ТИПОВЫЕ ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ

407-0-168.85

ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ АВТОМАТИКИ

Альбом I

Пояснительная записка

СФ 658-01

gost.e-ecolog.ru

Госстрой СССР
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ТИПОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ
Свердловский филиал
620062, г.Свердловск-62, ул.Чебышева,4
Заказ №2297 Инв.№ СФ 658-01 тираж 300
Сдано в печать 22.05 1986г цена 1-71

ТИПОВЫЕ ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ

407-0-168.85

ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ АВТОМАТИКИ

Альбом I

Состав проекта

Альбом I. Пояснительная записка

Альбом II. Схемы электрические принципиальные

Разработаны Казахским отделением института "Энергосетьпроект"

Утверждены и введены в действие Минэнерго СССР
Протокол № 3 от 29.01.85.

Главный инженер отделения Г.Ф.Ильяткин

Главный инженер проекта В.А.Орлов

СФ658-01

СОДЕРЖАНИЕ АЛЬБОМА

Стр.

Титульный лист 1

Содержание 2

I. Введение 4

2. Устройства отключения генераторов 5

2.I. Общая характеристика устройств отключения генераторов 5

2.2. Устройство отключения генераторов при отсутствии деления станции 8

2.3. Устройство автоматического определения числа отключаемых генераторов 13

2.4. Устройство отключения генераторов с учетом деления станции 17

2.5. Устройство балансировки 19

3. Устройства деления системы 23

3.I. Общая характеристика устройства деления системы . . . 23

3.2. Устройство деления системы для двух сечений (вариант I) 37

3.3. Устройство деления системы для двух сечений (вариант 2) 45

3.4. Устройство деления системы для трех сечений 46

3.5. Устройство резервирования при отказе выключателя при делении системы с ручным выбором отключаемой секции 49

3.6. Структурная схема устройства резервирования при отказе выключателя при делении системы с автомати-

Стр.

ческим выбором отключаемой секции 51

4. Устройства форсировки продольной емкостной компенсации и отключения шунтирующих реакторов 52

4.I. Общая характеристика устройств форсировки продольной емкостной компенсации и отключения шунтирующих реакторов 52

4.2. Устройство форсировки УПК 53

4.3. Устройство отключения реакторов 55

5. Устройства разгрузки тепловых турбин 55

5.I. Общая характеристика устройств разгрузки тепловых турбин 55

5.2. Общестанционное устройство импульсной разгрузки турбин 59

5.3. Блочное устройство импульсной разгрузки турбин 60

5.4. Общестанционное устройство длительной разгрузки турбин 71

5.5. Блочное устройство длительной разгрузки турбин 75

5.6. Схема управления электродвигателем МУТ 79

5.7. Выбор уставок устройств разгрузки тепловых турбин 81

6. Патентная чистота и патентоспособность 88

сф658-01

I. ВВЕДЕНИЕ

Настоящая работа выполнена в соответствии с поз.Ш.6.4.II плана типового проектирования Госстроя СССР на 1984 год взамен типовых проектных решений 407-0-93.

В работе выполнены принципиальные схемы устройств отключения генераторов, устройств деления системы с автоматическим выбором одного из нескольких сечений деления, устройств балансировки после деления системы, устройств разгрузки турбин, а также устройств форсировки продольной емкостной компенсации и отключения шунтирующих реакторов.

В работе не рассмотрены схемы устройств разгрузки для атомных станций. В связи со сложностью и новизной вопросов разгрузки АЭС они должны служить предметом специальной проработки.

В работе учтены изменения номенклатуры выпускаемой релейной аппаратуры, изменения ряда устройств, стыкуемых с исполнительными устройствами противоаварийной автоматики, а также требования ГОСТ по ЕСКД.

Работа предназначена для использования при проектировании противоаварийной автоматики энергосистем СССР.

Типовые проектные решения разработаны в соответствии с действующими нормами и правилами и предусматривают мероприятия, обеспечивающие взрывную, взрывопожарную и пожарную безопасность при эксплуатации подстанций.

Главный инженер проекта В.А.Орлов

				ТП 407-0-168.85		
				Принципиальные схемы исполнительных устройств противоаварийной автоматики	Стадия: РП; Лист: 1; Листов: 85	
Нач.отд	Сагимбаева		28.11		ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ КАЗАНСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ г. Алма-Ата, 1984г	
ГИП	Орлов		28.11			
Ст.инж.	Шабанова		27.11			

Копировал Формат А4

5-04

2. УСТРОЙСТВА ОТКЛЮЧЕНИЯ ГЕНЕРАТОРОВ

2.I. Общая характеристика устройств отключения генераторов

Отключение генераторов (ОГ) может выполняться в аварийных условиях для сохранения синхронной устойчивости, прекращения асинхронного хода путем ресинхронизации, ограничения частоты и разгрузки высоковольтного оборудования по условиям термической устойчивости.

Генераторы можно отключать как на гидравлических, так и на тепловых электростанциях. Однако при этом следует учитывать, что отключенные гидрогенераторы легко и быстро могут быть снова включены в сеть и опять нагружены (время пуска I0–60 с), а применительно к турбогенераторам на те же операции уходит I0–20 минут при работе турбин от общего паропровода и 0,5–2 часа при блочной схеме работы. Поэтому ОГ применяется в основном на гидростанциях. Особенности отключения турбогенераторов указаны в разделе 5.4.

В первых системах противоаварийной автоматики, примененных на ряде крупных гидроэлектростанций, каждое пусковое устройство автоматики и даже каждая его ступень имели свои собственные промежуточные выходные реле, контакты которых через оперативные накладки заводились на отключение всех тех генераторов станции, которые предполагалось использовать для ее разгрузки. Изменение положения накладок при изменении нагрузки генераторов, подключение их или отключение производились оперативным персоналом.

Основным недостатком такого выполнения устройства ОГ являлось обилие ручных операций. Количество накладок, равное произведению числа ступеней автоматики на общее число генераторов, подключенных к устройству отключения, оказывалось настолько большим, что в процессе эксплуатации могли возникнуть довольно частые и грубые ошибки. Кроме этого

этот способ требовал значительного количества выходных реле. Поэтому эта схема могла применяться только для самых простых случаев и в данном проекте не рассматривается.

Второй тип устройств ОГ, примененных на некоторых электростанциях - это устройства, автоматически подбирающие группы генераторов, мощность которых наиболее близка в данный момент к заданной величине снижения мощности. Такие устройства были выполнены НИИПТ и ВЭИ. Устройство НИИПТ получилось очень сложным, но при этом оно не предусматривало возможности установления желаемой очередности отключения генераторов и обслуживало только одну ступень автоматики, причем поставить на каждую ступень по такому устройству нельзя, потому что при одновременном действии нескольких ступеней произойдет суммирование отключаемой мощности. Это происходит потому, что каждое из этих устройств выбирает группу отключаемых генераторов без учета того, какие генераторы выбраны устройствами, обслуживающими другие ступени автоматики. Следовательно, если выбраны разные генераторы, то при одновременном действии нескольких ступеней автоматики величина отключаемой мощности будет в общем случае больше, чем требуется для любой ступени.

В устройстве ВЭИ предусмотрена возможность автоматического набора нескольких ступеней разгрузки. Первоначально в этом устройстве не учитывалась действительная загрузка генераторов, а предполагалось, что каждый генератор постоянно несет определенную нагрузку.

В настоящее время ВЭИ разработано устройство ПАА-2 на основе микропроцессорной техники. Устройство обеспечивает отключение не более 20 генераторов станции на основании задания от дозирующих устройств противоаварийной автоматики на ограничение мощности станции, сигнала об аварийном делении станции, информации об участии генераторов в противоаварийном управлении и об очередности их отключения, информации об их загрузке.

