, сухим трансформаторным маслом до уровня по маслоуказателю. Ход подвижных контактов должен быть 240—245 мм, заход стержня в розетку — 59±4 мм. Отставание при замыкании и размыкании контактов по пути не должно превышать 5 мм. Угол поворота вала 87±2°. Проверить наличие масла в буфере (в нем должно быть примерно 70 г масла). Проверить регулировочные данные выключателя.

Выключатель ВМБ-10. Для внутреннего осмотра выключателя ВМБ-10 при помощи специальной скобы опустить бак вниз. Обратить внимание на положение и состояние подвижных и неподвижных контактов (рис. 4.10). Подгоревшие места зачистить напильником. Если глубина выгорания больше 2—3 мм, наконечники рабочих контактов следует заменить. При замене наконечника неподвижного контакта новый наконечник навернуть до упора и проверить горизонтальное положение нижнего скошенного торца. Нужное положение достигается поворотом изолятора. При повороте изолятора вокруг своей оси следить за сохранением угла его наклона к оси выключателя.

При замене подвижного контакта новый наконечник закрепить так, чтобы грани его были параллельны нише, а штифт вошел в отверстие в торце контакта. При правильной наладке выключателя должно быть получено следующее:

расстояние по вертикали от торца неподвижного до торца подвижного контакта в отключенном состоянии составляет 90±2 мм;

ход траверсы 102±2 мм;

угол поворота вала выключателя при включении (по часовой стрелке) равен 98±3°;

ход контактов (вжим), определяемый по величине сжатия пружин, 12±1 мм. При необходимости ход контактов отрегулировать поворотом вала привода по отношению к валу выключателя;

величина давления (нажатие) в одном контакте составляет 25—35 даН. Требуемого нажатия достигают вращением двух винтов, на которых закреплен комплект подвижных контактов к угольникам гетинаксовой штанги;

отставание включения рабочих контактов, определяемое по их ходу, не превышает ±3 мм;

величины переходных сопротивлений контактов соответствуют данным завода-изготовителя. Ориентировочные величины переходных сопротивлений приведены в табл. 4.1.

После окончания регулировки выключателя и получения необходимых величин хода контактов и хода контактной траверсы соединить вал выключателя с валом привода. Смещение центров валов не должно превышать 2 мм.

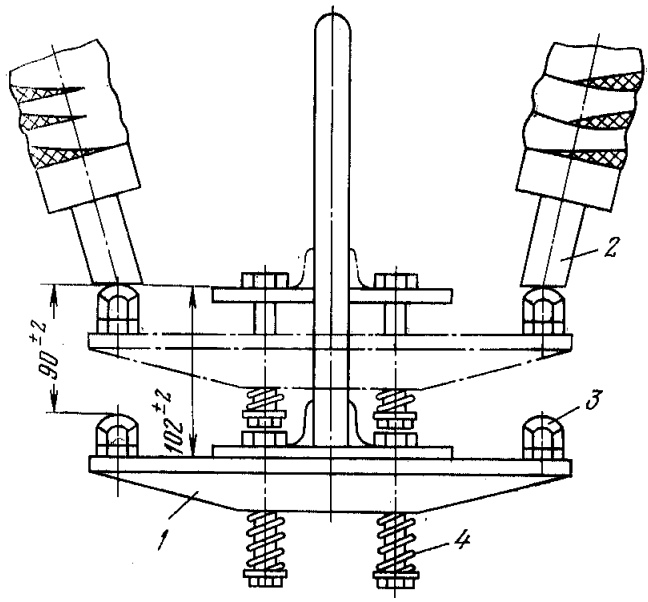


Рис. 4.10. Контакты выключателя ВМБ:

1 — траверса; *2* — неподвижный контакт; *3* — подвижный контакт; *4* — контактная пружина

Ограничение хода вала масляного выключателя при включении осуществляется упорным болтом на крышке бака. Между концом упорного болта и плечом рычага во включенном положении должен оставаться зазор 1,5—2 мм. Для получения требуемого зазора упорный болт ввернуть на 1—1,5 оборота дальше положения «мертвой точки» рычагов механизма.

Для предохранения бака от деформации при отключении тока короткого замыкания необходимо при установке и креплении выключателя надеть на болты стягивающие бак с крышкой, съемные предохранительные трубки.

В выключатель ВМБ должно быть залито 50 кг масла.

Испытание масляного выключателя произвести в объеме, предусмотренном для масляных выключателей на напряжение до 10 кВ.

4.1.3. Приводы к масляным выключателям

Электромагнитные приводы типа ПС-10 и ПЭ-11. Движущим элементом приводов является электромагнитная катушка с железным сердечником, который, втягиваясь при протекании тока по обмотке катушки, создает усилие, необходимое для включения выключателя.

Последовательность включения и отключения механизма привода ПС-10 показана на рис. 4.11. При ревизии привода следует обратить внимание на взаимную связь запирающего механизма (защелка *1*) с механизмом свободного расцепления (звенья *6* и *5*). Их взаимное расположение во включенном и выключенном состояниях показывает, что защелка может удерживать привод во включенном положении, если ось O_3 и ось звеньев *6* и *5* находятся ниже прямой, проходящей через оси O_1 и O_2. Проверяя регулировку, следует убедиться в том, что ось O_1 надежно сядет на защелку *1*. Это возможно, если при включении соленоида шток *3* настолько поднимет ролик *2*, что между осью и защелкой получится зазор 1—2 мм. При отсутствии такого зазора необходимо удлинить шток *3*, вывернув его из сердечника, и законтргаить. Если в конце включения ролик *2* будет соскакивать со штока, следует измерить выход упора *4*. Положение оси O_3, а также ось звеньев *6, 5* во включенном положении выключателя показаны на рис. 4.11, *г*. При слишком низком положении упора *4* произойдет большой «завал» этих осей за «мертвое» положение и возможны отказы при отключении.

Если при включении масляного выключателя соленоидом от оперативного напряжения защелка не удерживает привод во включенном положении, необходимо проверить размыкающий контакт КСА в цепи включающего контактора. Он должен размыкаться в самом конце включения масляного выключателя. При нормальном положении зазор между разомкнувшимися контактами должен быть 4—5 мм. Таким же образом проверить замыкаю-

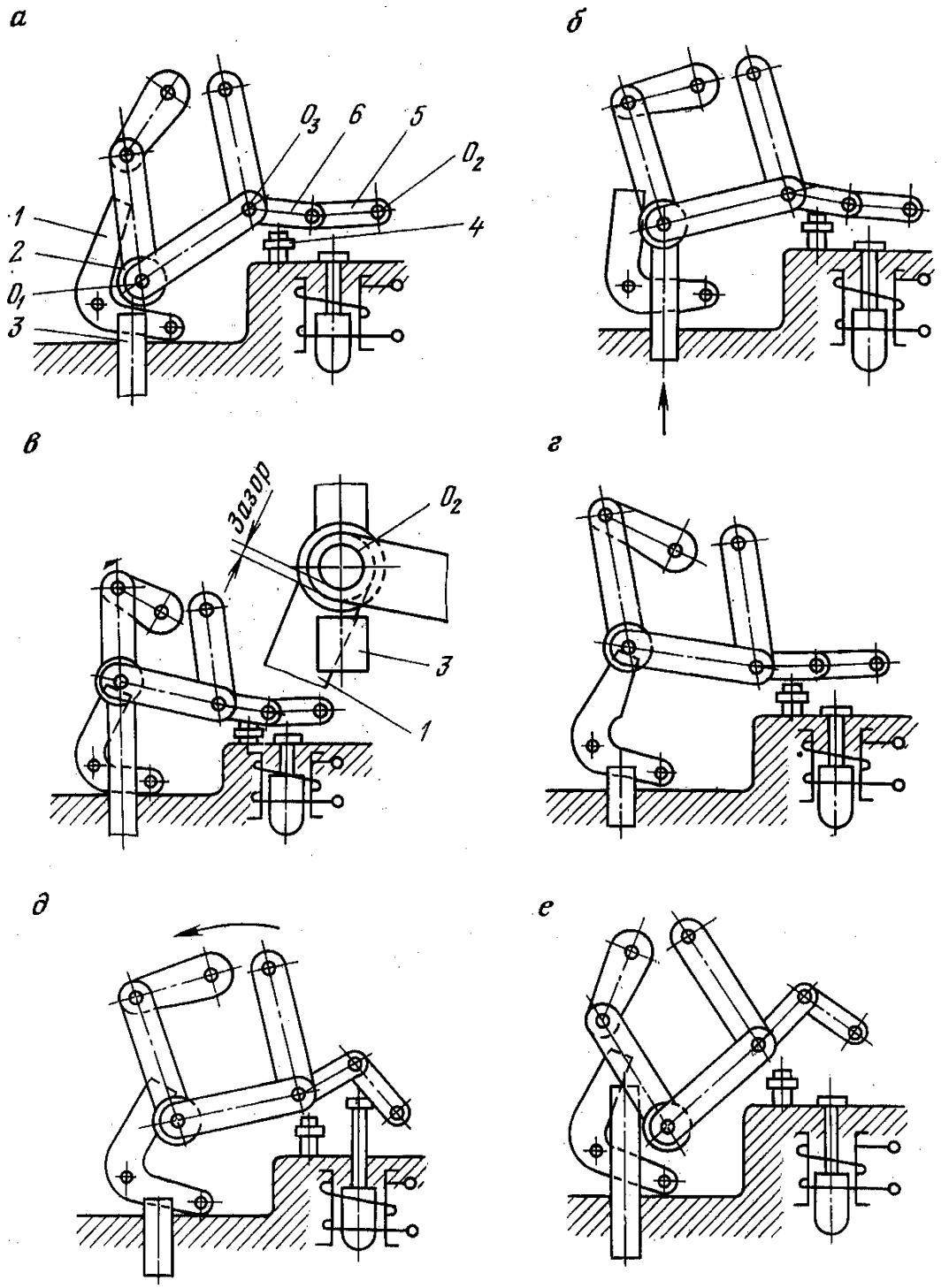


Рис. 4.11. Положения механизма свободного расцепления привода ПС-10:

а — отключенное положение — привод готов к включению; *б* — в процессе включения; *в* — включенное положение, сердечник подтянут; *г* — включенное положение; *д* — в процессе отключения; *е* — выключатель отключен — сердечник подтянут, привод не готов к включению

щий контакт КСА в цепи отключающего соленоида. Этот контакт должен замыкаться в самом начале включения. При отключенном масляном выключателе зазор между размыкающими контактами должен быть 4—5 мм.

Расстояние между бойком и рычагом отключающего устройства для привода ПС-10 должно быть в пределах 8 мм, а запас хода бойка не менее 1—2 мм, т. е. чтобы освобождение отключающего механизма происхо-

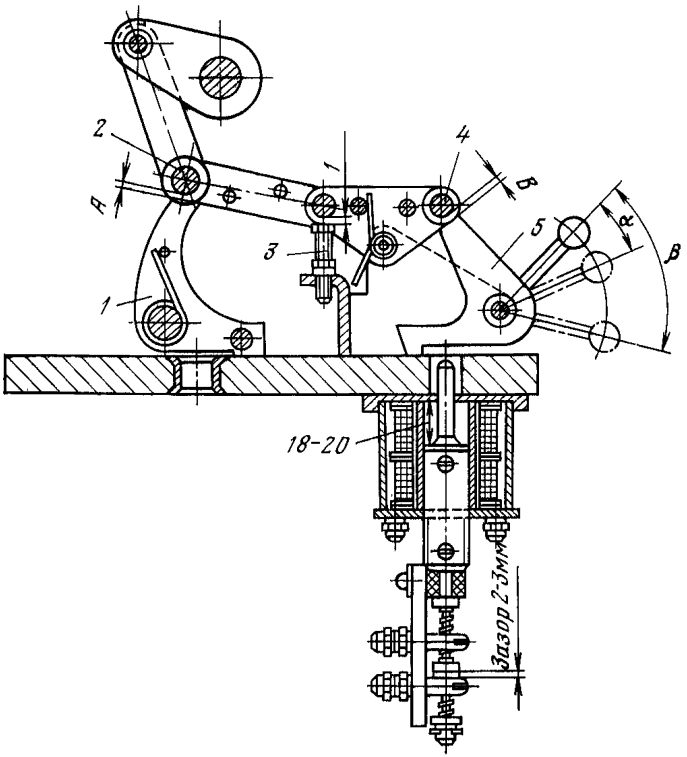


Рис. 4.12. Регулировка рычажного механизма привода ПЭ-11

дило тогда, когда расстояние между поднимаемым сердечником и его контрполюсом было не менее 1—2 мм.

Проверить сигнальные контакты КСА. Обратить внимание на качество контактов и величину их захода в крайних положениях привода. Убедиться в отсутствии перекосов и заеданий в системе соединительных рычагов и тяг. Угол между рычагом КСА и направлением тяги должен быть не менее 30°, чтобы передачи не подходили близко к «мертвой точке», вблизи которой возникают большие изгибающие усилия в рычаге и тяге.

Привод ПЭ-11 по конструкции близок к приводу ПС-10. При регулировке рычажного механизма привода ПЭ-11 необходимо выдержать зазоры, указанные на рис. 4.12. В процессе включения ход якоря включающего электромагнита должен обеспечить необходимый зазор *А* (1—1,5 мм) между запирающей защелкой *1* и упором *2*. Зацепление между запирающей защелкой и упором не нормируется. Величина зазора *В* между отключающей защелкой *5* и упором *4* должна составлять 1—1,5 мм (регулировать упорным болтом *3*). Зацепление между ними должно быть в средней части отключающей защелки. При отключении ход сердечника отключающего электромагнита должен быть 18—20 мм, угол расцепления $\alpha = 15°$, полный угол поворота $\beta = 60°$.

При проверке привода необходимо обратить внимание на состояние и регулировку блок-контактов. Требования к контактам те же, что и для привода ПС-10.

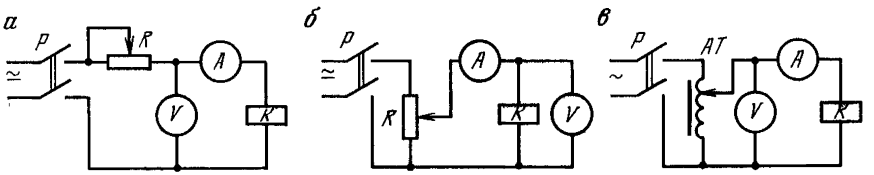


Рис. 4.13. Схема проверки напряжения и тока срабатывания катушек приводов выключателя:

а — с реостатом; *б* — с потенциометром; *в* — с автотрансформатором; *Р* — разъединитель; *R* — реостат; *А* — амперметр; *V* — вольтметр; *К* — катушка контактора; *АТ* — автотрансформатор

Окончательно правильность регулировки проверить при снятии электрических характеристик. Перед этим измерить сопротивление изоляции обмоток электромагнитов и цепей привода мегомметром 500 или 1000 В. Сопротивление изоляции должно быть не менее 1 МОм.

Для электромагнитов постоянного тока измерить омическое сопротивление, для электромагнитов переменного тока — величину тока при заторможенном и втянутом сердечнике. Полученные данные сравнить с заводскими.

Минимальное напряжение срабатывания электромагнитов привода измерить по схемам, приведенным на рис. 4.13.

При применении потенциометра он должен быть низкоомным (не более 50—100 Ом). Потенциометром или автотрансформатором при включённом электромагните подобрать минимальное напряжение, при подаче которого толчком электромагнит четко срабатывает. Согласно ПУЭ (I-8-18) величина напряжения надежного срабатывания отключающего электромагнита должна быть 65—120 %, а контактора и электромагнита включения — 80—110 % номинального напряжения.

Если катушку включения невозможно питать пониженным напряжением от основного источника питания (батареи, зарядного агрегата и др.), допускается питание ее нормальным напряжением при последовательном включении небольшого сопротивления, за счет которого напряжение на катушке снижается до 80 %. Сопротивление рассчитывается на кратковременное протекание тока.

Обмоточные данные включающих и отключающих электромагнитов приводов постоянного тока масляных выключателей приведены в табл. 4.3.

4.1.4. Трансформаторы тока (ТТ)

При ревизии трансформаторов тока произвести их внешний осмотр, проверить состояние и целостность фарфора или литой изоляции, выводов обмоток и заземление, крепление и затяжку контактных соединений, наличие во вторичных обмотках замкнутых цепей, соответствие паспортных данных требуемым. Если паспортные данные не соответствуют рабочей нагрузке, неодинаковы для ТТ одной высоковольтной ячейки или схемы защиты, необходимо трансформаторы тока заменить. Испытания производят в следующем объеме (ПУЭ I-8-17):

измерить сопротивление изоляции обмоток;

испытать изоляцию обмоток повышенным напряжением промышленной частоты (производить на вновь смонтированном оборудовании);

проверить полярность выводов (для новых трансформаторов);

проверить коэффициент трансформации (производить одновременно с проверкой токовой защиты).

Сопротивление изоляции первичной обмотки измерить мегомметром на напряжение 2500 В. Величина сопротивления изоляции не нормируется. Обычно величина сопротивления сухой, исправной изоляции составляет несколько тысяч МОм. Сопротивление изоляции вторичных обмоток измерить

Таблица 4.3

Привод	Выключатель	Напряжение, В	Включающая катушка		Отключающая катушка	
			сопротивление обмотки при 20 °С, Ом	исполнение обмотки	сопротивление обмотки при 20 °С, Ом	исполнение обмотки
ПС-10М	ВМГ-133	110	0,564	ПБД 2×1,56 334 витка	22	ПЭЛ-1, ПЭВ диаметром 0,35 мм
		220	2,26	ПБД 1,56 668 витков	88	2 секции по 1760 витков
ПЭ-11	ВМП-10	110	0,95	ПБД 2,1 415 витков	44	ПЭЛ, ПЭВ диаметром 0,28 мм
	ВМГ-133	220	3,8	ПБД 1,45 790 витков	176	2 секции по 2450 витков

мегомметром на напряжение 500 или 1000 В. Величина сопротивления изоляции этих обмоток вместе с присоединенным к ним цепями должна быть не менее 1 МОм.

В соответствии с нормами испытать сопротивление изоляции первичной обмотки повышенным напряжением промышленной частоты. Для трансформаторов, работающих в цепях с номинальным напряжением 6 кВ, испытательное напряжение равно 28,8 кВ, с номинальным напряжением 10 кВ— 37,8 кВ. Время испытания для керамической изоляции составляет 1 мин, для изоляции из твердых органических материалов или кабельных масс — 5 мин. Испытание смонтированных ТТ выполнять совместно с присоединенной ошинковкой.

Изоляцию каждой из вторичных обмоток испытать совместно с присоединенными к ним цепями относительно корпуса и соединенных с ним свободных обмоток напряжением 1 кВ в течение 1 мин. Перед монтажом изоляции вторичных обмоток (без присоединенных вторичных цепей) рекомендуется испытать напряжением 1,8 кВ (объем и нормы испытания электрооборудования).

Полярность выводов обмоток ТТ проверить по схеме, приведенной на рис. 4.14, пользуясь элементом 3336У (КБС) и милливольтметром. Если при замыкании кнопки $K_н$ отброс стрелки прибора будет вправо, а при размыкании — влево, однополярные выводы обозначены правильно.

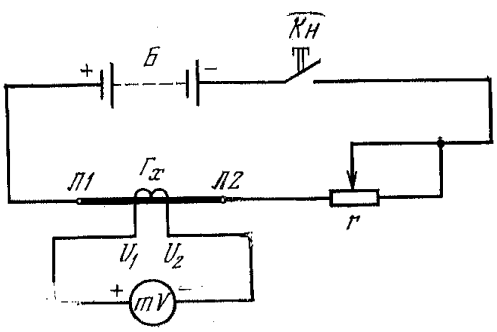


Рис. 4.14. Схема проверки полярности выводов вторичных обмоток ТТ:
Б — батарея; *r* — регулируемый резистор; *mV* — милливольтметр

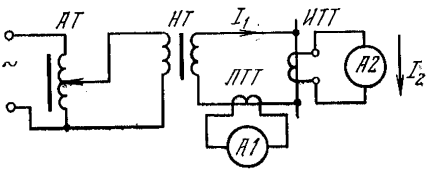


Рис. 4.15. Схема проверки коэффициента трансформации ТТ:
НТ — нагрузочный трансформатор; *ИТТ* — испытуемый трансформатор тока; *ЛТТ* — лабораторный трансформатор тока

Коэффициент трансформации ТТ проверить по схеме, приведенной на рис. 4. 15:

$$n_т = \frac{I_1}{I_2} = \frac{n_{л.т} I_{из}}{I_2}, \qquad (4.1)$$

где $n_{л.т}$ — коэффициент трансформации ЛТТ; $I_{из}$ — ток вторичной обмотки *ЛТТ*; I_2 — ток вторичной обмотки *ИТТ*.

Проверку коэффициента трансформации ТТ проводить при изменении тока от нуля до номинального.

Коэффициент трансформации ТТ рекомендуется проверять одновременно с релейной защитой с помощью специального нагрузочного трансформатора. При проверке коэффициента трансформации ТТ, не связанной с проверкой релейной защиты, в качестве нагрузочного трансформатора можно использовать ТТ соседних фаз. Отклонение найденного коэффициента трансформации от паспортного значения должно быть в пределах точности измерения.

4.1.5. Трансформаторы напряжения (ТН)

При ревизии трансформатора напряжения необходимо произвести его внешний осмотр, проверить состояние и целостность изоляторов, наличие и уровень масла, отсутствие течи масла и вмятин на корпусе, исправность предохранителей напряжением до и выше 1000 В, надежность заземления корпуса и вторичных обмоток, затяжку контактных соединений.

Трансформаторы напряжения с масляным заполнением должны иметь исправные пробки для заполнения и слива масла. В пробках с «дыхательными» отверстиями удалить прокладки.

Испытания произвести в следующем объеме (ПУЭ I-8-17):

измерить сопротивление изоляции обмоток;

испытать изоляции обмоток повышенным напряжением промышленной частоты (производить на вновь смонтированном оборудовании);

проверить полярность выводов обмоток;

проверить коэффициент трансформации.

Сопротивление изоляции первичной обмотки измерить мегомметром на напряжение 2500 В. Величина сопротивления изоляции не нормируется. Сопротивление изоляции вторичных обмоток измерить мегомметром на напряжение 500 или 1000 В. Величина сопротивления их изоляции вместе с присоединенными к ним цепями должна быть не менее 1 МОм. Сопротивление изоляции каждой обмотки измерить по отношению к корпусу и остальным, присоединенным к нему обмоткам.

В соответствии с нормами ПУЭ испытать сопротивление изоляции первичной обмотки повышенным напряжением промышленной частоты. Для трансформаторов на номинальное напряжение 6 кВ испытательное напряжение принимается 28,8 кВ, на 10 кВ — 37,8 кВ. Время испытания для керамической изоляции составляет 1 мин, для изоляции из твердых органических материалов или кабельных масс — 5 мин.

Изоляцию каждой из вторичных обмоток совместно с присоединенными к ним цепями следует испытать напряжением 1 кВ в течение 1 мин относительно корпуса и соединенных с ним свободных обмоток.

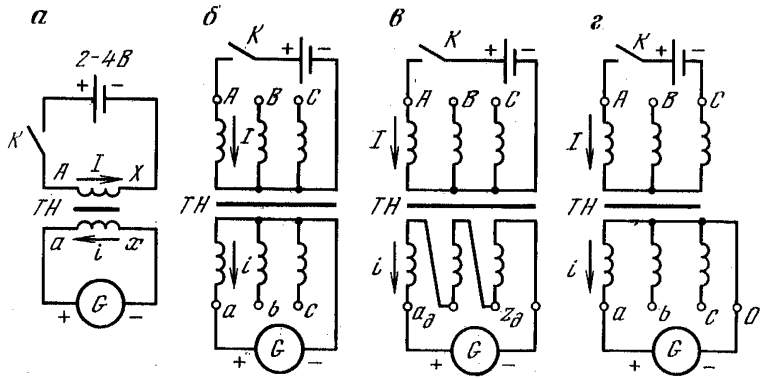


Рис. 4.16. Схемы проверки полярности и правильности обозначения выводов ТН:
а — однофазного; *б* и *в* — пятистержневого трехфазного; *г* — трехфазного двухобмоточного трехстержневого; *G* — гальванометр; *К* — тумблер

Схемы проверки полярности выводов обмоток ТН показаны на рис. 4.16. При правильном обозначении полярности и подключении «+» батареи и «+» прибора к однополярным зажимам обмоток однофазного ТН в момент замыкания цепи элемента 3336У (КБС) стрелка прибора (гальванометра) отклонится вправо, при размыкании — влево.

При проверке полярности соединенных в звезду обмоток пятистержневого трансформатора при подключении «+» батареи и «+» прибора к выводам одноименных фаз в случае правильной полярности в момент замыкания цепи стрелка прибора отклоняется вправо. При переключении прибора на другие фазы стрелка будет отклоняться влево и на меньшее число делений.

Если вторичные обмотки соединены по схеме разомкнутого треугольника, то полярность выводов определить поочередным подключением «+» батареи ко всем трем выводам первичной обмотки. При правильной полярности стрелка прибора будет отклоняться вправо.

При проверке полярности обмоток трехфазного двухобмоточного трехстержневого ТН, батарею подключить к выводам *АС* первичной обмотки, «+» прибора подключить поочередно к выводам *а*, *b*, *с* вторичной обмотки, а «—» прибора подключить к нулевому выводу вторичной обмотки. При правильной полярности и подключении прибора к выводу *а* стрелка его отклонится вправо, при подключении к *с* — влево, при подключении к выводу *b* — незначительно может отклоняться в любую сторону.

Такие испытания проводить три раза при подключении к выводам *А* и *В*, *В* и *С*, *С* и *А*, при этом «+» батареи подключить к выводам *А*, *В*, *С*.

Для проверки коэффициента трансформации необходимо на обмотку высокого напряжения подать 220 или 380 В. К выводам вторичной обмотки подключить вольтметр. Коэффициент трансформации определить как отношение напряжений высокой и низкой стороны. Отклонение найденного коэффициента от паспортного значения должно быть в пределах точности измерения.

4.2. РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

При ревизии и наладке распределительного устройства напряжением до 1000 В внешним осмотром проверить крепление щита, исправность ошиновки, зажимных сборок, контактных соединений, наличие и соответствие надписей, обозначений и маркировки.

Таблица 4.4

Испытуемая изоляция	Напряжение мегомметра, В	Сопротивление изоляции, МОм	Примечание
Вторичные цепи управления, защиты, измерения, сигнализации и т. п. в электроустановках напряжением выше 1000 В:			
шинки оперативного тока и шинки цепей напряжения на щите управления	500—1000	10	Испытания производят при отсоединенных цепях
каждое присоединение вторичных цепей и цепей питания приводов выключателей и разъединителей	500—1000	1	Испытания производят со всеми присоединенными аппаратами (катушки приводов, контакторы, реле, приборы, вторичные обмотки трансформаторов тока и напряжения и т. д.).
Вторичные цепи управления, защиты, сигнализации в релейно-контакторных схемах установок напряжением до 1000 В	500—1000	0,5	Испытания производят со всеми присоединенными аппаратами (магнитные пускатели, контакторы, катушки автоматов, реле, приборы и т. п.)
Цепи бесконтактных схем системы регулирования и управления, а также присоединенные к ним элементы	—	По данным завода-изготовителя	
Цепи управления, защиты и возбуждения машин постоянного тока напряжением до 1000 В, присоединенных к цепям главного тока	500—1000	1	—
Силовые и осветительные электропроводки	1000	0,5	Испытания в осветительных проводках производят до вворачивания ламп с подсоединением нулевого провода к корпусу светильника. Изоляцию измеряют между проводами и относительно земли
Распределительные устройства, щиты и токопроводы напряжением до 1000 В	500—1000	0,5	Для каждой секции распределительного устройства

Таблица 4.5

Кабель с изоляцией	Испытательное напряжение (кВ) для кабелей на рабочее напряжение, кВ			Продолжительность испытания, мин
	3	6	10	
Бумажной	18	36	60	10
Резиновой	6	12	—	5
Пластмассовой	15	—	—	10

Согласно ПУЭ (I-8-34) пусконаладочные испытания для аппаратов вторичных цепей и электропроводок напряжением до 1000 В следует выполнять в следующем объеме:

измерить сопротивление изоляции;

испытать повышенным напряжением промышленной частоты;

проверить действие максимальных, минимальных или независимых расцепителей автоматов с номинальным током 200 А и более. Пределы работы расцепителей должны соответствовать заводским данным;

проверить работу контакторов и автоматов при пониженном и номинальном напряжениях оперативного тока.

проверить релейную аппаратуру. Проверку реле защиты, управления, автоматики и сигнализации и других устройств производят в соответствии с действующими инструкциями. Пределы срабатывания реле на рабочих уставках должны соответствовать заводским данным.

Величины сопротивления изоляции должны быть не менее приведенных в табл. 4.4.

Величину испытательного напряжения изоляции аппаратов, их катушек и вторичных цепей со всеми присоединенными аппаратами (катушки, проводники, контакторы, реле, приборы, вторичные обмотки трансформаторов тока и напряжения и т. п.) принимать равной 1000 В. Продолжительность приложения испытательного напряжения — 1 мин.

При вводе в эксплуатацию нового оборудования проверку работы контакторов и автоматов при пониженном и номинальном напряжениях производить на включение при 0,9 $U_{ном}$ (5 операций), на включение и отключение при $U_{ном}$ (5 операций), на отключение при 0,8 $U_{ном}$ (10 операций).

4.3. КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ

Испытание кабельных линий, находящихся в эксплуатации, выполнять с периодичностью и в объеме, предусмотренном ПТЭ и ПТБ (приложение А. XVII).

Приемо-сдаточные испытания кабельных линий проводить после окончания строительных и монтажных работ и внешнего осмотра, при котором проверить крепление кабелей, их маркировку, состояние концевых и соединительных муфт, отсутствие явно выраженных повреждений, исправность заземления, надежность присоединения жил кабеля к соответствующему электрооборудованию.

При испытаниях кабельных линий проверить целостность жил, измерить величину сопротивления изоляции, испытать изоляцию повышенным напряжением постоянного тока, выполнить проверку их фазировки. Вместе с кабелем испытать концевые муфты или воронки и опорные изоляторы до разъединителя.

Сопротивление изоляции кабельных линий при испытании мегомметром не нормируется, однако согласно заводским данным величина сопротивления изоляции трехжильных кабелей с поясной изоляцией напряжением 6 и 10 кВ составляет 250—300 МОм.

В соответствии с ПУЭ I-8-37 величины испытательного напряжения и продолжительности испытаний приведены в табл. 4.5.

Кабельные линии напряжением до 1000 В, предназначенные для передачи электроэнергии к распределительным устройствам и между ними и выполненные из одного или нескольких кабелей с соединительными муфтами, подлежат испытанию только мегомметром на 2500 В или от постороннего источника тока промышленной частоты напряжением 1000 В. Применение мегомметра на напряжение 1000 В не допускается. Величина сопротивления изоляции должна быть не менее 0,5 Мом (после мелких ремонтов, не связанных с переремонтажом кабеля, изоляция проверяется мегомметром на напряжение 2500 В не реже 1 раза в год. До испытания изоляции кабеля, а также после испытания необходимо разрядить кабель на землю и убедиться в полном отсутствии в нем заряда).

4.4. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

Перед началом испытаний необходимо ознакомиться с заводскими данными электрической машины, которые указываются на ее щитке.

Общие технические требования к электрическим машинам определяются ГОСТ 183 — 74, который предусматривает программы и методы контрольных и типовых испытаний машин после их изготовления.

Методы испытаний машин постоянного тока регламентируются ГОСТ 10159 — 69, синхронных машин — ГОСТ 10169 — 77, асинхронных двигателей — ГОСТ 7217 — 66.

Проверку и ревизию, общие для всех типов электрических машин, выполнять в следующем порядке и объеме: произвести внешний осмотр; проверить механическую часть; измерить сопротивление изоляции обмоток относительно корпуса машины и между обмотками; определить возможность включения электрической машины без сушки; измерить сопротивление постоянному току обмоток в холодном состоянии; проверить правильность маркировки выводных концов; испытать электрическую прочность междувитковой изоляции обмоток; испытать электрическую прочность изоляции обмоток относительно корпуса машины и между обмотками повышенным напряжением; проверить степень нагрева электрических машин; проверить работу на холостом ходу и под нагрузкой; измерить вибрации подшипников.

4.4.1. Внешний осмотр машины и проверка ее состояния

Прежде чем приступить к наладочным испытаниям машины, следует убедиться в том, что она находится в состоянии, пригодном для этих испытаний, и что ее монтаж, паспортные данные соответствуют проекту и ГОСТ 183 — 74.

Непосредственной целью внешнего осмотра является проверка отсутствия явных повреждений. Перед осмотром машину продуть сжатым воздухом давлением не свыше 2 даН/см^2 (без применения металлических мундштуков). Продувку производить сухим чистым воздухом во избежание загрязнения обмоток.

Протягиванием шнура по окружности зазора вокруг ротора машины проверить отсутствие в зазоре посторонних предметов. При внешнем осмотре машины обратить внимание на целостность изоляции лобовых частей обмотки, наличие и исправность бандажей и распорок между ними. Осмотреть выводные концы и коробки выводов, в которых часто встречаются различные нарушения изоляции; при этом необходимо обратить внимание на достаточность расстояния между токоведущими частями и корпусом. При применении фарфоровых изоляторов следует убедиться в отсутствии у них трещин и других дефектов; поврежденные изоляторы заменить новыми.

В роторах синхронных машин с явно выраженными полюсами и обмотками, выполненными прямоугольным медным проводом, гнутым на высокое ребро, проверить отсутствие забоин на поверхности обмотки, которые могут вызвать замыкание соседних витков. Далее следует проверить состояние

контактных колец, которые не должны иметь трещин, вмятин, царапин и т. п. Изоляция контактных колец между собой и от корпуса (вала) не должна иметь видимых нарушений и загрязнений. Если на роторе имеется короткозамкнутая обмотка, следует осмотреть места соединения стержней обмотки с короткозамыкающими кольцами или пластинами.

При осмотре магнитной системы машины постоянного тока прежде всего осмотреть состояние изоляции всех обмоток и их выводов, а также проверить правильность установки главных и добавочных полюсов; расстояния между краями их башмаков не должны отличаться друг от друга более чем на 1—2 мм. Тщательно проверить места паек коллектора, которые не должны иметь видимых дефектов. У всех электрических машин необходимо проверить наличие и качество заземлений, заполнение подшипников смазкой до заданного уровня и отсутствие течи масла, наличие и соответствие проекту контрольно-измерительных приборов и правильность их установки, состояние соединительной муфты или ременной передачи, наличие защитного кожуха, соответствие выбранных щеток техническим условиям.

4.4.2. Проверка механической части электрических машин

Перед проведением испытаний электрических машин необходимо закончить наладку их механической части, а именно: центровку валов, проверку зазоров в подшипниках и соответствие сорта и качества смазочного масла типу машины и условиям, в которых она будет работать. На рис. 4.17 показаны места измерения зазоров и размеров продольных канавок вкладышей подшипников скольжения.

Методика измерения зазоров в подшипниках приведена в разделе 3.1.

Ориентировочные величины пределов диаметральных (верхних) зазоров между шейкой вала и неразъемным вкладышем подшипников скольжения с кольцевой смазкой приведены в табл. 4.6.

Этими данными можно пользоваться для машин мощностью до 1000 кВт.

Диаметральные (верхние) зазоры *а* (см. рис. 4.17) в разъемных вкладышах подшипников с кольцевой смазкой должны находиться в пределах 0,15—0,25 % диаметра шейки вала. Верхний предел относится к быстроходным машинам, нижний — к тихоходным. При этом предполагается, что указанный диаметральный зазор соответствует цилиндрической расточке вкладыша, так как только при этом он определяет форму масляного клина между шейкой и вкладышем.

Боковые (горизонтальные) зазоры *б* без учета продольных канавок (карманов) в плоскости разъема должны составлять на сторону 0,5 от верхнего зазора.

Таблица 4.6

Номинальный диаметр вала, мм	18—30	30—50	50—80	80—120
Зазор (мм) при частоте вращения до 1000 об/мин	0,04—0,093	0,05—0,112	0,065—0,135	0,08—0,16

Продолжение табл. 4.6

Номинальный диаметр вала, мм	120—180	180—260	260—360	360—500
Зазор (мм) при частоте вращения до 1000 об/мин	0,1—0,195	0,12—0,223	0,14—0,25	0,17—0,305

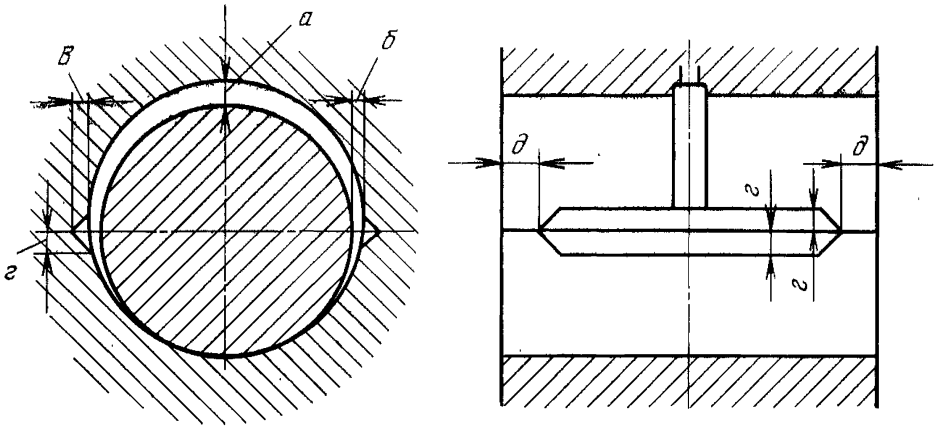


Рис. 4.17. Размеры продольных канавок вкладышей и зазоры подшипников скольжения

В подшипниках с циркуляционной смазкой верхние зазоры делают больше, чем в подшипниках с кольцевой смазкой.

Увеличение верхнего зазора не должно сказываться на величине масляного клина, что обеспечивается сохранением необходимого радиуса расточки нижней половины вкладыша. Обычно в подшипниках с циркуляционной смазкой величина верхних зазоров составляет 0,25—0,40 % диаметра шейки, а в некоторых случаях достигает 1,2 %.

Ориентировочные размеры продольных канавок (карманов) по рис. 4.17 для разъемных вкладышей приведены в табл. 4.7.

Радиальные зазоры в шарико- и роликоподшипниках измерить при помощи шупа. Для подшипников основного ряда с внутренним отверстием до 25, от 25 до 100 и свыше 100 мм зазоры не должны превышать соответственно 0,1; 0,2 и 0,3 мм.

Величина разбега вала ротора (осевой игры подшипников) электродвигателей в осевом направлении зависит от конструкции подшипников и качества монтажа.

По нормам для подшипников скольжения осевой разбег ротора не должен превышать в среднем 2—4 мм. Для электромашин с диаметром шеек валов более 200 мм величина осевого разбега не должна превышать 2 % диаметра шейки. Величины осевых зазоров по обе стороны торцов вкладышей указывает завод-изготовитель. При отсутствии этих данных исходить из предположения, что вал удлиняется на 0,5 мм на 1 м длины при повышении его температуры на 40 °С. Поэтому осевые зазоры по обе стороны торцов вкладышей должны выбираться с учетом осевого теплового расширения вала.

Таблица 4.7

Размер на рис. 4.17, мм	Диаметр шейки вала, мм													
	45—50	60—70	80—90	100—110	125—140	160—180	200—220	240—260	280—300	320—340	360—380	400—420	440—460	480—500
	Размеры продольных канавок в разъемных вкладышах подшипников, мм													
в	1	1	1,5	2	2	3	4	4,5	5	6	7	7,5	8	9
г	7	8	10	13	16	20	25	33	35	40	45	50	55	60
д	8	8	10	10	12	12	15	15	18	18	20	20	25	25

Таблица 4.8

Электрические машины	Отклонения воздушных зазоров электрических машин, %
1. Асинхронные	±10
2. Синхронные	±5
3. Постоянного тока с петлевой обмоткой при зазорах до 3 мм включительно (между якорем и главными полюсами)	±10
4. То же, при зазорах более 3 мм	±5
5. Постоянного тока с волновой обмоткой (между якорем и главными полюсами)	Допуски по пп. 3 и 4 могут быть увеличены в 2—2,5 раза
6. Постоянного тока (между якорем и добавочными полюсами)	±5

Если при пуске двигателя происходит устойчивый осевой сдвиг ротора до упора в сторону одного из подшипников, следует передвинуть статор двигателя в сторону, противоположную сдвигу ротора. При этом статор установить так, чтобы при холостом ходе и при нагрузке двигателя ротор имел равномерный разбег в обе стороны. Это соответствует совпадению магнитных осей статора и ротора.

Примерные величины осевой игры для стандартных шариковых и роликовых радиально-упорных подшипников для второго ряда (для подшипников, устанавливаемых по одному в каждой опоре) в зависимости от диаметра отверстия подшипника могут колебаться от 0,03 до 0,35 мм. При этом сборка второго подшипника должна обеспечить перемещение вала ротора на величину его осевого теплового расширения.

Величина воздушного зазора электродвигателя между сталью статора и ротора существенно влияет на работу электрической машины и потому ее необходимо тщательно проверять.

Измерение зазоров между сталью ротора и статора производят у электродвигателей, конструкция которых это позволяет. Для асинхронных и синхронных двигателей с неявно выраженными полюсами ротора измерения производить при неподвижном роторе по диаметрам, расположенным в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Затем повернуть ротор на 90° и повторить измерения. Если полученные результаты не отличаются более чем на 10 % от среднего значения (ПТЭ и ПТБ, приложение А), то проверку прекратить. При получении величин, превышающих указанную норму, выяснить наличие эллипсности ротора и статора. Для этого измерить зазоры между ротором и статором относительно одной точки статора, поворачивая ротор через 90°, а затем относительно одной точки ротора, также поворачивая ротор через 90°. Первые результаты дают возможность оценить эллипсность ротора, а вторые — статора.

У синхронных двигателей с явно полюсным ротором проверить зазоры у каждого полюса, а затем, повернув ротор на 90°, повторить измерение. Эллипсность статора проверить относительно одного из полюсов, поворачивая ротор через 90°. Биение ротора выяснить, проверяя в одной и той же точке статора зазор над каждым полюсом ротора (ГОСТ 10169—77).

Регулировку зазора производить перемещением статора в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Величины воздушных зазоров приводятся в паспортных данных машины. Предельно допустимые их отклонения по данным завода «Электросила» им. С. М. Кирова приведены в табл. 4.8.

Состояние коллектора, контактных колец, щеточного аппарата и правильный выбор щеток — важные факторы, влияющие на работу электрической машины. Поэтому перед началом приемо-сдаточных и эксплуатационных испытаний необходимо убедиться в следующем:

коллектор не имеет биения, препятствующего правильной работе щеточного аппарата, все образующие его поверхности прямолинейны, изоляция между пластинами не выступает над рабочей поверхностью коллектора, нет выбоин, пятен лака, краски, нагара от предшествующей неудовлетворительной работы щеточного аппарата, пластины не имеют острых краев, заусенцев и промежутки между пластинами совершенно чисты;

поверхности контактных колец имеют цилиндрическую форму, отполированы, расстояния между сбегающими краями щеток соседних бракетов траверс по окружности коллектора одинаковы;

щетки хорошо притерты к поверхности коллектора или контактных колец и свободно, но без излишней слабины, перемещаются в щеткодержателях. Нормальная слабина щетки в щеткодержателе в осевом направлении не должна превышать на сторону 0,2—0,5 мм, а по направлению вращения суммарный зазор может быть в пределах 0,15—0,4 мм.

Следует иметь в виду, что эти величины не нормируются и могут быть изменены заводом-поставщиком, однако все отступления должны обеспечивать надлежащую плотность контакта, отсутствие искрения и вибрации щеток при работе с номинальной нагрузкой. Обратить внимание на то, чтобы зазор между нижними краями обойм щеткодержателей и поверхностью коллектора или контактных колец составлял от 2 до 4 мм. Нормальное удельное давление щеток на коллектор или кольцо принимать в среднем от 1,5 до 2 Н/см^2.

При продораживании коллектора изоляционный материал между коллекторными пластинами необходимо выпиливать на глубину 1—2 мм. После продораживания пластины следует притупить шабером под углом 45° на ширину не более 0,5 мм.

При большом биении коллектора (более 0,5 мм) произвести проточку его резцом. Наилучший результат дает проточка алмазным резцом при скорости резания около 90 м/мин с очень малой подачей (до 0,05 мм) без последующей шлифовки карборундовым кругом. При шлифовке коллектора неподвижным кругом окружная скорость коллектора должна быть 10—12 м/с. При шлифовке коллектора вращающимся кругом последний должен вращаться навстречу коллектору при весьма незначительной подаче. Если имеются нагар, царапины и прочие местные дефекты, коллектор отполировать. Полировку производить также после проточки или шлифовки при нормальной частоте вращения коллектора, применяя стеклянную шлифовальную шкурку № 100. Для полировки коллектора стеклянную бумагу прикрепить к деревянной колодке, которую подогнать точно по окружности коллектора.

Контактные кольца протачивать, шлифовать и полировать следует так же, как и коллектор.

Установку щеток на электрическую нейтраль производить после их проверки и выполнения (в случае необходимости) требуемой регулировки. Под нейтральным положением щеток в машинах постоянного тока понимается такое положение их, при котором э. д. с. ненагруженного якоря (в режиме холостого хода) достигает при прочих равных условиях наибольшей величины. Точное расположение щеток по нейтрали определяет оптимальные параметры машин: электродвигатели имеют максимальный момент, генераторы — максимальное напряжение; реакция якоря минимальная; щетки закорачивают секции обмотки, расположенные вне поля главных полюсов, что необходимо для безискровой коммутации.

В машинах постоянного тока с дополнительными полюсами щетки обычно устанавливают в нейтральном положении, которое может быть определено следующим образом. К обмотке возбуждения через резистор R (рис. 4.18) и прерыватель K подключить источник э. д. с. $Б$ напряжением 2—4 В (иногда больше), а к зажимам якоря присоединить милливольтметр. Траверсу щеткодержателей немного освободить и, перемещая щетки, выбрать положение, при котором замыкание цепи возбуждения не вызывает отклонения стрелки милливольтметра. Это положение и соответствует нейтральному. Если (вследствие небольшой несимметрии расположения щеток и коллекторных пластин) при разных положениях якоря нейтраль будет пе-

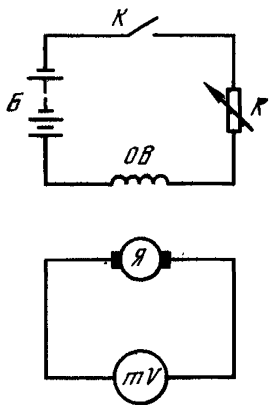


Рис. 4.18. Схема проверки установки щеток на нейтрали

ремещаться, следует выбрать положение щеток, при котором максимальные отрицательные и положительные отклонения стрелки прибора равны. После закрепления траверсы проверку повторить.

Для предотвращения частых размагничиваний и перемагничиваний полюсов при переходных процессах у генераторов, питающих индуктивную нагрузку, щетки иногда смещают с нейтрали, как правило, против вращения якоря. Однако следует помнить, что при смещении щеток с нейтрали возможно ухудшение коммутации. Характерные неисправности щеткодержателей и контактных колец даны в табл. 4.9. Рекомендуемые марки щеток для электрических машин приведены в табл. 4.10.

Нагрев электрических машин. Предельно допустимые превышения температуры частей электрических машин при температуре газообразной охлаждающей среды +40° С и высоте над уровнем моря не более 1000 м, если они не указаны в стандартах на отдельные виды машин, в соответствии с общими техническими требованиями, приведены в табл. 4.11.

Температура подшипников не должна превышать следующих, предельно допустимых значений:

Таблица 4.9

Признаки неисправности	Причины, вызвавшие неисправность
Обгорание отдельных щеток (во время работы наблюдалось искрение)	а) плохо притерты щетки б) заедание щеток в обойме щеткодержателя вследствие перекоса, неправильной подгонки щетки по пазу обоймы, наличие заусенцев в обойме
Искрение щеток во время работы — большинство щеток обгорело	а) контактные кольца бьют или имеют раковины б) неправильно подобрана марка щеток. Неровности и заусенцы в обоймах и биение контактных колец
Быстрый износ внутренней боковой поверхности щеток	
Разъедание внутренней поверхности обоймы	Нарушение шунтов или других частей арматуры, приводящие к неправильному прохождению тока
Перегрев контактных колец и щеток	а) чрезмерное нажатие пружины б) плохое охлаждение щеток
После длительной остановки под щетками возникают пятна матового цвета	При появлении сырости на контактных кольцах и щетках они образуют гальванический элемент. При наличии замкнутых цепей возникающие токи создают потемнение контактных колец. Особенно подвержены этому явлению машины со стальными контактными кольцами
Неравномерный износ контактных колец синхронных двигателей с появлением шероховатости на одном из них	Катодные явления переноса металла Следует периодически менять полярность колец и силу нажатия щеток

Таблица 4.10

Электрические машины	Рекомендуемые щетки	
	В качестве основных	Допустимая замена
Асинхронные двигатели	МГС, МГ-4, ЭГ-4,	М-6, Г-3, М-1
Синхронные двигатели	СМ МГ-4, ЭГ-4	Г-3, М-6, М-1, М-3
Генераторы вспомогательные малой мощности и возбудители	ЭГ-14	ЭГ-2а

Таблица 4.11

Части электрических машин	Изоляционный материал класса А		Изоляционный материал класса В	
	Предельно допустимые превышения температуры (°С) при измерении			
	методом термометра	методом сопротивления	методом термометра	методом сопротивления
Обмотки асинхронных и синхронных электродвигателей мощностью до 5000 кВт и возбудителей к синхронным двигателям	50	60	70	80
Стальные сердечники и другие части, соприкасающиеся с обмотками	60	—	80	—
Коллекторы и контактные кольца, незащищенные и защищенные	60	—	80	—

для подшипников скольжения — 80 °С (температура масла при этом не должна быть более 65 °С);

для подшипников качения — 100 °С.

В отдельных случаях предельно допустимую температуру подшипников устанавливает завод-изготовитель.

4.4.3. Измерение сопротивления изоляции обмоток

Измерение сопротивления изоляции обмоток электрических машин напряжением до 1000 В производят мегомметром на напряжение 1000 В, а обмоток напряжением выше 1000 В — мегомметром 2500 В. Сопротивление изоляции обмоток электрических машин, имеющих шесть выводов, следует измерять пофазно; обмотки фаз, где сопротивления не измеряются, присоединить к корпусу. Для электрических машин напряжением до 1000 В величина сопротивления изоляции при приемо-сдаточных и профилактических испытаниях не нормируется. Согласно требованиям ГОСТ 183 — 74 со-

Таблица 4.12

Температура обмотки, °С	R_{60} (МОм) при $U_{ном}$, кВ	
	6	10
10	75	125
20	50	85
30	35	60
40	24	40
50	16	27
60	10	18
75	6	10

противление изоляции обмотки (МОм) при рабочей температуре машины должно быть не ниже вычисленного по формуле

$$R = \frac{U}{1000 + 0{,}01P}, \qquad (4.2)$$

где U — номинальное напряжение данной обмотки, В; P — номинальная мощность машины, кВ·А (для машин постоянного тока — кВт).

При этом минимальное значение сопротивления изоляции во всех случаях должно быть не менее 0,5 МОм при температуре 10—30 °С.

Обмотку ротора синхронного электродвигателя и электродвигателя с фазным ротором испытывают мегомметром на 500 В. Величина сопротивления изоляции должна быть не менее 0,2 МОм при температуре 10—30 °С. Допускается ввод в эксплуатацию неявнополюсных роторов, имеющих сопротивление изоляции не ниже 2000 Ом при +75 °С или 20 000 Ом при +20 °С.

Для вновь вводимых в эксплуатацию машин с номинальным напряжением выше 1000 В наименьшие допустимые значения сопротивления изоляции нормируются Инструкцией по определению возможности включения вращающихся машин переменного тока без сушки (СН 241 — 63).

Состояние изоляции машин следует определять не только по абсолютному значению сопротивления изоляции, но и по характеру изменения сопротивления изоляции во времени (коэффициент абсорбции). Для определения коэффициента абсорбции надо при непрерывном вращении мегомметра в течение 1 мин записать показания прибора через 15 и 60 с и найти отношение

$$K_{аб} = \frac{R_{60}}{R_{15}}, \qquad (4.3)$$

где R_{60} — показание мегомметра по истечении 60 с; R_{15} — показание мегомметра по истечении 15 с.

Изоляция считается достаточно сухой, если $K_{аб} \geqslant 1{,}3$. Наименьшие допустимые значения сопротивления изоляции R_{60} одной фазы или ветви обмоток статоров электрических машин до 5000 кВт при $U_{ном}$ до 10 кВ приведены в табл. 4.12.

По окончании измерения сопротивления изоляции для предотвращения возможности поражения персонала при прикосновении к выводам обмоток, согласно ГОСТ 11828 — 75, каждую обмотку соединить с корпусом машины на время не менее 15 с при мощности машины до 1000 кВт и не менее 1 мин при большей мощности.

Помимо сопротивления изоляции обмоток необходимо измерить сопротивление изоляции подшипников, применяемой в крупных машинах и многомашинных агрегатах для предотвращения подшипниковых токов. Измерение производить относительно фундаментной плиты при полностью собранных маслопроводах. Изоляция подшипника не нормируется и считается достаточной, если ее сопротивление не менее 1 МОм (ГОСТ 533 — 76 и ГОСТ 609 — 75).

Если в машину заложены термодетекторы, то сопротивление их изоляции по отношению к корпусу машины и ее обмоткам измерить мегомметром на напряжение 250 В. Величина сопротивления изоляции не нормируется.

4.4.4. Измерение сопротивления обмоток постоянному току

Измерение сопротивления постоянному току обмоток статора и ротора производят у электродвигателей напряжением 2 кВ и выше, мощностью 300 кВт и более (ПТЭ и ПТБ, приложение А).

Сопротивление измеряют с помощью амперметра и вольтметра или двойным мостом (мостом Томсона). Если сопротивление 1 Ом и выше, то ГОСТ 11828—75 разрешается применение одинарного моста (моста Уитстона).

У машин, имеющих только три вывода обмотки (соединение обмоток в звезду или треугольник выполнено внутри машины), сопротивление постоянному току измеряют между выводами попарно. Сопротивления (Ом) отдельных фаз в этом случае определяют из следующих выражений:

для соединения в звезду

$$R_1 = \frac{1}{2}(R_{1,2} + R_{1,3} - R_{2,3}); \tag{4.4}$$

$$R_2 = \frac{1}{2}(R_{1,2} + R_{2,3} - R_{1,3}); \tag{4.5}$$

$$R_3 = \frac{1}{2}(R_{1,3} + R_{2,3} - R_{1,2}). \tag{4.6}$$

при одинаковых значениях измеренных сопротивлений

$$R_1 = R_2 = R_3 = \frac{R_{1,2}}{2}; \tag{4.7}$$

при соединении обмоток в треугольник

$$R_1 = \frac{1}{2}\left[\frac{4R_{2,3}R_{1,3}}{-R_{1,2} + R_{2,3} + R_{1,3}} - (-R_{1,2} + R_{2,3} + R_{1,3})\right]; \tag{4.8}$$

$$R_2 = \frac{1}{2}\left[\frac{4R_{1,3}R_{1,2}}{R_{1,2} - R_{2,3} + R_{1,3}} - (R_{1,2} - R_{2,3} + R_{1,3})\right]; \tag{4.9}$$

$$R_3 = \frac{1}{2}\left[\frac{4R_{1,2}R_{2,3}}{R_{1,2} + R_{2,3} - R_{1,3}} - (R_{1,2} + R_{2,3} - R_{1,3})\right]; \tag{4.10}$$

при одинаковых значениях измеренных сопротивлений

$$R_1 = R_2 = R_3 = \frac{3}{2}R_{1,2}. \tag{4.11}$$

При соединении обмоток в звезду с выведенной нулевой точкой сопротивление обмоток измеряют пофазно.

Измеренные сопротивления различных фаз обмоток не должны отличаться друг от друга или от ранее измеренных или от заводских более чем на 2 %.

У синхронных электродвигателей с явнополюсным ротором измеряют сопротивление постоянному току каждого полюса в отдельности или попарно, а также переходного контакта между катушками. Измеренная величина сопротивления не должна отличаться от заводских данных более чем на 2 %.

Измерение сопротивления обмоток статора *ОС* методом вольтметра — амперметра выполняют по схеме, показанной на рис. 4.19. Батарея *Б* или другой источник тока, подсоединенный к *ОС* через резистор *R* и амперметр *А*, должен обеспечить величину току до 20 % номинального тока статора.

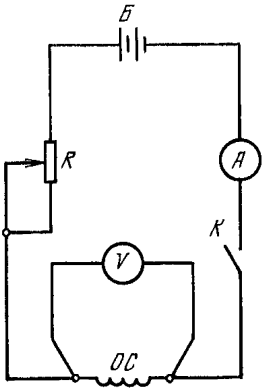


Рис. 4.19. Схема для измерения сопротивлений методом вольтметра — амперметра

Замыкание цепи ключом K производят при отключенном вольтметре V, который подсоединяют после достижения током установившегося значения. При этом обращают внимание на состояние контакта. Перед размыканием цепи вольтметр отключают. Выявив дефектную фазу, устраняют причины отклонения сопротивления и снова производят измерения.

Для измерения температуры обмотки применяют как заложенные термодетекторы, так и встраиваемые термометры и температурные индикаторы; последние вводят не позднее чем за 15 мин до начала измерения. Согласно ГОСТ 11828—75 для измерения температуры машин мощностью от 100 до 1000 кВт необходимо устанавливать не менее трех термометров или температурных индикаторов; для машин свыше 1000 кВт — не менее четырех. При измерении сопротивлений обмоток в практически холодном состоянии температура обмоток не должна отличаться от температуры окружающей среды более чем на ±3 °С.

Согласно ГОСТ 11828—75 измерения с помощью амперметра и вольтметра следует выполнять 3 раза при различных значениях тока, а при применении мостовых схем следует нарушать равновесие моста перед каждым измерением. Результаты измерений одного и того же сопротивления не должны отличаться от среднего более чем на ±0,5 %; за действительное сопротивление принимают среднее арифметическое из результатов всех измерений, удовлетворяющих этому требованию. Результаты измерений по отдельным фазам сравнивают между собой, а также с результатами предыдущих (в том числе заводских) измерений. Для сравнения результатов измерений, проведенных при различных температурах обмоток, измеренные величины приводят к одной температуре (обычно к 15 или 20 °С) по выражению

$$R = \frac{R_1}{1 + \alpha (t_1 - t)}, \qquad (4.12)$$

где R — сопротивление фазы с учетом поправки на температуру, Ом; его следует сравнивать с заводскими данными; R_1 — сопротивление фазы, полученное при измерении, Ом; α — температурный коэффициент (для меди α = =0,004 Ом/1 °С, для алюминия α=0,00385 Ом/1 °С); t — температура, при которой производили измерения на заводе (из паспорта двигателя), °С; t_1 — температура окружающей среды при измерении, °С.

Можно пользоваться другими более простыми выражениями:

для алюминия

$$R_2 = R_1 \frac{245 + t_2}{245 + t_1};$$

для меди

$$R_2 = R_1 \frac{235 + t_2}{235 + t_1}, \qquad (4.13)$$

где R_2 и R_1 — сопротивления при температурах соответственно t_2 и t_1.

При измерении сопротивления реостатов и пускорегулировочных сопротивлений проверяется прочность соединения отпаек. Величина сопротивления не должна отличаться от паспортных данных более чем на 10 %.

4.4.5. Статические преобразователи

В связи с созданием мощных тиристоров в последнее время в системах регулируемого электропривода находят применение статические преобразователи.

Возбудительные устройства ТВУ предназначены для питания и управления постоянным током обмотки возбуждения синхронного двигателя. ТВУ осуществляют следующие функции:

возбуждение двигателя во всех нормальных режимах работы с ручным и автоматическим регулированием тока возбуждения;

переход с автоматического регулирования на ручное в пределах (0,3—1,4) $I_{ном}$ с возможностью подстройки указанных пределов;

автоматический ввод синхронного двигателя в синхронизм с подачей возбуждения в функции тока статора или времени;

форсировку по напряжению 1,75 $U_{ном}{}^{+10\%}_{-15\%}$ при нормальном напряжении источника питания с регулируемой продолжительностью форсировки 20—50 с. Форсировка возбуждения срабатывает при падении напряжения сети более 15—20 % номинального, напряжение возврата — 82—95 %;

ограничение угла зажигания тиристоров по минимуму и максимуму, ограничение возбуждения до номинального с выдержкой времени, а также ограничение величины тока форсировки до 1,4 $I_{ном}$ без выдержки времени;

форсированное гашение поля двигателя переводом преобразователя в инверторный режим. Гашение поля осуществляется при нормальном и

Таблица 4.13

Параметры	ТВУ-46-320М	ТВУ-65-320М	ТВУ-80-320М	ТВУ-105-320М
Схема выпрямления	Нулевая	Нулевая	Нулевая	Нулевая
Номинальная выпрямленная мощность, кВт	14,7	20,8	25,6	33,6
Номинальный выпрямленный ток, А	320	320	320	320
Номинальное выпрямленное напряжение, В	46	65	80	105
Максимальное напряжение при номинальном напряжении питающей сети, В	80^{+8}_{-12}	115^{+12}_{-17}	140^{+14}_{-21}	185^{+19}_{-28}
Коэффициент полезного действия при номинальной нагрузке, %, не менее	78,20	87,35	89,00	89,65
Напряжение питающей сети трехфазное, В	380^{+38}_{-57}	380^{+38}_{-57}	380^{+38}_{-57}	380^{+38}_{-57}
Частота питающей сети, Гц	50	50	50	50
Напряжение питания цепей защиты, В	220	220	220	220
Максимальная величина пускового сопротивления, Ом	0,38	0,51	0,64	0,8
Масса устройства (без трансформатора), кг	530	530	530	530

Продолжение табл. 4.13

Параметры	ТВУ-137-320М	ТВУ-166-320М	ТВУ-195-320М	ТВУ-247-320М
Схема выпрямления	Мостовая	Мостовая	Мостовая	Мостовая
Номинальная выпрямленная мощность, кВт	43,0	53,0	62,0	79,0
Номинальный выпрямленный ток, А	320	320	320	320
Номинальное выпрямленное напряжение, В	137	166	195	247
Максимальное напряжение при номинальном напряжении питающей сети, В	240^{+24}_{-36}	290^{+29}_{-44}	340^{+34}_{-51}	430^{+43}_{-65}
Коэффициент полезного действия при номинальной нагрузке, %, не менее	90,35	92,08	92,41	93,73
Напряжение питающей сети трехфазное, В	380^{+38}_{-57}	380^{+38}_{-57}	380^{+38}_{-57}	380^{+38}_{-57}
Частота питающей сети, Гц	50	50	50	50
Напряжение питания цепей защиты, В	220	220	220	220
Максимальная величина пускового сопротивления, Ом	1,6	1,6	1,6	1,6
Масса устройства (без трансформатора), кг	530	530	530	530

аварийном отключениях двигателя, а также при работе автоматического включения резерва при условии сохранения питания устройства.

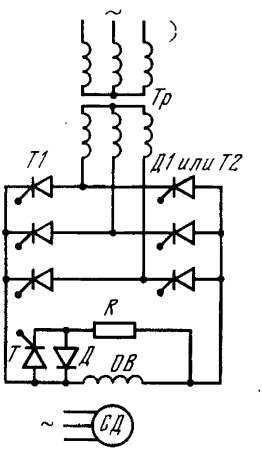


Рис. 4.20. Принципиальная схема тиристорного возбудителя

Автоматический регулятор возбуждения АРВ обеспечивает регулирование тока возбуждения для поддержания напряжения сети со статизмом 10 % или угла φ с точностью ±10 %.

Основные параметры ТВУ приведены в табл. 4.13 и 4.14.

ТВУ конструктивно выполнено в виде шкафа двустороннего обслуживания и отдельно устанавливаемого силового трансформатора типа ТСП. Шкаф представляет собой блочную конструкцию, которая, обеспечивает свободный доступ, простоту обслуживания и взаимозаменяемость отдельных блоков. Узловым элементом ТВУ является выпрямительное устройство, собранное по трехфазной нулевой схеме преобразования на напряжение возбуждения до 105 В и по трехфазной мостовой схеме преобразования на напряжение свыше 105 В. Функции управления, регулирования и защиты синхронного двигателя и выпрямителя ТВУ осуществляет автоматическое регулирующее и управляющее устройство. Параллельно обмотке возбуждения синхронного двигателя только на время пуска подключается пусковое сопротивление.

Таблица 4.14

Тиристорное возбудительное устройство	Трансформатор	Номинальная мощность, кВА	Линейное вторичное напряжение, В	Первичный ток при номинальной нагрузке, А
ТВУ-46-320М	ТСП-40/0,5-68	43	133	65,5
ТВУ-65-320М	ТСП-63/0,5-68	61	190	93,0
ТВУ-80-320М	ТСП-63/0,5-68	74	230	112,0
ТВУ-105-320М	ТСП-100/0,5-68	96	300	146,0
ТВУ-137-320М	ТСП-100/0,5-68	86	190	131,0
ТВУ-166-320М	ТСП-100/0,5-68	105	230	160,0
ТВУ-195-320М	ТСП-160/0,5-68	125	270	189,0
ТВУ-247-320М	ТСП-160/0,5-68	160	340	243,0

Охлаждение вентилей ТВУ — воздушное, принудительное осуществляется встроенным центробежным вентилятором с асинхронным двигателем. Питание асинхронного двигателя производится от сети переменного тока напряжением 380 В.

На рис. 4.20 показана принципиальная схема тиристорного возбудителя. Регулировка возбуждения осуществляется изменением угла открываний тиристоров *Т1* и *Т2*. Трансформатор *Тр* выбирается на вторичное напряжение в зависимости от требуемого коэффициента форсировки. Обычно форсировку принимают такой, чтобы при полностью открытых тиристорах моста напряжение на обмотке возбуждения ОВ было равно 1,5—3-кратному номинадьного. Форсировка по току принимается до 1,5-кратной номинального тока возбуждения.

4.4.6. Ревизия и испытание электрических машин после монтажа

Вновь вводимые в эксплуатацию электрические машины помимо ревизии и испытаний, предусмотренных Едиными формами ВУ-77, подвергаются при необходимости дополнительным испытаниям.

Проверка правильности включения обмоток электрических машин. Выводы обмоток асинхронных и синхронных электродвигателей согласно ГОСТ 183 — 74 имеют обозначения, приведенные в табл. 4.15. Выводы асинхронных и синхронных электродвигателей, имеющих составные и секционированные обмотки, обозначаются теми же буквами, что и простые обмотки, но с дополнительными цифрами впереди прописных букв (табл. 4.16). Схемы расположения выводов обмоток асинхронных и синхронных двигателей приведены на рис. 4.21, 4.22.

При отсутствии маркировки, а также при наладке машин правильность соединения выводов обмоток машин трехфазного тока может быть определена одним из следующих методов:

а) мегомметром определить попарно концы обмоток отдельных фаз. Затем к обмотке одной из фаз *I* (рис. 4.23, *а*) через прерыватель *К* присоединить источник постоянного тока (аккумулятор) напряжением 2 В. По отклонению стрелки милливольтметра, включаемого поочередно в две другие фазы *II* и *III*, можно судить об их полярности. Если к условному «началу» присоединен «плюс» аккумулятора, а к условному «концу» — «минус», то при отключении прерывателя на других фазах будет «плюс» на «началах» и «минус» на «концах», что определяют по направлению отклонения стрелки прибора. При включении прерывателя полярность на других фазах будет обратная указанной;

б) на одну из обмоток подать напряжение переменного тока (127—220 В). Любые два вывода двух других фаз соединить вместе, а к свобод-

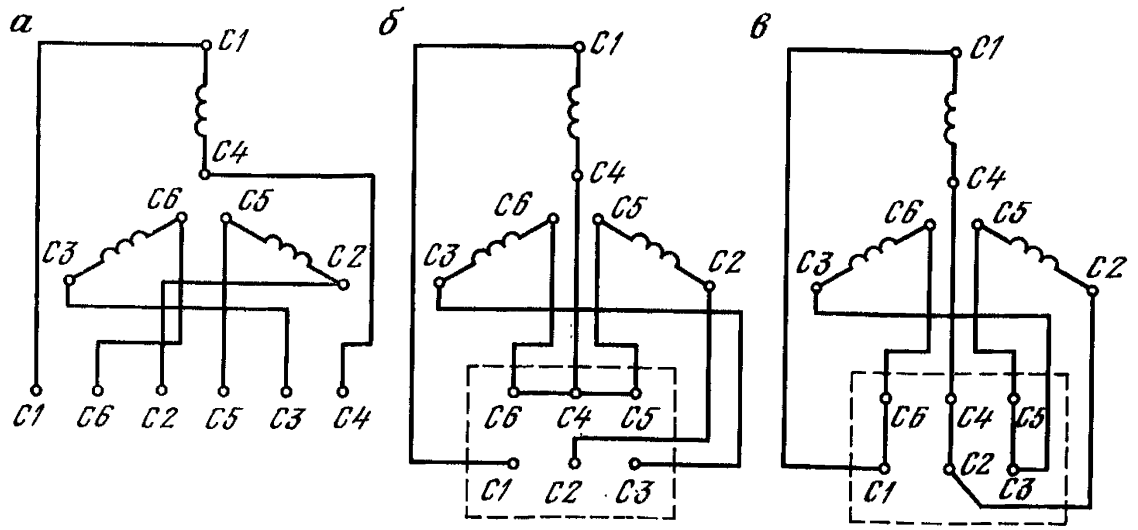


Рис. 4.21. Схема расположения выводов трехфазных обмоток при наличии шести зажимов:
а — в ряд; *б* и *в* — для удобства соединения соответственно звездой или треугольником

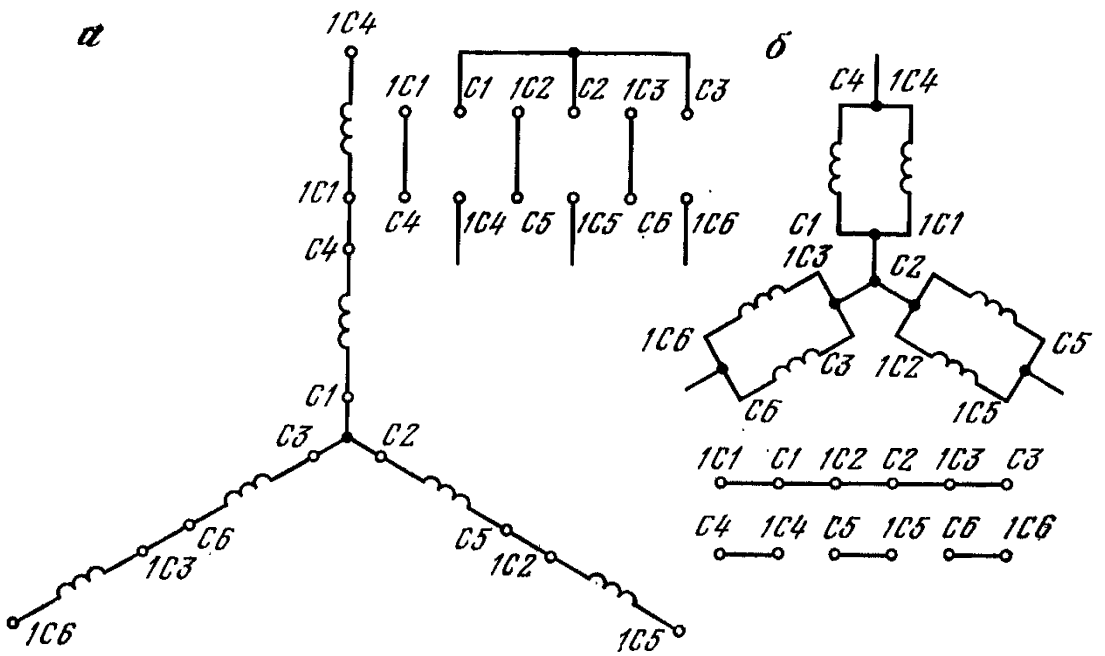


Рис. 4.22. Схема соединения статорных обмоток при наличии двенадцати выводов:
а — соединение на 6 кВ; *б* — соединение на 3 кВ

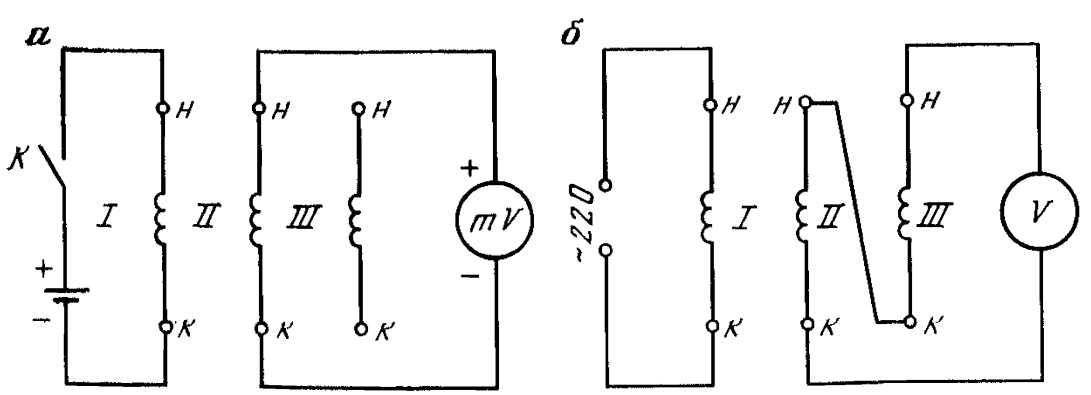


Рис. 4.23. Схемы для проверки правильности соединения выводов трехфазных обмоток

Таблица 4.15

Наименование и схема соединения обмоток асинхронных и синхронных двигателей	Число выводов	Название выводов	Обозначение выводов	
			начало	конец
Обмотка статора:				
открытая схема	6	Первая фаза	С1	С4
		Вторая »	С2	С5
		Третья »	С3	С6
соединение звездой	3 или 4	Первая »	С1	
		Вторая »	С2	
		Третья »	С3	
		Нулевая точка	0	
соединение треугольником	3	Первый зажим	С1	
		Второй »	С2	
		Третий »	С3	
Обмотки возбуждения синхронных двигателей	2	—	И1	И2
Обмотки ротора трехфазных асинхронных электродвигателей	3	Первая фаза	Р1	
		Вторая »	Р2	
		Третья »	Р3	

Таблица 4.16

Обозначение выводов для двух обмоток на статоре			
для первой обмотки		для второй обмотки	
начало	конец	начало	конец
1С1	1С4	2С1	2С4
1С2	1С5	2С2	2С5
1С3	1С6	2С3	2С6

ным выводам присоединить вольтметр *V* или лампу (рис. 4.23, *б*). Отклонение стрелки вольтметра *V* (горение лампы) укажет на то, что вольтметр (лампа) присоединен к зажимам разной полярности. Опыт повторить с подключением питания на другую фазу;

в) в тех случаях, когда двигатель имеет три вывода, правильность соединения фаз можно проверить, если питать два вывода переменным током пониженного напряжения и вольтметром измерять напряжение между третьим выводом и каждым из выводов, присоединенных к сети. В случае правильного соединения эти напряжения будут равны половине напряжения, приложенного к двум выводам. Опыт произвести 3 раза, каждый раз подводя напряжение к различной паре выводов. Если же одна из фаз присоединена неправильно, то при двух опытах из трех напряжения между третьим выводом и каждым из двух других будут неодинаковы.

Выводы обмоток генераторов постоянного тока, применяемых в качестве возбудителей синхронных двигателей, согласно ГОСТ 183—74 имеют обозначения, приведенные в табл. 4.17. Начало и конец каждой обмотки обозначают одной и той же буквой с проставленными после нее цифрами: для начала обмотки — 1, а для конца — 2. Схемы соединения выводов обмоток машин постоянного тока показаны на рис. 4.24.

В генераторах правого вращения начало обмотки *Я1* находится на щетках той полярности, к которой присоединяют положительный провод. На-

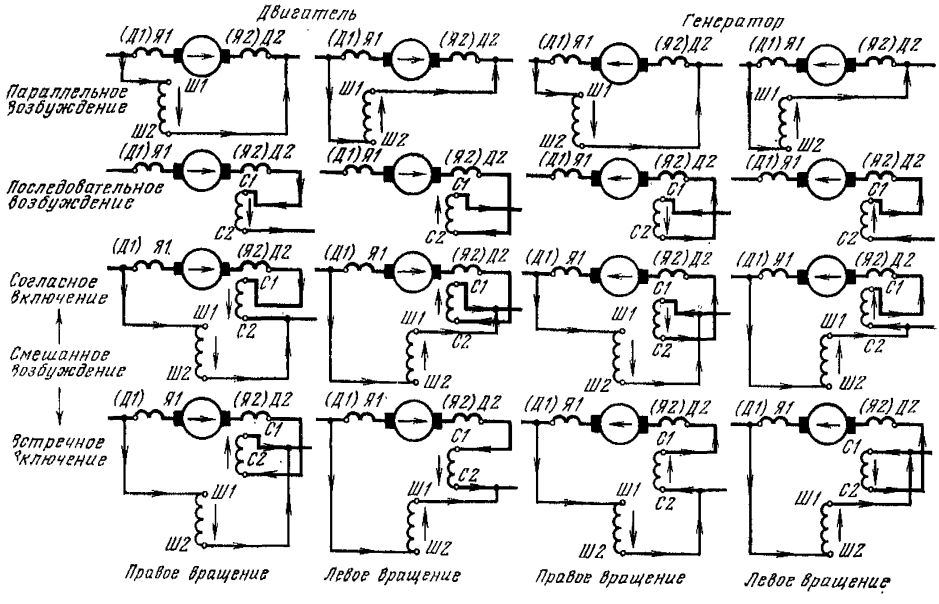


Рис. 4.24. Схемы соединения выводов обмоток машин постоянного тока

Таблица 4.17

Наименование выводов обмоток генераторов постоянного тока	Обозначение выводов	
	начало	конец
Обмотка якоря	Я1	Я2
бмотка добавочных полюсов	Д1	Д2
оследовательная обмотка возбуждения	С1	С2
араллельная обмотка возбуждения	Ш1	Ш2

правление вращения считают правым, когда машина вращается по часовой стрелке, если смотреть со стороны приводного конца вала.

Перед проверкой правильности включения обмоток определить правильность чередования полярности как главных, так и дополнительных полюсов.

У генераторов главные и дополнительные полюсы должны чередоваться так, чтобы по направлению вращения машины за любым главным полюсом находился разноименный дополнительный ($\rightarrow N—s—S—n$). Правильность чередования полюсов, если есть доступ к полюсным башмакам, можно проверить магнитной стрелкой, подвешенной на короткой (немного больше половины длины стрелки) тонкой и гибкой нити. Свободный конец нити закрепить на конце прутка достаточной длины из немагнитного и неэлектропроводимого материала. Осторожно (во избежание перемагничивания стрелки) поднести стрелку к каждому полюсу, питая при этом обмотку током. О полярности полюсов судить по тому, какой конец магнитной стрелки притягивается к полюсу. Если полюсные башмаки недоступны, как, например, при закрытом исполнении машины, то способ магнитной стрелки можно применить следующим образом: после подачи питания в исследуемую обмотку стрелку подвести к головкам болтов, крепящих полюса к ярму. При этом стрелка покажет полярность, противоположную той, которую имеет данный полюс на своей активной поверхности.

При недостаточном токе и слабом поле намагничивания, если при этом учесть, что магнитная система обладает остаточным намагничиванием, магнитная стрелка может дать неправильные показания. В таком случае рекомендуется до включения тока в обмотку определить стрелкой наличие остаточного намагничивания, а затем приступить к определению чередования полюсов описанным выше способом. В качестве магнитной стрелки могут быть использованы два стальных (ученических) пера, плотно связанных проволокой и подвешенных на нити. Перья предварительно намагничивают, и помечают полярность.

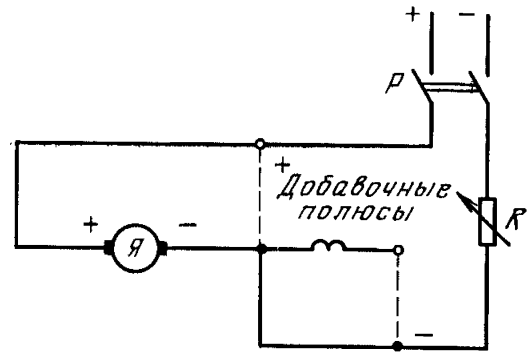


Рис. 4.25. Схема определения правильности включения обмоток добавочных полюсов постоянным током

Кроме указанного способа, чередование полюсов можно определить способом пробной катушки. Этот способ также требует питания проверяемости обмотки. Инструментом в нем является плоская катушка, намотанная из возможно большего количества концентрических витков тонкой изолированной медной проволоки, приклеенных в один слой к пластине картона, целлулоида и т. п., по возможности плотнее друг к другу. Форма катушки может быть любой. Целесообразно вложить ее в футляр из тонкого листового немагнитного материала, защищающий витки от повреждений. Концы катушки присоединить к милливольтметру.

Проверку можно производить двумя способами:

а) катушку приложить к поверхности полюса и затем быстро снять с нее; при этом заметить направление отклонения стрелки соединенного с ней прибора;

б) катушку приложить к поверхности полюса, а питание обмотки отключить и, подобно предыдущему, заметить направление отклонения стрелки прибора. Этот способ позволяет исключить влияние остаточного намагничивания, что очень существенно при проверке обмоток последовательного питания.

При правильном чередовании полюсов направление отклонения стрелки милливольтметра будет также чередоваться. Каждый раз при переносе катушки от полюса к полюсу следить за тем, чтобы она была обращена к полюсу одной и той же стороной.

Если конструкция машины не позволяет вводить пробную катушку в зазор между полюсами и якорем, то, подобно предыдущему способу, можно воспользоваться намагничиванием головок полюсных болтов, прикладывая катушку к их тыльной поверхности; для получения надежных результатов предпочтительнее применять отключение питания, чем быстрое снятие катушки.

Соединение катушек обмотки является правильным, если под каждыми двумя соседними полюсами отклонения прибора происходят в разные стороны.

Указанными выше способами можно также проверить согласование обмоток возбуждения. Для этого обмотки поочередно подключить к источнику постоянного тока и определить полярность главных полюсов при включении только одной параллельной обмотки и затем только одной последовательной обмотки. При согласованном включении обмоток полярность полюсов в обоих случаях будет одинаковой.

Правильность присоединения обмотки добавочных полюсов по отношению к якорю определить следующим образом. В якорь подать через добавочный резистор R (рис. 4.25) постоянный ток не более 10 % номинального, обмотки возбуждения отсоединить, обмотку добавочных полюсов в цепь не включать. В зазор между одним из добавочных полюсов и яко-

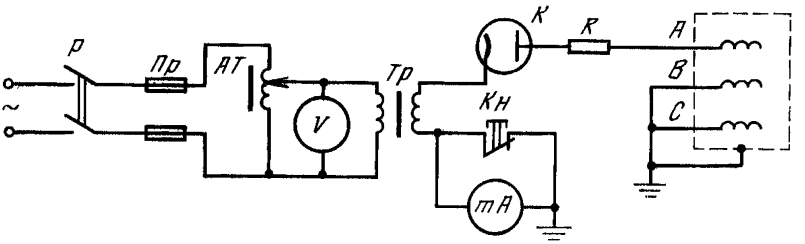


Рис. 4.26. Принципиальная схема испытания изоляции выпрямленным напряжением и измерение токов утечки:

Р — разъединитель; *Пр* — предохранитель; *АТ* — автотрансформатор; *Тр* — трансформатор; *Кн* — кнопка; *К* — кенотрон

рем вставить испытательную катушку, присоединенную к милливольтметру, затем рубильником *Р* разомкнуть цепь тока и проследить за направлением отклонения стрелки прибора. Оставив испытательную катушку на прежнем месте, присоединить обмотку добавочных полюсов так, как показано пунктиром на рис. 4.25. При этом обмотку якоря отсоединить от сети и снять перемычку между точками включения добавочных полюсов. Если при включении тока отклонение стрелки прибора противоположно отклонению стрелки в случае, указанном выше, то обмотка добавочных полюсов включена правильно. Это объясняется тем, что при правильном включении обмотки добавочных полюсов магнитный поток последних должен быть направлен против потока якоря.

Определение возможности включения электрических машин переменного тока без сушки. Условия включения электрических машин без сушки приведены в Инструкции по определению возможности включения вращающихся электрических машин переменного тока без сушки. Это возможно, если:

а) абсолютные значения сопротивления изоляции R_{60} обмоток, измеренные при температуре не ниже +10 °С, не менее величин, указанных в табл. 4.12 для данной температуры;

б) значение коэффициента абсорбции R_{60}/R_{15} при температуре 10—30 °С не ниже 1,2;

в) характеристика зависимости токов утечки через изоляцию обмотки от величины испытательного напряжения выпрямленного тока $i_{ут}=f(U_{исп})$ не имеет крутого изгиба, значение коэффициента нелинейности $K_и$ — не более 3.

Для машин мощностью до 5000 кВт, имеющих частоту вращения не более 1500 об/мин, включение без сушки допустимо при соблюдении условий пунктов: а и б либо а и в или б и в.

Если соблюдаются условия пунктов а и в, то величина коэффициента абсорбции должна быть не ниже 1,1 и коэффициента нелинейности — не более 1,2.

При соблюдении условий пунктов б и в величина коэффициента нелинейности не должна превышать 1,2. Проверка по пункту в производится только в том случае, если одно из условий пунктов а и б не выполнено.

Для двигателей, имеющих три вывода обмотки статора, токи утечки не измеряют. В этих случаях обязательными условиями включения без сушки являются либо соблюдение одного условия пункта а при величине R_{60} всех трех фаз для обмотки статора не менее приведенной в табл. 4.12, либо соблюдение условий пунктов а и б, но при величине R_{60} уменьшенной в 2 раза по сравнению с указанной в табл. 4.12.

Измерение токов утечки (рис. 4.26) с помощью контрольного аппарата для построения характеристики $i_{ут}=f(U_{исп})$ должно производиться не менее чем при пяти значениях испытательного напряжения, изменяемого равными ступенями в пределах от U_{min} до U_{max}. Величина U_{max} принимается

равной 2,5 $U_{ном}$. Величина U_{min}—0,5 $U_{ном}$. Рекомендуемая величина ступеней испытательного напряжения — 0,5 $U_{ном}$ проверяемой машины.

При каждой из выбранных величин напряжение подают в течение 1 мин и отсчитывают величину тока утечки через каждые 15 с. Повышение напряжения до следующей величины осуществляют без снятия напряжения с изоляции машины.

Коэффициент нелинейности

$$K_и = \frac{R_{U\,min}}{R_{U\,max}} \qquad (4.14)$$

определяется по 60-секундным величинам токов утечки $i_{U\,min}$ и $i_{U\,max}$ при испытательных напряжениях U_{min} и U_{max}:

$$R_{U\,min} = \frac{U_{min}}{i_{U\,min}}, \text{ МОм;} \qquad (4.15)$$

$$R_{U\,max} = \frac{U_{max}}{i_{U\,max}}, \text{ МОм.} \qquad (4.16)$$

Если при неизменной величине испытательного напряжения ток утечки нарастает, то испытание следует прекратить. Возобновить его можно после устранения причин нарастания тока утечки при неизменном испытательном напряжении. Испытание необходимо прекратить, если в кривой зависимости токов утечки появится крутой изгиб или если токи утечки достигли следующих предельных величин:

Напряжение, В	0,5 $U_{ном}$	1,0 $U_{ном}$	1,5 $U_{ном}$	2 $U_{ном}$	2,5 $U_{ном}$
Ток утечки, мкА	250	500	1000	2000	3000

При крутом изгибе кривой зависимости токов утечки от испытательного напряжения включение машины без сушки не допускается. Если кривая токов утечки не имеет крутого изгиба, но токи утечки превысили допустимую величину, а коэффициент нелинейности $K_и$ не превышает 3, машину следует подвергнуть контрольному прогреву до температуры обмотки +75 °С. Если величина сопротивления изоляции R_{60} при этой температуре будет не ниже вычисленной по (4.2), то машину можно включить без сушки.

Изоляция обмоток статоров электрических машин перед включением в эксплуатацию должна быть испытана повышенным напряжением переменного тока по действующим нормам.

Испытание изоляции максимальным напряжением выпрямленного тока U_{max} при снятии зависимости токов утечки считается одновременно и испытанием изоляции на электрическую прочность повышенным напряжением выпрямленного тока.

Испытание изоляции обмоток повышенным напряжением. Согласно ГОСТ 183—74 это испытание следует проводить практически синусоидальным переменным напряжением частотой 50 Гц. В качестве испытательного трансформатора *Tp1* (рис. 4.27) можно применять измерительный трансформатор напряжения с резистором *R*, вольтметром *V2* и ам-

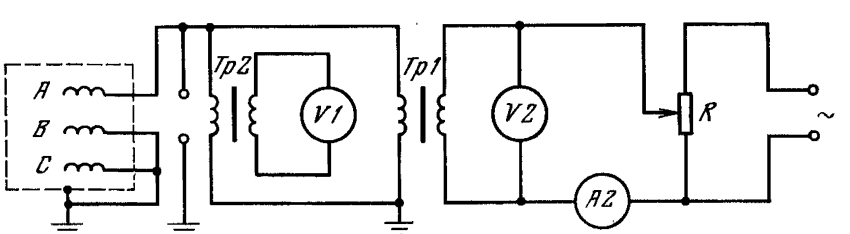


Рис. 4.27. Схема испытания изоляции повышенным напряжением переменного тока

Таблица 4.18

Испытуемый объект	Характеристика электродвигателя	Испытательное напряжение, В
Обмотка статора	Электродвигатель мощностью до 1000 кВт на номинальное напряжение выше 1000 В	$1{,}6U_{ном} + 800$
	Электродвигатель мощностью выше 1000 кВт на номинальное напряжение до 3300 В	$1{,}6U_{ном} + 800$
	То же, но на номинальное напряжение выше 3300 до 6600 В	$2U_{ном}$
	То же, но на номинальное напряжение выше 6600 В	$1{,}6U_{ном} + 2400$
Обмотка ротора синхронных электродвигателей	—	$8U_{ном}$ системы возбуждения, но не менее 1200
Обмотка ротора электродвигателей с фазным ротором	—	1000
Реостаты и пускорегулировочные сопротивления	—	1000
Сопротивление гашения поля синхронных электродвигателей	—	2000

Примечания: 1. Испытание обмоток ротора и статора производится на полностью собранном электродвигателе. 2. Испытание обмоток статора производится для каждой фазы в отдельности относительно корпуса при двух других, соединенных с корпусом.

перметром *A2*. При этом измерение испытательного напряжения должно производиться вторым таким же трансформатором *Tp2* с вольтметром *V1*. Величины испытательных напряжений приведены в табл. 4.18.

Согласно ГОСТ 11828—75 испытательное напряжение нельзя прикладывать мгновенно, так как может произойти пробой изоляции, и в трансформаторе возможны перенапряжения. Испытание следует начинать не более чем с 30 %-ного окончательного значения напряжения, что для большинства обмоток не превосходит номинального напряжения.

В случае ступенчатого регулирования каждая ступень не должна превышать 5 % окончательного значения, а повышение напряжения от половинного до полного значения производить не менее чем за 10 с.

У двигателей, не имеющих выводов каждой фазы в отдельности, допускается производить испытание изоляции всей обмотки относительно корпуса.

Продолжительность приложения испытательного напряжения 1 мин. Полное напряжение прикладывается в течение 1 мин, после чего оно должно быть снижено до 30 % и отключено; продолжительность снижения стандартом не оговорена.

Изоляция считается выдержавшей испытание, если не произошло ее пробоя; при этом явление короны или возникновение поверхностных скользящих разрядов не принимается во внимание. Однако с поверхностными разрядами не следует смешивать пробой по поверхности. Разница между ними состоит в том, что поверхностный разряд, начавшись при некотором напряжении, исчезает после его понижения и вновь возникает примерно при этом же напряжении, между тем как пробой по поверхности прекращается только после значительного понижения напряжения, а при повтор-

ном прикладывании напряжения начинается при гораздо меньших его значениях, так как он сопровождается повреждением наружных слоев изоляции и резким понижением их сопротивления. В большинстве случаев поверхностного пробоя можно избежать, если перед испытанием произвести тщательную очистку и продувку машины сжатым воздухом.

Испытанию следует подвергать поочередно каждую электрически независимую цепь, а все остальные обмотки на это время соединить с корпусом машины. В машинах постоянного тока обмотка якоря и соединенные с ней обмотки главных и добавочных полюсов могут считаться за цепь, но обмотки параллельного и независимого возбуждения как главных, так и добавочных полюсов должны рассматриваться как электрически независимые цепи.

В машинах переменного тока электрически независимой цепью считают всякую обмотку, начало и конец которой имеют самостоятельные выводы.

Проверка пускорегулирующих сопротивлений. Пускорегулирующие сопротивления машин постоянного и переменного тока поставляются комплектно с машинами. Необходимо проверить правильность их поставки по величине номинального тока, который должен соответствовать максимальному току возбуждения у генераторов, а у двигателей максимальному току нагрузки. Проверить также общее сопротивление постоянному току реостатов возбуждения генераторов, которое должно быть больше сопротивления обмотки возбуждения в 15—20 раз. Тщательно проверить общее состояние и качество контактных соединений.

Величина сопротивления изоляции, измеряемая мегомметром на напряжение 1000 В, не нормируется, но практически сухой считают изоляцию сопротивлением не менее 5 МОм. При меньшем сопротивлении необходима сушка. Реостат с высушенной изоляцией должен испытываться повышенным напряжением промышленной частоты. Величину испытательного напряжения выбрать по табл. 4.18. Кроме перечисленных проверок и испытаний у реостатов необходимо измерить сопротивление их постоянному току на всех ступенях. Общая величина сопротивления не должна отличаться от паспортных данных более чем на 10 %. Обратить внимание на изменение сопротивления по ступеням и наличие более мелких ступеней в рабочей части реостата, соответствующей рабочему режиму машины.

Сушка обмоток электрических машин. Низковольтные машины мощностью до 100 кВт с рабочим напряжением до 380 В можно включать под напряжением без сушки, если сопротивление изоляции обмоток статора и ротора относительно корпуса не ниже 0,5 МОм. Сушка такой машины происходит во время работы.

Сушку электрических машин можно производить различными способами: внешним нагреванием, нагреванием током от постороннего источника, индукционными потерями в активной стали и др. Если не получают удовлетворительных результатов сушки одним из способов, применяют сочетание двух и более этих способов.

Выбор метода сушки зависит главным образом от местных условий, имеющихся возможностей и в некоторых случаях от степени увлажненности изоляции. Наиболее интенсивной сушкой изоляции является сушка током, пропускаемым по обмоткам. Однако при сильно увлажненной изоляции может произойти ее вспучивание, а сушка такой обмотки постоянным током может оказать и электрическое действие. Поэтому в подобных случаях сушку следует производить другими способами, например, внешним нагреванием, индукционными потерями в активной стали и т. д. После предварительной просушки этими потерями можно применить сушку током.

Электрические машины перед сушкой тщательно осмотреть, очистить и продуть сухим, чистым сжатым воздухом. Если сушка производится током, необходимо проверить все контактные соединения и зазоры между ротором (якорем) и статором (полюсами). Корпус машины следует надежно заземлить. Нагревать обмотку и сталь нужно постепенно, примерно на 4° за каждый час, так как при слишком быстром нагревании машины может произойти повреждение изоляции обмотки и механическое повреждение ста-

нины, ротора и других частей, поскольку постоянные времени нагрева и коэффициент линейного расширения стали и обмотки, а также конструктивных частей машины неодинаковы. Образующийся внутри обмотки пар может оказать вредное влияние на изоляцию обмоток. Наивысшая температура обмотки и стали во время сушки не должна превышать 70 °С при измерении термометром, 90 °С при измерении по методу сопротивления и 80 °С по термодетектору. Во время сушки следует вести постоянное наблюдение за температурой и состоянием изоляции. Измерения производить в начале сушки через 20—30 мин, а при установившейся температуре через 1 ч. Если сушка машины производится током, то на время измерения сопротивления изоляции ток следует выключить. В этом случае измерения сопротивления изоляции можно производить через каждые 2—3 ч.

Обычно в начале сушки сопротивление изоляции понижается по мере нагревания машины; после достижения минимума оно начинает возрастать и, наконец, становится постоянным или незначительно изменяется в сторону повышения. При установившейся величине сопротивления изоляции и неизменном значении коэффициента абсорбции $K_{а6}$ сушку крупных машин следует продолжать в течение 5—10 ч. За это время сопротивление изоляции не должно изменяться.

Наименьшее сопротивление изоляции, при котором машина может быть включена в сеть, составляет при температуре, близкой к рабочей 1 МОм на 1 кВ номинального напряжения.

Удовлетворительный результат измерения, полученный после перерыва в сушке, при холодном состоянии обмоток не дает основания считать сушку законченной.