Устройство в проекте не рассматривается, поскольку оно не прошло еще стадии промышленной апробации и серийный выпуск таких устройств не налажен.

Институтом "Энергосетьпроект" для ряда гидроэлектростанций запроектировано устройство отключения генераторов, построенное на ином принципе[x]. В устройствах третьего типа операции по определению числа отключаемых генераторов и определению очередности их отключения разделяются.

Первая из этих операций выполняется вне зависимости от того, какие генераторы должны отключаться из той группы, которая предназначена к отключению. Выполнение этой операции автоматически возможно только в том случае, если все генераторы данной группы загружены одинаково. Одинаковая же загрузка однотипных генераторов гидростанции диктуется экономическими соображениями и на ряде станций поддерживается автоматически специальными устройствами.

Вторая операция состоит в том, что определяется, какой именно генератор должен отключаться в первую очередь при подаче напряжения на данную шинку Δ К, какой на вторую и т.д., независимо от того, какая ступень автоматики действовала. Эта операция тоже может быть автоматизирована[xx], но целесообразно ее выполнение все-таки предоставить дежурному персоналу, так как решение вопроса об очередности зависит от состояния выключателей генераторов, подпятников и других случайных обстоятельств.

---

x) Устройство отключения генераторов с разделением операций по определению числа отключаемых генераторов и выбора отключаемых генераторов выполнено с использованием изобретений выданных институту: "Исполнительное устройство противоаварийной автоматики" А.С.№ 271632 (Автор Иофьев Б.И.) и "Устройство для автоматического определения числа отключаемых генераторов электростанций" А.С.№ 278856 (авторы Глускин И.З., Иофьев Б.И.).

xx) Частичная ее автоматизация описана в статье П.И.Стихановского "Устройство выбора номеров коммутируемых агрегатов электростанций" в сб.научных трудов ЭСП: "Вопросы противоаварийной автоматики электроэнергетических систем. М.: Энергоиздат, 1982, с.65-68".

КОСЭП 79-10000

В этом проекте рассматриваются подробно устройства именно такого типа. В зависимости от того предусмотрено ли деление электростанции от устройств автоматики или нет, устройство отключения генератора может видоизменяться, но основные узлы в нем сохраняются.

Для учета влияния мощности небаланса при делении станции на величину разгрузки производится корректировка отключаемой мощности с помощью устройства балансировки.

2.2. Устройство отключения генераторов при отсутствии деления станции

Принципиальная схема устройства отключения генераторов (см. лист 3, 4 и 5) составлена применительно к схеме электростанции с блоками по два генератора на один трансформатор. В цепи каждого генератора есть выключатель (см. лист 3).

Для отключения от устройств противоаварийной автоматики предназначены генераторы шести блоков.

На входе устройства имеются шинки величины снижения мощности - шинки P_{or}, на которые приходят сигналы пусковых органов противоаварийной автоматики. Появление напряжения на любой из шин должно быть воспринято устройством отключения как команда на отключение части генераторов, имеющих соответствующую суммарную мощность в исходном режиме.

Число шинок P_{or} равно числу ступеней разгрузки от всех устройств противоаварийной автоматики электростанции.

С помощью автоматического и ручного устройства определения числа отключаемых генераторов, лист 5, сигналы P_{or} преобразуются в число отключаемых генераторов ΔK с учетом их загрузки.

Если генераторы загружены неравномерно, то устройство

КОСЭП 79-10000

автоматического определения должно быть выведено из работы, а с помощью коммутаторов SC1... SC6 каждой величине $P_{or\,i}$ ставится в соответствие величина ΔK с учетом соотношения:

$$P_{or\,i} = \sum_{1}^{\Delta K} P_{r\Delta K} \quad , \qquad (2\text{-}1)$$

где ΔK – номер шинки числа отключаемых генераторов,

i – номер ступени отключения,

$P_{r\Delta K}$ – мощность одного генератора, присоединенного к шинке ΔK, в исходном режиме.

Накладка $Sx1$ и реле $KL1, KL2$ (лист 3), имеющие два положения, служат для переключения на ручной или автоматический выбор числа отключаемых генераторов.

При равномерной загрузке генераторов возможно автоматическое и ручное определение числа отключаемых генераторов. Для автоматического определения числа отключаемых генераторов служит устройство, описанное в разделе 2.3.(листы 6,7). Чтобы вручную установить соответствие между P_{or} и ΔK с учетом загрузки генераторов, нужно по формуле

$$\Delta K = \frac{P_{or}}{P_r} \quad , \qquad (2\text{-}2)$$

где ΔK – число отключаемых генераторов;

P_{or} – величина снижения мощности;

P_r –мощность одного из равномерно загруженных генераторов в исходном режиме, определить для каждой ступени P_{or} число ΔK и затем установить соответствующие штеккеры на коммутаторах SC1... SC6, соединив тем самым каждую из шинок P_{or} с определенной шинкой ΔK. При изменении загрузки генераторов штеккеры необходимо переставлять в зависимости от P_r или ставить по $P_{r\,мин}$.

Коммутатор представляет собой коммутационное поле, состоящее из четырех горизонтальных и четырех вертикальных шинок. Каждая вертикальная шинка может быть соединена электрически с любой горизонтальной. Чтобы соединить вертикальную шинку с горизонтальной нужно вставить штеккер в гнездо на

СФ658-01

пересечении.

К шинкам ΔК через коммутаторы SC1...SC6 (лист 3) присоединены реле KL1...KL12, подающие команду на отключение генераторов G1...G12. К каждой вертикальной шинке коммутаторы присоединяется лишь одно реле. Таким образом, вставив штеккер в соответствующее гнездо, к каждой шинке ΔК можно подключить любой генератор. При этом надо следить, чтобы один генератор не был присоединен к двум шинкам ΔК одновременно.

Чтобы при появлении напряжения на шинке ΔК отключалось ΔК генераторов, а не один, устройство объединения шинок (лист 4) передает сигналы на все шинки ΔК с меньшими номерами. Например (см.лист 4), при появлении напряжения на шинке 4 срабатывает промежуточное реле KL4 и, замыкая свои контакты KL42, KL43, KL44, подает напряжение на шинки 3, 2 и 1.

Следовательно, в первую очередь отключится генератор, реле которого присоединено к 4-й шинке, а затем к 3-ей, 2-й и 1-й.

Устройство объединения шинок служит также для фиксации команды на отключение и ограничения ее длительности. Для фиксации команды каждое реле KL1...KL6 имеет цепь самоудерживания, а для ограничения длительности команды в цепь самоудерживания включены контакты реле KL8, KL9.

Чтобы контакты реле, объединяющие шинки, не шунтировали указательные реле в цепях автоматики, подающей команды на отключение генераторов, включены резисторы R1...R6. Указательные реле KH1...KH7 присоединены к шинкам ΔК и предназначены для сигнализации о срабатывании всех ступеней разгрузки.

При срабатывании устройства отключения генераторов пускается лентопротяжный механизм аварийного осциллографа (контакты реле KL14), а также фиксируется сам факт срабатывания устройства (KL15).

КОСЭП 79-10000

Контактами реле KL7 включается сигнализация устройств предшествующей мощности. На листе 4 показан контакт KL7.2 для одного из устройств (например, панель ПДЭ-2101). Контакт KL7.3 дает сигнал о разгрузке в устройство блокировки АРЧМ.

Генераторные выключатели часто имеют время отключения значительно большее, чем выключатели на стороне высшего напряжения, поэтому, чтобы сократить время выполнения команды ОГ, предусмотрено отключение выключателей блоков при появлении команды на отключение обоих генераторов блока. Для этой цели служат пары последовательно соединенных контактов реле (KL1.2, KL3.2, KL5.2, KL7.2, KL9.2, KL11.2, KL2.2, KL4.2, KL6.2, KL8.2, KL10.2, KL12.2). При отключении блоков необходимо запрещать АПВ выключателей, которыми блок отключается.

Если блоки присоединяются к шинам высшего напряжения через два выключателя (схемы распределительного устройства с двумя выключателями на присоединение, "полуторные" схемы, схемы "многоугольники" и т.п.), то в отличие от показанного на листе 3 должны быть предусмотрены цепи на отключение обоих выключателей. Если при таком отключении возможна потеря смежного присоединения, например линии электропередачи, автотрансформатора и т.п., должна быть предусмотрена соответствующая блокировка цепи отключения блока, выполненная, например, с контролем положения выключателей присоединения.

При проектировании устройств отключения генераторов или разгрузки турбин, устройств деления следует обращать внимание на возможность неправильного срабатывания устройства при замыканиях на землю в сети оперативного постоянного тока.

При большой протяженности кабельных связей от пусковых органов автоматики (контакт А) до выходных реле исполнительных органов (реле KL) имеется значительная емкость кабеля относительно земли, лист 43, рис.I. При включенном устройстве контроля изоляции (УКИ) и одинаковом сопротивлении изоляции плюсовой и минусовой шин постоянного тока отно-

сительно земли, напряжение на емкости соответствует напряжению шинки "минус", т.е. 110 В. При замыкании на землю шинки "минус", или при существенном ослаблении ее изоляции возникает цепь разряда емкости через место замыкания и катушку реле. Если запасенной энергии конденсатора достаточно для срабатывания реле KL, то произойдет неправильное действие исполнительных устройств. Оно становится более вероятным ввиду самоудерживания выходного реле.

Аналогичное действие устройства ОГ может наблюдаться при замыкании на землю кабеля, связывающего пусковые цепи автоматики с выходными реле, рис.3. Этот случай не является специфичным, как случай, показанный на рис.I, так как он может иметь место на большинстве объектов.

В этом случае, ток, протекающий через катушку реле , складывается из тока разряда емкости шинки "минус", относительно земли и тока, протекающего через сигнальное реле КН. Направление тока в реле противоположно случаю по рис.I.

Возможность неправильного срабатывания должна проверяться в каждом конкретном случае. Если такая возможность существует, должны быть приняты следующие меры по исключению указанного:

- выходные реле автоматики настраиваются таким образом, чтобы их напряжение срабатывания было несколько выше 110 В - напряжения, возникшего на катушке реле в первый момент замыкания;

- если это не приводит к желаемому, должны быть предусмотрены цепи $R-VД$ или $R-C$, шунтирующие катушки реле KL.

Если опасным является только замыкание на землю шинки "минус", то рекомендуется шунтирующая цепь, состоящая из диода $VД$ и резистора R, рис.2. Эта цепь обеспечивает пропуск тока через диод помимо катушки реле. Если опасным и вероятным является также замыкание на землю по рис.3, то в этом случае должны быть предусмотрены цепи $R-C$ по рис.4, которые снижают в первый момент протекание тока через катушку

реле. Параметры шунтирующих цепей должны выбираться на месте.

2.3. Устройство автоматического определения числа отключаемых генераторов

Если мощность станции должна быть снижена на величину P_{or} путем отключения части генераторов, то, вообще говоря, необходимо подобрать такую группу работающих генераторов, чтобы выполнялось равенство 2-I.

Эта задача может быть решена подбором группы генераторов, удовлетворяющей указанному выражению; такого рода устройство выполнил НИИПТ в виде опытной установки для Братской ГЭС. Оно получилось крайне сложным и по ряду принципиальных причин, указанных в разд.2.I., не нашло применения.

Задача существенно упрощается, если принять во внимание, что одинаковые гидроагрегаты загружаются равномерно (для экономии воды) и что с этой целью электрогидравлические системы регулирования турбин снабжаются устройствами выравнивания нагрузки. В этом случае число отключаемых генераторов определяется по уравнению 2-2.

Таким образом, вместо определения группы отключаемых генераторов, достаточно определить их число, соответствующее заданной величине снижения мощности при известной их загрузке.

Уравнение (2-2) решается наиболее просто с помощью аналоговой вычислительной техники. Но ввиду отсутствия нужной для этого аппаратуры такое решение в настоящее время неприемлемо. Поэтому устройство выполняется на релейной аппаратуре.

Величина снижения мощности станции P_{or}, поступающая в устройство, может принимать одно из нескольких заранее известных значений, поэтому зависимость $\Delta k=f(P_{or},P_r)$ представляет собой семейство гипербол:

$$\Delta K = \frac{P_{or1}}{P_r}\ ; \quad \Delta K = \frac{P_{or2}}{P_r} \quad \text{и т.д.} \qquad (2\text{–}3)$$

Величина P_r также является дискретной, так как измерение мощности генератора производится с помощью нескольких реле.

Подставляя значения загрузки генераторов в уравнение (2–3), для каждой величины P_{or} получаем ряд значений ΔK, соответствующих принятым ступеням измерения P_r.

Исполнение команды на снижение мощности без погрешности практически неосуществимо. Для того, чтобы не учитывать погрешность исполнительных органов автоматики при настройке пусковых, погрешность должна оставаться всегда положительной.

С целью уменьшения количества реле-измерителей предлагается производить выбор ряда P_{or} таким образом, чтобы значения его ступеней были кратны некоторой загрузке генератора в пределах его регулировочного диапазона. В нашем случае ступени P_{or} приняты кратными 0,8 Рг.ном, в результате составлен следующий ряд P_{or} (в относительных единицах): 0,8; I,6; 2,4; 3,2; 4,0; 4,8.

На листе 7 изображены гиперболы $\frac{P_{or1}}{P_r}; \frac{P_{or2}}{P_r} \dots \frac{P_{ori}}{P_r}$.

Там же сплошными вертикальными линиями показаны уставки реле-измерителей. Пунктирными и штрихпунктирными линиями на этом листе показаны линии срабатывания реле-измерителей с учетом их погрешностей, соответственно $K_{пI}$ и $K_{п2}$. Значения $K_{пI}$ и $K_{п2}$ приведены ниже. Точки пересечения линии срабатывания реле-измерителей с учетом коэффициента погрешности $K_{пI}$ и этих гипербол определяют то число генераторов, которое должно быть отключено автоматикой при подаче команды на снижение мощности P_{or} и срабатывании соответствующих загрузке генераторов реле-измерителей. Для выбора уставок реле-измерителей полезно учесть погрешность от дискретности отключаемых генераторов. Эта погрешность минимальна в том случае, когда гиперболы $\frac{P_{or}}{P_r}$ пересекаются с линиями срабатывания реле-измерителей с учетом $K_{пI}$ в точках, соответствующих целому числу отключаемых генераторов. Руководствуясь этим, получаем следу-

ющий ряд мощностей срабатывания реле-измерителей с учетом $K_{пI}$: 0,530; 0,600; 0,636; 0,800 и без учета $K_{пI}$: 0,568; 0,643; 0;681; 0,857. Использование всех этих реле было бы излишним. Путем исключения реле с уставкой, близкой к минимальной загрузке генератора $P_{мин}$, было выбрано 3 реле со следующими мощностями срабатывания: 0,643; 0,681; 0,857. Контакты реле-повторителей, замыкаясь, создают электрические цепи между шинками $P_{ог}$ и ΔK в соответствии с диаграммой и таблицей на листе 7.