Если после длительного нагревания машина не поддается сушке, то сушку временно прекратить и охладить машину до температуры на 5—10 °С выше окружающей среды, вскрыв утепленные обмотки. Проветрив машину в течение 30—60 мин, вновь приступить к сушке. Такое охлаждение обмотки с последующей сушкой рекомендуется проводить 2—3 раза с интервалами 5—10 ч. Благодаря внешнему глубокому охлаждению влага внутри обмотки будет переходить от более горячих внутренних слоев изоляции к поверхности, что способствует сушке. Этот порядок и режимы особенно эффективны для сушки сильно увлажненных обмоток. После окончания сушки удалить термометры, временно установленные измерительные приборы, осмотреть обмотку, контактные кольца (коллектор), щетки.

Сушку машин внешним нагреванием можно применять для всех электрических машин. В качестве нагревательных элементов могут быть использованы сопротивления, лампы накаливания и др. Источники нагревания следует для большей эффективности помещать внутри машины. Сушат обмотки машин и обдуванием их горячим воздухом. Для равномерного нагревания всей обмотки воздуходувку время от времени следует переставлять.

Чтобы избежать местных перегревов при применении нагревателей, необходимо использовать различного рода перегородки, придавая потоку горячего воздуха нужное направление. Сушку внешним обогревом крупных машин, как правило, применяют в сочетании с другими способами. Во многих случаях получают хорошие результаты при одновременной сушке током и наружным обогревом.

Так как при таком способе трудно с достаточной точностью измерить фактическую температуру, следует принимать максимальную температуру обмотки не более 70 °С по термометру, а температуру входящего воздуха — не более 90 °С.

Сушка током производится от посторонних источников, как постоянного, так и переменного тока. Ток, необходимый для сушки, должен составлять 50—80 % номинального тока машины.

При сушке постоянным током не следует отключать ток рубильником или автоматом во избежание пробоя изоляции, возникающего при отключении перенапряжениями. Отключение нужно производить постепенным снижением подводимого напряжения.

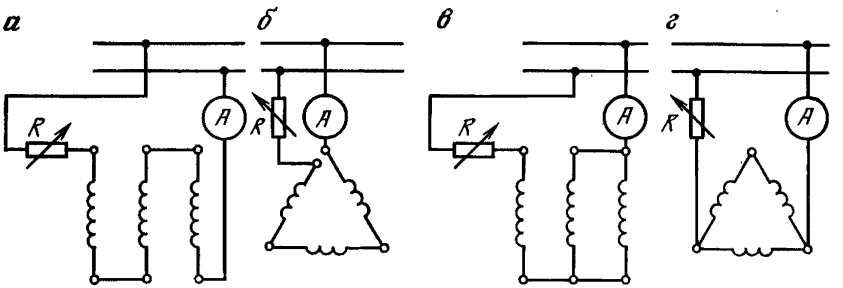


Рис. 4.28. Схемы для сушки асинхронного двигателя постоянным током

Для сушки асинхронного двигателя можно использовать постоянный, однофазный или трехфазный переменный ток. Сушку постоянным током производить при неподвижной машине. При наличии шести выводов обмотки статора все фазы включить последовательно (рис. 4.28, *а*, *б*) и через них пропустить постоянный ток. Если имеются только три вывода, то сушку производить по схемам рис. 4.28, *в*, *г*. При этом необходимо периодически переключать фазы для равномерного нагревания обмоток. Переключения производить через 2—4 ч в зависимости от величины машины и скорости повышения температуры в начале сушки. Измерение температуры обмотки при таком способе производить во всех фазах.

Величину необходимого напряжения определить по омическому сопротивлению обмотки и по требуемой силе тока. Схема питания должна предусматривать возможность регулирования тока и длительную работу. Если при сушке статора обмотка ротора не высохла, то ее можно сушить отдельно так же, как и статор. Схемы, показанные на рис. 4.28, применяют для сушки однофазным током при замыкании фазного ротора накоротко.

При сушке трехфазным током на статор следует подать напряжение не более 15—20 % номинального, обмотку ротора закоротить, ротор затормозить. При этом сила тока в статоре и в замкнутом роторе достигает примерно номинальных значений.

При отсутствии необходимого напряжения для электродвигателей с номинальным напряжением 6 кВ можно на статор подать напряжение 380 В. Это особенно удобно, если обмотку статора можно пересоединить на треугольник. Достаточно мощные источники тока напряжением 380 В всегда имеются на вентиляторных установках. Можно ток подводить и к ротору, а статор замыкать накоротко. При этом к ротору должно подводиться напряжение не более 15—20 % напряжения ротора. При быстром повышении температуры следует снизить величину подводимого напряжения. Если напряжение нельзя регулировать, нужно периодически выключать ток.

Синхронные двигатели можно сушить как постоянным, так и переменным током. Сушку постоянным током производить так же, как и сушку асинхронных электродвигателей. Если ток ротора близок к току статора, обмотку возбуждения можно включать последовательно с обмотками статора. Иногда ротор подключают к источнику постоянного тока, а статор прогревается за счет тепла, отдаваемого ротором.

При сушке трехфазным током ротор должен быть вынут из статора. Величина необходимого напряжения должна поддерживаться в пределах 0,08—0,20 номинального. Ток при этом составляет 0,5—0,7 номинального. При сушке однофазным переменным током обмотки статора включить по схеме разомкнутого треугольника, ротор при этом вынимать не следует. Напряжение принимать порядка 0,08—0,20 номинального.

При сушке машин постоянного тока в последовательную цепь машины, состоящую из обмоток якоря, добавочных полюсов, последовательной и компенсационной, подать постоянный ток низкого напряжения. Необходимую

величину напряжения определить по омическому сопротивлению всей цепи и току сушки. Якорь во время сушки необходимо периодически медленно поворачивать для того, чтобы все коллекторные пластины и катушки поочередно включались в цепь.

Следует учесть, что машина может пойти в ход и достичь опасной частоты вращения. Поэтому нужно постоянно наблюдать за машиной и, в случае необходимости, отключить ее постепенным снижением подводимого напряжения.

Проверка работы двигателя на холостом ходу и под нагрузкой. Работу электродвигателя проверить на холостом ходу или с ненагруженным механизмом в течение 1 ч. Величина тока холостого хода не нормируется. При работе машины проверить: величину осевого разбега ротора, шумы, вибрацию, местные перегревы, работу подшипников, коллектора, контактных колец и т. п.

Электродвигатель под нагрузкой проверить после опробования машины на холостом ходу. При этом проследить за нагревом электродвигателя и подшипников, а также за вибрацией. Проверка под нагрузкой производится при мощности, потребляемой из сети, обеспечиваемой технологическим оборудованием к моменту сдачи в эксплуатацию. При этом для электродвигателей с регулируемой частотой вращения определяются пределы регулирования. Допустимая величина вибрации, измеренная на каждом подшипнике, должна быть не более величин, приведенных ниже.

Синхронная частота вращения, об/мин . .	3000	1500	1000	750 и ниже
Допустимая амплитуда вибрации подшипника, мкм	50	100	130	160

4.5. АППАРАТУРА УПРАВЛЕНИЯ, ЗАЩИТЫ И КОНТРОЛЯ

4.5.1. Высоковольтные реверсоры

Малогабаритный высоковольтный реверсор серии РВМ представляет собой комплект трехполюсных контакторов с замыкающими главными контактами, заключенными в общий шкаф. Для предотвращения одновременного включения контакторы между собой сблокированы механически и электрически. Предусмотрена блокировка, снимающая высокое напряжение с реверсора при открывании дверей шкафа. Основные данные реверсоров серии РВМ приведены в табл. 4.19.

При ревизии и наладке высоковольтных контакторов осторожно, чтобы не повредить керамические щеки, снять дугогасительные камеры. Проверить состояние главных контактов, измерить и установить провал, раствор, начальное $P_н$ и конечное $P_к$ нажатие контактов, величины которых приведены в табл. 4.20, а положение контактов показано на рис. 4.29. Включение контактора при проверке можно производить от руки, подклинив якорь электромагнита деревянной колодкой. Нажатие контактов проверить динамометром. Провал контактов измерить по зазору B при включенной магнитной системе, а раствор A — в отключенном состоянии. Для новых контактов провал должен быть в пределах 1,5—2 мм и не менее 1 мм для изношенных. Включением от руки проверяется легкость хода контактора. Ход контактора должен быть плавным, без толчков и заеданий. Незначительные дефекты рабочих поверхностей главных и блокировочных контактов исправить мелким напильником. Пользоваться для этой цели наждачной или стеклянной бумагой не рекомендуется. Особое внимание следует обратить на соответствие катушек магнитного дутья (по числу витков) номинальному току, а также на надежность крепления камер дугогашения. Технические данные катушек магнитного дутья к реверсорам серии РВМ приведены в табл. 4.20.

Если после тщательного осмотра все части реверсора находятся в хорошем состоянии, можно включить его подачей напряжения на включающую катушку, которая должна надежно притягивать якорь при напряжении, равном 85 % номинального.

Таблица 4.19

Основные данные	Реверсор	
	РВМ-150	РВМ-400
Номинальное напряжение главной цепи переменного тока частоты 50 Гц, В	6000	6000
Номинальный ток реверсора, А	40; 100; 160	250 400
Номинальный ток отключения, А	450	1200
Мощность управляемого двигателя, кВт	1200	4000
Напряжение цепи управления, В	~127; 220; 380	—110; 220
Режим работы	Прерывисто-продолжительный или повторно-кратковременный	
Механическая износоустойчивость, цикл	1 000 000	
Характеристика блок-контактов:		
ток включения, А	75	75
длительный ток, А	15	15
Ток отключения, А:		
при активной и индуктивной нагрузке и напряжении переменного тока 127, 220 и 380 В	20	20
при активной нагрузке и напряжении постоянного тока 220 В	2	2
при индуктивной нагрузке и напряжении постоянного тока 220 В	1	1
Габариты, мм:		
ширина	975	975
глубина	870	870
высота	2260	2260
Масса, кг	585	620

Таблица 4.20

Реверсор	Раствор A главных контактов в разомкнутом состоянии, мм	Зазор B, контролирующий провал, мм	Нажатие контактов, Н		Номинальный ток контактов, А	Число витков катушек магнитного дутья
			начальное $P_н$	конечное $P_к$		
РВМ-150	30—40	1,5—2,0	18	35	40	23
					40—100	10
					100—160	7
РВМ-400	30—40	1,5—2,0	45—50	80—100	160—250	4
					250—400	3

Во включенном состоянии магнитная система контактора издает слабое гудение, характерное для шихтованных систем переменного тока. При сильном гудении следует обратить внимание на наличие и состояние короткозамкнутых витков на магнитопроводе. Причиной гудения контактора может быть неплотное прилегание подвижной и неподвижной частей магнитопровода вследствие перекоса или наличия шероховатостей на поверхности соприкосновения. Перекос устранить регулировкой подвижной системы, а неровности — шабровкой.

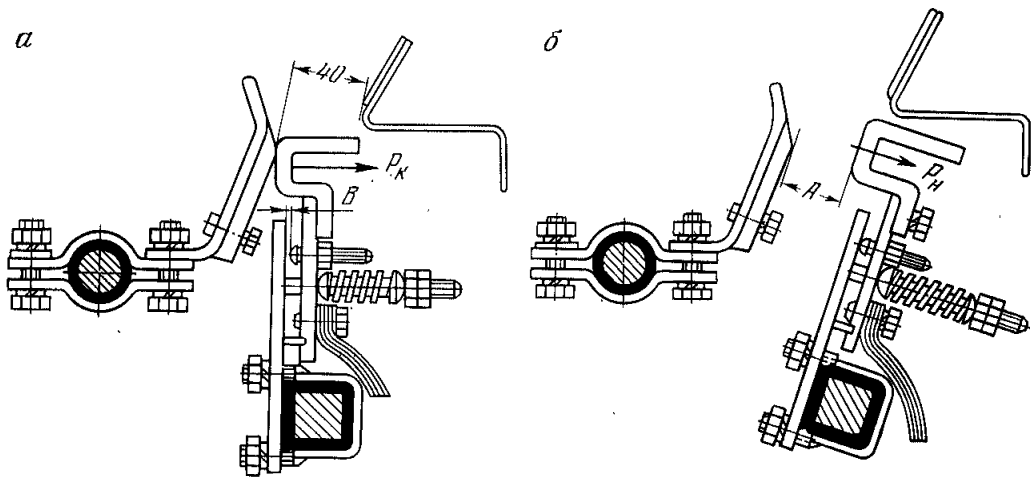


Рис. 4.29. Контактная система реверсора серии РВМ:
а — главные контакты включены; *б* — главные контакты разомкнуты

При проверке блок-контактов обратить внимание на надежное крепление их к подвижной системе. Зазоры блок-контактов должны быть в пределах 16—18 мм, а провалы не менее 3—4 мм.

После осмотра и необходимой регулировки смазать все трущиеся поверхности механизма (для смазки применять машинное масло) и произвести замеры сопротивления изоляции между:

разомкнутыми подвижными и неподвижными контактами полюса;

соседними полюсами;

токоведущими частями и каркасами.

Измерение производить мегомметром на напряжение 2500 В. Сопротивление изоляции должно быть не менее 1000 МОм (ПУЭ I-8-18 п. 1). После монтажа изоляцию реверсора испытать повышенным напряжением переменного тока промышленной частоты. Испытание произвести для каждой фазы по отношению к двум другим фазам и к корпусу. Величина испытательного напряжения указывается в паспорте реверсора, но не менее $U_{исп} = (2\,U_{ном} + 1000)$ В. Длительность испытания 1 мин.

4.5.2. Контакторы переменного тока КТ (КТВ)

Проверку магнитной системы производить при снятых дугогасительных камерах. Вначале проверить надежность крепления всех деталей магнитной системы контактора, а замыканием от руки — легкость хода подвижных частей контактора и плотность прилегания якоря к сердечнику. Для проверки плотности прилегания якоря к сердечнику между ними проложить листок копировальной или тонкой белой бумаги. Если обе половины магнитной системы соприкасаются менее чем 60—75 % своей поверхности, а в других местах имеется зазор, больший 0,03—0,05 мм, то якорь нуждается в подгонке. При этом шабровку следует производить вдоль слоев шихтовки, не снимая большого слоя, так как может уменьшиться необходимый зазор между средними выступами Ш-образного магнитопровода, который для контакторов II и III величин должен быть в пределах 0,25—0,35 мм, а для контакторов IV и V величин — 0,1—0,2 мм. Перед проверкой плотности прилегания рабочие поверхности магнитопровода следует протереть ветошью, смоченной в бензине, для удаления антикоррозийной смазки, так как смазка может ухудшить прилегание.

Смещение кромок полюсов якоря и сердечника относительно друг друга допускается для: контакторов II величины — не более 1 мм, а для контакторов III, IV и V величин — не более 2 мм. При этом осевой люфт вала

в подшипниках не должен превышать 0,3 мм. Короткозамкнутые витки должны быть изготовлены сплошными, без мест соединения или на сварке (пайка не допускается) и плотно зажаты в своих пазах. Крепление витков производить подгибанием предназначенных для этого пластин, забиванием узких клиньев в паз или кернением края паза. Замена материала короткозамкнутого витка, изменение сечения или средней длины его недопустимы, так как контактор может начать гудеть, либо виток будет настолько нагреваться, что нагреет катушку. Нормальная температура нагрева витка около 200 °С. Причиной повышенного нагрева катушек контакторов больших габаритов может быть увеличенный зазор между средними выступами Ш-образного магнитопровода.

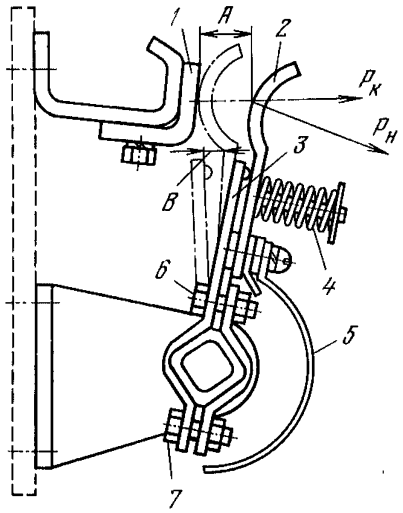


Рис. 4.30. Контактная система контактора переменного тока *КТ* (дугогасительная камера снята):
1 — неподвижный контакт; *2* — подвижный контакт; *3* — контактная скоба; *4* — контактная пружина; *5* — гибкие соединения; *6* и *7* — винты

Катушка должна быть надежно закреплена на сердечнике. При наладке реверсивных контакторов обращают внимание на исправность механической и электрической блокировок, которые при полностью включенном одном из контакторов не допускают включение другого. Электрическую блокировку проверяют поочередным включением каждого из двух контакторов с последующей подачей напряжения в цепь второго контактора. Если блокировка выполнена правильно, включение второго контактора не произойдет. Механическая блокировка должна удовлетворять следующим условиям:

если включен один контактор, то второй включить нельзя;

при одновременном включении от руки обоих контакторов ни один из подвижных контактов не должен касаться неподвижного.

Регулировку главных контактов следует начинать с проверки на одновременность замыкания. Неодновременность касания главных контактов не должна превышать 0,5 мм. При правильном замыкании подвижный контакт перекатывается по неподвижному. При обгорании или оплавлении контактов их поверхность зачистить бархатным напильником, стараясь при этом снять возможно меньше меди и не изменить радиуса закругления. Нельзя для этого пользоваться наждачным полотном, так как зерна наждака врезаются в медь и ухудшают работу контактов. Смазывать контакты не следует, смазка выгорает от дуги и загрязняет контакты. Затем следует измерить величину раствора *A* (рис. 4.30) и провала *B* главных контактов. Вследствие того, что непосредственное измерение самого провала контакта невозможно, проверяется зазор, образующийся при замкнутом положении контактов между кронштейном, на котором укреплен подвижный контакт, и подвижным контактом. Положение подвижного контакта в замкнутом состоянии показано штриховой линией.

Регулировку растворов и провалов производить смещением подвижных контактов относительно оси контактора. Для увеличения раствора (или уменьшения провала) контакта гайку винта *7* отпустить, а гайку винта *6* зажать. Если из-за неправильной сборки контактора это окажется недостаточным, тогда следует слегка подогнуть скобу *3*. Размыкающие главные контакты отрегулировать аналогичным образом.

После регулировки растворов и провалов произвести проверку и настройку начального $P_н$ и конечного $P_к$ нажатий. Для измерения начального нажатия между подвижным контактом *2* и скобой *3* проложить полоску бумаги; на линии касания контактов наложить петлю из киперной ленты;

Таблица 4.21

Величина контактора	Раствор *А* (см. рис. 4.30), мм	Зазор *В*, контролирующий провал, мм	Нажатие контактов, Н	
			начальное	конечное
II	12—14	2,5—3,5	7—9	9—1,1
III	17,5±10%	3,5±10%	18±10%	36±10%
IV	18,5±10%	5,5±10%	36±10%	72±10%
V	21,5±10%	6,0±10%	72±10%	145±10%

зацепив петлю крюком динамометра, оттягивать контакт до тех пор, пока полоска бумаги освободится. Показание динамометра в этот момент дает величину начального нажатия, которое зависит только от упругости контактных пружин. При недостаточном начальном нажатии происходят оплавление и приваривание контактов, а при чрезмерном — контактор работает нечетко. Конечное нажатие характеризует давление контактов при включенном контакторе и зависит как от жесткости пружины, так и от величины провала контакта. Для измерения конечного нажатия полоску бумаги проложить между подвижным *2* и неподвижным *1* контактами (при включенном положении); на подвижный контакт надеть петлю из киперной ленты; зацепив петлю крюком динамометра, оттягивать контакт в направлении, перпендикулярном к линии касания контактов, до тех пор, пока полоска бумаги освободится. Динамометр при этом покажет величину конечного нажатия. По мере износа контактов провал и, следовательно, конечное нажатие уменьшаются, что может привести к перегреву контакта. Поэтому конечное нажатие следует регулировать по наибольшим значениям, чтобы по мере износа оно не уменьшалось ниже допустимого значения. Когда зазор *В*, характеризующий провал, уменьшится вдвое, контакт следует заменить. Величины нажатия главных контактов, растворы и провалы их даны в табл. 4.21.

При осмотре дугогасительной камеры проверить отсутствие соприкосновения отдельных пластин дугогасительной решетки друг с другом, и после установки камеры — отсутствие касания контактных пальцев о стенки камеры и пластины. Работа без дугогасительных камер или с приподнятыми камерами недопустима во избежание переброса дуги на другую фазу.

При проверке блок-контактов обратить внимание на состояние контактных поверхностей, пружин, величину зазора и провала. Зазоры должны быть в пределах 10—12 мм, а провалы — не менее 3—4 мм. Отрегулировать блок-контакты так, чтобы контактный мостик касался контактных штырей обеими сторонами одновременно. Если блок-контакты выполнены самостоятельным узлом, проверить отсутствие жесткого удара толкателя, связанного с якорем, по траверсе блок-контактов. При включении якоря траверса блок-контактов должна иметь дополнительный ход на 1,5—2 мм. Отсутствие такого запаса хода приводит к поломке узла блок-контактов при включении якоря.

Причиной гудения и вибрации контакторов переменного тока может быть плохое прилегание якоря к ярму, повышенная жесткость контактных пружин, повреждение короткозамкнутых витков или неправильный их подбор, нарушение шихтовки магнитопровода, несоответствие катушки каталожным данным. Для устранения гудения и вибрации произвести дополнительную механическую регулировку, а при необходимости и пришлифовку полюсов.

Необходимо также проверить контакторы на наличие гудения и вибрации на втягивающей катушке при напряжении, пониженном до 85 %. Согласно требованиям ПУЭ и ГОСТа аппараты переменного тока должны четко включаться при подаче на втягивающие катушки 90 % номинального

Таблица 4.22

Величина контактора	Номинальное напряжение втягивающей катушки, В		Марка и диаметр провода, мм	Число витков	Сопротивление катушки при +20 °С, Ом	Примечание
	переменного тока	постоянного тока				
II	—	110	ПЭЛ; 0,40	3000	—	С экономическим сопротивлением 250 Ом и добавочным сопротивлением 10 Ом
	127	—	ПЭЛ; 0,64	955	9,60	
	—	220	ПЭЛ; 0,29	3850	—	С экономическим сопротивлением 1000 Ом и добавочным сопротивлением 30 Ом
	220	—	ПЭЛ; 0,44	1410	25,80	
	380	—	ПЭЛ; 0,31	2440	89,40	
III	110	—	ПБД; 1,08	400	1,53	
	127	—	ПБД; 1,00	460	1,93	
	220	—	ПЭЛ; 0,74	800	6,12	
	380	—	ПЭЛ; 0,64	1360	14,95	
	—	110	ПЭЛ; 0,59	2000	28,5	С экономическим сопротивлением 125 Ом
	—	220	ПЭЛ; 0,41	3700	100	С экономическим сопротивлением 500 Ом
IV	110	—	ПБД; 1,95	212	0,335	
	127	—	ПБД; 1,81	244	0,451	
	220	—	ПБД; 1,35	424	1,42	
	380	—	ПБД; 1,00	730	4,5	
	—	110	ПЭЛ; 0,86	1400	11,93	С экономическим сопротивлением 83 Ом
	—	220	ПЭЛ; 0,59	2900	52,7	С экономическим сопротивлением 333 Ом
V	110	—	ПБД; 3,53	116	0,079	
	127	—	ПБД; 3,28	133	0,103	
	220	—	ПЭЛ; 2,44	232	0,333	
	380	—	ПЭЛ; 1,81	400	1,035	
	—	110	ПЭЛ; 1,00	1200	9,74	С экономическим сопротивлением 58 Ом
	—	220	ПЭЛ; 0,74	2100	31,1	С экономическим сопротивлением 200 Ом

напряжения. Практически аппараты должны надежно включаться при снижении напряжения до 85 % номинального значения.

Превышение напряжения втягивания может быть вызвано следующими причинами:

завышенным зазором между ярмом и якорем;

чрезмерной затяжкой возвращающей пружины;

затиранием контактов в дугогасительных камерах или заеданием в осях;

увеличенным по сравнению с номинальным числом витков катушки.

Обмоточные данные катушек контакторов приведены в табл. 4.22.

В процессе наладки и эксплуатации электрооборудования иногда возникает необходимость пересчитать на другие параметры втягивающие

катушки релейно-контакторных аппаратов. При пересчете обмоточных данных катушек (при сохранении их нормального объема) должны оставаться неизменными следующие параметры: магнитный поток, создаваемый катушкой, а следовательно, и ее намагничивающая сила; тепловые потери в катушке; коэффициент заполнения катушки изолированным проводом.

Ниже приведены практические формулы для пересчета параметров катушек, которые справедливы для релейно-контакторных аппаратов как постоянного, так и переменного тока. В расчетах приняты следующие буквенные обозначения: U — напряжение, В; I — ток, А; w — число витков; d — диаметр провода без изоляции, мм; S — сечение провода без изоляции, мм^2.

При пересчете катушек на новое напряжение, их число витков прямо пропорционально напряжению

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{U_1}{U_2}, \tag{4.17}$$

откуда

$$w_2 = w_1 \frac{U_2}{U_1}. \tag{4.18}$$

Сечение провода катушки обратно пропорционально напряжению

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{U_2}{U_1} \quad \text{или} \quad \frac{d_1^2}{d_2^2} = \frac{U_2}{U_1}, \tag{4.19}$$

откуда

$$d_2 = d_1 \sqrt{\frac{U_1}{U_2}}. \tag{4.20}$$

При пересчете токовых катушек на другую величину тока следует пользоваться формулами

$$w_2 = w_1 \frac{I_1}{I_2}; \tag{4.21}$$

$$d_2 = d_1 \sqrt{\frac{I_2}{I_1}}. \tag{4.22}$$

4.5.3. Автоматические выключатели серий А 3100 и АП-50

Автоматические выключатели совмещают в себе функции коммутационного и защитного характера, их применяют взамен рубильников и плавких предохранителей. Автоматические выключатели серии А 3100 (табл. 4.23) изготовляют на токи 15—600 А при напряжении 220 В постоянного тока и до 500 В переменного тока с тепловым, электромагнитным либо комбинированным расцепителями, а также без расцепителей. Автоматические выключатели серии АП-50 изготовляются на токи 1,6—50 А для цепей переменного тока напряжением до 380 В, 50 Гц и постоянного тока напряжением 220 В.

Уставки расцепителей автоматов серии А 3100 не регулируются. После калибровки на заводе-изготовителе крышки расцепителей опечатывают. Их не следует снимать, переставлять в расцепителе регулировочные винты и гайки, подгибать биметаллические пластинки и т. п., так как это может нарушить правильную работу выключателя. Расцепители у всех автоматов, начиная с А 3120 и выше, съемные и при необходимости могут быть заменены другими, на требуемый ток.

Таблица 4.23

Величина контактора	Автоматический выключатель	Номинальный ток, А	Напряжение, В		Число полюсов	Расцепитель	Номинальный ток расцепителя, А	Тип автомата (по исполнению)	Масса, кг
			постоянного тока	переменного тока					
I	А3160	50	110	220	1	Тепловой	15—50	А3161	0,45
						Без расцепителя	—	А3161/7	0,45
					2	Тепловой	15—50	А3162	0,15
						Без расцепителя	—	А3162/7	1,15
			220	380	3	Тепловой	15—50	А3163	1,25
						Без расцепителя	—	А3163/7	1,25
II	А3110	100	220	500	2	Комбинированный	15—100	А3113/1	2,3
						Электромагнитный	15—100	А3113/5	2,3
						Без расцепителя	—	А3113/7	2,05
					3	Комбинированный	15—100	А3114/1	2,5
						Электромагнитный	15—100	А3114/5	2,6
						Без расцепителя	—	А3114/7	2,6
III	А3120	100	220	500	2	Комбинированный	15—100	А3125	3,6
						Электромагнитный	100		
						Без расцепителя	—	А3123/7	2,9
					3	Комбинированный	15—100	А3124	4
						Электромагнитный	100		
						Без расцепителя		А3124/7	3,2
IV	А3130	200	220	500	2	Комбинированный	120—200	А3133	3,2
						Электромагнитный	200		
						Без расцепителя	—	А3133/7	7,6

Продолжение табл. 4.23

Величина контактора	Автоматический выключатель	Номинальный ток, А	Напряжение, В		Число полюсов	Расцепитель	Номинальный ток расцепителя, А	Тип автомата (по исполнению)	Масса, кг
			постоянного тока	переменного тока					
IV	А3130	200	220	500	3	Комбинированный	120—200	А3134	9,1
						Электромагнитный	200		
						Без расцепителя	—	А3134/7	8,4
V	А3140	600	220	500	2	Комбинированный	250—600	А3143	17,4
						Электромагнитный	600		
						Без расцепителя	—	А3143/7	16,7
					3	Комбинированный	250—600	А3144	19,4
						Электромагнитный	600	А3144	19,4
						Без расцепителя	—	А3144/7	18,8

Испытание автоматических выключателей следует проводить в объеме, предусмотренном ПТЭ (приложение А) в сроки, приуроченные к периодическим ревизиям и наладкам вентиляторных установок.

У выключателей А 3100 необходимо проверять и регулировать всю контактную часть. Регулирование осуществлять в соответствии с данными, указанными на рис. 4.31 и приведенными ниже.

Основные данные выключателей серии А 3100	А 3120 и А 3120Т	А 3130 и А 3130Т	А 3140 и А 3140Т
Провал контактов $У$ и $У=(У_1—У_2)$, мм, не менее	2,5	2	2
Нажатие контактов $Р$, Н, не менее	18	40	80
Нажатие контактов $Р_1$, Н, не менее	—	—	50
Опережение замыкания разрывных контактов $Ш$, мм, не менее	—	—	2
Непараллельность контактов в конце замыкания $Ц_1$, мм	0—0,5	0—0,5	—
Непараллельность контактов в начале замыкания $Ц$, мм	—	0—1,2	0—0,8
Неодновременность замыкания контактов разных полюсов (для А 3140 и А 3140Т разрывных), мм, не более	0,5	0,5	0,5
Отклонение тока срабатывания электромагнитного элемента от номинальной установки не более, %	15	15	15
Напряжение четкого срабатывания дистанционного расцепителя	75—105 % номинального		

Примечание. Выключатели рассчитаны для работы до полного его использования без зачистки контактов и смены каких-либо частей.

При нормативных условиях эксплуатации выключатель следует осматривать при снятой крышке один раз в 6 мес. Рекомендуется делать осмотр

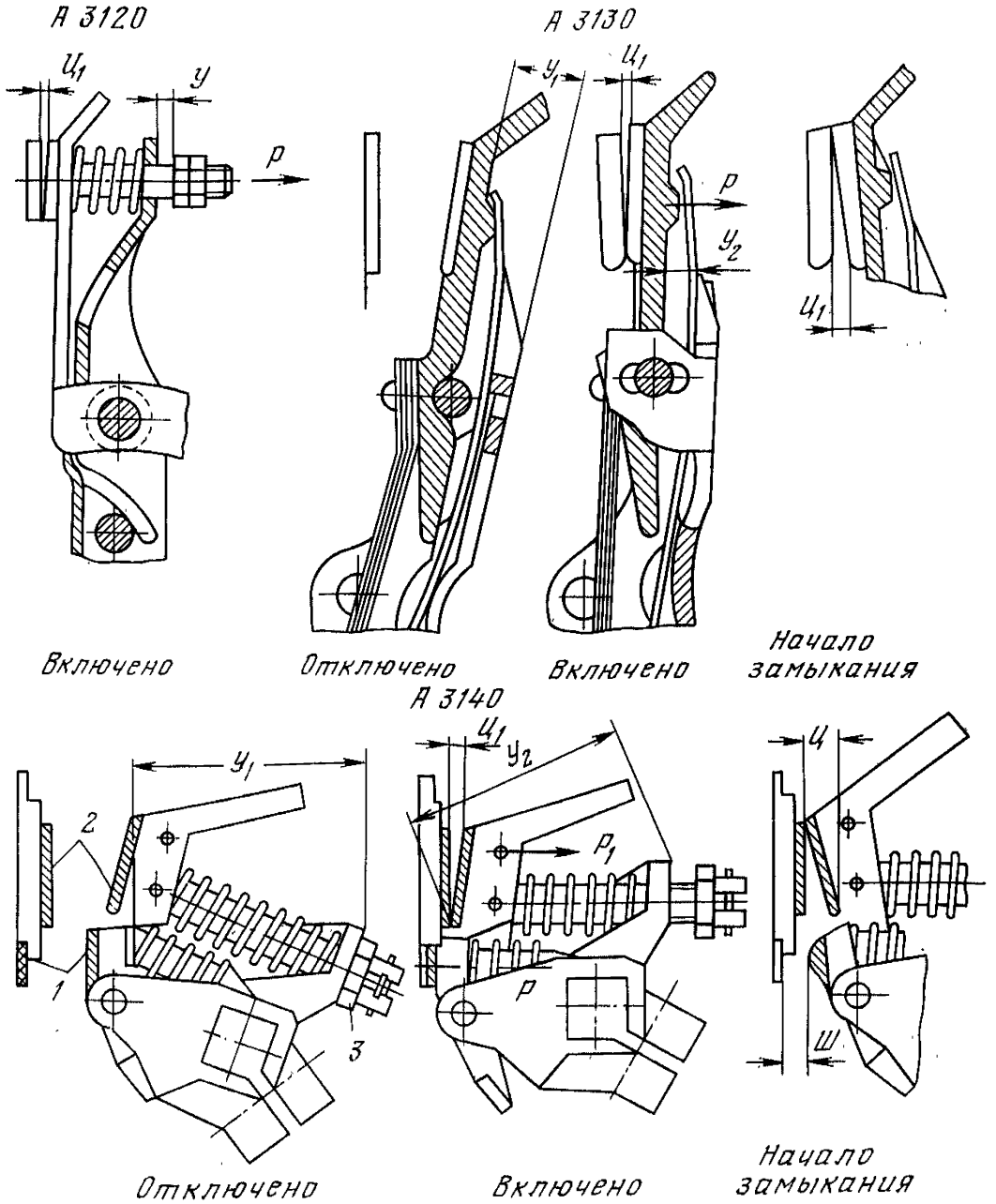


Рис. 4.31. Контактные системы автоматических выключателей серии А 3100

после отключения короткого замыкания. После повторного отключения короткого замыкания осмотр обязателен. При осмотре очистить выключатель от копоти и наплывов металла, проверить затяжку винтов, целостность пружин и состояние контактов. Если провал контактов будет меньше 0,5 мм, автомат необходимо сменить. Если в выключателе А 3140 опережение *Ш* (см. рис. 4.31) разрывного контакта *2* относительно главного *1* окажется менее 1 мм, его нужно увеличить до 2 мм, свинчивая гайку *3*. Шарниры механизма выключателя следует периодически смазывать консистентной смазкой.

При температуре окружающего воздуха +40 °С и относительной влажностью 60—80 % сопротивление изоляции выключателя в холодном состоянии должно быть не менее 10 МОм, а в прогретом (номинальным током расцепителя) — не менее 5 МОм.

У автоматов АП-50 пределы регулировки тока уставки тепловых расцепителей в зависимости от номинального тока уставки приведены в табл. 4.24.

Таблица 4.24

Номинальный ток уставки расцепителя, А	1,6	2,5	4	6,4
Пределы регулирования, А	От 1—1,6	1,5—2,5	2,5—4,0	4—6,4

Продолжение табл. 4.24

Номинальный ток уставки расцепителя, А	10	16	25	40	50
Пределы регулирования, А	6,4—10	10—16	16—25	25—40	30—50

Тепловые расцепители не срабатывают в течение 1 ч при токе нагрузки, составляющем 1,1 тока уставки. Срабатывание происходит не более чем через 30 мин при токе нагрузки, составляющем 1,35 тока уставки, и за 1—10 с, если ток нагрузки в 6 раз больше тока уставки. Время остывания теплового элемента после срабатывания расцепителя составляет не более 2 мин. Уставку автомата регулировать рычагом на механизме свободного расцепителя автомата.

Сопротивление изоляции автомата при относительной влажности среды 75 % должно быть в холодном состоянии не менее 20 МОм, в прогретом номинальным током— не менее 6 МОм.

4.5.4. Реле постоянного и переменного тока

Устройства защиты и автоматики проходят следующие эксплуатационные проверки: при вводе в эксплуатацию; полную плановую; частичную; дополнительные.

При наличии явных неисправностей произвести полную разборку реле.

При плановых и дополнительных проверках предварительно снять электрические характеристики, по которым оценить состояние механической части реле. Разборка реле без достаточных на то оснований нежелательна.

Перед выполнением каких-либо работ по регулировке и ремонту реле произвести внешний осмотр и оценить общее состояние реле.

При этом проверить надежность крепления, состояние изоляции выводов, надежность наружных контактных соединений.

При ревизии и ремонте реле различных типов выполнить ряд обязательных операций. После внешнего осмотра с реле снять кожух, удалить пыль и грязь с деталей реле. Произвести проверку, чистку и промывку подшипников. Проверить оси на кривизну и наличие продольных и поперечных люфтов в подшипниках. Поверхность рабочей части оси должна быть полированной, без царапин, выбоин или других повреждений. Проверить состояние спиральных пружин и безмоментных спиральных токоподводов. Пружины должны быть чистыми, без следов окисления; витки их должны располагаться перпендикулярно к оси, не касаться друг друга и иметь по всему ходу пружины равномерный зазор. Отрегулировать совместную настройку подвижного и неподвижного контактов: расстояние между подвижным и неподвижными контактами; угол встречи плоскости подвижного с плоскостью неподвижного контакта; точку касания подвижного контакта с неподвижным; совместный ход контактов; жесткость контактных пластин. Оценить состояние и крепление обмоток на магнитопроводе. Проверить исправность зубчатых и червячных передач реле, достаточность и равномерность зазора

между подвижной частью реле и полюсами магнитной системы, качество и надежность паек.

При надетом кожухе проверить исправность устройств, укрепленных на кожухах реле, а именно: устройств завода флажков указательных реле, ручки для установки заданной уставки и т. д.

Реле, прошедшие ревизию или ремонт и подготовленные к электрической проверке, должны отвечать следующим основным требованиям:

каждая деталь исправная и чистая;

все неподвижные элементы реле надежно закреплены, чтобы не допускать их самопроизвольного перемещения;

винты и гайки затянуты;

между подвижными и неподвижными элементами реле существует зазор;

перемещение подвижных элементов происходит с минимальным трением.

РЕЛЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Реле серии РЭ-500. Реле РЭ-511, РЭ-513 и РЭ-515 применяют в качестве реле времени, напряжения и промежуточных реле; реле РЭ-510 — в качестве реле напряжения и промежуточного, реле РЭ-583 и РЭ-585 — в качестве реле времени. Катушки этих реле выпускают на напряжение 12, 24, 48, 110, 220 и 440 В. Выдержка времени достигается за счет медленного изменения магнитного потока в магнитопроводе и может быть получена при отключении катушки или ее закорачиванием. В последнем случае для предотвращения короткого замыкания в цепи должен быть предусмотрен резистор.

Диапазон выдержек времени достигается применением различных съемных демпферов, выполненных из меди или алюминия и определяющих тип реле.

В табл. 4.25 приведены пределы выдержек времени реле РЭ-500. Реле типа РЭ-530 выполнено с катушками на токи: 1,5; 2,5; 5; 10; 25; 50; 100; 150; 300 и 600 А.

Четкость работы реле тока РЭ-530 и реле напряжения РЭ-510 достигается изменением натяжения пружин. В этих реле установлена немагнитная прокладка толщиной 0,5 мм для получения минимальной выдержки времени на отпадание.

При наладке и настройке реле обратить внимание на то, чтобы немагнитная прокладка плотно прилегала к поверхности якоря. Работа реле без немагнитной прокладки не допускается, так как может привести к «залипанию» якоря. Для предотвращения «залипания» якоря надо регулировочную гайку при наладке повернуть на 1—1,5 оборота сверх того положения, при котором получается «залипание». При наладке необходимо отрегулировать растворы, провалы и нажатие контактов. Раствор должен быть не менее 4 мм, провал — не менее 1,5 мм. Подгоревшие контакты следует зачистить надфилем, стараясь снять возможно меньший слой и сохранить радиус закругления контактов. После обработки напильником контакты надо протереть чистой ветошью.

Согласно требованиям ПУЭ, аппараты постоянного тока должны четко включаться при подаче на нагретые до максимально допустимой температуры (70 °С) втягивающие катушки сниженного напряжения до 85 % номинальной величины. Однако испытывать аппараты при горячих катушках затруднительно. Поэтому во время наладки следует испытывать реле при холодных катушках, но соответственно понижению их сопротивления снижать нормируемое

Таблица 4.25

Реле	Пределы выдержек времени, с	
	схема на отключение	схема на закорачивание
РЭ-511	0,3—0,9	0,3—1,5
РЭ-513	0,8—3	1—3,5
РЭ-515	2,5—5	3—5,5
РЭ-585	3,15—10	3,5—11
РЭ-585	6,3—15	7—16

значение напряжения втягивания. При температуре окружающей среды 20 °С напряжение втягивания не должно превышать 68 % номинального. Так, для реле на напряжение 220 В контрольным напряжением втягивания будет 150 В, а для реле на 110 В — напряжение 75 В.

Реле серии РЭВ-800. Реле РЭВ-810 применяют в качестве времени в цепях постоянного тока. Втягивающие катушки изготовляют на номинальное напряжение 12, 24, 48, 110 и 220 В.

Реле РЭВ-811 и РЭВ-815 изготовляют с катушками без демпфера (демпфером служит основание реле), для остальных типов реле катушки изготовляют с демпфером. Диапазон выдержек времени от 0,25 до 5 с достигается применением различных демпферов, а также полировкой рабочей поверхности магнитной системы.

Реле РЭВ-820 применяют в качестве реле напряжения с ненормируемым коэффициентом возврата и промежуточных реле в цепях постоянного тока. Втягивающие катушки этих реле изготовляют на номинальное напряжение 12, 24, 48, 110 и 220 В. Точность срабатывания реле ±10 %. Собственное время втягивания реле напряжения 0,05—0,25 с, а промежуточных — около 0,1 с. Коэффициент возврата реле зависит в основном от толщины немагнитной прокладки и затяжки отжимной пружины и может регулироваться от 0,4 и ниже.

Реле РЭВ-830 применяются в качестве минимального токового реле в цепях постоянного тока. Втягивающие катушки изготовляют на номинальные токи 1,5; 2,5; 5; 10; 20; 40; 50; 80; 100; 150; 300 и 600 А. Диапазон регулирования реле по току — 0,3—0,65 $I_{ном}$. Точность срабатывания реле ±10 %. Имеются один замыкающий и один размыкающий контакты. Коэффициент возврата может изменяться от 0,4 и ниже.

Реле РЭВ-880 применяют в схемах автоматического управления в качестве реле времени. Реле изготовляют с втягивающими катушками на напряжение 12, 24, 48, 110 и 220 В постоянного тока. Контакты реле позволяют на месте эксплуатации путем несложной переборки одних и тех же деталей изменить исполнение контактов в пределах общего их числа (двух или четырех). Однако при наличии трех размыкающих контактов параметры срабатывания реле будут отличаться от указанных в табл. 4.26.

Таблица 4.26

Реле	Число контактов		Выдержка времени, с	
	замыкающих	размыкающих	на отключение	на закорачивание
РЭВ-881	1	1	4,5—8	5—9
РЭВ-882	1	1	7—12	8—13
РЭВ-883	2	2	3—6	4—7
РЭВ-884	3	2	5—9	6—10

Таблица 4.27

Род тока	$U_{ном}$, В	Ток контактов реле серии РЭВ-800, А		
		включаемый	разрываемый при нагрузке	
			индуктивный	омический
Переменный	380	80	10	15
Постоянный	110	15	2,5	5
То же	220	10	1	2

Применение четырех размыкающих контактов не рекомендуется. Наладку реле серии РЭВ-800 производить аналогично реле серии РЭ-500.

Технические данные реле серии РЭВ-800 приведены в табл. 4.27, 4.28 и 4.29.

Электромагнитные поляризованные реле РП-4, РП-5, РП-7. Поляризованные реле представляют собой высокочувствительные быстродействующие реле, отличающиеся воздействием на якорь двух не зависящих друг от друга магнитных потоков: постоянного (поляризующего), не зависящего от состояния схемы (создается постоянным магнитом); рабочего потока, создаваемого током, протекающим по рабочей катушке. Направление перемещения якоря зависит от направления тока в рабочей катушке.

Таблица 4.28

Реле	Число контактов		Пределы регулировки выдержки времени, с
	замыкающих	размыкающих	
РЭВ-811	1	1	0,25—1,0
РЭВ-812	1	1	0,8—2,5
РЭВ-813	1	1	2,0—3,5
РЭВ-814	1	1	3,0—5,0
РЭВ-815	2	2	0,25—0,6
РЭВ-816	2	2	0,5—1,5
РЭВ-817	2	2	1,2—2,0
РЭВ-818	2	2	2,0—3,5

Таблица 4.29

Реле	Номинальное напряжение (ток, А) втягивающей катушки, В	Пределы регулирования срабатывания (напряжение, ток), % номинального	Примечание
РЭВ-821	12—220	25—80	Собственное время втягивания для реле напряжения 0,05—0,25 с, промежуточного — около 0,1 с, отпадания — не более 0,16 с
РЭВ-822	12—220	65	
РЭВ-825	12—220	35—80	
РЭВ-826	12—220	65	
РЭВ-830	(0,6—630)	30—80	

Таблица 4.30

Технические данные поляризованных реле, применяемых на вентиляторных установках	Блок, аппарат		
	КТ-2	АКТТ	АФЗ, РКО
Тип реле	РП-7	РП-5	РП-4, РП-7
Номер паспорта реле	РС4521011	РС4522018 РС4522005	РС4520005 РС4521004
Сопротивление обмоток, Ом			
1—2	730	4800 700	8500
3—4	600	4800 4700	8500
Номер паспорта катушки	РС3.259.025$С_п$35	РС3.259.035$С_п$19 РС3.259.025$С_п$11	РС3.259.025$С_п$21 РС3.259.025$С_п$21
Напряжение срабатывания, В	1—1,5	1—1,2	5,5—6,5
Напряжение отпускания, В	0,5—0,7	0,9—1,0	4,0—4,5

Реле РП-4 — двухпозиционное, реле РП-5 трехпозиционное, реле РП-7 двухпозиционное с преобладанием влево от нейтрали. Каждый тип реле имеет несколько разновидностей, которые отличаются между собой числом обмоток.

Регулировка реле заключается в основном в изменении величины зазора между якорем и неподвижными контактами для достижения необходимого напряжения срабатывания.

На вентиляторных установках нашли применение поляризованные реле РП-7 и РП-4 (с переделанной контактной группой по образцу РП-7) в схемах фильтровой защиты (АФЗ) и в схемах контроля вращения (РКО), РП-5 — в аппаратах контроля температуры АКТТ, РП-7 — в аппаратах контроля температуры КТ-2.

Характеристика этих реле приведена в табл. 4.30.

РЕЛЕ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Реле серии РТ-40, РН-50 (ЭН-520). Основными параметрами реле тока (напряжения) мгновенного действия являются ток (напряжение) срабатывания и коэффициент возврата. Эти параметры должны соответствовать каталожным данным реле (табл. 4.31, 4.32, 4.33), ток (напряжение) срабатывания должен совпадать с уставкой по шкале, разброс параметров срабатывания не должен превышать 5 % заданного значения, коэффициент возврата должен быть равен 0,85—0,87 для максимальных и 1,2—1,25 — для минимальных реле. Совпадение указанных параметров с каталожными дан-

Таблица 4.31

Реле	Номинальное напряжение диапазона, В		Пределы уставки, В	Диапазон уставки, В			
				первый		второй	
	первого	второго		напряжение срабатывания	длительно допустимое напряжение	напряжение срабатывания	длительно допустимое напряжение
РН-54/48	30	60	12—48	12—24	33	24—48	66
РН-54/160	100	200	40—160	40—80	110	80—160	220
РН-54/320	200	400	80—320	80—160	220	160—320	440

Таблица 4.32

Реле	Последовательное соединение катушек			Параллельное соединение катушек			Потребляемая мощность реле при минимальной уставке, В·А
	Пределы уставок, А	$I_{ном}$, А	Термическая устойчивость $I_{дл}$, А	Пределы уставок, А	$I_{ном}$, А	Термическая устойчивость $I_{дл}$, А	
РТ-40/02	0,05—0,1	0,5	0,55	0,1—0,2	1	1,1	0,2
РТ-40/0,6	0,15—0,3	1,6	1,75	0,3—0,6	3,2	3,5	0,2
РТ-40/2	0,5—1	3,8	4,15	1—2	7,6	8,3	0,2
РТ-40/6	1,5—3	10	11	3—6	20	22	0,5
РТ-40/10	2,5—5	16	17	5—10	32	34	0,5
РТ-40/20	5—10	18	19	10—20	36	38	0,5
РТ-40/50	12,5—25	25	27	25—50	50	54	0,8
РТ-40/100	25—50	25	27	50—100	50	54	1,8
РТ-40/200	50—100	25	27	100—200	50	54	8

Таблица 4.33

Реле	$U_{ном}$, В		Пределы уставки $U_{ср}$, В	$U_{ср}$, В	
	соединение катушек			соединение катушек	
	последовательное	параллельное		последовательное	параллельное
ЭН-528/48	24	48	12—48	12—24	24—48
ЭН-528/160	80	160	40—160	40—80	80—160
ЭН-528/320	160	320	80—320	80—160	160—320
ЭН-529/48	24	48	12—48	12—24	24—48
ЭН-529/160	80	160	40—160	40—80	80—160
ЭН-529/320	160	320	80—320	80—160	160—320

Примечание. Контактная система состоит: у реле ЭН-528 из одного размыкающего контакта; у реле ЭН-529 из одного замыкающего и одного размыкающего контактов.

ными характеризует исправность и правильность регулировки механической части реле. Проверку параметров срабатывания производить при плавном изменении тока (напряжения), подаваемого на реле. У исправного реле якорь, начиная движение, должен доходить до конечного положения при неизменной величине тока в реле. Для выявления разброса параметров срабатывания и возврата измерение этих параметров на проверяемой уставке следует повторять не менее 3 раз.

Электрическую проверку реле после ревизии выполнять в следующем порядке:

1. Проверить, превышает ли ток (напряжение) срабатывания на последней уставке по шкале в 2 раза ток (напряжение) срабатывания на первой уставке по шкале.

Токи (напряжение) срабатывания и возврата реле определяют по схемам, приведенным на рис. 4.32, 4.33.

Резистор *R1* (см. рис. 4.32), включенный последовательно с обмоткой реле тока и превосходящий ее по сопротивлению в 7—10 раз, служит для исключения влияния перемещения якоря на величину тока в реле при проверке коэффициента возврата. Необходимый размах достигается соответствующей затяжкой пружины примерно на 30° на первой уставке и примерно на 120° на последней уставке. Если кратность шкалы получается больше двух, значит пружина ослаблена; если кратность меньше двух — пружина чрезмерно затянута.

2. Проверить совпадение тока (напряжения) срабатывания с уставкой при положении движка на последней, а затем на первой уставке по шкале. Для этого на заданной уставке при плавном увеличении тока в катушке

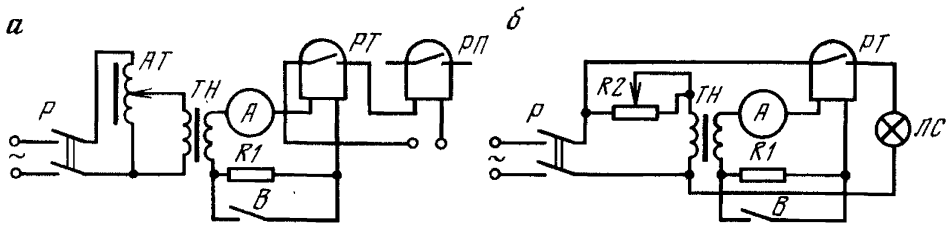


Рис. 4.32. Схемы регулировки тока при проверке токовых реле *РТ* с помощью нагрузочного трансформатора *ТН*:

а — с автотрансформатором *АТ*; *б* — с реостатом *R2*

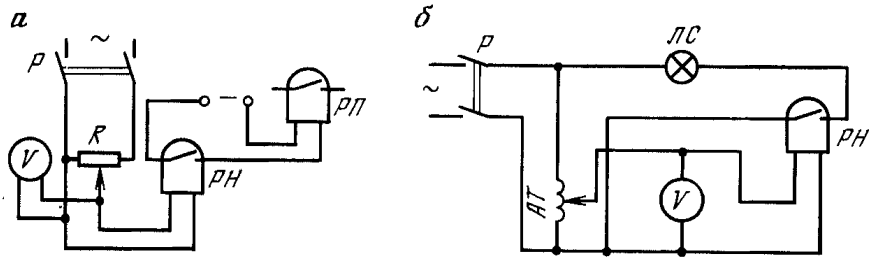


Рис. 4.33. Схема проверки электрических характеристик реле напряжения *РН*:
а — с реостатом *R*; *б* — с автотрансформатором *АТ*; *РП* — промежуточное реле

с помощью автотрансформатора *АТ* или реостата *R2* по амперметру *А* отметить величину тока срабатывания токового реле *РТ*, что контролируется промежуточным реле *РП* или сигнальной лампой *ЛС*.

Ток (напряжение) срабатывания на последней уставке отрегулировать начальным положением якоря, т. е. левым упорным винтом. Если ток (напряжение) срабатывания больше уставки, винт следует подать вперед, т. е. ввести якорь под полюса.

Ток (напряжение) срабатывания на первой уставке отрегулировать затяжкой пружины. Если ток (напряжение) срабатывания максимального реле меньше уставки, пружину следует несколько затянуть.

При изменении положения якоря меняется и положение контактного мостика. Для сохранения необходимого (суммарный воздушный зазор между неподвижными и подвижными контактами в разомкнутом состоянии около 2,5 мм) зазора между подвижным и неподвижным контактами следует при изменении положения якоря изменить положение мостика.

У максимальных реле с размыкающим контактом начальное положение якоря определяется пружинами неподвижных контактов, его следует отрегулировать прогибом этих пружин.

3. Проверить, соответствует ли коэффициент возврата указанным выше величинам.

Практически коэффициент возврата реле можно отрегулировать следующими способами:

начальным положением якоря в том случае, если необходимо отрегулировать на заданную уставку. Если коэффициент возврата ниже допустимого, то нужно приблизить якорь к полюсам. Уменьшение воздушного зазора между полюсами и находящимся в начальном положении якорем приводит к уменьшению тока (напряжения) срабатывания. При этом ток (напряжение) возврата не изменяется, так как зависит от конечного положения якоря. Для получения заданного тока срабатывания указатель передвинуть влево по шкале;

изменением воздушного зазора между якорем и полюсами магнитопровода. Нормально зазоры должны быть одинаковыми и составлять примерно 0,65 мм, для РН-54 — 0,55 мм. Для повышения коэффициента возврата воздушные зазоры увеличить, для снижения — уменьшить. При повышении указанным способом коэффициента возврата в реле РТ-40 увеличение воздушного зазора между якорем и полюсами магнитопровода следует осуществлять перемещением магнитопровода относительно алюминиевой стойки.

4. Произвести настройку реле на заданную уставку. Рабочие уставки у реле тока рекомендуется устанавливать не ниже чем на одной трети шкалы, а минимальных реле напряжения — не ниже половины шкалы. Это вызвано тем, что на первой уставке наибольшие кратности вращающего момента, следовательно, реле наиболее подвержено вибрации. Кроме того, на первой уставке сравнительно мал момент противодействующей пружины, поэтому надежность работы реле в большей степени зависит от его механиче-

ского состояния. Для выполнения указанных рекомендаций следует выбрать целесообразное соединение обмоток реле — последовательное или параллельное. Затем указатель установить на точку шкалы, соответствующую заданной величине срабатывания, и проверить ток (напряжение) срабатывания и возврата. Если коэффициент возврата находится в допустимых пределах, а ток (напряжение) срабатывания немного не совпадает с уставкой по шкале, то соответствие между заданными параметрами срабатывания и уставкой достигается незначительным смещением указателя в нужную сторону. Совпадения заданных параметров с уставкой можно добиться изменением затяжки спиральной пружины.

5. Проверить работу контактов. Движение якоря при включении и отключении реле должно быть плавным, без рывков и ударов, причем в отключенном положении реле якорь не должен доходить до левого упора на 0,2—0,5 мм, а во включенном, при установке указателя на первую отметку, между якорем и правым упором остается зазор 0,5—1,0 мм и на последней отметке якорь будет лежать на упорах. Замыкающие контакты реле РТ-40 должны замыкаться без вибрации при токе срабатывания от 1,2 тока уставки и выше.

Проверить однократность замыкания и размыкания контактов, а также отсутствие вибрации и искрения при подаче в реле тока — от 1,05 тока срабатывания до наибольшего возможного значения тока короткого замыкания, а на реле напряжения — от 1,05 напряжения срабатывания до наибольшего рабочего напряжения.

Отсутствие вибрации контактов проверяют при плавном возрастании, а однократность их работы при подаче тока или напряжения толчком.

При малых кратностях тока или напряжения (от 1,05 до 3) вибрацию и искрение контактов можно устранить следующими способами:

уменьшением жесткости контактных пружин — вальцовкой пружин или их заменой на более мягкие;

уменьшением в допустимых пределах угла встречи контактов;

изменением изгиба пружин неподвижных контактов для исключения отброса контактного мостика в момент срабатывания (провал замыкающих контактов на первой уставке при втянутом якоре и провал размыкающих контактов при отпущенном якоре на той же уставке — не менее 0,3 мм);

отгибанием упоров контактного мостика для увеличения угла поворота его вокруг оси.

При больших кратностях тока или напряжения вибрации можно устранить такими способами:

изменением в небольших пределах конечного положения якоря — его следует ввести глубже под полюса;

увеличением жесткости контактных пружин — увеличением угла наклона пружин (подгибанием вниз), совместного хода подвижных и неподвижных контактов либо заменой пружин на более жесткие;

изменением положения якоря относительно полюсов в вертикальной плоскости — при слегка ослабленных гайках переместить алюминиевую стойку с подвижной системой;

дополнительным ограничением конечного положения якоря с помощью нижнего левого упорного винта, который должен быть установлен также, как и верхний правый. Вибрирующий якорь ударяется при этом одновременно о два упора и вибрация может уменьшиться.

Особое внимание следует обратить на недопустимость вибрации контактного мостика реле минимального напряжения с размыкающим контактом, когда к обмотке реле приложено номинальное напряжение.

Для уменьшения вибрации таких реле, нормально находящихся под полным напряжением и имеющих уставку 60 % $U_{ном}$ и ниже, следует ввести якорь, глубже под полюса, но так, чтобы коэффициент возврата был не более 1,25.

После окончания регулировки контактов и устранения вибрации нужно повторно проверить параметры срабатывания и возврата.

ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕРКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЛЕ ПРЯМОГО ДЕЙСТВИЯ

У реле тока и напряжения прямого действия с зависимой и независимой характеристиками проверяют те же параметры, что и у рассмотренных реле косвенного действия. Вместе с тем проверка электрических характеристик реле прямого действия имеет некоторые особенности.

Проверка реле тока. Проверку электрических характеристик реле выполняют по схеме рис. 4.34.

На заданной уставке при плавном увеличении тока в катушке по амперметру *А* отметить величину тока (ток срабатывания) в момент отключения выключателя *В*. Не изменяя положения реостата *R*, рубильником *Р* снять напряжение с испытательной схемы. Включить выключатель и рубильник. При этом электросекундомер *С* отсчитает время от момента срабатывания реле *РТ* до отключения выключателя *В*. Токовременную характеристику зависимого реле снимать при токах, больших тока срабатывания в 1,5; 2; 3; 4 и 5 раз. Для получения каждой точки характеристики проводят три — четыре измерения; в протокол записывать среднее значение результатов измерения.

Проверка реле напряжения. Схема снятия характеристик реле минимального напряжения (РН, РНВ) показана на рис. 4.35. Перекидной рубильник *Р* поставить в положение *I*. Плавно изменяя резистором *R* напряжение, подводимое к катушке реле *РН* вольтметром *V*, измерить напряжение срабатывания и возврата реле. Напряжение срабатывания (отпадание сердечника) у реле РН и РНВ должно быть в пределах 35—65 %. Напряжение возврата — 65—85 % номинального. Обычно коэффициент возврата

$$K_{\text{в}} = \frac{U_{\text{в}}}{U_{\text{ср}}} \qquad (4.23)$$

находится в пределах 1,5—2.

Время срабатывания реле на заданной уставке проверяют при быстром переключении перекидного рубильника в положение *II* после того, как включен выключатель *В* и на реле подано номинальное напряжение. Обесточенное реле *РН* по истечении времени уставки отключит выключатель и электросекундомер *С* зафиксирует время срабатывания реле.

РЕЛЕ МАКСИМАЛЬНОГО ТОКА РТ-80 И РТ-90

Основными параметрами токового реле (рис. 4.36) с зависимой характеристикой являются: ток срабатывания, коэффициент возврата и характеристика выдержек времени индукционного элемента, а также кратности тока срабатывания электромагнитного элемента — отсечки (табл. 4.34, 4.35).

Дополнительные параметры — ток начала свободного вращения диска и время возврата в исходное положение рамки. Параметры должны соот-

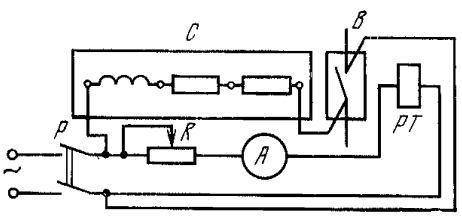


Рис. 4.34. Схема проверки электрических характеристик токовых реле прямого действия *РТ*

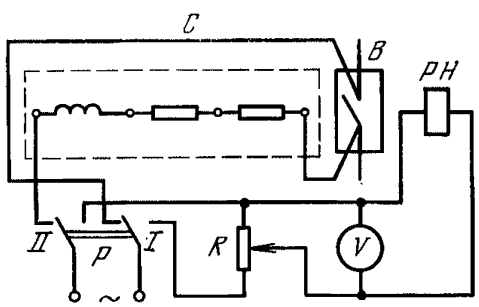


Рис. 4.35. Схема проверки электрических характеристик реле минимального напряжения прямого действия *РН*

Таблица 4.34

Реле	Номинальный ток, А	Уставки	
		на ток срабатывания индукционного элемента, А	на время срабатывания, с[1]
РТ-81/1	10	4; 5; 6; 7; 8; 9; 10	0,5; 1; 2; 3; 4
РТ-91/1			0,5; 1; 2; 3; 4
РТ-82/1			2; 4; 8; 12; 16
РТ-83/1			1; 2; 3; 4
РТ-84/1			4; 8; 12; 16
РТ-85/1			0,5; 1; 2; 3; 4
РТ-95/1			0,5; 1; 2; 3; 4
РТ-86/1			4; 8; 12; 16
РТ-81/2	5	2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5	0,5; 1; 2; 3; 4
РТ-91/2			0,5; 1; 2; 3; 4
РТ-82/2			2; 4; 8; 12; 16
РТ-83/2			1; 2; 3; 4
РТ-84/2			4; 8; 12; 16
РТ-85/2			0,5; 1; 2; 3; 4
РТ-95/2			0,5; 1; 2; 3; 4
РТ-86/2			2; 4; 8; 12; 16

[1] При десятикратном токе срабатывания кратность тока отсечки (т. е. отношение тока срабатывания отсечки к току срабатывания индукционного элемента) 2—8.

ветствовать каталожным данным реле: ток срабатывания совпадать с уставкой по шкале, коэффициент возврата быть равен 0,84—0,87.

Временные характеристики приведены на шкале реле, а кратности уставки отсечки — на регулировочной головке отсечки.

При проверке и регулировке реле РТ-80 необходимо, чтобы:

якорь отсечки без трения поворачивался вокруг своей оси и имел свободный ход по оси 0,1—0,2 мм;

правый конец якоря с короткозамкнутым витком при срабатывании прилегал к магнитопроводу всей плоскостью;

в любом положении диск не касался полюсов системы (зазор не менее 0,3 мм);

сектор при сцеплении с червяком плавно поднимался до конца нарезки без заеданий и соскальзывания; сцепление при этом должно быть свободным с небольшим зазором. Все они должны иметь люфт не более: у рамки — 1 мм, у диска — 0,5 мм, у зубчатого сектора — 0,5 мм.

Проверку вести при максимальной уставке по времени и минимальной уставке по току, а также на рабочих уставках. Зазоры между контактами для всех реле, за исключением РТ-85 и РТ-86, должны быть для главных и сигнальных замыкающих контактов, а также для главных размыкающих контактов (после срабатывания) не менее 2 мм; а ограничители — слегка касаться контактной пружины главных контактов. Зазор между замыкающими контактами реле РТ-85 и РТ-86 — примерно 1,5 мм, а между размыкающими контактами (после срабатывания) — примерно 2 мм. Между сигнальными контактами в реле РТ-86 зазор должен быть не менее 1,5 мм. При срабатывании реле контактная пружинная пластина размыкающего контакта должна ложиться на упор с небольшим прогибом (0,3—0,5 мм). Для реле РТ-85 и РТ-86 нажатие в размыкающих контактах должно быть не менее 0,08 Н.

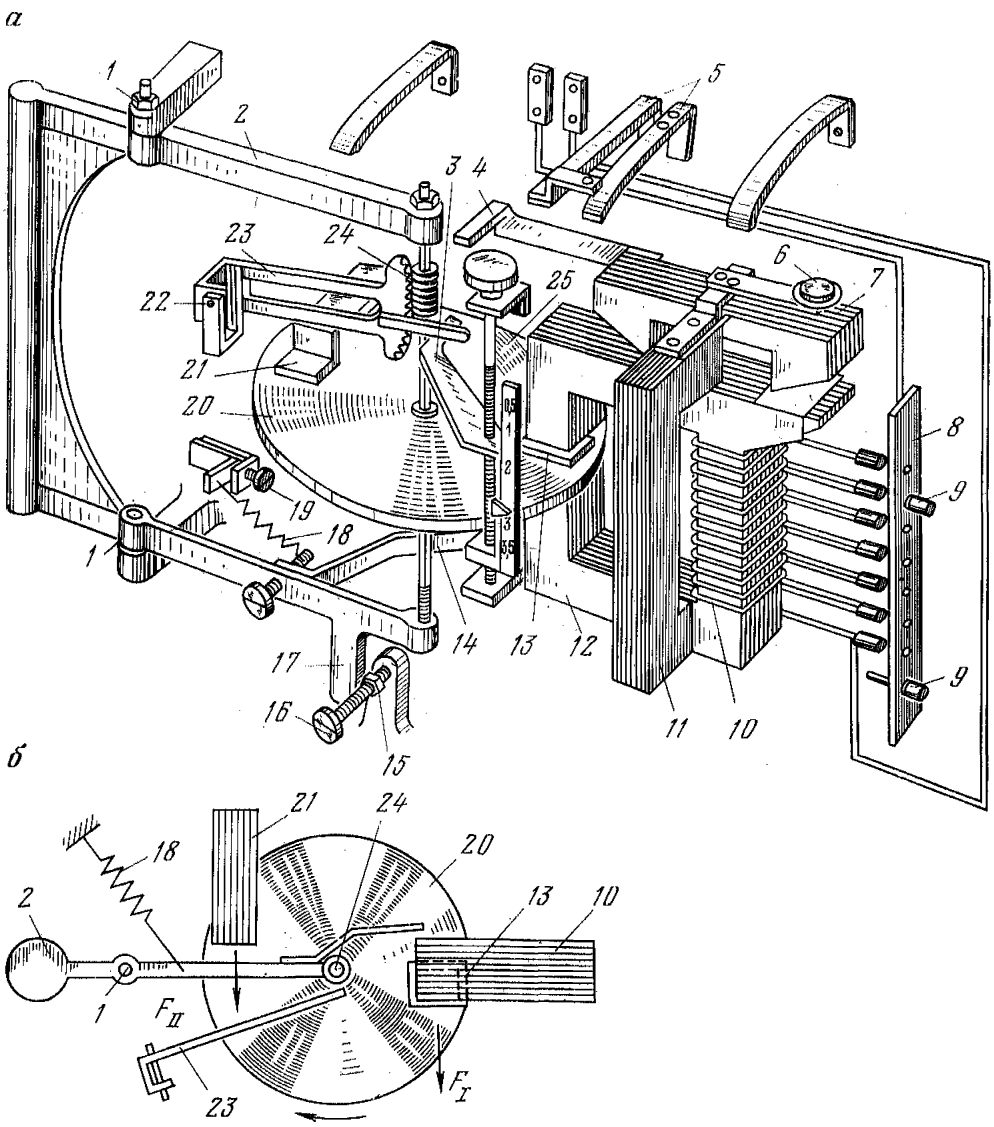


Рис. 4.36. Токовое реле серии РТ-80 и РТ-90:

а — кинематическая схема; *б* — схема сил, действующих на диск реле; *1* — подпятники; *2* — подвижная рамка; *3* — движок; *4* — коромысло; *5* — контакты; *6* — регулировочный винт; *7* — якорь; *8* — колодка; *9* — контактные винты; *10* — обмотка с отпайками; *11* — магнитопровод; *12* — электромагнит; *13* — короткозамкнутые витки; *14* — стальная скоба; *15* — гайка; *16* — упорный винт; *17* — палец; *18* — пружина; *19* — регулировочный винт; *20* — алюминиевый диск; *21* — тормозной постоянный магнит; *22* — ось; *23* — сектор; *24* — червяк; *25* — регулировочный винт; F_I — электромагнитная сила; F_{II} — противодействующая сила

Индукционный элемент реле проверить по схеме, приведенной на рис. 4.37, при питании от линейного напряжения сети через рубильник *P1* и регулировке тока с помощью реостатов (без нагрузочного трансформатора) во избежание искажения формы кривой тока. Схема позволяет измерить амперметром *A* ток возврата при быстром сбросе тока. Для этого при замкнутом рубильнике *P2* реостатом *R1* установить ток срабатывания, при разомкнутом рубильнике *P2* реостатом *R2* установить ток возврата. При сбросе тока от значения $I_{ср}$ до $I_{воз}$ в любом положении сектора должно произойти расцепление сектора и червяка.

Коэффициент возврата, используя ту же схему (см. рис. 4.37), можно проверить двумя способами:

при плавном снижении тока реле в момент подхода рычага сектора почти вплотную к коромыслу отсечки, когда в сцеплении находятся почти все витки червяка. Коэффициент возврата при этом должен быть 0,84—0,87;

при быстром уменьшении тока до тока возврата в момент подхода рычага сектора почти вплотную к якорю отсечки. Коэффициент возврата должен быть не менее 0,8.

Для повышения коэффициента возврата необходимо уменьшить глубину зацепления червячной передачи. Когда глубина зацепления нормальная и уменьшить ее нельзя, коэффициент возврата можно повысить, отгибая стальную скобу рамки от магнитопровода. После этого необходимо проверить надежность зацепления сектора с червяком, а также еще раз проверить ток срабатывания и, если он изменился, подрегулировать его изменением натяжения пружины, влияющего на исходное положение рамки.

Проверку и регулировку электромагнитного элемента (отсечки), имеющего кратности токов более 2, при отсутствии мощных реостатов можно производить с нагрузочными трансформаторами *НТ1*, *НТ2* по схеме, показанной на рис. 4.38. Эта схема предусматривает питание от сети через рубильник *Р*, регулировку тока резистором *R* по амперметрам *А* и обеспечивает настройку отсечки с загрублением, не превышающим 10 % тока срабатывания при настройке чисто синусоидальным током, что допустимо. Испытания при больших токах во избежание перегрева реле вести кратковременным его включением. В случаях значительных расхождений тока срабатывания с уставками регулировку производить с помощью регулировочного винта отсечки.

Если указанными способами не удается отрегулировать

Таблица 4.35

Основные параметры	Реле													
	РТ-80/1							РТ-80/2						
Номер отпаек обмоток	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Число включенных витков	60	48	40	35	30	27	24	120	96	80	70	60	54	48
Ток уставки индукционного элемента, А	4	5	6	7	8	9	10	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Полное сопротивление при токе уставки, Ом	0,55	0,32	0,24	0,21	0,17	0,11	0,09	2,2	1,4	0,96	0,72	0,56	0,46	0,36
Напряжение при срабатывании реле (расчетное) для восьмикратной отсечки, В	17,6	12,8	11,9	11,7	11	8	7,5	35	28	23	20	17,8	16,5	14,4
Напряжение срабатывания фактическое с учетом уменьшения сопротивления реле при восьмикратном токе, В	9,2	7,6	6,2	5,6	5,1	4,7	4	17	14	12	10	9	8,5	7,6

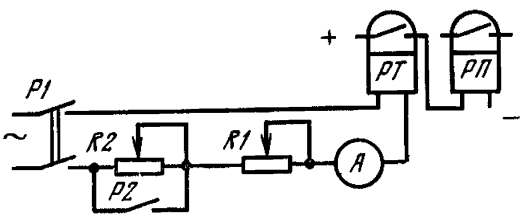


Рис. 4.37. Схема проверки индукционного элемента реле РТ-80 (ИТ-80)

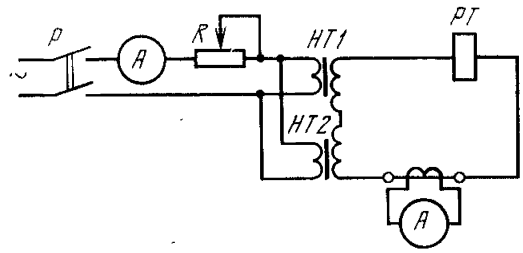


Рис. 4.38. Схема проверки отсечки реле РТ-80 (ИТ-80)

коэффициент возврата и диск начинает вращаться при токе, превышающем указанные в табл. 4.36 значения, или вращается неравномерно, это свидетельствует о загрязнении или плохом состоянии полуосей подпятников, зубьев сектора и червяка.

Проверку временных характеристик производить в рабочей точке с помощью рубильника питания *Р*, резистора *R*, амперметра *А* и секундомера *С* по схеме, приведенной на рис. 4.39.

Реле тока ЭТД-551 применяют в схемах защиты от замыкания на землю в сетях с малым током замыкания. Реле ЭТД-551 выполнено на базе реле серии ЭТ-520. В отличие от ЭТ-520, на магнитопроводе ЭТД-551 имеется дополнительная, замкнутая на конденсатор обмотка для снижения потребляемой мощности реле.

Проверку производить в том же объеме, что и для реле серии РТ-40. При внешнем осмотре и проверке механической части реле обратить внимание на то, чтобы продольный и поперечный зазоры в осях не превышали 0,15—0,2 мм (у реле РТ-40 — 0,2—0,3 мм). Якорь во втянутом положении должен упираться в правый верхний винт упора. Между нижним винтом упора и плоскостью втянутого якоря должен сохраняться зазор 0,2—0,3 мм. Зазор между неподвижными контактами и мостиком (с каждой стороны) должен быть не менее 1,5 мм. Отрегулировать реле таким образом, чтобы угол встречи подвижного и неподвижного контактов не превышал 25—35°. Совместный ход контактов при срабатывании реле должен составлять 1—1,5 мм. Необходимо следить, чтобы зазоры контактного мостика позволили ему поворачиваться вокруг оси на 10—15°. Погрешность срабатывания реле должна составлять не более +5 %, коэффициент возврата реле не менее 0,5.

Таблица 4.36

Реле	Ток, А	
	уставки	максимальный начала свободного вращения диска
РТ-81/1 РТ-82/1 РТ-83/1 РТ-84/1 РТ-85/1 РТ-86/1	4	1
РТ-81/2 РТ-82/2 РТ-83/2 РТ-85/2 РТ-86/2	2	0,5

Реле переменного трехфазного тока РЭ-190 применяют в схемах автоматического управления асинхронным двигателем с фазным ротором. Реле реагируют на повышение тока сверх установленного значения.

Настройку реле производить при включении в цепь статора на ток втягивания от 0,9 до 1,2 номинального: при включении в цепь ротора — от 0,5 до 1,4 номинального. Номинальный ток катушки 5 А.

Для уменьшения влияния частоты на работу реле при включении его в цепь ротора последовательно

Рис. 4.39. Схема измерения времени срабатывания реле РТ-80

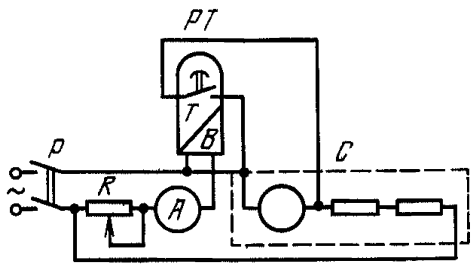


Таблица 4.37

Зазор между контактами, мм	Допустимые токи контактов реле РЭ-190, А					
	постоянный и переменный ток при продолжительном режиме	разрываемый ток				
		постоянный				переменный до 220 В
		индуктивная нагрузка		безындуктивная нагрузка		
		110 В	220 В	110 В	220 В	
1	20	0,2	0,1	0,4	0,2	20
2		0,25	0,15	0,5	0,3	
3		0,3	0,2	0,6	0,4	
6,5		0,35	0,25	0,7	0,5	

с каждой катушкой следует включать омическое сопротивление величиной 10—12 Ом. Воздушные зазоры между контактами должны быть в пределах 2—4 мм. Допустимые токи контактов приведены в табл. 4.37.

Для удовлетворительной работы схемы управления при автоматическом пуске реле должно обладать достаточно высоким коэффициентом возврата (0,8—0,85). Для этого необходимо, чтобы якорь имел незначительный ход при возможно большем зазоре между якорем и сердечником во включенном состоянии, так как при большем зазоре уменьшается разность между токами втягивания и отпускания. Натяжение пружины мало влияет на величину коэффициента возврата, потому что с увеличением натяжения пружины ток втягивания и ток отпускания возрастают почти в одинаковой степени. При регулировке реле первоначально установить зазор на отпускание около 2 мм (зазор между сердечником и якорем во включенном положении) и зазор на притяжение около 4 мм (зазор между сердечником и якорем в отключенном положении).

Регулирование производить:

1) изменением натяжения пружины путем вращения фасонного регулировочного винта. При этом изменяется одновременно ток втягивания и ток отпускания;

2) изменением положения неподвижных контактов. Передний неподвижный контакт влияет на положение отпущенного якоря, поэтому им следует регулировать ток втягивания, задний неподвижный контакт влияет на положение притянутого якоря, поэтому им следует регулировать ток отпускания;

3) изменением величины добавочного сопротивления, включенного последовательно с катушками реле (в случае, когда реле включено в цепь ротора).

Включение токового реле в цепь статора обеспечивает более устойчивую работу реле и значительно облегчает его настройку. Время срабатывания

зависит от настройки реле и находится в пределах от 0,1 до 0,4 с при втягивании и от 0,05 до 0,25 с при отпадении якоря.

Реле переменного тока РЭ-5600 применяют в качестве токового реле ускорения в схемах управления аснихронными двигателями (выпускаются взамен реле переменного тока РЭ-190). Реле имеют три независимые магнитные системы, один замыкающий и один размыкающий контакты с общей точкой. Номинальный ток реле 5 А. Реле допускает регулировку тока срабатывания в пределах 0,5—1,4 $I_{ном}$. Коэффициент возврата реле составляет 0,5—0,9.

Реле мощности серий РБМ-170 и РБМ-270 применяют в качестве элементов направленной мощности в схемах направленной защиты. Основаны они на индукционном принципе действия. Поэтому вращающий момент на роторе реле

$$M_{вр} = kU_р I_р \cos(\varphi_р + \alpha), \qquad (4.24)$$

где $U_р$ — напряжение обмотки напряжения реле, пропорциональное линейному напряжению; $I_р$ — ток токовой обмотки реле, пропорциональный току фазы нагрузки; $\varphi_р$ — угол сдвига между током $I_р$ и напряжением $U_р$; α — угол, дополняющий до 90° угол сдвига между линейным напряжением и, следовательно, $U_р$ и током обмотки напряжения реле $i_н$.

Векторная диаграмма реле показана на рис. 4.40. Угол $\varphi_р = -\alpha$ называют углом максимальной чувствительности и обозначают $\varphi_{м.ч}$ реле, так как при $\varphi_р = -\alpha$ вращающий момент на роторе имеет максимальное значение:

$$M_{вр} = kU_р I_р. \qquad (4.25)$$

Угол максимальной чувствительности реле $\varphi_{м.ч}$ определяется конструкцией реле.

На главных вентиляторных установках шахт реле РБМ используют для защиты синхронных приводных двигателей от дительной работы в асинхронном режиме. При работе синхронного двигателя в синхронном режиме вектор тока опережает вектор напряжения соответствующей фазы на определенный угол, а при работе его в асинхронном режиме вектор тока отстает от вектора напряжения соответствующей фазы. Поэтому, если реле направления мощности с определенным углом максимальной чувствительности включить так, чтобы при выпадании синхронного электродвигателя из синхронизма вращающий момент изменял знак на обратный, то оно четко отреагирует на изменение режима работы двигателя.

Для этой цели наиболее приемлемыми являются реле направления мощности с углом максимальной чувствительности $\varphi_{м.ч} = 45°$. Устройство реле РБМ-170 (ИМБ-170) показано на рис. 4.41. Реле состоит из замкнутого магнитопровода *1* с четырьмя полюсами, на котором расположены: токовая обмотка *3*, имеющая две секции на полюсах *4* и *8*, и обмотка напряжения *6*, имеющая четыре секции (на ярме магнитопровода). Токовая обмотка создает магнитный поток Φ_1, направленный вдоль полюсов *4* и *8*, а обмотка напряжения создает поток Φ_2 через полюсы *2* и *5*, который сдвинут в пространстве относительно потока Φ_1 на 90°. Между полюсами расположены стальной сердечник *7*, уменьшающий воздушный зазор между полюсами магнитопровода и алюминиевый ротор *9*, укрепленный на изолированной пластине оси *16*. Концы оси *13* вращаются в подшипниках *12* и *17*. На изолированной пластине оси *16* укреплен подвижный контактный мостик *15*, который при срабатывании замыкает неподвижные контакты *10* и *14*. Пружина *11* возвращает реле в исходное положение.

Реле направления мощности имеет определенную полярность зажимов обмотки, так как знак вращающего момента реле зависит от относительного направления токов в его обмотках. Для обеспечения правильного действия реле направления мощности присоединение к нему цепей от трансформаторов тока и напряжения следует производить так, чтобы токи и напряжения, подводимые к однополярным зажимам обмоток реле, проходили в тех же направлениях, что и в первичной защищаемой сети.

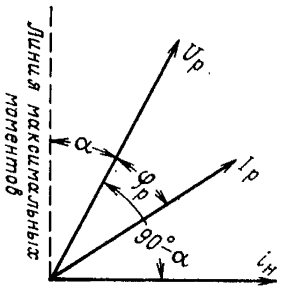


Рис. 4.40. Векторная диаграмма индукционного реле с цилиндрическим ротором

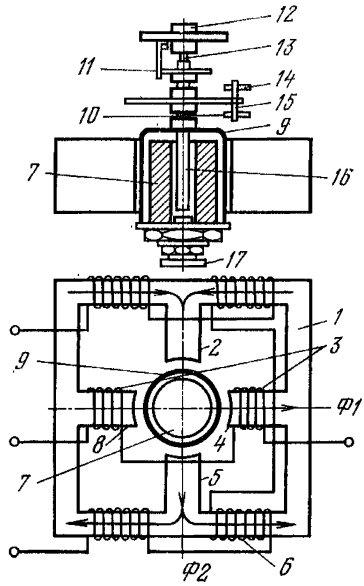


Рис. 4.41. Устройство реле РБМ-170 (ИМБ-170)

При проверке реле серии РБМ следует обратить внимание на свободный ход алюминиевого ротора и отсутствие его затирания о полюса электромагнита и верхнюю кромку сердечника, а также на равномерность зазора между полюсами и ротором. Этот зазор должен быть 0,4—0,5 мм. Ротор должен иметь цилиндрическую форму без вмятин. Вертикальный люфт подвижной системы должен находиться в пределах 0,3—0,5 мм. Спиральная пружина не должна иметь следов окисления, и витки ее должны располагаться на одинаковом расстоянии друг от друга и в одной плоскости. Нужно добиться, чтобы ход подвижной системы составлял примерно 2 мм. Регулировать его следует положением упоров на плате неподвижных контактов. Работа контактов в значительной степени зависит от их угла встречи, который должен составлять 30—40°. Совместный ход контактов после замыкания не должен превышать 0,8—1,0 мм.

При применении индукционных реле для защиты приводных синхронных двигателей (СД) на главных вентиляторных установках шахт от длительной работы их в асинхронном режиме следует один из трансформаторов тока и токовую катушку реле РБМ включать в фазу С, а катушку напряжения подключать к линейному напряжению фаз С и А. Если вентиляторы реверсивные, то изменение направления вращения приводных электродвигателей следует осуществлять переключением фаз А и В на зажимах статорной обмотки синхронного двигателя.

Векторная диаграмма реле РБМ-271/2 при включении катушки напряжения на линейное напряжение U_{CA} и токовой на ток фазы С показана на рис. 4.42. Штриховой линией на векторной диаграмме показаны примерные положения вектора тока I_C в синхронном и асинхронном режимах работы электродвигателя. Из векторной диаграммы видно, что переключение контактов реле происходит на линии перемены знака момента, когда вектор тока фазы С (I_C) отстает от вектора фазного напряжения U_C на угол 15°, что соответствует отстающему $\cos\varphi=9{,}962$.

При монтаже и наладке защиты СД от длительной работы в асинхронном режиме необходимо с помощью фазоиндикатора типа И-517 или аналогичного ему прибора определить последовательность чередования фаз А, В и С на вводе масляного выключателя двигателя СД и на выходе измерительного трансформатора напряжения и добиться, чтобы она была одинаковой. Затем проверить правильность включения трансформатора тока, кату-

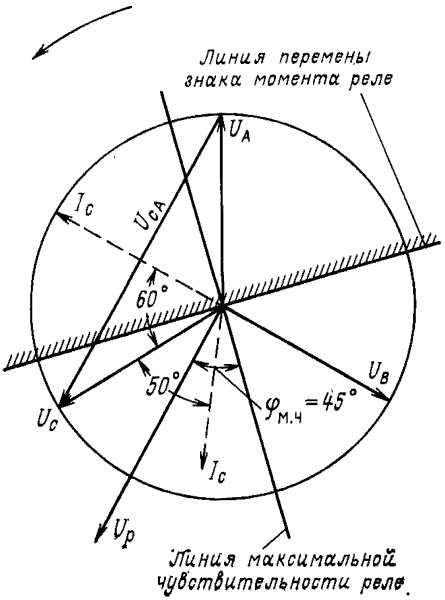


Рис. 4.42. Векторная диаграмма реле РБМ-271/2 при включении его на ток фазы С и линейное напряжение

шек тока и напряжения реле РМБ, т. е. в фазу С и на линейное напряжение фазы С и А. Предварительную настройку и проверку срабатывания реле РБМ целесообразно проводить одновременно с проверкой работы СД в режиме холостого хода (вентилятор от двигателя отсоединен) при рабочем направлении его вращения и при реверсе, если он установлен на реверсивном вентиляторе. При правильном включении реле РБМ его исполнительный контакт в процессе пуска СД как в рабочем, так и в реверсивном направлении вращения должен замкнуться, а при входе СД в синхронизм — разомкнуться. Для определения состояния контакта РБМ параллельно катушке исполнительного реле схемы автоматики целесообразно включить вольтметр переменного тока со шкалой более 220 В или сигнальную лампу на соответствующее напряжение. Выдержку времени исполнительного реле необходимо установить не менее времени разгона двигателя с вентилятором (обычно 15—25 с), но не более 30—40 с в зависимости от загрузки двигателя. Окончательную проверку защиты следует проводить при работе вентилятора на шахтную сеть с загрузкой СД, соответствующей необходимым параметрам проветривания шахты (производительность и депрессия). При этом перевод СД в асинхронный режим работы производить путем как быстрого, так и плавного уменьшения тока возбуждения до срабатывания реле РБМ. Ток возбуждения СД, при котором подвижные контакты реле РБМ находятся в нейтральном состоянии (разомкнуты и левый и правый неподвижные контакты), должен соответствовать работе СД с $\cos\varphi=1$, что легко установить по минимальной величине тока статора для данной нагрузки в процессе уменьшения тока возбуждения от номинальной величины. При дальнейшем незначительном уменьшении тока возбуждения контакт РБМ, включенный в цепь реле асинхронного режима, должен замкнуться. Подстройка реле РБМ на срабатывание при выбранной величине тока возбуждения СД осуществляется изменением натяжения пружины поворотного барабанчика реле с помощью регулировочного устройства. После настройки и проверки срабатывания реле РБМ величина тока возбуждения СД при нормальной его работе устанавливается в пределах номинальной для конкретного типа двигателя или близкой к ней в зависимости от загрузки СД.

4.5.5. Тормозные электромагниты

Электромагниты различают по роду тока — постоянного и переменного, по величине хода якоря — длинноходовые и короткоходовые и другим признакам.

На вентиляторах главного проветривания для привода тормозных устройств нашли применение трехфазные длинноходовые электромагниты переменного тока типа КМТ.

При проверке электромагнитов следует обратить внимание на надежность крепления к основанию, затяжку болтов и наличие контргаек, чистоту

внутренних частей, отсутствие заедания якоря и перекосов в системе механической связи якоря с тормозной системой. Проверить целостность и нагрев катушек и исправность демпфера. Следует отметить, что полная мощность, потребляемая электромагнитом при включении (при опущенном якоре), существенно возрастает с увеличением зазора в магнитной системе, так как при этом уменьшается реактивное сопротивление. Поэтому ток и мощность при включении катушки могут в 10—20 раз превышать ток и мощность после втягивания якоря. В связи с этим во избежание перегревания катушек необходимо тщательно следить за тем, чтобы при включении якорь полностью притягивался к сердечнику. Начальный ток необходимо учитывать и при выборе уставки автомата, включающего электромагнит. Наличие даже незначительного зазора между сердечником и якорем во включенном состоянии может послужить причиной перегрева или перегорания катушек.

Возможны случаи, когда включенный электромагнит чрезмерно гудит, хотя и развивается нормальное тяговое усилие и до конца притягивает якорь. В этом случае причиной неисправности может быть неправильная сборка или регулировка магнитопровода.

Электромагниты, несмотря на наличие демпфирующих устройств включаются с ударом, что со временем расшатывает все тормозное устройство, вызывает его износ и затрудняет регулировку. Поэтому целесообразно для торможения ряда вентиляторов применять электрогидравлические приводы. Они обладают лучшими тяговыми характеристиками. Замена при этом не представляет сложности. При использовании электрогидравлического привода, кроме улучшения тяговых характеристик, плавности торможения, расширяются возможности регулирования тормозной системы. На рис. 4.43 приведен электрогидравлический толкатель, используемый в качестве привода тормозного устройства.

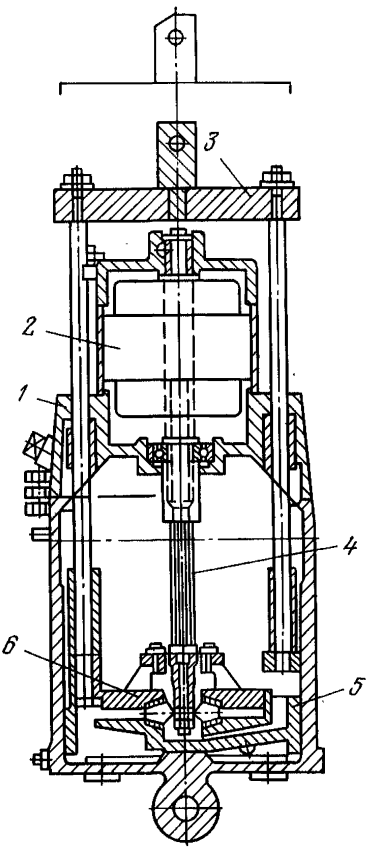


Рис. 4.43. Электрогидравлический толкатель:

1 — корпус; *2* — короткозамкнутый асинхронный двигатель; *3* — ярмо; *4* — вал; *5* — поршень; *6* — крыльчатка насоса

4.5.6. Роторные сопротивления и реостаты

На вентиляторных установках с фазным асинхронным приводом в качестве роторных сопротивлений применяются ящики сопротивлений с чугунными (ЯС) или фехралевыми (КФ) элементами (табл. 4.38) и пусковые реостаты (РМ).

Ящики сопротивлений с фехралевыми элементами применяют в тех же случаях, что и ящики с чугунными элементами. Они имеют те же размеры и примерно те же сопротивления и практически являются взаимозаменяемыми. По сравнению с чугунными фехралевые элементы имеют следующие преимущества: они не бьются, не боятся перегрева (допускают нагрев до 850 °С), сопротивление их очень мало зависит от температуры.

Таблица 4.38

Каталожный номер ящика сопротивлений КФ	Соответствующий номер ящика ЯС-2 с чугунными элементами	Допустимый длительный ток, А (перегрев 270° С)	Сопротивление всего ящика, Ом	Количество ступеней, умноженное на сопротивление ступени, Ом	Сопротивление элемента, Ом	Номер элементов
50 171	5	215	0,1	5×0,0192	0,077	21
50 172	7	181	0,13	5×0,0225	0,102	22
50 173	10	152	0,2	5×0,04	0,116	23
50 174	14	128	0,29	5×0,0575	0,23	24
50 161	20	107	0,385	5×0,077	0,077	21
50 162	28	91	0,51	5×0,102	0,102	22
50 163	40	76	0,8	5×0,16	0,16	23
50 164	55	64	1,15	5×0,23	0,23	24
50 165	80	54	1,6	5×0,32	0,32	25
50 166	110	46	2,1	5×0,42	0,42	26

Таблица 4.39

Ступень роторных сопротивлений	Время запуска, с	Сопротивление, Ом	Среднепусковой ток, А
		На три ступени	
P_0—P_1	$0{,}7T$	$0{,}34kR_н$	$1{,}5I_{ном}$
P_1—P_2	$0{,}2T$	$0{,}10kR_н$	$1{,}8I_{ном}$
P_2—P_3	$0{,}1T$	$0{,}04kR_н$	$2{,}0I_{ном}$
		На четыре ступени	
P_0—P_1	$0{,}60T$	$0{,}55kR_н$	$1{,}4I_{ном}$
P_1—P_2	$0{,}24T$	$0{,}14kR_н$	$1{,}6I_{ном}$
P_2—P_3	$0{,}11T$	$0{,}05kR_н$	$1{,}8I_{ном}$
P_3—P_4	$0{,}05T$	$0{,}025kR_н$	$2{,}0I_{ном}$
		На пять ступеней	
P_0—P_1	$0{,}52T$	$0{,}65kR_н$	$1{,}4I_{ном}$
P_1—P_2	$0{,}25T$	$0{,}19kR_н$	$1{,}6I_{ном}$
P_2—P_3	$0{,}12T$	$0{,}075kR_н$	$1{,}8I_{ном}$
P_3—P_4	$0{,}07T$	$0{,}035kR_н$	$2{,}0I_{ном}$
P_4—P_5	$0{,}04T$	$0{,}015kR_н$	$2{,}0I_{ном}$

Примечание. T — время запуска двигателя, с; k — коэффициент загрузки двигателя,

$$k = \frac{P_ф n_{ном}}{P_н n_ф}, \tag{4.26}$$

где $P_ф$ — фактически потребляемая мощность двигателя, кВт; $P_н$ — установленная мощность, кВт; $n_{ном}$ — номинальная частота вращения вентилятора, об/мин; $n_ф$ — фактическая частота вращения установленного двигателя, об/мин; $R_{р.\,ном}$ — сопротивление одной фазы обмотки ротора, Ом,

$$R_{р.\,ном} = \frac{U_р}{\sqrt{3}\, I_р}, \tag{4.27}$$

$U_р$ — номинальное напряжение ротора, В; $I_р$ — номинальный ток ротора, А.

Пусковые реостаты выбирают по номинальной мощности двигателя и по его роторным данным $E_{р.ном}$, $I_{р.ном}$, наибольшие возможные значения которых приведены на щитке реостата.

В объем работ по ревизии роторных сопротивлений входит:

измерение сопротивлений постоянному току отдельных ступеней и составление схемы соединения роторных сопротивлений;

расчет роторных сопротивлений и сравнение полученных величин с фактическими (табл. 4.39);

проверка правильности присоединения ступеней сопротивления к соответствующим контакторам;

проверка состояния ящиков сопротивления, крепления ящиков к каркасу и исправности их ошиновки, подтяжка гаек стяжных болтов и всех контактов. Искрение в местах соединений при пуске недопустимо;

проверка отсутствия замыкания токоведущих частей на корпус;

настройка схемы управления в соответствии с расчетным временем включения каждого контактора.

При значительном расхождении номинальных значений параметров роторных сопротивлений (по величине омического сопротивления и допустимому току) с расчетными величинами следует произвести их перегруппировку или замену отдельных ящиков.

При сдаче установки в эксплуатацию произвести испытание роторных сопротивлений (масляных реостатов) повышенным напряжением 1000 В в течение 1 мин или мегомметром на напряжение 2500 В.

4.5.7 Конечные выключатели

При работе автоматизированной вентиляторной установки требуется подача импульсов или замыкание определенных цепей управления в зависимости от положения переключающих и реверсивных устройств (ляд, шиберов). Это осуществляется конечными выключателями, которые могут быть установлены на лебедках, у ляд (шиберов) или на перекрытиях каналов.

В качестве конечных выключателей, устанавливаемых на лебедках, применяют механические (с механизмом моментного переключения) конечные выключатели ВК-211. Эти выключатели следует регулировать соответствующей установкой ходовой гайки приводного винта. При наладке выключателей, установленных на лебедках, следует иметь в виду возможность рассогласования между конечным положением ляды и моментом срабатывания выключателя из-за возможной вытяжки каната, изменения длины каната в результате наматывания его на барабан лебедки внавал, люфтов ходовой гайки и т. п.