Принятое число ступеней замера мощности должно с достаточной точностью обеспечивать измерение мощности генератора в его рабочем диапазоне, принятом в нашем случае от 50% до 100% от номинальной мощности. Дальнейшее увеличение числа ступеней замера мощности нецелесообразно, поскольку оно не приводит к существенному снижению результирующей погрешности.

Коэффициенты погрешности $K_{п2}$ и $K_{пI}$, учитывающие соответственно увеличение или уменьшение действительной мощности срабатывания реле по сравнению с той, которая настроена, определяются по следующим выражениям:

$$K_{п2} = (1+K_f)(1+K_u)(1+K_t)(1+K_\varphi)(1+K_{u\,пит.})(1+K_{разбр}) \qquad (2\text{-}4)$$

$$K_{п1} = (1-K_f)(1-K_u)(1-K_t)(1-K_\varphi)(1-K_{u\,пит})(1-K_{разбр}), \qquad (2\text{-}5)$$

где K_f =0,01 - коэффициент, учитывающий погрешность при изменении частоты сети на ± 1 Гц,

K_u =0,01 - коэффициент, учитывающий погрешность при изменении напряжения переменного тока от номинального на ± 10%,

K_t =0,0225 - коэффициент, учитывающий погрешность при изменении температуры от +20°С на ± 10°С,

K_φ =0,01 - коэффициент, учитывающий погрешность при изменении угла между током и напряжением на ±85° от углов 0° или 180° при токах от 0,005 $I_н$ до $I_н$,

$K_{u\,пит.}$ =0,015 - коэффициент, учитывающий погрешность при

изменении напряжения 220 В постоянного оперативного тока на ± I0%.

При $K_{разбр.}$ = 0,005 находим: $K_{П1}$=0,933 и $K_{П2}$= I,07.

Измерение загрузки генераторов для устройства должно производиться на одном из двух выделенных для этой цели генераторов G1 или G2 , лист 6. Для нормального функционирования устройства необходимо, чтобы по крайней мере один из двух выделенных генераторов был в работе и не отключался персоналом или какими-либо устройствами противоаварийной автоматики.

В качестве устройства, осуществляющего измерение загрузки генераторов, используется панель ПДЭ-2I0I. Подробное описание панели приведено в типовых проектных решениях "Принципиальные схемы релейных устройств автоматической дозировки управляющих воздействий противоаварийной автоматики", выпускаемых в I984 году.

На листе 6 показано лишь ее подключение к цепям тока и напряжения и устройству автоматического определения числа отключаемых генераторов. Подключение цепей тока и напряжения панели к выбранному генератору осуществляется посредством испытательных блоков SG1...SG4.

Для предотвращения включения датчика мощности персоналом одновременно к цепям двух генераторов предлагается использование одной крышки для блоков SG1 и SG2 и одной крышки для блоков SG3 и SG4.

На случай, если оба генератора, на которых производится измерение мощности, по каким-либо причинам отключаются, предусмотрена сигнализация, показанная на листе 6. Цепь сигнализации вводится в работу только при использовании устройства автоматического определения числа отключаемых генераторов с помощью контакта KLI .

Связь шинок Рог с шинками ΔК выполняется с помощью контактов выходных реле РП3...РП5 панели ПДЭ-2I0I и проме-

суточных реле КЛ1, КЛ2 повторяющих срабатывание реле РПЗ.

2.4. Устройство отключения генераторов с учетом деления станции

Если предусмотрено деление станции от автоматики, то устройство отключения, описанное в разделе 2.2., использовать нельзя: при одновременном выполнении деления ДС и ОГ отключенные генераторы могут оказаться не на той секции, к которой присоединены линии, требующие разгрузки. Поэтому на станции, где возможно ДС, устройство отключения генераторов должно быть выполнено с учетом ДС.

Устройство ОГ, учитывающее ДС, включает в себя те же элементы, которые входят в устройство ОГ для станций без деления.

В проекте рассматриваются по два варианта устройств ОГ применительно к одному и двум сечениям ДС.

На листе 8 показаны структурные схемы всех рассмотренных в этом проекте устройств ОГ, учитывающих деление станции.

2.4.I. Устройство ОГ для станции с одним сечением деления, вариант I. Если на станции одно сечение деления, то простейший вариант – это два устройства ОГ по схеме на листе 9, по одному для каждой части станции. Каждое устройство отключает генераторы только своей части станции. Основной недостаток этого устройства заключается в том, что в случае, когда ДС не требуется, нельзя отключить по команде от автоматики одной части станции генераторы другой.

Это может понадобиться, потому что эффективность ОГ без ДС ниже, и выполнить разгрузку станции на требуемую величину за счет генераторов только одной ее части может оказаться невозможным.

Кроме того, при неправильном действии автоматики неповрежденного направления, после разгрузки поврежденного, возможно суммирование отключаемой мощности.

Достоинством этой схемы является выполнение команды ОГ вне зависимости от того, была ли команда на ДС или нет (о способах координации этих команд см. далее).

2.4.2. Устройство ОГ для станции с одним сечением деления, вариант 2.

В это устройство, показанное на листах I0, II введены общестанционные коммутаторы *SC1... SC6* для возможности отключения от автоматики любой части станции всех генераторов, предназначенных для снижения ее мощности без ДС. К этим коммутаторам присоединены реле, дающие команды на отключение любых генераторов станции.

При делении станции размыкающими контактами промежуточных реле деления отключаются общестанционные коммутаторы, разделяются шинки *Д К* и подключаются с помощью замыкающих контактов реле деления коммутаторы *SC7... SC14* .

Коммутаторы *SC1... SC14*, показанные на листах I0, II и предназначенные для выбора отключаемых генераторов I и 2 секции, имеют различную настройку. Настройка коммутаторов *SC7... SC14* аналогична настройке коммутаторов в устройстве по варианту I. Команды на ОГ выполняются также, как в варианте I.

Это устройство имеет преимущество по сравнению с предыдущим – более гибкое отключение генераторов без ДС. Однако, при этом пусковые органы должны быть выполнены таким образом, чтобы команда на ОГ приходила после того, как будут разделены цепи отключения контактами реле деления.

2.4.3. Устройство ОГ для станции с двумя сечениями деления, вариант I. Устройство отключения, лист I2, состоит из двух отдельных устройств по одному на каждое направление.

В устройство отключения, относящееся к первому направ-

лению, входит два комплекта коммутаторов выбора отключаемых генераторов: один комплект SC3...SC6, используемый для выбора генераторов G1...G8 в условиях, когда деление станции не производится, или когда производится деление по сечению D2 ; другой комплект SC1, SC2 используется для выбора генераторов G1...G4 при делении по сечению D1 . В устройстве отключения, относящемся ко второму направлению, переключение коммутаторов производится при делении по сечению D2 .

Данное устройство обладает частью свойств, присущих устройствам по п.2.4.I. и 2.4.2.

2.4.4. Устройство ОГ для станции с двумя сечениями деления, вариант 2. Второй вариант, листы I3, I4, I5, как и в случае деления станции по одному сечению, отличается от первого наличием общестанционных коммутаторов (SC1...SC6, лист I3). Эти коммутаторы используются для отключения генераторов G1...G12 через реле KL1...KL12 .

При делении станции по любому сечению D1 или D2 срабатывает одно из реле KL I или KL II и, переключая свои контакты, во-первых, отделяет общестанционные коммутаторы от шинок ΔK , во-вторых, отделяет шинки ΔK устройства ОГ первого направления от шинок ΔK устройства ОГ второго направления, в-третьих, подключает к шинкам ΔK устройства ОГ первого направления при делении по D1 коммутаторы SC7, SC8 или при делении по D2 - SC9..SC12, а к шинкам ΔK устройства ОГ второго направления при делении по D2- SC17, SC18 или при делении по D1- SC13...SC16 . Для этого устройства справедливы все замечания к устройству по п.2.4.2.

2.5. Устройство балансировки

При делении системы (ДС), если мощность в сечении деления не была равна нуло, возникает небаланс мощности в обеих разделившихся частях.

Для ликвидации опасного избытка мощности и для корректировки величины снижения мощности (в зависимости от небаланса, возникающего при делении) используется устройство балансировки.

Оно может применяться, как на гидравлических электростанциях, для коррекции числа отключаемых генераторов, так и на тепловых, для коррекции величины разгрузки паровых турбин.

Коррекция производится путем сдвига шинок разгрузки на заданную величину мощности в зависимости от величины и знака мощности в сечении деления.

Если на станции несколько сечений ДС, выбираемых автоматически, то необходимо столько устройств балансировки сколько этих сечений.

Устройство балансировки, лист I6, содержит: промежуточные шинки, на которые подают сигналы устройства противоаварийной автоматики, пересчетные цепи, шины разгрузки на заданную величину мощности и устройство контроля мощности исходного режима в сечении деления.

Для контроля мощности исходного режима в сечении деления используется панель ПДЭ-2101[x)] с четырьмя выходными реле, по два для каждого направления мощности в сечении деления: реле РП3, РП4 - для одного, и РП5, РП6 для другого направления активной мощности. Для этого на панелях ПДЭ-2101 на модулях первых двух реле максимального напряжения накладка НI должна находиться в положении "б-в", а двух других - в положении "б-г". При этом реле РП3 и РП4 срабатывают при протекании мощности по сечению деления от секции, связанной с первым направлением, к секции, связанной со вторым направлением, а реле РП5, РП6 - наоборот.

x) Подробное описание панели приведено в типовых проектных решениях "Принципиальные схемы релейных устройств автоматической дозировки управляющих воздействий противоаварийной автоматики", выпускаемых в I984 г.

Коррекция разгрузки должна производиться в соответствии со следующей ниже таблицей, заполненной применительно к некоторым принятым условиям.

номер промежуточной шины / сработало выходное реле панели ПДЭ-2I0I	I	2	3	4	5	6	Рс.р.
РП3	+3 -I	+3 -I	+3 -I	+2 -I	+I -I	0 -I	I,5 Рт ном
РП4	+2 0	+2 0	+2 0	+2 0	+I 0	0 0	0,75 Рт ном
-	+I +I	+I +I	+I +I	+I +I	+I +I	0 0	-
РП6	0 +2	0 +2	0 +2	0 +2	0 +I	0 0	-0,75 Рт ном
РП5	-I +3	-I +3	-I +3	-I +2	-I +I	-I 0	-I,5 Рт ном

Таблица составлена с учетом того, что максимальная мощность небаланса при ДС составляет ±2,4 Рт ном, а ступень P_{or} составляет 0,8 Рт ном.

В каждой клетке таблицы верхнее число, на которое должен сдвигаться номер шинки, относится к пересчетным цепям первого направления, а нижнее - к пересчетным цепям второго направления (см. лист I6).

КОСЭП 79-10000

Мощности срабатывания реле выбраны в соответствии с методикой, описанной в разделе 2.3.

Реле РП3 для первого направления (см. таблицу) увеличивает разгрузку на максимальную величину небаланса при ДС, то есть на 3 ступени $P_{ог}$, если хватает шинок.

Реле РП4 увеличивает разгрузку на 2 ступени, следовательно максимальная мощность, при которой еще не работает РП3 должна быть не больше двух ступеней $P_{ог}$. Поэтому

$$P_{ср\ рп3} = \frac{P_{ог2}}{K_{пг}} = \frac{2{,}0 \cdot P_{г\,ном}}{1{,}07} = 1{,}5\ P_{г\,ном}.$$

Если мощность в сечении ДС такова, что не работает ни одно реле мощности, то разгрузка увеличивается на I ступень. Следовательно, максимальная мощность, при которой еще не работает РП4, должна быть не больше одной ступени $P_{ог}$:

$$P_{ср\ рп4} = \frac{P_{ог1}}{K_{пг}} = \frac{0{,}8 \cdot P_{г\,ном}}{1{,}07} = 0{,}75\ P_{г\,ном}.$$

Для второго направления срабатывание РП3 означает, что мощность в сечении больше $P_{ог}$ (но меньше $P_{ог2}$), и следовательно, можно уменьшить разгрузку на одну ступень $P_{ог}$. Если сработало РП4, то для второго направления это означает, что мощность в сечении деления такова, что при ДС возникает дефицит мощности, а, следовательно, снижение разгрузки невозможно.

Реле РП5 и РП6 работают аналогично, при срабатывании увеличивают разгрузку второго направления и уменьшают разгрузку первого.

Устройства противоаварийной автоматики подают команды на снижение мощности на промежуточные шинки устройства балансировки. Если при действии автоматики деление не выполняется, то промежуточные шинки соединяются непосредственно с шинками $P_{ог}$ через размыкающие контакты реле, фиксирующего деление.

В том случае, когда ДС выполняется, промежуточные шинки соединяются с шинками $P_{ог}$ через замыкающие контакты реле деления КЛ1.1... КЛ1.? и контакты реле-повторителей выходных

реле устройства контроля исходного режима в сечении деления в соответствии с приведенной таблицей.

Балансировка выполняется также и в том случае, когда ДС не сопровождается ОГ. Для этой цели напряжение через контакт реле, срабатывающего при появлении команды на ДС, KL1.1 и контакты выходных реле контроля мощности исходного режима KL1.1, KL1.2, KL5.1, KL5.2 и KL14.1 подается непосредственно на шинки $P_{ог}$.

Для другого направления выполняется такое же пересчетное устройство. Контакты выходных реле контроля мощности исходного режима в сечении деления, предназначенные для этого устройства, указаны в скобках.

Цепи сигнализации выполнены так же, как и в устройстве определения числа отключаемых генераторов (раздел 2.3, лист 6).

3. УСТРОЙСТВА ДЕЛЕНИЯ СИСТЕМЫ

3.1. Общая характеристика устройств деления системы

3.1.1. Цели выполнения ДС. Под ДС понимается деление отправной системы, хотя принципиально имеется некоторая область применения ДС приемной системы.

Целью ДС является, во-первых, снижение величины резерва мощности в отправной системе и, во-вторых, снижение постоянной инерции вращающихся масс этой системы. В целом выполнение ДС, уменьшая отправную систему, выгодно приближает двухмашинную схему к схеме, когда машина работает на шины бесконечной мощности. Для этого мощность генераторов на отправном конце передачи не должна превышать после деления 20–30% от мощности приемной системы.

Физический смысл эффективности ДС состоит в следующем.

При аварийном отключении части генераторов в приемной энергосистеме частота в ней падает, передаваемая в нее мощность растет, но если связь в предаварийном режиме была сильно загружена, то максимальный прирост передаваемой мощности вплоть до предела статической устойчивости не может вызвать в отправной системе такого же понижения частоты, как в приемной, и наступает нарушение устойчивости. В этих условиях деление отправной системы, делая ее значительно меньше, чем приемная может обеспечить и в ней достаточное понижение частоты. Вместе с тем получившееся понижение частоты не может вызвать большого увеличения мощности турбин в отправной системе, так как сама эта система после деления сравнительно невелика.