Выключатели, установленные у ляд (ВВ-5, ВКВ-380), имеют большую точность срабатывания, которая обеспечивается регулировкой тяг или рычагов. Однако, работая в агрессивной шахтной среде, они быстро выходят из строя, а в зимнее время при обледенении могут иметь отказы в работе. Поэтому для установки выключателей непосредственно в каналах вентилятора желательно применять более надежные и совершенные аппараты, чем рычажные конечные выключатели.

Такими аппаратами являются магнитные выключатели ВМ-66 и ВМ4-65.

Типы выключателей определяются количеством исполнительных блоков, входящих в станции управления. В комплект магнитного выключателя ВМ-66 входит станция СВМ-66, датчик ДВМ-65, магнит МВМ-63-1. В комплект магнитного выключателя ВМ4-65 входит станция СВМ4-65, датчик ДВМ-65 — 4—8 шт., магнит МВМ-63-1 — 2—8 шт.

Станции СВМ-66 и СВМ4-65 разрешается устанавливать в помещениях с невзрывоопасной средой, вне помещений (в местах, защищенных от атмосферных осадков и солнечной радиации).

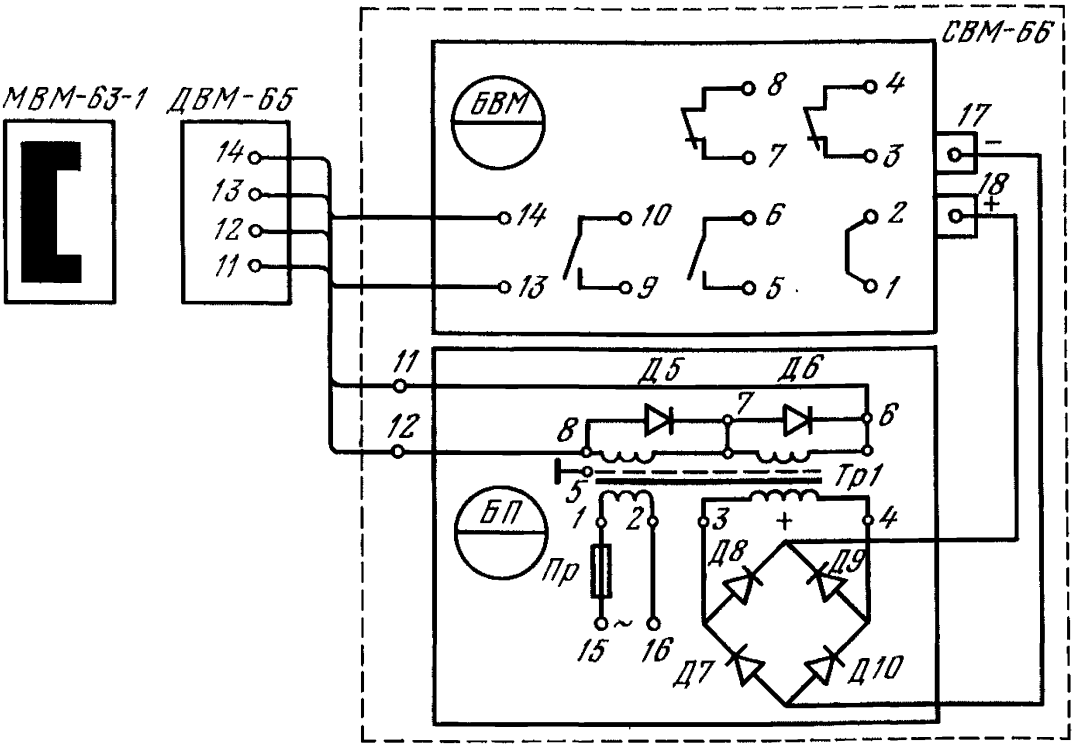


Рис. 4.44. Принципиальная электрическая схема магнитного выключателя ВМ-66:
БВМ — блок магнитного выключателя; *БП* — блок питания

Датчик ДВМ-65 и магнит МВМ-63-1 можно устанавливать в помещениях с высокой влажностью, со взрывоопасной средой, вне помещений (непосредственно в каналах вентилятора).

Основные параметры и габариты выключателей приведены ниже.

Техническая характеристика магнитных выключателей

	ВМ-66	ВМ4-65
Питающее напряжение переменного тока 50 Гц, В	380	
Коммутируемая мощность, В·А, не более		
в цепи переменного тока	500	
в цепи постоянного тока	40	
Допустимое изменение напряжения питающей сети, В	0,8—1,1 $U_{ном}$	
Мощность, потребляемая одним блоком магнитного выключателя, В·А, не более	15	
Максимальный рабочий зазор между датчиком и магнитом, мм	150	
Скорость перемещения источника магнитного поля относительно датчика, м/с, не более	15	
Выходные контакты блока-выключателя	2 размыкающих, 2 замыкающих	
Режим работы	Длительный	
Длина соединительного кабеля датчика при сечении медных жил не менее 0,75 мм², м, не более	1200	
Время срабатывания выключателя, с, не более	0,1	
Время возврата выключателя в состоянии готовности, с, не более	0,1	
Исполнение:		
станции	1Р50 по ГОСТ 14254 — 69 и РН	
датчика	РИ-2,5	
Габариты, мм:		
станции: длина	350	495
ширина	240	485
высота	180	225
датчика: длина	145	
ширина	135	
высота	75	
магнита: длина	230	
ширина	60	
высота	75	

Масса, кг:		
станции	10	30
датчика	2,0	
магнита	2,0	

Электрические принципиальные схемы магнитных выключателей ВМ-66 и ВМ4-65 показаны соответственно на рис. 4.44 и 4.45.

Принцип действия магнитного выключателя основан на изменении электрических параметров датчика под воздействием внешнего магнитного поля.

При использовании магнитных выключателей ВМ для контроля положения ляд на вентиляторных установках зажимы *1* и *2* в блоке БВМ (рис. 4.46) должны быть перемкнуты перемычкой. В этом случае реле *Р2* включается замыкающим контактом реле *Р1*.

При подходе к датчику ДВМ-65 магнита МВМ-63-1 от воздействия его магнитного поля выходной сигнал датчика уменьшается до величины ниже порога чувствительности транзисторного усилителя блока БВМ. Ток в цепи нагрузки усилителя (реле *Р1*) уменьшается до нуля.

Реле *Р1* отключается и размыкает цепь катушки реле *Р2*, которое своими контактами воздействует на схему автоматики и сигнализации контролируемого объекта. После ухода ляды (шибера) из контролируемого положения выключатель автоматически возвращается в исходное состояние.

Для подключения выключателя в цепи схем автоматики на выходные клеммы блока БВМ *5—6* и *9—10* выведены замыкающие, а на клеммы *3—4* и *7—8* размыкающие контакты исполнительного реле *Р2*.

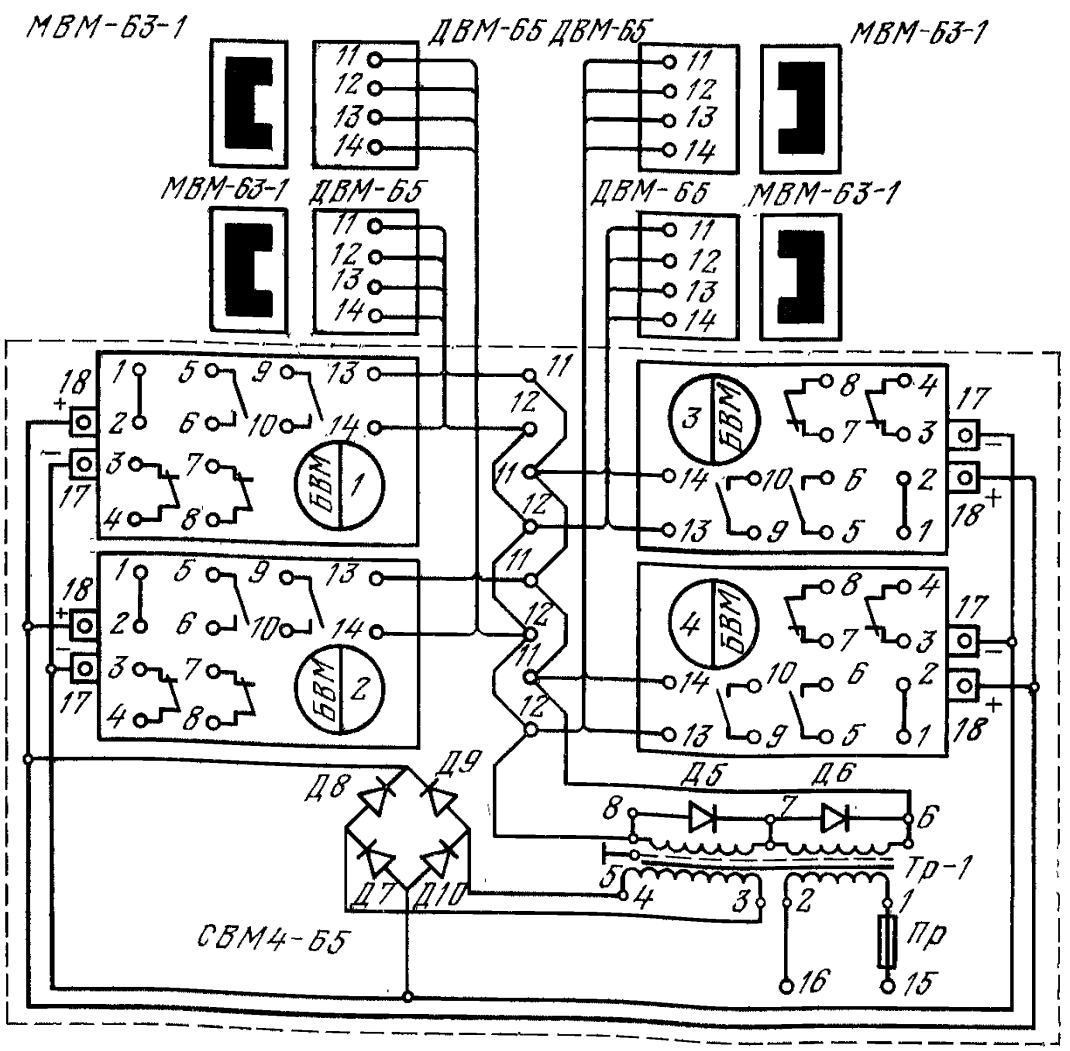


Рис. 4.45. Принципиальная электрическая схема магнитного выключателя ВМ4-65

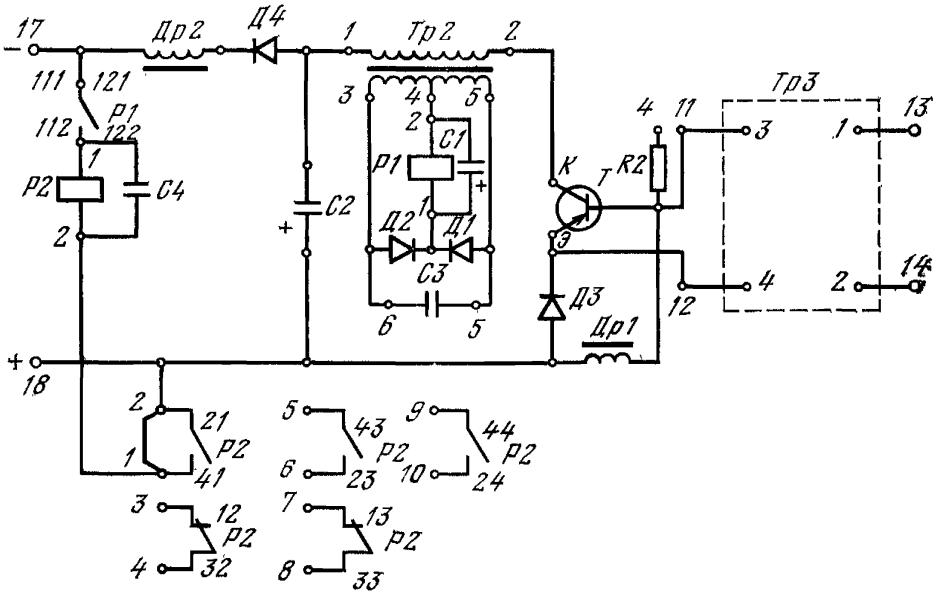


Рис. 4.46. Принципиальная электрическая схема блока БВМ

Примерная установка магнитного выключателя показана на рис. 4.47. Монтаж выключателей заключается в правильной установке датчиков и магнитов, подключении кабеля от датчика к станции управления и к сети питающего напряжения. Датчик следует устанавливать на неподвижных частях или специальных стойках в точках контроля крайних положений ляд (шиберов), а магнит — на ляде (шибере). Станции выключателей устанавливают на щите управления, стойке или стенке, соединяют с датчиками кабелем с медными жилами и заземляют через заземляющую жилу кабеля питания и зажим «земля» на панели. После разделки кабеля и присоединения его к датчику камеру ввода датчика залить соответствующим составом для заливки кабельных муфт по ГОСТ 6997—77. При установке датчика в сухом незапыленном месте камеру ввода можно не заливать.

Магниты МВМ-63-1 устанавливать в соответствии с положением датчика так, чтобы при подходе к датчику магнита его магнитное поле проходило вдоль оси чувствительного элемента датчика. Рабочий зазор между датчиком и магнитом при этом не должен превышать 130 мм. Конструкция крепления датчика должна позволять его перемещение по ходу движения ляды на 10—20 мм в зависимости от скорости движения каната и времени срабатывания выключателя и пускателя электродвигателя лебедки. Возможность такого перемещения позволит выполнить подстройку точки срабатывания магнитного выключателя для обеспечения достаточного усилия прижатия ляд к уплотнениям рам.

Выключатели магнитные ВМ-66 и ВМ4-65 допускают также подключение двух датчиков на каждый блок станции. При этом может быть три варианта подключения. Во всех этих вариантах входные цепи датчиков (клеммы *11—12* на рис. 4.46) подключаются к соответствующим зажимам станции согласованно-параллельно. Выходные цепи датчиков (клеммы *13—14*) могут подключаться к соответствующим зажимам блока БВМ станции согласованно-параллельно (выходное реле блока БВМ под током тогда, когда оба датчика вне магнитного поля), согласованно-последовательно (выходное реле обесточено тогда, когда оба датчика в магнитном поле одного или двух отдельных магнитов), встречно-последовательно (выходное реле под током тогда, когда один из датчиков находится в магнитном поле магнита). Однако при этих вариантах подключения полный самоконтроль схем выключателей нарушается.

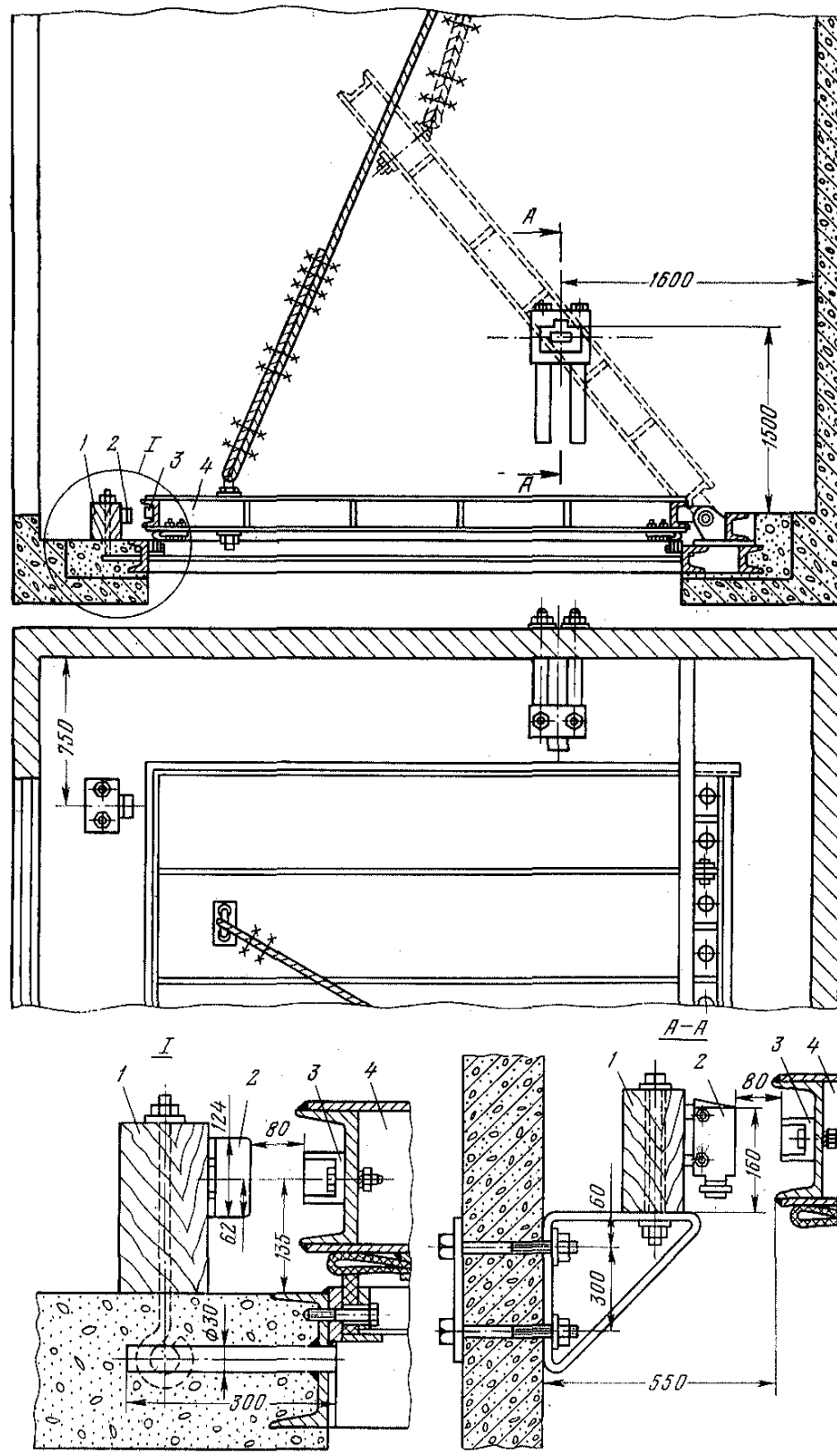


Рис. 4.47. Установка датчика и источника магнитного поля:
1 — деревянный брус; *2* — датчик ДВМ-65; *3* — источник магнитного поля МВМ-63-1; *4* — подвижный объект (ляда)

Соединение выключателей рекомендуется производить кабелем КВРБГ с сечением жил не менее 0,75 мм². При этом для цепей питания и подключения датчиков рекомендуется четырехжильный кабель, для цепей управления с применением ВМ-66 — десятижильный, для цепей управления с применением ВМ4-66 — девятнадцатижильный. Разводка кабеля должна быть выполнена так, чтобы не закрывалась маркировка зажимов и было возможно извлечение блоков БВМ без снятия хомутов, крепящих кабель внутри станции.

После окончания монтажа и проверки его качества произвести включение схемы. Затем, соблюдая меры предосторожности, выполнить несколько пробных перемещений ляд для проверки правильной работы выключателя. Убедившись в четкой работе выключателей, произвести несколько перемещений ляд в нормальном режиме работы.

4.5.8. Полупроводниковые выпрямительные элементы

В электрических схемах вентиляторных установок из полупроводниковых выпрямительных элементов наибольшее распространение получили селеновые выпрямители, диоды средней мощности и силовые кремниевые вентили.

Селеновые выпрямители. Допустимая плотность тока для селеновых выпрямителей составляет 35—50 мА на 1 см² рабочей поверхности. Значения выпрямленного тока и внутреннего сопротивления для селеновых диодов различных размеров при температуре +35 °С приведены в табл. 4.40.

По допустимому напряжению на один элемент селеновые выпрямители делятся на шесть классов: В-20В, Г-25В, Д-30В, Е-35В, Н-40В, К-45В.

Выпрямительные диоды средней мощности и силовые кремниевые вентили. Основной характеристикой полупроводни-

Таблица 4.40

Электрические параметры	Размеры селеновых шайб, мм						
	диаметр шайбы						
	5	7,5	18	25	35	45	100
Максимально допустимый ток, мА	1,2	6	40	75	150	300	1500
Внутреннее сопротивление одной шайбы при максимальном токе, Ом	300	90	15	5	2,5	1,2	0,15

Продолжение табл. 4.40

Электрические параметры	Размеры селеновых шайб, мм				
	сторона квадрата				
	40	60	75	90	100
Максимально допустимый ток, мА	300	600	1200	1500	2000
Внутреннее сопротивление одной шайбы при максимальном токе, Ом	1,2	0,5	0,25	0,15	0,12

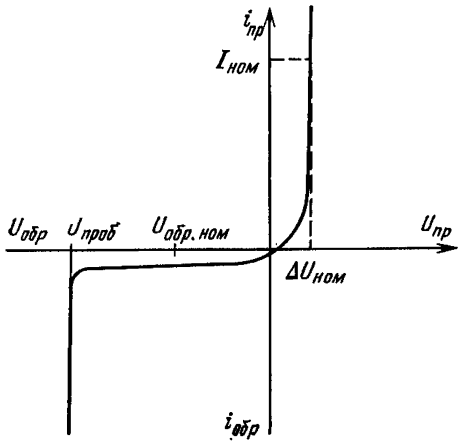


Рис. 4.48. Вольт-амперная характеристика диода

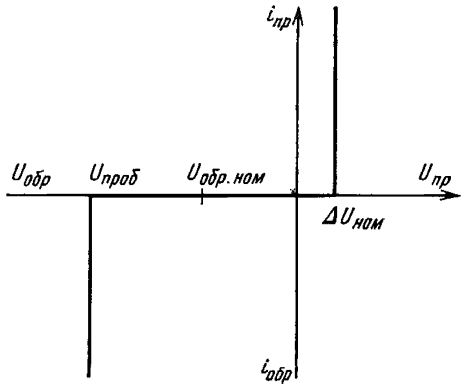


Рис. 4.49. Упрощенная вольт-амперная характеристика силового кремниевого вентиля

кового выпрямительного элемента является зависимость тока диода i от приложенного к нему напряжения U (рис. 4.48). При расчетах выпрямителей с силовыми кремниевыми вентилями на практике часто пользуются упрощенными и линеаризованными вольтамперными характеристиками (рис. 4.49). Основными параметрами полупроводниковых выпрямительных элементов являются:

номинальный рабочий ток (среднее значение) $I_{ном}$;

номинальное обратное напряжение (амплитудное) $U_{обр.ном}$;

прямое падение напряжения на вентиле при номинальном токе (среднее значение) $\Delta U_{ном}$.

Параметры выпрямительных диодов и силовых кремниевых вентилей приведены в табл. 4.41 и 4.42.

Выпускаемые промышленностью лавинные кремниевые вентили типа ВКДЛ отличаются от вентилей типа ВК2 тем, что они способны рассеивать значительные мощности в непроводящем направлении. Это свойство лавинных вентилей позволяет использовать их в тех случаях, когда в электрической цепи возможны перенапряжения.

В зависимости от величины обратного номинального напряжения силовые кремниевые вентили делятся на классы. Номер класса наносится на корпус вентиля и обозначает в сотых долях единицу обратного номинального напряжения. В зависимости от прямого падения напряжения вентили делятся на группы А, Б, В, Г и т. д. Величина прямого падения напряжения вентиля указывается в вольтах на его корпусе. Например, нанесенная на корпус вентиля, маркировка ВК-200 8 кл. 0,47 В обозначает: ВК — тип вентиля; 200 — номинальный рабочий ток, А; 8 кл.— номинальное обратное напряжение 800 В; 0,47 В — прямое падение напряжения (группа Г).

Указания по применению. При установке полупроводниковых приборов изгиб выводов следует производить на расстоянии 5—10 мм от корпуса прибора. Это предотвратит появление трещин в изоляторах и повреждение прибора. Крепление мощных диодов производить с использованием всех точек и средств крепления. При этом особое внимание следует уделять надежности теплового контакта между корпусом полупроводникового прибора и радиатором. Нельзя располагать полупроводниковые приборы вблизи источников тепла. Пайку полупроводниковых приборов следует производить на расстоянии не менее 10 мм от корпуса прибора с обеспечением теплоотвода (плоскогубцы, пинцет и пр.) между корпусом прибора и местом пайки, так как даже при кратковременном превышении температуры сверх допусти-

Таблица 4.41

Выпрямительный диод	Максимальный выпрямленный ток, А	Максимальная амплитуда обратного напряжения, В		Прямое падение напряжения, В, не более	Обратный ток при максимальной амплитуде обратного напряжения, мА	Диапазон рабочих температур, °С	Охлаждение
		при +20 °С	при максимальной рабочей температуре				
Д302	1	200	40	0,30	0,8	—60—+70	Естественное с дополнительным отводом
Д303	3	150	30	0,35	1,0		
Д304	5	100	25	0,30	2,0		
Д305	10	50	20	0,35	2,5		
Д202	0,4	100	100	1,0	0,5		
Д203	0,4	200	200	1,0	0,5	—60—+125	То же
Д204	0,4	300	300	1,0	0,5		
Д205	0,4	400	400	1,0	0,5		
Д226Б	0,3	400		1,0	0,1		
Д226В	0,3	300		1,0	0,1	—60—+125	Естественное
Д226Г	0,3	200		1,0	0,1		
Д226Д	0,3	100		1,0	0,1		
Д242	10 *	100	100	1,0	3,0	Е	Естественное с дополнительным отводом
Д242А	10	100	100	1,0	3,0		
Д242Б	5 **	100	100	1,0	3,0	—60—+125	
Д243	10 *	200	200	1,0	3,0		
Д243А	10	200	200	1,0	3,0		
Д243Б	5 **	200	200	1,0	3,0		
Д244	10 *	50	50	1,0	3,0		
Д244А	10	50	50	1,0	3,0		
Д244Б	5 **	50	50	1,0	3,0		
Д245	10 *	300	300	1,0	3,0		
Д245А	10	300	300	1,0	3,0		
Д245Б	5 **	300	300	1,0	3,0		
Д246	10 **	400	400	1,0	3,0	—60—+125	
Д246Б	5 **	400	400	1,0	3,0		
Д247	10 **	500	500	1,0	3,0		
Д247Б	5 **	500	500	1,0	3,0		
Д248Б	5 **	600	600	1,0	3,0		
КД202А	3	50	50	1,0	1,0		То же
КД202Б	3 ***	50	50	1,0	1,0		
КД202В	3	100	100	1,0	1,0		
КД202Г	3 ***	100	100	1,0	1,0		
КД202Д	3	200	200	1,0	1,0		
КД202Е	3 ***	200	200	1,0	1,0	—60—+130	
КД202Ж	3	300	300	1,0	1,0		
КД202И	3 ***	300	300	1,0	1,0		
КД202К	3	400	400	1,0	1,0		
КД202Л	3 ***	400	400	1,0	1,0		
КД202М	3	500	500	1,0	1,0		
КД202Н	3 ***	500	500	1,0	1,0		
КД202Р	3	600	600	1,0	1,0		
КД202С	3 ***	600	600	1,0	1,0		

* При температуре +130 °С снижается до 5 А.
** При температуре +130 °С снижается до 2 А.
*** При температуре +130 °С снижается до 1 А.

Рис. 4.50. Схема включения шунтирующих резисторов и цепочек *RC*

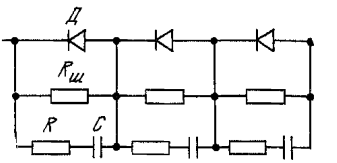


Таблица 4.42

Параметры	Силовые кремниевые вентили			
	ВК-10	ВК-50	ВК-200	ВКДЛ-200
Номинальный ток вентиля (средний), А	10	50	200	200
Номинальное обратное напряжение (амплитудное), В	50—1000	50—1000	50—1000	50—1000
Прямое падение напряжения (среднее), В	0,4—0,7	0,4—0,7	0,5—0,65	0,5—0,65
Обратный ток, мА	2	10	20	—
Температура окружающей среды, °С	—50—+110	—50—+110	—50—+110	—50—+110
Способ охлаждения при номинальной нагрузке	Естественное воздушное	Принудительное воздушное		

мой полупроводниковый прибор может необратимо разрушиться. Толщину медных или алюминиевых пластин, служащих радиатором, выбирают не менее 1 мм для диодов в корпусах, имеющих винты с резьбой М4 или М5, и не менее 3 мм — для диодов в корпусах, имеющих винты с резьбой М6. Площадь теплоотводящей пластины следует выбирать из расчета 20 см² на 1 А выпрямленного тока.

При последовательном соединении выпрямительных диодов во избежание неравномерного распределения обратного напряжения каждый диод *Д* следует шунтировать резистором $R_ш$, а для защиты вентиля от коммутационных перенапряжений каждый вентиль выпрямителя необходимо шунтировать последовательной цепочкой *RC* (рис. 4.50). Например, для вентилей ВК-200 7 кл. могут быть приняты следующие величины *R* и *C*:

$$R = 20 \text{ Ом}; \quad 75 \text{ Вт}; \quad C = 4 \text{ мкФ}; \quad 500 \text{ В}.$$

Перед сборкой выпрямителя проверить омметром сопротивление каждого полупроводникового элемента в прямом и обратном направлениях. Хорошие диоды имеют сопротивление в прямом направлении 20—200 Ом, а в обратном — более 1 МОм.

При проверке стабилитронов пропустить обратный ток от источника постоянного тока, равный току стабилизации. В течение 3—5 мин замерить напряжение на стабилитроне. Оно должно быть постоянным и равным напряжению стабилизации.

После включения выпрямителя в работу следует проверить установившуюся температуру нагрева диодов. Максимально допустимые температуры: для германиевых диодов 80 °С и кремниевых — 135 °С.

Таблица 4.43

Термодатчик	Терморезистор КМТ-1, кОм	Резистор МЛТ (шунтирующий), кОм	Общее сопротивление датчика при 20 °С, кОм	Предел контроля температуры, °С
ТД-70-100	22	30	12	+40—90
ТД-70-200	22	30	12	+40—90
ТД-70-350	22	30	12	+40—90
ТД-100-100	56	30	20	+70—120
ТД-150-100	220	30	26	+120—170

4.5.9. Контроль температуры

В аппаратуре, применяемой для контроля температуры подшипников вентиляторных установок, используют различного рода элементы, реагирующие на изменение температуры. Наибольшее распространение получили полупроводниковые и проволочные терморезисторы. Действие терморезисторов основано на свойстве материалов, из которых они изготовлены, уменьшать или увеличивать свое сопротивление при увеличении температуры.

Из полупроводниковых терморезисторов широкое применение нашли медно-марганцевые ММГ и кобальто-марганцевые КМТ.

Технические данные термодатчиков с терморезисторами КМТ-1 для аппарата КТТ-1 приведены в табл. 4.43.

Проверку датчиков аппарата КТТ-1 производят замером общего сопротивления датчика, помещенного в воду или другую среду с температурой +20 °С. У исправных датчиков сопротивления будут примерно одинаковыми. При больших отклонениях показаний отдельных термодатчиков следует отсоединить шунтирующий резистор, расположенный в корпусе головки термодатчика и замерить сопротивление терморезистора при температуре +20 °С. Допускается отклонение величин сопротивлений, от приведенных в табл. 4.43, не более ±20 %. При бо́льших отклонениях датчик подлежит замене.

Датчики проверяют на целостность цепи терморезистора и соответствие величины сопротивления данным, полученным по формуле

$$R = R_0[1 + \alpha(t - t_0)], \qquad (4.28)$$

где R — сопротивление датчика при температуре t, Ом; R_0 — сопротивление датчика при температуре t_0, при которой изготовлен датчик, Ом (200 Ом при 0 °С и 240 Ом при 40 °С); α — температурный коэффициент сопротивления, для меди $\alpha = 0{,}004$.

При повышении температуры более 40 °С приближенно можно принимать прирост сопротивления на величину 1 Ом на каждый градус.

С электронными приборами типа ЭМДС-26 и МС-1 применяют терморезисторы ТСП и ТСМ, выполненные из платиновой или медной проволоки. В зависимости от сопротивления чувствительного элемента R при 0 °С платиновые термометры имеют условные обозначения градуировки: гр. 20 (R_0 = =10,00 Ом); гр. 21 (R =46,00 Ом); гр. 22 (R_0=100,00 Ом); медные термометры — гр. 23 (R_0=53,00 Ом) и гр. 24 (R_0=100,00 Ом) табл. 4.44.

К прибору присоединяются термометры той градуировки, на которую рассчитан прибор. Условная градуировка и пределы измерения указаны на головках датчиков. Все термометры одной и той же градуировки взаимозаменяемы. Сопротивления проводов термометра должны быть равными 2,5± ±0,01 Ом. Отклонение сопротивления от указанных величин нарушает градуировку прибора.

Для уменьшения влияния изменения сопротивления соединительных проводов термометра (в связи с изменением их температуры) на показания

Таблица 4.44

t, °С	R, Ом	t, °С	R, Ом	t, °С	R, Ом
		Гр. 21			
0	46,00	70	58,65	140	71,03
10	47,82	80	60,43	150	72,78
20	49,64	90	62,21	160	74,52
30	51,45	100	63,99	170	76,26
40	53,26	110	65,76	180	77,99
50	55,06	120	67,52	190	79,71
60	56,86	130	69,28	200	81,43
		Гр. 22			
0	100,00	70	127,49	140	154,41
10	103,96	80	131,37	150	158,21
20	107,91	90	135,24	160	162,00
30	111,85	100	139,10	170	165,78
40	115,78	110	142,95	180	169,54
50	119,70	120	146,78	190	173,29
60	123,60	130	150,60	200	177,03
		Гр. 23			
0	53,00	80	71,06		
10	55,26	90	73,32		
20	57,52	100	75,58		
30	59,77	110	77,84		
40	62,03	120	80,09		
50	64,29	130	82,35		
60	66,55	140	84,61		
70	68,81	150	86,87		
		Гр. 24			
0	100,00	80	134,08		
10	104,26	90	138,34		
20	108,52	100	142,60		
30	112,78	110	146,86		
40	117,04	120	151,12		
50	121,30	130	155,38		
60	124,56	140	159,64		
70	129,82	150	163,90		

Примечание. Для термометров гр. 20 все значения R, приведенные в таблице для гр. 22, разделить на 10.

прибора, присоединение термометров в приборах осуществляют по трехпроводной схеме. В этом случае соединительные провода оказываются расположенными в двух соседних плечах моста, так что однозначное изменение их сопротивления компенсируется.

Для защиты от внешних механических повреждений и уменьшения влияния внешних магнитных полей на показания прибора все три соединительные провода следует прокладывать перевитыми, без петель в стальных трубах, стыки труб сваривать.

Перед подключением термометра к прибору необходимо произвести подгонку сопротивлений соединительных проводов. Подготовку производить

с помощью катушек сопротивления. Рекомендуется следующий порядок подгонки сопротивлений линии:

1) закоротить зажимы в головке термометра сопротивления, к которым присоединяются провода, идущие от прибора;

2) измерить сопротивление попарно между проводами, идущими от термометра. По результатам измерения определить сопротивление (Ом) каждого провода, идущего от термометра по формулам

$$R_A = \frac{(R_A + R_Б) + (R_A + R_C) - (R_Б + R_C)}{2}; \quad (4.29)$$

$$R_Б = \frac{(R_A + R_Б) - (R_A + R_C) + (R_Б + R_C)}{2}; \quad (4.30)$$

$$R_C = \frac{-(R_A + R_Б) + (R_A + R_C) + (R_Б + R_C)}{2}; \quad (4.31)$$

3) снять уравнительные катушки с соответствующей панели;

4) уменьшить сопротивление катушек на величины сопротивлений проводов, в цепи которых они включены таким образом, чтобы суммарное сопротивление каждого провода, идущего от термометра к зажимам *А* и *Б* прибора, и остатка катушки R_A равнялось 2,5±0,01 Ом;

5) установить катушки на место.

После подгонки сопротивлений линии присоединить термометр к прибору.

Электрическая изоляция термометра должна выдерживать в течение 1 мин испытательное напряжение практически синусоидального переменного тока 500 В частотой 50 Гц при температуре 20±5 °С и относительной влажности окружающего воздуха до 80 %. Сопротивление электрической изоляции между обмотками и корпусом при температуре 20±5 °С и относительной влажности до 80 % для всех термометров — 20 МОм.

Кроме термометров сопротивления для измерений температуры и сигнализации о предельно допустимых температурах на вентиляторных установках применяют манометрические сигнализирующие термометры ТСМ-100, представляющие собой парожидкостные термометры с электроконтактным устройством.

Принцип действия прибора основан на зависимости между температурой и давлением насыщенных паров хлорметила, заключенных в герметически замкнутой термосистеме, состоящей из термобаллона, соединительного капилляра и манометрической пружины. При повышении температуры термобаллона увеличивающееся в нем давление передается по капилляру в манометрическую пружину и вызывает ее упругую деформацию. Деформация пружины посредством рычажного передаточного механизма вызывает отклонение стрелки на шкале прибора. С осью стрелки жестко связаны контакт-

Таблица 4.45

Термометр	Пределы измерения °С		Интервалы температур, °С		Цена деления, °С	Допустимая погрешность показания прибора при температуре окружающей среды +20 ± 5° С	
	от	до	от	до		%	°С
ТСМ-100	0	100	0	40	5	±4	±4
			40	100	2	±2,5	±2,5

Примечание. Разрывная мощность контактов не более 25 В·А при напряжении 220 В.

ные щетки, скользящие по двум секторам с контактами. Один из секторов связан с желтым, а другой — с красным передвижными указателями.

При установке указателя при помощи рычага на определенную отметку шкалы замыкание соответствующего контакта происходит при совпадении конца стрелки с концом указателя. При повышении температуры происходит замыкание контакта, соответствующего красному указателю, причем первый контакт, соответствующий желтому указателю, остается замкнутым.

Пределы измерения, цена деления и величины допустимых погрешностей термометров ТСМ-100 приведены в табл. 4.45.

4.5.10. Электроконтактные манометры

Для целей блокировки, электрической сигнализации и автоматического управления применяют электроконтактные манометры. Эти манометры конструктивно одинаковы с обычными и отличаются лишь наличием специальных электрических контактов. Манометр имеет два контакта, которые при снижении (повышении) давления, ниже (выше) допустимого, замыкаются, подавая световой или звуковой сигнал или импульс в цепи автоматики. Разрывная мощность контактов 10 В·А при максимальном токе 1 А. Контактное устройство рассчитано для работы в цепи переменного напряжения до 380 В или постоянного — до 220 В.

На вентиляторных установках такие манометры (ЭКМ-IV) применяют для контроля давления масла в маслосистеме при принудительной смазке подшипников. Подвижные контакты манометров настраиваются на заданные верхний и нижний пределы давления. Нижний предел рекомендуется настраивать на 0,3 даН/см^2, при достижении которого включается резервный маслонасос и верхний предел настройки 2,5—4 даН/см^2, при достижении которого отключается резервный маслонасос и подается предупредительный сигнал. Следует иметь в виду, что при переменной нагрузке рабочее давление не должно превышать $^2/_3$, а при длительной — $^3/_4$ верхнего предела измерения по шкале прибора. Даже кратковременная работа манометра при нагрузке, превышающей верхний предел измерения, не разрешается.

4.6. СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ, ЗАЩИТЫ И КОНТРОЛЯ

4.6.1. Вторичные цепи

Для дистанционного управления коммутационными аппаратами и для контроля за работой оборудования служат вспомогательные устройства, состоящие из контрольно-измерительных приборов, аппаратов управления и сигнализации, релейной защиты и автоматики и соответствующих цепей управления, т. е. вторичные устройства с цепями вторичной коммутации.

Неполадки во вторичных цепях могут привести не только к отказам в переключениях, но и к крупным авариям. Поэтому аппаратуру и цепи управления, защиты, блокировок и сигнализации следует периодически осматривать, очищать и при необходимости ремонтировать.

При внешнем осмотре проверить соответствие выполнения устройства проекту и качество его монтажа. В частности проверить отсутствие видимых повреждений (обрывов, изломов, повреждений изоляции), надежность крепления проводов и кабелей на панелях, наличие изоляционных прокладок между проводами и крепящими их скобами, наличие различных надписей на панелях и отдельных аппаратах и соответствие их исполнительным схемам и инструкциям для дежурного персонала.

Особое внимание обратить на надежность контактных соединений и присоединений к аппаратуре. Одновременно необходимо проверить наличие и состояние технической документации: схем, расчетов, уставок защит и пр.

Проверку схемы под напряжением проводить при отключенной силовой цепи после настройки аппаратуры, испытания изоляции вторичных цепей и определения полярности подаваемого напряжения.

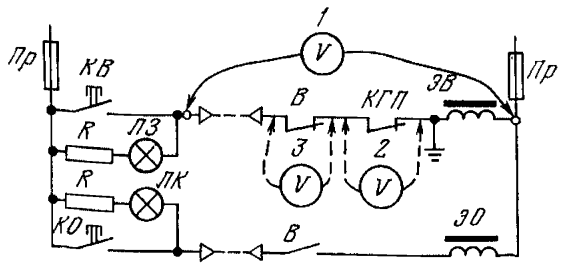


Рис. 4.51. Определение неисправности в схеме с помощью вольтметра

При включении вновь вводимой электроустановки произвести измерение сопротивления изоляции измерительных трансформаторов, реле, контрольной проводки и контрольных кабелей по отношению к земле, между жилами или проводами, принадлежащими к одной и той же цепи, и между несвязанными цепями. При этом сопротивление изоляции измерять по участкам (вторичные обмотки трансформаторов тока, контрольный кабель, панель защиты) и всему устройству в целом.

Диспетчерские щиты, пульты управления, панели телемеханики и другие электроустановки, где применена слаботочная аппаратура, следует испытывать мегомметрами на напряжение 500 В (например, М163, М154, М173). Если в установке имеются элементы, которые могут быть при этом повреждены, как, например, конденсаторы, выпрямители, элементы слаботочной техники, то на это время их следует отключить или закоротить.

Наименьшие величины сопротивлений изоляции и испытательных напряжений см. раздел 4.2. Для предварительной оценки состояния изоляции отдельных элементов схемы можно использовать следующие средние величины сопротивлений (МОм) исправной изоляции:

провода и реле на изоляционной панели	100
провода и реле на металлической панели	50
кабели длиной 200 — 300 м	25
обмотки встроенных трансформаторов тока без цепей	10—20
вторичные обмотки выносных трансформаторов тока	50—100
элементы привода масляного выключателя	15—25

При первой подаче оперативного напряжения следует убедиться, что в схеме нет короткого замыкания. Для этого необходимо установить только один предохранитель, а вместо второго включить контрольную лампу. При отсутствии короткого замыкания лампа не горит или горит неполным накалом. Эта лампа должна иметь возможно меньшее внутреннее сопротивление (мощность лампы порядка 150—200 Вт). После подачи оперативного напряжения проверить четкость срабатывания, последовательность работы элементов схемы и всей схемы в целом во всех режимах работы, предусмотренных схемой. Работу элементов защиты, сигнализации, автоматики проверяют имитацией аварийных и ненормальных режимов работы оборудования путем замыкания от руки контактов, реле защиты, технологических датчиков и т. п. При проверке схемы под напряжением возможны случаи отказа в работе отдельных элементов и узлов схемы.

Поиск неисправности в схеме управления масляным выключателем с пружинным приводом с помощью вольтметра показан на рис. 4.51.

Рассмотрим простейший случай неисправности — нарушение цепи в блок-контактах выключателя *В*. Внешний признак повреждения — не горит лампа *ЛЗ*. Для выявления неисправного элемента следует:

1. Проверить вольтметром целостность предохранителей.
2. Проверить целостность нити лампы *ЛЗ*.
3. При подключении вольтметра по схеме *1* (см. рис. 4.51) значительное отклонение стрелки вольтметра свидетельствует о целостности цепи резистора *R* и лампы *ЛЗ* и об обрыве в последующей цепи электромагнита включения *ЭВ*.
4. Проверить наличие цепи в контактах *В* и *КГП*.

При подключении вольтметра параллельно контактам *КГП* по схеме *2* (см. рис. 4.51) показания вольтметра равны нулю и, следовательно, контакт *КГП* замкнут. Отклонение стрелки вольтметра, подключенного параллельно контактам *В* (схема *3*), свидетельствует о разрыве цепи в этом контакте, что является причиной неисправности.

При работе в оперативных цепях следует, как правило, пользоваться высокоомным вольтметром, так как использование низкоомных приборов может привести к ложному срабатыванию аппаратов схемы. Так, в рассматриваемой схеме (при исправности цепи включения) подключение низкоомного вольтметра или контрольной лампы параллельно сигнальной лампе *ЛЗ* с добавочным сопротивлением может вызвать срабатывание катушки включения *ЭВ* и, следовательно, самопроизвольное включение выключателя. Лампы накаливания можно применять только при проверке целостности предохранителей и определении короткого замыкания в схеме. В таких случаях, например, как при замыкании на землю (см. рис. 4.51) для определения повреждения в схеме необходимо параллельно кнопке включения присоединить лампу накаливания, которая будет гореть в этом случае полным накалом.

Определение повреждения описанным выше способом с помощью вольтметра невозможно, так как показания вольтметра, включенного параллельно кнопке включения, практически не будут отличаться от его показаний при отсутствии замыкания на землю, поскольку сопротивление последовательно включенной катушки включения электромагнита *ЭВ* незначительно по сравнению с внутренним сопротивлением вольтметра.

4.6.2. Схемы управления асинхронным приводом

Из достаточно большого разнообразия схем включения сопротивлений в цепи ротора электродвигателя наибольшее распространение имеют контакторные схемы. Пусковые сопротивления замыкаются накоротко по ступеням при помощи контакторов ускорения, для управления которыми используют все величины, изменяющиеся в процессе пуска. Управление может быть осуществлено: в функции пути проводимого двигателем механизма; в функции тока; в функции скорости; в функции времени; в функции ускорения электропривода и т. д.

На крупных вентиляторных установках для автоматического пуска электродвигателей с фазным ротором применяют комбинированный метод — в функции времени и тока или только в функции времени. И в том и в другом случае отключение очередной ступени сопротивления производится тогда, когда по мере разгона двигателя величина его момента незначительно превышает момент сопротивления, создаваемый вентилятором.

На рис. 4.52 приведена принципиальная электрическая схема роторной станции при автоматическом пуске асинхронного электродвигателя с фазным ротором вентилятора ВРЦД-4,5. Управление контакторами ускорения производится в функции времени и тока при помощи электромагнитных реле времени постоянного тока серии РЭВ-800 и реле переменного тока серии РЭ-5600, катушки которого *РТУ* включены в цепь статора через трансформаторы тока *ТТа* и *ТТс*.

При включении автоматов *А1* и *А2* включаются реле контроля напряжения *РН2* и реле времени *РУ1*, *РУ2*, *РУ3* и *РУ4*. Роторная станция управления готова к пуску двигателя. После включения масляного выключателя по цепи статора двигателя протекает пусковой ток, под действием которого включается реле *РТУ* и замыкает контакт *РТУ* (*51—9*). Одновременно замыкается контакт реле размножения контактов масляного выключателя *РПВ* (*5—21*), подавая питание на цепи управления контакторами ускорения, и размыкается контакт *РПВ* (*51—8*) в цепи реле *РУ1* (*65—52*). Но так как в первый момент ток статора большой и реле *РТУ* включено, то реле *РУ1* обтекается током по цепи: *51* — контакт *РТУ* — *9* — размыкающий контакт *У1* — *65* —катушка реле *РУ1* — *52*. При пуске двигателя в функции тока и

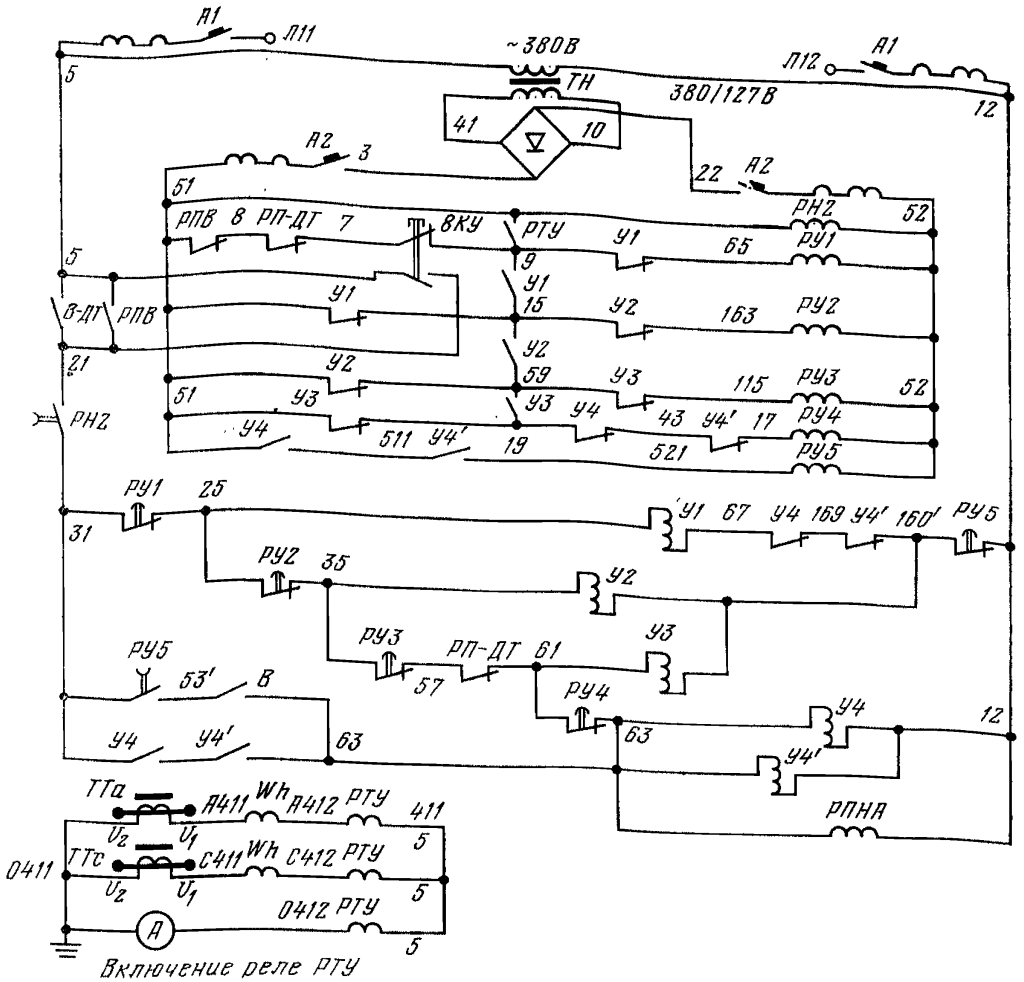


Рис. 4.52. Принципиальная электрическая схема роторной станции управления

времени включение контактора ускорения может произойти только в том случае, если ток двигателя уменьшится до значения уставки тока отключения реле ускорения *РТУ* и истечении выдержки времени реле *РУ1*, которое обесточивается после отключения реле *РТУ*. Включением контактора *У1* отключается часть роторного сопротивления, в статоре двигателя происходит бросок тока, в результате которого реле *РТУ* снова включается, удерживая включенным реле *РУ2* по цепи: *51* — замыкающий контакт *РТУ* — замыкающий контакт *У1* — *15* — размыкающий контакт *У2* — катушка реле *РУ2*—*52*. При уменьшении тока статора до величины уставки тока отключения реле *РТУ* оно отключается, обесточивая реле *РУ2*, которое с выдержкой времени замыкает свой контакт в цепи контактора ускорения *У2*. Включение последующих контакторов ускорения происходит аналогично двум первым. Причем, после включения двух параллельно соединенных контакторов ускорения *У4* и *У4'* они самоблокируются и своими замыкающими блок-контактами *У4* и *У4'* (*51*—*511*—*521*) включают реле *РУ5*. Это реле контактом *РУ5* (*160'*—*12*) размыкает цепи управления контакторов *У1*, *У2*, *У3*, которые, отпадая, своими блок-контактами включают реле ускорения *РУ2* и *РУ3*, подготавливая станцию к работе в режиме динамического торможения. Пуск закончен.

Для остановки вентилятора отключается двигатель от сети переменного тока и включается масляный выключатель динамического торможения. При этом цепи управления контакторами ускорения получают питание через замкнувшийся контакт *В-ДТ* (*5—21*). Одновременно с этим размыкается контакт реле *РП—ДТ* (*8—7*) в цепи реле ускорения *РУ1* и замыкается контакт реле *РП—ДТ* в цепи контактора, включающего двигатель генератора динамического торможения. Контактом *РП—ДТ* (*8—7*) реле *РУ1* обесточивается и с выдержкой времени замыкает свой контакт в цепи контактора *У1*, который в свою очередь размыкает цепь реле *РУ2*. Реле *РУ2* с выдержкой времени отключается и своим контактом замыкает цепь контактора *У2*. После истечения расчетного времени торможения (180 с) отключается масляный выключатель динамического торможения и контактом *В-ДТ* (*5—21*) размыкает цепь питания контакторов ускорения. Контакторы отключаются, торможение закончено, схема пришла в исходное состояние. Для более эффективного торможения вентиляторов динамическим торможением целесообразно включать также контакторы *У3*, *У4* и *У4'*, так как вентилятор в процессе остановки сам создает тормозной момент за счет аэродинамического сопротивления, поэтому исключается возможность неустойчивой работы асинхронного двигателя в режиме динамического торможения даже при полностью закороченном роторе, что к примеру недопустимо для остановки шахтных подъемных машин.

Испытания и регулировка автоматов, контакторов, реле постоянного и переменного тока даны в разделе 4.5. Уставки реле времени и тока следует проверить на соответствие с проектными. При несоответствии смонтированного оборудования проекту уставки реле тока должны сверяться с токами, допустимыми для цепей роторных обмоток и роторных сопротивлений.

4.6.3. Схемы управления синхронным приводом

Для синхронных электродвигателей, выпускаемых в настоящее время, применяется асинхронный пуск, когда обмотка возбуждения замкнута на разрядное сопротивление или на якорь возбудителя. Величина разрядного сопротивления выбирается 5—10-кратной от сопротивления обмотки возбуждения, что практически предохраняет обмотку от пробоя и обеспечивает отсутствие значительных провалов на кривой пускового момента двигателя. На рис. 4.53 показаны кривые моментов синхронного электродвигателя при асинхронном пуске. В период разгона до половины синхронной скорости момент, создаваемый обмоткой возбуждения, положительный и способствует разгону электродвигателя; после достижения 50 % скорости этот момент становится отрицательным (тормозным). Кривая результирующего момента имеет провал (точка *А*) и, если величина момента сопротивления механизма в точке *А* больше результирующего асинхронного момента электродвигателя, то двигатель не сможет разогнаться до подсинхронной скорости и будет работать с установившейся скоростью в этой точке. Эту особенность надо учитывать при наладке схем пуска синхронных двигателей как с разрядным сопротивлением, выбирая правильно его величину, так и схем с глухоподключенным возбудителем.

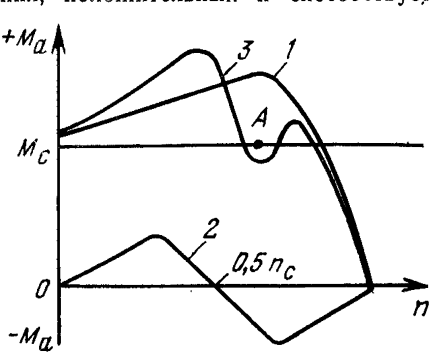


Рис. 4.53. Кривые моментов синхронного электродвигателя при асинхронном пуске: *1* — асинхронного момента; *2* — момента, создаваемого обмоткой возбуждения; *3* — результирующая этих моментов

На рис. 4.54 приведены применяемые в практике схемы включения

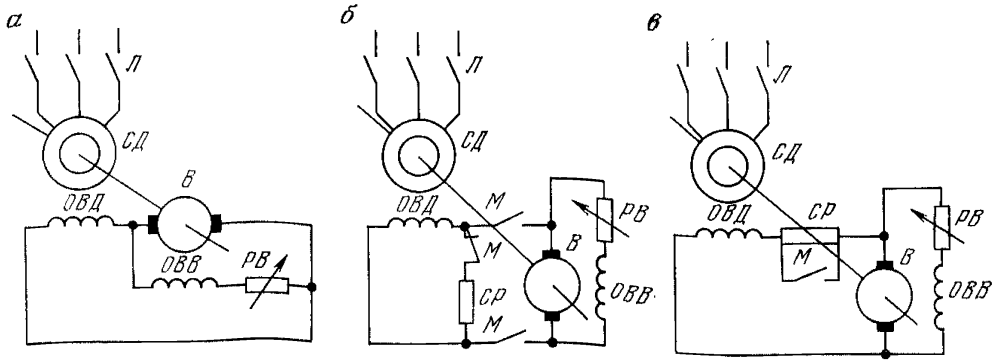


Рис. 4.54. Схемы включения обмотки возбуждения синхронного двигателя при пуске

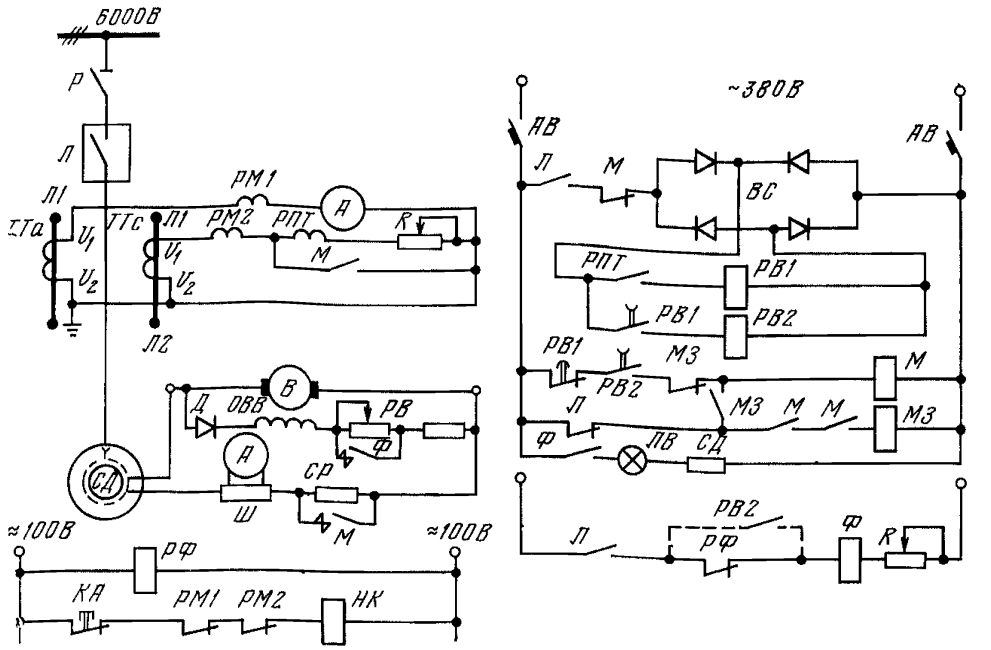


Рис. 4.55. Схема пуска синхронного электродвигателя со станцией управления ПН-7304

обмотки возбуждения при пуске синхронного двигателя *СД*. Если момент статического сопротивления в процессе пуска не превышает 40 % номинального момента двигателя, то целесообразно применить пуск с глухим подключением возбудителя *В* к обмотке возбуждения ротора электродвигателя *ОВД* (рис. 4.54, *а*). В этом случае значительно упрощается схема синхронизации и операции по пуску двигателя сводятся к включению выключателя *Л*. При такой схеме пуска ток, индуктируемый во время асинхронного пуска в обмотке возбуждения двигателя, замыкается через якорь возбудителя. Обычно амплитуда этого тока не превышает 1,6 номинального тока возбуждения, и, если щетки возбудителя установлены на нейтрали, повышенного искрения на коллекторе не наблюдается. У возбудителя, имеющего относительно небольшое остаточное намагничивание, возможно перемагничивание, вызываемое прохождением индуктированного тока через обмотку возбуждения возбудителя. Для исключения его перемагничивания необходимо последовательно

с обмоткой возбуждения *ОВВ* и регулятором *РВ* включать диод, как это принято в схеме пуска синхронного электродвигателя со станцией управления ПН-7304 (рис. 4.55). Преждевременное нарастание тока возбуждения в процессе пуска нежелательно, так как при этом возникает тормозящий момент, из-за чего увеличивается скольжение в конце пуска и ухудшаются тем самым условия вхождения в синхронизм. Кроме того, это вызывает большие колебания тока статора и при относительно небольшой мощности источника питания недопустимые колебания напряжения. Это явление удается устранить во многих случаях точной установкой щеток возбудителя на нейтраль или применением возбудителя, со смешанным возбуждением.

Если возбуждение осуществляется от отдельного агрегата возбуждения, то из-за относительно большой постоянной времени обычно применяемых для этой цели возбудителей типа ПН (в настоящее время сняты с производства) вполне допустимо применение схемы с глухо подключенным возбудителем при положении регулятора возбуждения *РВ*, соответствующем номинальному возбуждению при синхронной частоте вращения. Для таких агрегатов возбуждения следует проверять отношение мощности двигателя возбудителя к мощности возбудителя. Эта величина должна быть в пределах 2—2,5. Пуск агрегата при этом осуществляется одновременно с синхронным двигателем от блок-контактов его выключателя.

Если возбуждение осуществляется от генератора, соединенного с валом синхронного электродвигателя, то нарастание тока возбуждения двигателя происходит практически в конце пуска. Скорость нарастания будет больше при меньших значениях сопротивления в цепи возбуждения возбудителя. В случае необходимости можно уменьшить скорость нарастания возбуждения увеличением сопротивления в цепи возбуждения, например, установкой в положение холостого хода или введением дополнительного сопротивления, которое при автоматизации процесса пуска следует шунтировать в конце пуска или в момент втягивания двигателя в синхронизм.

При более тяжелых условиях пуска используются схемы, показанные на рис. 4.54, *б*, *в*. В этом случае до ввода в синхронизм обмотка возбуждения синхронного электродвигателя отключена от возбудителя и замкнута на разрядное сопротивление *СР* или подключена к возбудителю последовательно с *СР*, которое в момент ввода в синхронизм шунтируется контактами контактора *М*.

На вентиляторных установках для автоматизации пуска синхронных электродвигателей применяют станции управления ПН-7000, ПН-9000 и др.

Пуск двигателя со станцией ПН-7304 (см. рис. 4.55) происходит следующим образом. При подводе питающего напряжения разъединителем *Р* и включении масляного выключателя *Л* на обмотку статора *СД* подается напряжение и ротор двигателя начинает вращаться. Поскольку в начальный момент по обмотке статора протекает большой ток, токовое реле *РПТ*, подключенное к трансформаторам тока *ТТс* и *ТТа*, втягивается и замыкает свой контакт в цепи реле *РВ1*. Реле *РВ1* включается и включает реле *РВ2*. При достижении двигателем частоты вращения, близкой к синхронной, ток в обмотке статора уменьшится настолько, что реле *РПТ* отключится и отключит реле *РВ1*. С небольшой выдержкой времени реле *РВ1* размыкает цепь катушки реле *РВ2*, которое отключается с выдержкой времени 2—3 с, и замыкает цепь контактора *М*. За время выдержки реле *РВ2* успевает включить контактор возбуждения *М* по цепи, составленной контактами *РВ1*, *РВ2* и *МЗ*, шунтируя разрядное сопротивление *СР* и обеспечивая вхождение *СД* в синхронизм. В качестве контактора возбуждения применен контактор с электромеханической защелкой. При втягивании контактора защелка падает и связанный с ней размыкающий контакт размыкается, катушка *М* теряет питание, замыкающий контакт защелки замыкается. Контактор *М* удерживается на защелке, а его блок-контакты подготавливают цепь катушки защелки *МЗ*. При отключении масляного выключателя *Л* замыкается его блок-контакт в цепи катушки *МЗ*. При этом через контакт *МЗ* получает питание катушка контактора *М* и притягивает в первый момент

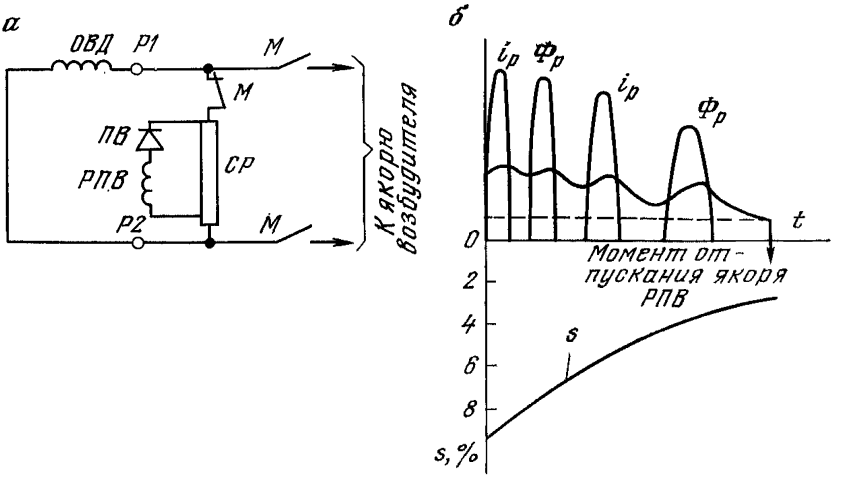


Рис. 4.56. Схема (*а*) и график управления (*б*) подачей возбуждения в зависимости от частоты вращения двигателя

свой якорь, облегчая работу механизма снятия защелки. После подъема защелки контакт *МЗ* в цепи катушки *М* размыкается, якорь контактора отпадает, гасящее сопротивление расшунтируется. Одновременно блок-контакты *М* разрывают цепь питания катушки *МЗ*. Защелка остается поднятой, так как она держится на опоре, связанной с якорем отключившегося контактора. Все аппараты находятся в исходном положении.

Так как момент синхронного двигателя пропорционален напряжению, подводимому к статору, а э. д. с.— намагничивающей силе от тока возбуждения, то при снижении напряжения в цепи статора на 15—20 % для сохранения момента двигателя нужно увеличить ток его возбуждения. Для этой цели служат реле форсировки *РФ* и контактор *Ф*. Контактор *Ф* шунтирует регулятор возбуждения *РВ* в цепи обмотки возбуждения возбудителя, обеспечивая повышение напряжения и увеличение тока в обмотке возбуждения синхронного двигателя. При восстановлении напряжения в сети аппараты форсировки возвращаются в исходное состояние и форсировка прекращается. В схеме УКАВ-2 предусмотрено форсирование возбуждения и на время пуска двигателя.

Кроме рассмотренного метода подачи возбуждения в функции тока статора применяется и метод подачи возбуждения в функции частоты вращения (скольжения) двигателя с помощью электромагнитного реле времени с демпфером (медной гильзой) *РПВ*, катушка которого включена через полупроводниковый выпрямитель на часть разрядного сопротивления (рис. 4.56, *а*). В процессе пуска двигателя в его обмотке возбуждения наводится э. д. с., частота которой уменьшается по мере разгона двигателя. Полупроводниковый выпрямитель обеспечивает постоянство направления тока через катушку *РПВ*. На графике (рис. 4.56, *б*) показано изменение тока $i_р$ в катушке реле, его потока $Ф_р$ и скольжения s перед втягиванием двигателя в синхронизм. Как видно из графика, при частоте вращения, близкой к синхронной, когда интервалы между импульсами тока сделаются больше выдержки времени *РПВ* (см. рис. 4.56, *а*), оно отпускает якорь и своим размыкающим контактом включает контактор возбуждения *М*.

Перед наладкой схемы пуска необходимо отрегулировать и настроить все аппараты. У реле времени отрегулировать выдержки времени: для реле *РВ1*-1—1,5 с, для реле *РВ2*-2—3 с (см. рис. 4.55). При этом выдержки времени следует увязывать с длительностью периодов колебаний тока статора.

Напряжение отпускания якоря реле форсировки *РФ* следует установить в пределах 80—85 % номинального напряжения сети, а напряжение втягивания — около 95 %.

Реле *РПТ* необходимо отрегулировать так, чтобы оно отключалось при токе, соответствующем частоте вращения двигателя, равной 0,97—0,98 номинальной. Грубую регулировку реле *РПТ* производят добавочным сопротивлением *R*, а более тонкую — механизмом самого реле.

Положение реостата возбуждения *РВ* определяют опытным путем при первом пуске, а затем корректируют так, чтобы в обмотке возбуждения двигателя протекал номинальный ток при ее нагретом состоянии.

4.6.4. Контроль вращения

Для контроля вращения вентиляторов главного проветривания применяют магнитоиндуктивный датчик *ДМ-2*, а в качестве элемента, воспринимающего сигнал от магнитоиндуктивного датчика, используют реле скорости РС-67 (рис. 4.57). Кроме основной функции контроля вращения реле РС-67 обеспечивает выдержку времени на включение и отключение. Для этого в схему вводят контакт соответствующего элемента системы управления.

Контроль вращения с обеспечением выдержки времени осуществляется следующим образом. В исходном положении, когда вентилятор не работает, сигнал от датчика не поступает, блок-контакт масляного выключателя замкнут, конденсатор *С3* заряжен, транзистор *Т3* открыт, так как на его эмиттер-базовый переход подается отпирающее напряжение по цепи: «плюс» источника питания (трансформатор *Тр1* и диоды *Д1—Д4*), резистор *R1*, блок-контакт *Л*, резистор *R9*, база-эмиттерный переход транзистора *Т3*, «минус» источника питания. Отрицательный потенциал через коллектор-эмиттерный переход открытого транзистора *Т3* подается на базу транзистора *Т2*,

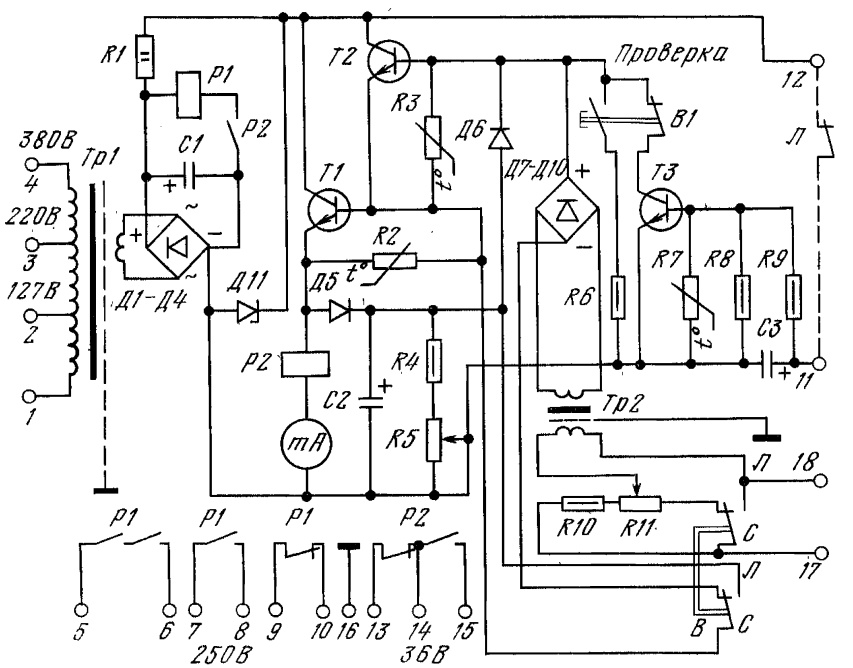


Рис. 4.57. Принципиальная электрическая схема реле скорости РС-67

надежно запирая его. Закрытое состояние транзистора *Т2* определяет закрытое состояние транзистора *Т1* и, следовательно, реле *Р1* и *Р2* отключены. При включении масляного выключателя и нарастании частоты вращения вентилятора от датчика скорости (зажимы *17* и *18*) через трансформатор *Тр2* и выпрямительный мост *Д7—Д10* на база-эмиттерный переход транзистора *Т2* подается отпирающее напряжение по цепи: «плюс» выпрямителя *Д7—Д10*, база-эмиттерные переходы транзисторов *Т2*, *Т1*, диод *Д5*, тумблер *В*, «минус» выпрямителя *Д7—Д10*. Однако резистор *Т2* остается в закрытом состоянии, так как на его базу через коллектор-эмиттерный переход транзистора *Т3* поступает отрицательное запирающее напряжение, большее по абсолютной величине, чем отпирающее напряжение. Одновременно с включением вентилятора размыкается контакт *Л* и прекращается заряд конденсатора *С3*. Однако транзистор *Т3* продолжает находиться в открытом состоянии за счет напряжения разряда конденсатора *С3* по цепи: «плюс» конденсатора *С3*, резистор *R9*, база-эмиттерный переход транзистора *Т3*, «минус» конденсатора *С3*. Разряд конденсатора *С3* и определяет выдержку времени на включение реле скорости. После разряда конденсатора *С3* транзистор *Т3* закрывается, на базе транзистора *Т2* остается только положительное отпирающее напряжение, что приводит к открыванию транзисторов *Т2* и *Т1*, срабатыванию реле *Р2* и *Р1* и заряду конденсатора *С2* по цепи «плюс» источника питания, резистор *R1*, коллектор-эмиттерный переход *Т1*, диод *Д5*, конденсатор *С2*, «минус» источника питания. При исчезновении сигнала от датчика конденсатор *С2*, разряжаясь по цепи: «плюс» конденсатора *С2*, диод *Д6*, база-эмиттерные переходы транзисторов *Т2* и *Т1*, обмотка реле *Р2*, миллиамперметр *mA*, «минус» конденсатора *С2*, а также по цепи «плюс» конденсатора *С2*, резисторы *R4* и *R5*, «минус» конденсатора *С2* поддерживает в открытом состоянии транзисторы *Т2* и *Т1*, создавая выдержку времени на отключение. Выдержка времени на отключение регулируется переменным резистором *R5* в пределах 2—5 с.

Если блок-контакт *Л* или контакт аналогичного элемента управления не введен в схему реле, конденсатор *С3* не заряжен, транзистор *Т3* закрыт, следовательно, при соответствующем сигнале от датчика реле включается без выдержки времени.

При монтаже к зажимам *17*, *18* подключается датчик. Питание от сети в зависимости от ее напряжения подводится к зажимам: *1—2* (127 В), *1—3* (220 В), *1—4* (380 В). Зажим *16* заземляется. Подключение к остальным зажимам осуществляется в соответствии со схемой автоматизации вентиляторной установки.

Проверка и настройка реле. При проверке и настройке реле РС-67 для совместной работы с датчиком *ДМ-2* тумблер *В* установить в положение *С*. Ось переменного резистора *R5* повернуть по часовой стрелке до упора, что соответствует максимальной выдержке времени, а ось переменного резистора *R11* — против часовой стрелки до упора, что соответствует максимальному сигналу от датчика. К зажимам *5—6* подключить напряжение от постоянного источника питания через сигнальную лампу. Затем произвести проверку и настройку реле в следующем порядке:

подключить к реле напряжение питания;

замкнуть (поставить перемычку) контакт *Л*, если он введен в схему реле;

движением металлического предмета в непосредственной близости от датчика ДМ-2 имитировать вращение вала вентилятора. При этом должны включиться реле *Р2* и *Р1* и загореться сигнальная лампа. Если этого не произошло, проверить состояние кабеля, соединяющего датчик с реле РС-67, и поступление сигнала от датчика в реле. Неисправные кабель или датчик заменить;

отключить датчик (закоротить его цепь). Реле *Р2* и *Р1* отключается с выдержкой времени. Сигнальная лампа гаснет;

подключить датчик. Реле *Р2* и *Р1* включаются;

повторяя операции по отключению и включению, с помощью резистора *R5* добиться нужного времени отключения (в пределах 2—5 с).

При контроле режимов по карте напряжений (рис. 4.58) следует применять вольтметр постоянного тока с внутренним сопротивлением не менее 20 кОм/В. В исправном полупроводниковом блоке величины напряжений не должны отличаться более чем на ±20 % от указанных в карте.

4.6.5. Контроль температуры подшипников электродвигателей и вентиляторов

На автоматизированных вентиляторных установках главного проветривания, работающих без обслуживающего персонала, а также в связи с ограниченным доступом к подшипникам осевых вентиляторов особое значение имеет постоянный контроль за температурой подшипников электродвигателя и вентилятора. Из многообразия известных схем теплоконтроля наибольшее распространение получили: аппаратура КТ-2, КТТ-1, АКТ-1, двухпредельные термосигнализаторы ТС-100 (ТСМ-100), а на крупных вентиляторных установках — электронные многоточечные мосты ЭМДС-26 и МС-1.

Аппаратура контроля температуры КТ-2. В комплект аппаратуры входит аппарат КТ-2, сигнальное табло и восемь термометров сопротивления. Аппарат КТ-2 (рис. 4.59) питается от сети переменного тока напряжением 220 или 380 В. Исполнительное реле *РС1* (типа РП-7) аппарата КТ-2 может настраиваться с помощью переменного резистора *СП* на температуру срабатывания от 20 до 100 °С. Включение реле происходит при температуре на 5—8° ниже температуры срабатывания. Номер перегретого подшипника фиксируется на цифровом указателе, диск которого *Д* приводится в действие двигателем *СД*. Реле *РС1* включено между точками *а* и *б* в диагональ моста. При увеличении сопротивления какого-либо термо-

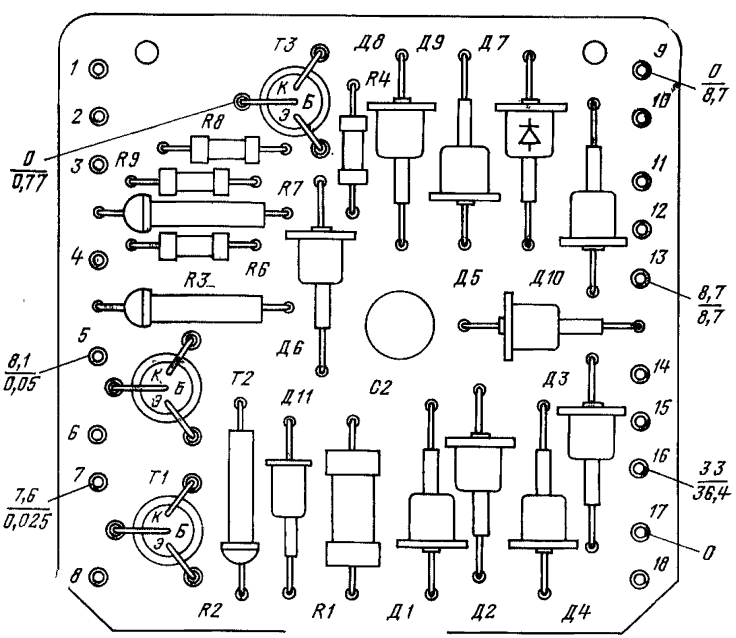


Рис. 4.58. Карта напряжений реле РС-67:

О (зажим *17*) — точка, относительно которой производятся замеры измерения напряжений. Число в числителе — напряжение относительно точки *О* при включенном реле *Р1* и разомкнутом контакте *Л*. Число в знаменателе — напряжение относительно точки *О* при отключенном реле *Р1* и замкнутом контакте *Л*

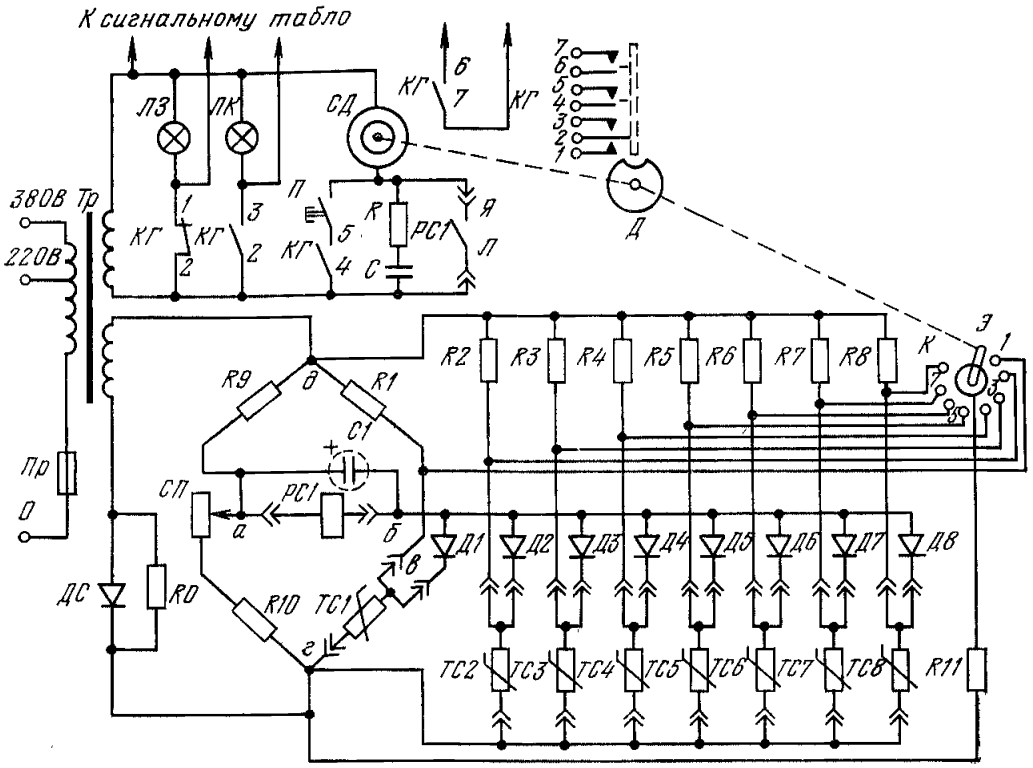


Рис. 4.59. Принципиальная электрическая схема аппарата КТ-2

датчика (*ТС1—ТС8*) при нагревании его контролируемым узлом нарушится равенство сопротивлений резистора *R10* и терморезистора и через реле *РС1* потечет уравнительный ток по цепи: трансформатор *Тр* — выпрямитель *ДС* — зажим *г* — резистор *R10* — резистор *СП* — реле *РС1* — диоды *Д1—Д8* — резисторы *R1—R8* — зажим *д* — трансформатор *Тр*. Реле *РС1* включится и замкнет свой контакт в цепи двигателя *СД*, который начнет вращать диск *Д* переключения контактов контактной группы *КГ* и коммутатор *К*. Диск, вращаясь, разомкнет контакт в цепи зеленой лампы *ЛЗ* («Нормально») и замкнет контакт в цепи красной лампы *ЛК* («Перегрев»). Одновременно третьим контактом контактной группы *КГ* подготавливается цепь возврата двигателя в исходное положение. Четвертый контакт используется при необходимости в цепи системы автоматизации. При вращении подвижного контакта *Э* коммутатора *К* происходит поочередное замыкание его неподвижных контактов *1—8* и шунтирование цепей термодатчиков *ТС1—ТС8* постоянным резистором *R11*, что дает возможность снизить сопротивление плеча перегретого терморезистора до величины, обеспечивающей равновесие моста. В момент равновесия реле *РС1* перестает обтекаться током и своим контактом *РС1* отключает двигатель *СД*. В результате этого диск с номерами подшипников останавливается в положении, при котором через окошко сигнального указателя виден номер перегретого подшипника.

После устранения причины перегрева нажатием кнопки *П* включается двигатель *СД* и коммутатор приходит в исходное положение, красная лампа гаснет, а зеленая загорается. При обрыве цепи одного из термодатчиков *ТС1—ТС8* аппарат КТ-2 срабатывает аналогично вышеописанному, так как это равносильно введению в плечо моста очень большого сопротивления.

При коротком замыкании в цепи термодатчиков обмотка реле *РС1* обтекается током по цепи: *Тр* — зажим *д* — резистор *R9* — зажим *а* — реле *РС1* — один из выпрямителей (*Д1—Д8*), термодатчик которого закорочен — закоротка между жилами этого термодатчика — резистор *R0* — *Тр*. Причем

в обоих случаях двигатель *СД* будет непрерывно вращаться до тех пор, пока не будет отключен поврежденный термометр сопротивления. Непрерывное вращение двигателя *СД* будет и при одинаковом нагреве двух или более узлов.

Другие элементы схемы выполняют следующие функции. Резистор $R=100$ кОм и конденсатор $C=0{,}5$ кмФ, включенные параллельно контакту *РС1*, уменьшают его электрический износ. Электролитический конденсатор *С1* создает необходимую выдержку времени для срабатывания реле *РС1*. Резистор *R0*, включенный паралельно селеновому выпрямителю *ДС*, служит для пропускания тока через обмотку реле *РС1* в момент короткого замыкания цепи термодатчика. Диоды *Д1—Д8*, включенные между реле *РС1* и средними точками параллельных плеч термодатчиков, препятствуют выравниванию потенциалов между ними.

Для проверки правильности срабатывания аппарата устанавливают ручку-указатель на необходимую температуру нагрева. Терморезистор подогревают в сосуде с маслом или водой и по ртутному термометру, помещенному в сосуд, наблюдают, при какой тмпературе включается двигатель *СД*. Он должен включиться при температуре, соответствующей установленному пределу.

Если показания аппарата относительно ртутного термометра отличаются для всех термодатчиков в ту или иную сторону примерно на одинаковую величину, превышающую 5 °С при номинальном напряжении питания аппарата, то показания аппарата необходимо привести в соответствие с показаниями термометра, отвинтив стопор, крепящий ручку-указатель на оси переменного сопротивления *СП*, и, повернув ее при неподвижной оси на необходимый угол, вновь застопорить.

При значительном расхождении показаний отдельных термодатчиков и тщательной их проверке неисправный датчик следует заменить. Проверку датчиков см. в 4.5.9.

Аппаратура контроля температуры КТТ-1. Аппаратура КТТ-1 искробезопасного контроля температуры на терморезисторах предназначена для непрерывного контроля температуры подшипников, статоров электродвигателей шахтных вентиляторов и других стационарных установок. Аппаратура контроля температуры состоит из релейного усилителя АКТТ-1, сигнального табло ТСК-1, шести термодатчиков ТД-70 для контроля температуры в пределах от 40 до 90 °С, одного термодатчика ТД-100 для контроля температуры в пределах от 90 до 120 °С и одного термодатчика ТД-150 для контроля температуры в пределах от 120 до 170 °С. Термодатчики выпускаются трех типоразмеров длиной 100, 200 и 350 мм.

Принцип действия аппаратуры КТТ-1 аналогичен аппаратуре КТ-2. Принципиальная электрическая схема аппаратуры КТТ-1 приведена на рис. 4.60.

В отличие от аппаратуры КТ-2, КТТ-1 имеет более надежные в работе датчики (терморезисторы КМТ-1 см. в 4.5.9).

Применяемые датчики, а также наличие конденсатора *С* и намотка обмотки *VI* трансформатора *Тр* константановым проводом бифилярно обеспечивают искробезопасность измерительных цепей.

Резистор *СП1* предназначен для регулирования температуры срабатывания термодатчиков *РТ1—РТ6*, а резисторы *СП2* и *СП3* — для возможности изменения установленного предела температуры срабатывания седьмого и восьмого термодатчиков на ±20 °С.

В аппарате применено поляризованное реле типа РП-5, имеющее две обмотки. Одна обмотка *РП1-2* предназначена для включения реле *Р* (замыканием контакта *РПЛ*) при нагреве контролируемого узла или коротком замыкании в цепи термодатчика, а другая *РП3-4* — для включения сигнальных ламп *ЛЖ* (замыканием контакта *РПП*) при обрыве цепи термодатчика любого из контролируемых узлов.

При нагревании термодатчиков сопротивление терморезисторов уменьшается, вследствие чего возникает напряжение небаланса между средней точкой *9* общей группы датчиков и одной или несколькими средними точ-

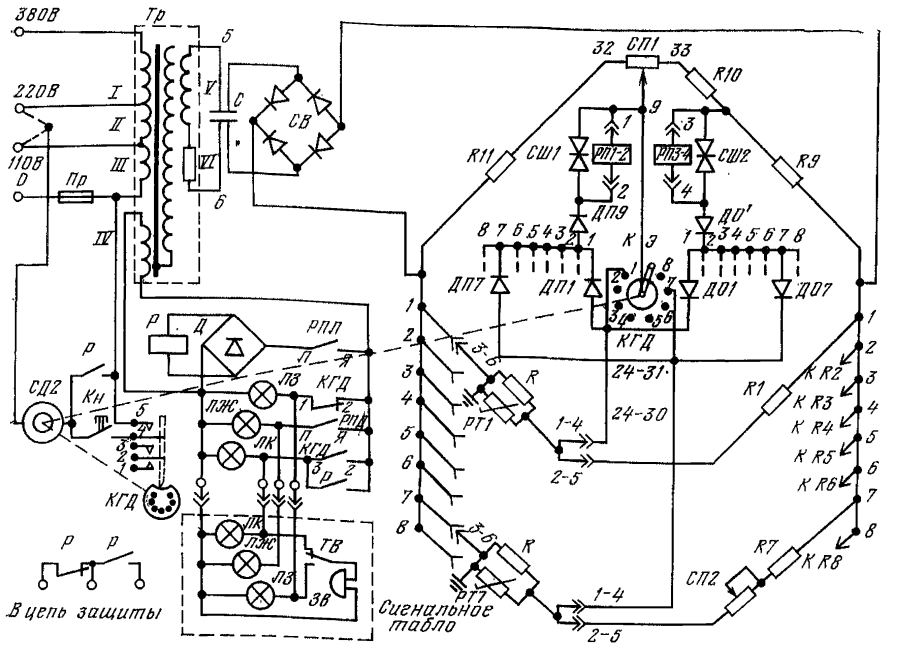


Рис. 4.60. Принципиальная электрическая схема аппаратуры КТТ-1

ками остальных восьми групп (*24—31*). Напряжение небаланса через германиевые диоды *ДП1—ДП8* и *ДП9* подается на обмотку реле *РП1-2*. Величина напряжения небаланса определяется величиной наибольшего потенциала, которая относится к наиболее нагретому термодатчику. Таким образом, воспринимающее реле РП-5 будучи постоянно включенным на все восемь термодатчиков, реагирует на наиболее нагретый и при достижении установленного предела температуры включается, замыкая цепь реле *Р*. Реле *Р* включается и своими тремя контактами производит следующие переключения: включает красную лампочку и звонок, двигатель *СД2* цифрового коммутатора (фиксирующего перегретый термодатчик), который размыкает цепь зеленой лампочки и фиксирует перегретый термодатчик, замыкает цепи управления и защиты вентиляторной установки.

Цифровой коммутатор имеет диск с номерами контролируемых узлов. Диск приводится в движение двигателем *СД2* и своим подвижным контактом поочередно проходит неподвижные контакты, шунтируя цепи от средних точек плеч с термодатчиками, идущие через диоды и реле на среднюю точку общей группы. Как только подвижный контакт дойдет до контакта термодатчика, вызвавшего срабатывание реле РП-5, потенциал на обмотке *РП1-2* снижается и реле РП-5 отключается. Двигатель *СД2*, а следовательно, и диск останавливаются. При этом продолжает гореть красная лампочка, а против смотрового окна сигнального указателя будет номер термодатчика перегретого контролируемого узла.

При коротком замыкании цепи термодатчика на обмотке *РП1-2* реле РП-5 возникает повышенное напряжение небаланса, реле включается, а на аппарате и сигнальном табло загорается красный сигнал с одновременной фиксацией неисправного термодатчика на диске указателя.

Для возвращения диска указателя в нулевое положение после устранения повреждения в термодатчике (или его замены) надо нажать на кнопку *Кн* и удерживать ее нажатой до остановки двигателя *СД2*.

В случае обрыва цепи одного из термодатчиков на обмотке *РП3-4* по-

является напряжение небаланса, включается реле *Р* и загорается желтая лампа, сигнализирующая об обрыве линии термодатчика.

Аппарат работает только при определенном включении жил кабелей, идущих к термодатчикам, поэтому перед включением необходимо проверить правильность их монтажа (прозвонить). Один из концов терморезистора присоединен на корпус датчика, а в головке на корпус, соответственно, присоединен один провод кабеля, который должен быть припаян к перемычке, соединяющей зажимы *3* и *6* кабельной вилки штепсельного разъема аппарата (согласно заводской маркировке штепсельного разъема). Второй провод термодатчика должен быть припаян на перемычку, соединяющую зажимы *1, 2, 4, 5* кабельной штепсельной вилки.

Исправность действия аппарата необходимо проверять ежедневно. Для этого открыть его крышку и повернуть ручку-указатель против часовой стрелки до момента срабатывания. При этом диск цифрового указателя должен повернуться, а затем остановиться, показывая номер наиболее нагретого узла. На аппарате и диспетчерском табло должны гореть красные лампочки. Если два или более контролируемых узла имеют одинаковую температуру, то диск не остановится и будет непрерывно вращаться. После этого аппарат следует привести в исходное положение, для чего ручку-указатель установить на необходимый предел контроля температуры и нажатием кнопки *Кн* установить диск в нулевое положение. При этом красная лампочка гаснет, а зеленая загорается.

На точность контроля температуры аппаратуру КТТ-1 следует проверять не реже одного раза в квартал. Проверка сводится к замеру температуры нагрева контролируемых узлов ртутным термометром и сравнению данных замера с показанием температуры на шкале аппарата АКТТ-1. Для этого от аппарата отключить все термодатчики, а затем включить первый термодатчик и, поворачивая ручку-указатель переменного резистора *СП1* против часовой стрелки до момента срабатывания, заметить по шкале температуру. Затем извлечь из подшипника термодатчик и поставить в то же гнездо ртутный термометр. Температура, измеренная термометром, не должна отличаться от температуры по шкале аппарата более чем на ±5 °С при нормальном напряжении питания аппарата 220 В ±10 % или 380 В ±10 %.

Если показания аппарата относительно ртутного термометра отличаются для всех термодатчиков в ту или иную сторону примерно на одинаковую величину, превышающую 5 °С при номинальном напряжении питания аппарата, то их необходимо привести в соответствие, как и у аппаратуры КТ-2.

Проверку термодатчиков см. в 4.5.9.

Аппаратура контроля температуры АКТ-1 (рис. 4.61). В комплект аппаратуры входит аппарат контроля температуры АКТФ-1, сигнальное табло ТСКТ-2 и восемь ферритовых датчиков. Аппарат АКТФ-1 выпускается заводом с фиксированной настройкой на температуру срабатывания в шести точках 70±5 °С и двух 90±5 °С.

Катушка индуктивности ферритового датчика *ТД1* включена в цепь обратной связи задающего генератора преобразователя, собранного на триоде *Т1*. Выходное напряжение генератора снимается с трансформатора *Тр1* и поступает на вход усилителя, собранного на триоде *Т2*. Нагрузкой каскада, собранного на триоде *Т2*, является обмотка реле *Р1*. При нормальной температуре датчика *ТД1* достаточно кратковременно зашунтировать замыкающий контакт реле *Р1* для того, чтобы оно стало на самоблокировку. При этом лампочка *Л1* постоянно сигнализирует о нормальной температуре подшипника, в котором установлен датчик *ТД1*. Лампочки *Л2—Л8* также включаются замыкающими контактами реле *Р2—Р8*. Для удобства эксплуатации шунтирование замыкающих контактов реле всех восьми преобразователей осуществляется восемью замыкающими контактами дополнительного реле *Р10*. Реле *Р10* включается кнопкой *Кн*. Таким образом, при нормальной температуре все восемь реле преобразователей включены и их замыкающие контакты в цепи реле *Р9* закрыты. Реле *Р9* является выходным реле аппарата АКТФ-1. Его контакты используются в цепях сигнализации и защиты.

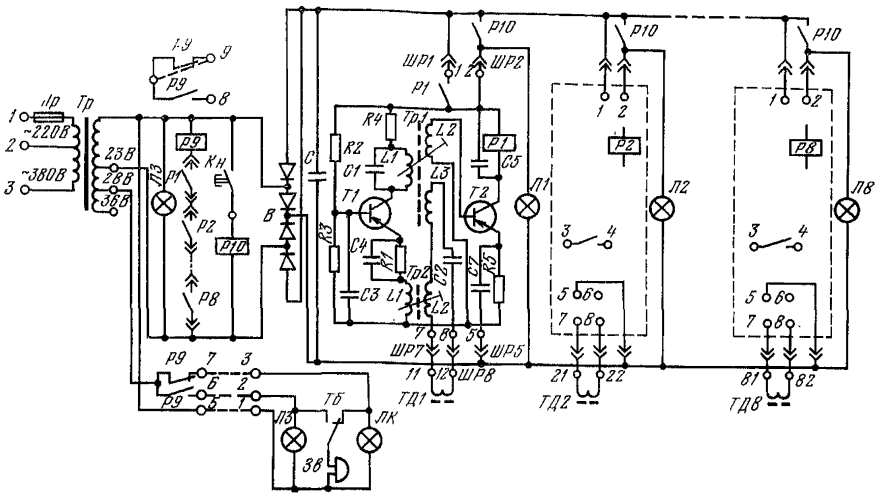


Рис. 4.61. Принципиальная электрическая схема аппаратуры АКТ-1

Работа аппарата АКТФ-1 сводится к следующему. При нагреве подшипника свыше допустимой температуры, обрыве или коротком замыкании цепи одного из датчиков (например, первого) происходит срыв колебаний задающего генератора на триоде *Т1*, триод *Т2* закрывается, реле *Р1* отключается и своими контактами отключает реле *Р9*, которое останавливает вентилятор и включает аварийную сигнализацию перегрева подшипников на сигнальном табло ТСКТ-2. Одновременно с реле *Р1* выключается лампочка *Л1* на аппарате АКТФ-1. Номер погасшей лампочки указывает на номер перегретого подшипника.

Схема аппаратуры АКТ-1 не допускает повторного включения неисправного вентилятора до вмешательства обслуживающего персонала, что достигается наличием собственных замыкающих контактов в цепи питания выходных реле каждого преобразователя.