При аварийном ослаблении межсистемной связи отключение части генераторов или разгрузка турбин в крупной отправной системе не могут дать значительного эффекта, так как не могут вызвать существенного ее торможения. В послеаварийном же режиме понижение частоты, вызванное этими воздействиями, приводит к реализации резерва мощности турбин отправной системы, и, следовательно, к увеличению загрузки связи, что может нарушить устойчивость.

Деление отправной системы увеличивает ее торможение и снижает послеаварийный наброс мощности на межсистемную связь.

Кроме изложенного, деление является эффективным средством повышения динамической устойчивости, так как снижает постоянную инерции вращающихся масс отправной системы. Для этого ДС нужно производить в специально выбираемый оптимальный момент времени. Известно также применение ДС при таких повреждениях, которые могут вести к асинхронному ходу не только в поврежденной части энергосистемы, но и в неповрежденной.

В точки зрения выполнения автоматики деление благоприятно в том отношении, что при формировании управляющего воздействия позволяет не учитывать влияния отделившейся части отправной системы.

Рассматривая ДС в аварийных условиях, нельзя упускать из виду, что оно требуется и при нормальной работе. Пусть в приемной части энергообъединения имеется устойчивый дефицит генерируемой мощности, который не может быть компенсирован передачей мощности из отправной системы, т.к. этому препятствует ограниченная пропускная способность связи. В этих условиях дефицитная часть вынуждена работать при пониженной частоте. Если с ней остается связанной вся отправная часть, то и она должна иметь пониженную частоту. Очевидно, более рационально выделить на параллельную работу с дефицитной частью только часть отправной энергосистемы (по возможности только часть генераторов без нагрузки), и тем самым обеспечить работу остальной, большей части отправной системы при нормальной частоте. Кстати, в раздельной схеме часто оказывается больше пропускная способность связи, так как уменьшаются нерегулярные колебания мощности. Правда, чтобы деление не вызвало снижение предела статической устойчивости связи, выделенные на нее генераторы должны иметь быстродействующие системы возбуждения и регуляторы "сильного действия".

3.I.2. Принципы выполнения ДС. Для выполнения ДС к схемам основных электрических соединений и к устройствам управления ДС предъявляется два основных требования, вытекающие из тех возможных неблагоприятных последствий, которые сопровождают ДС:

- ДС не должно приводить к такому небалансу мощности в разделившихся частях, который опасен в отношении аварийного понижения или повышения частоты или в отношении перегрузки связей;

- ДС должно выполняться так, чтобы опасность развития аварии из-за неисправностей выключателей была минимально возможной.

Для выполнения первого требования в общем случае наиболее правильно производить ДС по нулевому сечению, т.е. сечению, в котором в предаварийных условиях имел место нулевой переток мощности. В условиях переменных межсистемных перетоков такое сечение, как правило, может располагаться в крупном

узле генерации. Такой узел деления системы (узел ДС) имеет приблизительно нулевое сечение, если во всех режимах, когда может потребоваться ДС, его генерирующая мощность больше, чем мощность, отдаваемая им по направлению, для сохранения устойчивости которого производится ДС. В точности нулевого сечения может не быть. Поэтому практически ДС приходится проводить не по нулевому сечению, а по сечению ДС, имеющему минимальный переток мощности.

Поскольку режим энергообъединения переменен, сечение ДС с течением времени перемещается. Персоналу проследить за этим затруднительно, а при сложной схеме узла ДС и невозможно. Поэтому выбор сечения ДС должен производиться автоматически путем измерения и сопоставления в предаварийном режиме значений мощностей во всех вероятных и заранее намеченных для ДС сечениях. Устройство ДС должно постоянно находить сечение ДС, иметь сигнализацию о том, какое сечение намечено в данный момент, и подготавливать прохождение команды ДС, вырабатываемой другими устройствами, на отключение выключателей, расположенных в этом сечении.

Может применяться и преимущественный выбор того или иного сечения.

Из-за того, что набор сечений ограничен, выбранное сечение ДС может оказаться далеко не нулевым. Тогда при выполнении ДС возникает существенная величина небаланса мощности $P_{нб}$. Для одной из разделившихся частей она положительная – – избыток мощности, а для другой отрицательна – дефицит. Если $P_{нб} > 0$, то восстановить баланс мощности можно путем отключения генераторов или разгрузки турбин. Если $P_{нб} < 0$, то, не имея возможности быстро набрать мощность турбин и не считая допустимым производить отключение нагрузки, приходится мириться с этим. Желательно выполнять ДС так, чтобы отрицательный небаланс создавался в той из разделившихся частей, повреждение которой явилось причиной ДС. Тогда наличие $P_{нб} < 0$ вызовет разгрузку поврежденной электропередачи, а она во многих случаях все равно необходима. Создание $P_{нб} < 0$ может частично или полностью заменить отключение генераторов или разгрузку

турбин.

Для балансировки мощности после ДС должны предусматриваться специальные устройства. Как показывает опыт проектирования, они могут действовать в зависимости от величины $P_{нб}$ или в зависимости от величины выделяемой мощности узла ДС на оба направления. В данном проекте рассмотрено устройство балансировки, учитывающее $P_{нб}$ (раздел 2.5).

Чем более гибка схема коммутации узла ДС, тем меньше возможные значения $P_{нб}$.

Второе требование означает прежде всего то, что число выключателей в сечении ДС не должно превышать двух-четырех. Одним из способов получения удовлетворительной схемы деления является гибкое секционирование с помощью развилок выключателей, к которым присоединены генераторные блоки. Достаточно проработанных типовых схем распределительных устройств, пригодных для выполнения ДС, не имеется.

Выполняя ДС нужно учитывать, что отключению подлежат все связи, шунтирующие эти сечения. Необходимо также принимать во внимание надежность работы узла после ДС. В частности, нежелательно выполнять ДС так, что две части станции остаются работать каждая на одну систему шин.

Следует также иметь ввиду, что при выполнении ДС может произойти повторное включение выключателей устройствами АПВ. Во избежание этого необходимо предусмотреть запрет действия АПВ.

Выбирая сечения ДС, необходимо учитывать, что причиной ДС может явиться отключение одной или двух линий в данном распределительном устройстве, что ослабляет его. Кроме того, нужно принимать во внимание режимы ремонта выключателей, блоков, линий.

Для повышения надежности выполнения ДС желательно и часто возможно применение резервирования отказа выключателей (см. разделы 3.5 и 3.6).

Учет требований ДС при разработке схемы узла неминуемо

усложняет эту схему. Усложнение оказывается очень значительным, если одновременно стараться исключить потерю нескольких генераторных блоков при коротком замыкании с отказом выключателя или при том же повреждении и ремонте определенного выключателя. Однако, представляется возможным применительно к узлу ДС эти требования часто значительно облегчить, т.к.узел ДС избыточный и потеря в нем части генерирующей мощности обычно не может вести к нарушению устойчивости или к аварийному снижению частоты в объединении в целом.

3.I.3. Принципы выполнения устройства ДС. При выполнении ДС должно быть обеспечено проведение следующих мероприятий:

- выбор наивыгоднейшего сечения,
- учет влияния возникающего небаланса мощности на интенсивность мероприятий, предназначенных для повышения устойчивости поврежденного направления, а также учет влияния небаланса мощности на устойчивость неповрежденного направления и, в случае необходимости, принятие необходимых мер по нейтрализации неблагоприятного влияния (балансировка); описание устройства балансировки дано в разд.2.5,
- обеспечение резервирования деления на случай отказа выключателя при ДС (см. разд. 3.5 и 3.6).