При числе точек контроля температуры менее восьми, блоки-преобразователи неиспользуемых датчиков необходимо вынуть из аппарата. Вместо вынутых блоков поставить перемычки между точками *3—4* штепсельных разъемов для нормальной работы реле *Р9*. Свободные блоки используются как запасные.

После подачи на аппарат напряжения и нажатия кнопки *Кн* должны загореться лампочки *Л3* — «Питание схемы» и *Л1—Л8*.

Периодически, но не реже одного раза в три месяца, необходимо проверять работоспособность аппаратуры в целом. Для этого по очереди закорачивают или разрывают цепи датчиков. Соответствующие лампочки при этом должны гаснуть, а при нажатии кнопки *Кн* загораться.

Точность срабатывания датчиков проверять погружением их в ванну с маслом, нагретым до 75 или 95 °С для датчиков с температурой срабатывания соответственно 70±5 °С и 90±5 °С.

О термосигнализаторах ТСМ-100 и терморезисторах к электронным мостам ЭМДС-26 и МС-1 см. в 4.5.9.

4.6.6. Защита приводных электродвигателей

Защита приводных электродвигателей выполняется на базе реле (релейная защита), рассмотренных в разделе 4.5.

В объеме полных проверок релейной защиты, кроме испытаний, определяемых конкретным типом устройства, ПТЭ электроустановок потребителей

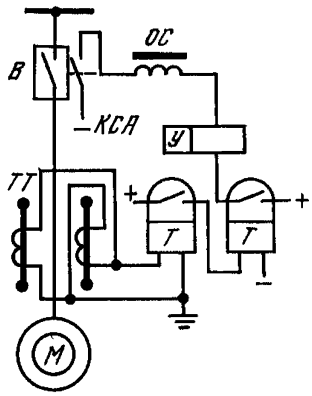


Рис. 4.62. Схема максимальной токовой защиты электродвигателя с одним токовым реле мгновенного действия:

В — масляный выключатель; *КСА* — блок-контакт масляного выключателя; *ОС* — отключающий соленоид; *ТТ* — трансформаторы тока; *Т* — токовое реле; *У* — указательное реле

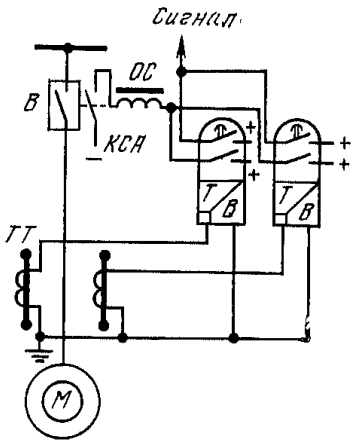


Рис. 4.63. Схема защиты электродвигателя от коротких замыканий и перегрузки с двумя реле РТ-84

предусмотрены: испытание изоляции; осмотр состояния аппаратуры и коммутации; проверка уставок и других основных параметров защиты; опробование устройства в действии.

В объем частичных проверок входит: измерение сопротивления изоляции; осмотр состояния аппаратуры и вторичных цепей; опробование устройства в действии.

Полные плановые проверки должны производиться не реже 1 раза в три года (как правило, одновременно с ремонтом соответствующих первичных цепей и силового оборудования). Периодичность частичных проверок устанавливается по местным условиям (в промежутках между полными проверками) главным энергетиком предприятия (или вышестоящей организации).

Правила устройства электроустановок (ПУЭ, V-3-43—V-3-62) предусматривают следующие виды защит электродвигателей от: замыканий между фазами; токов перегрузки; однофазных замыканий на землю электродвигателей напряжением выше 1000 В в тех случаях, когда ток замыкания на землю достигает для двигателей до 2000 кВт 10 А и более, для двигателей более 2000 кВт — 5 А и более, и электродвигателей напряжением до 1000 В в сетях с глухозаземленной нейтралью;

минимального напряжения;

асинхронного режима — для синхронных электродвигателей.

Защита от коротких замыканий между фазами является основным видом защиты электродвигателей и установка ее обязательна во всех случаях. Она может быть выполнена на одном максимальном токовом реле мгновенного действия (токовая отсечка), отстроенная от пусковых токов (рис. 4.62) или с использованием в схеме отсечки токовых реле серии РТ-80 с зависимой характеристикой (рис. 4.63). В последнем случае с помощью одних и тех же реле обеспечивается защита от коротких замыканий и перегрузки. При наладке этих реле следует обратить внимание на состояние контактов, осуществляющих дешунтировку отключающих катушек, так как при их подгорании могут возникнуть ложные срабатывания, и, наоборот, приваривание контактов вследствие искрения может при нормальной работе вызвать отказ в работе защиты.

Ток срабатывания токовой отсечки от междуфазных коротких замыканий отстраивают от бросков тока, посылаемых электродвигателем в первый момент короткого замыкания в сети, питающей двигатель, и от пускового тока электродвигателя при полном напряжении питающей сети и выведенном пусковом сопротивлении в цепи ротора (для электродвигателей с фаз-

ным ротором, если предусмотрен самозапуск). Определяющим, как правило, является второе условие.

Если защита выполнена при помощи быстродействующих реле типа ЭТ или РТ, имеющих достаточно высокий коэффициент возврата (порядка 0,85), то для отстройки от апериодической составляющей пускового тока устанавливают промежуточное реле, замедляющее действие защиты на 0,04—0,06 с. Ток срабатывания защиты в этом случае выбирают из условия возврата реле ЭТ или РТ при максимальном значении периодического пускового тока $I_{\text{п. пуск}}$, учитывая, что апериодическая составляющая пускового тока затухает до того, как успеет подействовать промежуточное реле защиты. Следовательно, первичный ток срабатывания защиты

$$I_{\text{с. з}} = \frac{k_{\text{н}} I_{\text{п. пуск}}}{k_{\text{в}}}, \tag{4.32}$$

где $k_{\text{п}}$ — коэффициент надежности схемы (принимают равным 1,2); $I_{\text{п. пуск}}$ — максимальное значение периодической составляющей пускового тока (берут по данным завода или определяют путем испытаний); $k_{\text{в}}$ — коэффициент возврата реле.

Если ток срабатывания реле отстроен от пускового тока, отсечка, как правило, надежно отстроена и от тока, который электродвигатель кратковременно посылает в сеть при внешнем коротком замыкании.

Вторичный ток срабатывания защиты

$$I_{\text{с. р}} = \frac{k_{\text{сх}} k_{\text{н}} I_{\text{с. з}}}{k_{\text{т. т}}}, \tag{4.33}$$

где $k_{\text{сх}}$ — коэффициент схемы, учитывающий схему соединения трансформаторов тока, используемых для защиты; при соединении трансформаторов тока на разность токов двух фаз (см. рис. 4.62) $k_{\text{сх}} = \sqrt{3}$, а при соединении их по схеме неполной звезды (см. рис. 4.63) $k_{\text{сх}} = 1$; $k_{\text{т. т}}$ — коэффициент трансформации трансформаторов тока.

Токовую отсечку электродвигателей мощностью до 2000 кВт выполняют, как правило, по наиболее простой и дешевой, однорелейной схеме (см. рис. 4.62). Однако недостатком этой схемы является более низкая чувствительность по сравнению с отсечкой, выполненной по схеме на рис. 4.63, к двухфазным коротким замыканиям между одной из фаз, на которых установлены трансформаторы тока, и фазой без трансформатора тока, так как ток срабатывания отсечки, выполненной по однорелейной схеме, в $\sqrt{3}$ раз больше, чем в двухрелейной схеме. Поэтому на электродвигателях мощностью 2000—5000 кВт токовую отсечку для повышения чувствительности выполняют двухрелейной. Двухрелейную схему отсечки применяют и на электродвигателях до 2000 кВт, если коэффициент чувствительности однорелейной схемы при двухфазном коротком замыкании на вводах двигателя меньше двух. Если двухрелейная схема токовой отсечки не обеспечивает необходимой чувствительности, применяют продольную дифференциальную защиту.

Коэффициент чувствительности

$$k_{\text{и}} = \frac{I^{(2)}_{\text{к.з min}}}{I_{\text{с. з}}}, \tag{4.34}$$

где $I^{(2)}_{\text{к. з min}}$ — ток двухфазного короткого замыкания на вводах двигателя при номинальном режиме работы питающей сети (принимают по данным ближайшей подстанции).

Защиту от токов перегрузки устанавливают в случаях, когда перегрузка возможна по технологическим причинам и на отдельных электродвигателях с особо тяжелыми условиями пуска и самозапуска (длительность прямого пуска непосредственно от сети порядка 20 с и более), а также при необходимости предотвратить чрезмерное увеличение длительности пускового периода при понижении напряжения сети.

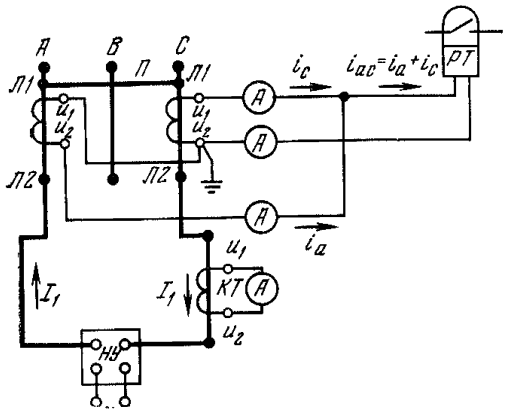


Рис. 4.64. Схема максимальной токовой защиты с двумя трансформаторами тока и одним реле, включенным на разность токов двух фаз:

НУ — нагрузочное устройство; *П* — перемычка; *РТ* — реле; *КТ* — контрольный трансформатор тока

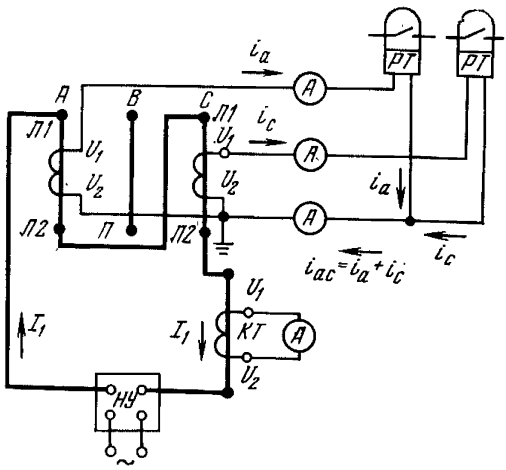


Рис 4.65. Схема максимальной токовой защиты с двумя трансформаторами тока и двумя реле, включенными на фазные токи

Действие защиты на отключение допускается на электродвигателях, работающих без постоянного дежурного персонала, и на электродвигателях механизмов с тяжелыми условиями пуска или самозапуска. В этом случае в схеме защиты применяют реле РТ-82.

Ток срабатывания максимальной токовой защиты от перегрузок устанавливают из условия отстройки его от номинального тока электродвигателя по выражению

$$I_{\text{с. з}} = \frac{k_{\text{н}}}{k_{\text{в}}} I_{\text{ном}}, \tag{4.35}$$

где $k_{\text{н}} = 1{,}1 \div 1{,}2$; $I_{\text{ном}}$ — номинальный ток электродвигателя.

Ток срабатывания реле определяют по формуле

$$I_{\text{с. р}} = \frac{k_{\text{сх}} k_{\text{н}} I_{\text{ном}}}{k_{\text{в}} k_{\text{т. т}}}. \tag{4.36}$$

При этом реле защиты от перегрузки может сработать от пускового тока, поэтому время действия защиты следует выбирать таким, чтобы, с одной стороны, оно было больше времени пуска электродвигателя при эксплуатационно возможном понижении напряжения, а у электродвигателей, для которых предусмотрен самозапуск, больше времени самозапуска. С другой стороны, это время не должно превышать допустимой для двигателя длительности прохождения токов перегрузки. Обычно эти условия удовлетворяются, так как первая величина значительно меньше второй.

Характеристика реле серии РТ-80 должна иметь в независимой части время не меньше 12—15 с. Для защиты от перегрузки с независимой характеристикой выдержку времени принимают 12—20 с.

Порядок проверки электрических характеристик реле защиты приведен в разделе 4.5.4.

Проверку защиты первичным током производят по схемам, показанным на рис. 4.64, 4.65.

Защиту от однофазных замыканий на землю выполняют с помощью одного токового реле *Т* (ЭТ-521 или РТ-40), которое подключают к трансформатору тока нулевой последовательности *ТНП* (ТЗ, ТЗЛ, ТЗРЛ) с действием на отключение масляного выключателя *ВМ* без выдержки времени через промежуточное реле *П* и указательное *У* (рис. 4.66).

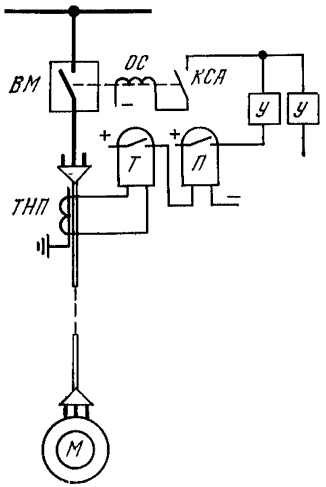


Рис. 4.66. Схема защиты электродвигателей от однофазных замыканий на землю

Трансформатор тока нулевой последовательности надевают на кабель, идущий от масляного выключателя к электродвигателю, к вторичной обмотке подсоединяют токовое реле. Первичной обмоткой служит кабель.

В нормальном режиме, а также при трех- и двухфазных коротких замыканиях геометрическая сумма токов фаз кабеля равна нулю и через обмотку реле ток не протекает. При однофазном замыкании на землю симметрия токов кабеля нарушается, в сердечнике появляется магнитный поток, который, наводя во вторичной обмотке э. д. с., вызывает протекание токов через обмотку реле.

При установке трансформатора тока нулевой последовательности кабель тщательно изолируют от крепящих конструкций и заземляющий провод от брони кабеля пропускают через отверстие трансформатора тока (см. рис. 4.66). Если кабель заземлить непосредственно в месте его крепления, то защита может неправильно действовать от токов, протекающих по броне и свинцовой оболочке кабеля при замыканиях на землю в другом кабеле, при производстве сварочных работ вблизи от кабеля и др. При указанном способе заземления кабеля ток, протекающий по броне кабеля, уходит по заземляющему проводу в противоположном направлении, следовательно, его суммарное действие равно нулю.

При ревизии и наладке этой защиты необходимо обратить внимание на правильность монтажа *ТНП*, произвести его внешний осмотр, проверить качество шихтовки и затяжки сердечника, отсутствие нарушения изоляции обмоток и их выводов, механических повреждений, состояние токового реле, вторичных цепей и их изоляцию. Порядок проверки реле и вторичных цепей см. в разделе 4.5.

Ток срабатывания защиты определяют по формуле

$$I_{с.з} = k_н k_б I_с, \qquad (4.37а)$$

где $k_н$ — 1,2÷1,3; $k_б$ — коэффициент, учитывающий бросок емкостного тока электродвигателя при внешних перемежающихся замыканиях на землю. Для защиты, действующей без выдержки времени, значение этого коэффициента принимают равным 3—4; $I_с$ — собственный емкостный ток электродвигателя.

Ток срабатывания защиты, выбранный по выражению (4.37а), не должен превышать 10 А для электродвигателей мощностью до 2000 кВт и 5 А — для электродвигателей 2000 кВт и больше. Если ток срабатывания превышает эти значения, в расчет необходимо ввести меньшее значение коэффициента $k_б = 1{,}5 \div 2$. Защиту при этом выполнить с выдержкой времени $t = 1 \div 2$ с.

Если защита по условию отстройки от собственного емкостного тока электродвигателя должна иметь выдержку времени, то для мгновенного действия при двойных замыканиях на землю в разных точках должно устанавливаться дополнительное токовое реле с первичным током срабатывания 50—100 А.

Для проверки и измерения первичного тока срабатывания защиты в отверстие трансформатора параллельно кабелю пропускают изолированный проводник и присоединяют его к нагрузочному устройству. Этот проводник используют как временную первичную обмотку трансформатора. Постепенно увеличивают ток до срабатывания реле. Минимальный ток, при котором срабатывает реле, и является первичным током срабатывания защиты. При

Таблица 4.46

Трансформатор тока	Сопротивление соединительных проводов, Ом	Реле	Используемая шкала реле, А	Уставка тока трогания, А	Чувствительность защиты, А
ТЗЛ, ТЗЛТ	1,0	ЭТ-521/0,2	0,1—0,2	0,1	7,0
ТЗ	1,0	ЭТД-551/60	0,03—0,06	0,03	3,5
ТЗЛМ	1,0	ЭТ-521/02	0,1—0,2	0,1	6,5
ТЗЛТМ	1,0	ЭТД-551/60	0,03—0,06	0,03	3,0
ТЗЛ-95	0,1	ЭТ-521/0,2	0,1—0,2	0,1	5,8
ТЗЛТ-95	0,1	ЭТД-551/60	0,03—0,06	0,03	2,51
	0,1	РУ-21/0,1	0,1	0,1	8,22
ТЗРЛ, ТЗРЛТ	1,0	ЭТ-521/0,6	0,15—0,3	0,15	10
ТЗР-1	1,0		0,3—0,6	0,3	13

измерениях включать какие-либо приборы в цепь реле не следует, так как это искажает результаты измерений.

Для измерения тока небаланса под током нагрузки защищаемого двигателя последовательно с реле включают миллиамперметр. Сопротивление миллиамперметра должно быть значительно меньше сопротивления реле. Если сопротивление миллиамперметра соизмеримо с сопротивлением реле, то обмотку реле на время измерений закорачивают.

Поскольку мощность *ТНП* типов *ТЗ*, *ТЗР* и др. невелика, для обеспечения максимальной чувствительности защиты от замыканий на землю необходимо к каждому типу трансформатора тока подбирать токовое реле на определенную величину тока, имеющее соответствующее сопротивление (табл. 4.46).

Технические данные реле серии РТ-40 см. в разделе 4.5.

Схемы защиты от минимального напряжения (рис. 4.67) должны обеспечить отключение электродвигателей как при полном исчезновении напряжения, так и при длительном коротком замыкании в сети.

Отключение электродвигателей при исчезновении напряжения обеспечивается установкой одного реле минимального напряжения косвенного действия или нулевого реле прямого действия, включенных на линейное напряжение через измерительный трансформатор напряжения. В качестве элементов, реагирующих на понижение напряжения, применяют реле ЭН-520 или РН-50. Технические данные и порядок проверки и настройки реле приведены в разделе 4.5. В качестве элементов прямого действия, реагирующих на глубокое понижение или кратковременное исчезновение напряжения, принимают нулевые реле или приставки различных конструкций. Примером могут служить реле и приставки, описанные в 4.1.3.

У выпускаемых в настоящее время реле РН-50 деления на шкале нанесены по нижнему диапазону. Переход с первого диапазона на второй осуществляется включением в цепь реле двух добавочных

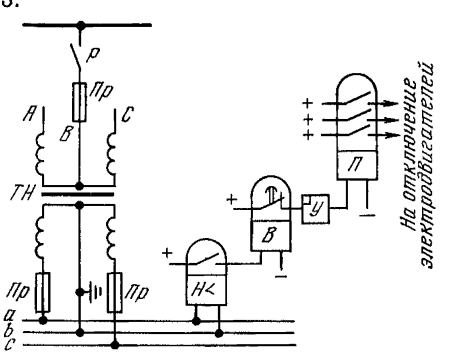


Рис. 4.67. Схема защиты от минимального напряжения с одним реле:
Р — разъединитель; *ТН* — трансформатор напряжения; *Н<* — реле минимального напряжения; *В* — реле времени

сопротивлений. Отклонения величин срабатывания от обозначенных на каждой уставке допускается не более ±8 % при температуре окружающего воздуха 20 °С.

Напряжение срабатывания защиты минимального напряжения отстраивают от минимального рабочего напряжения шин, питающих защиту:

$$U_{ср} = \frac{U_{min}}{k_н k_в}, \qquad (4.37б)$$

где U_{min} — минимальное рабочее напряжение шин, питающих защиту, В;

$k_н = 1{,}1 \div 1{,}2$;

$k_в$ — коэффициент возврата реле (принимают $1 < k_р \leqslant 1{,}25$).

Напряжение срабатывания защиты должно иметь величину порядка 60—70 % $U_{ном}$.

Выдержка времени защиты минимального напряжения определяется назначением:

выдержка времени защиты, предназначенная для облегчения самозапуска ответственных механизмов, в целях ускорения и повышения эффективности самозапуска принимается минимальной (примерно 0,5 с) и отстраивается только от времени действия мгновенных защит электродвигателей;

выдержка времени защиты, предназначенная для отключения двигателей по условиям технологии производства и техники безопасности, принимается достаточно большой (6—10 с), с тем чтобы отключение двигателей происходило только при длительной посадке напряжения или его исчезновении.

Особенности защиты синхронных двигателей от асинхронного режима. Синхронный электродвигатель, загруженный более 50 % номинальной мощности, при понижении напряжения питающей сети может выйти из синхронизма и без разгрузки агрегата не войти в синхронизм даже при восстановлении напряжения до номинальной величины. Выход электродвигателя из синхронизма может произойти и по другим причинам, например в результате нарушений в цепи возбуждения двигателя или возбудительного агрегата, что чаще всего имеет место на промышленных установках. В таких случаях в электродвигателе проходят большие токи, а двигатель и связанный с ним механизм подвергаются воздействию больших моментов переменного знака. Поскольку это может привести к повреждению электродвигателя, они оборудуются специальной защитой, отключающей электродвигатель при выходе его из синхронизма. Такая защита может быть выполнена с помощью мгновенного токового реле, действующего с выдержкой времени на отключение выключателя *ВМ* (рис. 4.68, *а*). Так как в электродвигателе *М* при асинхронном режиме происходят колебания тока, токовое реле *Т* будет, соответственно, то срабатывать, то отключаться. Для того чтобы при этом не допускать отключения реле времени *В*, в схему введено промежуточное реле *П*, имеющее замедление на отпадание якоря и размыкание контакта.

Ток срабатывания защиты от асинхронного режима принимают равным (1,4—1,5)$I_{ном}$. Выдержку времени защиты (реле *В*) выбирают больше времени затухания пусковых токов двигателя.

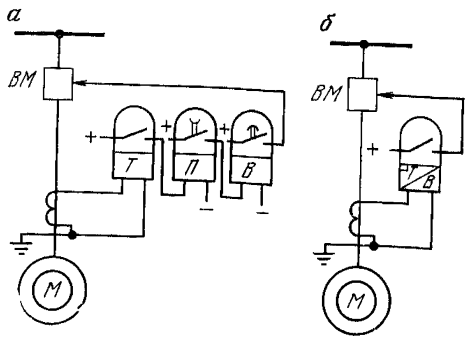


Рис. 4.68. Схема защиты синхронного двигателя от асинхронного режима

Следует иметь в виду, что срабатывание реле защиты при асинхронном режиме происходит при амплитуде тока качаний, примерно в 2 раза превышающей значение переменного тока частотой 50 Гц, использованного для настройки защиты.

Для защиты синхронных электродвигателей от асинхронного режима принимают также другие схемы защиты, в частности токовую защиту с реле РТ-80 (рис. 4.68, *б*), имеющим зависимую характеристику. Бо-

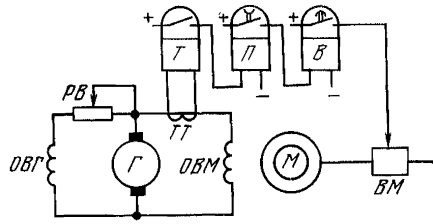


Рис. 4.69. Схема защиты синхронного электродвигателя от асинхронного режима, реагирующая на появление переменного тока в цепи его обмотки возбуждения: *ВМ* — масляный выключатель; *М* — электродвигатель; *Г* — генератор; *ОВГ* — обмотка возбуждения генератора; *ОВМ* — обмотка возбуждения двигателя

лее современной по своему принципу является защита, реагирующая на появление переменного тока в цепи ротора, выполненная по схеме, показанной на рис. 4.69. Нормально в цепи ротора проходит постоянный ток и защита не действует, так как переменная составляющая тока во вторичной обмотке трансформатора тока *ТТ* отсутствует. При качаниях в роторе индуктируется ток, под влиянием которого срабатывает реле *Т*. Чтобы исключить возврат реле времени *В* в момент спада тока при большом периоде качаний, в схеме предусмотрено реле *П* с замедленным возвратом, которое поддерживает ток в реле времени, если провалы тока не превышают времени отхода его якоря. Выдержку времени на защите устанавливают больше продолжительности несимметричных коротких замыканий сети, во время которых токи обратной последовательности, возникающие в статоре, индуктируют переменный ток в роторе, могущий вызвать ложное действие защиты.

Вместо трансформатора тока в схеме (см. рис. 4.69) можно использовать дроссель, к зажимам которого подключают токовое реле *Т*. Сопротивление дросселя при постоянном токе очень мало, поэтому напряжение на его зажимах близко к нулю и ток в реле *Т* отсутствует. При переменном токе на зажимах дросселя появляется напряжение, достаточное для срабатывания реле *Т*.

Для этих же целей применяют схемы с реле направления мощности, фиксирующим изменение угла сдвига между током и напряжением фазы двигателя при асинхронном режиме его работы. Такой вид защиты применен в комплектах устройства автоматизации шахтных вентиляторов УКАВ-2. Принцип действия и настройку реле мощности см. в 4.5.4. При наладке этих реле особое внимание следует обращать на правильность включения катушек тока и напряжения. Если токовая катушка включена в одну из фаз, катушка напряжения обязательно должна быть включена в эту же фазу и в ближайшую отстающую.

Фильтровая защита приводных электродвигателей. В аппаратуре автоматизации вентиляторных установок УКВГ, АДШВ, ЭРВГП-2 применяют аппарат фильтровой защиты АФЗ, который обеспечивает защиту электродвигателей при следующих ненормальных режимах работы:

симметричных и несимметричных междуфазных коротких замыканиях обмотки статора или питающего кабеля;

длительном обтекании обмоток пусковыми токами или токами перегрузки;

витковых замыканиях обмотки статора;

обрыве или нарушении плотности контакта в цепи одной фазы обмотки статора;

повреждении роторных стержней (пусковой обмотки) синхронных электродвигателей.

Принципиальная электрическая схема аппарата АФЗ приведена на рис. 4.70. Аппарат включается в цепь защищаемого электродвигателя через измерительные трансформаторы тока со вторичным током 5 А. Диапазон регулирования уставок по току от 2 до 8 А. По несимметрии аппарат имеет две уставки ±15 % и ±30 % тока уставки (0,15 $I_{уст}$ и 0,3 $I_{уст}$). Аппарат защиты обеспечивает наличие зависимой токовременной характеристики с отсечкой, которая необходима для отстройки от ложных срабатываний при неопасных кратковременных перегрузках и несимметричных режимах.

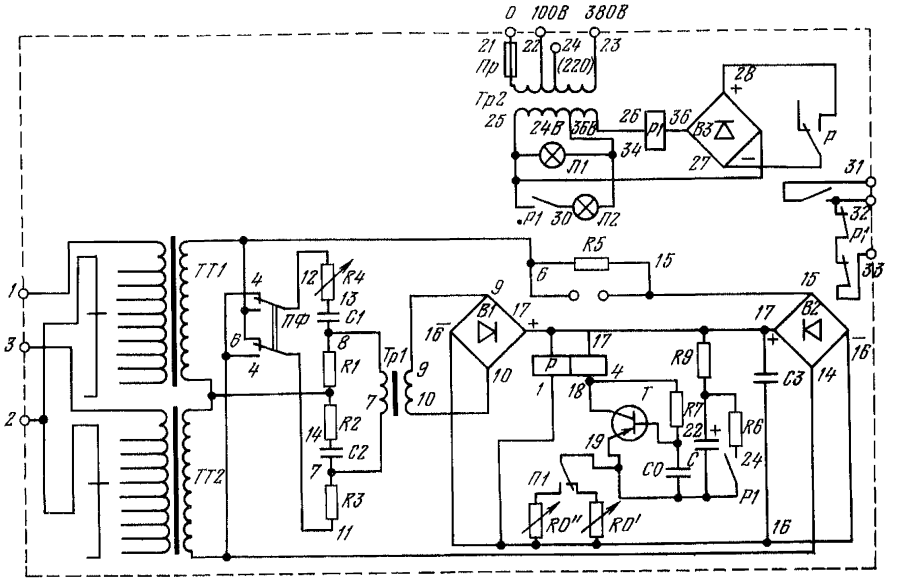


Рис. 4.70. Принципиальная электрическая схема аппарата АФЗ:

ТТ1, *ТТ2* — трансформаторы тока, встроенные в аппарате; *Тр1* — промежуточный трансформатор напряжения; *Тр2* — трансформатор напряжения; *Л1* — лампа контроля наличия напряжения; *Л2* — лампа контроля срабатывания аппарата; *Т* — триод; *В3* — полупроводниковый ключ

Конденсатор *С0* повышает выдержку времени при пусковых токах, а конденсатор *С* обеспечивает четкую отсечку при коротких замыканиях. Кратность тока отсечки равна 4 и 7 $I_{уст}$.

Время срабатывания защиты при кратности тока отсечки 1,25 $I_{уст}$ не более 0,06 с.

В основу схемы аппарата АФЗ положен комбинированный фильтр токов прямой и обратной последовательности. Фильтр состоит из активных сопротивлений *R1*, *R2*, *R3* и конденсаторов *С1* и *С2*. Между сопротивлениями фильтра выдержаны следующие соотношения:

$$R1 : R2 : R3 = 1 : 0{,}5 : 3;$$

$$R1 = \frac{X1}{2\sqrt{3}}; \qquad X1 = 4X2,$$

где $X1 = \dfrac{1}{\omega C1}$ и $X2 = \dfrac{1}{\omega C2}$ — сопротивление конденсатора.

Из-за указанных сопротивлений напряжение фазы *А* отстает от тока этой фазы на 74°, а напряжение фазы *С* — от своего тока на 14° (рис. 4.71).

При нормальном режиме, когда токи трех фаз равны по величине и сдвинуты друг относительно друга на 120°, напряжения U_{0-11} и U_{0-13} в плечах фильтра равны по величине и направлены противоположно, вследствие чего напряжение на выходе фильтра (точки *11* и *13*) равно нулю.

При несимметрии токов равенство напряжений плеч фильтра нарушается и на зажимах фильтра появляется напряжение. Величина этого напряжения прямо пропорциональна току обратной последовательности, который опреде-

ляет несимметрию. Фильтр, состоящий из сопротивлений *R1*, *R2* и конденсаторов *C1* и *C2*, является фильтром токов обратной последовательности. Сопротивления *R1* и *R2* и конденсатор *C2* являются элементами фильтра токов прямой последовательности. Напряжение U_{7-8} на выходе этого фильтра (точки *7—8*) мало́ при нормальном режиме и резко возрастает при перегрузках и трехфазных коротких замыканиях.

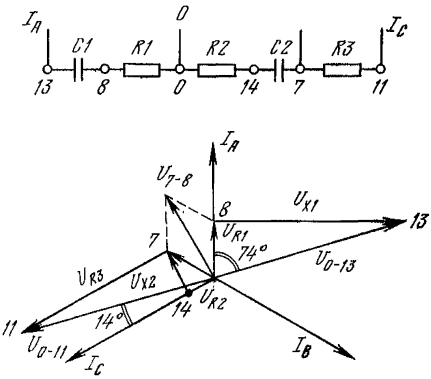


Рис. 4.71. Векторная диаграмма напряжений фильтра аппарата АФЗ

Напряжения, появляющиеся на выходах фильтров (точки *11—13* или *7—8*) при различных ненормальных режимах, подаются через выпрямители *B1* и *B2* на поляризованное реле *P* типа РП-4. Благодаря встречному включению выпрямителей *B1* и *B2* на реле поступает только одно, большее по величине из двух подведенных к выпрямителям напряжений. Выпрямитель, к которому подведено меньшее по величине напряжение, заперт. Таким образом, схема работает как фильтр тока прямой последовательности или фильтр тока обратной последовательности. Если напряжения, подведенные к выпрямительным мостам, равны между собой, то одновременно проводят оба моста, и реагирующий орган защиты питается от двух мостов. В этом случае защита срабатывает при токе, несколько меньшем, чем ток уставки защиты, т. е. в несимметричном режиме аппарат допускает меньшую нагрузку двигателя, чем в симметричном. Чередование фаз на фильтре должно осуществляться в определенном порядке. Для установления правильного чередования фаз служит переключатель *ПФ*. Этот же переключатель используют и для периодической проверки исправности защиты в эксплуатации.

Монтаж аппарата защиты. Подключить аппарат к измерительным трансформаторам тока. Общую точку трансформаторов тока присоединить к зажиму *2* (см. рис. 4.70) аппарата защиты, а два других конца вторичных обмоток трансформаторов тока — к зажимам *1* и *3*. К зажимам *21—23* аппарата подвести напряжение 380 В при низковольтном двигателе или к зажимам *21—22* — напряжение 100 В от измерительного трансформатора напряжения при высоковольтном электродвигателе. Контакты выходного реле *P1* включить в цепи отключения электродвигателя.

Наладка защиты заключается в проверке правильности монтажа, исправности аппарата, расчете и выборе уставок по перегрузу, несимметрии и токовой отсечке.

Сначала проверить настройку поляризованного реле РП-4. Напряжение срабатывания реле должно быть 6,5±0,2 В двухполупериодного выпрямленного тока, напряжение возврата — 2—4 В. Регулировку срабатывания реле осуществляют винтами контактной системы, при этом обязательно соблюдать следующую полярность: конец обмотки *3* присоединить к «плюсу», а конец обмотки *4* — к «минусу» выпрямителя.

Для проверки исправности аппарата к зажимам *1, 2* и *3* подключить трехфазное нагрузочное устройство. На одной из уставок по перегрузу нагрузочным устройством установить в каждой фазе соответствующий ток. Величина напряжения небаланса U_{11-12} должна быть не более 2,5 В при одном из двух положений («рабочем») переключателя *ПФ*. Напряжение U_{16-17} при этом должно быть 7 В±5 %. Минимальную величину напряжения U_{11-12} устанавливают изменением величины сопротивления *R4*. При переключении переключателя *ПФ* в другое, «нерабочее» положение напряжение U_{11-12} должно резко возрасти, что приведет к срабатыванию аппарата в течение нескольких секунд. При «рабочем» положении переключателя *ПФ* и при токе

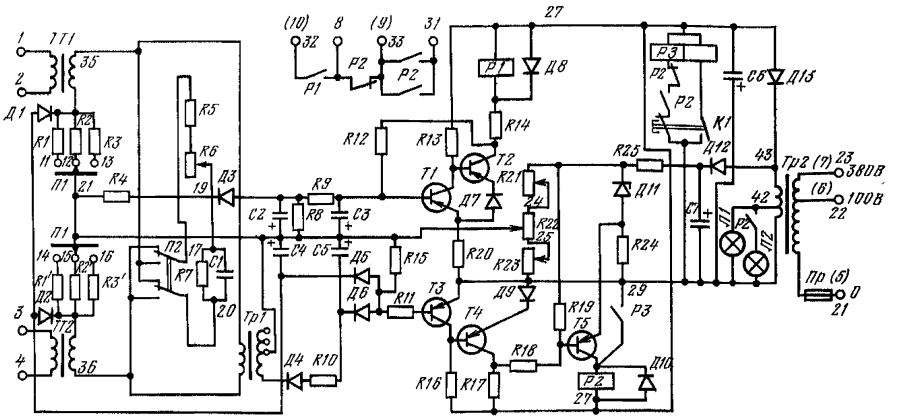


Рис. 4.72. Принципиальная электрическая схема аппарата «Фаза»

нагрузки всех трех фаз, равном 1,05 $I_{уст}$, аппарат должен срабатывать в течение 40—60 с. Изменением величины сопротивлений *R0′* и *R0″* отрегулировать правильность срабатывания кратности тока отсечки в положениях 4 и $7I_{уст}$. После проверки исправности и настройки аппарата рассчитать и установить необходимые уставки. Пример, поясняющий выбор уставок, приведен ниже.

К ячейке с трансформаторами тока 100/5 подключен электродвигатель с номинальным током $I_{ном}=79$ А. Кратность пускового тока $\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}=5{,}5$.

Уставку защиты по перегрузу определяют с учетом допустимого для двигателя перегруза:

$$i_{уст.\ расч}=\frac{k_н I_{ном}}{k_{т.\ т}}=\frac{1{,}25\cdot 79}{20}=4{,}94\text{А},$$

где $k_н=1{,}1\div 1{,}25$ — коэффициент надежности схемы (коэффициент перегруза); $I_{ном}$ — номинальный ток электродвигателя, А; $k_{т.\ т}$ — коэффициент трансформации трансформатора тока.

Берут ближайшую уставку — 5 А. Кратность тока отсечки принимают равной 7, поскольку кратность пускового тока 5,5, а уставку по несимметрии — равной 15 % $I_{уст}$. Уставку по несимметрии 30 % $I_{ном}$ принимают в тех случаях, когда сеть имеет значительную естественную несимметрию напряжений.

Аппарат «Фаза» является последующей разработкой аппаратов фильтровой защиты приводных электродвигателей.

Принципиальная электрическая схема аппарата «Фаза» приведена на рис. 4.72. В схеме аппарата имеется фильтр токов обратной последовательности (*R5, R6, R7, C1*), который получает питание от малогабаритных трансформаторов тока *TT1* и *TT2*. С выходных зажимов фильтра напряжение, пропорциональное току обратной последовательности, поступает на трансформатор *Tp1*. Напряжение со вторичной обмотки трансформатора выпрямляется диодом *Д4* и через зарядную цепочку *R10, C5* поступает на диод *Д6*, резистор *R11* и вход транзисторного реле (триод *T3*). Реактивное плечо фильтра токов обратной последовательности состоит из параллельно включенных резистора *R7* и конденсатора *C1*. При таком включении снижаются токи пере-

ходного процесса в фильтре. Соотношения между сопротивлениями отдельных элементов данного фильтра следующие:

$$X_{C1}:R7:R5 = 1:\sqrt{3}:\frac{\sqrt{3}}{2},$$

где X_{C1} — сопротивление конденсатора (на частоте 50 Гц); *R7* — сопротивление резистора, включенного параллельно конденсатору *C1*; *R5* — сопротивление резистора активного плеча.

Параметры фильтра выбраны с учетом получения небольшой мощности рассеивания, достаточного быстродействия и величины напряжения на каждом плече фильтра, сравниваемого с опорным напряжением транзисторного реле. Параметры фильтра следующие: *C1*=2 мкФ; *R7*=2,7 кОм; *R5*=1,2 кОм плюс переменное сопротивление от 0 до 330 Ом. Векторная диаграмма фильтра приведена на рис. 4.73. В схеме (см. рис. 4.72) имеется переключатель фаз *П2*, служащий для периодической проверки исправности защиты в эксплуатации (положение «Проверка»).

На вход транзисторного реле (на резистор *R11*) через диоды *Д1*, *Д2*, *Д5* и резисторы *R1*, *R2*, *R3* и *R1'*, *R2'*, *R3'* поступают и напряжения, пропорциональные токам фаз, в которые включены трансформаторы *ТТ1* и *ТТ2*. По этой цепи защита срабатывает без выдержки времени при токах, значительно превышающих токи уставки. Переключатель *П1* позволяет иметь фиксированные кратности тока отсечки, равные 4, 7 и 10 $I_{уст}$. Таким образом, на вход транзисторного реле (*Т3*, *Т4*, *Т5*) по схеме ИЛИ, выполняемой диодами *Д5*, и *Д6*, подаются сигналы:

тока обратной последовательности (несимметрия) с небольшой выдержкой времени;

тока отсечки (короткие замыкания) без выдержки времени.

Работа транзисторного реле, состоящего из транзисторов *Т3*, *Т4*, *Т5* и выходного реле *Р2*, основана на сравнении входного сигнала $U_{сигн}$, пропорционального токам двигателя, с опорным напряжением $U_{опорн}$, замеряемым на потенциометре *R22* и определяющим уставку тока срабатывания (при $I_{уст}$=2 А $U_{опорн}$=3 В; при $I_{уст}$=6 А $U_{опорн}$=9 В). При нормальном режиме работы защищаемой установки $U_{сигн}<U_{опорн}$, транзисторы *Т3* и *Т5* закрыты и реле *Р2* обесточено. Транзисторы *Т3* и *Т5* открываются и реле *Р2* срабатывает, когда напряжение любого из перечисленных сигналов достигает величины, превышающей величину опорного напряжения $U_{сигн}>U_{опорн}$.

Для получения опорного напряжения в схеме применен стабилизированный источник питания, включенный во вторичную обмотку трансформатора напряжения *Тр2* и содержащий диод *Д12*, сглаживающий конденсатор *С7*, резистор *R25* и стабилитрон *Д11*. Величина опорного напряжения регулируется потенциометром *R22*. Переменные резисторы *R23* и *R21* служат для подготовки шкалы при настройке аппарата защиты. Емкость конденсатора *С6* выбирается такой величины, чтобы была обеспечена селективная работа защиты при внешних коротких замыканиях, сопровождающихся резким понижением или полным исчезновением напряжения питания. На время отключения короткого замыкания собственной защитой (не более 0,2 с) реле *Р1* (якорь которого в нормальном режиме притянут) будет удерживаться за счет энергии конденсатора *С6*. Реле *Р2* при срабатывании блокиру-

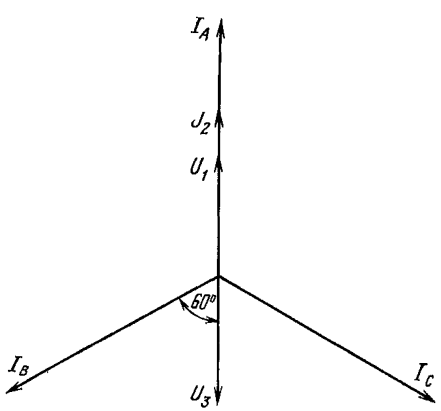


Рис. 4.73. Векторная диаграмма фильтра аппарата «Фаза»

ется контактами реле *Р3*, имеющего магнитную фиксацию. Деблокировка защиты осуществляется кнопкой *К1*. Таким образом реле *Р2* срабатывает при несимметрии и при коротких замыканиях.

Срабатывание защиты при кратковременных перегрузках обеспечивается транзисторным реле (*Т1* и *Т2*) с выходным реле *Р1*. На вход транзистора *Т1* подается напряжение, пропорциональное току перегруза и сопротивлению *R4* ($U_{сигн}$), сравниваемое с опорным напряжением $U_{опорн}$, снимаемым с потенциометра *R22*. При нормальной нагрузке электродвигателя $U_{сигн}<U_{опорн}$ и транзистор *Т2* открыт, а реле *Р1* находится под током. При перегрузке $U_{сигн}>U_{опорн}$ транзистор *Т1* открывается, а *Т2* закрывается, реле *Р1* обесточивается и размыкает свои контакты в цепи защищаемого электродвигателя. При отпадании реле *Р1* не блокируется и после снятия перегруза не препятствует повторному включению защищаемой установки. При перегрузе защита срабатывает с выдержкой времени, определяемой параметрами зарядной цепи *R9C3*. Контакты выходных реле *Р1* и *Р2*, предназначенные для включения в отключающую цепь электродвигателя, включены по схеме ИЛИ (зажимы *33* и *31* или *32*).

При подключении к аппарату вторичных цепей измерительных трансформаторов тока необходимо соблюдать одинаковое направление токов в цепях промежуточных трансформаторов защиты *ТТ1* и *ТТ2*. Для этого провода от одноименных зажимов измерительных трансформаторов тока присоединить к зажимам аппарата *2—4* (или *1—3*). Аппарат может быть подключен в разрыв двух проводов измерительных трансформаторов тока или с использованием третьего общего провода, в последнем случае общая точка звезды образуется на сборке зажимов аппарата закорачиванием зажимов *1—3* (или *2—4*). Для питания аппарата подводится напряжение 100 В к зажимам *21—22* или 380 В к зажимам *21—23*. При подаче на аппарат напряжения питания загорается зеленая сигнальная лампочка *Л1*, которая контролирует наличие напряжения питания, и срабатывает реле *Р1*, подготавливая цепь включения электродвигателя. Кроме того, реле *Р1* выполняет роль нулевой защиты и осуществляет функцию самоконтроля питания.

Уставку токовой защиты по перегрузу выбирают такую же, как для аппарата АФЗ. Кратность тока отсечки принимают в зависимости от типа электродвигателя, и переключатель ставят в соответствующее положение. Проверку и наладку аппарата выполняют при работающем электродвигателе, при этом контакты защиты выводят из работы, например, ставят перемычку на зажимы *33—32*.

Порядок чередования фаз устанавливается переключателем фаз *П2*, на котором имеются надписи «Работа» и «Проверка». Фазировку производят при работающем электродвигателе. Если после включения двигателя защита срабатывает и загорается красная лампа *Л2*, переключатель *П2* следует поставить в противоположное положение, не обращая внимание на надпись. После этого при включении электродвигателя защита срабатывать не должна. Правильность фазировки можно проверить с помощью вольтметра, например типа Ц-57, которым измеряют напряжение на выходе фильтра (зажимы *17—20*) при работающем двигателе. При правильном чередовании фаз это напряжение не должно превышать 1 В, а после переключения тумблера *П2* оно должно составлять 20—30 В и приводить к срабатыванию защиты. Если напряжение на выходе фильтра при обоих положениях переключателя фаз превышает 10—20 В, это говорит о том, что не соблюдена одноименность зажимов при подключении измерительных трансформаторов тока. Для устранения этой неисправности надо поменять местами одну из пар проводов от измерительных трансформаторов тока, например провода, подключенные к зажимам *1* и *2*. После этого фазировку произвести сначала.

Исправность защиты в процессе эксплуатации проверяют переключением тумблера *П2* в положение, противоположное нормальному. Защита срабатывает с выдержкой времени до 10 с, становится на магнитную блокировку, при этом загорается красная лампа. Затем переключатель фаз *П2* ставят в нормальное положение и нажатием кнопки *К1* деблокируют защиту. Чтобы проверить работу защиты от перегруза, надо регулятором уставок (потен-

циометр *R22*) выбрать уставку, заведомо меньшую расчетной. При этом защита должна сработать с выдержкой времени в несколько десятков секунд, красная лампа не загорается и защита не блокируется.

Остальные правила использования аппарата «Фаза» подробно описаны в инструкции по эксплуатации.

4.7. СХЕМЫ И АППАРАТУРА ДИСТАНЦИОННО-АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ГЛАВНЫМИ ВЕНТИЛЯТОРНЫМИ УСТАНОВКАМИ

4.7.1. Основные технические требования к автоматизированным установкам

Аппаратура дистанционно-автоматизированного управления должна удовлетворять следующим требованиям:

1. Обеспечивать надежную работу без постоянного присутствия обслуживающего персонала.

2. Предусматривать возможность трех видов управления:

а) дистанционно-автоматизированного, с наименьшим числом операций, выполняемых диспетчером (или оператором). При этом пульт дистанционного управления и контроля работы вентиляторной установки должен находиться на поверхности шахты в диспетчерском пункте или в помещении одной из постоянно обслуживаемых стационарных установок, имеющем телефонную связь, где должны быть обеспечены постоянное квалифицированное наблюдение за состоянием сигнализирующей аппаратуры, дистанционное управление вентиляторной установкой и регистрация в журналах всех поступающих сигналов;

б) дистанционно-автоматизированного из машинного зала, аналогичное управление от диспетчера;

в) местного индивидуального, деблокированного, с места установки механизмов (для проведения ремонтно-наладочных работ).

3. Переход с одного вида управления на другой не должен вызывать остановки работающего вентиляторного агрегата.

4. Пуск вентилятора должен быть возможен только после приведения в рабочее состояние устройств, обеспечивающих нормальный запуск и работу агрегата в выбранном режиме.

5. Обеспечивать автоматический ввод резервного насоса системы маслосмазки при отключении работающего насоса, понижении давления за фильтром ниже предельного или уменьшении подачи масла.

При принудительной смазке подшипников вентиляторов с длительным временем свободного выбега предусматривать аккумулирующее устройство, обеспечивающее смазку подшипников при отключении маслонасосов работающего агрегата.

6. Допускать реверсирование воздушной струи и переход с одного вентилятора на другой при закрытом направляющем аппарате без остановки вентиляторного агрегата (если это разрешается по технологии работы вентилятора, например для центробежных вентиляторов).

7. Обеспечивать аварийное отключение вентилятора при:

а) коротких замыканиях и нарушениях изоляции по отношению к «земле» в силовых цепях;

б) исчезновении более чем на 10 с напряжения на станциях управления, питающих оперативные цепи защиты, электродвигатели маслонасосов; а также на роторной станции при асинхронном приводе в случае отсутствия блокировки (механической защелки) шунтирующего контактора;

в) неисправности в системе охлаждения приводных двигателей (при принудительном их охлаждении);

г) перегреве подшипников электродвигателей и вентиляторов (перегрев обмоток электродвигателей и подшипников качения контролируется только при наличии встроенных термодатчиков);

д) несимметричных режимах работы двигателей и их длительной перегрузке;

е) несостоявшемся или затянувшемся пуске;

ж) выпадании синхронного двигателя из синхронизма или неполном выводе сопротивлений ротора асинхронного электродвигателя после окончания пуска;

з) прекращении протока масла через подшипники или понижении давления в маслосистеме;

и) действии тормозных устройств во время работы агрегата.

8. Предусматривать подачу светового и звукового предупредительных сигналов при неисправностях, которые не вызывают необходимости аварийного отключения работающего вентилятора. Например, при предельной производительности или депрессии вентилятора, автоматическом включении резерва низкого напряжения и т. д.

9. Предусматривать аварийную остановку вентилятора обслуживающим персоналом из машинного зала при любом виде управления.

10. Предусматривать блокировки, запрещающие:

а) одновременную работу двух вентиляторов на шахтную сеть, если не используется их параллельная работа, а также реверсирование воздушного потока без остановки вентилятора (кроме случая, изложенного в п. 6).

б) повторное или самопроизвольное включение привода вентилятора после оперативного или аварийного отключения без последующей команды на пуск и до устранения причины, вызвавшей аварийное отключение;

в) одновременное применение различных видов управления агрегатом;

г) включение электродвигателей лебедок ляд и шиберов при работающем вентиляторе, кроме случая, изложенного в п. 6;

д) одновременную работу двух маслонасосов при нормальном давлении и необходимом количестве подаваемого масла;

е) включение привода вентилятора при работающих электродвигателях лебедок;

ж) пуск вентилятора при несоответствующем выбранному режиму работы положении ляд в вентиляционных каналах;

з) включение вентилятора при отсутствии протока масла через подшипники (при принудительной маслосмазке);

и) включение заторможенного вентилятора;

к) отключение разъединителя высоковольтного распредустройства при включенном масляном выключателе;

л) включение соленоида привода масляного выключателя, если обесточена нулевая приставка;

м) открывание ограждения высоковольтных устройств при наличии на последних напряжения.

11. Предусматривать контроль:

а) депрессии и производительности вентилятора.

Вентиляторные установки без машинистов должны быть оборудованы самопишущими приборами, постоянно регистрирующими производительность и депрессию вентиляторов, с устройствами, сигнализирующими на пульт дистанционного управления об отклонениях расхода и депрессии от заданных параметров;

б) температуры обмоток электродвигателей вентилятора (при наличии встроенных термодатчиков);

в) температуры подшипников электродвигателя и вентилятора;

г) протока и давления масла в системе маслосмазки;

д) наличия напряжения на станциях управления и в оперативных цепях;

е) положения ляд;

ж) положения лопаток направляющего или спрямляюще-направляющего аппаратов;

з) тока статора и ротора приводного двигателя;

и) высокого напряжения;

к) положения тормозного устройства.

12. Предусматривать сигнализацию, отражающую:

А. В машинном здании (световая или блинкерная):

а) аварийное отключение вентилятора с расшифровкой причины отключения;

б) работу в нормальном или реверсивном режиме;

в) исправную работу системы охлаждения (при принудительном охлаждении двигателя);

г) ввод в работу резервного насоса системы смазки;

д) повышенную температуру подшипников электродвигателей и вентиляторов;

е) повышенную температуру обмоток приводного электродвигателя (при наличии логометров и встроенных термодатчиков).

Б. На пульте диспетчера (световая):

а) включение вентилятора;

б) отключение вентилятора;

в) работу в нормальном или реверсивном режиме (по положению переключателя на пульте);

г) аварийное отключение вентилятора (без расшифровки причины) с дублированием звуковым сигналом;

д) неисправность, не требующую аварийной остановки вентиляторного агрегата с дублированием звуковым сигналом.

13. Предусматривать автоматический ввод резервного питания 380 В.

14. Обеспечивать независимость электроснабжения рабочего и резервного вентиляторных агрегатов. Схемы не должны содержать общих элементов, выход из строя которых может вызвать неуправляемость или отключение обоих агрегатов.

4.7.2. Порядок проведения и объем работ по наладке схем автоматизации

При проведении наладочных работ необходимо детально изучить проект и проанализировать работу вентилятора во всех возможных режимах и возможные неисправности, возникающие при работе установки: отказы отдельных аппаратов и реле, обрыв или замыкание в цепях управления, повреждение катушек и контакторной системы пускорегулирующей аппаратуры и др.

Проверить качество монтажа и соответствие схемы управления и установленного оборудования проекту. Особое внимание обратить на аппаратуру, расположенную в канале вентилятора. Она должна иметь искробезопасные цепи или же быть в рудничном взрывобезопасном исполнении.

Перед наладкой схемы дистанционно-автоматизированного управления произвести наладку механической и электрической частей вентиляторной установки, опробовать работу всех узлов и агрегатов на местном управлении, обратив особое внимание на работу и состояние реверсивных устройств, аппаратов защит и блокировок, направляющих аппаратов, вспомогательных двигателей.

При наладке схем автоматизации необходимо:

1. Произвести ревизию и регулировку аппаратуры и установить требуемые функциональные уставки (выдержки времени, величины напряжения или тока срабатывания и отпадания реле) в соответствии с проектом, действующими нормами, инструкциями заводов-изготовителей.

2. Проверить и настроить все виды защит и блокировок, функционирующие при работе вентиляторной установки при дистанционно-автоматизированном управлении.

3. Проверить коммутации схем управления и сигнализации (контактные соединения, маркировку, исправность линий связи).

4. Проверить правильность показаний расходомера и тяго-напоромера.

5. Отрегулировать устройства контроля конечного положения ляд и направляющих аппаратов.

6. Произвести наладку циркуляционной системы смазки.

Подвижные контакты манометров настроить на заданный верхний и нижний пределы давления. Нижний предел настройки должен составлять 0,3 даН/см², верхний — 2,5—4 даН/см².

По мере наладки отдельных звеньев схемы производить их поузловое опробование в режиме ручного управления. После проверки работоспособности отдельных узлов (реверсивных и переключающих устройств, направляющих аппаратов, маслонасосов, генераторов, пусковой аппаратуры привода вентилятора и т. д.) в режиме ручного управления подать напряжение во все цепи управления и защиты и проверить работу схемы в целом: сначала без подачи напряжения в силовые цепи электродвигателей вспомогательных устройств и на приводной электродвигатель вентилятора, а затем с подачей напряжения.

Только после проверки работоспособности цепей управления и наладки всех видов защит можно произвести пробный пуск вентилятора. В случае необходимости произвести дополнительную подстройку отдельных узлов и аппаратуры схемы.

Аппаратура дистанционного управления и контроля работы вентилятора должна пройти предварительную промышленную проверку в течение 720 ч ее работы. Результаты этой проверки должны быть оформлены актом, утвержденным главным инженером шахты.

4.7.3. Схемы и аппаратура автоматизации вентиляторных установок

Широкое распространение на шахтах получила аппаратура УКВГ-60 и УКВГ-63, предназначенная для дистанционного управления главными вентиляторными установками шахт, а также для контроля их работы.

Реверсивные осевые вентиляторы ВОКР-1,8; ВОД-11; ВОД-16; оснащены серийно изготовляемой аппаратурой ЭРВГП-2. При удалении вентиляторов от места управления более чем на 500 м (но не более 5000 м) в комплекте с аппаратурой ЭРВГП-2 поставляется заводом, вместо пульта диспетчера, аппаратура телеуправления АТУ-1.

Для дистанционного управления шурфовыми вентиляторами выпускается аппаратура АДШВ, обеспечивающая дистанционное управление и контроль за шестью главными и шестью шурфовыми вентиляторами.

Институтами Гипроуглеавтоматизация, Донгипроуглемаш и Харьковским электромеханическим заводом (ХЭМЗ) разработан и серийно изготовляется унифицированный комплект аппаратуры автоматизации вентиляторных установок шахт (УКАВ-2), обеспечивающий дистанционно-автоматизированное управление осевыми (нереверсивными или реверсивными) и центробежными (одностороннего или двухстороннего всасывания) вентиляторами с различными типами приводных электродвигателей и наиболее полно отвечающий всем требованиям, предъявляемым к автоматизированным вентиляторным установкам.

АППАРАТУРА УКВГ-63

Предназначена для дистанционного управления главными вентиляторными установками шахт с электродвигателями до и выше 1000 В, а также для контроля их работы.

В комплект аппаратуры входит пульт диспетчера ПД-63, станция управления СУ-63, два аппарата контроля температуры АКТФ-1 и автоматический переключатель дифманометра АПД.

Пульт ПД-63 устанавливают в помещении диспетчера или в помещении одной из постоянно обслуживаемых стационарных установок на поверхности шахты, имеющем телефонную связь, где обеспечивается постоянное квалифицированное наблюдение за состоянием сигнализирующей аппаратуры, дистанционное управление вентиляторной установкой и регистрация всех поступающих сигналов в книге учета работы вентилятора.

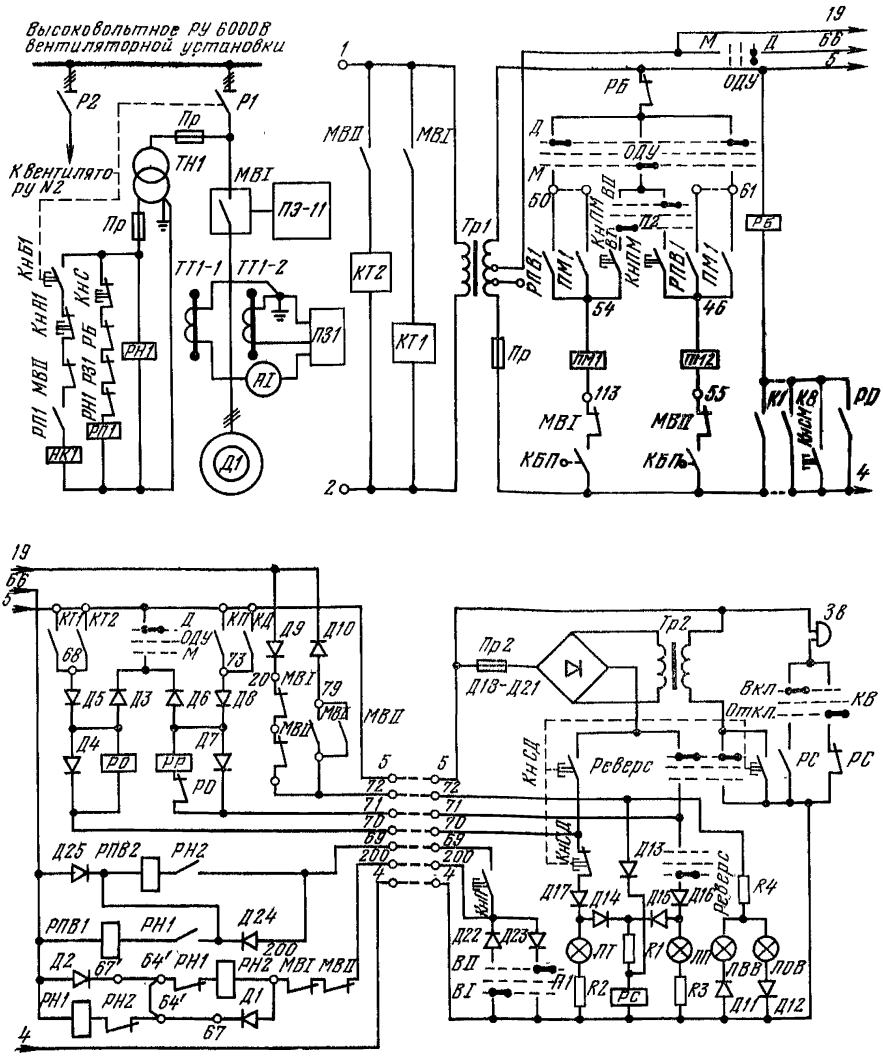


Рис. 4.74. Принципиальная электрическая схема аппаратуры УКВГ-63

Станцию управления СУ-63 устанавливают в здании вентиляторной установки. Исполнение станции нормальное. Напряжение питания 380 В переменного тока.

В здании вентиляторной установки кроме станции СУ-63 устанавливают первичные бесшкальные и вторичные самопишущие приборы контроля производительности и депрессии, аппараты контроля температуры подшипников, приводы для включения масляных выключателей высоковольтного распределительного устройства, станции синхронизации, магнитную станцию, роторные сопротивления.

Управление вентиляторами осуществляется по семипроводной линии связи с пульта диспетчера. Схема управления и контроля — релейная с по-

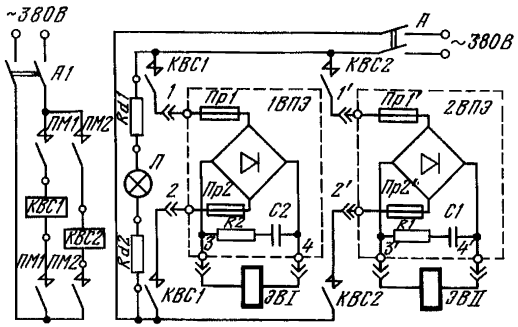


Рис. 4.75. Принципиальная электрическая схема шкафа выпрямителей ШВПЭ-11-380

лярным разделением каналов связи. Сечение жил линии связи не менее 1 мм². Максимальная дальность действия аппаратуры 2 км.

Разработчик аппаратуры УКВГ — институт Автоматуглерудпром конотопского электромеханического завода «Красный металлист» совместно с институтом Гипроуглеавтоматизация.

Изготовитель — конотопский электромеханический завод «Красный металлист».

Ниже приведено описание работы схемы УКВГ-63 для случая высоковольтного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором (рис. 4.74).

Пуск вентиляторов. Дистанционное управление вентиляторами осуществляют с пульта диспетчера. При этом на станции управления переключатель *ОДУ* должен находиться в положении «Дистанционное». Установкой ключа *П1* в положение *ВI* (вентилятор № 1) или *ВII* (вентилятор № 2) выбрать требуемый вентилятор. При выборе вентилятора № 1 включится реле выбора вентилятора *РН1*, которое замыкающими контактами включит пускатель двигателя лебедки ляд каналов вентиляторов (канал вентилятора № 1 открывается, канал вентилятора № 2 закрывается) и подготовит цепи управления пускателей двигателей лебедок реверсивных устройств и цепь реле включения вентилятора № 1 — *РПВ1*, а размыкающим контактом разомкнет цепь реле *РН2*, исключая тем самым возможность включения второго вентилятора.

Для пуска вентилятора необходимо после установки ляд каналов в исходное положение кратковременно нажать кнопку *КнП*. При этом включится реле *РПВ1*, которое замыкающим контактом подает напряжение на катушку пускателя *ПМ1* при условии, что перевод ляд на выбранный режим работы закончился и блокировочное реле *РБ* обесточено. Силовые контакты *ПМ1* пускателя замкнут цепь питания катушки контактора включения соленоида *КВС1* (рис. 4.75), который подаст напряжение на выпрямитель *1ВПЭ* шкафа выпрямителей ШВПЭ-11-380. Соленоид *ЭВ1* привода ПЭ-11 получит питание от выпрямителя *1ВПЭ* (см. рис. 4.75) и включит масляный выключатель *МВ1* (см. рис. 4.74) двигателя вентилятора № 1. После включения масляного выключателя его размыкающий блок-контакт *МВ1* обесточит цепь катушки пускателя *ПМ1*, что приведет к отключению выпрямителя *1ВПЭ* (см. рис. 4.75) от сети. Второй замыкающий блок-контакт *МВ1* включит сигнальную лампу *ЛВВ* включения вентилятора, номер которого соответствует положению ключа выбора *П1*. Третий, замыкающий блок-контакт *МВ1*, включит в работу аппарат контроля температуры работающего вентилятора. Четвертый, размыкающий контакт *МВ1*, разомкнет цепь обмоток реле *РН1* и *РН2*, что предотвращает возможность перевода ляд при работе вентилятора. Пятый, размыкающий контакт *МВ1*, разомкнет цепь сигнальной лампы *ЛОВ* остановки вентиляторов. Шестой, размыкающий блок-контакт *МВ1* разомкнет цепь нулевой катушки НК2 (на рис. 4.74 не показана), что предотвращает возможность случайного включения вентилятора № 2 при работающем вентиляторе № 1.

Пуск вентилятора № 2 осуществляется аналогично пуску вентилятора № 1.

Остановка вентиляторов. Для дистанционной остановки работающего вентилятора необходимо на пульте диспетчера нажать кнопку *КнСД* (см. рис. 4.74). При этом один замыкающий контакт кнопки подает напряжение 127 В на трансформатор *Тр2*, второй — включит реле отключения *РО* по цепи: диоды *Д18—Д21* — кнопка *КнСД* — провод *70* — обмотка реле *РО—ДЗ—ОДУ* — провод *5* — предохранитель *Пр2* — диоды *Д18—Д21*, а размыкающий контакт кнопки отключит цепь контроля температуры. Реле *РО* своим замыкающим контактом включит реле *РБ*, которое отключит промежуточное реле *РП1*. Реле *РП1* замыкающим контактом разомкнет цепь катушки *НК1* нулевой приставки привода ПЭ-11 масляного выключателя, что приведет к отключению электродвигателя работающего вентилятора.

После отключения масляного выключателя его блок-контакты возвратятся в исходное положение. При этом отключится аппарат контроля температуры подшипников, подготовятся цепи готовности включения вентиляторов и перевода ляд, погаснет лампа *ЛВВ*, загорится лампа *ЛОВ* и сработает реле звуковой сигнализации *РС*, включающее своим замыкающим контактом звонок *Зв*, который может быть выключен ключом *КВС*.

Реверсирование вентиляторной установки. Для дистанционного перевода вентиляторной установки в режим реверсирования воздушной струи необходимо остановить вентилятор и перевести ключ «Реверс» на пульте диспетчера в положение, соответствующее данному режиму. При этом один замыкающий контакт ключа «Реверс» подаст питание на трансформатор *Тр2* (см. рис. 4.74), второй— включит реле реверса *РР* по цепи: диоды *Д18 — Д21* — замыкающий контакт ключа «Реверс» — контакт *РО* — реле *РР* — диод *Д6* — переключатель *ОДУ* — провод *5* — предохранитель *Пр2* — диоды *Д18—Д21*, а размыкающий контакт ключа «Реверс» отключит цепь контроля производительности и депрессии в режиме реверсирования воздушной струи. Реле реверса *РР* своими замыкающими контактами включит соответствующие пускатели двигателей лебедок, которые переведут ляды и шибера в положение реверсирования струи, после чего они отключатся конечными выключателями. Дальнейший пуск происходит аналогично вышеописанному после нажатия кнопки *КнП*.

Для перевода вентиляторной установки в режим нормальной работы необходимо остановить вентилятор и перевести ключ «Реверс» в положение «Нормальная работа». При этом реле реверса *РР* отключится и своими размыкающими контактами включит магнитные пускатели, которые включат лебедки для перевода ляд и шиберов в положение, соответствующее нормальному режиму.

Местное управление. Переход на местное управление вентиляторной установкой осуществляют переводом переключателя *ОДУ* (см. рис. 4.74) из положения «Дистанционное» в положение «Местное».

Для местного пуска, например, вентилятора № 1 необходимо переключатель *П2* на станции управления перевести в положение *В1* (вентилятор № 1) и нажать кнопку *КнПМ*, расположенную на этой же станции. При этом подается напряжение на катушку пускателя *ПМ1* и дальнейший процесс запуска происходит аналогично, как и при дистанционном управлении.

Для остановки вентилятора необходимо на станции управления нажать кнопку *КнСМ*. При этом включится реле *РБ*, которое отключит промежуточное реле *РП1*. Замыкающий контакт реле *РП1* разомкнет цепь катушки *НК1* нулевой приставки привода, которая отключит масляный выключатель двигателя вентилятора.

Работу вентилятора в режим реверсирования воздушной струи или в режим нормальной работы переводят соответствующими кнопками, расположенными на двери станции управления СУ-63. При этом включатся соответствующие пускатели лебедок, которые устанавливают ляды в выбранный режим работы вентилятора.

Аварийная сигнализация. При отклонении производительности или депрессии работающего вентилятора от заданных значений, замкнутся замыкающие контакты *КП* или *КД*, которые включат лампу *ЛП*, реле *РС* и звонок *Зв*.

При перегреве подшипников работающего вентилятора аппарат контроля температуры замкнет свой замыкающий контакт *КТ1* (или *КТ2*), который включит лампу *ЛТ*, реле *РС* и звонок *Зв*.

Для снятия звукового сигнала необходимо ключ *КВС* на пульте диспетчера перевести в положение «Сигнал отключен». После устранения аварийного режима реле *РС* отключится и своим размыкающим контактом включит звонок, что свидетельствует об устранении неисправности. После этого ключ *КВС* необходимо установить в исходное положение «Сигнал включен».

Защита. Защита электродвигателей главных вентиляторов от ненормальных режимов осуществляется аппаратами фильтровой защиты, встроенными в станцию управления.

Панели защиты *ПЗ1* (*ПЗ2*) включаются в цепь защищаемой установки через измерительные трансформаторы тока.

Дополнительно для защиты от токов короткого замыкания и перегрузки главных электродвигателей вентиляторных установок устанавливаются токовые реле.

Контакты защиты включаются в цепь обмотки промежуточного реле *РП1* (*РП2*), которое своим замыкающим контактом размыкает цепь катушки нулевой приставки привода ПЭ-11 масляного выключателя.

АППАРАТУРА ЭРВГП-2

Электроаппаратура реверсивных вентиляторов главного проветривания ЭРВГП-2 предназначена для дистанционного управления реверсивными осевыми двухступенчатыми вентиляторами типа ВОКР-1,8; ВОД-11 и ВОД-16 с электродвигателями высокого и низкого напряжения, а также для контроля их работы.

В зависимости от количества агрегатов в вентиляторной установке, а также дальности дистанционного управления аппаратура ЭРВГП-2 подразделяется на четыре типа: ЭРВГП-2А для одноагрегатной вентиляторной установки с дальностью действия до 500 м, состоящей из шкафа управления ШУ и пульта диспетчера ПДРВ; ЭРВГП-2Б для двухагрегатной вентиляторной установки с дальностью действия до 500 м, состоящей из двух шкафов управления ШУ, двух пультов диспетчера ПДРВ и автоматического переключателя дифманометра АПД; ЭРВГП-2В для одноагрегатной вентиляторной установки с дальностью действия 500—5000 м, состоящей из шкафа управления ШУ и аппаратуры АТУ-1 для телеуправления вентиляторной установкой; ЭРВГП-2Г для двухагрегатной вентиляторной установки с дальностью действия 500—5000 м, состоящей из двух шкафов управления ШУ, аппаратуры АТУ-1 для телеуправления главными вентиляторами и автоматического переключателя дифманометра АПД.

Шкаф управления ШУ установлен в здании вентиляторной установки и предназначен для местного и дистанционного управления одним реверсивным вентилятором и лядой, а также для контроля и защиты электродвигателя вентилятора с помощью панели аппарата фильтровой защиты, встроенной в шкаф управления ШУ. Исполнение — защищенное. Номинальное напряжение питания переменного тока (f=50 Гц) 380 В.

Пульт диспетчера ПДРВ установлен в диспетчерской и предназначен для дистанционного управления и контроля одним реверсивным вентилятором и лядой. Исполнение — защищенное. Номинальное напряжение питания переменного тока (f=50 Гц) 220 В.

Аппаратура ЭРВГП-2 позволяет управлять вентиляторными установками с асинхронными электродвигателями с фазной или короткозамкнутой обмоткой ротора, напряжением до и выше 1000 В, синхронными электродвигателями напряжением до и выше 1000 В с использованием в каждом конкретном случае типовых магнитных станций и с соответствующими переключениями в схеме управления.

Принцип работы аппаратуры ЭРВГП-2 с аппаратурой телеуправления АТУ-1 рассмотрен в 4.7.3.

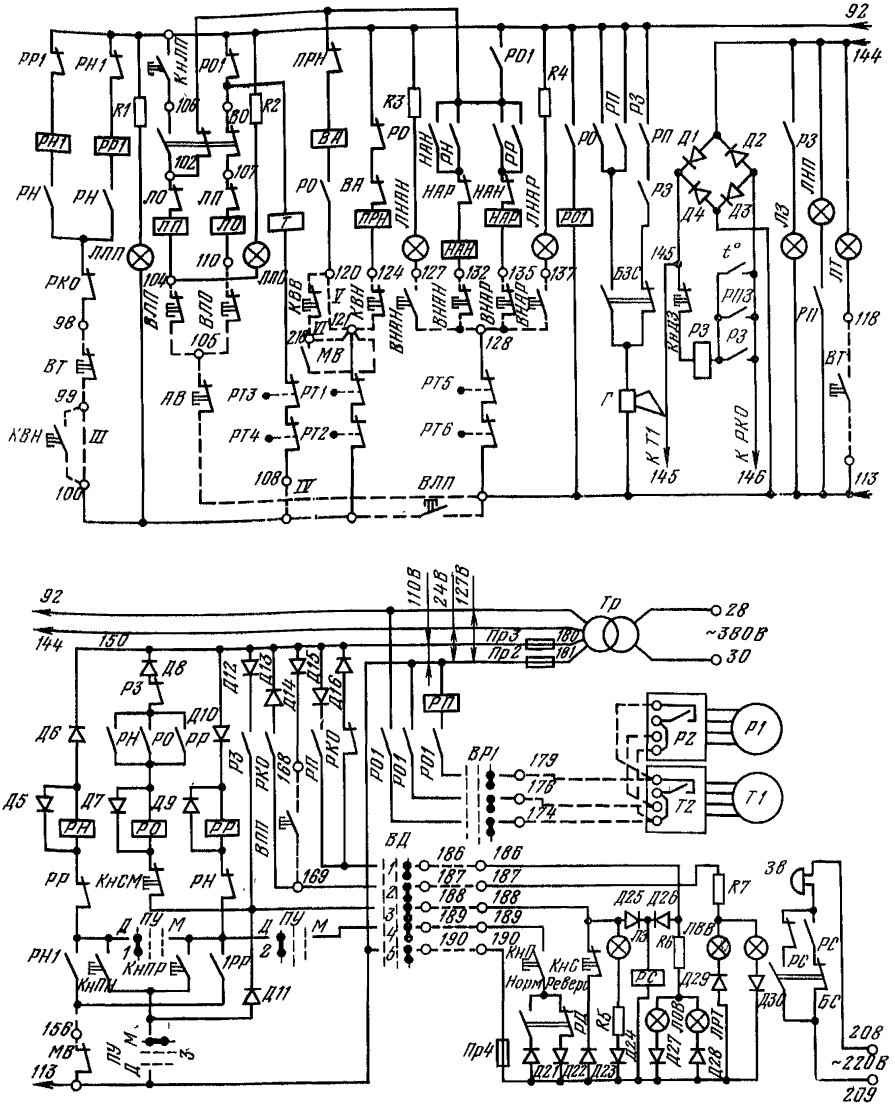


Рис. 4.76. Принципиальная электрическая схема аппарата ЭРВГП-2

Разработчик аппаратуры ЭРВГП-2 — институт Автоматуглерудпром конотопского электромеханического завода «Красный металлист» совместно с институтом Донгипроуглемаш.

Изготовитель — конотопский электромеханический завод «Красный металлист».

Ниже приведено описание работы элементов аппаратуры ЭРВГП-2 при управлении с пульта диспетчера ПДРВ асинхронным электродвигателем напряжением выше 1000 В с короткозамкнутой обмоткой ротора, а на рис. 4.76 показана ее принципиальная схема.

Подготовка вентиляторов к работе. Перед пуском вентилятора необходимо произвести подготовительные операции в машинном зале и диспетчерской.

В машинном зале: включить высоковольтные разъединители; в шкафу управления ШУ включить автоматические выключатели, проверить наличие напряжения 380 В, установить переключатель управления ПУ в положение «Дистанционное» или «Местное» в зависимости от места управления вентилятором, установить выключатель пульта *ВД* (если управление предусматривается от диспетчера) и выключатель приборов контроля депрессии и производительности *ВР1* в положение «Включено», установить переключатель сигнала *БЗС* и выключатель опробования *ВО* в положение «Включен».

В диспетчерской: переключатель *РД* установить в положение «Нормальная работа» или «Реверс», а переключатель сигнала *БС* — в положение «Включен».

Если ляда выбранного вентилятора была опущена, ее необходимо поднять. Для этого следует кратковременно нажать кнопку *КнП* в диспетчерской или кнопку *КнПН (КнПР)* при управлении из машинного зала. При этом включится реле пуска в нормальном режиме *РН* и замыкающим контактом включит реле остановки *РО*, которое одним замыкающим контактом заблокируется, а вторым — включит промежуточное реле *РО1*. Реле *РО1* замыкающим контактом замкнет цепь питания катушки реверсивного пускателя перестановки ляд *ЛП* по цепи: *Тр181—Пр2* — провод *113—АВ—ВЛП—ЛП* — размыкающий блок-контакт *ЛО—ВО* — замыкающий контакт *РО1—Тр92*, который включит двигатель лебедки. В конце подъема ляда воздействует на конечный выключатель *ВЛП*, который размыкающим контактом разомкнет цепь катушки пускателя *ЛП*, отключит двигатель лебедки. В случае несрабатывания концевого выключателя *ВЛП* в схеме предусмотрен аварийный концевой выключатель *АВ*, установленный на лебедке. Замыкающий контакт *ВЛП* включит сигнальную лампу подъема ляды — *ЛЛП*.

Одновременно с подъемом ляды осуществляется и поворот лопаток направляющего аппарата в нормальное положение, если они были в положении реверса. Реле *РН* вторым замыкающим контактом включит пускатель направляющего аппарата *НАН*, который самоблокируется и включает электродвигатель направляющего аппарата. Отключение электродвигателя осуществляется размыканием цепи питания катушки пускателя *НАН* концевым выключателем *ВНАН*. Замыкающий контакт концевого выключателя *ВНАН* выключит сигнальную лампу *ЛНАН*, сигнализирующую о том, что направляющий аппарат находится в положении нормальной работы вентилятора. Вентилятор готов к включению.

Пуск вентилятора с пульта диспетчера *ПДРВ*. Для пуска вентилятора в нормальном режиме с пульта диспетчера необходимо (при переключателе выбора места управления *ПУ* в шкафу управления *ШУ* установленном в положение «Дистанционное») переключатель *РД* на пульте диспетчера установить в положение «Нормальная работа» и кратковременно нажать кнопку *КнП*. При этом включится реле *РН* по цепи: трансформатор *Тр181* — предохранитель *Пр2* — переключатель *ВД5* — предохранитель *Пр4* — диод *Л21* — переключатель *РД* — кнопка *КнП* — переключатели *ВД4 — ПУ2-Д — ПУ1-Д* — контакт *РР* — реле *РН* — диод *Д6* — предохранитель *Пр3 — Тр180*. Одним замыкающим контактом реле *РН* включит реле остановки *РО*, если оно было отключено после подъема ляды кнопкой *КнС* на пульте ПДРВ или кнопкой *КнСМ* на шкафу управления ШУ, по цепи: *Тр181 — Пр2 — ВД5* — диод *Д23* — кнопка *КнС — ВД3* — кнопка *КнСМ* — реле *РО* — контакт *РН* — размыкающий контакт *РЗ* — диод *Д8 — Пр3 — Тр180*. Реле *РО* одним замыкающим контактом заблокируется, вторым — включит промежуточное реле *РО1*, а размыкающим контактом разомкнет цепь отключающего электромагнита, встроенного в пружинно-моторный привод масляного выключателя. Реле *РО1* размыкающим контактом размыкает цепь катушки пускателя тормоза *Т*. Электромагнит тормоза отключится и растормозит установку.

Реле *РН* вторым замыкающим контактом включит реле включения реверсора *РН1* по цепи: трансформатор *Тр181—Пр2* — кнопка *ВЛП* — кнопка *ВТ* — контакт реле *РКО* — контакт реле *РН* — реле *РН1* — контакт реле *РР1* — трансформатор *Тр92*. Замыкающий контакт реле *РН1* включит электродвигатель пружинно-моторного привода, что приведет к включению масляного вы-

ключателя. Масляный выключатель своими главными контактами включит электродвигатель вентилятора. Размыкающий блок-контакт *МВ* отключает реле РН, которое в свою очередь, отключает реле *РН1*, исключая этим самым самопроизвольный пуск вентилятора после остановки. Замыкающий блок-контакт *МВ* подготовит цепь отключающего электромагнита для включения его при отключении электродвигателя вентилятора.

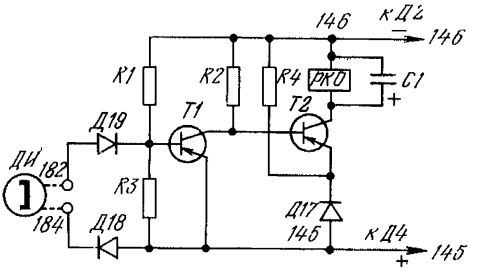


Рис. 4.77. Схема устройства контроля остановки вентилятора

Схема устройства контроля остановки вентилятора показана на рис. 4.77. При разгоне вентилятора в магнитоиндуктивном датчике *ДИ* начинает наводиться электродвижущая сила, положительный потенциал которой через диод *Д19* подается на базу транзистора *Т1*. При увеличении потенциала, являющегося функцией скорости вращения вентилятора, до определенной величины транзистор *Т1* прикрывается и ток коллектора уменьшается. При этом на базу транзистора *Т2* с выпрямителя *Д1—Д4* (см. рис. 4.76), собранного по мостовой схеме, через резистор *R2* (см. рис. 4.77) подается отрицательный потенциал. Транзистор *Т2* откроется и по цепи: *Тр181* (см. рис. 4.76) — *Пр2* — *Д4* — провод *145*—*Д17* (см. рис. 4.77) — переход база — коллектор транзистора *Т2* — реле *РКО* — провод *146* — *Д2* (см. рис. 4.76) — *Тр144*, включится реле контроля остановки *РКО* (тип *ПЭ-6*), которое замыкающим контактом включит сигнальную лампу включения вентилятора *ЛВВ*, а размыкающим — разомкнет цепь включения лампы остановки вентилятора *ЛОВ*.

Если не поднята ляда соответствующего вентилятора или наложен тормоз, включение электродвигателя вентилятора невозможно. Это достигается введением в цепь питания промежуточных реле *РН1* и *РР1* замыкающих контактов конечных выключателей *ВЛП* и *ВТ*.

Остановка вентилятора с пульта диспетчера ПДРВ. Для остановки работающего вентилятора на пульте ПДРВ необходимо нажать кнопку *КнС* (см. рис. 4.76). При этом реле *РО* отключится и замыкающим контактом разомкнет цепь реле *РО1*, которое замыкающим контактом разомкнет цепь катушки контактора реверсора, а размыкающим — включит катушку пускателя тормоза *Т*. Контактор реверсора отключит электродвигатель от сети и под действием электромагнита тормоза вентилятор начнет снижать частоту вращения и остановится. Замыкающий контакт концевого выключателя *ВТ* включит сигнальную лампу включения тормоза *ЛТ*. При полной остановке вентилятора в магнитоиндуктивном датчике *ДИ* (см. рис. 4.77) исчезнет электродвижущая сила, что приведет к отключению реле *РКО*, которое своим размыкающим контактом включит лампу остановки вентилятора *ЛОВ* (см. рис. 4.76), а замыкающим — отключит лампу включения вентилятора *ЛВВ*.

Размыкающим контактом *РКО* в цепи промежуточных реле *РН1* и *РР1* предотвращается повторный пуск электродвигателя до полной его остановки.

Реверс вентилятора. Дистанционное реверсирование воздушной струи осуществляется изменением направления вращения приводного электродвигателя с одновременным поворотом лопаток направляющего аппарата. Для реверса необходимо остановить работающий вентилятор, установить переключатель *РД* на пульте диспетчера в положение «Реверс» и кратковременно нажать кнопку *КнП*. Реле пуска в реверсивном режиме *РР* включится и замкнет свои замыкающие контакты в цепи реле отключения *РО*, в цепи катушки направляющего аппарата *НАР* и в цепи промежуточного реле *РР1* включения реверсора. Направляющий аппарат изменит свое положение и конечным выключателем *ВНАР* разомкнет цепь питания катушки *НАР* и включит лампу *ЛНАР*. Дальнейший пуск вентилятора аналогичен вышеописанному.

Управление из машинного зала. Для перехода на местное управление вентиляторным агрегатом необходимо в шкафу управления ШУ переключатель *ПУ* из положения «Дистанционное» перевести в положение «Местное». При этом замкнется контакт *ПУ3-М* и разомкнутся контакты *ПУ1-Д* и *ПУ2-Д*. Цепи сигнализации у диспетчера остаются включенными, если не отключить пульт диспетчера выключателем *ВД* в шкафу ШУ.

Для пуска вентилятора в нормальном (реверсивном) режиме необходимо кратковременно нажать кнопку *КнПН (КнПР)*. При этом включится реле пуска *РН (РР)*, которое замыкающим контактом включит реле *РО*. Дальнейший ход процесса пуска аналогичен пуску из диспетчерской.

Вентилятор останавливают нажатием на кнопку *КнСМ*, которая размыкает цепь питания реле отключения *РО*. Дальнейшее отключение элементов происходит аналогично остановке из диспетчерской.

Аварийная сигнализация. При нарушении проветривания, т. е. отклонении производительности или депрессии от заданных пределов, замкнется контакт *Р2* или *Т2*, которые включат реле контроля *РП*. Реле *РП* замыкающим контактом включит реле сигнализации *РС* и лампу *ЛРТ*. Замыкающим контактом реле *РС* включит звонок *Зв*, который может быть выключен переключателем БС. После ликвидации аварии переключатель БС должен быть установлен в положение включения сигнала. Аналогично осуществляется звуковая и световая (звонок *Зв* и лампа *ЛЗ*) сигнализация при срабатывании защиты, так как контакт реле защиты *РЗ* введен в цепь включения реле и лампы *ЛЗ*.

АППАРАТУРА АТУ-1

Аппаратура телеуправления главными вентиляторами АТУ-1 предназначена для дистанционного управления и контроля за работой шахтными вентиляторами главного проветривания с электродвигателями напряжением до и выше 1000 В, удаленными от пункта оператора до 5 км.

В комплект аппаратуры входят аппарат телеуправления диспетчерской АТД-1 и аппарат телеуправления станции АТС-1.

Исполнение аппаратов — пылезащищенное.

Питание аппаратуры осуществляется от трехфазной силовой сети напряжением 380/660 В; допустимое отклонение питающего напряжения от —15 % до +10 % номинального значения.

Напряжение выхода высокочастотных блоков не ниже 4,8 В. Чувствительность приемников высокочастотных блоков не хуже 0,3 В.

В качестве линии связи может быть использована любая свободная или занятая пара проводов телефонного или другого кабеля.

Подача команд телеуправления и прием ответов об исполнении этих команд осуществляются электрической посылкой (импульсом), длительностью $^1/_6$ периода промышленной частоты, сформированной при помощи фазового распределителя и преобразованной высокочастотными генераторами в импульс частотой 14 и 20 кГц.

Работа аппаратуры основана на комбинированном частотно-временно́м принципе. Временно́е разделение сигналов осуществляется шестифазным распределителем, с помощью которого можно получить шесть команд, т. е. вести управление и иметь сигнализацию о работе шести отдельных механизмов. Частотное разделение осуществляется при помощи несущих частот 14 и 20 кГц.

Задающий генератор диспетчерского полукомплекта работает на частоте 14 кГц, а его приемник — на 20 кГц, и наоборот, генератор исполнительного полукомплекта работает на частоте 20 кГц, а приемник — на 14 кГц.

Разработчики аппаратуры АТУ-1 — Донгипроуглемаш и Автоматуглеруд-пром конотопского электромеханического завода «Красный металлист».

Изготовитель — конотопский электромеханический завод «Красный металлист».

Шестифазный распределитель предназначен для формирования кратковременных импульсов (продолжительностью $^1/_6$ периода тока промышленной частоты), которые используются для управления генератором за-

дающей частоты, а также в схеме совпадения для приема приходящих импульсов.

Если взять однофазный трансформатор, у которого вторичная обмотка разделена средней точкой на две симметричные части, т. е. э. д. с. этих частей равны, и собрать схему, показанную на рис. 4.78, то в один и тот же момент времени в зависимости от того, какой конец A или B подключен к сопротивлению нагрузки $R_н$, по нему потечет ток разного направления. Следовательно, в точке O по отношению к точкам A и B действует э. д. с. разной полярности, иначе говоря, мы получаем две фазы напряжения, сдвинутые относительно друг друга на 180°. Используя вышеизложенное, можно преобразовать симметричную трехфазную систему в симметричную шестифазную. Для этого достаточно вывести средние точки всех вторичных обмоток трехфазного трансформатора и объединить их в одну нейтральную точку (рис. 4.79). При этом способ соединения первичной обмотки трансформатора значения не имеет, т. е. можно производить соединение обмоток или звездой или треугольником. Получим шестифазную систему, у которой имеется три основных вектора трехфазной системы I, II, III и три вектора обратной полярности Ia, IIa, $IIIa$.

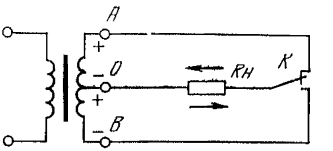


Рис. 4.78. Схема однофазного трансформатора

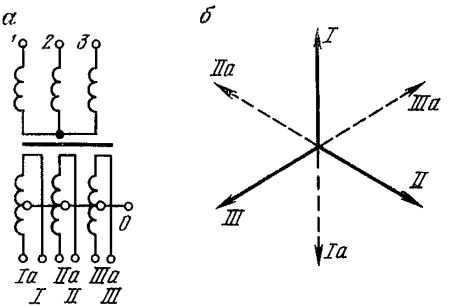


Рис. 4.79. Схема шестифазного трансформатора ($а$) и его векторная диаграмма ($б$)

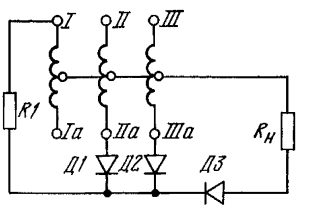


Рис. 4.80. Схема формирования импульса

Если из такого шестифазного трансформатора взять два вектора прямой полярности и один вектор от третьей фазы обратной полярности или, наоборот, два вектора обратной полярности и один вектор от третьей фазы прямой полярности и собрать схему, приведенную на рис. 4.80, использовав три диода $Д1$, $Д2$, $Д3$ и резистор $R1$, то на нагрузке $R_н$ сформируется импульс продолжительностью $^1/_6$ периода тока промышленной частоты, имеющий форму треугольника, что наглядно видно из зависимости $U=f(t)$ на рис. 4.81.

В положительный полупериод на участке KM ток должен протекать от фазы IIa, как более положительный, к фазе $IIIa$, как более отрицательной. Однако этого не произойдет, так как встречно стоит диод $Д2$ (см. рис. 4.80). На участке MH (см. рис. 4.81) ток должен протекать от фазы I к фазе $IIIa$, но здесь также встречно стоит диод $Д2$. На участке HP ток должен протекать от фазы I к фазе IIa, но встречно включен диод $Д1$, и на участке PA от фазы $IIIa$ к фазе IIa также — диод $Д1$. Таким образом, в положительный полупериод импульс не формируется.

В отрицательный полупериод на участке AB фаза $IIIa$ более положительна, чем фаза I, а на участке BC фаза IIa более положительна, чем фаза I. Это приводит к протеканию тока от фазы $IIIa$ и IIa к фазе I через резистор $R_н$ (см. рис. 4.80), диод $Д3$ и резистор $R1$, т. е. в данном случае формируется импульс треугольной формы. Аналогично формируется импульс для других комбинаций фаз. Указанных комбинаций фаз в выше приведенной шестифазной системе можно получить шесть. При этом в каждую $^1/_6$

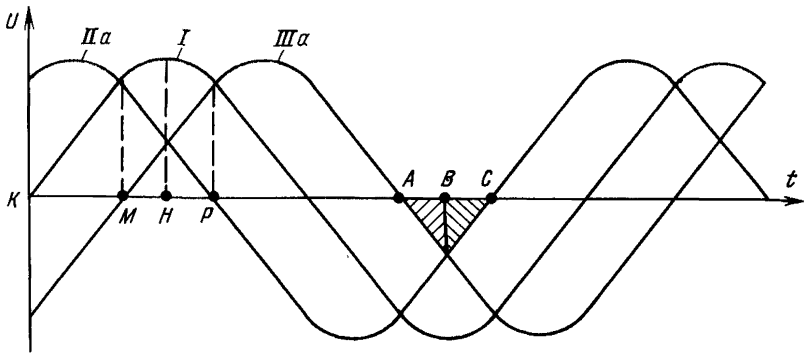


Рис. 4.81. График формирования импульса $U=f(t)$

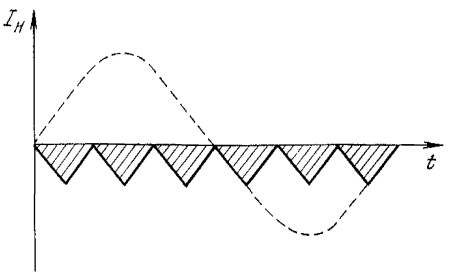


Рис. 4.82. График импульсов шестифазной системы

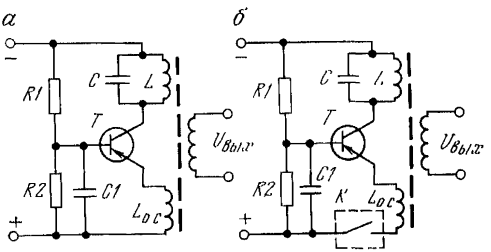


Рис. 4.83. Принципиальная схема генератора:
а — без ключа; *б* — с ключом

периода сети на резисторе $R_н$ получается остроугольный импульс (рис. 4.82).

Высокочастотный генератор. Рассмотрим работу простейшего генератора на полупроводниковом триоде (рис. 4.83, *а*).

Генератор с самовозбуждением выполнен на полупроводниковом триоде *T* и колебательном контуре, состоящем из индуктивности *L* и емкости *C*, величина которых и определяет частоту колебаний контура. При подаче питания в схему на резисторе *R2* появляется напряжение $U_{б.э}$, в результате чего в цепи база — эмиттер потечет ток. Появление тока в эмиттерной цепи приведет к увеличению тока через коллекторный переход. В цепи коллектора потечет ток, создавая напряжение на контуре *LC*, в результате чего начнет заряжаться конденсатор *C*, который после полного заряда начнет разряжаться на катушку индуктивности *L*. Процесс разряда конденсатора будет иметь колебательный характер.

Колебательный процесс подчиняется синусоидальному закону, в контуре происходят колебания с резонансной частотой, определяемой конденсатором *C* и индуктивностью *L*. Колебания, возникающие в контуре, носят характер затухающих колебаний. Для того чтобы контур давал незатухающие колебания, в цепи эмиттера генератора предусмотрена обмотка $L_{о.с}$ положительной обратной связи. За счет возникающих колебаний в контуре в обмотке будет наводиться синусоидальное напряжение, которое в такт колебаний контура будет то увеличивать, то уменьшать ток в цепи коллектора. Таким образом, колебания, которые возникли благодаря первоначальному заряду конденсатора, будут поддержаны за счет положительной обратной связи, генератор возбудится и на-

чнет работать, а на выходной обмотке контура появится напряжение $U_{вых}$ с частотой колебаний контура.

Рассмотрим процесс управления работой генератора сигналов.

Если напряжение к генератору подано постоянно, то включить и отключить генератор можно, например, ключом *К*, разрывая и замыкая цепь обратной связи (рис. 4.83, *б*). Ключом *К* может быть и бесконтактный элемент, например, триод *Т2* (рис. 4.84). Триод *Т2* является ключевым. При отсутствии напряжения смещения $E_{см}$ триод *Т2* закрыт, и в цепи эмиттера триода *Т1* будет большое сопротивление, которое не даст возможности пройти достаточному току для открытия триода. Другими словами, на эмиттер *Т1* не будет подан «плюс» источника питания, а значит генерация невозможна. При подаче напряжения смещения $E_{см}$ на ключевой триод *Т2* последний открывается и «плюс» источника питания подается на эмиттер триода *Т1*.

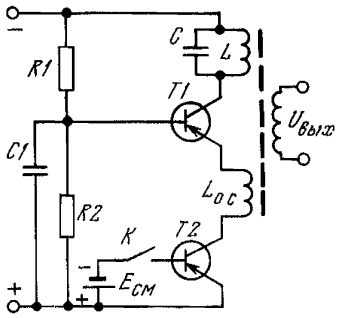


Рис. 4.84. Принципиальная схема генератора с ключевым триодом

В схеме генератора (рис. 4.85) аппаратуры АТУ-1 ключевым является триод *Т9*, а напряжением смещения — сформированный треугольный импульс, подаваемый с шестифазного распределителя. При замыкании контакта *К* (контакты реле РП1—РП6) в цепь ключевого триода *Т9* подается импульс

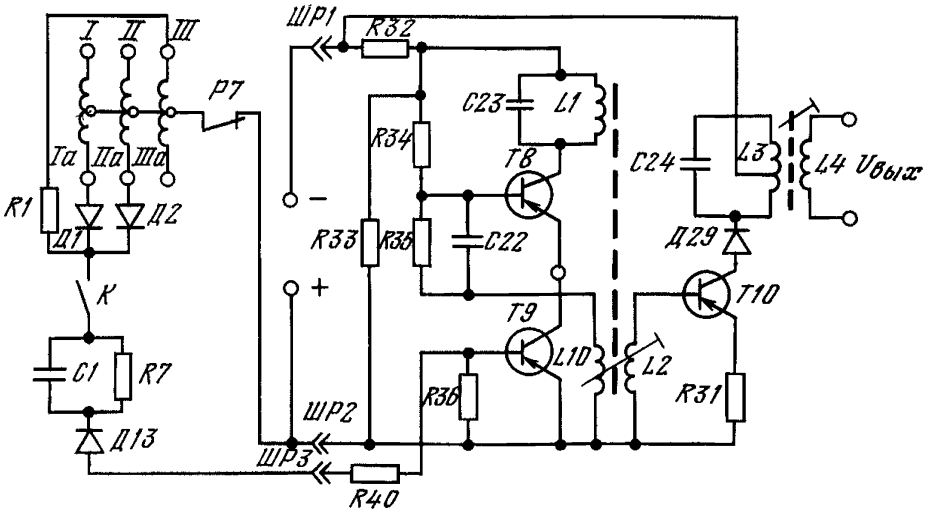


Рис. 4.85. Принципиальная электрическая схема высокочастотного генератора

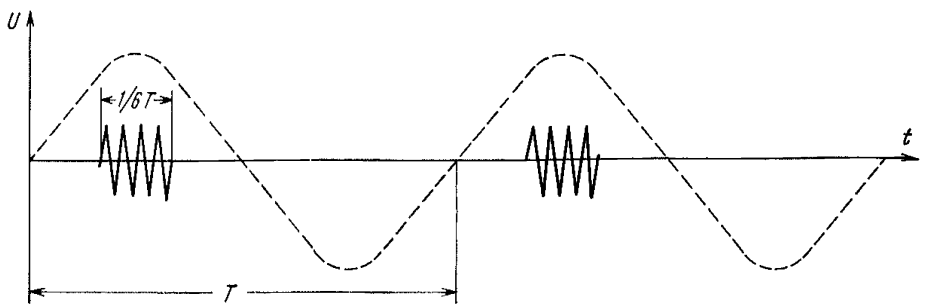


Рис. 4.86. График сигналов высокочастотного генератора

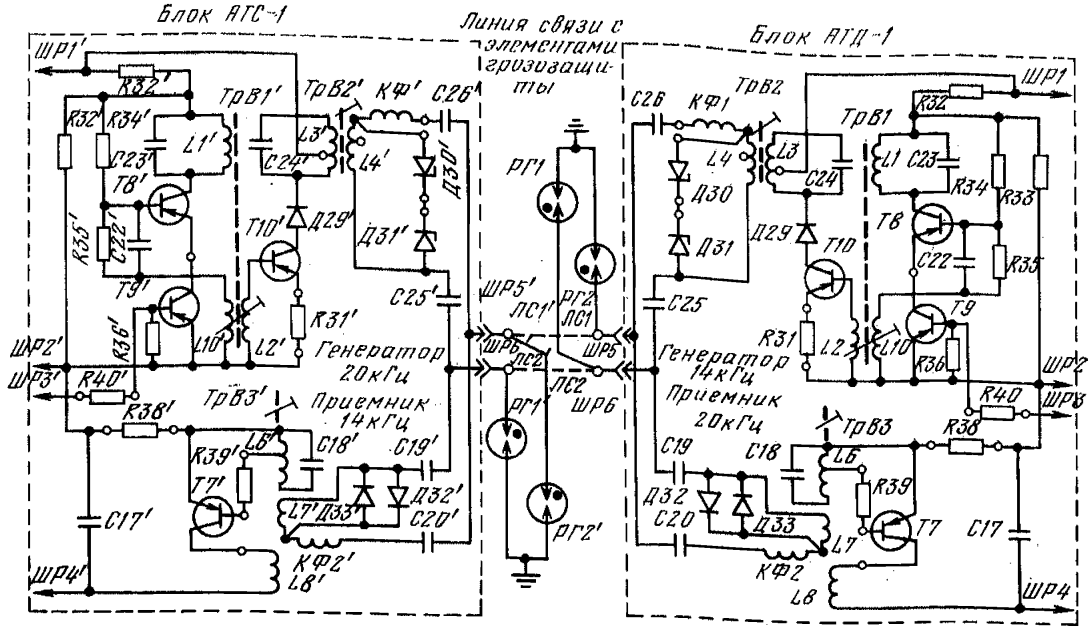


Рис. 4.87. Принципиальная электрическая схема генераторов и приемников исполнительного и задающего полукомплектов (АТД-1, АТС-1)

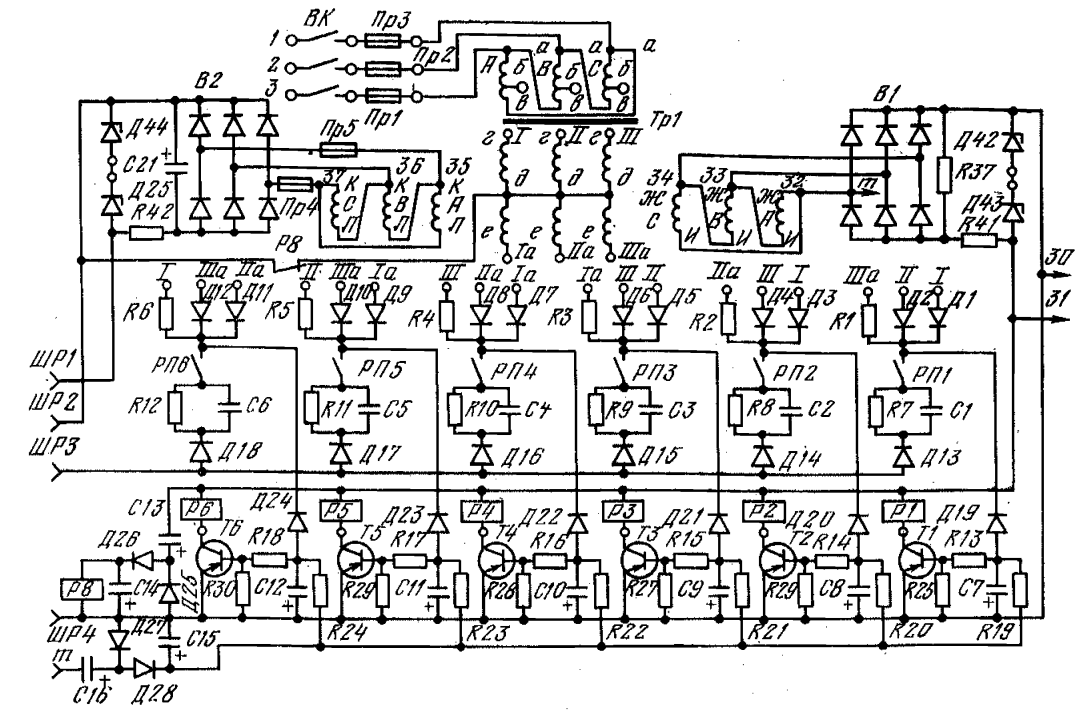


Рис. 4.88. Принципиальная электрическая схема шестифазного распределителя и ячеек схемы совпадения (АТД-1)

длительностью $^1/_6$ периода, т. е. на это время открывается триод *Т8*, и на выходе возникают высокочастотные колебания (рис. 4.86). Таким образом, работа высокочастотного генератора манипулируется шестифазным распределителем. При подаче одного импульса (например, замыкание только одного контакта реле РП) генератор работает $^1/_6$ периода, а при замыкании двух (шести контактов) РП1—РП6 триод *Т9* (см. рис. 4.85) открывается за пе-

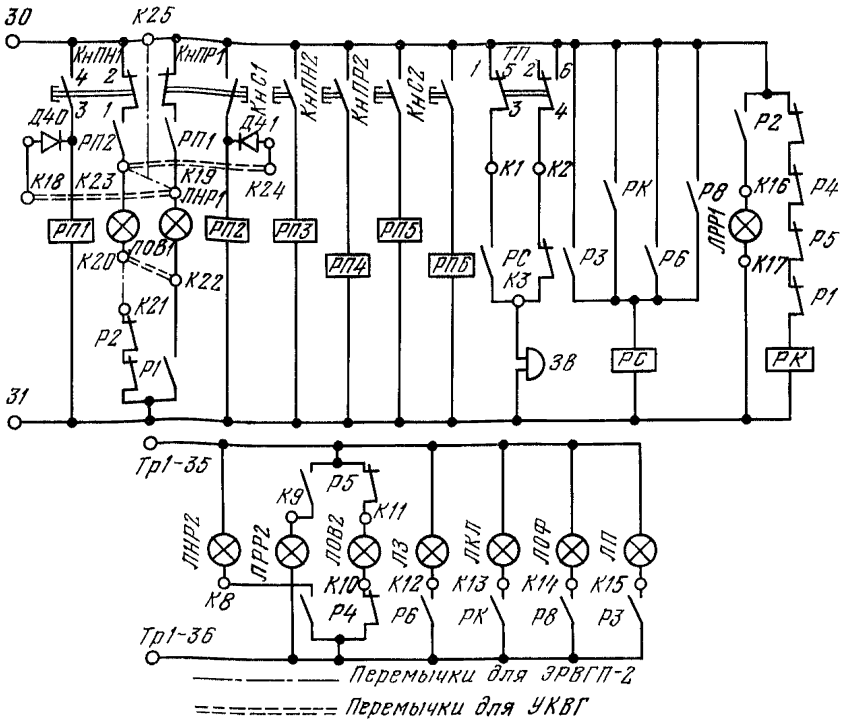


Рис. 4.89. Принципиальная электрическая схема цепей управления вентиляторной установки и контроля ее работы (АТД-1)

риод дважды (шесть раз), только сформированный высокочастотный импульс будет сдвинут во времени. После усиления триодом *Т10* сигнала (14 или 20 кГц) по мощности он попадает в линию связи и принимается приемником исполнительного аппарата.

Высокочастотный приемник. При наличии в линии связи сигнала высокой частоты, на которую настроены резонансные контуры приемника (*С19, С20, КФ2, С18* и *ТрВ3*), триод *Т7* (рис. 4.87) открывается на время действия этого сигнала и пропускает сформированный импульс в схему совпадения по цепи (рис. 4.88): точка *д* трансформатора *Тр1*, размыкающий контакт *Р8, ШР2, R38*, эмиттер-коллектор *Т7* (см. рис. 4.87), обмотка обратной связи *L8, ШР4* и далее (рис. 4.88), например, для первой формирующейся ячейки, по цепи *С7*, диод *Д19, R1* и фаза *IIIа*.

Конденсатор *С7* зарядится и будет разряжаться через триод *Т1* и резистор *R13*, поддерживая триод *Т1* некоторое время открытым. Так как триод *Т1* открылся, то все напряжение будет приложено к обмотке исполнительного реле *Р1*, которое включится. Величины резистора *R13* и конденсатора *С7* берут такими, чтобы разряд *С7* длился не менее $^5/_6$ периода, т. е. чтобы триод *Т1* оставался открытым до прихода следующего импульса через $^5/_6$ периода после предыдущего.

Работа схемы автоматизации с аппаратурой АТУ-1. Ниже описана работа аппаратуры АТУ-1 в комплекте с аппаратурой ЭРВГП-2 по телеуправлению и контролю за работой шахтных вентиляторов главного проветривания.

Для управления вентиляторами необходимо поставить перемычки между зажимами *К19—К23—К25* и *К20—К21* (рис. 4.89), соединить соответствующие зажимы аппарата АТС-1 с цепями управления и контроля вентилятор-

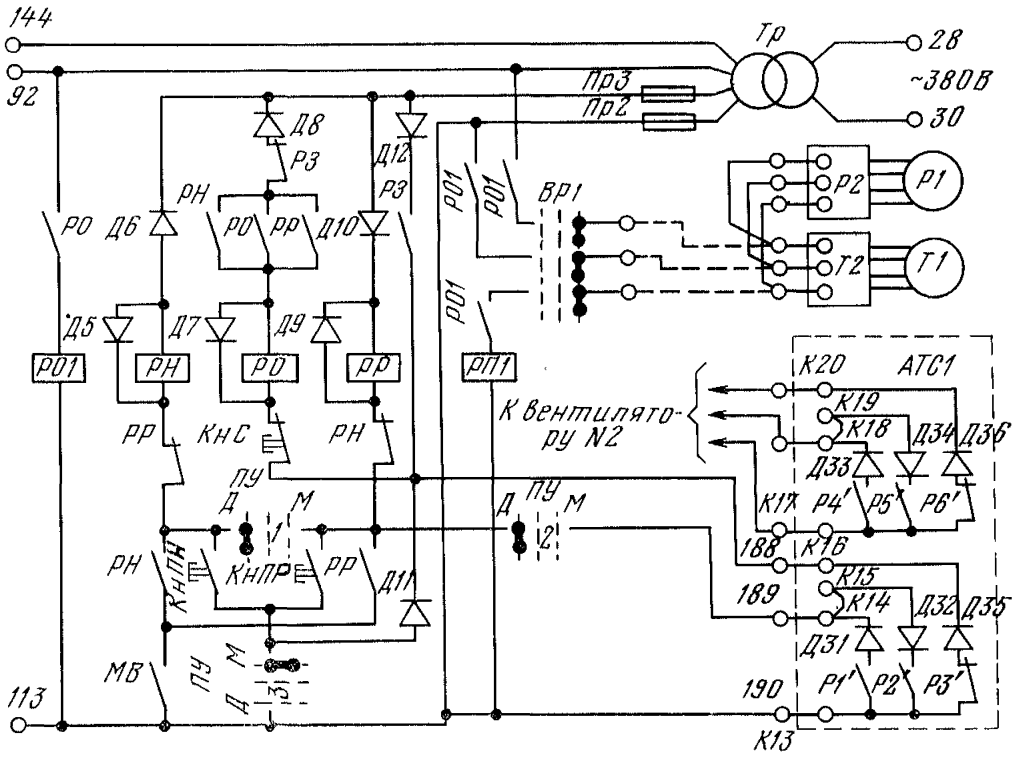


Рис. 4.90. Принципиальная электрическая схема работы аппаратуры АТУ-1 в комплекте с аппаратурой ЭРВГП-2

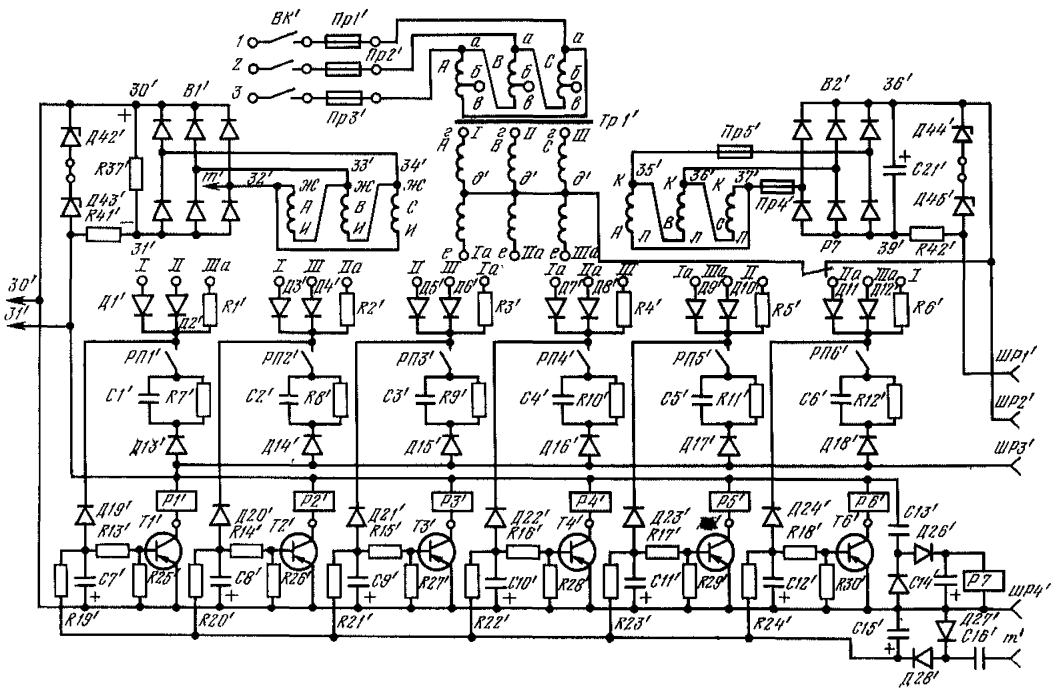


Рис. 4.91. Принципиальная электрическая схема шестифазного распределителя и ячеек схемы совпадения (АТС-1)

ных установок № 1 и № 2 (рис. 4.90), подать питание на аппараты АТД-1 и АТС-1 (см. рис. 4.88, рис. 4.91).

Для запуска, например, первого вентилятора в нормальном режиме работы (см. рис. 4.89) необходимо кратковременно нажать кнопку *КнПН1* («Нормальная работа») на аппарате АТД-1. При этом включится реле *РП1* и своим замыкающим контактом подключит первую формирующую ячейку к ключевому триоду *Т9* высокочастотного генератора (см. рис. 4.87). Сформированный (см. рис. 48.8) импульс (фаза *I*; *II*; *IIIа*) откроет триод *Т9* (см. рис. 4.87) на время его продолжительности ($^1/_6$ периода тока сети). Генератор начнет генерировать и посылать высокочастотный сигнал 14 кГц в линию связи — *ШР5*, *ШР6*, *ЛС1* и *ЛС2*. По линии связи сигнал поступит в аппарат АТС-1 на зажимы *ЛС1′* и *ЛС2′*, *ШР5′* и *ШР6′* и далее на контур приемника *С19′*, *С20′*, *КФ2′*, который настроен на частоту 14 кГц. В результате откроется триод приемника *Т7′* и пропустит сформированный импульс в схему совпадения через конденсатор *С7′* (см. рис. 4.91), диод *Д19′*, формирующую цепочку: диоды *Д1′*, *Д2′*, сопротивление *R1′*; фазы *I*, *II*, *IIIа* и среднюю точку *∂′* шестифазного распределителя *ТР1′*. Конденсатор *С7′* заряжается и открывается триод *Т1′* схемы совпадения, реле *Р1′* включится и своим замыкающим контактом включит реле *РН* (см. рис. 4.90); которое подготовит цепь для запуска вентилятора № 1.

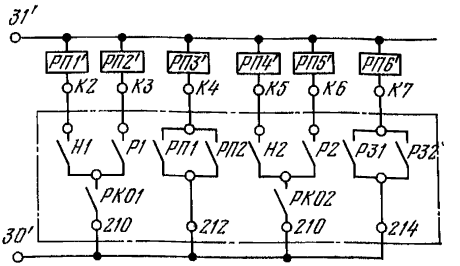


Рис. 4.92. Принципиальная электрическая схема включения реле контроля работы вентиляторной установки (АТС-1)

После запуска вентилятора включится реле контроля остановки вентилятора РКО (см. рис. 4.22), которое замыкающим контактом *РКО1* (рис. 4.92) подаст питание в цепь реле *РП1′*, аппарата АТС-1. Реле *РП1′* включится и подключит первую формирующую цепочку *Д1′*, *Д2′*, *R1′* (см. рис. 4.91) к ключевому триоду *Т9′* (см. рис. 4.87). Генератор начнет генерировать и посылать высокочастотные сигналы частотой 20 кГц, длительностью $^1/_6$ периода тока сети в линию: *ШР5′*, *ШР6′*, *ЛС1′*, *ЛС2′*. По линии связи сигнал поступит в аппарат АТД-1 на зажимы *ЛС1*, *ЛС2*, *ШР5*, *ШР6* и далее на контур приемника *С19*, *С20*, *КФ2*, который настроен на частоту 20 кГц. Откроется триод *Т7* и пропустит сформированный импульс в схему совпадения через конденсатор *С7* (см. рис. 4.88), диод *Д19*, формирующую цепочку: *Д1*, *Д2*, *R1*, фазы *I*, *II*, *IIIа* и среднюю точку *∂* шестифазного распределителя *Тр1*, размыкающий контакт *Р8*, *ШР2*, эмиттер триода *Т7* (см. рис. 4.87). Конденсатор *С7* (см. рис. 4.88) заряжается и открывается триод *Т1* схемы совпадения; реле *Р1* включится и своим замыкающим контактом включит лампу *ЛНР1* (см. рис. 4.89), а размыкающим контактом отключит лампу *ЛОВ1* — вентилятор № 1 работает в нормальном режиме.

Для остановки вентилятора № 1 необходимо на аппарате АТД-1 нажать кнопку *КнС1*. При этом включится реле *РП3*. Выработка и передача сигнала к исполнительному полукомплекту, а также его прием аппаратом АТС-1 происходит аналогично, как и при пуске вентилятора. На аппарате АТС-1 включится реле *Р3′* (см. рис. 4.91), а в аппарате АТД-1 загорится лампа *ЛОВ1* (см. рис. 4.89).

Аналогично запуску и остановке вентилятора происходит реверс. При нажатии кнопки *КнПР1* (пуск вентилятора № 1 в реверсивном режиме) в аппарате АТД-1 включится реле *РП2*, а в аппарате АТС-1 реле *Р2′* (см. рис. 4.91).

Аварийная сигнализация. При нарушении проветривания в аппарате АТС-1 сработает реле *РП3′* (см. рис. 4.92), а в аппарате АТД-1 — реле *Р3* (см. рис. 4.88) и загорится лампа *ЛП* (см. рис. 4.89). При перегреве

подшипников в аппарате АТС-1 сработает реле *РП6′* (см. рис. 4.92), а в аппарате АТД-1 — реле *Р6* (см. рис. 4.88) и загорится лампа *Л3* (см. рис. 4.89). Через размыкающие контакты реле *Р1, Р2, Р4, Р5* (работа вентиляторов) ведется контроль линии, т. е. замыкание этой цепи вызывает срабатывание реле *РК* (контроль линии) и включение лампы *ЛКЛ*.

Лампой *ЛОФ* осуществляется контроль обрыва фазы питания аппаратуры.

В каждом случае нарушения режима работы, кроме световой сигнализации, включается реле *РС* звуковой сигнализации, которое замыкающим контактом включает звонок *Зв*. Чтобы отключить звонок, необходимо перебросить тумблер *ТП* в положение «Сигнал отключен».

После устранения нарушения тумблер должен быть возвращен в положение «Сигнал включен».

Особенности наладки аппаратуры АТУ-1. После окончания монтажных работ необходимо произвести фазировку силовой сети исполнительного аппарата АТС-1 с диспетчерским аппаратом АТД-1. Для этого необходимо подать напряжение на аппаратуру и на диспетчерском полукомплекте нажать первую и вторую кнопки «Пуск». На исполнительном полукомплекте должны включаться исполнительные реле *Р1* и *Р2* (см. рис. 4.88). Если в аппарате сработают другие реле, то необходимо произвести фазировку исполнительного аппарата в соответствии с фазировкой диспетчерского аппарата переключением жил силового питающего кабеля в такой последовательности: 1, 2, 3; 1, 3, 2; 2, 1, 3; 2, 3, 1; 3, 1, 2; 3, 2, 1. При каждом переключении фаз по срабатываниям реле определяют правильность фазировки аппаратуры.

В процессе эксплуатации необходимо периодически проверять режимы работы отдельных узлов аппаратуры. В первую очередь проверить напряжение на обмотках исполнительных реле *Р1—Р6*. При исправной аппаратуре напряжение на обмотках включенных реле должно быть одинаковым и равняться напряжению на выпрямителе *В1*, равному 24 В. Понижение напряжения включенного реле свидетельствует о нарушении режима работы генератора или приемника, неисправности которых устраняются в мастерской. Для этого блок высокой частоты следует вынуть из аппарата, а на его место поставить запасной.

Проверить напряжение на обмотках отключенных реле *Р1—Р6*. Оно не должно превышать 1,5—2 В. Повышенное напряжение отключенного реле свидетельствует об ухудшении параметров триодов *Т1—Т6* или триода *Т7* (см. рис. 4.87), что требует их замены.

При эксплуатации аппаратуры следует обращать внимание на состояние контактов реле *РП1—РП6* (см. рис. 4.89), замыкающих формирующие цепи фазовых распределителей, так как при слабых токах в этих цепях возможны нарушения надежного контакта даже при незначительном загрязнении контактирующих поверхностей.

Периодически проверять действие защиты от обрыва фаз. Искусственно обрыв одной из фаз силовой цепи можно осуществлять, вынув один из предохранителей *Пр1, Пр2* или *Пр3* (см. рис. 4.88). При этом должно срабатывать (см. рис. 4.88, 4.91) реле *Р7* (*Р8*) и выключать все механизмы вентиляторной установки.

Для защиты аппаратуры от грозовых разрядов к полукомплектам АТД-1 и АТС-1 подключены разрядники *РГ1, РГ2, РГ1′* и *РГ2′* типа РА-350 (см. рис. 4.87).

АППАРАТУРА УКАВ-2

Комплектное устройство УКАВ-2 предназначено для автоматизации вентиляторных установок, оборудованных осевыми (нереверсивными или реверсивными) или центробежными вентиляторами (одностороннего или двухстороннего всасывания). Комплект унифицированной аппаратуры разработан для вентиляторов, которые имеют следующие типы нерегулируемых электроприводов: синхронный высоковольтный нереверсивный, синхронный высоковольтный реверсивный, асинхронный высоковольтный нереверсивный, асин-

хронный высоковольтный реверсивный, синхронный низковольтный нереверсивный, синхронный низковольтный реверсивный, асинхронный низковольтный нереверсивный, асинхронный низковольтный, реверсивный, двухдвигательный асинхронный низковольтный встречного вращения.

Разработчики аппаратуры УКАВ-2 — институты Гипроуглеавтоматизация, Донгипроуглемаш и Харьковский электромеханический завод (ХЭМЗ).

Изготовитель — ХЭМЗ.

В состав комплекта входят следующие станции:

автоматизации: без аппаратуры управления маслосмазкой ШГС 8802-13М2, с аппаратурой управления маслосмазкой ШГС 8801-13М2, для двухдвигательного привода вентилятора встречного вращения ШГС 8803-13А2;

КИП: без логометра ШГС 9509-00М2, с логометром ШГС 9510-00М2;

возбуждения ШГС 9101-53М2;

вспомогательных приводов ШГС 5902-43М2;

дополнительных вспомогательных приводов ШГС 5904-13А2;

статорная нереверсивная: ток приводного двигателя до 200 А ШГС 7502-43М2, ток приводного двигателя до 600 А ШГС 7502-63М2;

статорная реверсивная: ток приводного двигателя до 200 А ШГС 7501-43М2, ток приводного двигателя до 600 А ШГС 7501-63М2;

роторная ШГС 6704-69М2.

Кроме того, в состав комплекта входят также пульты управления (диспетчера) ШГС 9508-00М2.

В машинном зале устанавливают станции (по одной на каждый вентиляторный агрегат) автоматизации, КИП, возбуждения (для синхронного двигателя), роторную (для асинхронного двигателя), статорную (для низковольтного двигателя) и одну станцию вспомогательных приводов на два вентиляторных агрегата. При количестве приводов ляд свыше четырех может быть заказана и установлена станция дополнительных вспомогательных приводов.

Первичные приборы контроля расхода и давления воздуха устанавливают в машинном зале, а вторичные приборы (показывающие и самопишущие) — в помещении диспетчера и на станции КИП в машинном зале.

Приборы контроля расхода и давления воздуха, которые в комплект аппаратуры не входят, заказывают по опросным листам, заполняемым проектирующей организацией.

В помещении диспетчера устанавливают пульты управления по одному на вентиляторный агрегат.

Комплектное устройство УКАВ-2 имеет нормальное исполнение. Напряжение приводного двигателя вентилятора — 6000 В, 10 000 В или 380 В. Напряжение питания цепей управления — 220 В переменного тока частотой 50 Гц.

Унифицированный комплект позволяет осуществлять:

выбор вида управления вентиляторной установкой;

работу в нормальном или реверсивном режиме;

автоматический контроль за работой установки в автоматическом и полуавтоматическом режимах;

частичное регулирование производительности вентилятора поворотом лопаток направляющего аппарата на ходу;

автоматическое включение резервного вентилятора (при аварийном отключении рабочего вентилятора);

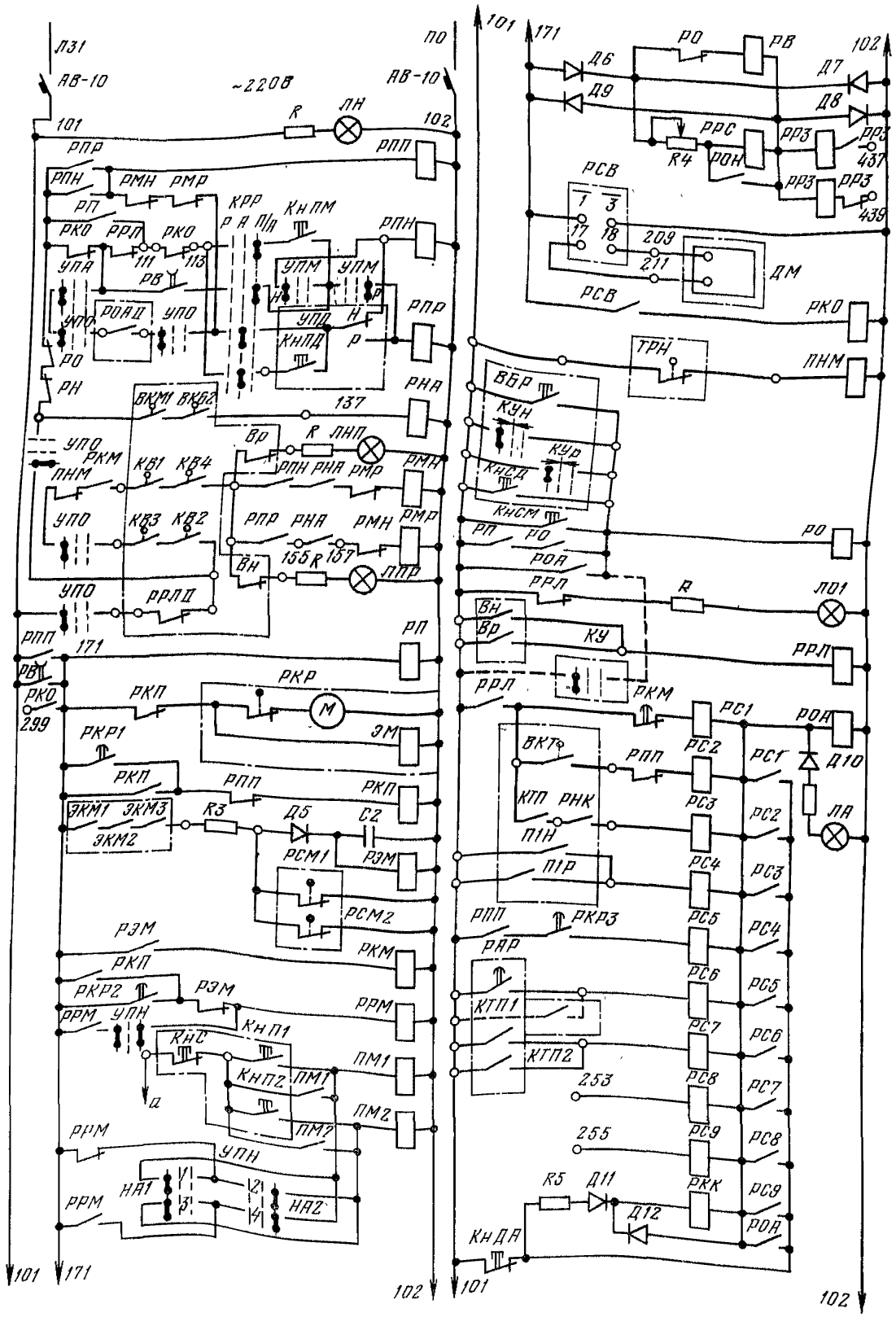
автоматическое включение резерва (АВР) низкого напряжения;

автоматическое повторное включение при кратковременном (до 10 с) отключении питающего напряжения;

реверсирование вентиляционной струи без остановки центробежных вентиляторов (если это допускается технологией);

последовательный пуск колес первой и второй ступеней или пуск одного из колес вентилятора встречного вращения;

электрическое разделение вентиляторных агрегатов при проведении осмотров, ревизий, ремонтов и наладок, кроме станций вспомогательных приводов.


Л31
АВ-10
~220В
ЛН
101
102
РПР
РПП
РПН
РМН
РМР
РП
РКО
РРЛ
КРР
КнПМ
УПА
РВ
УПО
РОАД
РО
РН
ВКМ1
ВКМ2
137
ВР
ЛНП
КВ1
КВ4
КВ3
КВ2
155
ВН
ЛПР
РРЛД
171
РКР
РКП
ЭМ
РКР1
ЭКМ1
ЭКМ3
ЭКМ2
КЗ
Д5
С2
РЭМ
РСМ1
РСМ2
РКМ
РКР2
РРМ
УПН
КнС
КнП1
КнП2
ПМ1
ПМ2
НА1
НА2
299
П0
АВ-10
101
171
РО
РВ
102
Д6
Д9
Д7
Д8
РРС
К4
РОН
РРЗ
437
439
РСВ
1
3
17
18
209
211
ДМ
РКО
ТРН
ПНМ
ВБР
КУН
КУР
КнСД
КнСМ
РП
РО
РОА
РРЛ
К
ЛО1
ВН
ВР
КУ
РКМ
РС1
РОА
ВКТ
РПП
РС2
РС1
Д10
КП
РНК
П1Н
РС3
РС2
ЛА
П1Р
РС4
РС3
РКРЗ
РАР
РС5
РС4
КТП1
РС6
РС5
КТП2
РС7
РС6
253
РС8
РС7
255
РС9
РС8
К5
Д11
РКК
Д12
РС9
РОА
КнДА
101
102

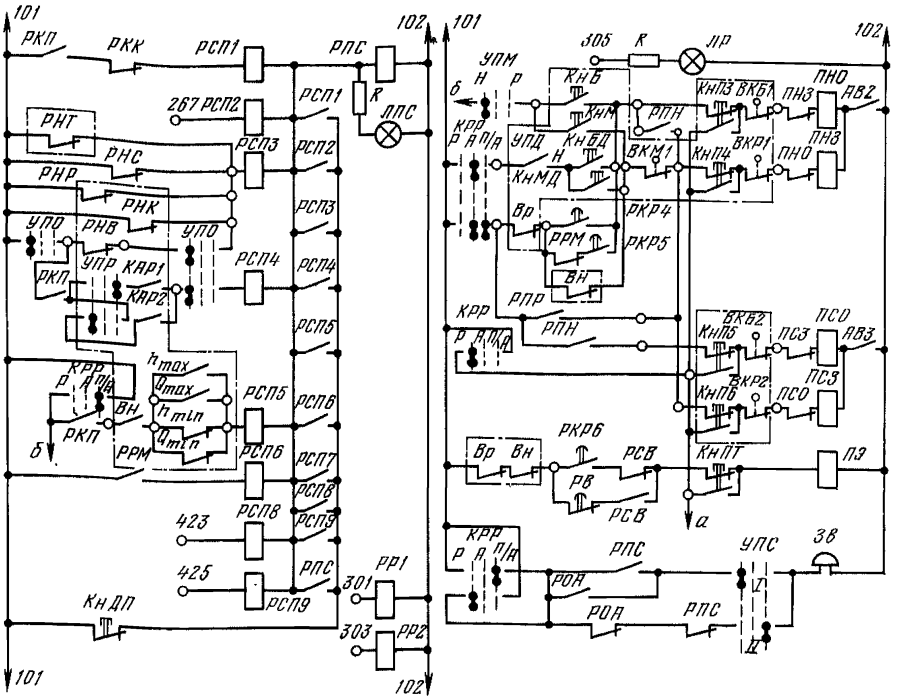


Рис. 4.93. Принципиальная электрическая схема станции автоматизации ШГС 8801-13М2 (ШГС 8802-13М2).

При возникновении аварийных условий вентиляторная установка автоматически отключается. Диспетчеру подается световой и звуковой сигналы. При нарушениях режима работы, не приводящих к аварии, подаются предупредительные звуковой и световой сигналы.

Пуск вентиляторного агрегата. Перед пуском вентиляторного агрегата необходимо произвести подготовительные операции на рабочем и резервном агрегатах:

а) включить на станциях и пульте управления (диспетчера) необходимые автоматические выключатели АВ;

б) на станции автоматизации:

универсальным переключателем КРР выбрать вид управления электроприводом и механизмами вентиляторной установки (из машинного зала, от диспетчера или ремонтное; положение переключателя соответственно: П/А, А, Р);

включить ремонтный выключатель УПО;

включить переключатель УПА для обеспечения АВР вентилятора, если это предусмотрено режимом работы;

переключатель УПС кавитации сигнала установить в положение «Включено»;

переключателем УПН выбрать рабочий маслонасос;

в) на станции вспомогательных приводов:

универсальным переключателем УПВ выбрать вид управления электроприводами ляд и вентиляторами проветривания машинного зала (А — автоматическое или Р — ручное);

универсальным переключателем УПР выбрать рабочий ввод 380 В и после включения выбранного контактора (КАР1 или КАР2) рукоятку переключателя УПР установить в положение, соответствующее включению контактора резервного ввода;

г) выбрать режим работы вентиляторной установки (нормальный или реверсивный):

универсальным переключателем УПМ, расположенным на станции автоматизации, при автоматическом управлении из машинного зала;

тумблером УПД, расположенным на диспетчерском пульте управления при дистанционно-автоматическом управлении;

д) на пульте управления поставить тумблеры Т1 и Т2 в положение «Звонок включен»;

е) на станции автоматизации для двухдвигательного привода вентилятора встречного вращения включить выключатели УПК1, УПК2 или один из них в зависимости от количества работающих колес вентилятора.

После подготовки аппаратуры к работе, элементы установки: направляющий аппарат, спрямляющий аппарат и ляды — необходимо установить в принятое исходное положение, если при осмотрах и ремонтах они не были установлены в заранее заданное положение.

Пуск вентиляторной установки из помещения машинного зала осуществляют кнопкой *КнПМ* или из диспетчерского пункта (пульт управления) кнопкой *КнПД* (рис. 4.93).

Если резервный вентилятор не работает и, следовательно, контакт *РРЛП* замкнут, включится реле *РПН* (в нормальном режиме) или *РПР* (в реверсивном режиме). Реле *РПН* или *РПР* своими контактами включат реле пуска промежуточное *РПП*, пускатель управления направляющим аппаратом *ПНЗ* и пускатель управления спрямляющим аппаратом *ПСО* — для работы в нормальном режиме, если направляющий аппарат не стоит в положении «Меньше», а спрямляющий — в положении «Нормально», или пускатели *ПНЗ* и *ПСЗ* — для работы в реверсивном режиме, если направляющий и спрямляющий аппараты не стоят в положении «Реверс», и подготовят цепи реле пуска вентиляторов *РМН* (*РМР*) (станция автоматизации) и цепи пускателей лебедок ляд диффузора и подводящих каналов.

Реле *РПП* на станции автоматизации включит реле пуска *РП*, моторное реле контроля разгона *РКР*, пускатель рабочего маслонасоса *ПМ1* (*ПМ2*), реле времени *РВ*, реле режима снятия напряжения *РРС*, пускатель включения тормоза *ПЭ*, подаст питание на реле скорости вентилятора *РСВ*, разомкнет контакты в цепях реле *РКП*, *РС2* и *РОА*, подготовит цепь реле контроля разгона двигателя *РС5* и реле аварийного отключения *РОА*, а также цепь контактора пуска приводного двигателя в нормальном или реверсивном режиме. Направляющий и спрямляющий аппараты установятся в положение, соответствующее режиму работы агрегата. При нормальном режиме направляющий аппарат установится в положение «Меньше», спрямляющий — в положение «Больше». При реверсивном режиме направляющий и спрямляющий аппараты установятся в положение «Реверс». При нормальном режиме работы вентилятора конечные выключатели *ВКМ1* и *ВКБ2*, контролирующие, соответственно положение направляющего и спрямляющего аппаратов, включат реле контроля положения направляющего и спрямляющего аппаратов *РНА*.

Реле пуска *РП* замыкающими контактами подготовит цепь реле отключения *РО*, шунтирует контакты *РКО* и *РРЛ* в цепи реле *РПН* (*РПР*), подготовит к включению роторную станцию у асинхронного приводного двигателя вентилятора и замкнет контакт в цепи питания дифманометров и логометра на станции КИП.

Реле контроля разгона вентилятора *РКР* станции автоматизации с выдержкой времени замкнет свои контакты:

РКР2 в цепи реле *РРМ* резервного маслонасоса через 3 мин;

РКР5 и *РКР4* в цепи катушки включения пускателя открывания направляющего аппарата *РНО* соответственно через 4 и 8 мин;

РКР3 в цепи блинкера аварийной сигнализации *РС5* и реле *РОА* через 7 мин;

РКР1 в цепи реле контроля пуска *РКП* через 10 мин;

РКР6 в цепи контактора включения тормоза через 0,5—1,0 мин. Выдержка времени каждого контакта уточняется при наладке.

При нормальной работе маслосистемы (при замыкании контактов электроконтактных манометров *ЭКМ1, ЭКМ2, ЭКМ3* и размыкании контактов струйных реле *РСМ1, РСМ2*) включится реле контроля давления и протока масла *РЭМ*, которое своими контактами включит реле контроля маслосистемы *РКМ* и разомкнет цепь включения реле резервного маслонасоса *РРМ*. Реле *РКМ* своими контактами подготовит цепь включения реле пуска вентилятора *РМН* (*РМР*) и разомкнет цепь включения сигнального реле контроля маслосмазки *РС1* и цепь включения реле аварийного отключения *РОА*.

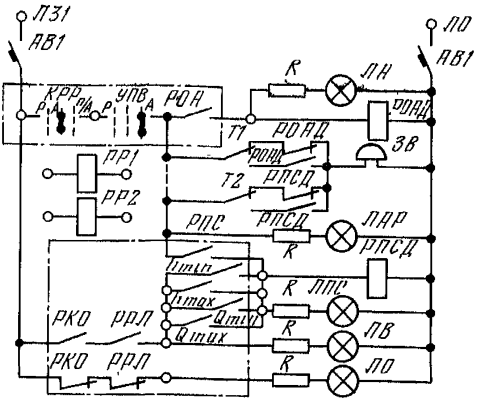


Рис. 4.94. Схема принципиальная электрическая пульта управления ШГС 9508-00М2

Реле режима снятия напряжения *РРС* при наличии напряжения в цепях управления станции автоматизации включено, а его контакт в цепи электромагнита отключения привода масляного выключателя двигателя напряжением выше 1000 В или в цепи реле отключения двигателя напряжением до 1000 В разомкнут.

Пускатель включения тормоза *ПЭ*, включившись, подсоединит к сети электромагнит *ЭТ* и на вал вентилятора наложится тормоз. Если вентилятор не раскручивается перед пуском потоком воздуха, то нет необходимости в наложении тормоза.

Контроль закрытия направляющего аппарата осуществляется конечным выключателем *ВКМ1*, который при закрытом направляющем аппарате (нормальный режим работы агрегата) включит реле контроля положения направляющего аппарата *РНА*. Реле контроля *РНА* подготовит цепь включения реле пуска вентилятора *РМН* (*РМР*) и включит пускатели управления лебедками ляд, в результате чего ляды установятся в положение, соответствующее конкретной технологической схеме. Правильность установки ляд контролируется конечными выключателями *КВ1—КВ4*.

После подготовки вспомогательными приводами вентиляторного агрегата к пуску (т. е. ляды рабочего агрегата подняты, резервного опущены; направляющий аппарат установлен в положение «Меньше», спрямляющий — в положение «Нормально» при нормальной работе, или оба установлены в положение «Реверс» при реверсивной работе; на вентилятор наложен тормоз, система маслосмазки работает нормально) собирается цепь готовности агрегата и включается реле пуска вентилятора *РМН* (*РМР*) на станции автоматизации, осуществляющее включение приводных двигателей.

В момент включения масляный выключатель (контактор включения электродвигателя) разомкнет свои блок-контакты *Вн* (*Вр*) в цепях пускателей направляющего аппарата *ПНЗ* (*ПНО*), электромагнита тормоза *ПЭ* (вентилятор растормаживается), в цепи защелки контактора возбуждения (станции возбуждения) или в цепи защелки контактора ускорения (станция роторная), а также включит реле размножения контакторов *РРЛ*.

Реле *РРЛ* подготовит цепь реле контроля маслосмазки *РС1*, реле контроля подъема тормоза *РС2*, реле контроля температуры подшипников вентилятора *РС3* и реле аварийного отключения *РОА*, разомкнет контакты в цепях сигнальной лампы *ЛО1* и реле *РПН* (*РПР*), сигнальной лампы *ЛО* (на пульте управления) (рис. 4.94) и замкнет контакт в цепи сигнальной лампы *ЛВ*, а также подготовит цепь к включению возбудительного агрегата синхронного двигателя или контакторов ускорения роторной станции асинхронного двигателя.

При разгоне вентилятора включится реле контроля скорости *РСВ* (см. рис. 4.93), которое переключит контакты в цепи пускателя тормоза *ПЭ* и

включит реле контроля оборотов *РКО* (станция автоматизации). Реле *РКО* своими контактами отключит реле пуска *РПН* (*РПР*) и шунтирует контакты *РВ* и *РПП* в цепи реле *РП* (для реверсивных вентиляторов).

Реле *РПН* (*РПР*) отключит реле *РМН* (*РМР*) и *РПП*. Реле *РПП* подготовит цепи реле контроля пуска *РКП*, контроля подъема тормоза *РС2*, реле аварийного отключения *РОА* и разомкнет свои контакты в цепях реле пуска *РП*, реле контроля разгона двигателя *РС5*, реле *РОА* и контакторов пуска приводного двигателя в нормальном или реверсивном режиме.

Если производится пуск агрегата для работы в нормальном режиме, после разгона вентилятора реле *РКР* контактом *РКР5* (или *РКР4*, если рабочий маслонасос оказался неисправным и был включен резервный, т. е. удлинился процесс пуска агрегата) включит катушку *ПНО* пускателя направляющего аппарата. После установки направляющего аппарата в положение «Больше» пускатель *ПНО* отключится конечным выключателем *ВКБ1*. Если пуск вентилятора прошел нормально, сигнальное реле *РС5* и реле *РОА* не включатся.

Контактом реле *РКР1* включается и самоблокируется реле контроля пуска *РКП*, которое отключит реле *РКР* и замкнет свои контакты в цепях реле предупредительной сигнализации *РПС*, реле контроля катушки *РОА*, *РСП1*, реле *РСП4* включения резервного ввода напряжения 380 В, реле отклонения депрессии и производительности от нормального значения *РСП5* и реле включения резервного маслонасоса *РРМ*.

Пуск агрегата с вентиляторами типа ВОД или встречного вращения типа ВВВ-16 с асинхронным двигателем до 1000 В с короткозамкнутым ротором происходит аналогично выше описанному. В качестве станции автоматизации применяется станция типа ШГС 8803-13А2.

Остановка вентилятора. Для остановки вентилятора из помещения машинного зала необходимо нажать кнопку *КнСМ*, из помещения диспетчера — кнопку *КнСД*. При этом включится реле отключения *РО*, которое самоблокируется, разомкнет контакты в цепях реле *РПН* (*РПР*), *РВ* и включит соленоид отключения *ЭО* масляного выключателя (при применении двигателей напряжением выше 1000 В) или реле отключения на статорной станции (при применении двигателей напряжением до 1000 В). При отключении вентилятора от сети загораются сигнальные лампы *ЛО1* на станции автоматизации и *ЛО* (см. рис. 4.94) на пульте управления. При этом в цепи катушки пускателя направляющего аппарата *ПНЗ* замкнется контакт масляного выключателя *Вн* (*Вр*) и направляющий аппарат закроется до положения «Меньше», после чего пускатель *ПНЗ* отключится конечным выключателем *ВКМ1*. Наложится тормоз, который удерживается до тех пор, пока реле контроля скорости *РСВ* не разомкнет свой контакт в цепи пускателя тормоза *ПЭ*. Ляды остаются в положении, соответствующем остановленному вентилятору.

Схема возвратится в исходное положение.

Вентилятор можно остановить также из машинного зала кнопкой на статорной станции или ключом высоковольтной ячейки.

Аварийная остановка вентилятора осуществляется включением реле *РОА*, которое замыкает свой контакт в цепи электромагнита отключения масляного выключателя. При этом на пульте управления (при управлении от диспетчера) и на станции автоматизации загораются лампы аварии *ЛА* и звонит звонок *Зв* в помещении, откуда производится управление.

Реверсирование вентилятора. Для перевода вентилятора из нормального в реверсивный режим работы необходимо нажать кнопку остановки *КнСМ* на станции автоматизации или *КнСД* на пульте управления (диспетчера). После полной остановки вентилятора переключатель *УПМ* (при управлении из машинного зала) или тумблер *УПД* (при управлении с пульта диспетчера) следует поставить в положение «Реверс» и нажать кнопку «Пуск» (*КнПМ* или *КнПД*). Дальнейшая работа схемы аналогична пуску в нормальном режиме. Направляющий и спрямляющий аппараты устанавливаются в положение «Реверс».

Для реверсивного вентилятора в цепи реле *РМР* следует шунтировать замыкающий контакт реле положения лопаток направляющего аппарата *РНА*, установив перемычку между зажимами *155—157*, а в цепях реле *РП*, *РКП* и т. д. поставить перемычку *101—299* (станция автоматизации).

Если по технологии работы центробежного вентилятора допускается реверс на ходу (без остановки роторного колеса), то на сборке зажимов станции автоматизации устанавливают перемычку между зажимами *111—113*, шунтирующую размыкающий контакт реле скорости *РКО* в цепи пусковых реле *РПН*, *РПР*, причем перемычки на зажимах *155—157* и *101—299* не ставятся. При этом без отключения главного двигателя универсальный переключатель *УПМ* или тумблер *УПД* поставить в положение «Реверс», а кнопкой *КнПМ* или *КнПД* произвести включение пускового реле *РПР*, так как при реверсе на ходу контакт реле *РП* замкнут. Замыкающий контакт *РПР* включит пускатель направляющего аппарата *ПНЗ*, который установит лопатки направляющего аппарата в положение «Меньше». После закрытия направляющего аппарата включится реле *РНА*, ляды переведутся в положение, соответствующее реверсивному режиму работы, и включится реле пуска вентилятора в реверсивном режиме *РМР*. При этом разомкнется цепь питания реле *РПР*, которое отпадает и отключит реле *РМР*. При реверсе на ходу включится реле *РПП*, которое разомкнет свой размыкающий контакт в цепи реле контроля пуска *РКП*. Последнее отключится и размыкающим контактом включит реле контроля разгона *РКР*, которое (отрабатывая программу пуска) контактом *РКР4* включит пускатель открывания направляющего аппарата *ПНО*, и вентилятор перейдет в реверсивный режим работы.

Самозапуск вентиляторной установки. При исчезновении питающего напряжения на время до 10 с, аппаратура предусматривает повторное включение двигателя без подачи нового сигнала на включение.

При отключении напряжения синхронный электродвигатель переходит в генераторный режим и частота вращения его снижается. При этом уменьшается частота тока в цепи статора, что приводит к срабатыванию реле отключения напряжения *РОН*, представляющего собой реле частоты, настроенное на 48,5—49,0 Гц. Контакт реле *РОН* шунтирует катушку реле режима снятия напряжения РРС, которое отключится и своим размыкающим контактом в цепи электромагнита отключения масляного выключателя отключит двигатель от сети. Масляный выключатель одним размыкающим контактом отключит контактор возбуждения КВ на станции управления возбудительным агрегатом, а вторым — включит пускатель закрытия направляющего аппарата *ПНЗ*.

При восстановлении напряжения за время менее 10 с через контакт реле времени *РВ*, который все это время остается замкнутым, включится реле пуска *РП*, а по цепи: *102* — реле *РПН* (*РПР*) — переключатель *УПДн* (*УПДр*) — *КРР* — контакты *РВ* — *РРЛ* — *РП* — *РО* — *РН* — переключатель *УПО* — контакт *РРЛП* — *УПО* — *101* включится реле пуска вентилятора *РПН* (*РПР*), которое замыкающим контактом подготовит цепь включения реле *РМН* (*РМР*). После закрытия направляющего аппарата замыкающим контактом конечного выключателя *ВКМ1* включится реле контроля положения направляющего и спрямляющего аппаратов *РНА*, которое своим контактом включит реле пуска *РМН* (*РМР*), осуществляющее подключение двигателя к сети. Дальнейшие операции пуска аналогичны описанному выше.

Для сигнализации об отключении напряжения последовательно с размыкающим контактом реле *РРС* в цепи электромагнита отключения масляного выключателя включается блинкер.

Автоматическое включение резервного вентилятора (АВР) при аварии работающего. При необходимости АВР вентилятора следует произвести подготовительные операции к его включению и установить переключатель *УПА* в положение «Включено». При аварийном отключении работающего вентилятора включится его реле *РОА*, которое замыкающим контактом *РОА1* замкнет цепь включения пусковых реле

РПН (*РПР*) резервного вентилятора, что обеспечит его автоматический запуск.

Телемеханическое управление вентилятором. Комплект аппаратуры позволяет применять телемеханическую систему управления контроля и сигнализации. Пульт диспетчера в этом случае не требуется и заказу не подлежит. Команды на пуск, остановку, увеличение и уменьшение производительности, а также все сигналы контроля передаются с помощью аппаратуры телемеханики обычным порядком. Для обеспечения выбора нормального или реверсивного режима работы используется двухпозиционное реле *РРЗ*, контакты которого вводятся вместо контактов тумблера *УПД*.

Работа маслосистемы. Перед пуском вентиляторного агрегата необходимо универсальным переключателем *УПН* выбрать рабочий и резервный маслонасосы. Импульс на включение пускателя *ПМ1* (*ПМ2*) маслонасоса подается контактом реле *РПП*. Контроль давления масла осуществляется электроконтактными манометрами *ЭКМ1*, *ЭКМ2*, *ЭКМ3*, контроль струи — струйные реле *РСМ1*, *РСМ2*. Если маслосистема работает нормально, электроконтактные манометры замкнут свои контакты *ЭКМ1*, *ЭКМ2*, *ЭКМ3*, а струйные реле *РСМ1*, *РСМ2* разомкнут контакты в цепи реле контроля давления и потока масла *РЭМ*, которое включит реле контроля маслосистемы *РКМ* и разомкнет свой контакт в цепи реле включения резервного маслонасоса *РРМ*. Если через 3 мин после включения рабочий маслонасос не разовьет необходимое давление и не появится струя масла, то замкнется контакт реле *РКР2* и включится реле включения резервного маслонасоса *РРМ*, отключающее размыкающим контактом пускатель рабочего маслонасоса *ПМ1* (*ПМ2*) и замыкающее свои контакты в цепи пускателя резервного маслонасоса *ПМ2* (*ПМ1*), в цепи реле предупредительной сигнализации *РПС* и реле включения резервного маслонасоса *РСП6*. О включении резервного маслонасоса подается предупредительный сигнал. В цепи реле *РПС* выпадает блинкер *РСП6*. В машинном зале и в диспетчерском пункте загораются лампы предупредительной сигнализации *ЛПС* и в зависимости от вида управления звонит звонок *Зв* в машинном зале или у диспетчера.

Работа тормоза. Если перед пуском вентиляторной установки колесо осевого вентилятора раскручивается потоком воздуха, то его необходимо остановить, наложив тормоз. При включении реле *РПП* его замыкающий контакт включит пускатель электромагнита тормоза *ПЭ*, затормаживающий вентилятор. После включения двигателя вентилятора размыкающим контактом масляного выключателя электромагнит тормоза отключается и вентилятор растормаживается. Во время работы вентиляторной установки контроль положения тормоза осуществляется конечным выключателем *ВКТ*. При наложении тормоза во время работы вентилятора контактом конечного выключателя *ВКТ* включится реле аварийного отключения *РОА* (что приведет к отключению вентилятора) и блинкерное реле контроля подъема тормоза *РС2*. При отключении вентилятора накладывается тормоз до его полной остановки, пока в цепи пускателя не разомкнется замыкающий контакт реле скорости вентилятора *РСВ*. При кратковременном исчезновении напряжения тормоз не накладывается, так как размыкающий контакт реле времени *РВ* и замыкающий контакт реле *РПП* в цепи пускателя включения тормоза *ПЭ* остаются разомкнутыми.

Работа направляющего и спрямляющего аппаратов. Перед пуском нереверсивного центробежного вентилятора, независимо от того, в каком режиме работает агрегат, направляющий аппарат закрыт, так как при отключении установки контакт масляного выключателя *Вн* замыкает цепь пускателя закрытия направляющего аппарата *ПНЗ*.

Перед пуском реверсивного вентилятора в нормальном режиме направляющий аппарат закрыт и находится в положении «Меньше». Установка его в данное положение происходит так же, как и для нереверсивного вентилятора. Спрямляющий аппарат в этом случае находится в положении «Нормально». Установка его в это положение происходит вслед-

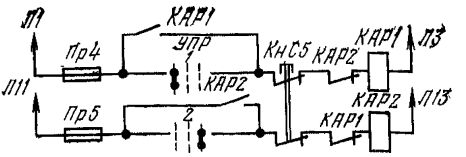


Рис. 4.95. Схема включения и автоматического ввода резерва низкого напряжения

ствие замыкания контакта *РПН* в цепи пускателя спрямляющего аппарата *ПСО*.

Перед пуском реверсивного вентилятора в реверсивном режиме направляющий и спрямляющий аппараты находятся в положении «Реверс». Установка их в это положение происходит в результате замыкания контакта *РПР* в цепи пускателей *ПНЗ, ПСЗ*.

Если пуск прошел нормально, направляющий аппарат нереверсивного (при работе в любом режиме) и реверсивного (при нормальном режиме) вентиляторов открывается до максимума благодаря замыканию контакта *РКР5*. Если в маслосистеме при пуске произошел переход на резервный насос, то направляющий аппарат открывается позднее, после замыкания контакта *РКР4*. Направляющий аппарат реверсивного вентилятора при работе в реверсивном режиме остается в положении «Реверс».

Спрямляющий аппарат при работе реверсивного вентилятора в нормальном режиме остается в положении «Нормально», а при работе в реверсивном режиме переводится в положение «Реверс».

В конце пуска реле *РКР* отключается. После его отключения возможно регулирование производительности и давления при нормальном режиме проветривания кнопками *КнБ* и *КнМ* из машинного зала либо *КнБД* и *КнМД* от диспетчера. При реверсивном режиме такое регулирование исключено и производительность вентилятора максимальна.

При автоматическом повторном пуске направляющий и спрямляющий аппараты работают, как при обычном нормальном пуске.

Работа направляющих аппаратов при реверсе воздуха на ходу описана в разделе «Реверсирование вентилятора».

При остановке реверсивного вентилятора, работающего в нормальном режиме, направляющий аппарат устанавливается в положение «Меньше», спрямляющий аппарат — в положение «Нормально». Если перед остановкой реверсивный вентилятор работал в режиме «Реверс» струи, то при остановке вентилятора направляющий и спрямляющий аппараты остаются в положении «Реверс». При пуске вентилятора для работы в нормальном режиме направляющий и спрямляющий аппараты установятся в нужное для пуска вентилятора положение. Пускатель *ПНО* в этом случае включится по цепи: 102 — АВ2 — катушка *ПНО* — размыкающий контакт *ПНЗ* — выключатель *ВКБ1* — кнопка *КнПЗ* — контакт *РПН* — выключатель *ВКМ1* — контакты *Вн — Вр* — переключатель *КРР — 101*. После установки направляющего аппарата в положение «Минимум» пускатель *ПНО* отключится выключателем *ВКМ1*.

Автоматический ввод резерва низкого напряжения (АВР). Включение и АВР низкого напряжения осуществляется контакторами *КАР1* и *КАР2* (рис. 4.95). При повороте ключа *УПР* в левое положение включится контактор *КАР1*, который самоблокируется, и подключит первый ввод. После этого ключ *УПР* необходимо перевести в правое положение. При отсутствии напряжения на первом вводе контактор *КАР1* отпадет и замкнет свой размыкающий контакт в цепи контактора *КАР2*, который включит второй ввод. Для отключения напряжения переключатель *УПР* следует поставить в среднее положение и нажать кнопку *КнС5*. При этом обесточивается катушка того контактора, который был включен, а катушка резервного контактора не включается.

Подготовка аппаратуры к работе. При подготовке аппаратуры к работе следует произвести проверку соответствия электроаппаратуры, надежности контактных соединений и крепления аппаратуры,

наладку схемы, а также все необходимые монтажно-наладочные операции, предшествующие пуску, в соответствии с техническими условиями, проектными и рабочими чертежами. Перед подачей напряжения проверить вручную плавность хода подвижных частей всех аппаратов.

Вначале рекомендуется проверить работу и последовательность включения всех аппаратов и электроприводов, не включая главный двигатель, и, только убедившись в правильности работы схем, приступить к пуску агрегата.

Перед пуском необходимо проверить: работу аппаратуры в различных режимах (нормальном и реверсивном); невозможность двух режимов управления и одновременной работы двух вентиляторов; невозможность повторного и самопроизвольного включения вентилятора после оперативного или аварийного отключения без новой команды на пуск и до устранения причины, вызвавшей аварийное отключение; невозможность включения вентилятора при заторможенном роторе, при установке ляд в положение, не соответствующее выбранному режиму; возможность автоматического повторного включения вентиляторного агрегата при отключении напряжения на время менее 10 с; работоспособность узла ресинхронизации синхронного двигателя и узла защиты двигателя от асинхронного режима; работоспособность узла контроля температуры подшипников; надежность и работоспособность схемы управления направляющими аппаратами.

Для проверки работы аппаратуры в различных режимах необходимо на станции автоматизации универсальным переключателем *УПМ* (см. рис. 4.93) выбрать режим работы установки (нормальный или реверсивный). В нормальном режиме должны включаться пусковые реле *РПН* и *РМН* в реверсивном режиме — *РПР* и *РМР*. При управлении вентиляторной установкой с диспетчерского пульта режим работы установки выбирают тумблером *УПД*, установленным на пульте управления.

Проверку невозможности двух режимов управления осуществляют универсальным переключателем *КРР*, расположенным на станции автоматизации. При установке универсального переключателя *КРР* в положение «Полуавтоматическое управление» пусковые реле *РПН* и *РПР* должны срабатывать только от импульса поданного кнопкой *КнПМ*, расположенной на станции автоматизации в машинном зале. При установке переключателя *КРР* в положение «автоматическое» — импульс на включение подается только кнопкой *КнПД*, расположенной на пульте диспетчера. При установке переключателя *КРР* в положение «Ручное» включаются отдельные механизмы только индивидуальными кнопками, расположенными у механизмов.

Для проверки невозможности включения заторможенного вентилятора необходимо перед пуском установки кнопкой *КнПТ* наложить тормоз. Должно сработать аварийное реле *РОА* и реле *РО*, которое, разомкнув свой размыкающий контакт в цепи пусковых реле *РПН* и *РПР*, не даст включиться вентилятору. При ресинхронизации тормоз также не должен накладываться.

Для проверки возможности автоматического повторного включения вентиляторного агрегата необходимо отключить напряжение 6 кВ на время менее 10 с. При восстановлении напряжения должен произойти самозапуск установки. Данная проверка проводится с проверкой узла ресинхронизации.

Для проверки узла контроля асинхронного режима необходимо при работе двигателя в установившемся режиме резко снизить ток возбуждения реостатом. Должны сработать реле *РКА* и *РАР* (на станции возбуждения), последнее своим замыкающим контактом включит реле аварии *РОА* (на станции автоматизации) и отключит вентиляторную установку.

Для проверки работоспособности узла контроля температуры подшипников необходимо нагреть термодатчик до температуры 80 °С. При этом должно включиться аварийное реле *РОА* и отключить вентиляторную установку.

Проверка надежности и работоспособности схемы управления направляющими аппаратами. Включение и отключение направляющего аппарата осуществляется реверсивным пускате-

лем *ПНО, ПНЗ,* расположенным на станции автоматизации. Перед пуском вентиляторного агрегата направляющий аппарат должен быть закрыт. Когда замкнется контакт реле времени *РКР5*, включится пускатель *ПНО*. Направляющий аппарат должен открыться. На работающем вентиляторе следует опробовать регулирование производительности вентилятора лопатками направляющего аппарата с помощью кнопок *КнБ* («Больше») и *КнМ* («Меньше»), расположенных на станции автоматизации. Проверку работы направляющего аппарата провести при отключении и включении привода масляного выключателя для двигателей напряжением выше 1000 В или блок-контактами контактора двигателя напряжением до 1000 В. Причем при восстановлении напряжения направляющий аппарат должен сначала закрыться, а после включения статорной цепи — открыться. На реверсивных вентиляторах проверить работу направляющего и спрямляющего аппаратов при реверсе, т. е. проверить поворачиваются ли их лопатки до нажатия конечных выключателей *ВКР1* и *ВКР2*.

4.8. ЗАЩИТНОЕ ЗАЗЕМЛЕНИЕ

Защитное заземляющее устройство — это преднамеренное соединение с землей металлических частей установки, нормально не находящихся под напряжением, при помощи заземляющих проводников и заземлителей (электродов). Цель защитного заземления заключается в создании между металлическими частями или корпусом защищаемого устройства и землей электрического соединения столь малого сопротивления, которое при параллельном касании человека к заземленным частям установки, находящимся под напряжением (вследствие нарушения изоляции токоведущих частей относительно корпуса, грозовых и других перенапряжений и т. п.), снижает ток, проходящий через тело человека, до величины, не угрожающей его жизни и здоровью.

Проверка и испытание защитного заземления. Проверку состояния элементов заземляющего устройства выполняют выборочным осмотром элементов, находящихся в земле, со вскрытием грунта, а остальных — в пределах доступности.

При осмотре необходимо проверить соответствие проекту сечений (табл. 4.47), глубины заложения заземлителей, надежность соединений элементов искусственного заземлителя с естественным, соответствие проекту сечения заземляющих магистралей и проводников, правильность присоединения заземляющих проводников к защищаемому оборудованию и к заземлителю, надежность сварных швов, защищенность заземляющих проводников от механических повреждений (в местах, где возможны механические повреждения) и т. д. При обнаружении ослабленных или окисленных контактов следует произвести разборку, тщательно зачистить до металлического

Таблица 4.47

Конструктивное выполнение заземлителей и проводников	В зданиях	В наружных установках	В земле
Круглые сплошные, диаметр, мм	5	6	6
Прямоугольные:			
сечение, мм^2	24	48	48
толщина, мм	3	4	4
Угловая сталь, толщина полок, мм	2	2,5	4
Стальные газопроводные трубы, толщина стенок, мм	2,5	2,5	3,5
Стальные тонкостенные трубы, толщина стенок, мм	1,5	Не допускается]	

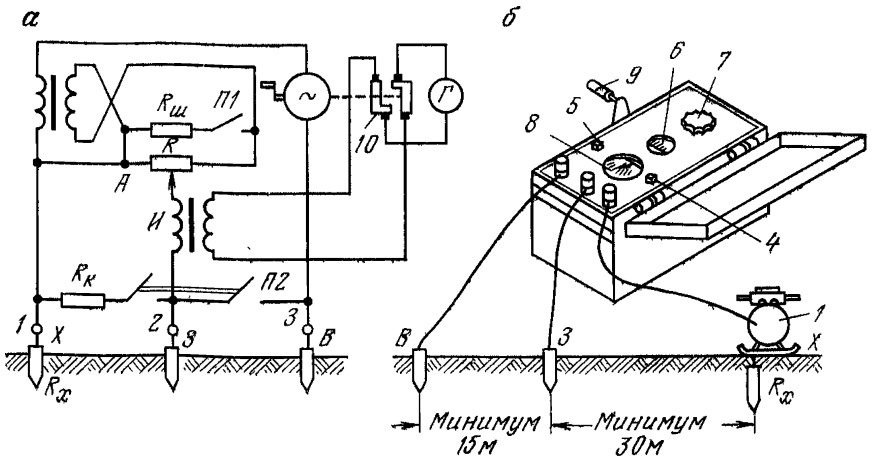


Рис. 4.96. Принципиальная схема прибора М1103 (*а*) и схема его включения для измерения сопротивления заземления (*б*)

блеска все контактные поверхности, произвести сборку, подтянуть болтовые соединения и смазать их смазкой ЦИАТИМ.

Механическую прочность контактов необходимо проверить и в тех случаях, когда проверка сопротивления заземляющей цепи показала, что цепь исправна. Это следует сделать, чтобы убедиться в надежности контактов заземляющей цепи и что они не нарушаются при появлении небольших повышенных механических усилий, например из-за повышения вибрации, тряски и т. п. Если контакты имеют достаточную прочность, то простукивание их молотком не вызовет нарушения механической связи между соединительными частями. Механическую прочность контактов проверять до измерения сопротивления цепи заземления. В противном случае нужно будет вторично проверить электрическое сопротивление, чтобы убедиться в том, что во время проверки механической прочности контактов не произошло нарушение электрического соединения.

Измерение сопротивления заземления на шахтах, опасных по газу или пыли, производят измерителем заземления М1103, а на шахтах, не опасных по газу и пыли,— измерителем заземления МС-07 или МС-08. При пользовании измерителем заземления М1103 (рис. 4.96) необходимо наличие вспомогательных заземлителей, находящихся от измеряемого устройства на расстоянии не менее 15—20 м. В качестве вспомогательных заземлителей применяют стальные (желательно луженые) стержни с заостренными концами, забиваемыми во влажную почву на глубину до 0,8 м. Для определения величины сопротивления заземляющего устройства необходимо подключить к зажиму *1* прибора заземляющее устройство, а к зажимам *2* и *3* — вспомогательные заземлители.

Затем переключатель *4* (*П1*) поставить в положение ×1 или ×5, а переключатель *5* (*П2*) — в положение «Измерение». Вращая рукоятку *9* генератора и одновременно поворачивая рукоятку *7* реохорда, необходимо добиться нулевого положения стрелки гальванометра *8*. Измеряемое сопротивление заземляющего устройства равно показанию по шкале *6* реохорда, умноженному на коэффициент, установленный положением переключателя *П1*. Для проверки исправности прибора следует, не присоединяя заземлителей, перевести переключатель *4* (*П1*) в положение ×1, а переключатель *5* (*П2*) в положение «Контроль», используя при этом контрольное сопротивление $R_к$. Показание прибора при этом должно быть равно 10±0,5 Ом. При измерениях рукоятку *9* генератора *10* следует вращать с угловой скоростью 120 об/мин.

Таблица 4.48

Номинальное напряжение сети или установки	Характеристика установки или заземляемого объекта	Измеряемая величина	Наивысшие дополнительные сопротивления заземляющего устройства в период наименьшей проводимости почвы, Ом	Примечания
Электроустановки напряжением выше 1000 В	Установка с большими токами замыкания на землю каждого объекта (свыше 500 А)	Сопротивления заземляющего устройства	0,5 с учетом естественного заземления	Сопротивление искусственного заземляющего устройства должно быть не более 1 Ом
То же	Установка с малыми токами замыкания на землю (500 А и ниже)	То же	$\frac{125\ *}{I}$	В сетях без компенсации емкостных токов должно быть не более 10 Ом * Для заземляющего устройства, одновременно используемого для электроустановок напряжением до 1000 В
	То же		$\frac{250\ **}{I}$	** Для заземляющего устройства, используемого только для электроустановок напряжением выше 1000 В. I — расчетный ток замыкания на землю, А
Электроустановки напряжением до 1000 В	Все электрооборудование, за исключением генераторов и трансформаторов мощностью 100 кВ·А и менее	Сопротивления заземляющего устройства	4	—

Продолжение табл. 4.48

Номинальное напряжение сети или установки	Характеристика установки или заземляемого объекта	Измеряемая величина	Наивысшие дополнительные сопротивления заземляющего устройства в период наименьшей проводимости почвы, Ом	Примечания
Электроустановки напряжением до 1000 В	Генераторы и трансформаторы мощностью 100 кВ·А и менее, нейтрали которых присоединены к заземляющему устройству	Сопротивления заземляющего устройства	10	—
То же	Установка с глухим заземлением нейтрали	Сопротивление заземляющего устройства каждого из повторных заземлений нулевого провода	10	—

Измеритель заземления МС-07 имеет три предела измерения: 0—1000, 0—100, 0—10 Ом. При пользовании измерителями заземления МС-07 или МС-08 (рис. 4.97) измерение сопротивления заземления производят следующим образом:

1. К зажимам I_1 и E_1 с перемычкой *1* присоединить испытуемое заземление R_x, к зажиму E_2 — зонд *3*, к зажиму I_2 — вспомогательный заземлитель *B*.

2. Рукоятку переключателя *5* «Регулировка — измерение» установить в положение «Регулировка» и, вращая рукоятку *4* генератора *Г*, одновременно поворачивать рукоятку *6* реостата $R_д$ до установки стрелки прибора *2* на красной отметке шкалы.

3. Рукоятку переключателя «Регулировка — измерение» установить в положение «Измерение», а рукоятку переключателя *3* диапазонов — в положение ×1. Затем, вращая генератор с угловой скоростью 120 об/мин, отсчитать по шкале (Ом) сопротивление испытуемого заземления.

Если результат будет меньше 100 Ом, то для получения более точного результата переключатель диапазонов надо перевести на предел измерения ×10 и отсчитанное по шкале сопротивление разделить на десять. Если результат измерения будет менее 10 Ом, то переключатель надо перевести в положение ×100 и отсчитанное по шкале сопротивление разделить на 100.

Сопротивление контура заземления для электроустановок R_x нормируется Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей. Оно не должно превышать величин, приведенных в табл. 4.48.

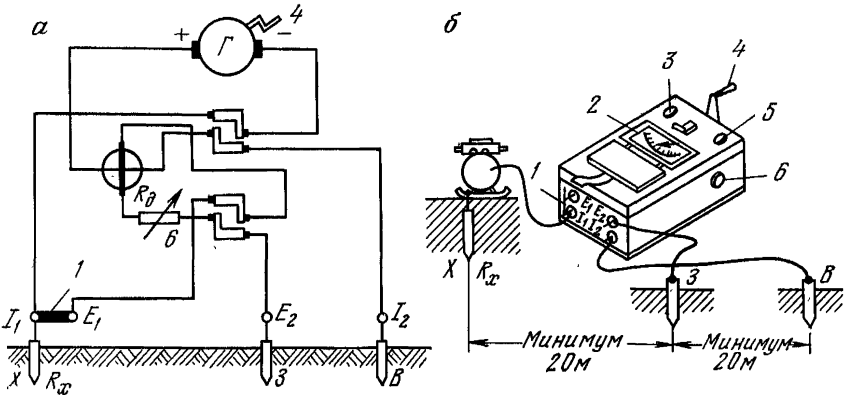


Рис. 4.97. Принципиальная схема прибора МС-07 или МС-08 (*а*) и схема его включения для измерения сопротивления заземления (*б*)

4.9. КОНТРОЛЬ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ДАВЛЕНИЯ

Главные и вспомогательные вентиляторные установки должны быть оборудованы самопишущими приборами, постоянно регистрирующими производительность и давление (депрессию) вентиляторов, а также устройствами, сигнализирующими на пульт дистанционного управления об отклонениях работы вентиляторной установки от заданных параметров.

Показания приборов должны записываться дежурным машинистом в «Книгу учета работы вентилятора» через каждые 2 ч и в случае отклонения режима работы от заданных параметров с указанием времени отклонения.

На автоматизированных вентиляторных установках персоналом, обслуживающим пульт дистанционного управления и контроля работы вентиляторной установки, в «Книге учета работы вентилятора» регистрируются только сигналы об отклонениях режима работы установки от заданных параметров и время их поступления.

4.9.1. Станции контроля производительности и давления шахтных вентиляторных установок

Станции контроля производительности и давления шахтных вентиляторных установок состоят из датчиков производительности и давления, импульсных линий, первичных и вторичных приборов.

Датчики производительности и давления устанавливаются в контрольных сечениях вентиляторной установки и предназначаются для создания пневмометрических импульсов, величина которых изменяется в зависимости от значений производительности и давления. Пневмометрический импульс датчиков давления прямо пропорционален измеряемому давлению и в большинстве случаев равен ему. Пневмометрический импульс датчиков производительности изменяется пропорционально квадрату скорости воздушного потока, величина его зависит от типа датчиков.

Пневмометрический импульс, представляющий собой перепад давлений, импульсными трубками подводится к первичному прибору, в котором происходит преобразование измеряемого параметра в электрический сигнал. Первичные приборы, в качестве которых применяют дифференциальные манометры, устанавливают в здании вентиляторной установки Электрические сигналы от первичных приборов систем измерения производительности и

давления подаются на вторичные самопишущие приборы, которые показывают их величину и записывают измеряемые параметры.

Вторичные самопишущие приборы могут быть установлены на пульте дистанционного управления или в здании вентилятора. В последнем случае вторичные приборы должны иметь сигнализирующие устройства для выдачи сигналов на пульт дистанционного управления при отклонении работы вентиляторной установки от заданных параметров. На крупных вентиляторных установках самопишущие вторичные приборы могут быть установлены в здании вентилятора и на пульте дистанционного управления.

В станциях контроля производительности и давления применяют первичные и вторичные приборы, серийно освоенные приборостроительными заводами. Станции контроля производительности и давления отличаются лишь датчиками пневмометрического импульса и местом их расположения относительно вентилятора. Датчики давления устанавливают в подводящем канале перед вентиляторной установкой, датчики производительности — перед вентиляторами или на общем для обоих вентиляторов участке подводящего канала перед вентиляторной установкой.

4.9.2. Датчики производительности и давления

В большинстве станций контроля производительности и давления шахтных вентиляторных установок с осевыми вентиляторами в качестве датчиков скорости воздуха применяются трубки статического давления (рис. 4.98). В цилиндрической части вентилятора непосредственно перед первой ступенью *1* рабочего колеса установлена изогнутая под углом 90° трубка *2*, в замерном сечении подводящего участка канала *3* — трубка *4*. Статическое давление подводится от трубок импульсной линией *5* к первичному прибору (дифференциальному манометру) *6*. Перепад статических давлений на дифференциальном манометре является мерой измерения скорости воздуха, а при известной площади поперечного сечения канала — также мерой измерения производительности вентилятора.

При этом пневмометрический импульс (даН/м^2), например, датчика скорости типа трубок статического давления определяется из следующего выражения:

$$H_{\text{имп}} = \frac{\rho v_{\text{к}}^2}{2}(n^2 + \varepsilon - 1), \qquad (4.38)$$

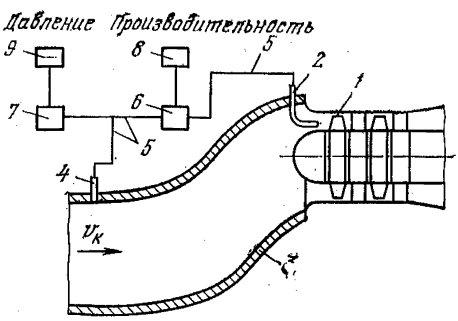


Рис. 4.98. Станция контроля производительности и давления с трубками статического давления

где $\rho = 0{,}122$ даН·с^2·м$^{-4}$ — плотность воздуха; $v_{\text{к}}$ — скорость воздуха в контрольном сечении подводящего канала, м/с; $n = \frac{F_{\text{к}}}{F_1}$ — степень сужения воздушного потока; $F_{\text{к}}$, F_1 — площади поперечного сечения соответственно в месте установки датчиков статического давления в канале и проточной части вентилятора;

ε — коэффициент аэродинамического сопротивления участка канала между трубками статического давления (величина его определяется опытным путем.

Для ориентировочного определения пневмометрического импульса коэффициентом ε можно пренебречь).

Ориентировочные значения степеней сужения следующие: для вентиляторов серии В и ВУПД $n=3{,}6$; серии ВОКД $n=2{,}6\div2{,}8$ (при окружной скорости 71—78 м/с) и $n=3{,}4$—$3{,}6$ (при окружной скорости 84 м/с и более); для вентиляторов ВОД-16 и ВОД-21 $n=3$; ВОД-30 и ВОД-40 соответственно 2,7 и 2,5; а для ВОД-50 $n=1{,}9$.

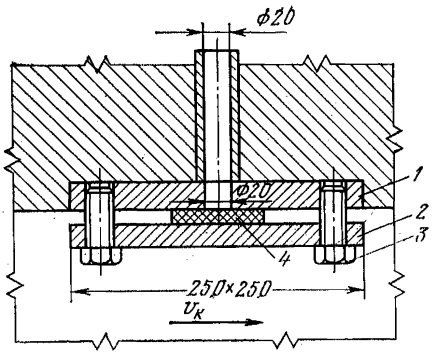


Рис. 4.99. Приемник статического давления

Для правильного определения величины пневмометрического импульса необходимо знать пределы изменения скорости воздуха в канале и степени сужения, т. е. знать зависимость величины пневмометрического импульса от скорости воздуха в канале. Для этого необходимо замерить в канале скорость воздуха и величину пневмометрического импульса при наименьшем (15°) и наибольшем (40°) углах установки лопаток осевого вентилятора и полученную зависимость использовать при тарировке приборов станции контроля производительности и давления.

Трубка *4* является также датчиком статического давления, развиваемого вентилятором. С помощью импульсной линии к датчику подсоединен первичный прибор *7*, измеряющий давления. Электрические сигналы, возникающие в первичных приборах, преобразуются во вторичных приборах *8* и *9*.

Вместо трубки *4* можно применять пластинчатые приемники статического давления (рис. 4.99). Приемник статического давления представляет собой пластинку *1* из нержавеющих сталей размером 250×250, толщиной 20 мм, установленную заподлицо со стенкой канала.

Чистота рабочей поверхности пластины должна быть не менее R_z10.

Для удобства проверки герметичности импульсной линии в пластине датчика должны предусматриваться отверстия с резьбой под болты *3* для поджатия с помощью листа *2* резинового уплотнения *4*.

Для центробежных вентиляторов схема отбора с трубками статического давления (см. рис. 4.98) из-за малых перепадов давления не может быть рекомендована. В связи с этим для контроля производительности центробежных вентиляторов целесообразно располагать трубки статического давления на входе в диффузор и на выходе из него.

Вследствие неравномерности распределения скоростей воздушного потока по поперечному сечению диффузора отбор давлений в любом его сечении необходимо производить одновременно в нескольких точках.

С этой целью в контрольных сечениях диффузора устанавливаются осредняющие насадки (рис. 4.100), которые представляют собой две трубки *5* и *6* диаметром 25—30 мм. По всей длине трубок через 100—200 мм имеются отверстия диаметром 5 мм с зенковкой под углом 120°. Давление от осредняющих насадок импульсными линиями *1* и *4* подводится к первичному прибору *3*, который выдает электрический сигнал на вторичный прибор *2*.

Если воздух в канале вентилятора чистый (отсутствует штыб, пыль, влага, водяные брызги), то для контроля производительности можно применять датчики типа сужающего устройства (рис. 4.101). На участке подводящего канала *1* между стволом и вентиляторной установкой заподлицо со стенками канала установлен приемник статического давления *2*, а в проточной части канала на одной трети высоты от верхнего перекрытия — измерительная вставка *3* (типа сужающего устройства). Вставка состоит из входной конфузорной *4*, выходной диффузорной *5* частей и

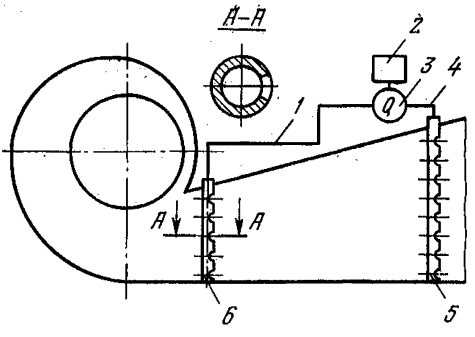


Рис. 4.100. Станция контроля производительности с осредняющими насадками

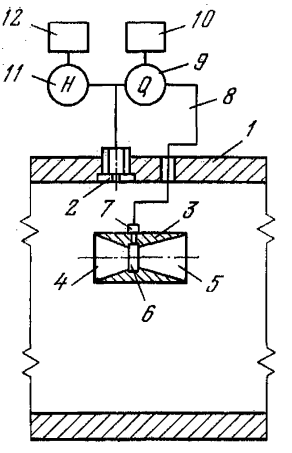


Рис. 4.101. Станция контроля производительности и давления с датчиком типа сужающего устройства

цилиндрической части *6* со штуцером *7*. Давление от приемников давления сужающего устройства подводится импульсной линией *8* к первичному прибору *9*. Перепад статических давлений на первичном приборе — пневмометрический импульс — является мерой измерения скорости воздуха в подводящем канале; показание и запись ее производится вторичным прибором *10*. Регистрация давления осуществляется первичным *11* и вторичным *12* приборами.

Измерительные вставки выполняют с углом наклона образующей к оси входного конфузорного участка 18—19° и выходного диффузорного участка 7—8°. Измерительная вставка представляет собой разъемную конструкцию, в которой конфузорная и диффузорная части соединяются в одно целое с помощью резьбы. При сборке в месте соединения вставки образуется кольцевой зазор, соединенный со штуцером отбора статического давления импульсной линией.

Установка датчиков с измерительной вставкой на участке подводящего канала между стволом и вентиляторной установкой позволяет контролировать количество воздуха, отсасываемого из шахты, и давление на преодоление аэродинамического сопротивления шахтной вентиляционной сети.

Для создания более высокого пневмометрического импульса по сравнению с измерительными вставками типа сужающего устройства применяют сужающие вставки полного давления (рис. 4.102), которые состоят из корпуса *3*, штуцера *1* для отбора большего давления подводимого импульсной линией к вентилю первичного прибора со знаком «плюс», и штуцера *2* для отбора меньшего по величине давления, подводимого к вентилю первичного прибора, со знаком «минус». Сужающая вставка полного давления устанавливается в контрольном сечении канала цилиндрическим отверстием навстречу воздушному потоку.

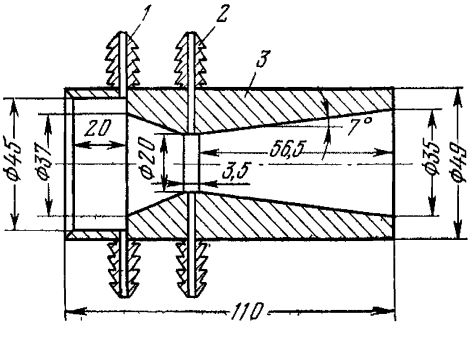


Рис. 4.102. Сужающая вставка полного давления

Перепад давлений на первичном приборе является пневмометрическим импульсом, по величине которого можно судить о скорости движения воздуха в контрольном сечении канала.

Через измерительную вставку тица сужающего устройства и сужающую вставку полного давления проходит лишь небольшая часть

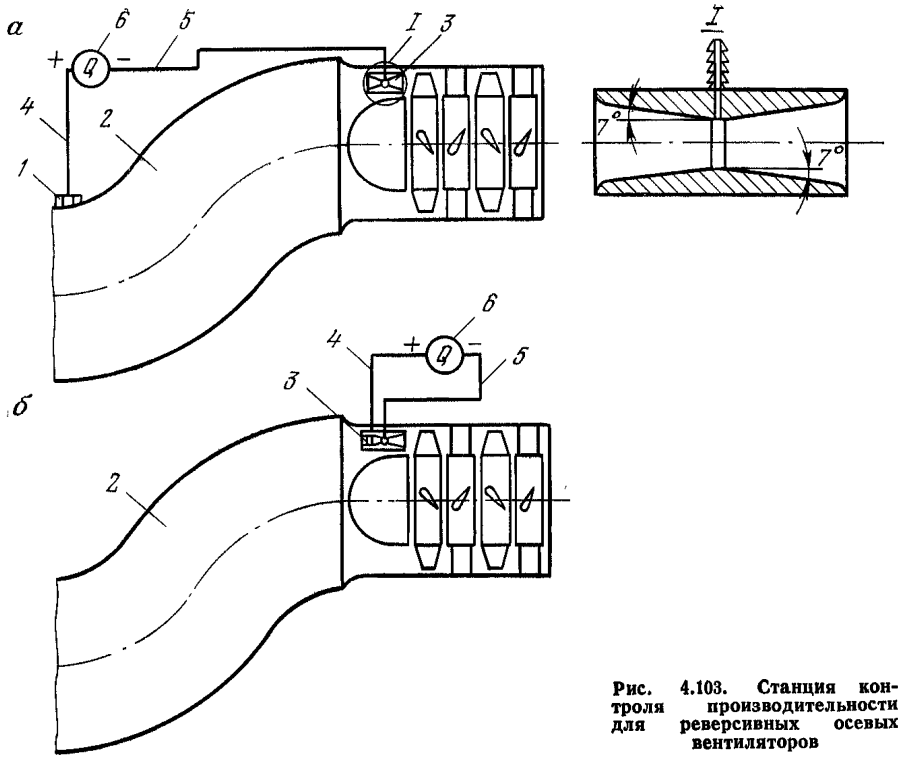


Рис. 4.103. Станция контроля производительности для реверсивных осевых вентиляторов

воздуха, не создающая дополнительных потерь давления в шахтной вентиляционной сети.

Станция контроля производительности для реверсивных осевых вентиляторов (рис. 4.103, *а*) состоит из приемников *1* статического давления, установленных в входном участке *2* канала, измерительной вставки *3* типа сужающего устройства и импульсных линий *4* и *5*, с помощью которых давление подводится к дифференциальному манометру *6*.

Для увеличения пневмометрического импульса измерительная вставка установлена на входе воздуха в вентилятор между коком и коллектором, где скорость воздуха в несколько раз больше скорости воздуха в канале. Для получения идентичных зависимостей величины пневмометрического импульса от скорости воздуха при работе вентилятора в режиме всасывания и нагнетания датчик измерительной станции выполнен симметричным.

Такую же схему датчика можно применять для осевых вентиляторов, реверсирование воздушной струи в которых осуществляется изменением положения ляд. Однако для этих вентиляторов более приемлема схема датчика, показанная на рис. 4.103, *б* (с сужающей вставкой полного давления).

На некоторых вентиляторных установках используют датчики электрического импульса, преобразующие энергию воздуха в электрический импульс без первичных приборов.

Горловское наладочное управление для контроля производительности вентиляторов длительное время применяет крыльчатые тахогенераторы. Крыльчатка, установленная на оси тахогенератора, представляет собой втулку диаметром 84 мм. На втулке расположены 16 лопаток под углом 45° к оси. Лопатки — плоские пластины шириной 55 мм и толщиной 3 мм. Диаметр крыльчатки по концам лопаток равен 280 мм; для увеличения

жесткости крыльчатки лопатки объединены кольцом шириной 18—20 мм и толщиной 3 мм. Крыльчатка цельнолитая из капрона.

В качестве тахогенератора принят искробезопасный датчик скорости УПДС-2.

Тахогенератор с крыльчаткой устанавливают в канале так, что ось вращения крыльчатки параллельна направлению движения воздуха. Частота вращения крыльчатки — мера измерения скорости воздуха в контрольном сечении подводящего канала, а следовательно, и мера измерения производительности вентилятора. Поскольку частоту вращения крыльчатки непосредственно измерить нельзя, производительность вентилятора контролируется по частоте электрического сигнала, создаваемого тахогенератором. Между частотой вращения ротора тахогенератора и скоростью движения воздуха существует линейная зависимость. Это позволяет в приборах регистрации производительности вентиляторов иметь равномерную шкалу и одинаковую цену деления шкалы вторичного прибора.

Порог чувствительности крыльчатого тахогенератора — значение минимальной скорости воздуха, соответствующей началу вращения тахогенератора,— находится в пределах 2,9—3,5 м/с.

4.9.3. Первичные приборы

Первичные приборы предназначены для непосредственного измерения расхода и давления воздуха или преобразования их значений в пропорциональный электрический сигнал с последующей передачей на вторичный прибор. Исходной величиной для измерения расхода воздуха является пневмометрический импульс, образующийся на первичном приборе при подведении к нему двух разных давлений от датчика производительности. При измерении давления одна из двух полостей чувствительного элемента первичного прибора соединена с атмосферой. В качестве первичных приборов в замерных станциях применяют серийно выпускаемые дифференциальные манометры пяти видов (табл. 4.49): кольцевые, поплавковые, колокольные, сильфонные, мембранные. Дифференциальные манометры изготавливают следующих классов точности: 0,6; 1,0; 1,6; 2,5; 4. Питание приборов осуществляется от сети переменного тока напряжением 127_{-19}^{+6} или 220_{-33}^{+11} В, частотой 50 ± 1 Гц.

Импульсные линии к дифференциальному манометру присоединяют с помощью вентильного узла, состоящего из двух вентилей или штуцеров. В самопишущих дифференциальных манометрах привод диаграммы часовой или от синхронного микродвигателя. Время одного оборота дисковой диаграммы выбирают из ряда 12, 24 или 168 ч, скорость передвижения ленточной диаграммы 10, 20, 40, 60 или 120 мм/ч.

Кольцевые дифференциальные манометры применяют лишь для контроля производительности и только с датчиками производительности, которые создают пневмометрический импульс, не превышающий 160 кгс/м^2.

Колокольные дифференциальные манометры — расходомеры ДКОФМ-Р применяют для контроля расхода воздуха, работают совместно со вторичными приборами типа ВФ.

Поплавковые дифференциальные манометры предназначены для измерения расхода и давления воздуха; выпускаются с жидкостным заполнением.

Промышленность выпускает свыше тридцати типов сильфонных дифференциальных манометров. Для применения в замерных станциях шахтных вентиляторов наиболее приемлемы четыре типа: ДСС-710Н, ДСП-778Н, ДСП-780Н, ДСП-786Н.

Мембранные дифференциальные манометры ДМИ предназначены для измерения давления или расхода воздуха и преобразования измеряемой величины в пропорциональный ей электрический сигнал. ДМИ применяют в комплекте со вторичными миниатюрными приборами типа ВФ, снабжен-

Таблица 4.49

Дифференциальный манометр	Предельные перепады давления, даН/м²	Характер регистрации	Предельно допустимое статическое давление, даН/см²	Погрешность, %	Габариты, мм	Масса, мм	Завод-изготовитель
Кольцевой ДК	63, 100, 160	Показывающий или самопишущий	0,25	±1,6	395×558×255	22	Харьковский завод контрольно-измерительных приборов
Расходомер колокольный ДКОФМ-Р	10, 16, 25, 40	Бесшкальный	0,6	±1,6	300×370×308	30	То же
Расходомер поплавковый ДПМ-710Р	63, 100, 160, 250, 400	Самопишущий	2,5	1 и 1,5	—	42	Казанский завод «Теплоконтроль»
Расходомер поплавковый ДПМ-780Р	63, 100, 160, 250 400	Показывающий	2,5	1 и 1,5	—	42	То же
Для измерения давления поплавковый ДПМ-710	63, 100, 160, 250, 400	Самопишущий	2,5	1 и 1,5	—	42	»
Для измерения давления поплавковый ДПМ-780	63, 100, 160, 250, 400	Показывающий	2,5	1 и 1,5	—	42	»
Сильфонный ДСС-710Н	630, 1000, 1600	Самопишущий	160	1 и 1,5	315×335×600	45	Казанский завод «Теплоконтроль»
Сильфонный ДСП-778Н	630, 1000, 1600	Показывающий с сигнальным устройством	160	1 и 1,5	315×335×600	40	То же
Сильфонный ДСП-780Н	630, 1000, 1600	Показывающий	160	1 и 1,5	315×335×600	40	»
Сильфонный ДСП-786Н	630, 1000 1600	Показывающий с унифицированным электрическим сигналом	160	1 и 1,5	315×335×600	42	»

Продолжение табл. 4.49

Дифференциальный манометр	Предельные перепады давления, даН/м²	Характер регистрации	Предельно допустимое статическое давление, даН/см²	Погрешность, %	Габариты, мм	Масса, кг	Завод-изготовитель
Дифманометр мембранный для измерения давления ДМИ-Т	63, 100, 160, 250, 400, 630, 1000, 1600	Бесшкальный	63	±1,6	241×295×232	11	Харьковский завод контрольно-измерительных приборов
Дифманометр мембранный для измерения расхода ДМИ-Р	63, 100, 160, 250, 400, 630, 1000, 1600	»	63	+1,6	241×295×232	11	То же
Мембранный ДМ модели 3564 (модели 3573)	160, 250, 400, 630, 1000, 1600	»	63 (63)	±1,6 (1 и 1,5)	200×200×575 200×200×575	16 (16,5)	Московский завод «Манометр»
Мембранный ДМ модели 3566 (модели 3773)	160, 250, 400, 630, 1000, 1600	»	250 (250)	±1,6 (1 и 1,5)	200×200×590 200×200×590	30 (30)	То же

ными ферродинамическими преобразователями *ПФ*. Дистанционная передача электрического сигнала осуществляется компенсационным методом по четырем проводам связи.

В схему дистанционной передачи входят дифференциально- трансформаторный преобразователь ПД прибора ДМИ, компенсирующий ферродинамический преобразователь ПФ, полупроводниковый усилитель УПМ-Д4 и реверсивный конденсаторный двигатель *М* вторичного прибора. Если давление над мембранной больше, чем под ней, то мембрана и жестко связанный с ней плунжер индукционного датчика перемещаются. Перемещение преобразуется преобразователем ПД в электродвижущую силу, пропорциональную разности давления или давлению. Обмотки возбуждения преобразователей ПД и ПФ соединены последовательно и питаются напряжением 24 В от вторичного прибора (рис. 4.104).