Ниже рассматривается вопрос выбора наивыгоднейшего сечения деления.

3.I.4. Автоматический выбор сечения деления из двух. Выбор оптимального способа деления осуществляется с учетом количества отключаемых выключателей и возникающего при ДС небаланса мощности ($P_{нб}$).

Если в сравниваемых между собой сечениях ДС имеется разное количество выключателей, то при равноценных небалансах мощности целесообразно производить деление по сечению с наименьшим количеством выключателей.

Небаланс мощности в сечении ДС может учитываться не только по абсолютной величине, но и по знаку. Последнее

целесообразно в том случае, если небаланс какого-либо одного знака существенно выгоднее, чем другого. Так, например, часто бывает целесообразно осуществить деление таким образом, чтобы в поврежденной части энергообъединения в послеаварийном режиме оказался дефицит мощности, что облегчает условия сохранения устойчивости ($P_{нб} < 0$). Условия, когда $P_{нб} > 0$ вызывали бы дополнительный наброс мощности на поврежденное направление, что может потребовать существенного увеличения интенсивности противоаварийных мероприятий.

Выбор наименьшей по абсолютному значению величины небаланса в принципе можно выполнить с помощью одного органа сравнения, к которому подводятся величины мощностей двух сечений деления.

Его уравнение срабатывания:

$$|P_{д1}| - |P_{д2}| \leqslant P_{ср} ,$$

где $P_{д1}$ и $P_{д2}$ – мощности в сечениях Д1 и Д2 соответственно;

$P_{ср}$ – мощность срабатывания.

На листе 27, рис.а рассмотрена плоскость небалансов мощности, возникающих при делении по одному из двух сечений (Д1 и Д2) узла. Зона небаланса построена с учетом изменения $P_г$ и $P_н$ и граничных значений $P_{д1min,max}$; $P_{д2min,max}$; $(P_г - P_н)_{min,max}$. Стрелками указаны принятые положительные направления мощностей $P_{д1}$ и $P_{д2}$. Мощность, протекающая по сечению до деления, является и величиной небаланса после деления, т.е. $P_д = P_{нб}$.

Очевидно, что геометрическим местом точек, определяющим границы зон деления по сечению Д1 и Д2 при условии получения минимального по абсолютной величине небаланса мощности, являются биссектрисы I...IУ квадрантов плоскости в координатах $P_{д1}$ и $P_{д2}$ (прямые I–I и II–II), (рис.б). Действительно, для точек режима, характеризующихся указанным геометрическим местом, деление по Д1 равнозначно делению по Д2, так как при обоих способах деления возникающие небалансы равны и, таким образом, ни один из них не имеет преимущества перед другим. В соответствии с этим на рис.б показаны зоны деления

по сечению Д1 и по сечению Д2.

Для реализации характеристик I-I и II-II, ввиду отсутствия органа абсолютного значения мощности можно использовать два органа направления активной мощности, характеристики которых повернуты одна относительно другой на 90^0. При этом прямые I-I и II-II – линии нулевой чувствительности органа.

Если два значения активной мощности сравниваются в сечениях, которые не разделены высоковольтными линиями, то в качестве реагирующих органов могут быть использованы реле направления активной мощности непосредственно. Если же производится сравнение активных мощностей в сечениях, одно из которых находится за высоковольтной линией, то для замера мощности по этому сечению необходимо применять средства телемеханики, а в каждом из сечений установить датчики активной мощности. Тогда сравнение значений мощностей необходимо выполнять на постоянном токе с использованием панели фиксации исходной мощности производства ЧЭАЗ (соответствующий вариант устройства в данном проекте не приводится).

Для выбора сечения деления достаточно измерения мощности только одной фазы, так как устройство должно действовать в доаварийном нормальном режиме.

Для получения характеристики I-I к реле активной мощности $KW1$ должна быть подведена сумма мощностей в сечениях Д1 и Д2, т.е.

$$P_{KW1} = P_{Д1} + P_{Д2}$$

(практически, с учетом принятых положительных направлений, это реле реагирует на разность мощностей, а не на сумму).

Для получения характеристики II-II к реле активной мощности $KW2$ подводится разность активных мощностей в указанных сечениях, т.е.

$$P_{KW2} = P_{Д1} - P_{Д2}$$

(практически реле реагирует на величину избыточной мощности в узле, заключенном между Д1 и Д2).

При применении в качестве KW1 и KW2 идеальных реле мощности ($P_{ср}=0$), условие их срабатывания записывается соответственно:

$$P_{д1} + P_{д2} \geq P_{ср} = 0$$

и $$P_{д2} - P_{д1} \geq P_{ср} = 0 .$$

При использовании реальной аппаратуры $P_{ср} \neq 0$, а поэтому условие срабатывания реле имеет вид:

$$P_{KW} \geq P_{ср} > 0 .$$

В этом случае линии нулевой чувствительности реле KW1 и KW2 не проходят через начало координат (см. характеристики I–I, I^{I}–I^{I}, IУ–IУ, $IУ^{I}$–$IУ^{I}$ на рис,в).

Мощность $P_{ср}$ для реализации характеристик I–I и II–II на рис.б должна быть принята минимально возможной.

В соответствии с приведенными характеристиками реле, выбор деления Д1 и Д2 легко осуществляется избирательным органом, содержащим реле мощности KW1 и KW2 (см. рис.б).

При желании задать преимущество какому-либо из сечений ДС производится поворот относительно начала координат линий нулевой чувствительности реле мощности, т.е. характеристики срабатывания реле мощности будут иметь вид:

$$K_1 P_{д1} + K_2 P_{д2} \geq P_{ср\,KW1}$$

и $$K_3 P_{д2} - K_4 P_{д1} \geq P_{ср\,KW2} ,$$

где $K_I \ldots K_4$ – постоянные коэффициенты, учитывающие наклон характеристик срабатывания ($K_1; K_2; K_3; K_4 > 0$).

На рис.б приведены для рассматриваемого случая характеристики II–II и IУ–IУ, обеспечивающие в большинстве режимов деление по Д1 (т.е.деление Д1 имеет преимущество перед Д2).

Как уже указывалось выше, выбор оптимального сечения деления может быть произведен с учетом знака небаланса мощности. Сравнение мощностей в сечениях Д1 и Д2 можно осуществить с помощью тех же двух реле направления активной мощности. На рис.б нанесены знаки $P_{нб}$, отнесенные к первому направлению. При направлениях мощностей $P_{д1}$ и $P_{д2}$, совпадающих

с показанными на рис.а, имеем $P_{нб} > 0$, при противоположных направлениях этих мощностей имеем $P_{нб} < 0$.

Если режим расположен в первом или третьем квадранте диаграммы, то знак $P_{нб}$ не меняется при любом изменении способа деления - Д1 или Д2. Во втором и четвертом квадрантах знак $P_{нб}$ меняется. При желании сократить область отрицательных небалансов мощности, т.е. уменьшить зону, при делении в которой возникает наброс мощности на линии второго направления, характеристика $KW1$ должна быть перемещена в положение II-II на рис.в. Условие срабатывания $KW1$ в этом случае:

$$K_1 P_{д1} + K_2 P_{д2} \geq P_{ср} > 0 \quad .$$

Настраивая характеристику срабатывания $KW1$ по линии III-III, сокращаем зону положительных небалансов мощности, при делении в которой возникает наброс на линии первого направления. Условие срабатывания для $KW1$ записывается в виде:

$$K_1 P_{д1} + K_2 P_{д2} \leq P_{ср} < 0 \quad .$$

При перемещении характеристики $KW1$ в положение III-III необходимо изменить полярность его включения, а это ведет к переключению также и логических цепей выбора сечений Д1 и Д2.