Выходная обмотка преобразователя ПД и рамка преобразователя ПФ включены так, что на вход полупроводникового усилителя вторичного прибора подается разность электродвижущих сил датчика и преобразователя $\Delta E = E_1 - E_2$. Если эта разность отлична от нуля, двигатель *М* вращается, поворачивая рамку преобразователя ПФ до наступления баланса, когда $\Delta E = 0$. Одновременно двигатель перемещает стрелку и перо вторичного прибора. **Таким образом, стрелка прибора ВФ непрерывно показывает величину измеряемого параметра.**

В случае использования дифференциального манометра ДМИ в качестве расходомера давление, возникающее на подводящем

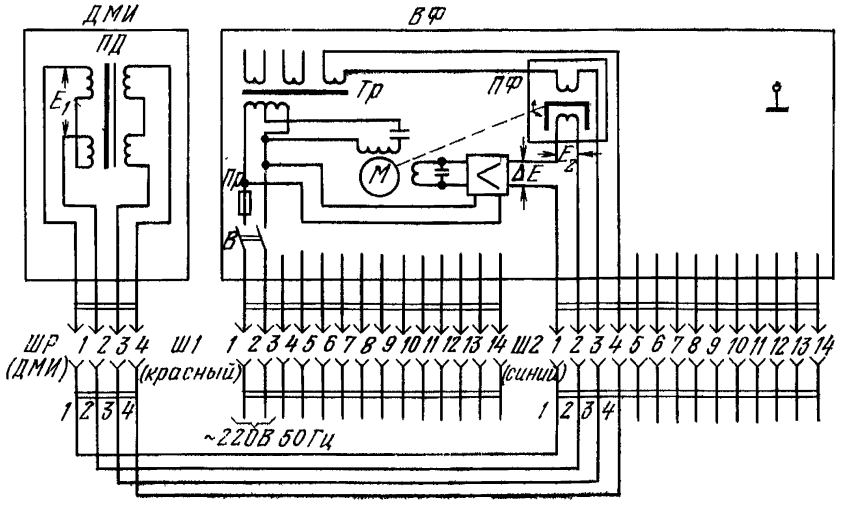


Рис. 4.104. Схема внешних соединений дифференциального манометра ДМИ со вторичным прибором ВФ

или перед сужающим устройством, подводится к вентилю прибора, обозначенному знаком «плюс», отбор давления от сужающего устройства или проточной части вентилятора — к вентилю, обозначенному знаком «минус». Если дифференциальный манометр используют как напоромер, измеряемое давление подводится к плюсовому вентилю; при использовании дифференциального манометра в качестве тягомера измеряемое разрежение подводится к минусовому вентилю прибора.

Мембранные дифференциальные манометры ДМ конструктивно отличаются от дифференциальных манометров ДМИ. Чувствительным элементом ДМ является мембранный блок, состоящий из двух мембранных коробок, ввернутых с обеих сторон в подушку, затянутую между двумя крышками болтами, при этом образуются две камеры: плюсовая — между нижней крышкой и подушкой и минусовая — между верхней крышкой и подушкой.

4.9.4. Вторичные приборы

Вторичные приборы в станциях контроля производительности и давления применяют при дистанционной передаче показаний. Приборы используют также в комплекте с бесшкальными первичными приборами.

Характеристики наиболее распространенных вторичных приборов даны в табл. 4.50, из которых на вентиляторных установках в комплекте с кольцевыми, колокольными и мембранными дифференциальными манометрами ДМИ применяются чаще всего вторичные самопишущие приборы ВФС.

Для мембранных дифференциальных манометров ДМ предусмотрены также вторичные приборы ДС1, ДСР1, ДСМР2, ДСМ2, КСД2, но их применяют реже, чем приборы ВФ.

Автоматические показывающие и самопишущие приборы ДС1, ДСР1, ДСМ2 и ДСМР2 с дифференциально-трансформаторной индукционной схемой работают в комплекте с дифференциально-трансформаторными индукционными датчиками, предназначены для измерения и записи производи-

Таблица 4.50

Первичный прибор	Вторичные приборы					
	Тип	Характер регистрации	Погрешность, %	Габариты, мм	Масса, кг	Завод-изготовитель
Кольцевой с дистанционной передачей	ВФС	Запись	±1	190×150×500	20	Харьковский завод контрольно-измерительных приборов
Колокольный ДКОФМ-Р	ВФС	»	±1	190×150×500	20	То же
Мембранный ДМИ	ВФС	»	±1	190×150×500	20	»
Мембранный ДМ моделей 3564, 3566	ДС1	»	±1	330×287×424	20	Завод «Львовприбор»
	ДСР1	»	±1	330×287×424	20	То же
	ДСМР2	»	±1	186×186×440	20	»
	ДСМ2	»	±1	186×186×440	20	»
Мембранный ДМ моделей 3573, 3574	КСД2	»	±1	240×320×450	18	»
Сильфонный ДСП-786Н	Н-342К	»	±1,5	160×160×360	8	Краснодарский завод измерительных приборов
Токовый прибор унифицированной системы	Н-342К	»	±1,5	160×160×360	8	То же

тельности и давления воздуха. Приборы ДСР1 и ДСМР2 имеют также регулирующее устройство и одновременно с измерением и записью производят автоматическое регулирование производительности и давления воздуха. Во всех приборах предусмотрено устройство дистанционной передачи показаний. Запись показаний приборов производится на диаграммной ленте шириной 160 мм для приборов ДС1, ДСР1 и 100 мм для приборов ДСМ2 и ДСМР2. Питание приборов ДСМ2 и ДСМР2 осуществляется переменным током напряжением 127 В, частотой 50 Гц, приборов ДС1 и ДСР1 — переменным током напряжением 127 или 220 В, частотой 50 Гц. Диаграммная лента в приборах ДСМ2 и ДСМР2 движется со скоростью 20, 60 и 120 мм/ч, в приборах ДС1 и ДСР1—20, 60, 120, 240 и 360 мм/ч. В приборах ДС1 и ДСР1 диаграммная лента движется в горизонтальной, а в миниатюрных приборах ДСМ2 и ДСМР2 — в вертикальной плоскости.

Приборы КСД2 самопишущие с дифференциально-трансформаторной схемой предназначены для работы в комплексе с первичными взаимозаменяемыми приборами, преобразующими такие величины, как давление и расход, в комплексную взаимоиндуктивность 0—10 мГ.

Запись показаний в приборе КСД2 производится на ленточной диаграмме. Скорость передвижения диаграммы выбирают при заказе прибора из ряда 20, 40, 60, 120, 240, 600, 1200 и 2400 мм/ч. Питание приборов осуществляется от сети переменного тока напряжением $220^{+5\%}_{-15\%}$ В, частотой 50±1 Гц. Максимальное удаление приборов КСД2 от дифференциальных манометров без дополнительной погрешности допускается до 250 м, с дополнительной погрешностью, равной 1 %,— до 1500 м.

Щитовой самопишущий прибор Н-342К магнитоэлектрической системы представляет собой сочетание измерительного регистрирующего прибора и контактного устройства, позволяющего выдавать сигнал на систему регулирования. Задатчики контактного устройства укреплены на шкале прибора, их можно перемещать в зависимости от заданной зоны регулирования. В качестве задатчиков использованы фоторезисторы. На стрелке самопишущего прибора помещен флажок. Когда стрелка доходит до задатчика, флажок пересекает световой поток, падающий на фотосопротивление, срабатывает соответствующее этому задатчику реле и выдается сигнал на регулирование. Движение диаграммы происходит за счет сил трения между ведущим барабаном и диаграммой. Для предотвращения проскальзывания диаграммы предусмотрены ролики, поджимающие ее к ведущему барабану. Показания записывают чернилами на диаграмме в прямоугольных координатах. Ширина диаграммной ленты составляет 110 мм, ширина ее рабочей части — 100 мм, длина — не менее 15 м. Питание двигателя лентопротяжного механизма и регулирующего устройства производится от сети переменного тока частотой 50 Гц, напряжением 127 или 220 В.

4.9.5. Монтаж, наладка и эксплуатация станций контроля производительности и давления

От правильности монтажа, наладки и эксплуатации станции контроля производительности и давления в значительной степени зависит ее нормальное функционирование.

В окружающем измерительные приборы воздухе не должно быть агрессивных газов, действующих разрушающе на детали приборов, а также излишней влаги, вызывающей коррозию. Дифференциальные манометры и вторичные приборы следует устанавливать в местах, не подверженных вибрации или тряске, или на амортизационных приспособлениях.

Импульсные линии выполняются из газовых стальных труб диаметром $^1/_2''$, длина которых от места отбора давления до дифференциального манометра не должна превышать 50 м. При большом удалении диаметр труб импульсной линии следует увеличить до $^3/_4''$. Трубы импульсной линии наиболее рационально соединять газовой сваркой. При прокладке импульсной линии ее горизонтальные участки должны выполняться с уклоном 1 : 10, идущим от места отбора давления к низшим точкам, где установлены отстойные сосуды. Импульсная линия должна подвешиваться на крючках или крепиться скобами. Перед присоединением дифференциального манометра к импульсной линии последнюю тщательно продувают сжатым воздухом. Импульсные линии после монтажа испытывают на герметичность при давлении 0,1—0,2 даН/см^2. Пластинчатые приемники статического давления устанавливают строго заподлицо с поверхностью канала и располагают в боковых стенках на расстоянии, равном $^1/_3$ высоты канала от перекрытия.

Измерительные вставки типа сужающего устройства следует устанавливать не ближе чем на 700—800 мм от поверхности боковой стенки и перекрытия канала. Это уменьшит забивание их пылью.

Наладка первичного и вторичного приборов заключается в том, чтобы получить совпадение показаний на шкалах приборов с фактическими величинами производительности и давления. Поскольку наиболее распространенными в станциях контроля производительности и давления являются мембранные дифференциальные манометры ДМИ со вторичными самопишущими приборами ВФС, то ниже рассмотрены наладка этих приборов, рациональный порядок, который установлен в ходе экспериментальных работ.

Порядок наладки следующий:

1. Проверить герметичность дифференциального манометра.

2. Катушки дифференциально-трансформаторного преобразователя установить на произвольном расстоянии друг от друга.

3. Верхний торец стакана демпфирования катушек ПД установить заподлицо с торцом разделительной трубки из немагнитной стали, на наруж-

ной поверхности которой расположены катушки дифференциально-трансформаторного преобразователя.

4. Отверткой повернуть эксцентрик ферродинамического компенсирующего преобразователя вторичного прибора и установить его рамку в нейтральное положение.

5. Проверить напряжение питания вторичного прибора, которое должно быть в пределах $220\ ^{+11}_{-33}$ В.

6. Ослабить верхний винт, крепящий чернильницу, так, чтобы перо надежно прижималось к бумаге, а осевой зазор между чернильницей и кернами, на которых она установлена, отсутствовал.

7. Включить тумблер питания вторичного прибора, при этом должна загореться лампочка подсветки.

8. Установить напряжение питания компенсирующего преобразователя с учетом падения напряжения в линии связи. Для этого к зажимам компенсирующего преобразователя подключить вольтметр. Напряжение должно быть равно $12 \pm 2{,}5$ В; если напряжение меньше указанного предела, необходимо его увеличить.

9. Тумблер «Контроль — работа» вторичного прибора перевести в положение «Контроль» и проверить работоспособность прибора. Стрелка прибора с компенсирующим преобразователем ПФ-1 или ПФ-2 должна находиться посередине шкалы при линейной зависимости показаний шкалы от входного сигнала, при квадратной зависимости — около отметки 70 % шкалы; с преобразователем ПФ-2 или ПФ-4 стрелка устанавливается около отметки «0».

10. После проверки тумблер перевести в положение «Работа» и убедиться в том, что прибор правильно (в нужную сторону) передает входной сигнал.

11. Установить стрелку прибора на нулевую отметку шкалы с помощью гайки, изменяющей положение индукционных катушек (поднимая или опуская их) на разделительной трубке относительно плунжера.

12. Проверку прибора на верхней предельной отметке шкалы произвести при давлении или разрежении, соответствующем верхнему значению измеряемого параметра. При большой погрешности, поворачивая плунжер компенсирующего преобразователя, добиться совмещения стрелки с предельной отметкой шкалы. Операцию корректировки показаний на нулевой и предельной отметках повторить 2—3 раза. После 3 ч работы прибора необходимо дополнительно проверить его показания на нулевой и предельной отметках шкалы. Поскольку максимальный перепад статического давления на дифференциальном манометре — расходомере и создаваемый датчиком скорости пневмометрический импульс при предельной скорости воздуха 15 м/с часто не совпадают, а в мембранных дифференциальных манометрах нет регулирующего устройства для изменения пределов измерения шкалы, необходимо сделать новую тарировку шкалы вторичного прибора по зависимости пневмометрического импульса от скорости воздуха в канале.

Для контроля исправности приборов ДС1, ДСР1, ДСМР2, ДСМ2 в схеме предусмотрена специальная кнопка «Контроль», с помощью которой могут быть закорочены концы вторичной обмотки катушки датчика. В этом случае усилитель и реверсивный двигатель прибора будут управляться напряжением трансформаторной катушки прибора. Так как вторичная обмотка прибора состоит из двух секций, включенных навстречу друг другу, то напряжение на входе усилителя станет равным 0 и двигатель остановится только тогда, когда он установит плунжер в приборе в электрически нейтральное положение по отношению к двум секциям вторичной обмотки. Такому положению плунжера соответствует вполне определенное положение указателя на шкале прибора. Этому значению шкалы присвоено название «Контрольная точка». В приборах, предназначенных для измерения расхода, контрольная точка находится на отметке, соответствующей 30 % длины шкалы. В приборах для измерения давления контрольная точка соответствует середине (50 % шкалы).

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ И РЕГУЛИРОВАНИЕ РЕЖИМА РАБОТЫ ВЕНТИЛЯТОРНЫХ УСТАНОВОК

5.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВЕНТИЛЯТОРНЫХ УСТАНОВОК

Приведены указания по выполнению замеров с целью определения режимов работы вентиляторных установок на шахтную сеть. Замеры включают в себя определение производительности, статического давления, потребляемой мощности и коэффициента полезного действия установки.

5.1.1. Определение производительности вентиляторной установки

Проходящее по вентиляционному каналу количество воздуха ($м^3/с$) определяется по формуле

$$Q_{к.в} = Sv_{ср}, \tag{5.1}$$

где S — площадь поперечного сечения в месте замера, $м^2$; $v_{ср}$ — средняя скорость воздуха в сечении канала, м/с.

Скорости воздушного потока до 5 м/с следует измерять анемометрами крыльчатого типа, а более 5 м/с — анемометрами чашечного типа. Скорость воздуха необходимо измерять на прямом участке канала, где отсутствуют крутые повороты и резкие изменения сечения. Анемометр не следует подносить к боковым стенкам канала ближе чем на 0,3 м.

После каждого замера определяют число делений анемометра в 1 с:

$$a = \frac{a_2 - a_1}{t}, \tag{5.2}$$

где a_1 — начальные показания анемометра; a_2 — конечные показания анемометра; t — время замера, с.

По значению a, пользуясь тарировочными графиками анемометра, находят скорость воздуха. Для получения истинной средней скорости движения воздуха значение скорости, определенное по графику анемометра, следует умножить на поправочный коэффициент k, зависящий от способа замера.

При пользовании чашечным анемометром его следует укрепить на конце палки длиной около 2 м. Замеряющий должен держать палку на вытянутой руке, стоя лицом к струе, находясь в нише или у боковой стены выработки. Измерение производить 3 раза продолжительностью по 100 с. К расчету необходимо принять среднее арифметическое трех замеров (сильно отличающиеся замеры исключить), а коэффициент k — равным 1.

При пользовании крыльчатым анемометром измерения следует производить одним из двух способов: замером «перед собой» или замером «в сечении».

Замером «перед собой» пользуются, когда высота канала не превышает 2 м. Замеряющий становится лицом навстречу потоку, держа анемометр на вытянутой руке перпендикулярно к оси воздушного потока. Поправочный коэффициент при этом способе следует принимать $k = 1{,}14$ независимо от сечения выработки. Замером «в сечении» пользуются, когда высота канала более 2 м. Замеряющий становится спиной к стенке выработки, держа анемометр на вытянутой руке перпендикулярно к оси воз-

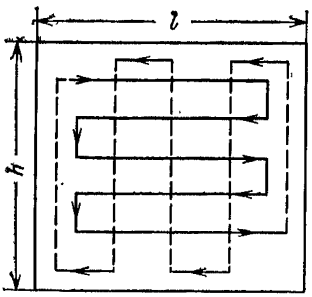


Рис. 5.1. Путь движения анемометра в сечении выработки при измерении скорости воздушного потока:
h **— высота выработки; *l* — ширина выработки**

душного потока. Поправочный коэффициент при данном способе необходимо принимать равным

$$k = \frac{S - 0{,}4}{S},$$

где S — площадь сечения выработки, м²; 0,4 — площадь сечения, занимаемого человеком, м².

Путь движения анемометра в сечении выработки при измерении скорости воздушного потока показан на рис. 5.1.

Производительность вентиляторной установки $Q_в$ (м³/с), приведенную к синхронной частоте вращения вентилятора, определяют по формуле

$$Q_в = Q_{к.в} \frac{n_с}{n_{зам}}, \qquad (5.3)$$

где $Q_{к.в}$ — количество воздуха, протекающего через канал вентилятора, м³/с; $n_с$ — синхронная частота вращения вентилятора, об/мин; $n_{зам}$ — замеренная частота вращения электродвигателя, об/мин.

Внешние утечки (м³/с)

$$Q_{вн} = Q_{к.в} - Q_{общ},$$

где $Q_{общ}$ — общее количество воздуха, поступающего из шахты или в шахту, м³/с.

Процент непроизводительных поверхностных подсосов определяют по формуле

$$k_п = \frac{Q_{вн}}{Q_{к.в}} 100\%. \qquad (5.4)$$

Во избежание несчастных случаев при производстве замеров скорости воздуха необходимо проявлять особую осторожность. Основные указания по безопасному ведению этих работ приведены в 6.1.

5.1.2. Определение статического давления вентиляторной установки

Статическое давление вентиляторной установки определяют по разрежению в подводящем вентиляционном канале (перед рабочим колесом). Давление в канале измеряют U-образным манометром, который присоединяют к трубе, проходящей через стенку канала.

Создаваемое вентиляторной установкой статическое давление $H_{ст}$ (даН/м²), приведенное к нормальным атмосферным условиям и синхронной частоте вращения вентилятора, определяется по формуле

$$H_{ст} = H_к \Delta \left(\frac{n_с}{n_{зам}}\right)^2, \qquad (5.5)$$

где $H_к$ — разрежение, измеренное U-образным манометром, даН/м²; Δ — поправка на атмосферные условия;

$$\Delta = \frac{760\,(273 + t)\,133{,}3}{B293}, \qquad (5.6)$$

t — температура воздуха, °С; B — барометрическое давление, Па.

5.1.3. Определение мощности на валу вентилятора

Мощность на валу вентилятора (кВт), приведенную к нормальным атмосферным условиям и синхронной частоте вращения вентилятора, определяют по формуле

$$N_{\text{в}} = P_{\text{а}}\eta_{\text{эл}}\Delta\left(\frac{n_{\text{с}}}{n_{\text{зам}}}\right)^3, \qquad (5.7)$$

где $P_{\text{а}}$ — активная мощность, потребляемая электродвигателем из сети, кВт; $\eta_{\text{эл}}$ — к. п. д. электродвигателя при данной нагрузке.

К. п. д. электродвигателя берут по паспортным или каталожным данным, а при отсутствии последних он может быть с достаточной для практических целей точностью определен по примерной кривой, приведенной на рис. 5.2. Если в качестве привода используют синхронный двигатель, обмотка возбуждения которого питается от постороннего источника (не соединенного с валом двигателя), то к активной мощности, потребляемой двигателем из сети, следует прибавить мощность возбуждения (кВт)

$$P_{\text{в}} = \frac{U_{\text{в}}I_{\text{в}}}{1000}, \qquad (5.8)$$

где $U_{\text{в}}$ — напряжение возбуждения, В; $I_{\text{в}}$ — ток возбуждения, А.

Мощность, потребляемую электродвигателем из сети, следует измерять при помощи двух ваттметров, включенных по схеме, изображенной на рис. 5.3.

Активная мощность (кВт) по показаниям двух ваттметров определяется по формуле

$$P_{\text{а}} = \frac{(W_1 + W_2)\,k_i k_u C_{\text{вт}}}{1000}, \qquad (5.9)$$

где W_1 и W_2 — показания ваттметров в делениях прибора; k_i — коэффициент трансформации трансформаторов тока *TT1* и *TT2*; k_u — коэффициент трансформации трансформатора напряжения *TH*; $C_{\text{вт}}$ — цена одного деления ваттметра, Вт/дел.

Реактивная мощность (квар), потребляемая электродвигателем из сети (или отдаваемая в сеть), определяется по формуле

$$P_{\text{д}} = \frac{\sqrt{3}\,(W_1 - W_2)\,k_i k_u C_{\text{вт}}}{1000}. \qquad (5.10)$$

Коэффициент мощности электродвигателя

$$\cos\varphi = \frac{P_{\text{а}}}{\sqrt{3}U_{\text{л}}I_{\text{л}}}, \qquad (5.11)$$

или

$$\cos\varphi = \frac{P_{\text{а}}}{\sqrt{P_{\text{а}}^2 + P_{\text{д}}^2}}, \qquad (5.12)$$

где $U_{\text{л}}$ — линейное напряжение, подводимое к двигателю, кВ; $I_{\text{л}}$ — ток, потребляемый двигателем из сети, А.

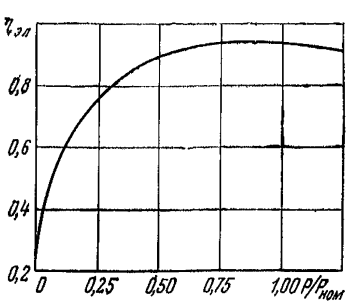


Рис. 5.2. Кривая зависимости к.п.д. электродвигателя от его загрузки

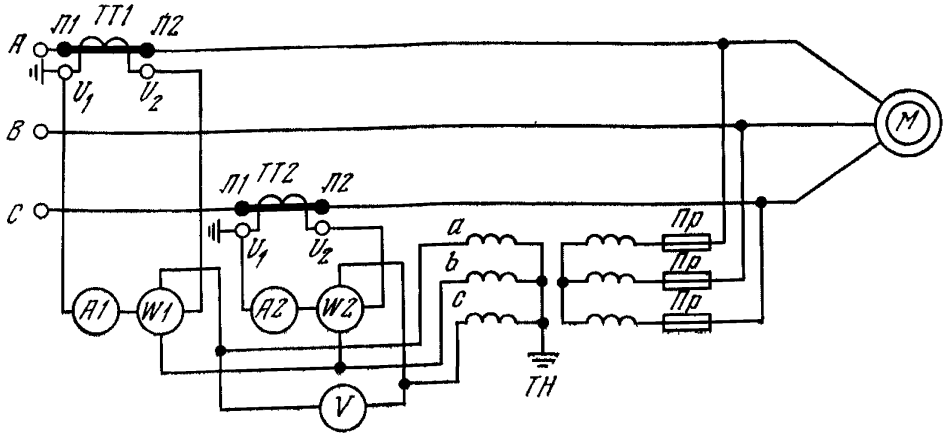


Рис. 5.3. Измерение активной и реактивной мощности с помощью двух ваттметров

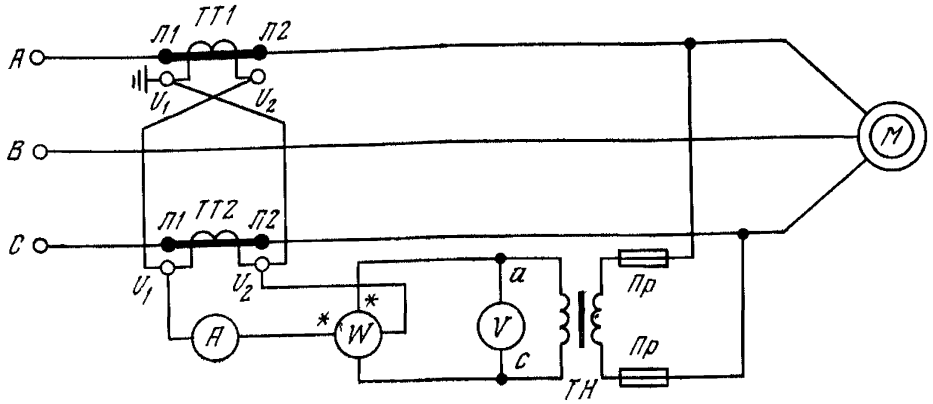


Рис. 5.4. Измерение активной мощности с помощью одного ваттметра

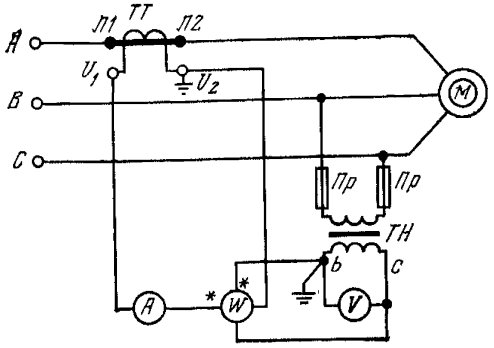


Рис. 5.5. Измерение реактивной мощности с помощью одного ваттметра

В зависимости от величины коэффициента мощности электродвигателя стрелка одного из ваттметров может отклониться в обратную сторону. В этом случае следует изменить полярность обмотки напряжения на ваттметре, а показания его брать из формул (5.9) и (5.10) со знаком «минус».

При отсутствии условия для измерения мощности электродвигателя с помощью двух ваттметров, мощность может быть измерена одним ваттметром. Точность измерений при этом зависит от степени симметричности подводимых к двигателю напряжений и потребляемых токов по фазам. Для измерения активной мощности с помощью одного ваттметра его вклю-

чают по схеме, изображенной на рис. 5.4. Величина активной мощности (кВт) при этом определяется по формуле

$$P_{\text{а}} = \frac{C_{\text{вт}} k_i k_u W}{1000}, \tag{5.13}$$

где W — показания ваттметра в делениях прибора.

Для измерения реактивной мощности с помощью одного ваттметра его включают по схеме, изображенной на рис. 5.5. Величина реактивной мощности (квар) при этом

$$P_{\text{д}} = \frac{\sqrt{3}\, W k_i k_u C_{\text{вт}}}{1000}. \tag{5.14}$$

Схемы для измерения мощности электродвигателей напряжением до 1000 В аналогичны схемам, изображенным на рис. 5.3—5.5. Вместо измерительных трансформаторов напряжения при этом должны быть применены соответствующие добавочные резисторы.

5.1.4. Измерение частоты вращения вентилятора

Частота вращения вентилятора $n_{\text{зам}}$ (об/мин) при непосредственном соединении его с двигателем определяется по частоте вращения двигателя. Частота вращения синхронного двигателя определяется для случаев, когда $n_{\text{с}} = n$, из выражения

$$n_{\text{с}} = \frac{60f}{p}, \tag{5.15}$$

где f — частота переменного тока сети, Гц; p — число пар полюсов двигателя (по паспорту).

Если приводом вентилятора является асинхронный двигатель с фазной обмоткой ротора, то полную частоту его вращения (рис. 5.6) можно определить по стрелке амперметра, присоединенного ко вторичной обмотке трансформатора тока (первичная обмотка трансформатора тока включается в рассечку фазы ротора). При вращении электродвигателя стрелка амперметра совершает колебания согласно изменению тока в обмотке ротора. Частоту вращения электродвигателя при этом следует определить по формуле

$$n = \frac{60\left(f - \frac{k}{t}\right)}{p}, \tag{5.16}$$

где k — число двойных отклонений стрелки амперметра; t — время, за которое отсчитаны отклонения, с.

Частоту вращения асинхронных двигателей с короткозамкнутой обмоткой ротора измеряют при помощи тахометра или определяют по заводским данным с учетом изменения частоты вращения двигателя в зависимости от нагрузки.

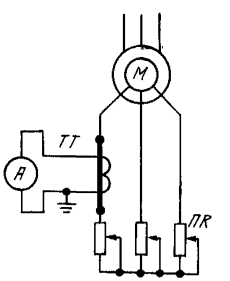


Рис. 5.6. Измерение частоты вращения асинхронного двигателя с фазным ротором

5.1.5. Определение статического коэффициента полезного действия вентиляторной установки

Статический коэффициент полезного действия вентиляторной установки

$$\eta_{ст} = \frac{Q_в H_{ст}}{102 N_в}. \qquad (5.17)$$

5.1.6. Обработка результатов измерений, определение режима работы вентилятора, разработка рекомендаций по улучшению режима работы вентиляторной установки

По полученным при измерении величинам $Q_в$, $H_{ст}$, $N_в$, $\eta_{ст}$ определяют точку, соответствующую режиму работы вентиляторной установки, которую наносят на характеристику вентиляторной установки.

После обработки результатов измерений необходимо построить характеристику шахтной вентиляционной сети. Для одиночной работы вентилятора или для совместно работающих на общую сеть вентиляторов при наличии «слабой» связи между ними, она представляет собой кривую, описанную уравнением

$$H = \frac{H_р}{Q_р^2} Q^2, \qquad (5.18)$$

где $Q_р$ и $H_р$ — соответственно производительность и статическое давление в рабочей точке сети; Q и H — соответственно производительность и статическое давление в любой точке характеристики сети.

Характеристику сети (кривая 2 на рис. 5.7) строят по точкам с координатами Q и H. Для определения координат Q и H в уравнение следует подставить значение $Q_р = Q_в$ и $H_р = H_{ст}$ из (5.3) и (5.5) и, задавшись несколькими произвольными значениями Q, определить соответствующие им значения H.

Шахтная вентиляционная сеть характеризуется таким важным параметром, как эквивалентное отверстие. Эквивалентное отверстие — это воображаемое отверстие такого диаметра, при котором сопротивление прохождению воздуха через него равно сопротивлению всей шахтной сети. Площадь (м²) эквивалентного отверстия определяется из выражения

$$A = \frac{0{,}38 Q_в}{\sqrt{H_{ст}}}, \qquad (5.19)$$

где $Q_в$ — производительность, м³/с; $H_{ст}$ — статическое давление, даН/м².

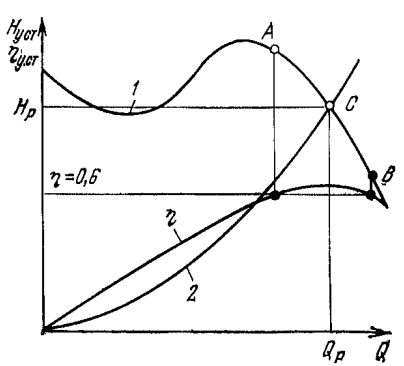


Рис. 5.7. Определение рабочего участка вентилятора:

1 — характеристика вентилятора; *2* — характеристика шахтной сети; η — статический к. п. д. вентилятора; *C* — рабочая точка вентилятора; *AB* — граница рабочего участка, соответствующая значению $\eta = 0{,}6$

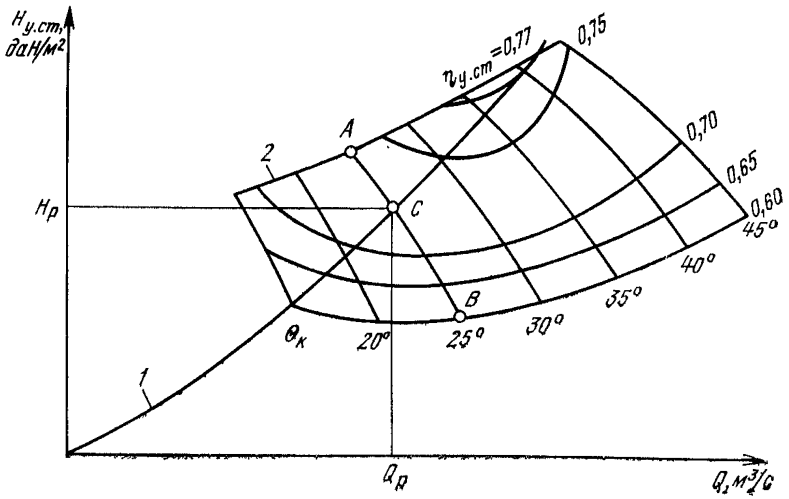


Рис. 5.8. Определение рабочей точки вентиляторной установки и требуемого угла установки лопаток вентилятора:

1 — характеристика шахтной сети; *2* — характеристика вентилятора; *C* — рабочая точка вентиляторной установки

Рабочая точка вентиляторной установки определяется (рис. 5.8) на пересечении индивидуальной характеристики вентиляторной установки и шахтной вентиляционной сети.

В приложении приведены типовые характеристики вентиляторных установок при различных скоростях вращения рабочих колес и различных углах установки лопаток. Характеристики представлены в виде семейства кривых, образующих область промышленного использования вентиляторной установки. Эта область ограничена рабочими участками, в пределах которых работа вентилятора будет устойчивой и экономичной. Экономичной считается работа с к. п. д. не ниже 0,6 (ГОСТ 11004—75). Работа осевого вентилятора будет устойчивой, если используется только ниспадающая ветвь характеристики (см. рис. 5.8, участок *AB*).

Полученная картина совмещения характеристик вентиляторной установки и шахтной вентиляционной сети позволяет:

определить к. п. д. и экономичность работы вентиляторной установки;

оценить устойчивость работы вентилятора;

выбрать наиболее рациональный способ регулирования производительности;

определить загрузку приводного двигателя;

разработать рекомендации по улучшению режима работы вентиляторной установки.

В случае наличия «сильной» связи между установками, работающими на общую шахтную сеть, ограничиваются построением рабочей точки вентиляторной установки.

При разработке рекомендаций по улучшению режима работы вентиляторной установки следует устранить в шахтах непроизводительные подсосы воздуха через реверсивные, переключающие устройства и надшахтные здания. Эти подсосы воздуха на отдельных шахтах могут достигать 25 % и более общей производительности вентиляторной установки.

Наиболее распространены подсосы через стенки каналов, просмы для канатов и уплотнения ляд. Снизить подсосы через стенки каналов следует тщательным оштукатуриванием их или нанесением на стенки канала пленок из полимерных материалов. Для уплотнения мест прохода подъемных

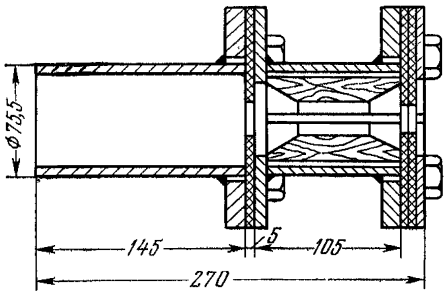


Рис. 5.9. Уплотнение мест прохода подъемных канатов ляд

канатов ляд применяют конструкцию, приведенную на рис. 5.9. Уплотнение достигается за счет разрезной деревянной втулки и резиновых колец. Корпус для удобства монтажа делается разъемным. Он крепится к фланцу трубы, залитой бетоном в стенке канала.

Для уплотнения ляд применяют петлю из конвейерной ленты толщиной более 10 мм, которая планками крепится по периметру ляды *2* (см. рис. 3.36). Расстояние от контура планок до края ляды выбирают таким, чтобы свободный вылет петли имел длину не менее 100 мм. Кроме того, на раме *1* крепится полоса резины толщиной 20 мм или несколько слоев конвейерной ленты. Полоса резины должна выступать над рамой на 20—25 мм. Если между лядой и рамой появится зазор, то петля, разжимаясь, перекрывает щель и создает необходимое уплотнение. В процессе эксплуатации состояние уплотнений необходимо проверять не реже 2 раз в год.

Снижение эксплуатационного к. п. д. вентиляторной установки вызывается также плохими уплотнениями в местах прохода вала ротора, большими зазорами в лабиринтных уплотнениях между колесом центробежного вентилятора и концом входной трубы и т. д.

В некоторых случаях причинами низкого к. п. д. вентиляторной установки является некачественный монтаж, неправильная эксплуатация, либо несоответствие параметров вентиляторной установки шахтной вентиляционной сети.

Отступление от требований к монтажу наиболее часто проявляется в рассогласовании углов установки лопаток рабочих колес и направляющих аппаратов. Допускается рассогласование лопаток на угол, не превышающий $\pm 2°$.

В случае несоответствия параметров вентиляторной установки и шахтной сети необходимо произвести регулирование режима работы по одному из способов, описанных в 5.2.

5.2. СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ РЕЖИМА РАБОТЫ ВЕНТИЛЯТОРНЫХ УСТАНОВОК

Применяют следующие способы регулирования производительности вентиляторной установки: изменением частоты вращения рабочего колеса; изменением угла установки лопаток рабочего колеса; изменением числа лопаток рабочего колеса; изменением угла установки лопаток направляющего аппарата; изменением угла установки закрылков лопаток направляющих аппаратов; изменением угла установки закрылков лопаток рабочего колеса; дросселированием вентиляционного канала.

5.2.1. Регулирование изменением частоты вращения

Способ регулирования производительности изменением частоты вращения приводного двигателя (рис. 5.10) применяют при значительных изменениях вентиляционного режима шахты. При увеличении частоты вращения (n_2, n_3) характеристики вентиляторной установки располагаются выше характеристики, соответствующей первоначальной скорости n, при уменьшении частоты вращения (n_1) — ниже. Производительность, давление и по-

требляемая мощность изменяются пропорционально соответственно первой, второй и третьей степеням частоты вращения

$$\frac{Q_н}{Q_2} = \frac{n}{n_2}; \qquad (5.20)$$

$$\frac{H_н}{H_2} = \left(\frac{n}{n_2}\right)^2; \qquad (5.21)$$

$$\frac{N_н}{N_2} = \left(\frac{n}{n_2}\right)^3. \qquad (5.22)$$

Так как большинство вентиляторных установок оборудованы синхронными приводными двигателями, возможно регулирование только заменой двигателей с большей или меньшей частотой вращения. Регулирование получается ступенчатым и требует применения дополнительных способов для плавного регулирования между ступенями.

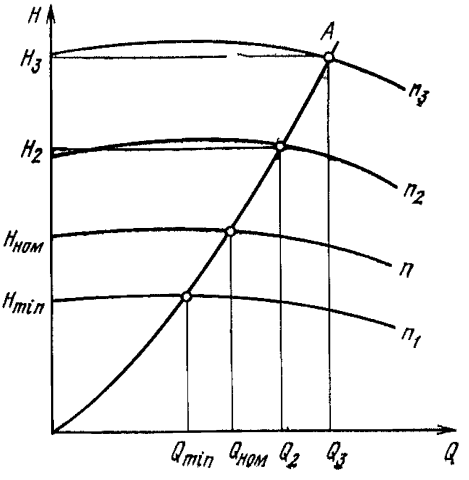


Рис. 5.10. Регулирование режима работы вентилятора изменением частоты вращения приводного двигателя

Для крупных вентиляторов ВЦД-32М, ВЦД-40, ВРЦД-4,5, ВЦД-47 экономически оправдано применение привода с плавной регулировкой частоты вращения. Примером могут служить каскадные схемы управления асинхронным двигателем. асинхронный вентильный каскад (рис. 5.11, *а*) и асинхронный машинно-вентильный каскад (рис. 5.11, *б*).

Асинхронные каскадные схемы обеспечивают возвращение в сеть энергии скольжения ротора, которая в асинхронном двигателе с реостатным регулированием выделялась бы в роторных сопротивлениях в виде тепловой энергии. Регулирование частоты вращения основано на введении в цепь ротора добавочной электродвижущей силы (противо-э. д. с.), позволяющей изменять величину момента, развиваемого двигателем, и, следовательно, при данном статическом моменте изменять частоту вращения двигателя.

На вентиляторной установке ВЦД-47 «Север» Октябрьского рудника Норильского горно-металлургического комбината применена комбинированная система регулирования (рис. 5.12):

а) от 0 до 0,6 $n_н$ — регулирование осуществляется по системе Г—Д;

б) от 0,6 $n_н$ до $n_н$ — регулирование осуществляется с помощью машинно-вентильного электромеханического каскада.

Институтом ГУА совместно с ХЭМЗ для вентиляторных установок разрабатывается система машины двойного питания, позволяющая осуществлять

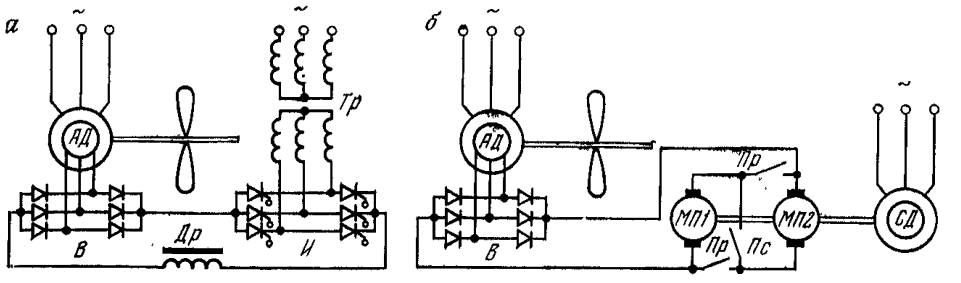


Рис. 5.11. Каскадные схемы регулируемого электропривода:

Др — уравнительный реактор; *В* — выпрямитель; *И* — инвертор; *МП1* и *МП2* — машины постоянного тока; *Пс* и *Пр* — контакторы переключения машин постоянного тока на последовательное и параллельное соединение

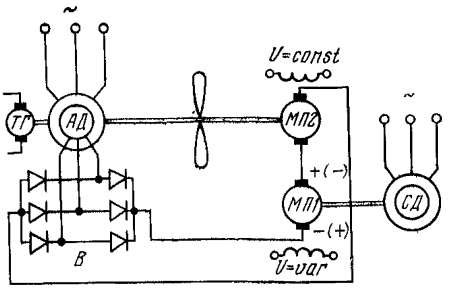


Рис. 5.12. Комбинированная схема регулируемого электропривода

регулирование в зоне частот вращения как ниже, так и выше синхронной приводного электродвигателя.

На вентиляторных установках ВРЦД-4,5 применяют также двухдвигательный синхронно-асинхронный агрегат, состоящий из синхронного двигателя 4000 кВт, 500 об/мин (при использовании с пониженной скоростью 1600 кВт, 375 об/мин) и асинхронного двигателя 500 кВт, 250 об/мин.

Центробежные вентиляторы ВЦП-16 могут комплектоваться одним четырехскоростным асинхронным электродвигателем АО-114-12/8/6/4 с частотой вращения соответственно 1500/1000/750/500 об/мин.

5.2.2. Регулирование изменением угла установки лопаток рабочего колеса

Регулирование производительности изменениями угла установки лопаток рабочих колес применимо только в осевых вентиляторах.

Достоинством этого способа регулирования является его экономичность даже при большой глубине регулирования. Недостатком является необходимость остановки вентилятора для поворота лопаток.

Для разворота лопаток следует: остановить вентилятор; открыть люки кожуха; повернуть лопатки колеса на заданный угол; закрыть люки и произвести запуск вентилятора; через 5—10 мин остановить вентилятор и проверить положение всех лопаток.

5.2.3. Регулирование изменением числа лопаток рабочего колеса

Одной из причин низкой экономичности действующих шахтных осевых вентиляторов является несоответствие между характеристиками (зонами экономической работы) установленных на шахтах вентиляторов и необходимыми для этих шахт вентиляционными режимами. Приближение зон экономичной работы таких вентиляторов к требуемым вентиляционным режимам может быть достигнуто выбором рационального сочетания чисел лопаток на рабочих колесах первой и второй ступеней. При этом может быть получено значительное повышение к. п. д. вентиляторной установки за счет уменьшения потребляемой двигателем мощности. Проведение таких мероприятий целесообразно в тех случаях, когда на ближайшее время не намечается значительного увеличения производительности и давления данной установки.

Мероприятия по повышению экономичности действующих осевых вентиляторов выполнить в следующей последовательности.

В соответствии с указаниями, приведенными в разделе 5.1, определить производительность $Q_в$, статическое давление $H_{ст}$, мощность на валу $N_в$ и статический к. п. д. $\eta_{ст}$ вентиляторной установки. Полученные данные сопоставить с характеристикой вентиляторной установки. Если фактический режим окажется расположенным ниже зоны экономичной работы вентиляторной установки, необходимо приступить к выбору рационального сочетания чисел лопаток на рабочих колесах первой и второй ступеней.

Полученные при определении фактического режима величины производительности $Q_в$ и давления $H_{ст}$ пересчитать на безразмерные величины $\overline{Q}$ и $\overline{H}$

по формулам

$$\overline{Q} = \frac{Q_в}{Fv}; \tag{5.23}$$

$$\overline{H} = \frac{H_{ст}}{\rho_0 v_2^2}, \tag{5.24}$$

где $F = \frac{\pi D^2}{4}$ —площадь рабочего колеса вентилятора, м²;

$v = \frac{\pi D n}{60}$ — окружная скорость по концам лопаток, м/с;

$\rho_0 = 0{,}122$ — плотность стандартного воздуха, даН · с² · м⁻⁴.

По полученным величинам $\overline{Q}$ и $\overline{H}$ нанести режим работы вентиляторной установки на типовые характеристики шахтных установок с вентиляторами серии К-06 (рис. 5.13), соответствующие различным сочетаниям чисел лопаток на первой z_1 и второй z_2 ступенях рабочих колес, в результате чего определится соотношение $\frac{z_1}{z_2}$, при котором к. п. д. $\eta_{ст}$ получается наибольшим. Затем по типовой характеристике $H_{у.ст} f(\overline{Q})$, соответствующему выбранному значению $\frac{z_1}{z_2}$ определить угол установки оставшихся лопаток рабочего колеса второй ступени.

При выборе наиболее рационального сочетания количества лопаток $\frac{z_1}{z_2}$ необходимо иметь в виду следующее:

если намечается в дальнейшем некоторое изменение вентиляционного режима, то выбранное сочетание числа лопаток должно обеспечивать не только возможность такого изменения, но и наличие определенного резерва по производительности и давлению. При работе этого сочетания необходимо стремиться к получению наибольшего к. п. д. как при существующем, так и при намечаемом к изменению режиме работы установки;

режим работы не должен находиться выше границы устойчивой работы вентиляторной установки при данных z_1 и z_2 (см. рис. 5.13).

После определения рационального сочетания чисел лопаток и угла их установки следует приступить к снятию излишнего количества лопаток. Предварительно необходимо изготовить заглушки для закрытия отверстий, остающихся во втулке после снятия лопаток. Конструкция заглушки для вентиляторов ВОКД приведена на рис. 5.14. Размеры заглушек даны в табл. 5.1. Все заглушки при изготовлении должны быть по возможности одинаковой массы для предотвращения дебаланса вентилятора.

В некоторых случаях может в дальнейшем понадобиться увеличение производительности и давления установки и увеличение в связи с этим числа

Таблица 5.1

Размеры (см. рис. 5.14), мм	Диаметр вентилятора, м					
	1,0	1,5	1,8	2,4	3,0	3,6
А	118	128	150	154	196	196
Б	65	80	90	90	120	120
В	65	100	105	105	140	140
М	М16	М16	М18	М18	М18	М18

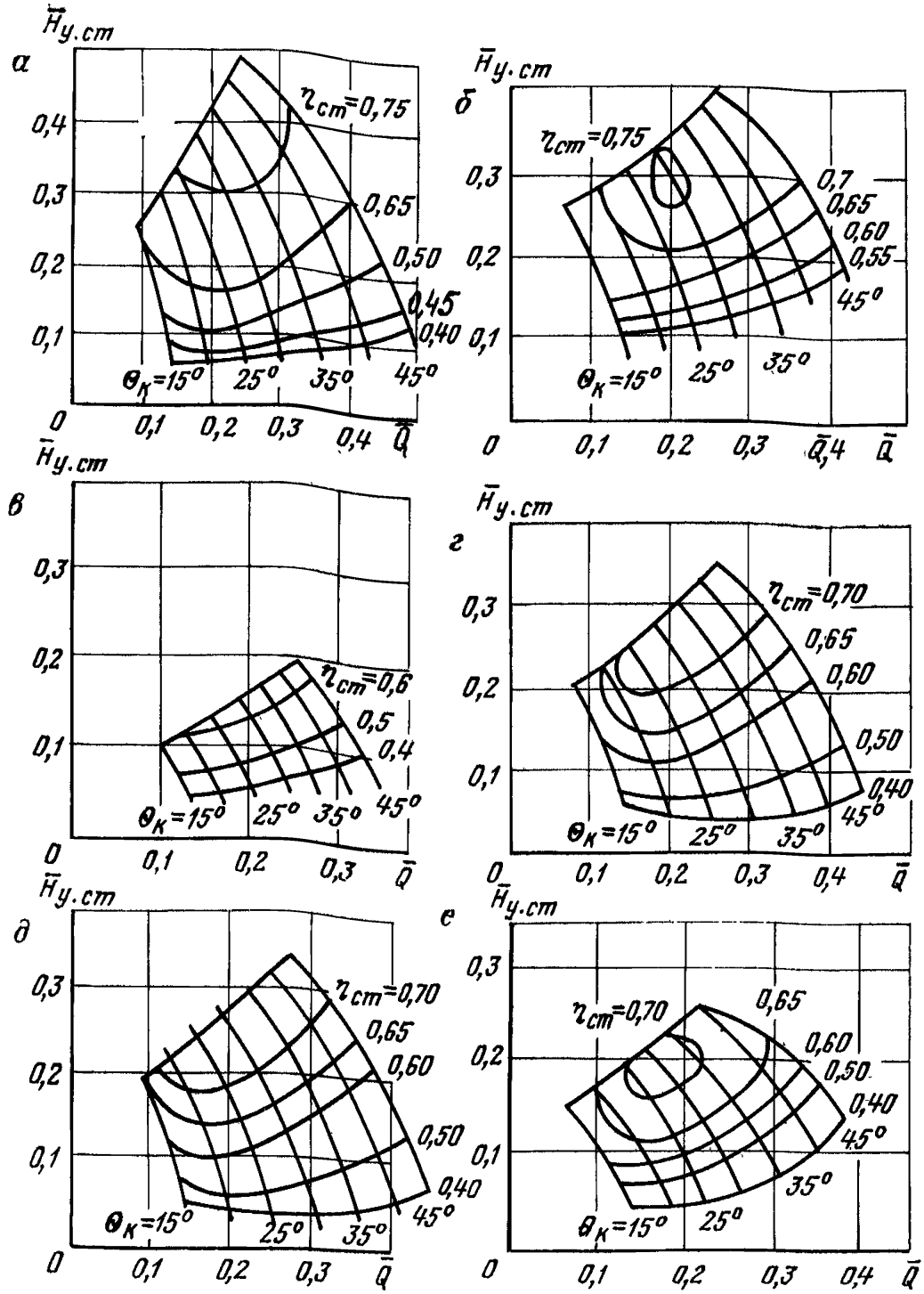


Рис. 5.13. Типовые характеристики установок с вентиляторами серии К-06 при различном сочетании лопаток рабочих колес:

а — z_1/z_2=12/12; *б* — z_1/z_2=12/6; *в* — z_1/z_2=12/0; *г* — z_1/z_2=12/4; *д* — z_1/z_2=6/6; *е* — z_1/z_2=4/4

лопаток рабочих колес. Для предотвращения в этих случаях разбалансировки вентилятора лопатки следует замаркировать для возможности их прежней установки.

Оставшиеся лопатки на второй ступени установить против лопаток

первой ступени (если снимаются лопатки первой и второй ступени).

После снятия части лопаток и установки заглушек произвести пробный пуск и обкатку вентилятора. При чрезмерной вибрации вентилятора выяснить причину ее и при необходимости произвести балансировку рабочего колеса.

Затем повторно определить фактический режим работы вентиляторной установки для проверки сохранения требуемых значений производительности и давления. При необходимости произвести уточнение угла установки лопаток рабочих колес для обеспечения производительности давления.

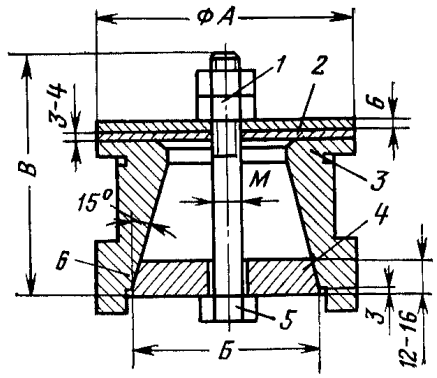


Рис. 5.14. Заглушка для вентилятора ВОКД:

1 — гайка; *2* — диск; *3* — прокладка; *4* — конический диск; *5* — болт; *6* — вкладыш рабочей лопатки

5.2.4. Регулирование изменением угла установки лопаток направляющего аппарата

Регулирование производительности изменением угла установки лопаток направляющего аппарата применяют у большинства центробежных вентиляторов. Изменение производительности достигается предварительной подкруткой воздушного потока, поступающего в рабочее колесо. Чем сильнее подкручивается поток относительно плоскости вращения рабочего колеса (рис. 5.15, *а*), тем меньше давление и производительность вентилятора. Максимальная производительность развивается при открытом направляющем аппарате, т. е. когда угол установки лопаток равен нулю. В некоторых случаях небольшое дополнительное увеличение производительности достигается за счет подкрутки потока против направления вращения на угол до 20° (рис. 5.15, *б*).

При повороте лопаток до положения полного закрытия производительность и давление постепенно уменьшаются. При закрытии направляющего аппарата производительность падает до минимума и вентилятор работает практически вхолостую. Такой режим используют при пуске для уменьшения момента на валу двигателя.

Экономичным является регулирование в пределах углов установки лопаток от 0 до 70°. При бóльших углах к. п. д. вентилятора падает ниже 0,6. При этом увеличивается вибрация ротора и работа вентилятора при таких углах установки лопаток нежелательна.

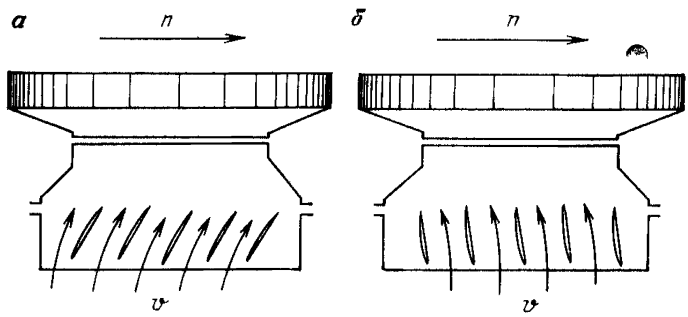


Рис. 5.15. Регулирование производительности изменением угла установки лопаток направляющего аппарата:

а — угол установки лопаток больше 0°; *б* — угол установки лопаток меньше 0°; *n* — направление вращения рабочего колеса; *v* — направления воздушного потока

Центробежные вентиляторы одностороннего всасывания имеют один направляющий аппарат, а вентиляторы двухстороннего всасывания имеют по два направляющих аппарата. У вентиляторов двухстороннего всасывания необходимо следить за тем, чтобы лопатки обоих аппаратов были установлены под одинаковыми углами. Несоблюдение этого требования вызывает возникновение неуравновешенного осевого усилия, дополнительно нагружающего подшипники главного вала.

Направляющий аппарат с поворотными лопатками имеют осевые вентиляторы серии ВОД. Поэтому регулирование производительности у этих вентиляторов осуществляют поворотом лопаток. Для уменьшения производительности в пределах 5—10 % номинальный угол установки лопаток уменьшают до 36°, при этом потребляемая мощность уменьшается до 36 %.

Регулирование направляющим аппаратом может производиться на ходу, без остановки машины. Благодаря моторному приводу механизма одновременного поворота регулирование производительности может осуществляться дистанционно.

5.2.5. Регулирование изменением угла установки закрылков лопаток направляющих аппаратов

У крупных вентиляторов ВОКД с колесами диаметром 2,4 м и более в дополнение к перестановке лопаток рабочих колес применяют тонкое регулирование при помощи поворотных закрылков лопаток направляющих аппаратов (рис. 5.16). Этот способ обеспечивает экономичное изменение производительности в пределах ±10 % без остановки вентилятора. Суть регулирования закрылками направляющего аппарата заключается в изменении угла входа воздушного потока в рабочее колесо ступени.

Исходным углом установки закрылков при регулировании производительности (рис. 5.17) является угол 0°. Характеристики вентиляторных установок, приведенные в приложении, построены именно для этого угла.

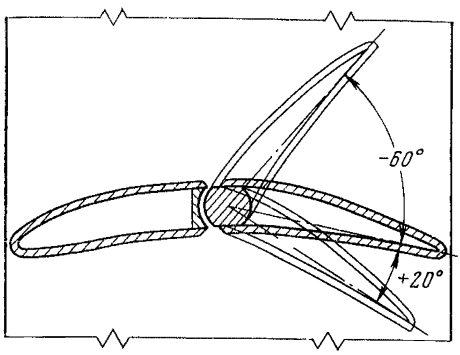


Рис. 5.16. Поворотный закрылок промежуточного направляющего аппарата вентилятора ВОКД

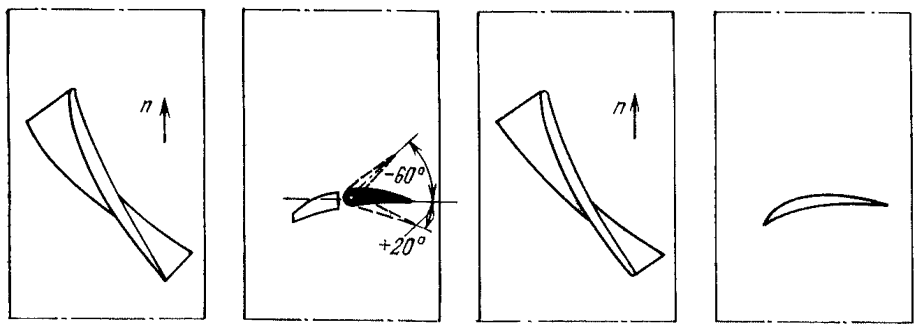


Рис. 5.17. Регулирование производительности осевого вентилятора закрылками направляющих аппаратов:

1 — лопатки колеса первой ступени; *2* — лопатки направляющего аппарата; *3* — лопатки колеса второй ступени; *4* — лопатки спрямляющего аппарата

Для увеличения производительности вентилятора закрылки необходимо повернуть против направления вращения колес, на угол до +20°.

Для снижения производительности вентилятора закрылки следует повернуть в сторону вращения колес на угол до —60². Угол поворота закрылков —60° используют для облегчения условий запуска приводного двигателя.

Все закрылки необходимо поворачивать одновременно с помощью ручного или электрического привода. Угол установки закрылков определяют на шкале, расположенной на кожухе вентилятора. Для ограничения поворота закрылков в пределах допустимых углов предусмотрены концевые выключатели, которые следует отрегулировать на срабатывание при заданном угле установки закрылков.

5.2.6. Регулирование изменением угла установки закрылков лопаток рабочего колеса

У вентилятора ВЦЗ-32 экономичное регулирование производительности осуществляется изменением угла выхода воздушного потока из рабочего колеса с помощью его закрылков.

Изменение угла установки закрылков на лопатках рабочего колеса производят для каждой лопатки отдельно вручную.

5.2.7. Регулирование дросселированием

Дросселирование вентиляционной сети (рис. 5.18) осуществляют введением или выведением задвижки (шибера), устанавливаемой в вентиляционном канале. При этом изменяется характеристика вентиляционной сети и рабочая точка вентилятора смещается по регулировочной характеристике. Регулирование дросселированием производительности малоэкономично и применяется для регулирования старых систем центробежных вентиляторов, не имеющих направляющих аппаратов (рис. 5.18, *а*). Такое регулирование производительности на вентиляторных установках с осевыми вентиляторами не выполняется, так как в виду большой крутизны их характеристик мощность на валу вентилятора не уменьшается, как у центробежных, а остается одинаковой или даже возрастает (рис. 5.18, *б*).

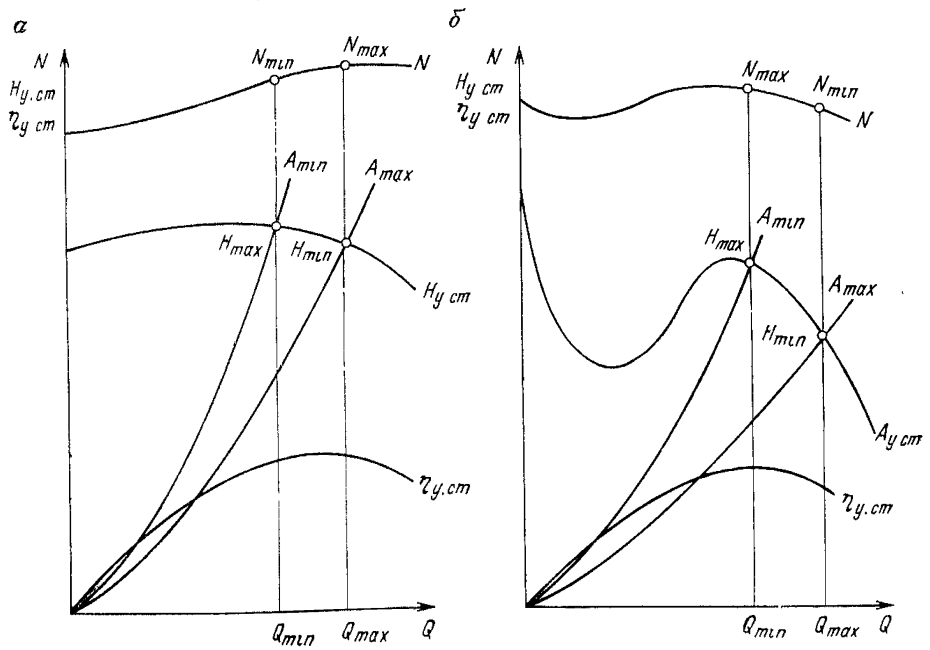


Рис. 5.18. Регулирование производительности вентиляторов методом дросселирования

6. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ НАЛАДОЧНЫХ РАБОТ НА ВЕНТИЛЯТОРНЫХ УСТАНОВКАХ

Все работы по ревизии и наладке шахтных вентиляторных установок выполняют в строгом соответствии с требованиями Правил безопасности в угольных и сланцевых шахтах, Правил технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт, Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей, а также ведомственных и местных инструкций.

Перед началом работ наладочная бригада должна пройти на шахте инструктаж по особенностям электрической схемы, устройства и режимов работы вентиляторной установки в соответствии с Правилами техники безопасности. Получение инструктажа необходимо оформить записью в оперативном журнале с росписью как инструктируемых, так и инструктировавших лиц.

Ежедневно руководитель наладочной бригады должен распределять обязанности между членами бригады и при необходимости проводить соответствующий инструктаж.

В случае совмещения производства наладочных работ на действующих и реконструируемых предприятиях угольной промышленности с работами других организаций составляют совместный приказ предприятия и генподрядчика об обеспечении безопасности выполняемых работ.

Совместным приказом устанавливается режим работы подрядных организаций, их взаимоотношения с соответствующими службами предприятия, порядок согласования технических решений и выполнения строительно-монтажных, ремонтно-наладочных и других работ.

Особую предосторожность необходимо соблюдать при пусковой наладке вновь смонтированных вентиляторных установок. Подачу напряжения, опробование вспомогательных механизмов и прокручивание вентилятора в этом случае производить лишь по указанию руководителя наладочной бригады после согласования с другими организациями.

Ответственным этапом является пробный пуск вентилятора, который следует осуществлять только после тщательной проверки исправности работы защитных и блокировочных устройств, отсутствия людей вблизи вращающихся частей установки, в вентиляционных каналах и на электрооборудовании, куда может быть подано напряжение, а также отсутствия инструмента, приспособлений и посторонних предметов вблизи вращающихся частей. При пуске вентилятора напряжение следует подавать кратковременно (толчком) и лишь после проверки исправности работы узлов и механизмов установки оно может быть подано на более длительное время. При этом принимают необходимые меры предосторожности.

6.1. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТ НА МЕХАНИЧЕСКОМ ОБОРУДОВАНИИ

6.1.1. Общие положения

В машинном помещении вентиляторной установки все проемы в полах, переходы, лестницы и т. п. должны быть ограждены перилами, а каналы — перекрыты стальными листами или бетонными плитами. Соединительные муфты, ременные передачи должны быть закрыты кожухами.

К обслуживанию вентиляторов допускаются рабочие в пригнанной спецодежде. Одежда с развевающимися полами, и неопрятно заправленная, может быть причиной несчастных случаев. Производить какие-либо ремонтные

или наладочные работы вращающихся узлов вентиляторной установки на ходу запрещается. При ревизии, ремонте и наладке механического оборудования вентилятор должен быть надежно застопорен.

6.1.2. Выполнение такелажных работ

Приподнятые детали и узлы при производстве ремонтно-наладочных работ должны быть установлены на надежных подкладках. Не следует оставлять на весу поднятые грузы на продолжительное время. Находиться под поднятыми грузами запрещается. Расстроповка установленного оборудования может быть произведена лишь после надежного его закрепления. В случае необходимости производства ремонтных работ на оборудовании, установленном на домкратах или подвешенном на канатах, под него должны быть подведены шпальные клетки, скрепленные болтами и скобами.

Для подъема и перемещения оборудования применять надежные и испытанные подъемные механизмы и приспособления, которые должны быть тщательно осмотрены до начала работы. При осмотре необходимо проверить исправность всех деталей и узлов подъемных механизмов и приспособлений, их допустимую рабочую нагрузку и соответствие ее поднимаемому грузу. Все подъемные механизмы и приспособления периодически испытывать в соответствии с нормами и в сроки, предусмотренные Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей.

6.1.3. Ревизия и наладка соединительных муфт

Перед ревизией соединительных муфт необходимо принять меры, исключающие возможность случайного проворачивания валов. Отворачивание гаек и соединительных болтов необходимо производить в брезентовых рукавицах во избежании ранения рук расклепанными краями деталей. Зубчатые обоймы раздвигать при помощи монтажных клиньев (монтировок). При этом необходимо следить за тем, чтобы руки не могли оказаться зажатыми между зубчатой обоймой и другими частями оборудования в результате возможного соскальзывания ее.

Старую смазку из муфты удалять при помощи деревянных или металлических скребков, но не руками, так как расклепанные края зубьев и пружин, а также металлические опилки могут поранить руки. При ревизии соединительных муфт проворачивание валов осуществлять вручную.

6.1.4. Ревизия и наладка подшипников скольжения

Снятые крышки подшипникового узла, как правило, должны быть установлены на деревянный полок. Если нет возможности установить крышку на деревянный полок, ее следует приподнять, не снимая с крепежных шпилек, и проложить деревянный брусок между валом и крышкой. При подъеме крышек подшипниковых узлов необходимо принять меры предосторожности против возможного выпадания верхнего вкладыша. Если вкладыш не скреплен с крышкой, то принять меры по безопасному его отделению.

6.1.5. Ревизия и наладка реверсивных и переключающих устройств

При выполнении работ по ревизии, наладке и опробованию реверсивных и переключающих устройств соблюдать требования по технике безопасности:

1. Подъем и опускание ляды должны производить не менее чем два человека: один — включать и выключать электродвигатель лебедки, а другой — наблюдать за положением ляды, причем они должны видеть или слышать друг друга.

2. При подъеме и опускании ляды нельзя находиться под лядой или на ней. Человек, следящий за лядой, должен находиться на безопасном расстоянии от ляды и канатов.

3. При выполнении работ под поднятой лядой необходимо надежно подпереть ее распилами или стойками. В случае зависания или застревания ляды в промежуточном положении, ее следует надежно подпереть, а затем выяснить причину зависания.

4. При регулировке фрикционных муфт, тормозных устройств и ручном поднятии ляды электродвигатели лебедок должны быть отключены и приняты меры от ошибочного или случайного их включения.

5. Перед включением электродвигателя лебедки рукоятка ручного вращения лебедки должна быть снята, так как из-за большой окружной скорости в момент включения рукоятка может стать причиной травматизма.

6. Недопустимо направлять канат голыми руками, так как оборванные проволоки могут травмировать руки.

7. При напуске каната и схода его с барабана лебедки необходимо отключить электродвигатель лебедки, принять меры против случайного или ошибочного его включения и, вращая лебедку вручную, натянуть канат. Если канат напустился, ляду необходимо сначала надежно подпереть стойками, а потом уже натягивать канат.

6.1.6. Ревизия рабочих колес и промежуточных валов

Перед ревизией рабочих колес и промежуточных валов необходимо принять меры, исключающие возможность проворачивания и вращения валов. Причиной самопроизвольного вращения могут быть подсосы, возникающие из-за плохого уплотнения ляд. Поэтому кроме мер предосторожности в электрических цепях и распредустройстве следует разобрать муфту, соединяющую приводной двигатель с вентилятором, а рабочее колесо на время ревизии застопорить деревянным брусом.

У осевых вентиляторов от ремонтного люка к обтекателю и рабочему колесу выкладывается дощатый настил, чтобы облегчить вход и выход из кожуха вентилятора. При работе в кожухах больших центробежных вентиляторов следует пользоваться лестницами и настилами.

Для освещения рабочих мест необходимо применять напряжение не выше 12 В. Запрещается производить какие-либо работы внутри кожуха без освещения, так как возможны травмирования о выступающие металлические части, либо падения в вентиляционный канал.

У осевых вентиляторов для доступа к подшипниковым узлам рабочего колеса снять верхнюю часть обтекателя, установить ее в стороне и надежно закрепить.

Прежде чем приступить к вскрытию подшипников, муфт и т. д., очистить рабочее место от масла и грязи. Старую смазку следует вынести из кожуха, а не оставлять в обтекателе или рабочем канале. Отворачивание гаек и болтов производить в брезентовых рукавицах во избежание травмирования рук.

В процессе работы вести строгий учет всех приборов и инструментов, вносимых и выносимых из кожуха, так как случайно оставленный инструмент может явиться причиной аварии после включения вентилятора.

В кожухе запрещается пользоваться открытым огнем, а также производить сварочные работы, не имея на то соответствующего разрешения.

После окончания всех работ необходимо собрать весь инструмент, тщательно осмотреть рабочее место и, только убедившись в том, что в кожухе лишних предметов нет, закрыть ремонтный люк.

6.1.7. Выполнение смазочных операций

Смазочные операции должны выполняться при отключенном вентиляторе. При смазке применять специальные колпачковые масленки и шприцы.

При обнаружении течи масла из узлов вентиляторной установки необходимо немедленно устранить причины, вызвавшие течь. При замене или до-

ливке масла принять меры, предотвращающие разлив масла по полу. Пролитое масло разрушает фундамент и может быть причиной травматизма. Разлитое масло следует немедленно удалить обтирочными концами и древесными опилками.

6.1.8. Работы в вентиляционных каналах

Все работы в вентиляционных каналах при включенном вентиляторе необходимо производить в специальной одежде, резиновых сапогах и защитной каске, имея при себе самоспасатель и аккумуляторную лампу. Для защиты глаз от штыба пользоваться специальными очками. Уши следует закрыть ватными тампонами.

Перед спуском в канал необходимо ознакомиться с его планом и схемой, запомнить места входа и выхода. Работы в канале должны выполнять не менее чем два человека. Первое посещение вентиляционного канала должно быть произведено совместно с представителем вентиляционного надзора шахты. Перемещаться по каналу следует вдоль стены, не торопясь и следя за тем, чтобы воздушным потоком не сбило с ног.

Запрещается проникать за ограждение и подходить близко к направляющему аппарату или коллектору работающего вентилятора во избежание засасывания к рабочему колесу.

6.1.9. Противопожарные мероприятия

В здании вентиляторной установки должен находиться в исправном состоянии комплект противопожарного инвентаря (огнетушители, ящик с песком, лопаты и т. п.). Смазочные материалы хранить в металлических емкостях. Использованные обтирочные материалы складывают в железный ящик.

Сварочные и автогенные работы производить в строгом соответствии с Инструкцией по ведению огневых работ в подземных выработках и надшахтных зданиях, Правилами безопасности в угольных и сланцевых шахтах. При производстве сварочных работ в здании вентилятора должны быть приняты меры, предотвращающие попадание брызг расплавленного металла на кабели, провода, обмотки электрических машин и т. п. При воспламенении проводов или электрооборудования необходимо прежде всего обесточить установку. Тушение воспламенившегося электрооборудования под напряжением может привести к несчастному случаю.

6.2. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ИСПЫТАТЕЛЬНО-НАЛАДОЧНЫХ РАБОТ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ

Испытательно-наладочные работы, так же как и другие виды работ по электрооборудованию, должны выполняться в строгом соответствии с Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей, выпущенными Министерством энергетики и электрификации СССР.

К выполнению работ допускаются лица, прошедшие в установленные сроки медицинское освидетельствование, знающие правила и инструкции по технике безопасности применительно к занимаемой должности или выполняемой работе, прошедшие обучение безопасным методам работы на рабочем месте под руководством опытного работника и проверку знаний в квалификационной комиссии с присвоением определенной квалификационной группы, обученные приемам освобождения пострадавшего от электрического тока и правилам оказания первой помощи пострадавшим. Ответственность за соблюдение правил техники безопасности при производстве работ несут руководитель и все члены бригады.

Помимо общих правил техники безопасности и правил использования и испытания защитных средств лицам, выполняющим пуско-наладочные работы, необходимо знание специальных правил, обусловленных спецификой этих работ.

6.2.1. Работы в цепях измерительных приборов, релейной защиты, автоматики и телемеханики

Для безопасности работ, проводимых в цепях измерительных приборов, устройств релейной защиты и автоматики, все вторичные обмотки измерительных трансформаторов тока (ТТ) и напряжения (ТН) должны иметь постоянное заземление. При необходимости разрыва токовой цепи цепь вторичной обмотки ТТ должна быть предварительно закорочена на зажимах, специально для этого предназначенных. При проверке полярности обмоток ТТ приборы должны быть надежно присоединены к зажимам обмоток до подачи импульса тока в первичную обмотку. Шины первичных цепей ТТ нельзя использовать в качестве токоведущих цепей при выполнении сварочных и других работ; присоединение к зажимам ТТ вторичных цепей должно производиться после полного окончания монтажа этих цепей.

При работах во вторичных цепях необходимо пользоваться специальным электротехническим инструментом с изолированными ручками; металлический стержень отверток должен быть изолирован на всю длину. При включенном основном оборудовании необходимо принять меры против его случайного отключения. На панелях или вблизи места размещения релейной аппаратуры нельзя проводить работы, вызывающие сильное сотрясение этой аппаратуры, что может привести к ложным срабатываниям реле.

При работе в цепях ТН с подачей напряжения от постороннего источника необходимо вынуть предохранители со стороны питающих напряжений и отключить автоматы от вторичных обмоток.

6.2.2. Проведение испытаний с подачей повышенного напряжения от постороннего источника тока

Испытания должны проводиться бригадой в составе не менее двух человек, из которых руководитель работ должен иметь квалификационную группу не ниже IV, а остальные не ниже III. Они должны пройти специальную подготовку и иметь практический опыт проведения испытаний в действующих электроустановках. Не допускается одновременное проведение испытаний и других работ различными бригадами в пределах одного присоединения. Перед началом испытания необходимо проверить стационарное заземление корпусов оборудования и надежно заземлить испытательную установку.

Место испытаний, а также соединительные провода, находящиеся под испытательным напряжением, должны быть ограждены или у места испытания должен быть выставлен наблюдающий. Если соединительные провода, находящиеся под испытательным напряжением, расположены вне помещения электроустановки (коридоры, лестницы, проходы, территории), необходимо независимо от ограждения выставить охрану из одного или нескольких проинструктированных лиц, введенных в состав бригады, для предупреждения об опасности приближения или проникновения за ограждение. Лица, назначенные для охраны, могут покинуть свой пост только после получения ими разрешения от производителя работ. При испытаниях кабеля, противоположный конец которого расположен в закрытой и запертой камере или ячейке распределительного устройства, на дверях или ограждении должен быть вывешен плакат «Стой — высокое напряжение», а на приводах отключенных разъединителей — плакаты «Не включать — работают люди». Если двери этих ячеек или камер не заперты, либо испытанию подвергается кабель с разделанными на трассе концами, то помимо плакатов у дверей камеры или ячейки, огражденного места, где находятся разделанные концы кабеля, следует выставлять охрану из включенных в состав бригады работников.

Провод, с помощью которого повышенное напряжение от испытательной установки подводится к испытываемому оборудованию, должен быть надежно закреплен с помощью промежуточных изоляторов, изолирующих подвесок и т. п. Присоединение испытательной установки к сети напряжением 380—220 В должно проводиться через коммутационный аппарат с ви-

димым разрывом, в том числе через штепсельную вилку, расположенную у испытательной установки.

При сборке испытательной схемы перед присоединением испытательной установки к сети 380/220 В на высоковольтный вывод установки должно быть наложено заземление при помощи специальной заземляющей штанги из изолирующего материала. Площадь заземляющего медного проводника должна быть не менее 4 мм². Перед подачей напряжения на испытательную установку необходимо: проверить, все ли члены бригады находятся на местах, нет ли посторонних людей; предупредить бригаду словами «Подаю напряжение», после чего с вывода испытательной установки снять заземление и включением аппарата с видимым разрывом подать напряжение 380/220 В. С момента снятия заземляющей штанги вся испытательная установка, включая соединительные провода, считается под напряжением; производить какие-либо пересоединения в испытательной схеме и на испытываемом оборудовании запрещается.

По окончании испытаний выполняющий работы снижает напряжение испытательной установки до нуля, отключает аппарат, подающий напряжение от сети, заземляет вывод испытательной установки и сообщает об этом работникам бригады словами «Напряжение снято». Только после этого можно пересоединить провода от испытательной установки или отсоединить их в случае окончания испытаний.

До испытания изоляции, а также после испытания необходимо разрядить испытываемое оборудование на землю и убедиться в полном отсутствии на нем заряда. Наложение и снятие заземления заземляющей штангой, присоединение и отсоединение проводов от испытательной установки и испытываемого оборудования должен проводить один и тот же человек; выполнять эти работы необходимо в диэлектрических перчатках.

Измерения мегомметром на напряжение до 2,5 кВ могут проводить обученные работники с квалификационной группой не ниже III.

Измерения сопротивления изоляции какой-либо части электроустановки можно проводить только тогда, когда эта часть отключена со всех сторон, в чем должен убедиться производящий измерения. Перед испытанием кабелей и воздушных линий напряжением выше 1000 В их следует разрядить. Производящий разрядку должен пользоваться диэлектрическими перчатками и галошами. Перед началом работы с мегомметром необходимо убедиться в отсутствии персонала, производящего работы на испытываемом участке электроустановки, запретить находящимся вблизи установок прикасаться к токоведущим частям и, если нужно, выставить охрану.

После измерения мегомметром необходимо разрядить испытываемое оборудование на землю и убедиться в полном отсутствии на нем заряда.

6.2.3. Измерения переносными приборами и токоизмерительными клещами

Измерения токоизмерительными клещами и переносными приборами должны производить два человека: один должен иметь квалификационную группу не ниже IV, а другой — не ниже III. Для измерения применяют клещи с амперметром, установленным на их рабочей части. Применение клещей с вынесенным амперметром не допускается. Измерения следует проводить в диэлектрических перчатках и галошах (или стоя на изолирующем основании), держа клещи на весу. Запрещается нагибаться к амперметру при отсчете показаний, касаться приборов, сопротивлений, проводов и измерительных трансформаторов при проведении измерений. Измерения можно производить на участках шин, конструктивное выполнение которых исключает возможность электрического пробоя между фазами или на землю из-за уменьшения изоляционных расстояний за счет рабочей части клещей. На кабелях напряжением выше 1000 В измерения токоизмерительными клещами разрешаются только на изолированных жилах кабеля при расстояниях между ними не менее 250 мм.

Измерения переносными приборами в установках напряжением выше 1000 В производятся, как правило, через стационарные измерительные трансформаторы. Допускается непосредственное измерение в установках напряжением выше 1000 В специально изготовленными для этой цели приборами. Присоединение и отсоединение переносных приборов, требующее разрыва электрических цепей, находящихся под напряжением до и выше 1000 В, производить при полном снятии напряжения.

6.2.4. Работы на выключателях и разъединителях

Персонал, производящий работы на выключателях, должен хорошо знать устройство и принцип действия аппарата. Обследование выключателя допускается только при полном отсутствии напряжения на нем и на подводящих шинах. При выполнении работ на выключателях и разъединителях (отделителях, короткозамыкателях), соединенных с приводами, необходимо принять меры против непредвиденного включения или отключения приводов другими работниками, а также самопроизвольного включения, отключения или расцепления приводов. При дистанционном управлении выключателями следует предварительно убедиться в том, что на них не работают люди. Помещения должны быть заперты, а на ограждениях вывешены предупредительные плакаты. Рама выключателя должна быть надежно заземлена. При осмотре выключателя во включенном положении следует помнить, что буферная пружина в сборе имеет большое усилие предварительного натяга, поэтому при разборке ее необходимо принять меры предосторожности.

6.2.5. Работы, выполняемые на электрических машинах

Снимать ограждения, защищающие выводы обмоток и кабельные воронки во время работы электродвигателей, запрещается.

Операции по отключению и включению электродвигателей напряжением выше 1000 В пусковой аппаратурой с приводом ручного управления необходимо производить в диэлектрических перчатках, стоя на изолирующем основании. Дистанционное включение и отключение выключателей электродвигателей производит дежурный.

Уход за щетками, их замену на работающем электродвигателе может производить работник оперативного персонала или специально обученное лицо с квалификационной группой не ниже III при соблюдении следующих мер предосторожности:

1. Остерегаться захвата одежды или обтирочного материала вращающимися частями машин. Для этого следует надевать плотно стягивающие руку у запястья налокотники или застегивать рукава.

2. У возбудителей со стороны коллекторов, у колец роторов синхронных и асинхронных двигателей должны быть разостланы резиновые диэлектрические коврики. При их отсутствии работу производить в диэлектрических галошах.

3. Запрещается касаться руками одновременно токоведущих частей различной полярности или токоведущих частей и заземленных частей машины. Работы производить инструментом с изолированными ручками. Шлифование колец на вращающемся роторе электродвигателя производить при помощи колодок из изоляционного материала.

При производстве каких-либо ремонтных работ без разборки деталей механической части электродвигателя или механизма, приводимого в движение электродвигателем, последний должен быть остановлен, а на ключе управления или приводе выключателя повешен плакат «Не включать — работают люди».

Если при работах на электродвигателе или механизме наладочный персонал может иметь соприкосновение с их вращающимися частями, то, кроме выключателя, отключается также разъединитель, на привод которого выве-

шивается плакат «Не включать — ра отают люди». сли электродвигатель питается от ячейки КРУ, то тележка с выключателем должна быть выкачена в испытательное положение. В журнале должна быть сделана запись о том, для каких работ и по чьему требованию остановлен электродвигатель. Снятие плаката «Не включать — работают люди» и включение электродвигателя могут быть произведены только после записи в журнале об окончании работы с указанием фамилии ответственного лица, сообщившего об этом.

При отсоединении от электродвигателя питающего кабеля концы всех трех фаз кабеля должны быть замкнуты накоротко и заземлены. Заземление концов кабеля производить при помощи специально приспособленного для этой цели переносного заземления, выполненного в соответствии с общими требованиями, предъявляемыми к таким заземлениям. Работы на электродвигателе, от которого питающий кабель отсоединен и концы его замкнуты накоротко и заземлены, могут производиться без наряда, по распоряжению.

Открывать ящики пусковых устройств электродвигателей напряжением выше 1000 В, когда устройство находится под напряжением, разрешается для наружного осмотра лицам с квалификационной группой не ниже IV. Работы в пусковых устройствах допускаются при полном снятии напряжения.

Подача рабочего напряжения на электродвигатель до полного окончания работ (например, для испытания электродвигателя или его пускового устройства) разрешается только после возвращения оперативному персоналу всех нарядов, выданных для производства работ на данном электродвигателе. О подаче напряжения производитель работ обязан предупредить работников своей бригады.

Вращающиеся части электродвигателей — контактные кольца, шкивы, муфты, вентиляторы — должны быть ограждены. В халатах электрические машины обслуживать запрещается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизация шахтных вентиляторных установок Б. Х. Богопольский, И. А. Левин, К. П. Бочаров, М. В. Бакшт, М., Недра, 1976.
2. *Аникин Н. А., Бробышевская Н. И., Дудинов В. А.* Справочник для изобретателя и рационализатора. М., Машгиз, 1962.
3. *Байзельман Р Д., Цыпкин Б В., Перель Л. Я.* Подшипники качения. Справочник. М., Машиностроение, 1975.
4. *Басс Э. И., Севастьянов А. И., Семенов В. А.* Электромонтер по эксплуатации релейной защиты и автоматики. М., Высшая школа. 1973.
5. *Беркович М. А., Семенов В. А.* Основы техники и эксплуатации релейной защиты. М., Энергия, 1971.
6. *Богопольский Б. Х., Берловский Б. М, Ковалев Ю. С.* Автоматизация шахтных вентиляторных установок. М., Госгортехиздат, 1963.
7. *Бондаренко А. Д.* Контроль производительности и давления шахтных вентиляторных установок главного проветривания. М., ЦНИИЭуголь, 1973.
8. *Веницианов Е. А, Живов М С.* Подстанции промышленных предприятий. М., Энергия, 1969.
9. Выключатели магнитные типов ВМ-66 и ВМ4-65. Инструкция по эксплуатации. Конотоп, электромеханический завод «Красный металлист», 1972
10. *Гемке Р. Г.* Неисправности электрических машин. Л, Энергия, 1975.
11. *Горное дело.* Энциклопедический справочник. Стационарное электромеханическое оборудование. Электроснабжение шахт. М., Госгортехиздат, 1961.
12. *Гимельштейн Л. Я.* Электрослесарь по обслуживанию автоматических установок. М., Недра, 1966.
13 *Жерве Г К.* Промышленные испытания электрических машин. Л., Энергия, 1968
14. *Исакович М М., Клейман Л И, Перчанок Б. Х.* Устранение вибрации электрических машин Л., Энергия, 1969
15. *Ильинский Н Ф.* Расчет и выбор сопротивлений для электродвигателей. М.— Л., Энергия, 1968
16. *Коковин В. Е.* Фильтры симметричных составляющих в релейной защите. Л., Энергия, 1966
17. *Курченко Е. М.* Наладка и обслуживание релейно-контакторной аппаратуры. М., Недра, 1973
18. *Лобко В. П., Млынчик И. С.* Пружинно-грузовые приводы к масляным выключателям, М., Энергия, 1970.
19. *Лукьянов Т. П.* Наладка электроустановок. М., Профтехиздат, 1962.
20. *Маломасляные* выключатели серии ВМП-10. М., Информэлектро, 1973.
21 *Мелькумов Л. Г., Богопольский Б. Х., Баккал Р. А.* Справочник по автоматизации шахт и рудников. М., Недра, 1964.
22. *Миллер Е В.* Электрооборудование и автоматизация общепромышленных механизмов М., Высшая школа, 1965.
23. *Правила* устройства электроустановок. М.— Л., Энергия, 1966.
24 *Правила* технической эксплуатации электроустановок потребителей и правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. Днепропетровск, Проминь, 1977
25. *Правила* безопасности в угольных и сланцевых шахтах. М., Недра, 1974.
26. *Правила* технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт. М., Недра, 1976.
27 *Привод* пружинный типа ПП-61К к выключателям переменного тока высокого напряжения Инструкция по монтажу и эксплуатации. Курган Курганский электромеханический завод, 1966.
28. *Подшипники* качения. Каталог-справочник. М., 1972.
29. *Раскин И. А, Калиш Ш. И., Матвеев В. И.* Монтаж, наладка и эксплуатация шахтных вентиляторов. М., Госгортехиздат, 1962.
30. *Руководство* по ревизии, наладке и испытанию шахтных подъемных установок М., Недра, 1970.
31. *Справочник* по наладке электрооборудования электростанций и подстанций. Аппаратура первичных цепей. Под ред. Э С. Мусаэляна. М., Энергия, 1971.
32. *Справочник* по наладке электроустановок и электроавтоматики/С. Б. Васильев, Б М. Забарский, Е. И. Забокрицкий, Б. А. Холодовский — Киев, Наукова думка, 1972.
33. *Стационарные* установки шахт. Под общей ред. Б. Ф. Братченко. М., Недра, 1977.
34. *Термометр* манометрический сигнализирующий модернизированный типа ТСМ-100. Инструкция по монтажу и эксплуатации. Смоленск, сафоновский завод «Теплоконтроль», 1969.
35 *Техническое* описание и инструкция по эксплуатации выключателя типа ВМГ-10-630-1000-20 Министерство электротехнической промышленности СССР. М., 1972.
36. *Федоров М М.* Наладка монтируемых компрессорных установок. М., Недра, 1966.
37 *Хализев Г. П* Электропривод и основы управления. М., Высшая школа. 1968
38. *Чернобровов Н. В* Релейная защита. М., Энергия, 1971.
39. *Шахтные* вентиляторы главного и местного проветривания. Каталог-справочник М., НИИИнформтяжмаш, 1971.
40 *Шахтные* вентиляторы (монтаж, наладка и эксплуатация)/Ш. И. Калиш, И. Т. Цуцык, Е М Курченко и др Киев, Техника. 1972.

Технические характеристики вентиляторных установок

Таблица 1П.1

Техническая характеристика вентиляторных установок с осевыми вентиляторами В

Показатели	ВУПД-1,2	ВУПД-1,2	ВУПД-1,4	ВУПД-1,4
Диаметр рабочего колеса, м	1,2	1,2	1,4	1,4
Число:				
ступеней	1	2	1	2
лопаток на колесе	16	16	16	16
Частота вращения, об/мин	1500	1500	1000	1000
Окружная скорость, м/с	94,3	94,3	73,3	73,3
Производительность, $м^3/с$:				
в режиме максимального к. п. д.	21	25	23	27
в рабочей зоне	9—26	11—28	9—26	11—29
Статическое давление, $даН/м^2$:				
в режиме максимального к. п. д.	190	340	115	210
в рабочей зоне	110—203	101—360	68—124	61—218
Потребляемая мощность, кВт	18—77	20—127	13—49	13—83
Статический к. п. д. (максимальный)	0,65	0,675	0,65	0,675
Маховой момент вращающихся частей $даН \cdot м^2$	60	115	100	195
Масса, кг	3260	3783	3905	4366

Продолжение

Показатели	ВУПД-1,8	ВУПД-1,8	ВУПД-2,4	ВУПД-2,8
Диаметр рабочего колеса, м	1,8	1,8	2,4	2,8
Число:				
ступеней	1	2	2	2
лопаток на колесе	16	16	16	16
Частота вращения, об/мин	1000	1000	750	600
Окружная скорость, м/с	94,3	94,3	94,3	88,0
Производительность, $м^3/с$:				
в режиме максимального к. п. д.	47	57	103	127
в рабочей зоне	20—57	23—62	42—110	53—140

Продолжение

Показатели	ВУПД-1,8	ВУПД-1,8	ВУПД-2,4	ВУПД-2,8
Статическое давление, даН/м²:				
в режиме максимального к. п. д.	190	340	340	295
в рабочей зоне	110—203	101—360	101—360	89—317
Потребляемая мощность, кВт	40—170	45—286	80—515	90—570
Статический к. п. д. (максимальный)	0,65	0,675	0,675	0,675
Маховой момент вращающихся частей, даН·м²	420	820	3400	6250
Масса, кг	7020	7975	16 330	20 071

Таблица 1П.2

Техническая характеристика вентиляторных установок с осевыми вентиляторами ВОК и ВОКД

Показатели	ВОК-1	ВОК-1,5	ВОКД-1	ВОКД-1,5	ВОКД-1,8	
Диаметр рабочего колеса, м	1,0	1,5	1,0	1,5	1,8	
Число:						
ступеней	1	1	2	2	2	
лопаток на колесе	12	12	12	12	12	
Частота вращения, об/мин	1460	980	1460	980	750	1000
Окружная скорость, м/с	76,4	77	76,4	77	70	94,2
Производительность, м³/с:						
в режиме максимального к. п. д.	12	28	12	35	46	63
в рабочей зоне	6—20	11—47	5—23	13—53	17—70	23—93
Статическое давление, даН/м²:						
в режиме максимального к. п. д.	120	130	215	290	245	430
в рабочей зоне	55—145	60—150	85—280	118—318	93—265	165—470
Потребляемая мощность, кВт	10—37	20—85	15—70	40—170	50—190	100—450
Статический к. п. д. (максимальный)	0,72	0,73	0,74	0,77	0,77	
Маховой момент вращающихся частей, даН·м²	54	318	104	625	1500	
Масса, кг	2010	4275	3010	5576	8500	

Продолжение

Показатели	ВОКД-2,4	ВОКД-3	ВОКД-3,6
Диаметр рабочего колеса, м	2,4	3,0	3,6
Число:			
ступеней	2	2	2
лопаток на колесе	12	16	12
Частота вращения, об/мин	600 750	500 600	375 500
Окружная скорость, м/с	75,4 94,2	78,6 94,2	70,7 94,2
Производительность, $м^3/с$:			
в режиме максимального к. п. д.	88 110	80 100	187 250
в рабочей зоне	30—133 40—167	42—220 52—265	56—285 90—377
Статическое давление, $даН/м^2$:			
в режиме максимального к. п. д.	280 435	190 280	245 430
в рабочей зоне	110—300 170—465	94—310 135—450	76—253 160—450
Потребляемая мощность, кВт	80—400 180—780	125—825 200—1410	122—865 290—2050
Статический к. п. д. (максимальный)	0,77	0,74	0,77
Маховой момент вращающихся частей, $даН \cdot м^2$	4700	14 200	29 800
Масса, кг	18 885	33 500	38 000

Техническая характеристика вентиляторной установки с осевым реверсивным вентилятором ВОКР-1,8

Диаметр рабочего колеса	1,8
Число лопаток на колесе	12
Частота вращения, об/мин	730 1000
Окружная скорость, м/с	68,7 94,2
Производительность, $м^3/с$:	
в режиме максимального к. п. д	36 50
в рабочей зоне	13—66 18—90
Статическое давление, $даН/м^2$:	
в режиме максимального к. п. д.	175 330
в рабочей зоне	63—237 125—445
Потребляемая мощность, кВт	30—170 75—435
Статический к. п. д. вентиляторной установки	0,6—0,78
Маховой момент вращающихся частей, $даН \cdot м^2$	1500
Масса, кг	8020

Таблица 1П3.

Техническая характеристика вентиляторных установок с осевыми вентиляторами ВОД

Показатели	ВОД-11	ВОД-16	ВОД-21
Диаметр рабочего колеса, м	1,1	1,6	2,1
Частота вращения, об/мин	1500	1000	750

Продолжение

Показатели	ВОД-11	ВОД-16	ВОД-21
Окружная скорость, м/с	82,7	84,0	82,5
Число лопаток на колесе	12	12/10	12
Производительность, м³/с:			
в режиме максимального к. п. д.	19	42	62
в рабочей зоне	7—33	12—67	25—115
Давление, даН/м²:			
в режиме максимального к. п. д.	330	330	260
в рабочей зоне	115—390	90—430	90—320
Потребляемая мощность, кВт	22—118	40—270	70—320
Статический к. п. д. (максимальный)	0,81	0,79	0,80
Маховой момент вращающихся частей, кН·м²	1,1	4,2	23
Масса, кг	4200	9920	11 720

Продолжение

Показатели	ВОД-30	ВОД-40	ВОД-50
Диаметр рабочего колеса, м	3,0	4,0	5,0
Частота вращения, об/мин	500	375	300
Окружная скорость, м/с	78,5	78,5	78,5
Число лопаток на колесе	12	12	12
Производительность, м³/с:			
в режиме максимального к. п. д.	120	216	310
в рабочей зоне	50—224	86—400	100—570
Давление, даН/м²:			
в режиме максимального к. п. д.	240	240	263
в рабочей зоне	80—290	80—292	90—320
Потребляемая мощность, кВт	120—670	300—1200	500—2060
Статический к. п. д. (максимальный)	0,80	0,80	0,81
Маховой момент вращающихся частей, кН·м²	128	400	1310
Масса, кг	32 300	50 450	88 040

Примечание. Число лопаток на колесе второй ступени вентилятора ВОД-16 составляет 10.

Техническая характеристика вентиляторных установок с центробежными вентиляторами ВЦД

Показатели	ВЦД-2,2	ВЦД-3,3
Диаметр рабочего колеса, м	2,18	3,30
Частота вращения, об/мин	750	500
Окружная скорость, м/с	85,7	86,5
Производительность, м³/с:		
минимальная	29	67
максимальная	123	285
Статическое давление, даН/м²:		
минимальное	262	265
максимальное	482	490
Потребляемая мощность, кВт:		
минимальная	210	495
максимальная	640	1510

Статический к. п. д. (максимальный)	0,77	0,77
Маховой момент вращающихся частей, даН·м²	4200	30 000
Масса, кг	15 000	29 200

Таблица 1П.4

Техническая характеристика вентиляторных установок с центробежными вентиляторами ВЦО

Показатели	ВЦО-1	ВЦО-1,5	ВЦО-2,5	ВЦО-3,1	ВЦО-4,1
Диаметр рабочего колеса, м	1,0	1,5	2,5	3,1	4,1
Частота вращения, об/мин	1470	980	600	500	375
Окружная скорость, м/с	77	77	78,6	81	81
Производительность, м³/с:					
минимальная	2,0	5	15	27	60
максимальная	16	36	98	163	310
Статическое давление, даН/м²:					
минимальное	235	250	250	265	275
максимальное	418	445	465	495	465
Потребляемая мощность, кВт:					
минимальная	15	43	120	190	450
максимальная	80	245	610	1000	1950
Статический к. п. д. (максимальный)	0,75	0,76	0,77	0,77	0,77
Маховой момент вращающихся частей, даН·м²	—	—	5500	12 800	55 000
Масса, кг	1720	5515	10 600	15 300	38 400

Таблица 1П.5

Техническая характеристика вентиляторных установок с центробежными вентиляторами одностороннего всасывания

Показатели	ВЦ-11	ВЦЦ-16	ВЦ-25	
Диаметр рабочего колеса, м	1,1	1,6	2,5	
Частота вращения, об/мин	1460	980	750	600
Окружная скорость, м/с	84,5	82,0	98,1	78,5
Производительность, м³/с:				
в режиме максимального к. п. д.	14	29	62	50
в рабочей зоне	5,5—21	11—42,3	28—98	22—78
Статическое давление, даН/м²:				
в режиме максимального к. п. д.	275	263	395	250
в рабочей зоне	115—350	110—338	150—470	100—300
Статический к. п. д. (максимальный)	0,85	0,85	0,86	
Маховой момент вращающихся частей, даН·м²	—	—	5900	
Масса, кг	2000	5465	8600	

Продолжение

Показатели	ВЦ-32		ВЦЗ-32
Диаметр рабочего колеса, м	3,2		3,2
Частота вращения, об/мин	600	500	600
Окружная скорость, м/с	100,5	83,7	100,5
Производительность, м³/с:			
в режиме максимального к. п. д.	108	90	105
в рабочей зоне	45—166	37—137	48—175
Статическое давление, даН/м²:			
в режиме максимального к. п. д.	430	300	445
в рабочей зоне	188—515	130—358	180—700
Статический к. п. д. (максимальный)	0,84		0,85
Маховой момент вращающихся частей, даН·м²	25 000		27 000
Масса, кг	16 330		16 000

Таблица 1П.6

Техническая характеристика вентиляторных установок с центробежными вентиляторами двухстороннего всасывания

Показатели	ВЦД-32М	ВЦД-40	ВРЦД-4,5	
Диаметр рабочего колеса, м	3,2	4,0	4,6	
Частота вращения, об/мин	600—300	590—300	500	375
Окружная скорость, м/с	100,5	125,6	120	90
Производительность, м³/с:				
в режиме максимального к. п. д.	200	320	360	270
в рабочей зоне	35—305	60—505	145—570	109—427
Статическое давление, даН/м²:				
в режиме максимального к. п. д.	478	710	710	400
в рабочей зоне	50—510	100—890	256—835	150—460
Статический к. п. д. (максимальный)	0,84	0,86	0,85	
Маховой момент вращающихся частей, кН·м²	370	920	1720	
Масса, кг	28 250	51 000	105 000	

Техническая характеристика вентиляторных усгановок с вентиляторами ВЦ-4 и ВЦ-5

Показатели	ВЦ-4	ВЦ-5
Диаметр рабочего колеса, м	4,0	5,0
Частота вращения, об/мин	375	300
Окружная скорость, м/с	78,6	78,6
Производительность в рабочей зоне, м³/с:		
минимальная	58	155
максимальная	155	305
Статическое давление в рабочей зоне, даН/м²:		
минимальное	330	330
максимальное	475	480

Показатели	ВЦ-4	ВЦ-5
Потребляемая мощность в рабочей зоне, кВт:		
минимальная	250	600
максимальная	900	1800
Статический к. п. д. (максимальный)	0,72	0,72
Маховой момент вращающихся частей, кН·м²	500	1200
Масса, кг	29 000	39 900

Таблица 1П.7

Техническая характеристика вентиляторных установок с модернизированными и унифицированными центробежными вентиляторами

Показатели	ВЦ-31,5М	ВЦ-31,5П	ВЦД-31,5М
Диаметр рабочего колеса, м	3,2	3,2	3,2
Частота вращения, об/мин	600	600	600
Окружная скорость, м/с	100,5	100,5	100,5
Производительность, м³/с:			
в режиме максимального к. п. д.	108	105	200
в рабочей зоне	45—166	48—175	35—305
Статическое давление, даН/м²:			
в режиме максимального к. п. д.	430	445	478
в рабочей зоне	188—515	180—700	50—510
Статический к. п. д. (максимальный)	0,84	0,85	0,84
Мощность привода, кВт	800	1250	1250
Год начала серийного производства	1977	1979	1977

Продолжение

Показатели	ВЦД-31,5П	ВЦД-47У	ВЦД-47
Диаметр рабочего колеса, м	3,2	4,7	4,7
Частота вращения, об/мин	600	500	500
Окружная скорость, м/с	100,5	123	123
Производительность, м³/с:			
в режиме максимального к. п. д.	200	400	490
в рабочей зоне	80—320	100—590	90—700
Статическое давление, даН/м²:			
в режиме максимального к. п. д.	540	635	720
в рабочей зоне	200—800	100—860	100—880
Статический к. п. д. (максимальный)	0,85	0,85	0,86
Мощность привода, кВт	2500	3200	5100
Год начала серийного производства	1982	1978	1975

АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ШАХТНЫХ ВЕНТИЛЯТОРНЫХ УСТАНОВОК

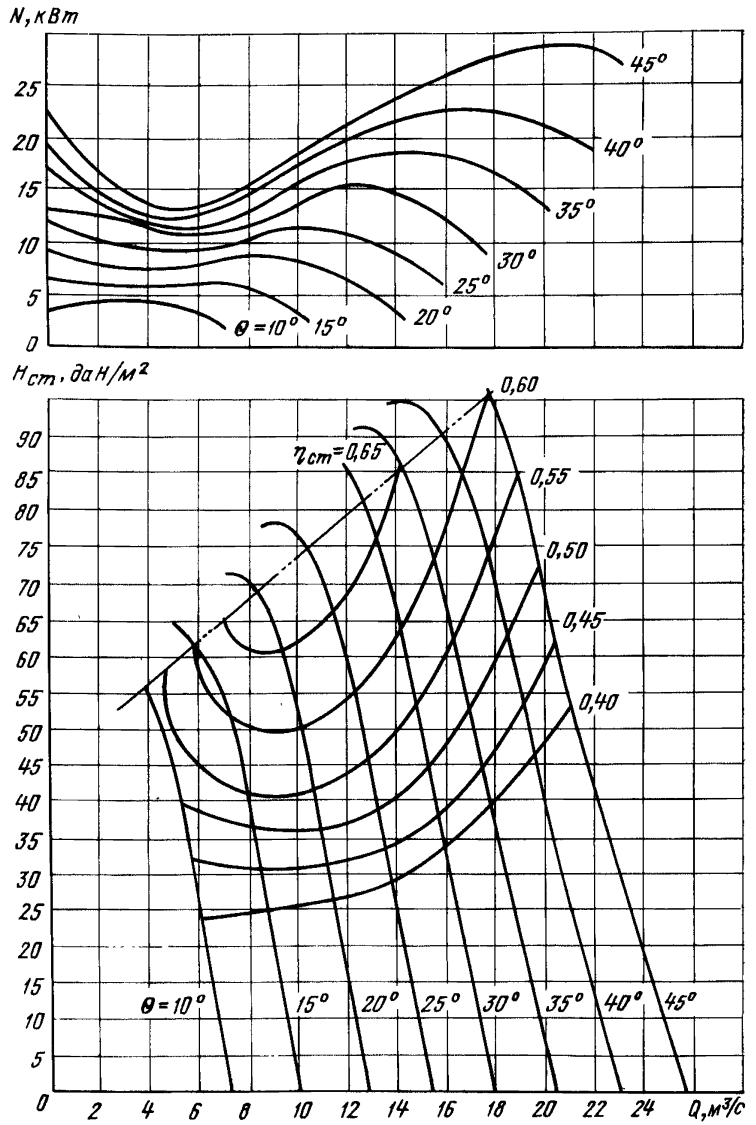


Рис. 2П.1. Осевой одноступенчатый вентилятор ВУПД-1,2 на 1000 об/мин, число рабочих колес — 1

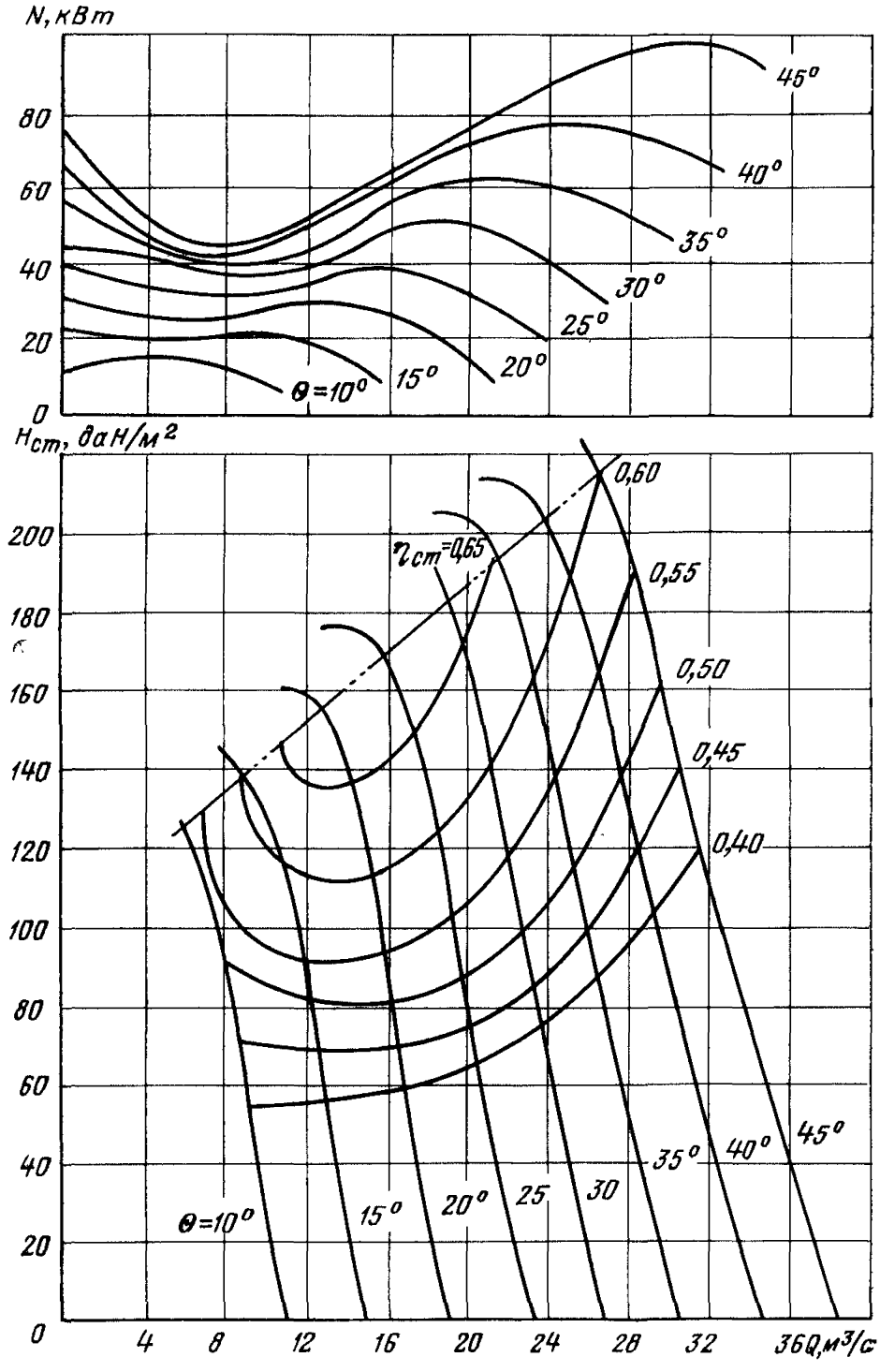


Рис. 2П.2. Осевой одноступенчатый вентилятор ВУПД-1,2 на 1500 об/мин, число рабочих колес — 1

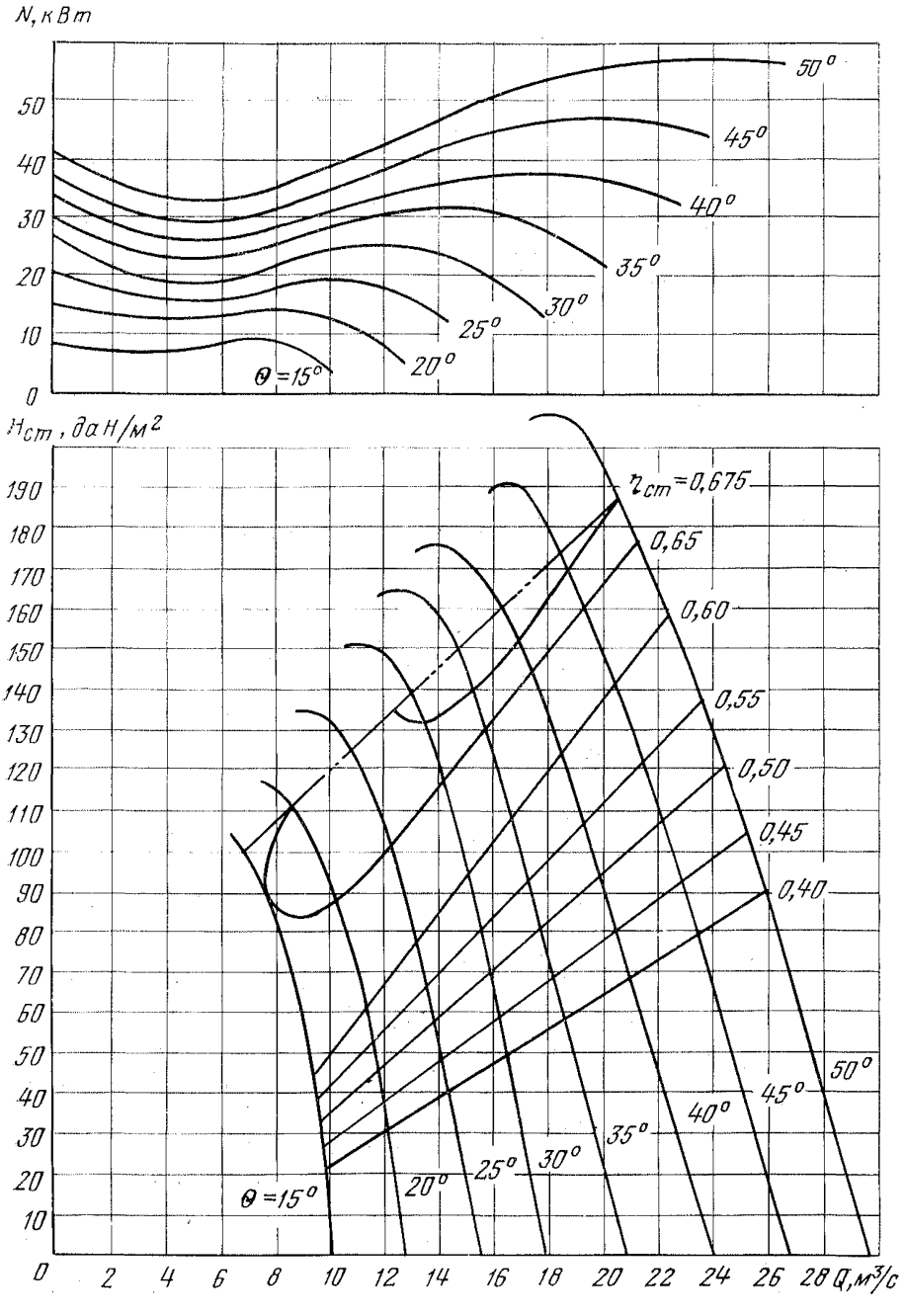


Рис. 2П.3. Осевой двухступенчатый вентилятор ВУПД-1,2 на 1000 об/мин, число рабочих колес — 2

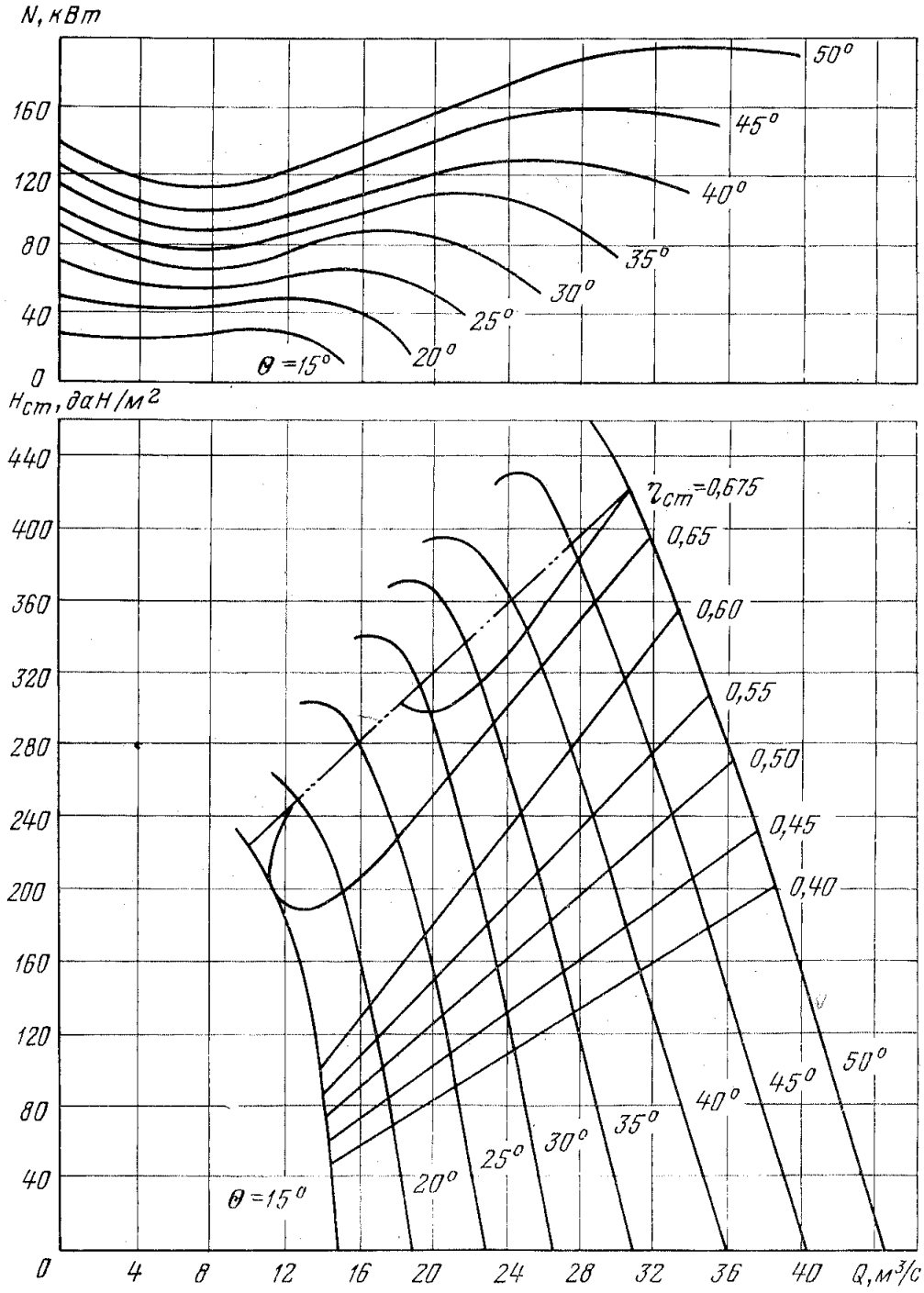


Рис. 2П.4. Осевой двухступенчатый вентилятор ВУПД-1,2 на 1500 об/мин, число рабочих колес — 2

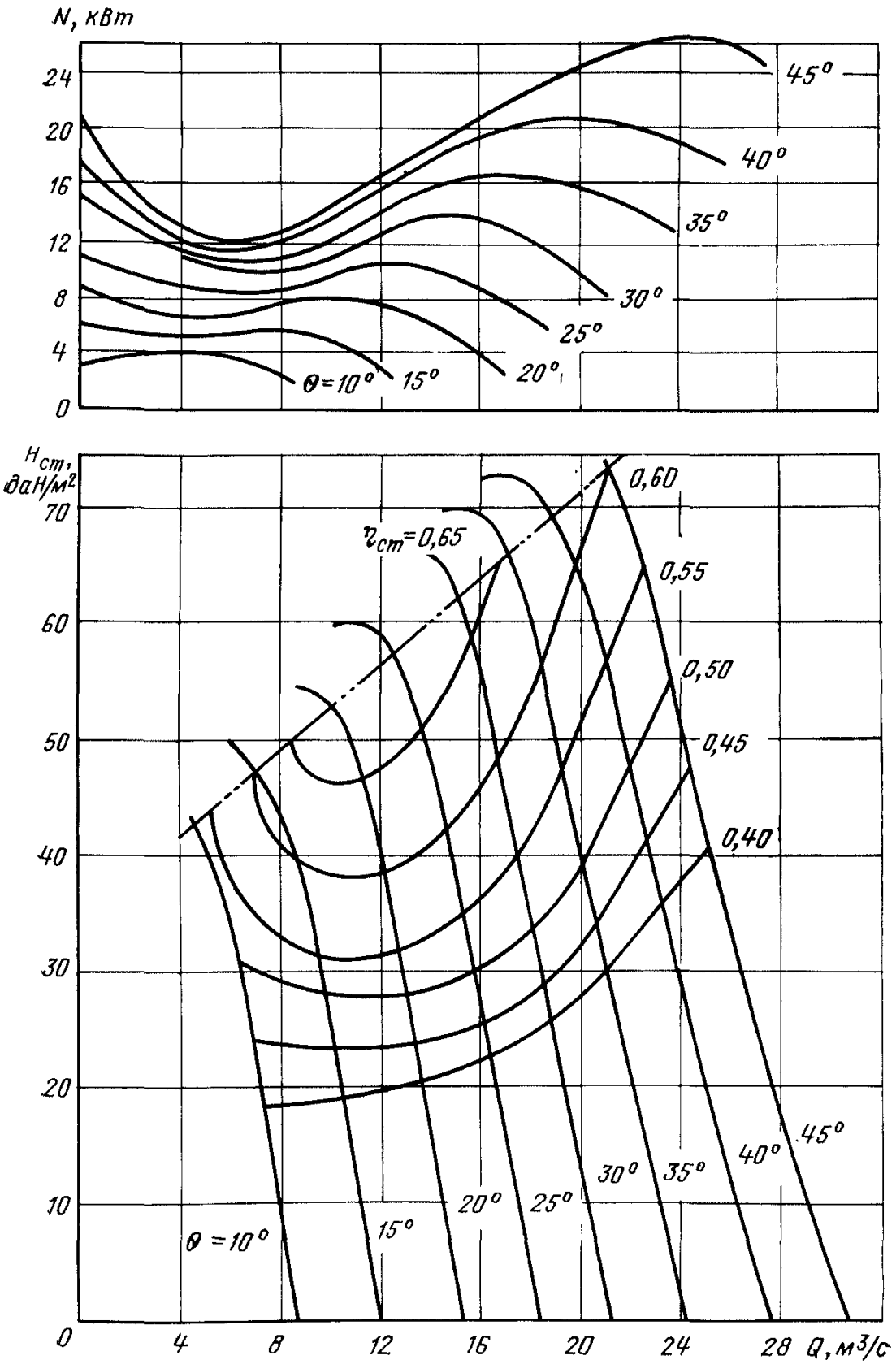


Рис. 2П.5. Осевой одноступенчатый вентилятор ВУПД-1,4 на 750 об/мин, число рабочих колес — 1

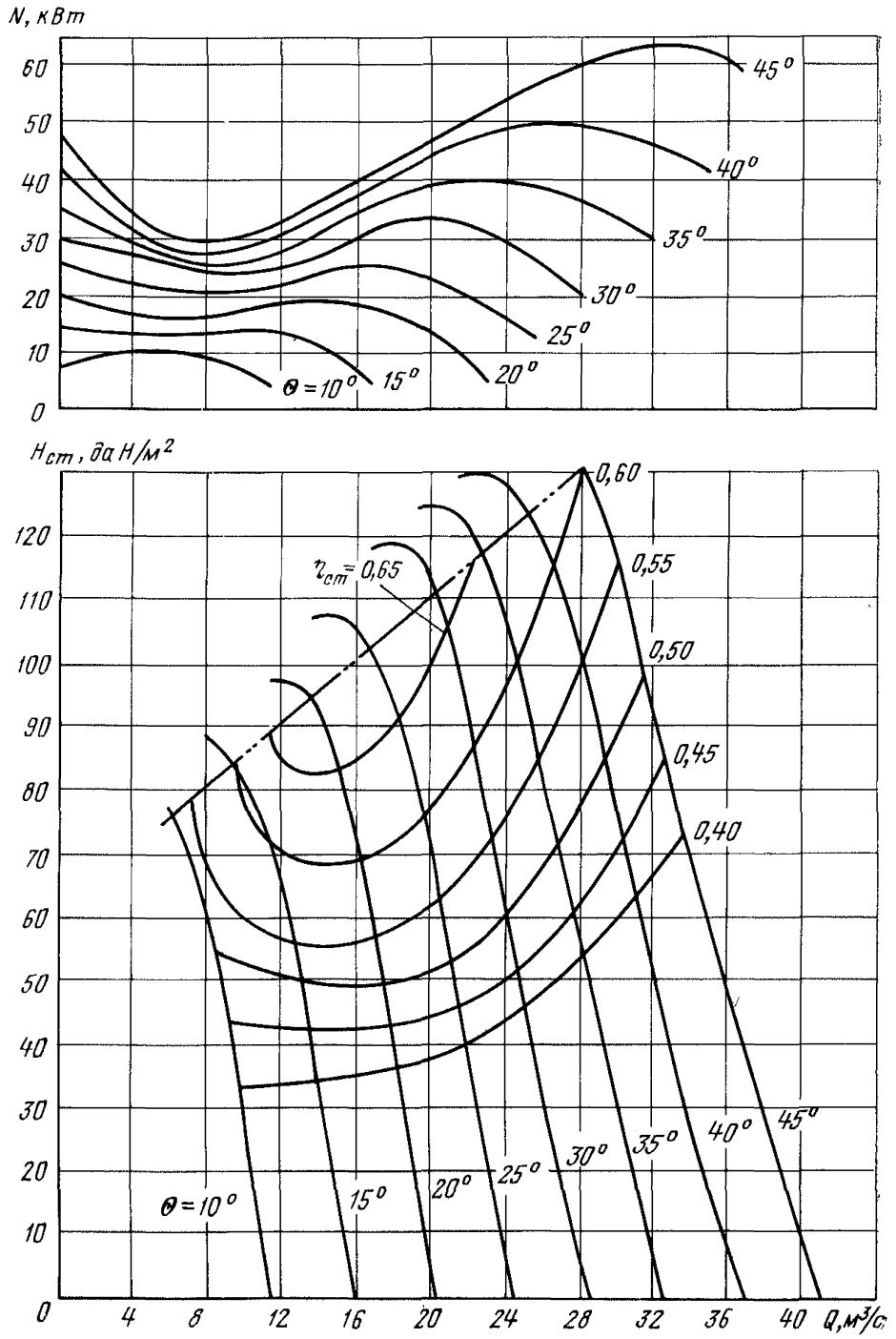


Рис. 2П.6. Осевой одноступенчатый вентилятор ВУПД-1,4 на 1000 об/мин, число рабочих колес — 1

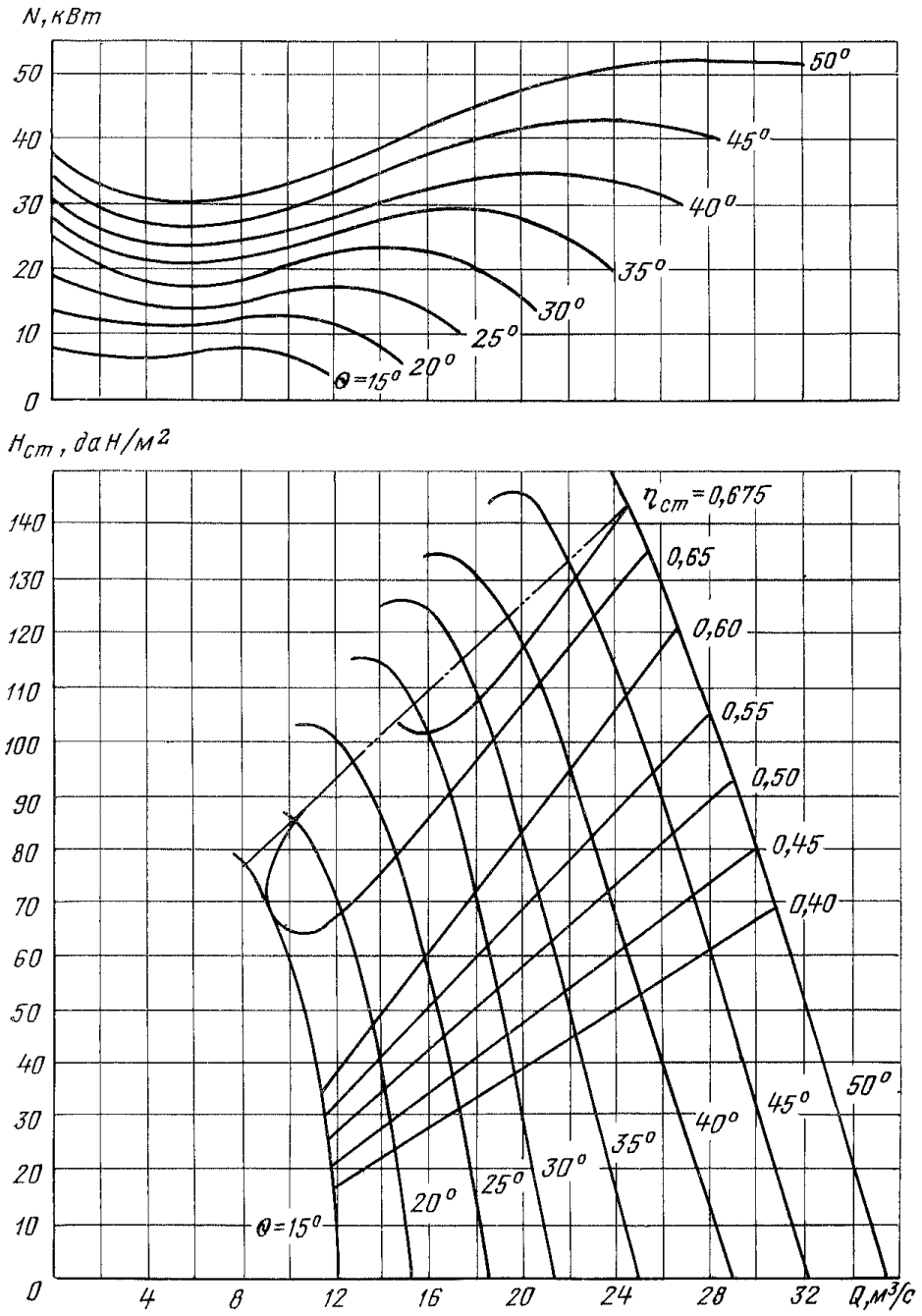


Рис. 2П.7. Осевой двухступенчатый вентилятор ВУПД-1,4 на 750 об/мин, число рабочих колес — 2

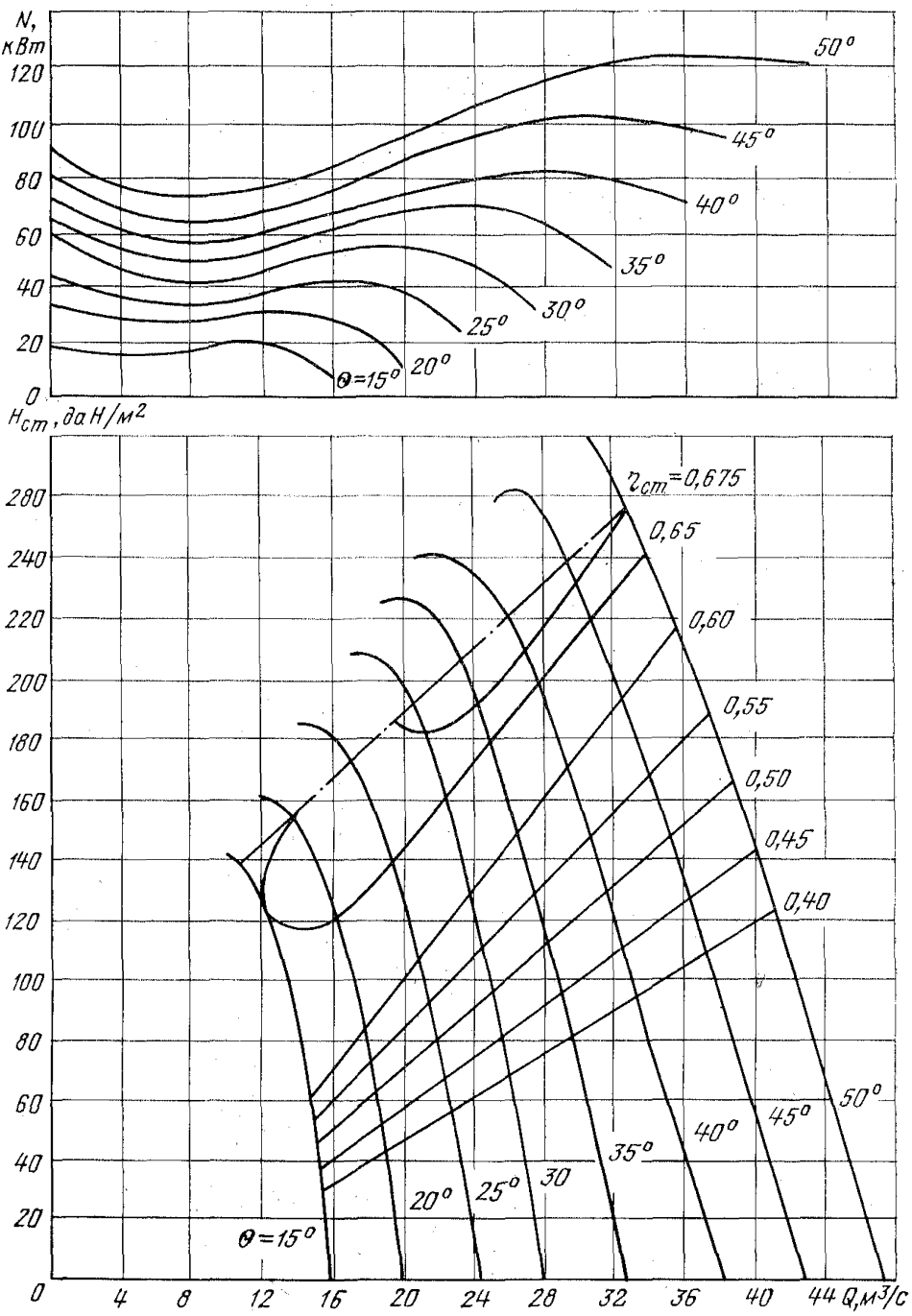


Рис. 2П.8. Осевой двухступенчатый вентилятор ВУПД-1,4 на 1000 об/мин, число рабочих колес — 2

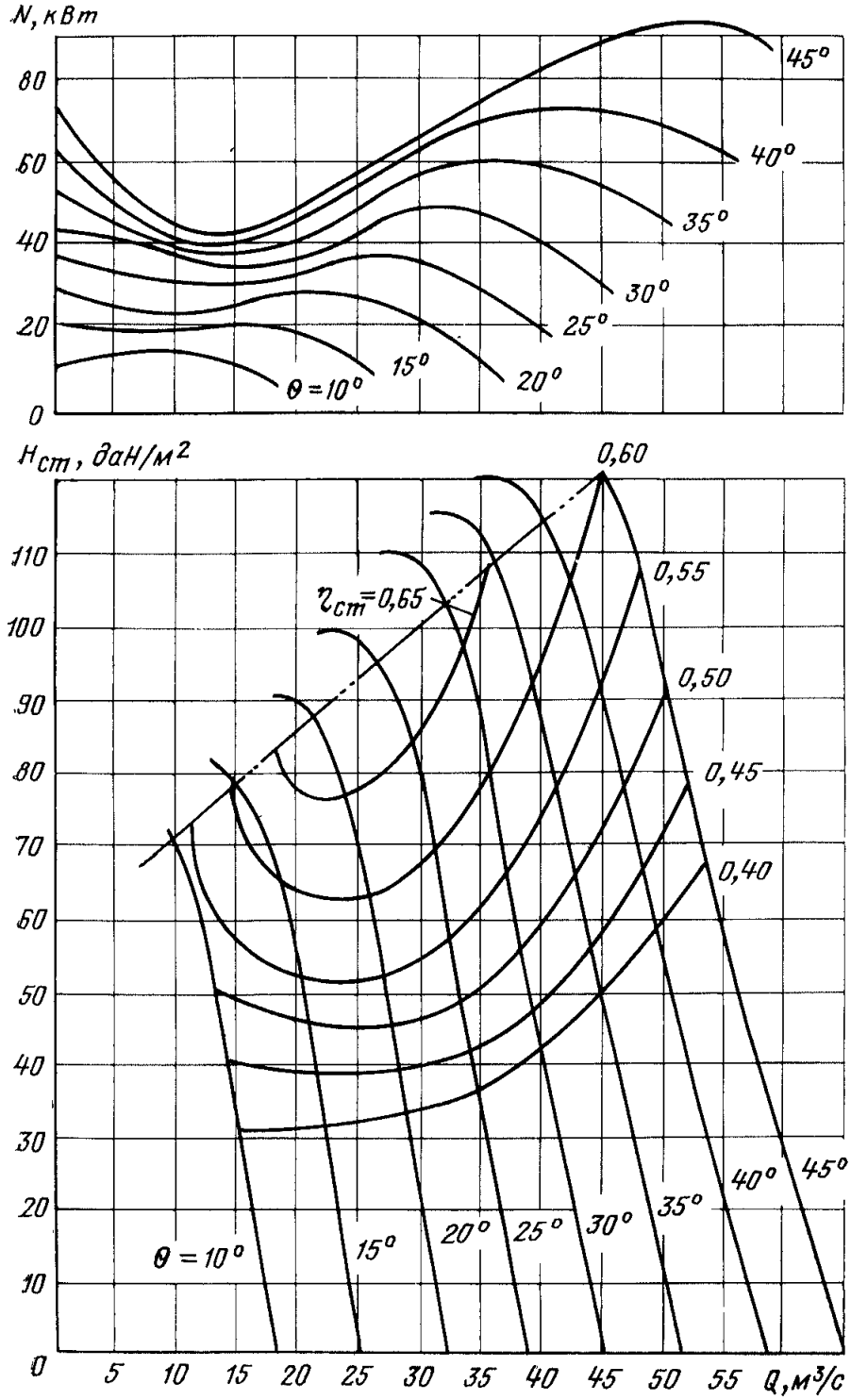


Рис. 2П.9. Осевой одноступенчатый вентилятор ВУПД-1,8 на 750 об/мин, число рабочих колес — 1

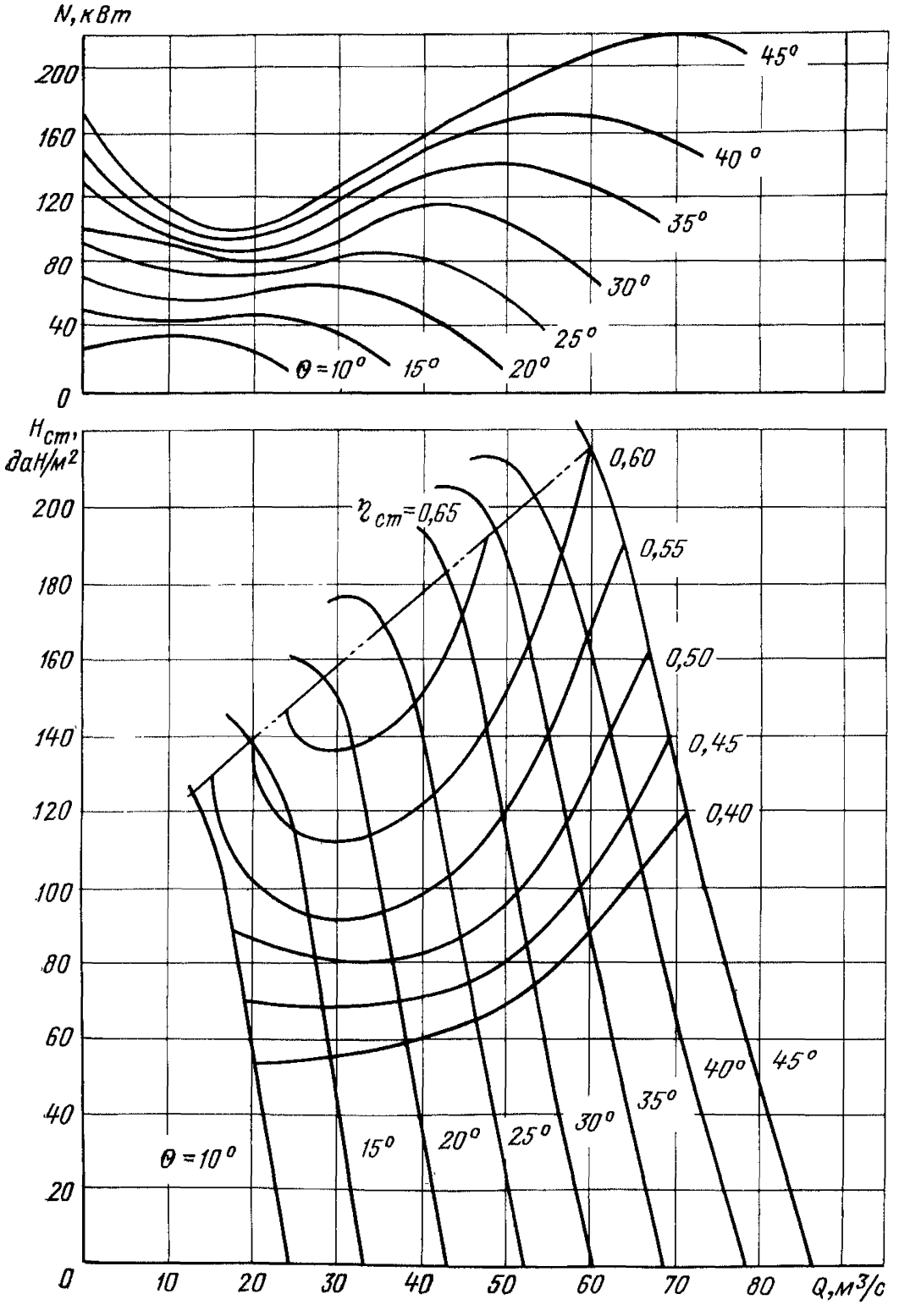


Рис. 2П.10. Осевой одноступенчатый вентилятор ВУПД-1,8 на 1000 об/мин, число рабочих колес — 1

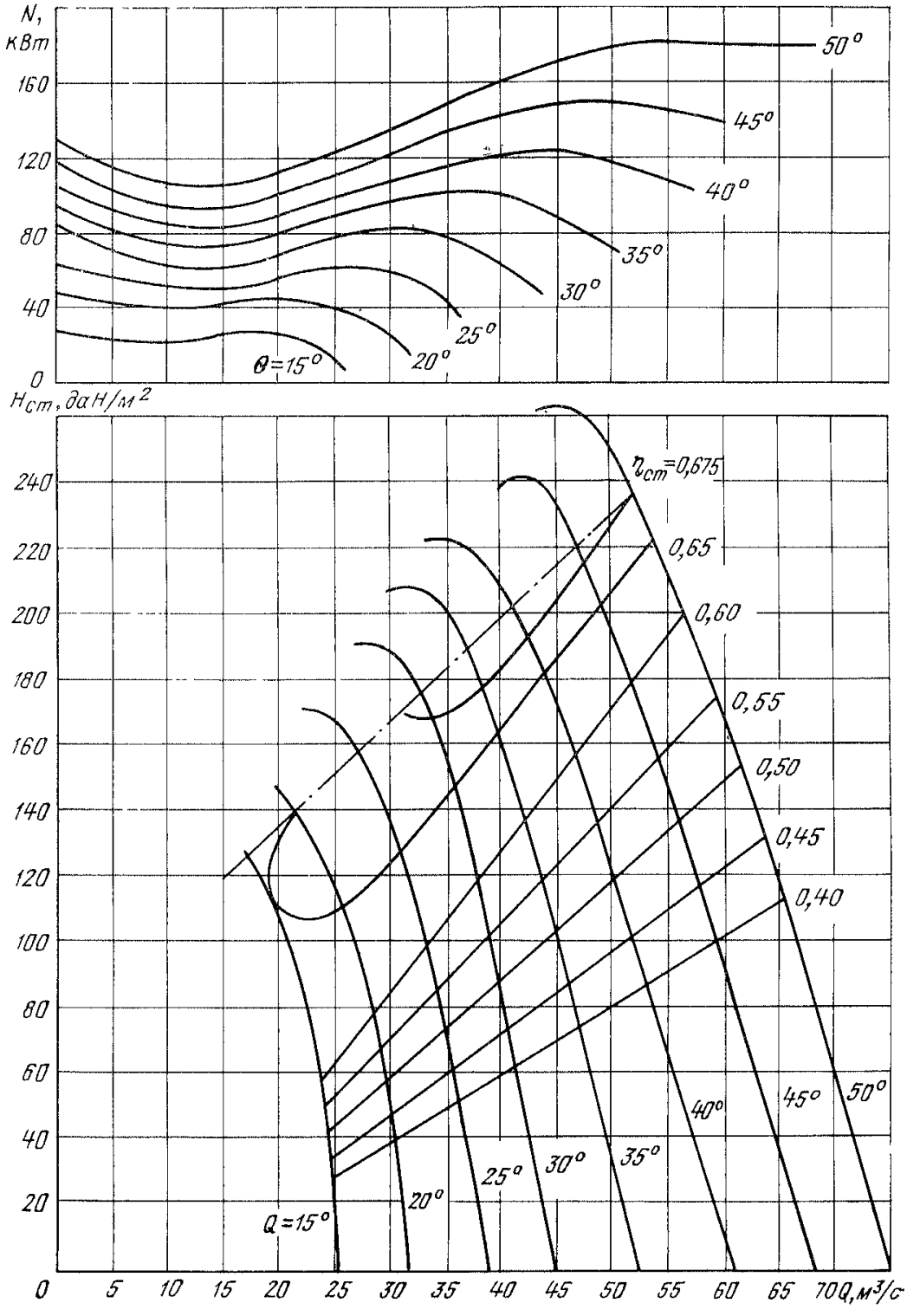
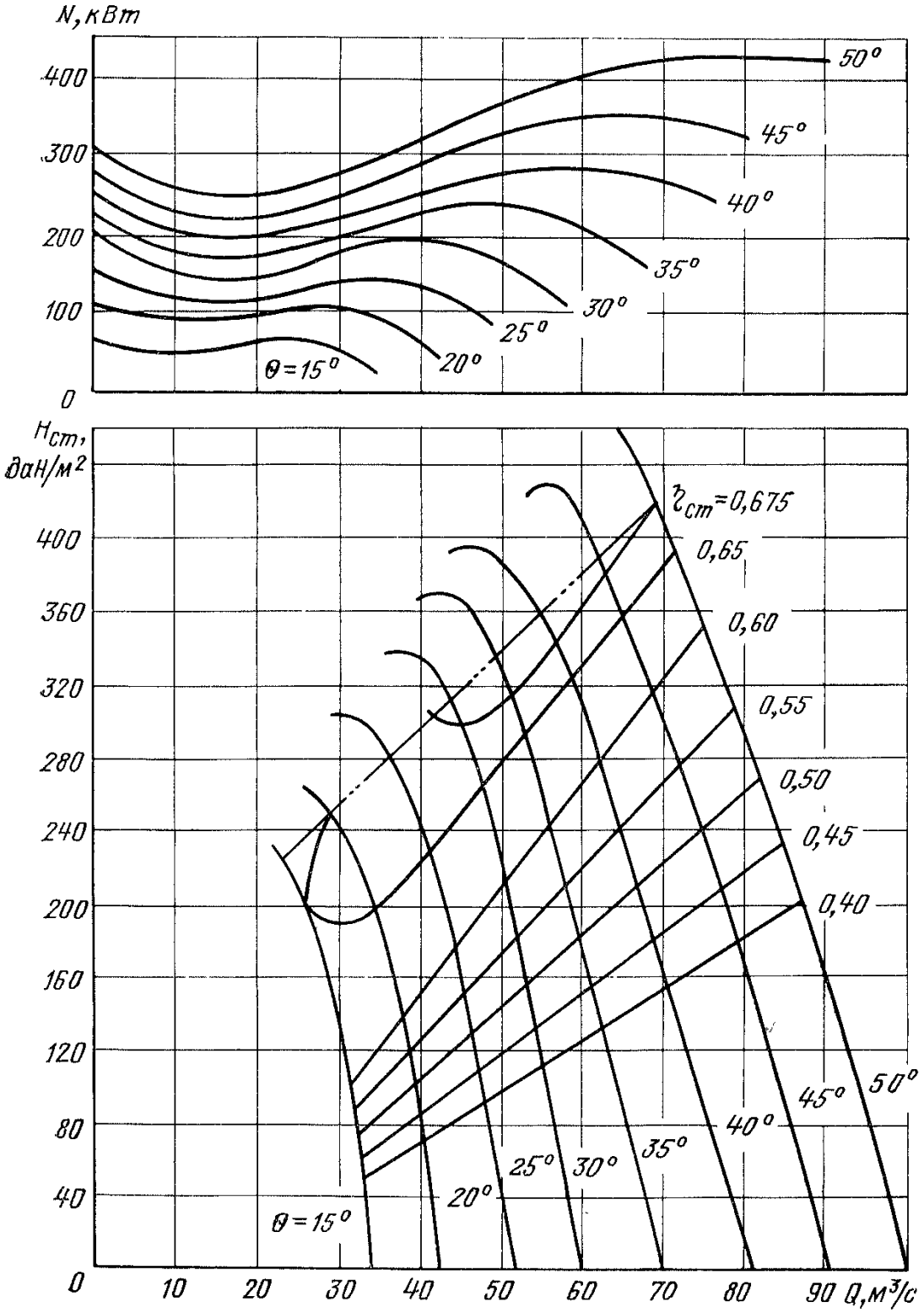


Рис. 2П.11. Осевой двухступенчатый вентилятор ВУПД-1,8 на 750 об/мин, число рабочих колес — 2



Фис. 2П.12. Осевой двухступенчатый вентилятор ВУПД-1,8 на 1000 об/мин, число рабочих колес — 2

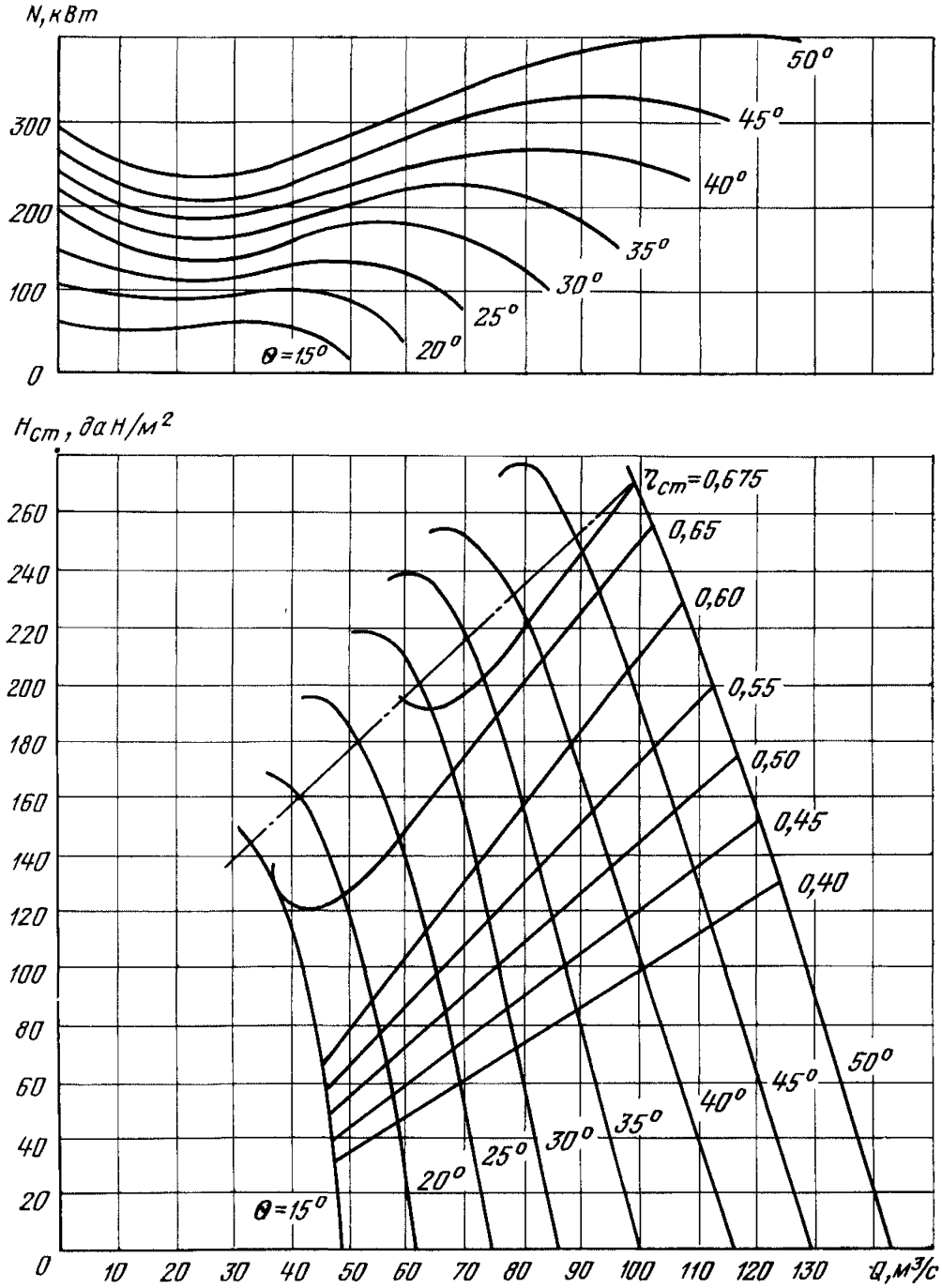


Рис. 2П.13. Осевой двухступенчатый вентилятор ВУПД-2,4 на 600 об/мин, число рабочих колес — 2

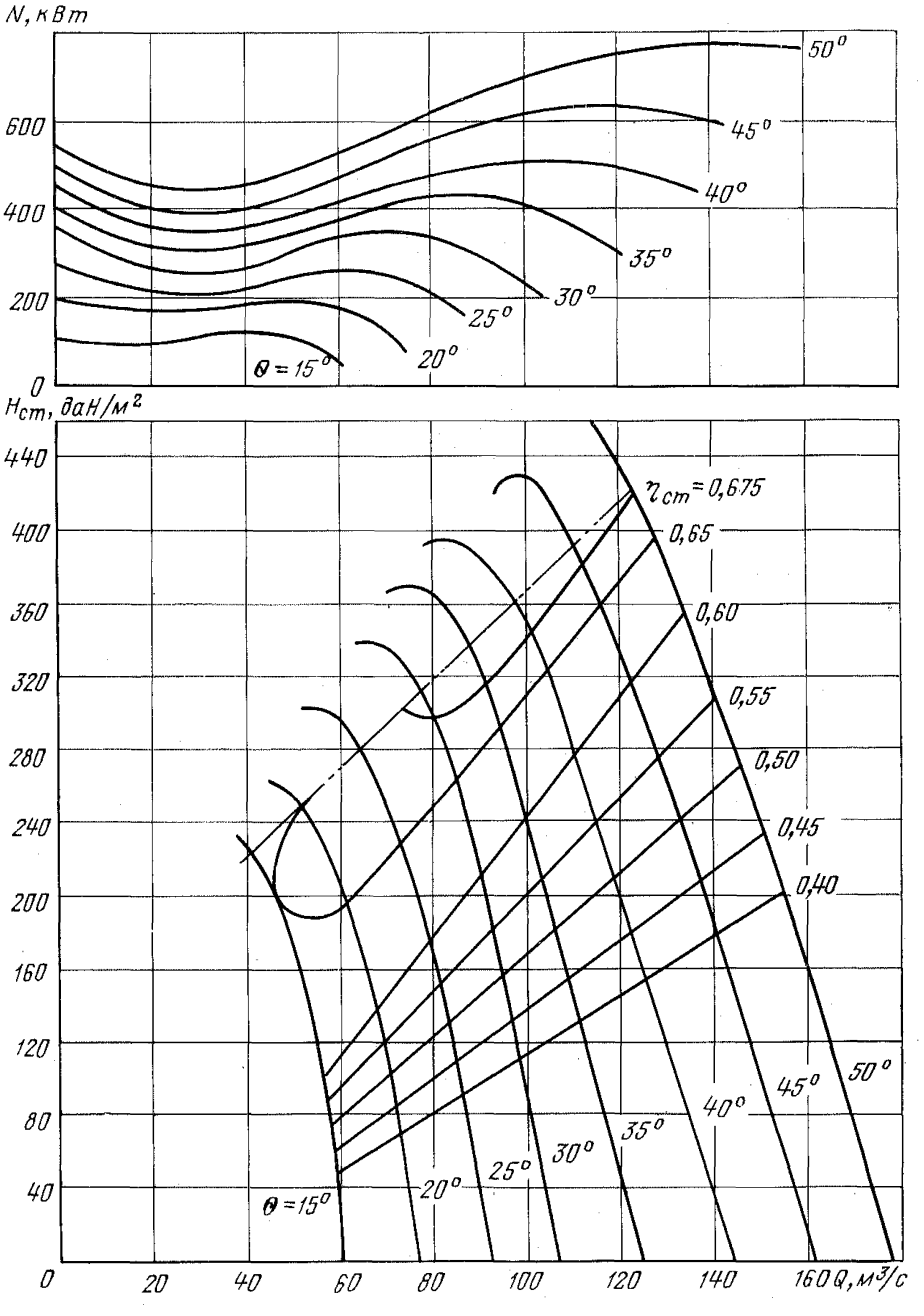


Рис. 2П.14. Осевой двухступенчатый вентилятор ВУПД-2,4 на 750 об/мин, число рабочих колес — 2

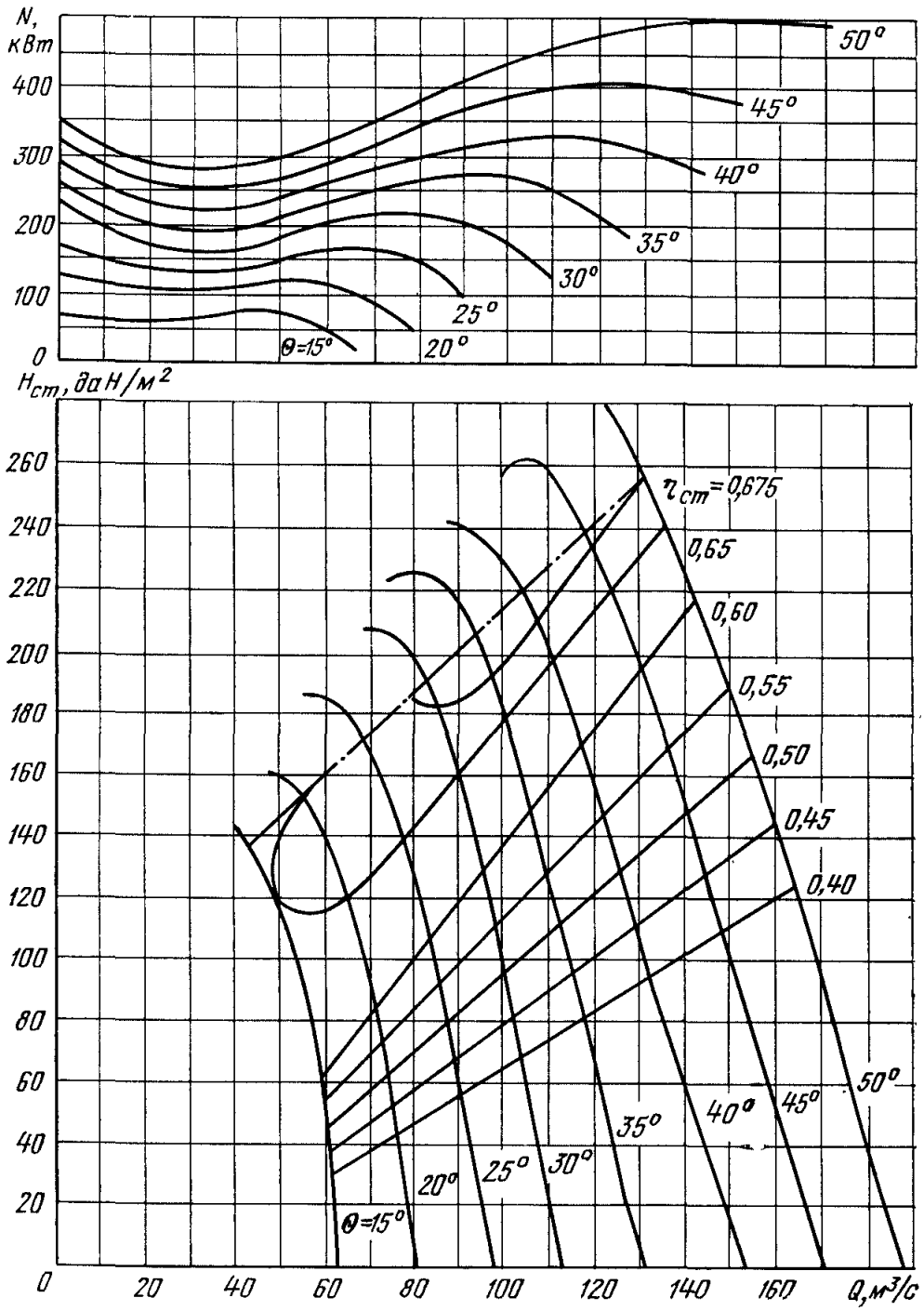


Рис. 2П.15. Осевой двухступенчатый вентилятор ВУПД-2,8 на 500 об/мин, число рабочих колес — 2

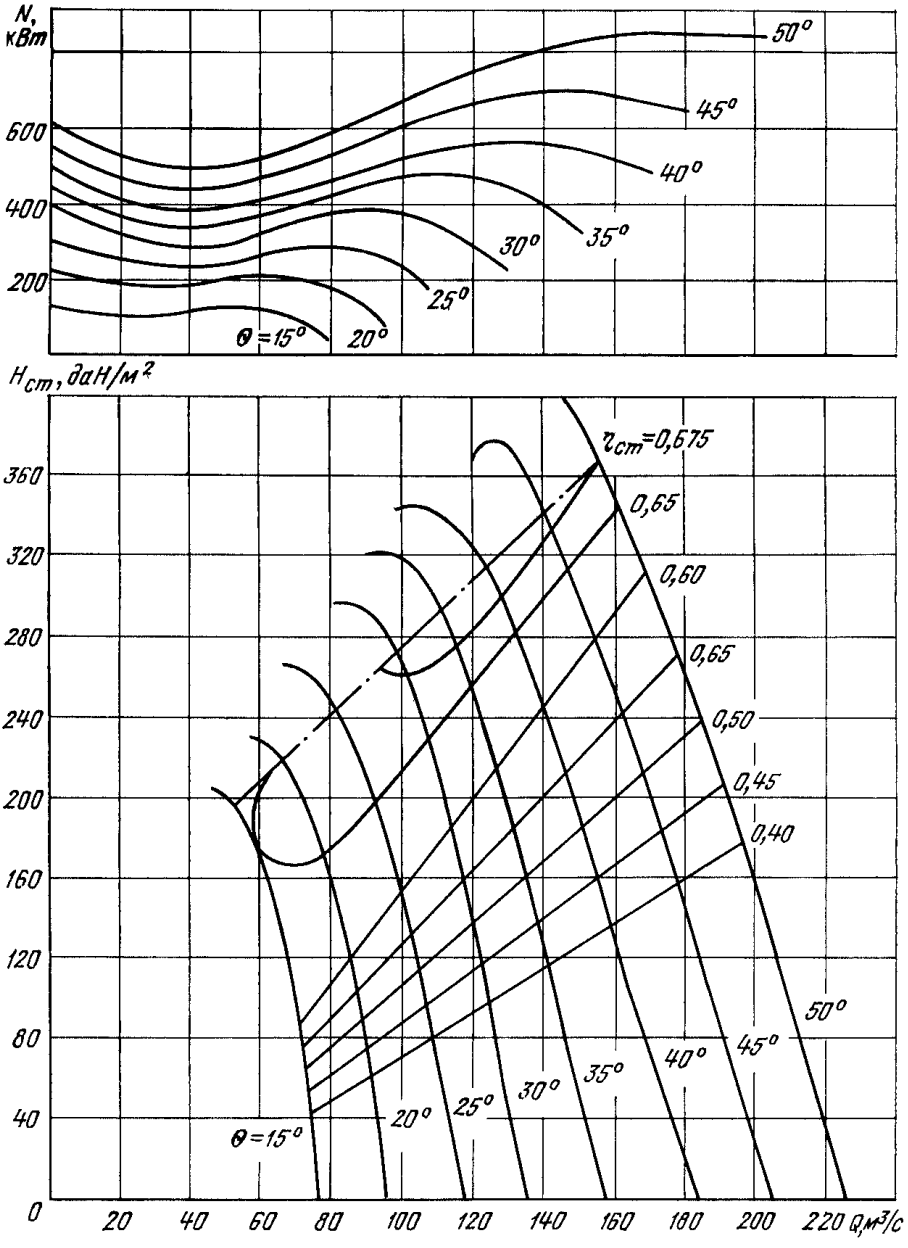


Рис. 2П.16. Осевой двухступенчатый вентилятор ВУПД-2,8 на 600 об/мин, число рабочих колес — 2

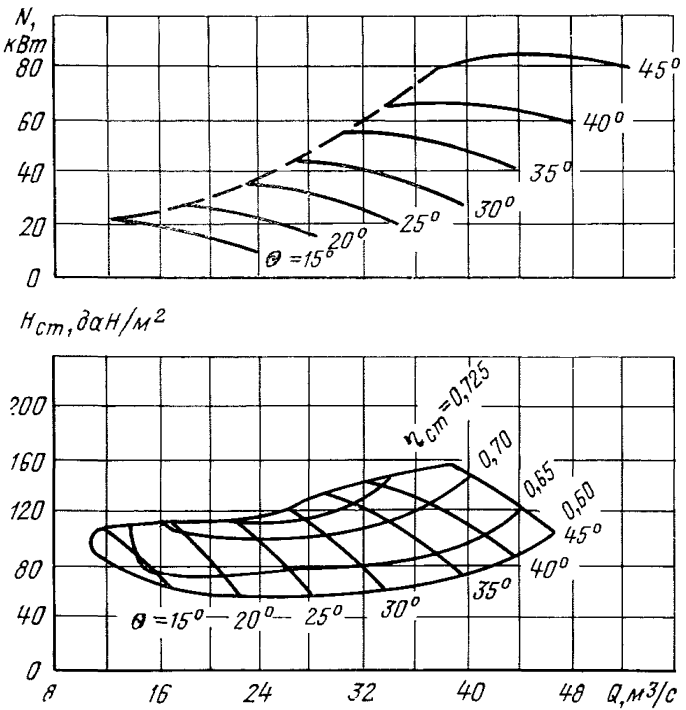


Рис. 2П.17. Осевой одноступенчатый вентилятор ВОК-1,5 на 980 об/мин

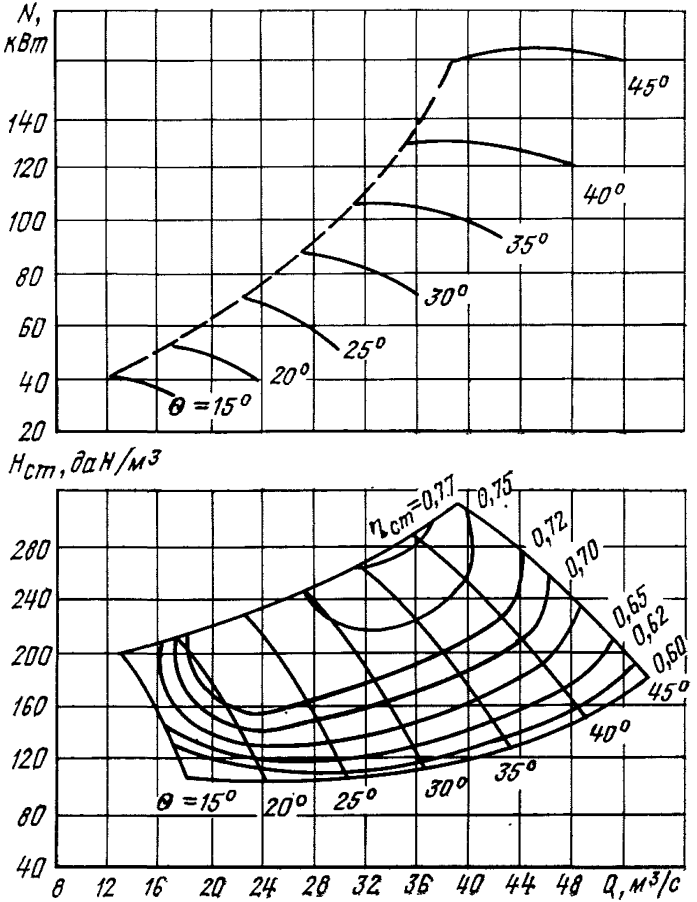


Рис. 2П.18. Осевой двухступенчатый вентилятор ВОКД-1,5 на 980 об/мин

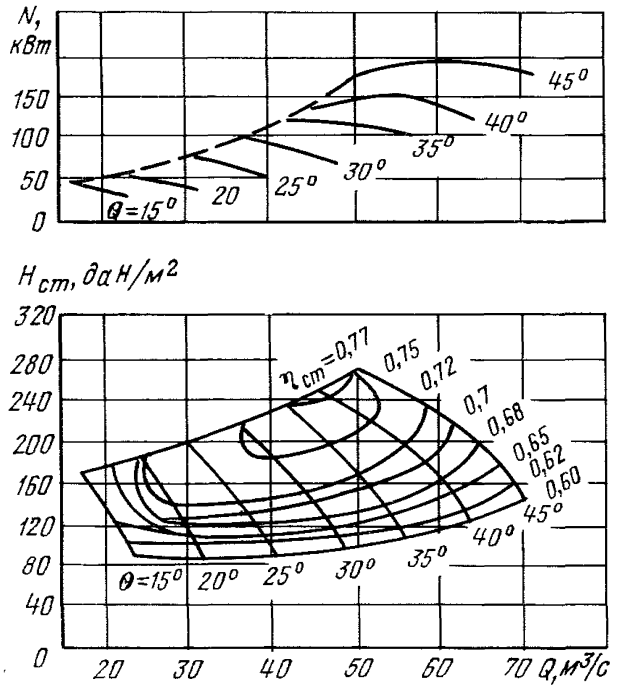


Рис. 2П.19. Осевой двухступенчатый вентилятор ВОКД-1,8 на 750 об/мин

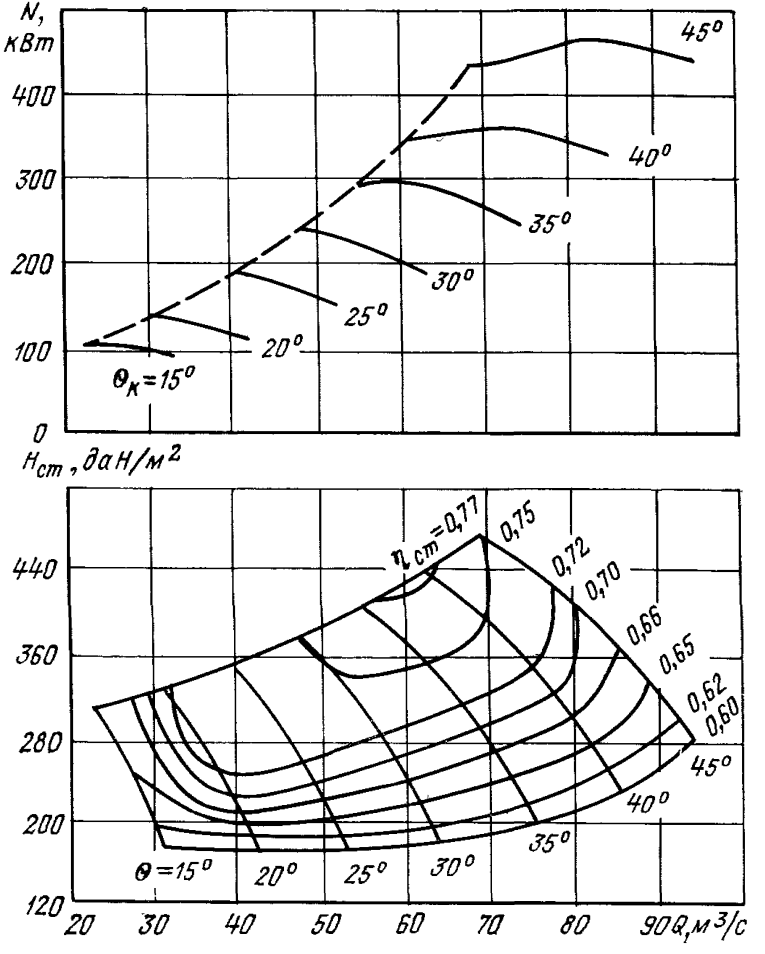


Рис. 2П.20. Осевой двухступенчатый вентилятор ВОКД-1,8 на 1000 об/мин

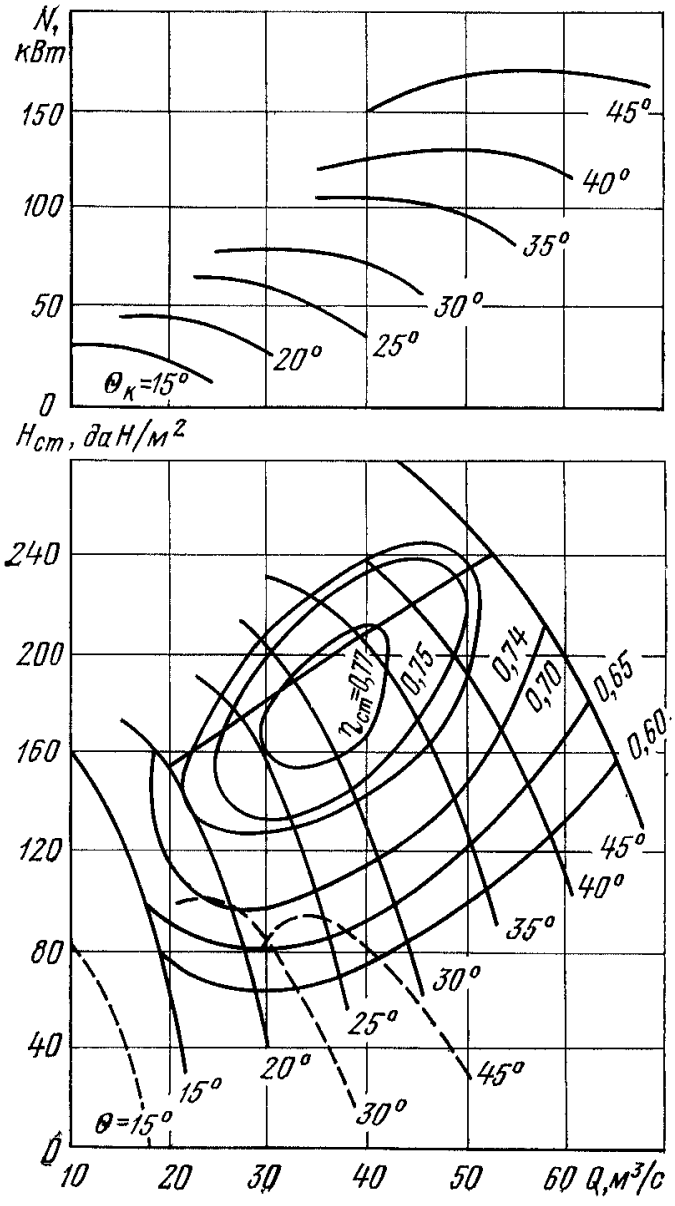


Рис. 2П.21. Осевой двухступенчатый вентилятор ВОКР-1,8 на 730 об/мин (штриховой линией показана характеристика вентилятора при реверсировании)

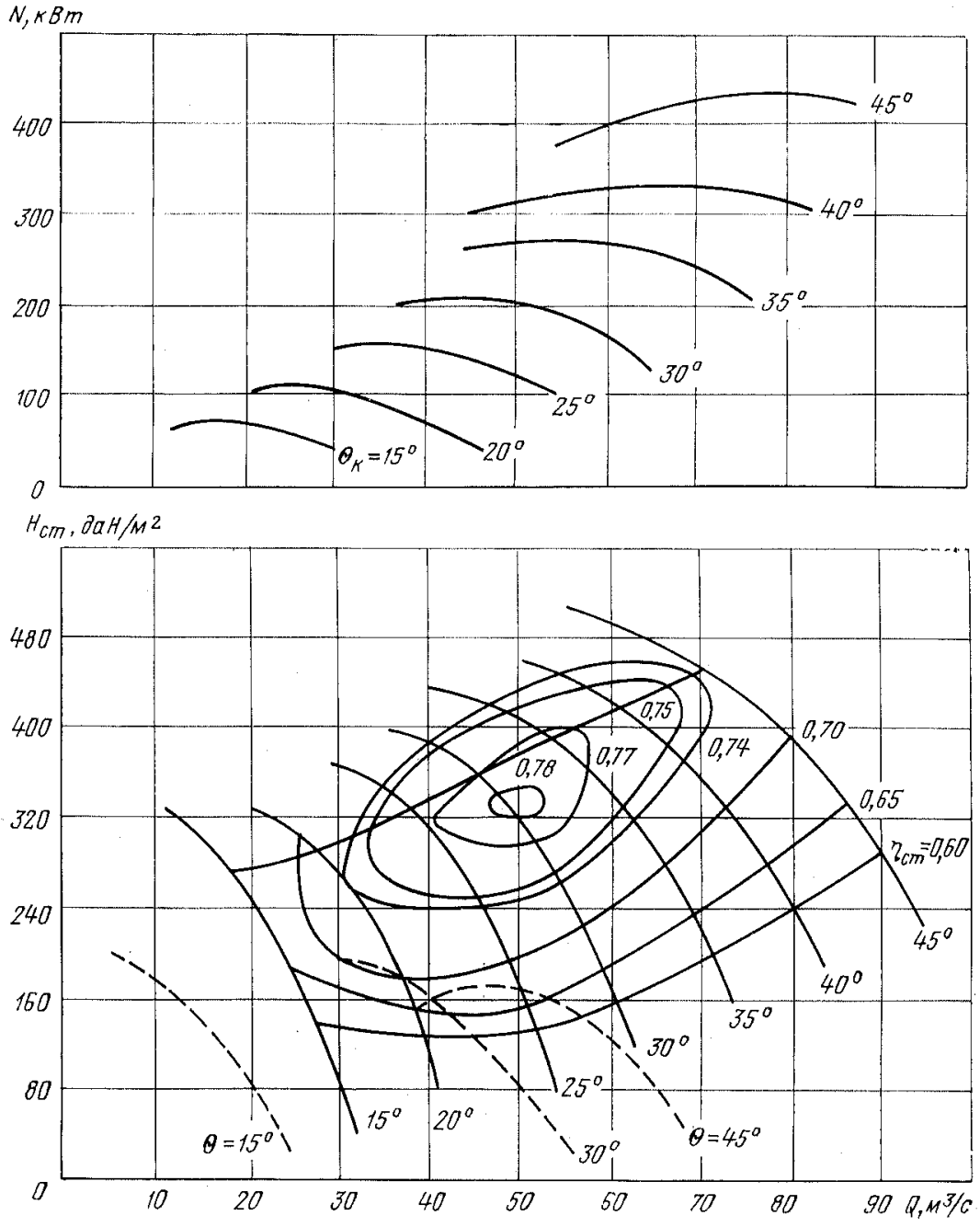


Рис. 2П.22. Осевой двухступенчатый вентилятор ВОКР-1,8 на 1000 об/мин

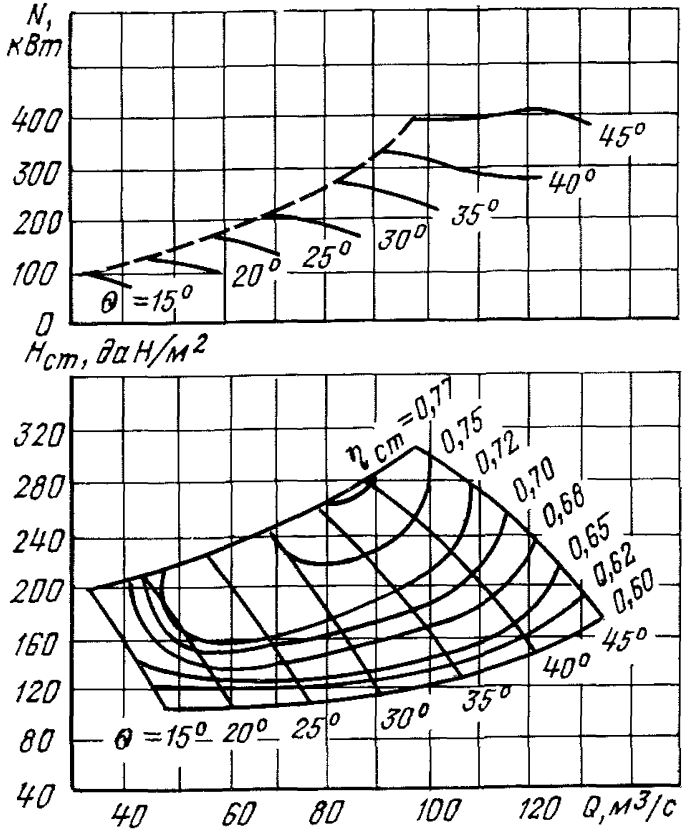


Рис. 2П.23. Осевой двухступенчатый вентилятор ВОКД-2,4 на 600 об/мин

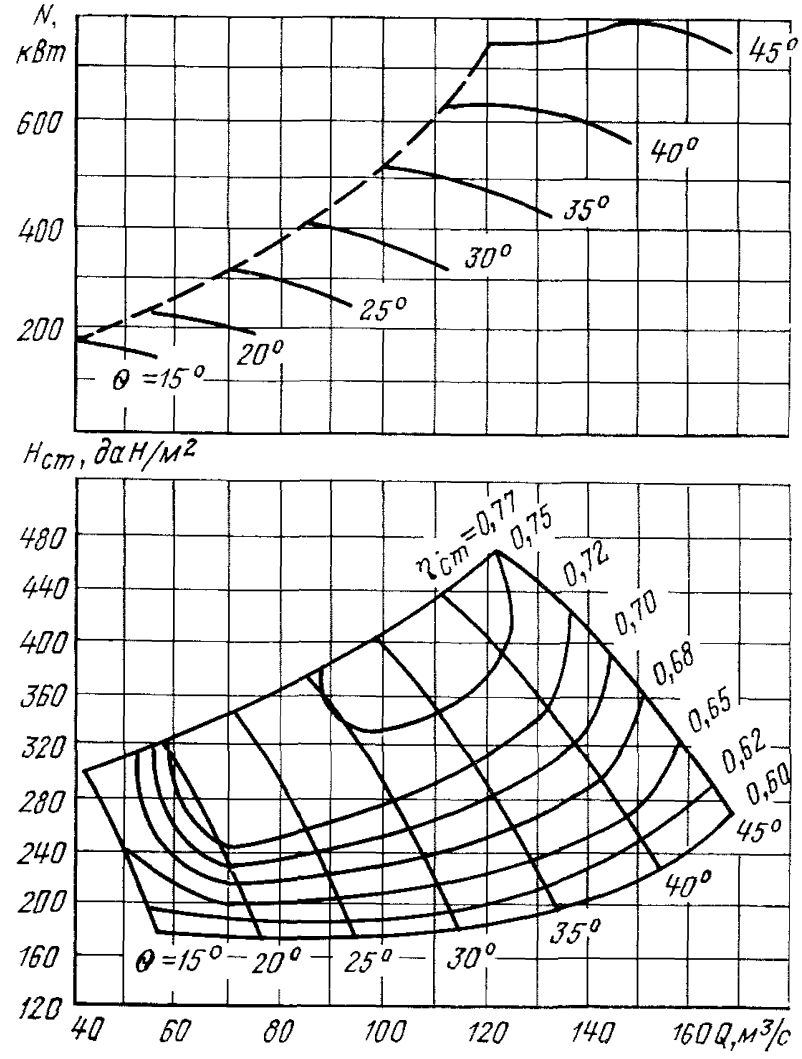


Рис. 2П.24. Осевой двухступенчатый вентилятор ВОКД-2,4 на 750 об/мин

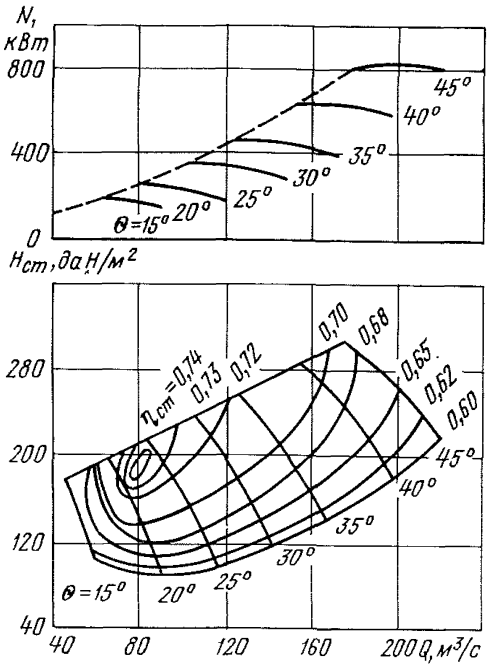


Рис. 2П.25. Осевой двухступенчатый вентилятор ВОКД-3 на 500 об/мин

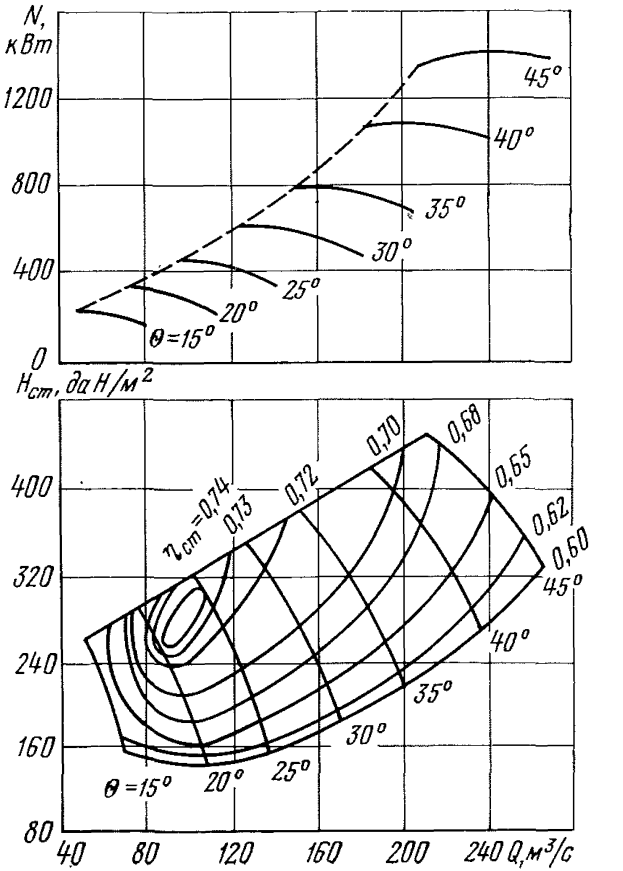


Рис. 2П.26. Осевой двухступенчатый вентилятор ВОКД-3 на 600 об/мин

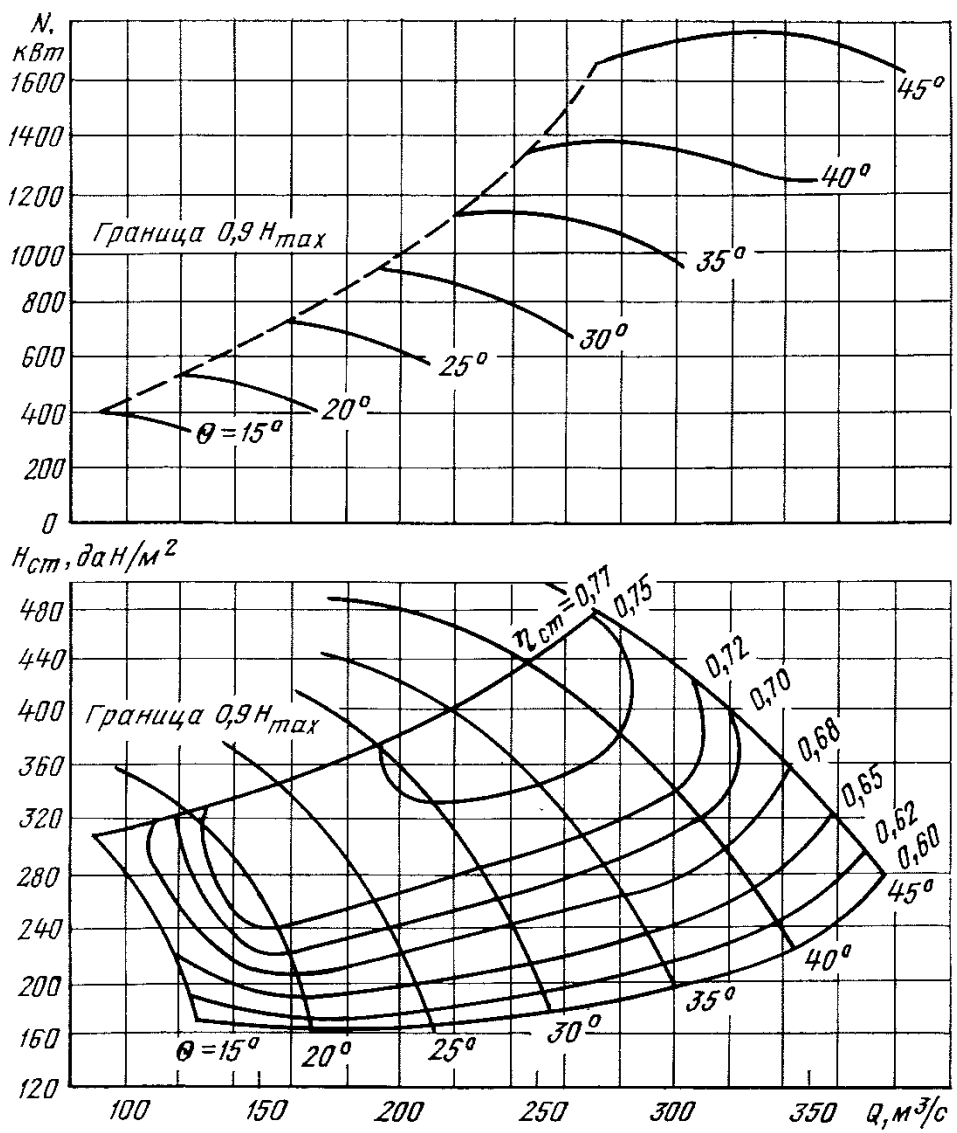


Рис. 2П.27. Осевой двухступенчатый вентилятор ВОКД-3,6 на 375 об/мин

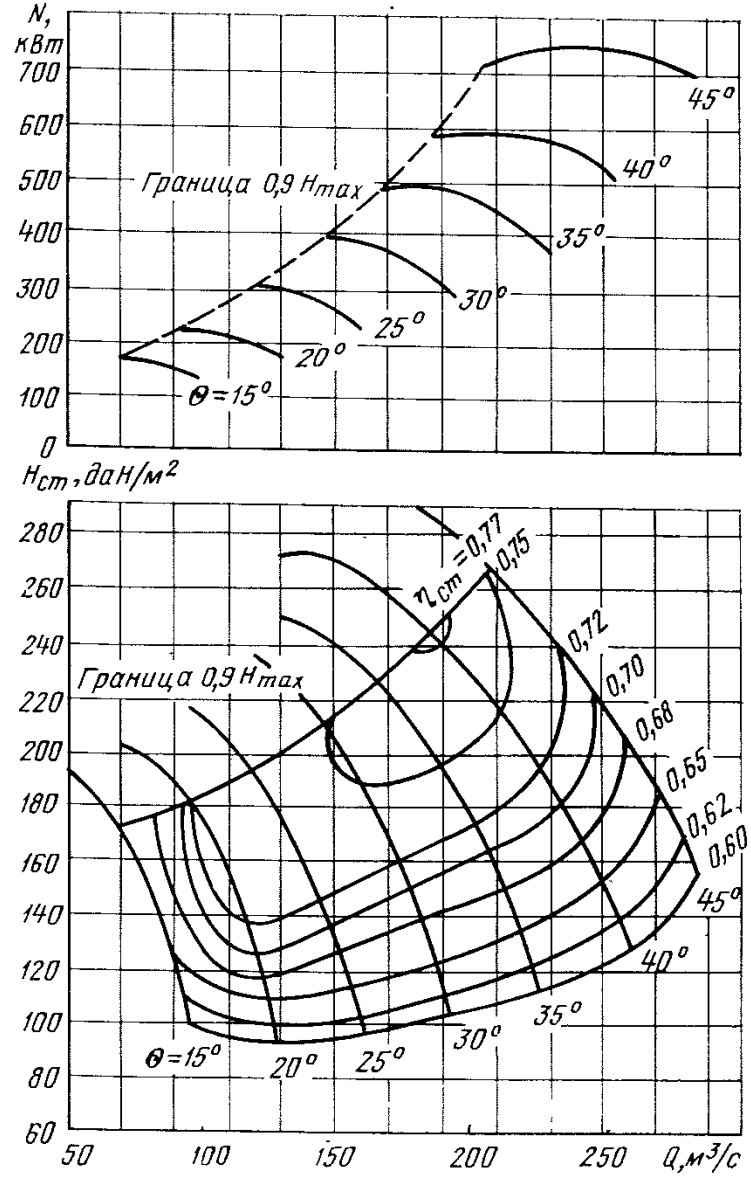


Рис. 2П.28. Осевой двухступенчатый вентилятор ВОКД-3,6 на 500 об/мин

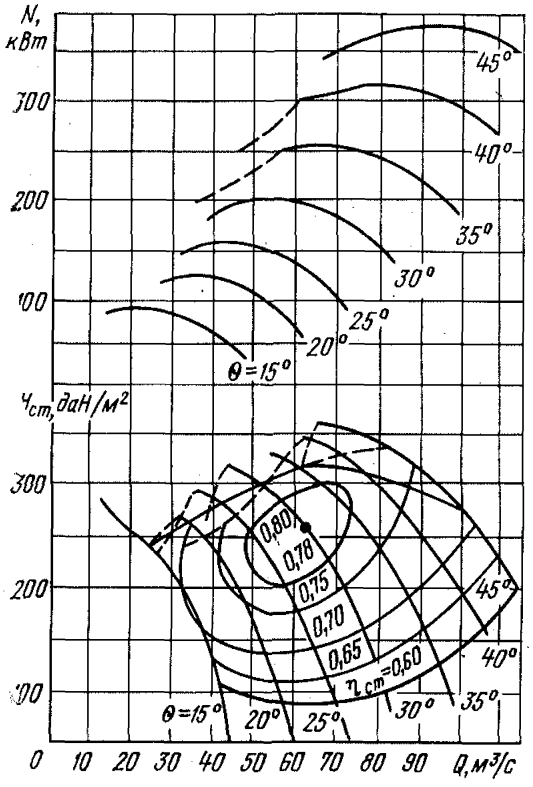


Рис. 2П.29. Осевой вентилятор ВОД-21 на 750 об/мин

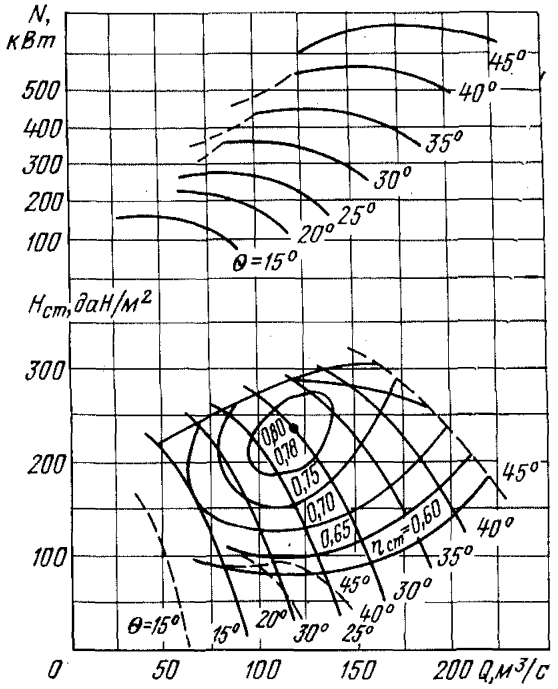


Рис. 2П.30. Осевой вентилятор ВОД-30 на 500 об/мин

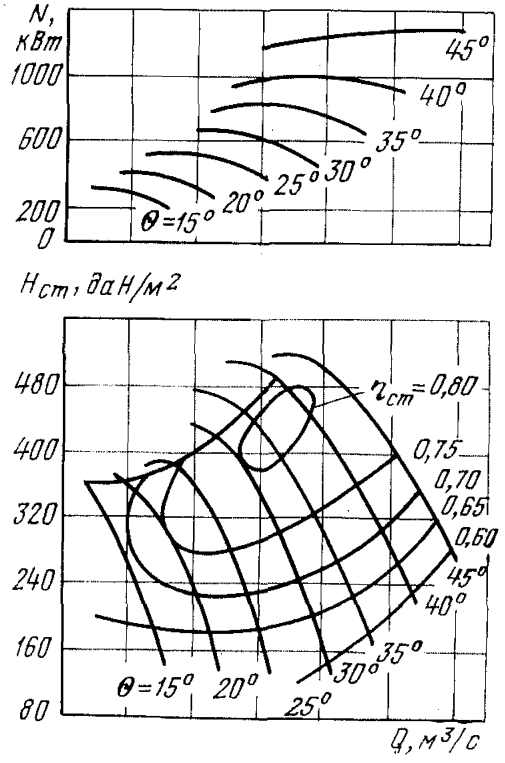


Рис. 2П.31. Осевой вентилятор ВОД-30 на 600 об/мин

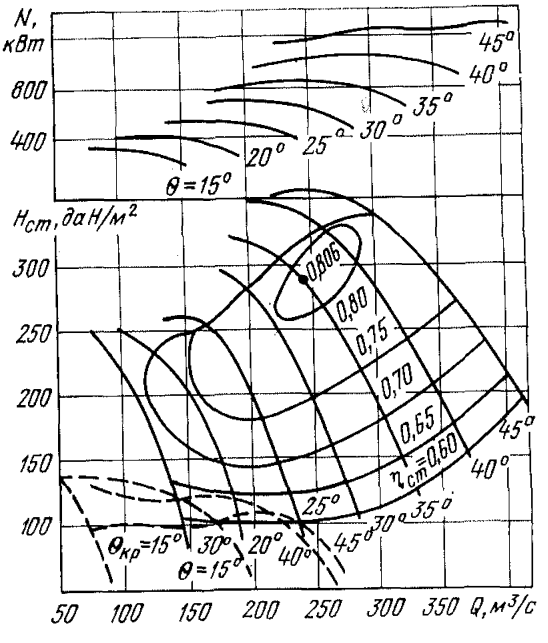


Рис. 2П.32. Осевой вентилятор ВОД-40 на 375 об/мин

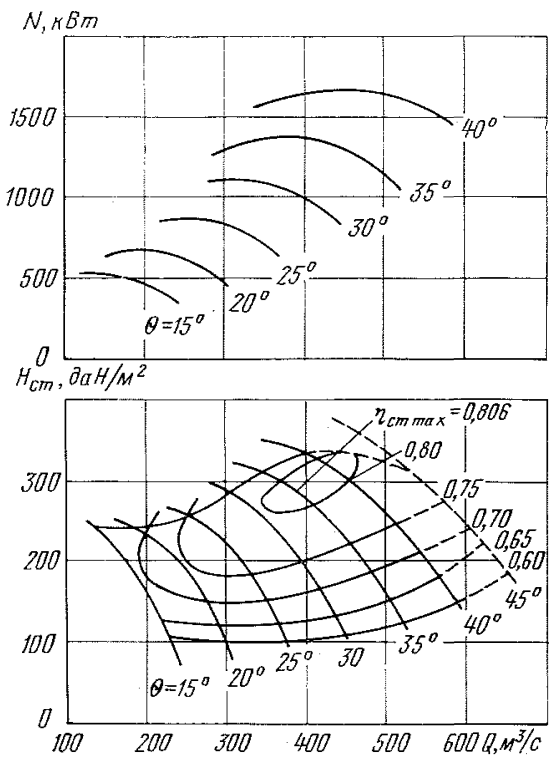


Рис. 2П.33. Осевой вентилятор ВОД-50 на 300 об/мин

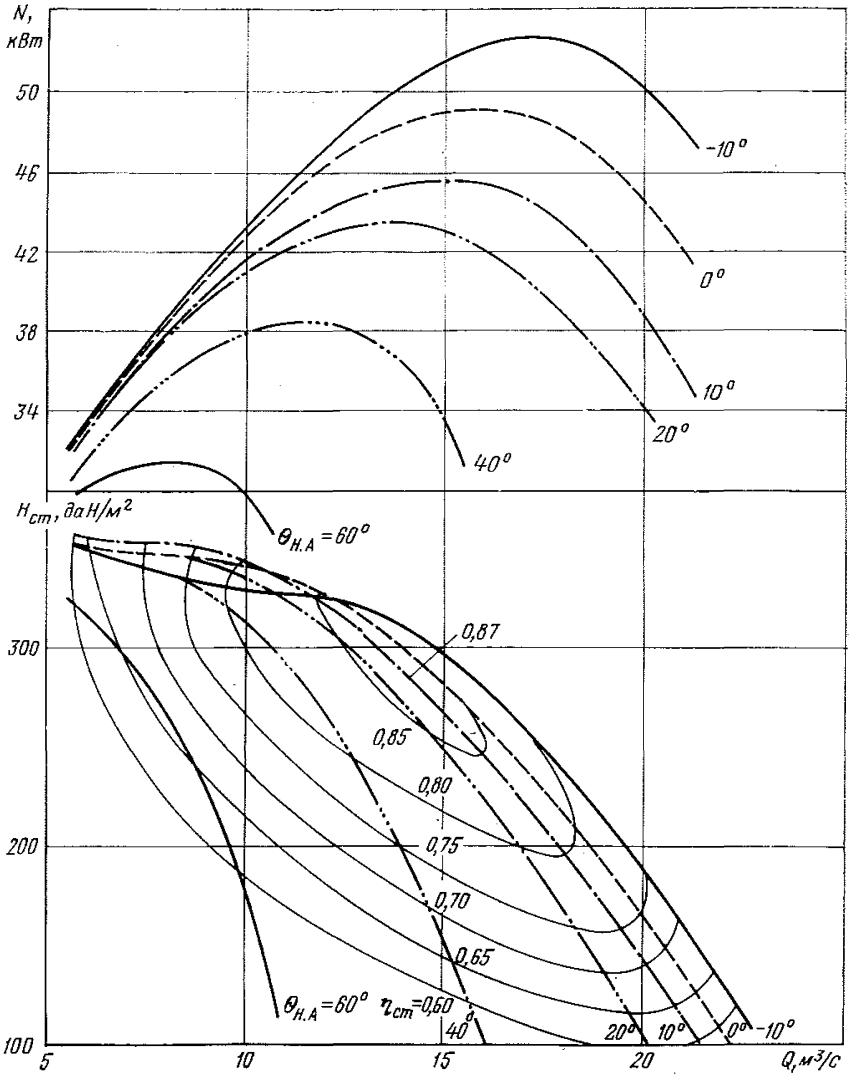


Рис. 2П.34. Центробежный вентилятор ВЦ-11 на 1460 об/мин

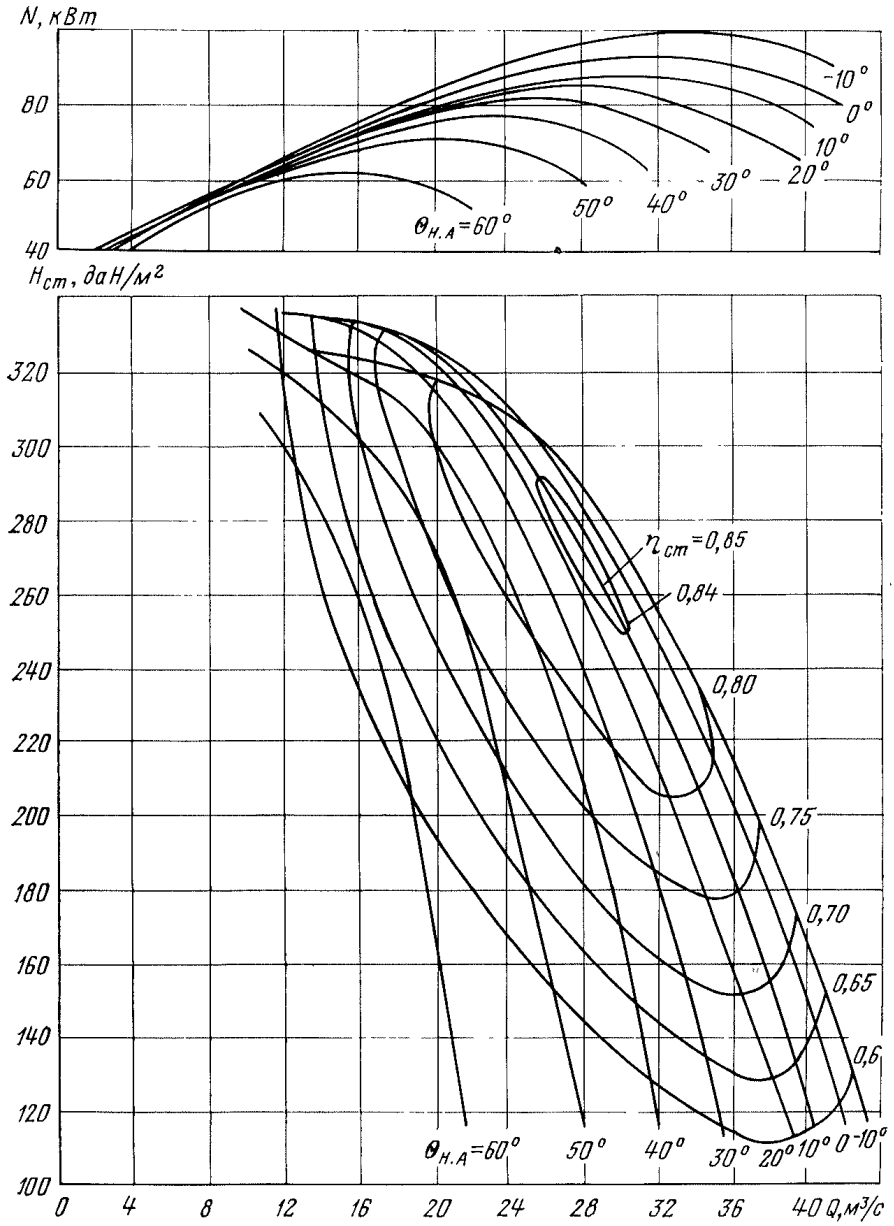


Рис. 2П.35. Центробежные вентиляторы ВЦ-16 и ВШЦ-16 на 980 об/мин

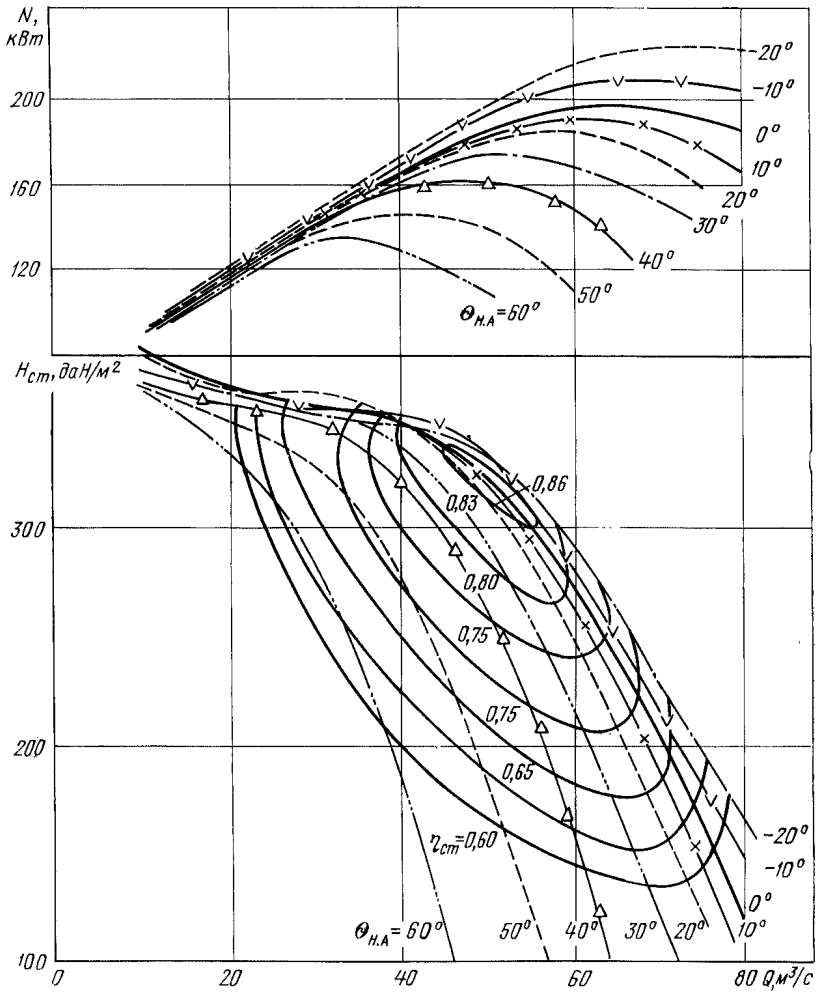


Рис. 2П.36. Центробежный вентилятор ВЦД-16 на 980 об/мин

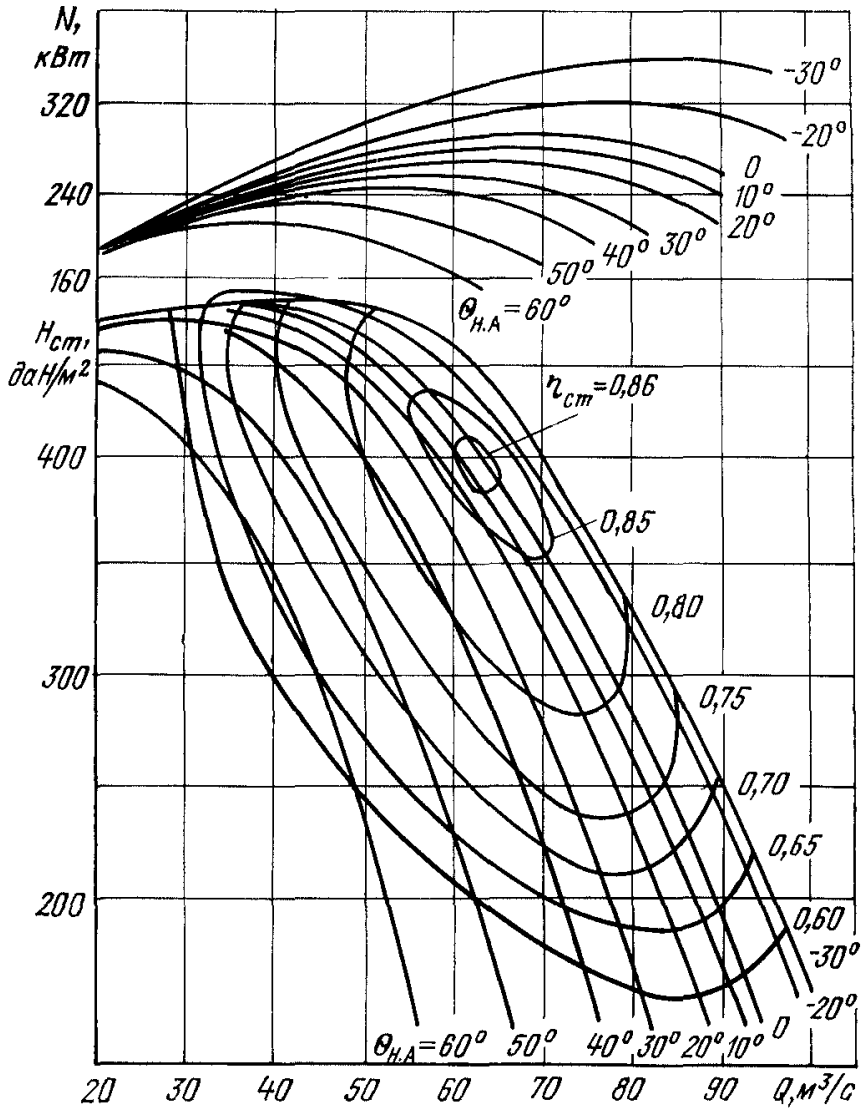


Рис. 2П.37. Центробежный вентилятор ВЦ-25 на 750 об/мин

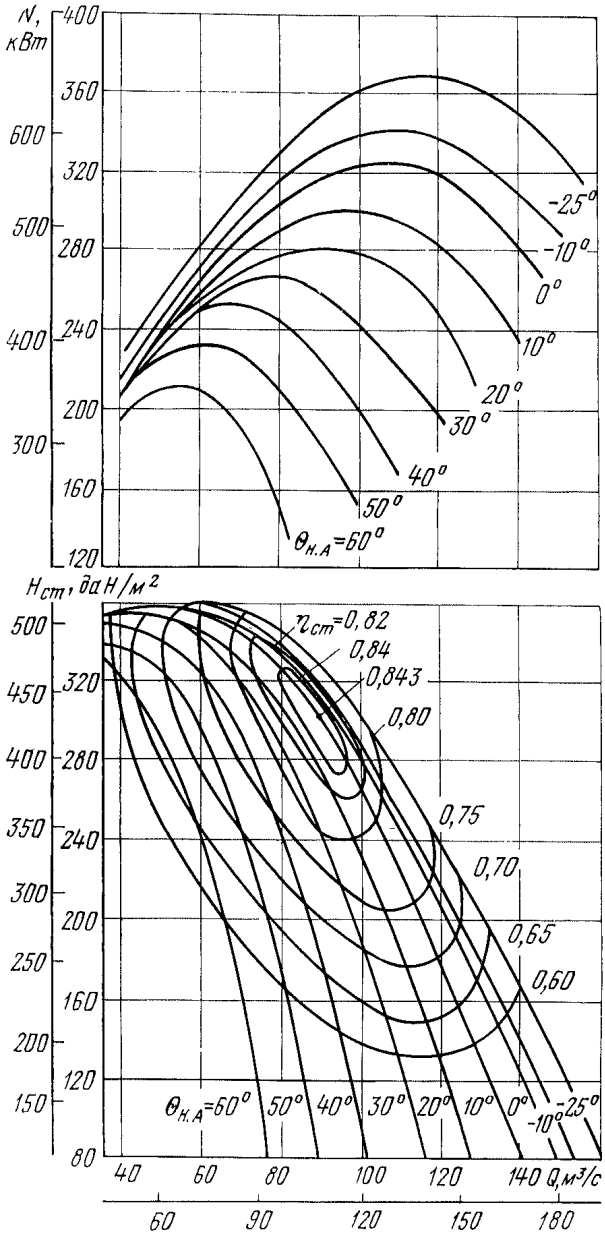


Рис. 2П.38. Центробежный вентилятор ВЦ-32 на 500 и 600 об/мин

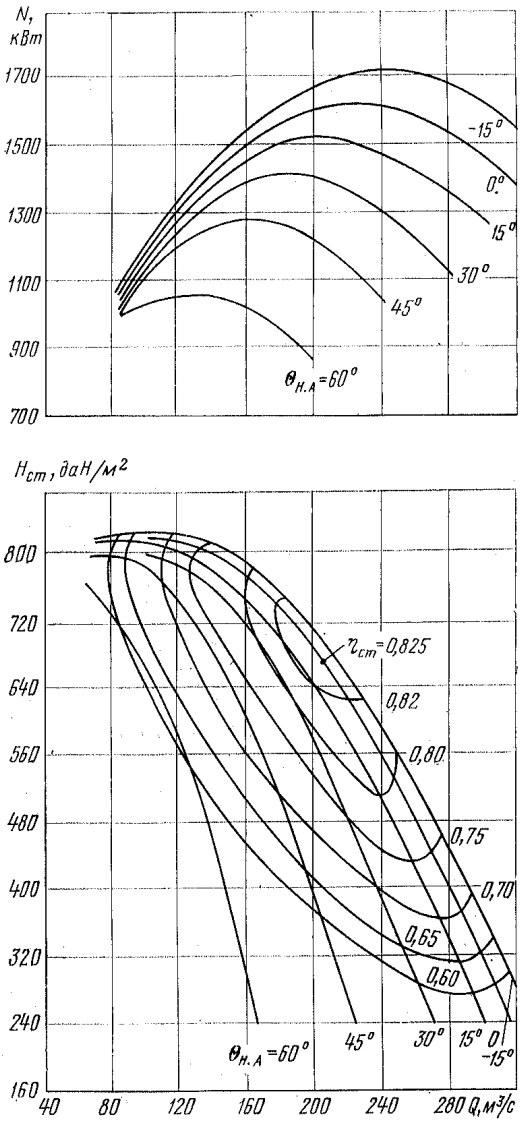


Рис. 2П.39. Центробежный вентилятор ВЦ-45 на 500 об/мин

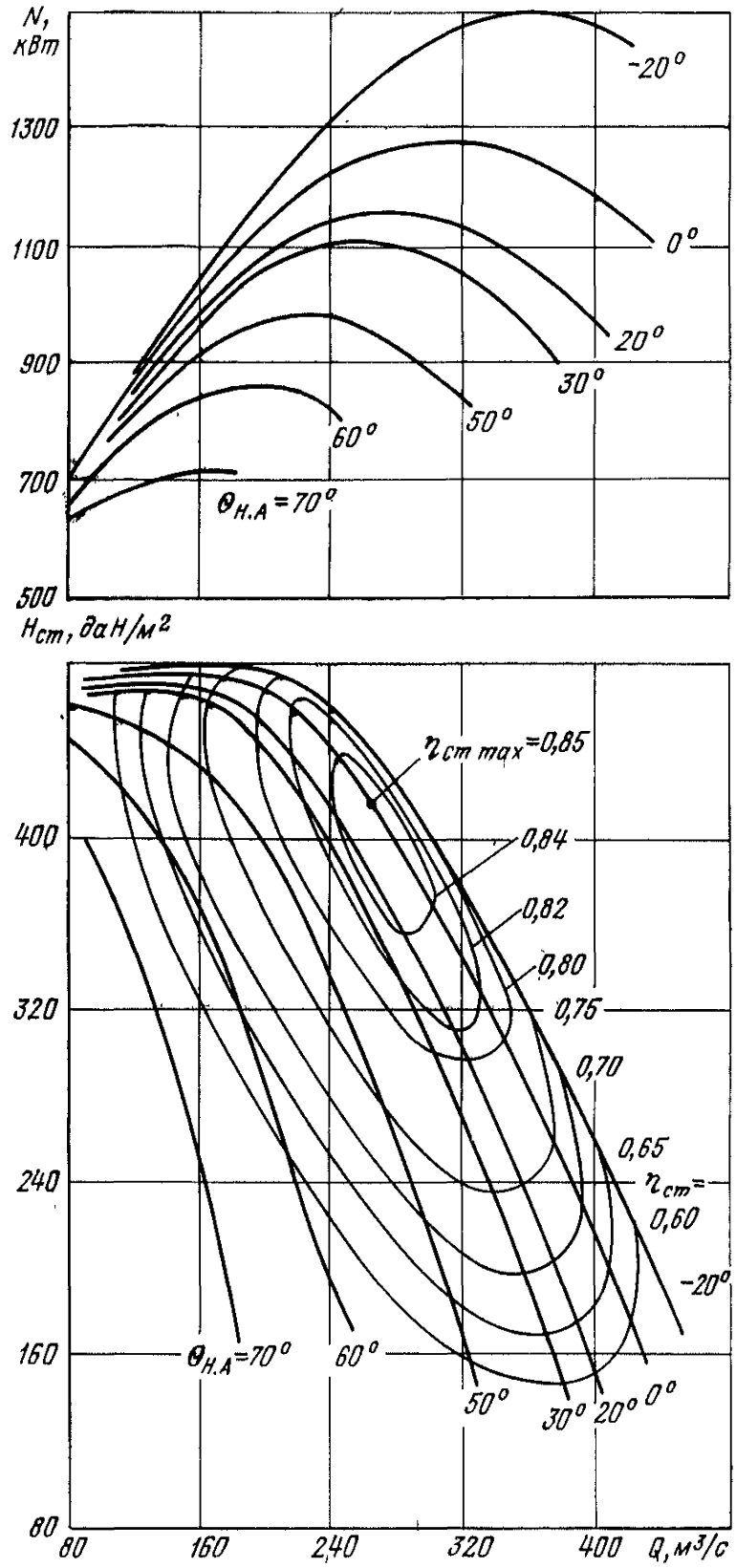


Рис. 2П.40. Центробежный вентилятор ВРЦД-4,5 на 375 об/мин

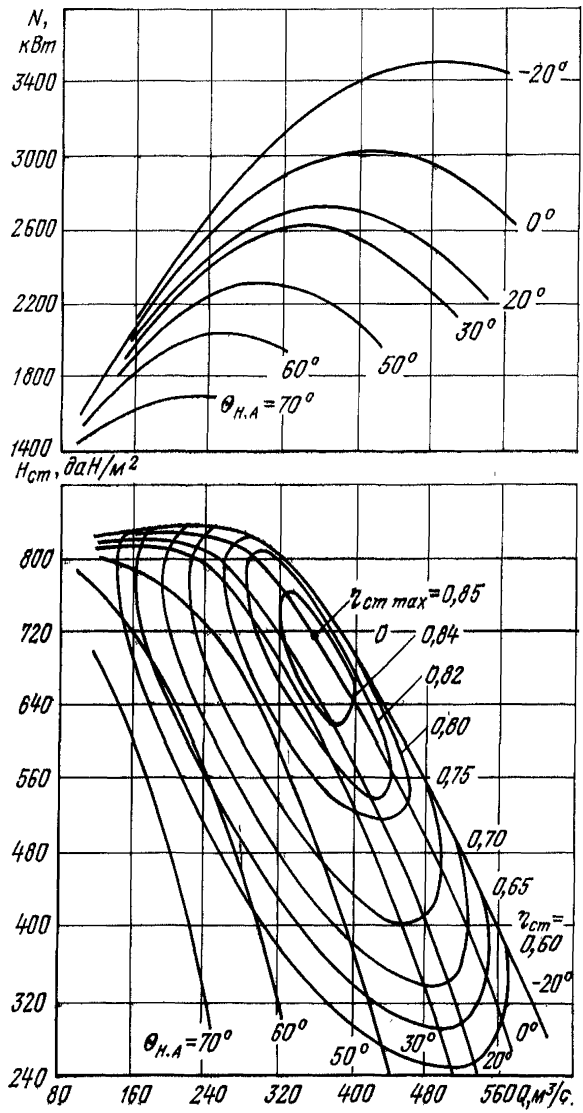


Рис. 2П.41. Центробежный вентилятор ВРЦД-4,5 на 500 об/мин

КАРТА СМАЗКИ ВЕНТИЛЯТОРНЫХ УСТАНОВОК

Таблица 3П.1

Карта смазки вентиляторов ВУП-1,2; ВУП-1,4; ВУП-1,8; ВУП-2,0; ВУП-2,4; ВУП-2,8; ВУПД-1,2; ВУПД-1,4; ВУПД-1,8; ВУПД-2,4; ВУПД-2,8

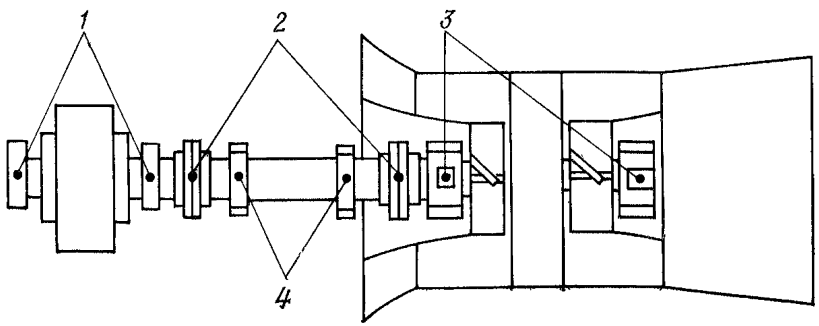


Рис. 3П.1. Карта смазки вентиляторов ВУП-1,2; ВУП-1,4; ВУП-1,8; ВУП-2,0; ВУП-2,4; ВУП-2,8; ВУПД-1,2, ВУПД-1,4, ВУПД-1,8, ВУПД-2,4, ВУПД-2,8

Точки смазки	Наименование узлов и деталей	Смазочный материал	Способ смазки	Периодичность замены и пополнения смазки
1	Подшипники качения или скольжения электродвигателя	Смазка 1-13 жировая или масло индустриальное И-20А ГОСТ 20799—75	Набивка или заливка	Заменяется раз в 3 мес, поддерживается систематически нормальный уровень
2	Муфта зубчатая	Смазка УС-2 ГОСТ 1033—79 Смазка 1-13 жировая	Набивка	Меняется раз в 6 мес, пополняется раз в месяц
3 *4*	Подшипники промежуточного вала и рабочего колеса	Смазка УС-2 ГОСТ 1033—79 Смазка 1-13 жировая	»	Заменяется раз в 6 мес, пополняется раз в неделю

Примечание. Для смазки зубчатых муфт можно применять смесь из 70 % масла индустриального И-40А ГОСТ 20799—75 и 30 % смазки УС-2 ГОСТ 1033—79.

Таблица 3П.2

Карта смазки вентиляторов ВОК-1; ВОКД-1; ВОК-1,5; ВОКД-1,5; ВОКД-1,8; ВОКР-1,8;, ВОД-16; ВОД-21

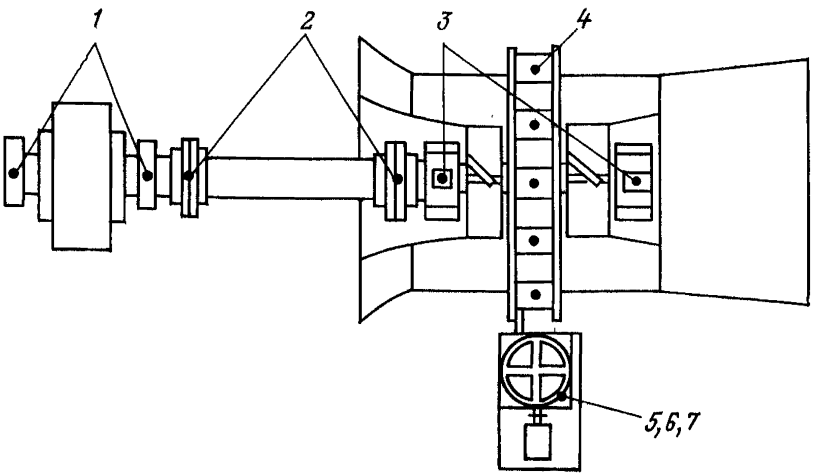


Рис. 3П.2. Карта смазки вентиляторов ВОК-1, ВОКД-1, ВОК-1,5, ВОКД-1,5, ВОКД-1,8, ВОКР-1,8, ВОД-16, ВОД-21

Точки смазки	Наименование узлов и деталей	Смазочный материал	Способ смазки	Периодичность замены и пополнения смазки
1	Подшипники качения или скольжения электродвигателя	Смазка 1-13 жировая или масло индустриальное И-20А ГОСТ 20799—75	Набивка или заливка	Заменяется раз в 3 мес
2	Муфта зубчатая	Смазка 1—13 жировая	Набивка	Заменяется раз в 6 мес, пополняется раз в месяц
3	Подшипники вентилятора	Смазка 1-13 жировая	»	Заменяется раз в 3 мес, пополняется раз в неделю
4	Подшипники лопаток направляющего аппарата	Смазка 1-13 жировая	»	Пополняется раз в месяц
5	Привод направляющего аппарата	Масло индустриальное И-40А ГОСТ 20799—75	Заливка	Пополняется раз в месяц
6	Подшипники винта привода направляющего аппарата	Смазка УС-2 ГОСТ 1033—79	Набивка	Пополняется раз в 3 мес
7	Винт привода направляющего аппарата	Смазка УС-2 ГОСТ 1033—79	Нанесение на резьбу винта	Пополняется раз в месяц

Примечание. Для смазки зубчатых муфт можно применять смесь из 70 % масла индустриального И-40А ГОСТ 20799—75 и 30 % смазки УС-2 ГОСТ 1033—79.

Таблица 3П.3

Карта смазки вентиляторов ВОКД-2,4; ВОКД-3; ВОКД-3,6

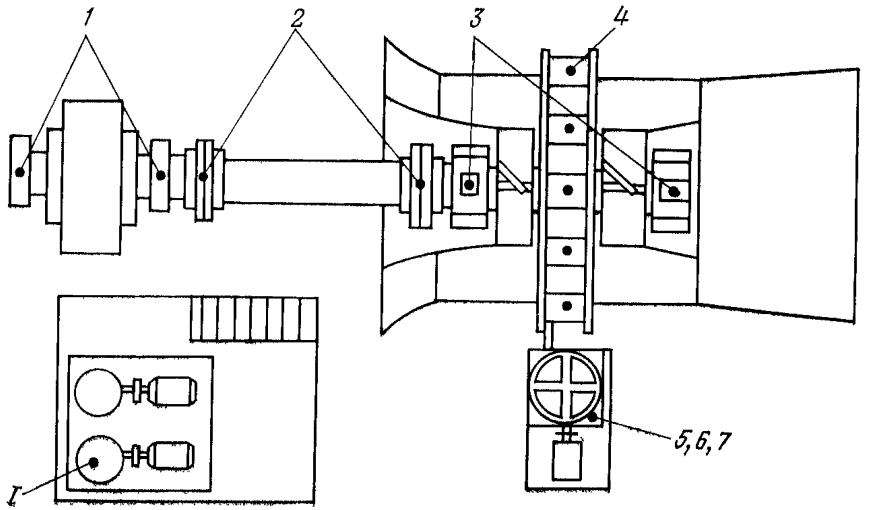


Рис. 3П.3. Карта смазки вентиляторов ВОКД-2,4, ВОКД-3,0, ВОКД-3,6:
I — маслосборник циркуляционной системы маслосмазки

Точки смазки	Наименование узлов и деталей	Смазочный материал	Способ смазки	Периодичность замены и пополнения смазки
1	Подшипники скольжения электродвигателя	Масло индустриальное И-20А ГОСТ 20799—75	Заливка	Заменяется раз в 3 мес, нормальный уровень поддерживается систематически
2	Муфта зубчатая	Смазка 1-13 жировая смазка УС-2 ГОСТ 1033—79	Набивка	Заменяется раз в 6 мес, пополняется раз в месяц
3	Подшипники вентилятора	Масло турбинное $Т_{30}$ ГОСТ 32—74 или смесь индустриального И-50А и индустриального И-20А ГОСТ 20799—75 в равном объеме масел	Заливка	Заменяется в маслосборнике раз в 6 мес, нормальный уровень поддерживается систематически
4	Подшипники лопаток направляющего аппарата	Смазка УС-2 ГОСТ 1033—79	Набивка	Пополняется раз в месяц
5	Привод направляющего аппарата	Масло индустриальное И-40А ГОСТ 20799—75	Заливка	Пополняется раз в месяц

Продолжение табл. 3П.3

Точки смазки	Наименование узлов и деталей	Смазочный материал	Способ смазки	Периодичность замены и пополнения смазки
6	Подшипники винта привода направляющего аппарата	Смазка УС-2 ГОСТ 1033—79	Набивка	Пополняется раз в год
7	Винт привода направляющего аппарата	Смазка УС-2 ГОСТ 1033—79	Нанесение на резьбу винта	Пополняется раз в месяц

Примечание. Для смазки зубчатых муфт можно применять смесь из 70 % масла индустриального И-40А ГОСТ 20799—75 и 30 % смазки УС-2 ГОСТ 1033—79.

Таблица 3П.4

Карта смазки вентиляторов ВОД-30; ВОД-40

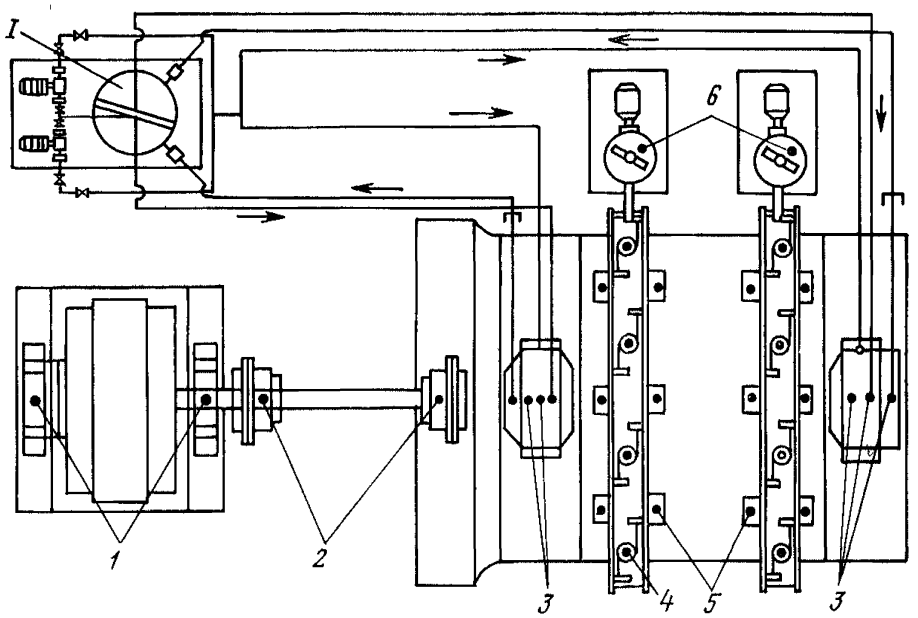


Рис. 3П.4. Карта смазки вентиляторов ВОД-30, ВОД-40:
I — маслосборник циркуляционной системы маслосмазки

Точки смазки	Наименование узлов и деталей	Смазочный материал	Способ смазки	Периодичность замены и пополнения смазки
1	Подшипники скольжения электродвигателя	Масло индустриальное И-30А ГОСТ 20799—75 или масло турбинное $Т_{30}$ ГОСТ 32—74	Заливка	При кольцевой смазке заменяется раз в 3 мес, при циркуляционной смазке заменяется в маслосборнике раз в 6 мес. Нормальный уровень поддерживается систематически

Продолжение табл. 3П.4

Точки смазки	Наименование узлов и деталей	Смазочный материал	Способ смазки	Периодичность замены и пополнения смазки
2	Зубчатая муфта	Смазка 1-13 жировая Смазка УС-2 ГОСТ 1033—79	Набивка	Заменяется раз в 6 мес, пополняется раз в месяц
3	Подшипники рабочего колеса	Масло турбинное $Т_{30}$ ГОСТ 32—74 или смесь в равном объеме масел индустриального И-50А и индустриального 0-20А ГОСТ 20799—75	Заливка	Заменяется в маслосборнике раз в 6 мес
4	Стойка направляющего аппарата	Солидол синтетический ГОСТ 4366—76	Набивка	Пополняется раз в 3 мес
5	Ролики направляющего аппарата	Солидол синтетический ГОСТ 4366—76	»	Пополняется раз в 3 мес
6	Привод направляющего аппарата	Солидол синтетический ГОСТ 4366—76	»	Пополняется раз в 3 мес

Примечания: 1. Для смазки зубчатых муфт можно применять смесь из 70 % масла индустриального И-40А ГОСТ 20799—75 и 30 % смазки УС-2 ГОСТ 1033—79. 2. Вместо солидола синтетического допускается применение смазки 1-13 жировой.

Таблица 3П.5

Карта смазки вентиляторов ВЦО-1; ВЦО-1,5; ВЦО-2,5; ВЦ-25; ВЦО-3,1

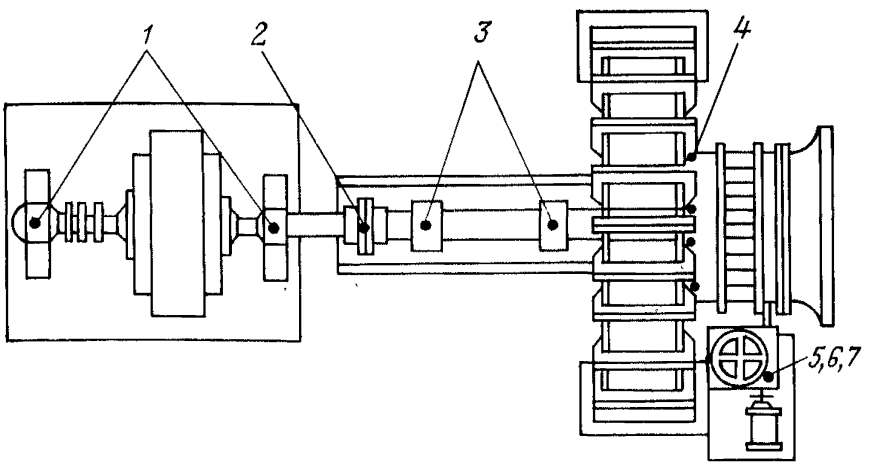


Рис. 3П.5. Карта смазки вентиляторов ВЦО-1, ВЦО-1,5, ВЦО-2,5, ВЦ-25, ВЦО-3,1

Продолжение табл. 3П.5

Точки смазки	Наименование узлов и деталей	Смазочный материал	Способ смазки	Периодичность замены и пополнения смазки
1	Подшипники качения или скольжения электродвигателя	Смазка 1-13 жировая или масло индустриальное И-20А ГОСТ 20799—75	Набивка или заливка	Заменяется раз в 3 мес, нормальный уровень поддерживается систематически
2	Муфта зубчатая	Смазка 1-13 жировая Смазка УС-2 ГОСТ 1033—79	Набивка	Заменяется раз в 6 мес, пополняется раз в месяц
3	Подшипники вентилятора	См. примечание	Заливка	Заменяется каждые 3 мес
4	Подшипники лопаток направляющего аппарата	Смазка УС-2 ГОСТ 1033—79	Набивка	Пополняется раз в месяц
5	Привод направляющего аппарата	Масло индустриальное И-40А ГОСТ 20799—75	Заливка	Пополняется раз в месяц
6	Подшипники винта привода направляющего аппарата	Смазка УС-2 ГОСТ 1033—79	Набивка	Пополняется раз в 3 мес
7	Винт привода направляющего аппарата	Смазка УС-2 ГОСТ 1033—79	Нанесение на резьбу винта	Пополняется раз в месяц

Примечание. Для смазки подшипников вентиляторов применяют следующие смазочные материалы.

Вентилятор	Смазочный материал
ВЦО-1 ВЦО-1,5	Смесь из 70 % масла индустриального И-40А ГОСТ 20799—75 и 30 % смазки УС-2 ГОСТ 1033—79
ВЦ-25 ВЦО-2,5 ВЦО-3,1	Масло индустриальное И-30А ГОСТ 20799—75 или масло турбинное $Т_{30}$ ГОСТ 32—74

Таблица 3П.6

Карта смазки вентилятора ВЦ-32

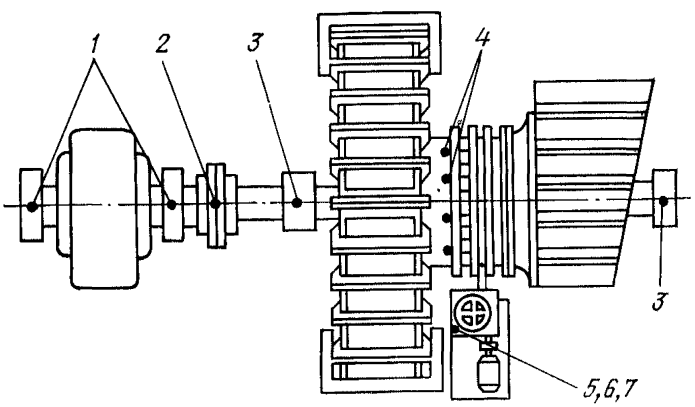


Рис. 3П.6. Карта смазки вентилятора ВЦ-32

Продолжение табл. 3П.6

Точки смазки	Наименование узлов и деталей	Смазочный материал	Способ смазки	Периодичность замены и пополнения смазки
1	Подшипники качения или скольжения электродвигателя	Смазка 1-13 ГОСТ 1631—61 или масло индустриальное И-20А ГОСТ 20799—75	Набивка или заливка	Заменяется раз в 3 мес, нормальный уровень поддерживается систематически
2	Муфта зубчатая	Смазка 1-13 жировая Смазка УС-2 ГОСТ 1033—79	Набивка	Заменяется раз в 6 мес, пополняется раз в месяц
3	Подшипники вентилятора	См. примечание	Заливка	Заменяется каждые 3 мес
4	Подшипники лопаток направляющего аппарата	Смазка УС-2 ГОСТ 1033—79	Набивка	Пополняется раз в месяц
5	Привод направляющего аппарата	Масло индустриальное И-40А ГОСТ 20799—75	Заливка	Пополняется раз в месяц
6	Подшипники винта привода направляющего аппарата	Смазка УС-2 ГОСТ 1033—79	Набивка	Пополняется раз в 3 мес
7	Винт привода направляющего аппарата	Солидол УС-2 ГОСТ 1033—79	Нанесение на резьбу винта	Пополняется раз в месяц

Примечание. Для смазки подшипников вентиляторов применяют масло индустриальное И-30А ГОСТ 20799—75 или масло турбинное $Т_{30}$ ГОСТ 32—74

Таблица 3П.7

Карта смазки вентиляторов ВЦД-2,2; ВЦД-32; ВЦД-32М; ВЦД-3.3

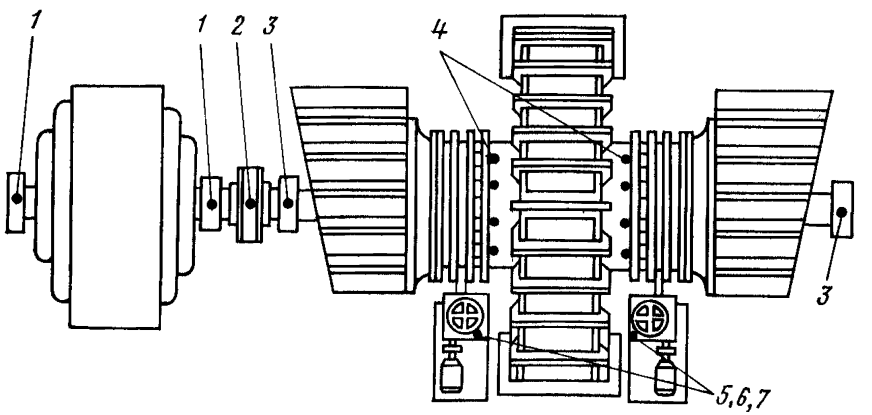


Рис. 3П.7. Карта смазки вентиляторов ВЦД-2,2, ВЦД-32, ВЦД-32М, ВЦД-3,3

Продолжение табл. 3П.7

Точки смазки	Наименование узлов и деталей	Смазочный материал	Способ смазки	Периодичность замены и пополнения смазки
1	Подшипники качения или скольжения электродвигателя	Смазка 1-13 жировая или масло индустриальное И-20А ГОСТ 20799—75	Набивка или заливка	Заменяется раз в 3 мес, нормальный уровень поддерживается систематически
2	Муфта зубчатая	Смазка 1-13 жировая смазка УС-2 ГОСТ 1033—79	Набивка	Заменяется раз в 6 мес, пополняется раз в месяц
3	Подшипники вентилятора	Масло индустриальное И-30А ГОСТ 20799—75, для вентиляторов ВЦД-2,2 допускается смазка 1-13 жировая	Заливка (набивка)	Заменяется раз в 3 мес, пополняется раз в месяц
4	Подшипники лопаток направляющего аппарата	Смазка УС-2 ГОСТ 1033—79	Набивка	Пополняется раз в месяц
5	Привод направляющего аппарата	Масло индустриальное И-40А ГОСТ 20799—75	Заливка	Пополняется раз в месяц
6	Подшипники винта привода направляющего аппарата	Смазка УС-2 ГОСТ 1033—79	Набивка	Пополняется раз в месяц
7	Винт привода направляющего аппарата	Смазка УС-2 ГОСТ 1033—79	Нанесение на резьбу винта	Пополняется раз в месяц

Примечание. Для смазки зубчатых муфт можно применять смесь из 70 % масла индустриального И-40А ГОСТ 20799—75 и 30 % смазки УС-2 ГОСТ 1033—79.

Таблица 3П.8

Карта смазки вентиляторов ВЦ-4; ВЦ-5

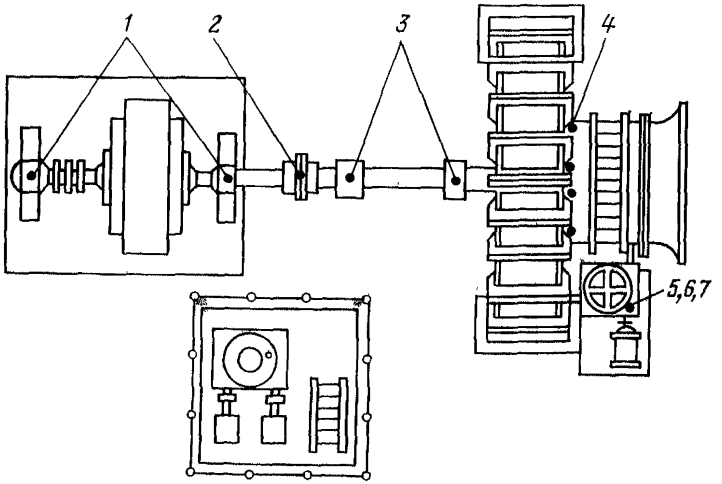


Рис. 3П.8. Карта смазки вентиляторов ВЦ-4, ВЦ-5

Точки смазки	Наименование узлов и деталей	Смазочный материал	Способ смазки	Периодичность замены и пополнения смазки
1	Подшипники скольжения двигателя	Масло турбинное $Т_{30}$ ГОСТ 32—74 или смесь в равном объеме масел индустриального И-50А и индустриального И-20А ГОСТ 20799—75	Заливка	Заменяется в маслосборнике раз в 6 мес, нормальный уровень поддерживается систематически
3	Подшипники вентиляторов			
2	Муфта зубчатая	Смазка 1-13 жировая смазка УС-2 ГОСТ 1033—79	Набивка	Заменяется раз в 6 мес, пополняется раз в месяц
4	Подшипники лопаток направляющего аппарата	Смазка УС-2 ГОСТ 1033—79	»	Пополняется раз в месяц
5	Винт привода направляющего аппарата	Смазка УС-2 ГОСТ 1033—79	Нанесение на резьбу винта	Пополняется раз в месяц
6	Подшипники винта привода направляющего аппарата	Смазка УС-2 ГОСТ 1033—79	Набивка	Пополняется раз в год
7	Привод направляющего аппарата	Масло индустриальное И-40А ГОСТ 20799—75	Заливка	Пополняется раз в год

Примечание. Для смазки зубчатых муфт можно применять смесь из 70 % масла индустриального И-40А ГОСТ 20799—75 и 30 % смазки УС-2 ГОСТ 1033—79.

Таблица 3П.9

Карта смазки вентилятора ВЦ-45

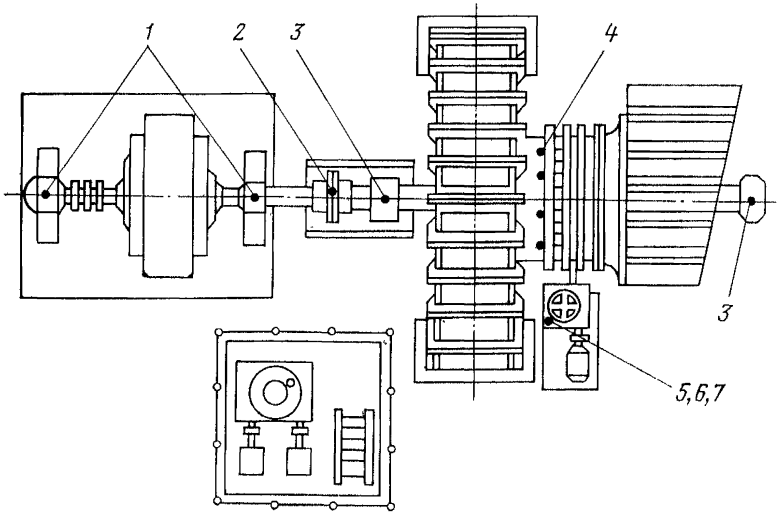


Рис. 3П.9. Карта смазки вентилятора ВЦ-45

Точки смазки	Наименование узлов и деталей	Смазочный материал	Способ смазки	Периодичность замены и пополнения смазки
1	Подшипники скольжения двигателя	Масло турбинное $Т_{30}$ ГОСТ 32—74 или смесь в равном	Заливка	Заменяется в маслосборнике раз в 6 мес, нормальный уровень поддерживается систематически
3	Подшипники вентилятора	объеме масел индустриального И-50А и индустриального И-20 ГОСТ 20799—75		
2	Муфта зубчатая	Смазка 1-13 жировая Смазка УС-2 ГОСТ 1033—79	Набивка	Заменяется раз в 6 мес, пополняется раз в месяц
4	Подшипники лопаток направляющего аппарата	Смазка УС-2 ГОСТ 1033—79	»	Пополняется раз в месяц
5	Винт привода направляющего аппарата	Смазка УС-2 ГОСТ 1033—79	Нанесение на резьбу винта	Пополняется раз в месяц
6	Подшипники винта привода направляющего аппарата	Смазка УС-2 ГОСТ 1033—79	Набивка	Пополняется раз в год
7	Привод направляющего аппарата	Масло индустриальное И-40А ГОСТ 20799—75	Заливка	Пополняется раз в год

Примечание. Для смазки зубчатых муфт можно применять смесь из 70 % масла индустриального И-40А ГОСТ 20799—75 и 30 % смазки УС-2 ГОСТ 1033—79.

Таблица 3П.10

Карта смазки вентиляторов ВЦД-40, ВЦД-47

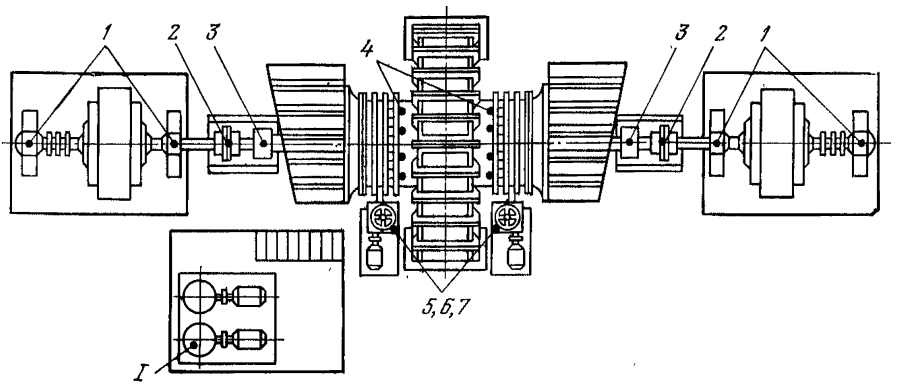


Рис. 3П.10. Карта смазки вентиляторов ВЦД-40, ВЦД-47:
1 — маслосборник циркуляционной системы смазки

Точки смазки	Наименование узлов и деталей	Смазочный материал	Способ смазки	Периодичность замены и пополнения смазки
1	Подшипники скольжения электродвигателя	Масло турбинное $Т_{30}$ ГОСТ 32—74 или смесь в равном объеме масел индустриального И-50А и индустриального И-20А ГОСТ 20799—75	Заливка	Заменяется в маслосборнике раз в 6 мес, нормальный уровень поддерживается систематически
3	Подшипники качения вентилятора			
2	Муфта зубчатая	Смазка 1-13 жировая Смазка УС-2 ГОСТ 1033—79	Набивка	Заменяется раз в 6 мес, пополняется раз в месяц
4	Подшипники лопаток направляющего аппарата	Смазка УС-2 ГОСТ 1033—79	То же	Пополняется раз в год
5	Винт привода направляющего аппарата	Смазка УС-2 ГОСТ 1033—79	Нанесение на резьбу винта	Пополняется раз в месяц
6	Подшипники винта привода аппарата	Смазка УС-2 ГОСТ 1033—79	Набивка	Пополняется раз в год
7	Привод направляющего аппарата	Масло индустриальное И-40А ГОСТ 20799—75	Заливка	Пополняется раз в месяц

Примечание. Для смазки зубчатых муфт можно применять смесь из 70 % масла индустриального И-40А ГОСТ 20799—75 и 30 % смазки УС-2 ГОСТ 1033—79.

Таблица 3П.11

Карта смазки вентилятора ВРЦД-4,5

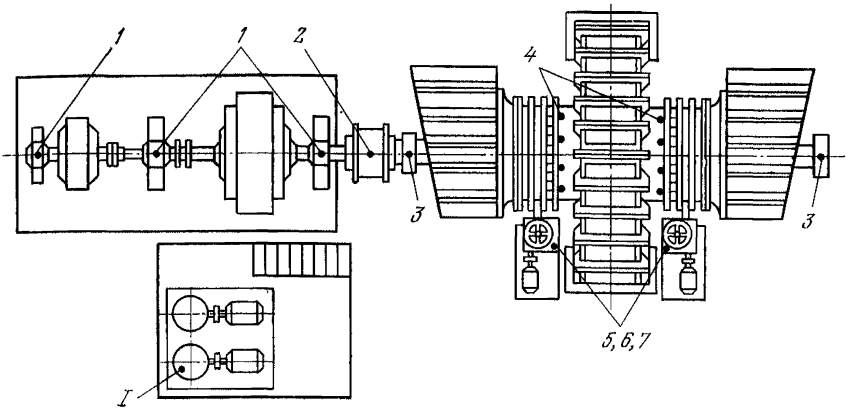


Рис. 3П.11. Карта смазки вентилятора ВРЦД-4,5:
1 — маслосборник циркуляционной системы смазки

Точки смазки	Наименование узлов и деталей	Смазочный материал	Способ смазки	Периодичность замены и пополнения смазки
1	Подшипники скольжения электродвигателя	Масло турбинное $Т_{30}$ ГОСТ 32—74 или смесь в равном объеме масел индустриальное И-50А и индустриальное И-20А ГОСТ 20799—75	Заливка	Заменяется в маслосбросник раз в 6 мес, нормальный уровень поддерживается систематически
3	Подшипники качения вентилятора			
2	Муфта зубчатая	Смазка 1-13 жировая смазка УС-2 ГОСТ 1033—79	Набивка	Заменяется раз в 6 мес, пополняется раз в месяц
4	Подшипники лопаток направляющего аппарата	Смазка УС-2 ГОСТ 1033—79	»	Пополняется раз в год
5	Винт привода направляющего аппарата	Смазка УС-2 ГОСТ 1033—79	Нанесение на резьбу винта	Пополняется раз в месяц
6	Подшипники винта привода аппарата	Смазка УС-2 ГОСТ 1033—79	Набивка	Пополняется раз в год
7	Привод направляющего аппарата	Масло индустриальное И-40А ГОСТ 20799—75	Заливка	Пополняется раз в месяц

Примечание. Для смазки зубчатых муфт можно применять смесь из 70 % масла индустриального И-40А ГОСТ 20799—75 и 30 % смазки УС-2 ГОСТ 1033—79.

НЕИСПРАВНОСТИ ВЕНТИЛЯТОРНЫХ УСТАНОВОК

Характер неисправностей	Возможные причины	Способы устранения
	Неисправности подшипников скольжения	
1. Перегрев подшипника (допустимая температура перегрева см. 3.1.12)	1. Уменьшение или прекращение подачи масла: а) у подшипников с кольцевой смазкой вследствие защемления смазочных колец, намагничивания стальных колец, увеличения вязкости или загрязнения масла, неправильной формы колец, низкого уровня масла в подшипнике	Деформированные кольца отрихтовать или заменить новыми, стальные кольца заменить латунными, отработанное масло заменить новым, проверить уровень масла
	б) у подшипников с принудительной смазкой вследствие засорения маслопровода или масляного фильтра, неисправности маслонасосов, слишком малых отверстий в каком-либо фланцевом соединении, понижения уровня масла в напорном баке	Проверить маслопроводы, масляный фильтр и маслонасос; проверить отверстия во фланцевых соединениях и при необходимости увеличить их до нормальных размеров, проверить уровень масла в напорном баке
	2. Загрязнение масла механическими примесями от маслопроводов и остатками формовочной земли	Очистить и промыть всю масляную систему и масляные камеры подшипников, заменить масло, уплотнить подшипники
	3. Попадание воды в масло через неплотности в маслоохладительной системе	Устранить неплотности в маслоохладителе
	4. Недостаточный отбор тепла у масла в маслоохладителе	Увеличить подачу охлаждающей воды, повысить эффективность охлаждающего вентилятора или заменить его
	5. Использование масла несоответствующего сорта	Заменить масло
	6. Слишком мал радиальный зазор между вкладышем и шейкой вала или плохо подогнан вкладыш	Произвести регулировку зазора и подгонку вкладышей (см. 3.1.5)
	7. Шейка вала стала шероховатой из-за разъединения блуждающими токами в подшипниках или из-за использования масла меньшей вязкости	Прошлифовать шейку вала. Устранить токи в подшипниках. Определить сорт масла и в случае несоответствия требуемому заменить его

Характер неисправностей	Возможные причины	Способы устранения
1. Перегрев подшипника (допустимая температура перегрева см. 3.1.12)	8. Дефект заливки вкладышей (отслаивание баббита, наличие пор, изменение структуры и т. п.). Материал заливки (баббит) не соответствует условиям работы подшипника по удельному давлению и скорости	Перезалить вкладыши
	9. Неправильная центровка валов. Деформирован вал или его шейки	Исправить центровку. Устранить деформацию вала или заменить его
	10. Увеличенное радиальное давление на подшипник из-за одностороннего магнитного притяжения между ротором и статором	Отрегулировать зазор между ротором и статором
	11. Осевое давление на подшипники вследствие сдвига ротора или недостаточных зазоров между торцами вкладышей и галтелями вала	Устранить осевой сдвиг ротора; отрегулировать зазоры между вкладышами подшипников и галтелями вала
2. Течь масла из подшипников с кольцевой смазкой	1. Чрезмерный уровень масла в корпусе подшипника	Установить уровень масла по контрольной черте на маслоуказателе. При отсутствии контрольной черты руководствоваться тем, что смазочное кольцо должно быть погружено в масло на $\frac{1}{4}-\frac{1}{5}$ своего диаметра
	2. Слишком малы отверстия для стока масла в кольцевых канавках у торца вкладыша	Увеличить диаметр отверстия стока масла или их число
	3. Слишком велико вентилирующее действие вращающихся частей машины, вследствие чего воздух продувается через подшипник и выгоняет масло по валу	Установить дополнительные уплотнения из кожаных, фетровых шайб или маслостойкой резины. Установить у подшипников воздухоотражательные экраны из листового железа или других материалов
3. Течь масла из подшипников с принудительной смазкой	1. Обильная подача масла; слишком велико давление масла в напорном маслопроводе; слишком мало отверстие для стока масла в корпусе подшипника или в сливном патрубке	Отрегулировать подачу масла; понизить давление масла перед подшипником (до 0,25—0,5 даН/см²); увеличить отверстие для стока масла в корпусе подшипника или в сливном патрубке
	2. Изношены или плохо подогнаны лабиринтные уплотнения	Подогнать уплотнения по валу. Изношенные уплотнения заменить новыми

Характер неисправностей	Возможные причины	Способы устранения
3. Течь масла из подшипников с принудительной смазкой	3. Масло просачивается через контактную поверхность крышки и корпуса подшипника, верхних и нижних частей лабиринтных уплотнений или через неплотности в верхних частях маслоулавливающих козырьков	Смазать контактную поверхность пастой «Герметик». Прорубить в крышке и корпусе подшипника маслоулавливающие канавки размером не менее 8×6 мм, в корпусе дополнительно просверлить сливные отверстия диаметром 6—8 мм: проверить плотность установки маслоулавливающих козырьков
	4. Количество лабиринтных уплотнений недостаточно или они несовершенны по конструкции	Установить дополнительные лабиринтные уплотнения или заменить существующие более совершенными
	Неисправности подшипников качения	
1. Перегрев подшипника	1. Наличие в подшипнике посторонних частиц, загрязнение смазки	Удалить из подшипника отработанную смазку, промыть его и заправить свежей
	2. Избыток смазки в подшипнике	Уменьшить количество смазки
	3. Большое трение между сальниковым уплотнением и валом	Ослабить плотность сальникового уплотнения или заменить его новым
	4. В подшипнике отсутствуют осевые зазоры, необходимые для компенсации температурного удлинения вала (наружное кольцо упирается в боковую крышку подшипника или тугая посадка наружного кольца в подшипниковом щите)	Установить необходимые осевые зазоры с помощью прокладок между фланцевой крышкой подшипника и его корпусом, либо соответствующей проточкой этой крышки подшипника. Обеспечить требуемую посадку наружного кольца подшипника в корпусе шабровкой
	5. Износ или разрушение деталей подшипника	Заменить подшипник
	6. Чрезмерная нагрузка на подшипники (неправильно выбран подшипник)	Проверить соответствие подшипника заводским и проектным данным
	7. Перекос подшипника в корпусе. Центровка валов неудовлетворительная	Выставить корпус подшипника. Улучшить центровку валов
	8. Защемление наружного кольца подшипника в горизонтальном направлении	Проверить и при необходимости правильно выставить плиту или расшабрить посадочное место корпуса; выполнить «холодильники»

Продолжение прилож.

Характер неисправностей	Возможные причины	Способы устранения
2. Из подшипника выбрасывается масло	1. В подшипнике избыток смазки	Уменьшить количество смазки
	2. Выбран несоответствующий сорт смазки — слишком низка температура ее каплепадения	Обеспечить смазку требуемого сорта согласно карте смазки
	3. Износ уплотнений	Заменить уплотнения
3. Ненормальный шум в подшипнике, часто сопровождающийся перегревом подшипника	1. Наличие в подшипнике посторонних частиц, загрязнена смазка	Удалить старую смазку, промыть подшипник керосином и заполнить новой смазкой
	2. Сепаратор задевает за сопряженные с подшипником детали	Вскрыть подшипник и устранить задевание
	3. Подшипник чрезмерно изношен, дорожки и тела качения повреждены	Заменить подшипник
	4. Дефекты в сопряженных узлах установки (колесах, промежуточных валах, двигателях) или неудовлетворительная центровка вызывают удары и толчки	Проверить все узлы вентиляторной установки и устранить обнаруженные дефекты Улучшить центровку валов
	5. Нарушение посадки подшипника на вал	Восстановить шейку вала или заменить вал, т. е. обеспечить требуемую посадку. В подшипниках с конусной втулкой подтянуть закрепительную гайку
	6. Нарушение контакта роликоподшипника из-за недопустимого осевого смещения колец относительно друг друга	Правильно выставить подшипник
	7. Не выдержан уровень смазки (ниже оси нижнего ролика)	Добавить смазки
	8. Вибрация подшипникового узла из-за отсутствия жесткой связи с фундаментом	Обеспечить жесткую связь подшипникового узла с фундаментом (крепление, подливка, прокладки)

Характер неисправностей	Возможные причины	Способы устранения
Вибрации вентиляторов и электродвигателей		
Осевые колебания		
1. Неуравновешенность вращающихся частей	1. Небаланс рабочих колес вентиляторов вследствие неравномерного коррозийного износа, попадания воды и штыба в пустотелые лопатки, образования вязких пыльных отложений (налетов) на колесах, попадания воды и образования льда в центробежных вентиляторах между коренным диском и обтекателями (особенно в вентиляторах ВЦД-2)	Очистить вентилятор от коррозии, пыльных наслоений, льда. Удалить воду и штыб из пустотелых лопаток Окрасить вентилятор и произвести балансировку рабочих колес
	2. Небаланс рабочего колеса после ремонта (замены) всех или части лопаток в результате неправильного подбора и установки по величинам их моментов или массы	Замену лопаток производить в соответствии с данными, приведенными в 3.1.2. Произвести балансировку рабочего колеса
	3. Небаланс соединительной муфты	Снять муфту и отбалансировать ее или заменить новой
	4. Небаланс ротора электродвигателя	Отбалансировать ротор
	5. Ослабление посадки полюсных катушек роторов синхронных электродвигателей	Установить в нормальное положение сдвинувшиеся катушки и укрепить их. При необходимости произвести дополнительную балансировку ротора
2. Неисправности механической части	1. Неудовлетворительная центровка валов	Исправить центровку валов
	2. Нарушение крепления вращающихся частей на валу (рабочие колеса, обтекатели, соединительные муфты, роторы электродвигателей)	Закрепить вращающиеся части на валу при помощи устройств, предусмотренных для этих целей. В случае отсутствия таких устройств обратиться за консультацией на завод-изготовитель
	3. Лабиринтные уплотнения подшипников или маслоулавливающие кольца задевают за вал	Подогнать уплотнения или кольца по валу, обеспечив необходимый зазор

Характер неисправностей	Возможные причины	Способы устранения
2. Неисправности механической части	4. Неисправности соединительной муфты. Полумуфты насажены на вал с перекосом. Одна или обе зубчатые втулки имеют недопустимое биение. В пальцевой муфте пальцы неправильно установлены или изношены. В зубчатой муфте подработаны зубья (износ более 15%), неполное зацепление зубьев втулки зубчатой обоймой по длине. Слишком мал или велик зазор между полумуфтами	Проверить правильность посадки и биение обеих зубчатых втулок муфты. Устранить повышенное биение полумуфт. Правильно установить пальцы или заменить их новыми. Отрегулировать зацепление в зубчатой муфте Отрегулировать зазор между полумуфтами, если это сделать невозможно, то следует заменить муфту
	5. Овальность шеек вала, изгиб вала	Проверить биение вала и его шеек. Овальность шеек исправить проточкой или шлифовкой. Изгиб вала устранить специальной правкой (механическим или термическим способом)
	6. Чрезмерный (более 0,05 мм) зазор между вкладышем и крышкой подшипника	Проверить правильность сборки подшипникового узла и отрегулировать радиальный зазор между крышкой подшипника и верхним вкладышем
	7. Увеличенный зазор между наружным кольцом подшипника качения и крышкой подшипника	Подшабрить корпус и крышку подшипника по разъему и обеспечить требуемую посадку наружного кольца
	8. Износ посадочного места шейки вала	Восстановить шейку вала или заменить вал
	9. Недостаточна жесткость корпусов подшипников, фундамента в целом или отдельных его частей	Предварительно убедиться в том, что другие причины вибрации отсутствуют. Обратиться за консультацией на завод-изготовитель
	10. Нарушение жесткой связи вентилятора (двигателя) с фундаментом, ослабла затяжка анкерных болтов или болтов, крепящих корпуса подшипников к фундаментной плите; неправильно размещены монтажные клинья между фундаментной плитой и фундаментом или недостаточно их число: неправильно залита фундаментная плита	Проверить затяжку анкерных болтов и болтов крепления корпусов подшипников, проверить монтаж машин. В случае необходимости установить дополнительные клинья и вновь залить фундаментную плиту

Характер неисправностей	Возможные причины	Способы устранения
2. Неисправности механической части	11. Нарушено крепление станины с кожухом у вентиляторов серии В, ВУПД, ВОКД	Закрепить кожух
3. Аэродинамические неисправности	1. Работа вентилятора в неустойчивой зоне	Уменьшить угол установки лопаток в осевых вентиляторах или частично перекрыть направляющий аппарат центробежных вентиляторов (до устранения причин, вызвавших изменение характеристики шахтной сети). В центробежных вентиляторах повышенная вибрация может возникать при работе в режимах, близких к режиму «закрытой задвижки». Перекрытие направляющих аппаратов в этих случаях вызовет усиление вибрации
	2. Слишком велика разность углов установки отдельных лопаток на рабочем колесе	Проверить углы установки лопаток и выставить их на требуемый угол
	3. Рассогласованность в установке лопаток направляющих аппаратов вследствие неправильной установки их при монтаже или заклинивании отдельных лопаток в опорах в процессе эксплуатации вентилятора	Правильно выставить лопатки направляющих аппаратов. Смазать шарнирные соединения. Заменить капроновые втулки на бронзовые
	4. Рассогласование в углах установки левого и правого направляющих аппаратов на вентиляторах ВЦД (при питании привода левого и правого направляющих аппаратов от одного пускового устройства и наличии некоторого отставания в повороте лопаток одного аппарата по отношению к другому)	Приводы левого и правого направляющих аппаратов питать от индивидуальных пусковых устройств
4. Ненормальные электромагнитные явления в электродвигателях	1. Короткое замыкание в фазной обмотке ротора асинхронного двигателя (замыкание на землю обмотки ротора в двух местах). Машина вибрирует с частотой скольжения	Заменить поврежденные катушки (секции) новыми или перемотать их

Характер неисправностей	Возможные причины	Способы устранения
4. Ненормальные электромагнитные явления в электродвигателях	2. Междувитковое соединение или замыкание на корпус в двух местах обмотки возбуждения синхронного двигателя	Отремонтировать поврежденные части обмотки возбуждения
	3. Неравномерность зазора между ротором и статором превышает допустимые величины	Отрегулировать зазор между ротором и статором
5. Осевой сдвиг и осевые колебания ротора приводного электродвигателя	1. При пуске двигателя ротор смещается в сторону одного из подшипников, а при выбеге осевые колебания ротора отсутствуют. Несовпадение магнитных осей статора и ротора из-за неправильной установки статора	Передвинуть статор в сторону, противоположную сдвигу, до совпадения их магнитных осей
	2. Неравномерная подработка сопрягаемых частей соединительной муфты; недостаточная смазка; наличие забоин, заусениц, коррозии, заедания в сопрягаемых частях полумуфт. Имеет место осевое перемещение ротора	Очистить сопрягаемые части полумуфт от коррозии, устранить забоины и заусенцы. При повышенном износе сопрягаемых частей муфты заменить
	Неисправности электрических машин	
6. Двигатель (синхронный или асинхронный) не идет в ход или идет в ход, но не разворачивается до нормальной частоты вращения Величина тока во всех трех фазах одинаковая	1. Слишком велика нагрузка при пуске	Снизить нагрузку при пуске (проверить закрытие направляющих аппаратов)
	2. Междувитковое соединение в некоторых катушках обмотки возбуждения (для синхронных двигателей)	Найти неисправные катушки, отремонтировать их или заменить новыми
	3. Неисправный пусковой реостат (для асинхронных двигателей с фазным ротором)	Найти и устранить неисправность
7. То же, что и в п. 6, но в роторе иногда появляются вспышки или искрение	1. Плохой контакт в короткозамкнутой (пусковой) обмотке	Проверить все контакты короткозамкнутой (пусковой) обмотки. Обнаруженные неисправности устранить
8. Двигатель (синхронный или асинхронный) не идет в ход и сильно гудит	1. Неправильно соединены катушки одной фазы; одна или несколько катушек «перевернуты»	Проверить схему соединения обмоток двигателя (см. 4.4.6)
	2. Междувитковое соединение в обмотке статора	Найти неисправную обмотку и отремонтировать ее

Характер неисправностей	Возможные причины	Способы устранения
Величина тока во всех трех фазах различна. Часть обмотки статора сильно нагревается	3. Обмотка одной фазы замкнута на землю в двух местах	Найти при помощи мегомметра или контрольной лампы место замыкания на землю и устранить это замыкание; в случае надобности перемотать поврежденные катушки
	4. Короткое замыкание между двумя фазами	Найти место короткого замыкания. Поврежденное место отремонтировать или же перемотать поврежденную часть обмотки
9. Синхронный двигатель плохо входит в синхронизм	1. Нагрузка на валу двигателя выше номинальной. Пуск осуществляется с разрядным сопротивлением в цепи обмотки возбуждения синхронного двигателя	Снизить нагрузку до номинальной изменением угла установки лопаток рабочих колес или лопаток (закрылков) направляющих аппаратов
	2. Нагрузка на валу двигателя в момент входа в синхронизм выше 40—60% номинальной Пуск осуществляется с глухим подключением якоря возбудителя на обмотку возбуждения синхронного двигателя	Снизить нагрузку на время пуска с последующим увеличением ее после входа двигателя в синхронизм. Если нагрузку на время пуска снизить невозможно, то пуск двигателя следует осуществлять по схеме с разрядным сопротивлением в цепи обмотки возбуждения двигателя
	3. Недостаточная величина тока возбуждения двигателя	При пуске установить регулятор возбуждения в положение, соответствующее 1—1,2 номинального тока возбуждения двигателя. После входа двигателя в синхронизм установить нормальную величину тока возбуждения
	4. Недостаточная величина разрядного сопротивления в цепи обмотки возбуждения двигателя	Увеличить разрядное сопротивление до величины $10R_в$, где $R_в$ — сопротивление обмотки возбуждения двигателя, Ом (см. 4.6.3)
	5. Преждевременно включился контактор подачи возбуждения	Произвести наладку схемы пуска так, чтобы контактор подачи возбуждения включался при достижении двигателем 97—98 % синхронной частоты вращения
	6. Слишком велико падение напряжения сети при пуске двигателя	При пуске двигателя включить обе линии электропередачи, питающие вентиляторную установку, временно отключить часть потребителей Увеличить сечение питающих линий электропередачи

Характер неисправностей	Возможные причины	Способы устранения
10. Самопроизвольное изменение тока возбуждения синхронного двигателя во время работы	1. Неустойчивая работа возбудителя из-за смещения щеток возбудителя с нейтрали	Установить щетки на нейтраль (см. 4.4.2)
	2. Неустойчивая работа возбудителя из-за его работы на прямолинейной части нагрузочной характеристики	Питать обмотку возбуждения от независимого источника или ввести добавочное сопротивление в роторную цепь синхронного двигателя (при отсутствии источника независимого возбуждения)
11. Возбудитель не возбуждается	1. Генератор потерял остаточный магнетизм	Намагнитить машину от постороннего источника (аккумуляторной батареи, от другой машины и т. п.), для чего пропустить ток через параллельную обмотку возбуждения возбудителя. Включать и выключать ток следует через реостат во избежание пробоя изоляции обмотки
	2. Неправильное положение щеток	Проверить нейтраль и правильно установить щетки (см. 4.4.2)
	3. Параллельная обмотка возбуждения неправильно соединена с якорем Вследствие этого действие самовозбуждения машины противоположно действию остаточного магнетизма	Произвести пересоединение обмотки возбуждения
	4. Сопротивление цепи возбуждения слишком велико (выше критического). Часто причиной служит загрязнение контактов регулятора	В случае увеличенного сопротивления цепи возбуждения уменьшить величину нерегулируемой части сопротивления. Просмотреть и зачистить контакты регулятора возбуждения
	5. Неисправность в цепи обмотки возбуждения или в цепи якоря возбудителя межвитковое соединение или короткое замыкание; обрыв цепи и т. п.	Найти повреждение и устранить

Характер неисправностей	Возможные причины	Способы устранения
12. Повышенный износ контактных колец (коллектора) либо чрезмерно большой износ щеток	1. Выбрана неподходящая марка щеток; при повышенном износе коллектора (контактных колец) — слишком твердая марка щеток; при чрезмерном износе щеток — слишком мягкие, либо не соответствующие по плотности тока или окружной скорости	Установить щетки, рекомендуемые заводом-изготовителем. При отсутствии заводских данных см. 4.4.2
	2. Слишком велико давление щеток на коллектор (контактные кольца)	Установить давление в соответствии с данными завода-изготовителя
	3. Вибрирует якорь (ротор)	Установить причину и устранить вибрацию
	4. На коллекторе (контактных кольцах) применены щетки различных, в том числе и неподходящих, марок, в результате чего на поверхности коллектора (контактных колец) получаются кольцевые дорожки	Установить одинаковые щетки на всей машине в соответствии с данными завода-изготовителя Если это невыполнимо, на каждый бракет установить щетки одной марки
	5. Щитки сильно искрят из-за плохой коммутации	Наладить коммутацию
	6. Щетки сильно изнашиваются из-за того, что поверхность коллектора (контактных колец) стала неровной либо загрязнена пылью от щеток, посторонней металлической, песчаной или цементной пылью	Прочистить и отшлифовать коллектор (контактные кольца). Улучшить уход за коллектором (контактными кольцами). Оградить машину от попадания в нее пыли
13. Повышенное искрение щеток возбудителя	1. Щетки сдвинуты с нейтрали	Установить щетки на нейтраль (см. 4.4.2)
	2. Щетки имеют неровную обгоревшую рабочую поверхность; плохо прошлифованы; их края обломаны или обгорели	Тщательно пришлифовать щетки к коллектору стеклянной шкуркой (см. 4.4.2)
	3. Размеры обойм щеткодержателей не соответствуют размерам щеток (слишком велик или слишком мал зазор между щетками и обоймой щеткодержателя)	Поставить щетки требуемого размера
	4. Щетки слабо или слишком сильно прилегают к коллектору	Отрегулировать нажатие щеток

Характер неисправностей	Возможные причины	Способы устранения
13. Повышенное искрение щеток возбудителя	5. Между пластинами коллектора выступает изоляция	Продорожить изоляцию между пластинами коллектора на глубину 1,5—2 мм (см. 4.4.2). После этого коллектор, в случае надобности, проточить и отшлифовать стеклянной шкуркой
	6. Коллектор имеет биение	Проточить, продорожить и отшлифовать коллектор
	7. Неисправности в цепи якоря; короткое замыкание; недостаточен контакт; обрыв в якоре и т. п.	Найти и устранить неисправность

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

ПРИМЕРНЫЙ ГРАФИК ПРОИЗВОДСТВА ОСНОВНЫХ РАБОТ ПО РЕВИЗИИ И НАЛАДКЕ ГЛАВНЫХ ВЕНТИЛЯТОРНЫХ УСТАНОВОК

Дни наладки	Основные работы
1-й	Проведение инструктажа на рабочем месте по технике безопасности. Ознакомление с отчетом по предыдущей наладке установки. Получение сведений от обслуживающего персонала шахты о всех замеченных неисправностях в работе установки. Проверка внешним осмотром работающего агрегата. Устранение дефектов, которые могут привести к аварии. Проведение внешнего осмотра всей установки. При этом необходимо установить: недостающие средства защиты в соответствии с требованиями ПБ; недостающие приборы, аппараты, оборудование и запасные части для замены изношенных деталей; необходимые материалы для производства монтажных и ремонтных работ. По результатам внешнего осмотра составить заявки на необходимое оборудование, материалы и запасные части
2-й	Проверка технической документации на отдельные узлы. Ревизия и наладка подшипника рабочего колеса. Проверка фундамента и бетонных сооружений. Наладка аппаратуры контроля температуры подшипников
3-й	Ревизия и наладка радиального подшипника рабочего колеса
4-й	Ревизия рабочего колеса, направляющего аппарата приводной колонки, закрылков направляющего аппарата
5-й	Ревизия и наладка подшипников скольжения приводного электродвигателя. Измерение и регулировка воздушного зазора между статором и ротором электродвигателя
6-й	Ревизия зубчатых муфт и проверка центровки рабочего колеса с промежуточным валом и промежуточного вала с приводным электродвигателем
7-й	Ревизия и наладка системы маслосмазки, проверка защиты при исчезновении давления масла. Проверка схемы маслосмазки и сигнализации

Дни наладки	Основные работы
8-й	Ревизия и наладка вспомогательных устройств вентиляторных установок. Настройка концевых выключателей. Проверка схемы управления узлов вспомогательных устройств
9-й	Проверка и настройка станции управления синхронного электродвигателя. Проверка синхронного электродвигателя. Проверка максимальной токовой, нулевой защит и защиты от асинхронного режима синхронного двигателя. Ревизия масляного выключателя и привода масляного выключателя
10-й	Проверка и наладка схемы дистанционного управления вентилятора. Наладка самопишущих приборов производительности и напора вентиляторов
11-й	Устранение дефектов, выявленных во время ревизии и наладки вентилятора
12-й	Испытание вентилятора после наладки. Окончательная настройка и наладка на заданный режим. Включение вентилятора в работу. Изменение мощности, потребляемой электродвигателем. Измерение давления и производительности вентилятора. Составление протокола контрольных испытаний установки. Инструктаж обслуживающего персонала

Примечания: 1. График составлен применительно к вентиляторам ВОКД-2,4 с синхронным двигателем и дистанционным управлением. Для других типов вентиляторов график составляется аналогично с учетом особенностей этих машин. При составлении графика принят восьмичасовой рабочий день. 2. Рекомендуемая в графике последовательность работ по ревизии и наладке вентиляторной установки является целесообразной с точки зрения своевременного выявления и устранения возможных неисправностей. В зависимости от конкретных условий эта последовательность может быть несколько изменена.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ИНСТРУМЕНТА, ПРИБОРОВ И УСТРОЙСТВ, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ ПО РЕВИЗИИ И НАЛАДКЕ ГЛАВНЫХ ВЕНТИЛЯТОРНЫХ УСТАНОВОК (НА ОДНУ БРИГАДУ)

Набор рожковых ключей	2
Набор торцовых ключей	1
Динамометрические ключи	2
Напильники разные	6
Зубилья слесарные	3
Зубилья кузнечные	2
Молотки слесарные 400 г	2
То же 800 г	2
Кувалды 2 кг	1
То же 6 кг	2
Ключи трубные № 2	2
Щупы клиновые	2
Набор моторных щупов длиной 700 мм	1
Щупы слесарные № 2, 3, 4	3
Линейка лекальная	1
Штангенциркуль 0—300 мм	1
Набор микрометров 0—300 мм	1

Набор микрометрических нутромеров 0—600 мм	1
Рулетка стальная длиной 10 м	1
Метр металлический складной	2
Уровень валовый с ценой деления 0,1 или 0,05 мм	1
Уровень рамный с ценой деления 0,05 мм	1
Комплект центровочных приспособлений	2
Индикаторы часового типа 0—10 мм	4
Анемометр чашечный	1
То же крыльчатый	1
Шаберы разные	4
Секундомер механический СМ-60	1
Динамометр на 0,5—10 даН	1
То же на 5—200 даН	1
Тиски	1
Таль 10 кН	1
Стропы	4
Домкраты гидравлические 200 кН	2
Съемник гидравлический 500 кН	1
Ломики	2
Монтировки	2
Ножницы по металлу	1
Угломер для замера угла установки лопаток рабочих колес осевых вентиляторов	1
Трубка резиновая диаметром 6—8 мм	
Термометры 0—100 °С	2
То же 50—150 °С	1
Отвертки (комплект)	1
Плоскогубцы	2
Круглогубцы	1
Кусачки	1
Бокорезы	1
Ручная дрель	1
Электросверлилка И-28	1
Диэлектрические перчатки	1
Аптечка	1
Комплект плакатов по технике безопасности	2
Переносное заземление	1
Указатель высокого напряжения УВН-80	1
То же низкого напряжения до 500 В УНН-500	1
Электросекундомер	1
Переносные лампы безопасности	2
Мегомметр на 1000 В	1
То же на 2500 В	1
Измеритель заземления переносный	1
Мост для измерения сопротивления постоянному току ММВ	1
То же Р-333	1
Комплект астатических измерительных приборов	1
Многопредельный ампервольтметр постоянного и переменного тока	1
Паяльник мощностью 50 Вт	1
То же 100 Вт	1
Однофазный регулятор напряжения	1
Нагрузочный трансформатор до 1200 А	1
Лабораторные измерительные трансформаторы тока УТТ-5	2
Комплект измерительных приборов К-50	1
Цифровой набор	1
Комплект вибродатчиков И001	2
Аппаратура динамической балансировки АБШМ-1	1

ПРИМЕРНЫЕ УДЕЛЬНЫЕ НОРМЫ РАСХОДА НА ОДИН ВЕНТИЛЯТОРНЫЙ АГРЕГАТ ОСНОВНЫХ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РЕМОНТНО-НАЛАДОЧНЫХ РАБОТ

Лента, кг:	
изоляционная	0,2
ПХВ	0,2
Лента киперная, м	40,0
Лакоткань, м²	0,15
Прессшпан, кг	0,2
Трубка ПХВ, кг	0,5
Нить киперная, кг	0,04
Паронит $\delta=3\div6$ мм, кг	0,5
Фибра (бирки) $\delta=1{,}5\div2$ мм, кг	0,2
Оргстекло $\delta=4\div6$ мм, кг	0,2
Текстолит, кг	0,2
Гетинакс $\delta=2\div5$ мм, кг	0,3
Лента перфорированная, кг	0,3
Кнопки к перфоленте	60
Лак, кг:	
бакелитовый	0,3
черный	0,1
Паста «Герметик», кг	0,2
Сурик, кг	0,1
Олифа, кг	0,2
Белила, кг	0,1
Краска эмалевая, кг	0,4
Спирт гидролизный, кг	0,1
Железо кровельное, кг	1,0
Бензин «Колоша», кг	0,2
Железо глянцевое, кг	0,3
Фольга стальная $\delta=0{,}1\div0{,}2$ мм, кг	0,1
Болты М6-18, кг	0,5
Гайки М6-18, кг	0,2
Медь круглая диаметром до 30 мм, кг	0,2
Фольга медная $\delta=0{,}05\div0{,}2$ мм, кг	0,2
Латунь, кг	0,3
Провод обмоточный диаметром до 1,3 мм, кг	0,5
Провод нихромовый диаметром 0,2—1 мм, кг	0,3
Провод, м:	
детонаторный ВП	25,0
ПР-500; 1,5 мм²	10,0
ПР-500; 2,5 мм²	10,0
Кабель, м:	
КРПТ 2×0,75	2,0
КРПТ 2×1,5	1,0
КНРБГ 4×1,5	2,0
КВРБГ 4×1,5	1,5
КВРБГ 4×2,5	4,0
КВРБГ 6×2,5	1,0
КВРБГ 7×1,5	1,0
ТАШ 2×0,75	20,0
Войлок технический, кг	0,2
Ветошь, кг	2,0
Картон $\delta=6$—10 мм, кг	0,1
Наждачное полотно, м²	1,0
Наждачная бумага, м²	0,2
Бумага диаграммная, рулон	2,0
Чернила, кг	0,1
Ножовочное полотно	2,0
Электроды, кг	1,0
Карбид, кг	0,2
Баббит Б-83, кг	1,0
Канифоль, кг	0,01
Трубка резиновая диаметром 8—15 мм, кг	0,02
Припой ПОС-40, кг	0,1
Резина маслостойкая, кг	0,2
Лампы коммутаторные КМ-3	12,0
Ремень текстропный	0,3
Диоды ВК2-10	0,1
Кисть малярная	1,0
Фотопленка	0,5
Проявитель, кг	0,03
Закрепитель, кг	0,03
Фотобумага 18×24, пачка	0,05
Смачиватель ДБ, кг	0,2
Бумага писчая, кг	0,7
Бумага, м²:	
светочувствительная	5,0
миллиметровая	2,0
Калька, м²	1,5
Бумага копировальная, кг	0,02

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

1. Общие положения 4

1.1. Цель ревизии и наладки главных вентиляторных установок . . . 4
1.2. Объем работ по ревизии и наладке главных вентиляторных установок 5
1.3. Организация и проведение работ по ревизии и наладке главных вентиляторных установок 5
1.3.1. Подготовительные работы 5
1.3.2. Порядок проведения наладочных работ 6
1.3.3. Определение режимных параметров главной вентиляторной установки . . . 7
1.3.4. Оформление отчетно-технической документации 7

2. Конструкции и параметры вентиляторных установок 8

2.1. Элементы главной вентиляторной установки шахты 8
2.2. Осевые вентиляторы 10
2.3. Центробежные вентиляторы 20

3. Ревизия и наладка механической части главных вентиляторных установок 30

3.1. Ревизия и наладка отдельных узлов механической части вентиляторов и пробный пуск 30
3.1.1. Проверка состояния фундамента, рамы, кожуха, диффузора, коллектора, обтекателя, подшипниковых узлов 30
3.1.2. Рабочие колеса осевых вентиляторов 31
3.1.3. Рабочие колеса центробежных вентиляторов 36
3.1.4. Направляющие и спрямляющие аппараты 37
3.1.5. Подшипники качения. Валы 42
3.1.6. Подшипники скольжения. Валы 49
3.1.7. Системы циркуляционной смазки подшипников 52
3.1.8. Соединительные муфты 53
3.1.9. Центровка опорных валов 55
3.1.10. Центровка подвесных валов 60
3.1.11. Тормозные устройства вентиляторов 62
3.1.12. Пробный пуск вентиляторов 62
3.2. Балансировка роторов шахтных вентиляторов 63
3.2.1. Причины и допустимые величины вибраций 63
3.2.2. Виброизмерительная аппаратура 65
3.2.3.. Статическая балансировка 66
3.2.4. Динамическая балансировка 69
3.3. Ревизия и наладка реверсивных и переключающих устройств . . . 77
3.3.1. Способы реверсирования воздушной струи и перестановки переключающих устройств 77
3.3.2. Типовые схемы реверсирования и переключения воздушной струи 78
3.3.3. Ревизия, наладка и опробование реверсивных и переключающих устройств . . 83

4. Ревизия, наладка и испытание электрической части главных вентиляторных установок 86

4.1. Распределительные устройства напряжением выше 1000 В 86
4.1.1. Разъединители 86
4.1.2. Масляные выключатели 87
4.1.3. Приводы к масляным выключателям 98
4.1.4. Трансформаторы тока (ТТ) 101
4.1.5. Трансформаторы напряжения (ТН) 103
4.2. Распределительные устройства напряжением до 1000 В 104
4.3. Кабельные линии 106
4.4. Электрические машины 107
4.4.1. Внешний осмотр машины и проверка ее состояния 107
4.4.2. Проверка механической части электрических машин 108
4.4.3. Измерение сопротивления изоляции обмоток 113
4.4.4. Измерение сопротивления обмоток постоянному току 115
4.4.5. Статические преобразователи 117
4.4.6. Ревизия и испытание электрических машин после монтажа 119
4.5. Аппаратура управления, защиты и контроля 130
4.5.1. Высоковольтные реверсоры 130
4.5.2. Контакторы переменного тока КТ (КТВ) 132
4.5.3. Автоматические выключатели серий А3100 и АП-50 136
4.5.4. Реле постоянного и переменного тока 140
4.5.5. Тормозные электромагниты 156
4.5.6. Роторные сопротивления и реостаты 157
4.5.7. Конечные выключатели 159

4.5.8. Полупроводниковые выпрямительные элементы . . . 164
4.5.9. Контроль температуры . . . 168
4.5.10. Электроконтактные манометры . . . 171
4.6. Схемы управления, защиты и контроля . . . 171
4.6.1. Вторичные цепи . . . 171
4.6.2. Схемы управления асинхронным приводом . . . 173
4.6.3. Схемы управления синхронным приводом . . . 175
4.6.4. Контроль вращения . . . 179
4.6.5. Контроль температуры подшипников электродвигателей и вентиляторов . . . 181
4.6.6. Защита приводных электродвигателей . . . 186
4.7. Схемы и аппаратура дистанционно-автоматизированного управления главными вентиляторными установками . . . 199
4.7.1. Основные технические требования к автоматизированным установкам . . . 199
4.7.2. Порядок проведения и объем работ по наладке схем автоматизации . . . 201
4.7.3. Схемы и аппаратура автоматизации вентиляторных установок . . . 202
4.8. Защитное заземление . . . 229
4.9. Контроль производительности и давления . . . 233
4.9.1. Станции контроля производительности и давления шахтных вентиляторных установок . . . 233
4.9.2. Датчики производительности и давления . . . 234
4.9.3. Первичные приборы . . . 238
4.9.4. Вторичные приборы . . . 241
4.9.5. Монтаж, наладка и эксплуатация станций контроля производительности и давления . . . 243

5. Определение параметров и регулирование режима работы вентиляторных установок . . . 245

5.1. Определение режимных параметров вентиляторных установок . . . 245
5.1.1. Определение производительности вентиляторной установки . . . 245
5.1.2. Определение статического давления вентиляторной установки . . . 246
5.1.3. Определение мощности на валу вентилятора . . . 247
5.1.4. Измерение частоты вращения вентилятора . . . 249
5.1.5. Определение статического коэффициента полезного действия вентиляторной установки . . . 250
5.1.6. Обработка результатов измерений, определение режима работы вентилятора, разработка рекомендаций по улучшению режима работы вентиляторной установки . . . 250
5.2. Способы регулирования режима работы вентиляторных установок . . . 252
5.2.1. Регулирование изменением частоты вращения . . . 252
5.2.2. Регулирование изменением угла установки лопаток рабочего колеса . . . 254
5.2.3. Регулирование изменением числа лопаток рабочего колеса . . . 254
5.2.4. Регулирование изменением угла установки лопаток направляющего аппарата 257
5.2.5. Регулирование изменением угла установки закрылков лопаток направляющих аппаратов . . . 258
5.2.6. Регулирование изменением угла установки закрылков лопаток рабочего колеса 259
5.2.7. Регулирование дросселированием . . . 259

6. Техника безопасности при выполнении наладочных работ на вентиляторных установках . . . 260

6.1. Меры безопасности при выполнении работ на механическом оборудовании . . . 260
6.1.1. Общие положения . . . 260
6.1.2. Выполнение такелажных работ . . . 261
6.1.3. Ревизия и наладка соединительных муфт . . . 261
6.1.4. Ревизия и наладка подшипников скольжения . . . 261
6.1.5. Ревизия и наладка реверсивных и переключающих устройств . . . 261
6.1.6. Ревизия рабочих колес и промежуточных валов . . . 262
6.1.7. Выполнение смазочных операций . . . 262
6.1.8. Работы в вентиляционных каналах . . . 263
6.1.9. Противопожарные мероприятия . . . 263
6.2. Меры безопасности при выполнении испытательно-наладочных работ в электроустановках . . . 263
6.2.1. Работы в цепях измерительных приборов, релейной защиты, автоматики и телемеханики . . . 264
6.2.2. Проведение испытаний с подачей повышенного напряжения от постороннего источника тока . . . 264
6.2.3. Измерения переносными приборами и токоизмерительными клещами . . . 265
6.2.4. Работы на выключателях и разъединителях . . . 266
6.2.5. Работы, выполняемые на электрических машинах . . . 266

Список литературы . . . 268

Приложения . . . 269

gost.e-ecolog.ru