Характеристику реле $KW2$ перемещать таким же образом, как характеристику $KW1$, нецелесообразно ввиду неизменности знака небаланса мощности в первом и третьем квадрантах.

В конкретном исполнении устройств деления (см. ниже следующие разделы) реле мощности $KW1$ и $KW2$ управляют промежуточным реле (KL) предварительного выбора сечения деления (см. рис.г). При любой настройке реле мощности $KW1$ как по характеристике II-II, так и по характеристике III-III (см.рис.в), срабатывание промежуточного реле KL обозначает выбор Д1, несрабатывание - Д2. Характеристики срабатывания реле KL, соответствующие характеристикам срабатывания реле мощности $KW1$ по рис.в, приведены на рис.г. На всех последующих диаграммах, поясняющих выбор деления, показаны характеристики срабатывания промреле.

В частном случае, когда узел между ДI и Д2 во всех возможных режимах энергообъединения только генерирующий, т.е. $P_г \geq P_н$, или только потребляющий, т.е. $P_г \leq P_н$, орган выбора наивыгоднейшего сечения деления может быть упрощен, так как линия П-П на рис.б, становится естественной границей возможных режимов. Поэтому для выбора сечения деления достаточно только одного органа. Этот случай наиболее часто встречается в практике проектирования.

Для иллюстрации на рис.д и е приведены диаграммы режимов для случаев, когда $P_г \geq P_н$ и $P_г \leq P_н$. Области ограничены максимальными значениями мощностей: $P_{д1max}$, $P_{д2max}$, $(P_г - P_н)max$ и минимальными: $P_{д1min}$, $P_{д1min}$, $(P_г - P_н) = 0$.

Выбор наивыгоднейшего сечения деления осуществляется с помощью промежуточного реле KL. Так же, как и в предыдущем случае (когда могут существовать режимы при $P_г \geq P_н$ и $P_г \leq P_н$), при выборе наивыгоднейшего сечения деления при изменении настройки реле мощности $KW1$ требуется переключение логических цепей выбора сечения.

В этих частных случаях (рис.д и е) смещение характеристик срабатывания реле $KW1$ (или реле KL) производится как для сокращения области небаланса какого-либо знака, так и для задания преимущества сечению ДI или Д2.

Схемы включения реле $KW1$ по рис.д и е одинаковы, а цепи выбора сечений ДI и Д2 различны: по рис.д срабатывание KL обуславливает выбор ДI, а по рис.е - Д2.

3.I.5. Автоматический выбор сечения из трех. В работе рассматривается автоматический выбор наивыгоднейшего сечения максимум из трех, так как при большем числе сечений структура избирательного органа получается сложной и громоздкой и в практике проектирования ни разу не применялась.

Автоматический выбор сечения из трех заключается в попарном рассмотрении сечений деления и выборе наивыгоднейшего из всех сравниваемых. Это означает, что количество устройств выбора одного сечения из двух, аналогичных рассмотренным вы-

ше, должно быть равно количеству сочетаний из числа сечений по два.

В данной работе рассматривается также выбор сечения из четырех: Д1, Д2, Д3 и Д4, причем автоматический выбор осуществляется только из трех, в состав которых всегда входит Д1 и Д4. Сечения Д2 и Д3, как будет показано в разд.3.4., равнозначны и предварительный выбор между ними осуществляется вручную. Поэтому на диаграммах (лист 28) вместе с Д2 в скобках оказывается Д3.

Для простоты рассматривается случай, когда во всех возможных режимах выполняются условия: $P_{г1} \geq P_{н1}$ и $P_{г2} \geq P_{н2}$.

В этих условиях для идеальных реле мощности ($P_{ср} = 0$) количество сравнивающих органов может быть уменьшено до двух: первый орган производит сравнение мощностей в сечениях Д1 и Д2 (Д3), второй - Д2 (Д3) и Д4. Сечения Д1 и Д4 сравнивать между собой не надо, так как Д1 всегда выбирается при $P_{д2(д3)} > 0$, а Д4 - при $P_{д2(д3)} < 0$ при любых значениях коэффициентов К1...К4 в уравнениях срабатывания реле.

На поясняющей диаграмме (рис.б и в) этому случаю соответствуют линии срабатывания I-I для реле $KW1$ ($KL1$) и $KW2$ ($KL2$). Там же показаны логические цепи выбора наивыгоднейшего сечения из трех.

Однако, при невыполнении условий $P_{г1} \geq P_{н1}$ или $P_{г2} \geq P_{н2}$ и при использовании тех же идеальных реле мощности, эта схема может не выбрать ни одного сечения деления. Это возможно в условиях, когда $KW1$ сработает, а $KW2$ - нет, например, вследствие того, что генераторы с мощностью $P_{г2}$ остановлены, но существует нагрузка $P_{н2}$, равная мощности собственного расхода. Использование накладки $Sx1$ (см. логические цепи выбора на листе 28) позволяет восстановить определенность выбора сечения деления. Положение накладки ("а-в" или "в-с") в этом случае не играет существенной роли в выборе сечения ДС.

Из-за малости собственного расхода использование накладки не является недостатком схемы, так как перед персоналом не ставится задача выбора ее положения.

СФ658-01

В реальных условиях, когда мощность срабатывания реле $P_{ср} > 0$, несмотря на то, что условия $P_{г1} \geq P_{н1}$ и $P_{г2} \geq P_{н2}$ всегда выполнимы, может оказаться, что Д2 (Д3) не лучше, чем и Д1 и Д4 одновременно, так как при $P_{д2(д3)} > 0$ становится возможным выбор и Д1, и Д4, а это означает, что схема выбора без использования упомянутой выше накладки не подготовит ни одной цепи на деление. Чтобы схема выбора работала, надо включить накладку. В этом случае перед персоналом стоит задача определения ее положения, так как перевод накладки в положение "а-в" означает, что Д1 имеет преимущество перед Д4, а в положение "в-с" – Д4 перед Д1. То есть производится дополнительный выбор вручную, что является недостатком устройства.

На рис. б и в в качестве примера показана некоторая область режимов 1-2-3-4, в которой могут быть одновременно выбраны Д1 и Д4. Эта область возникла в результате настройки реле $KL1$ и $KL2$ по характеристикам П-П. На диаграммах обозначено: $P_{д2(д3)max\,д4}$ – максимальный небаланс в сечении Д2 (Д3) при делении Д4; $P_{д2(д3)min\,д1}$ – минимальный небаланс в сечении Д2 (Д3) при делении Д1.

Чтобы схема выбора сечения деления работала при том же количестве сравнивающих органов независимо от положения накладки, необходимо учитывать ограничения в настройке реле $KW1$ и $KW2$.

Условия неправильной настройки $KW1$ и $KW2$ (что соответствует реле $KL1$ и $KL2$) можно записать в таком виде:

$$K_1 P_{д1} + K_2 P_{д2(д3)} \geq P_{ср\,KW1}, \qquad (3\text{-}1)$$

$$K_3 P_{д2(д3)} + K_4 P_{д4} < P_{ср\,KW2}. \qquad (3\text{-}2)$$

Заменив в этих неравенствах

$$P_{д1} = P_{д2(д3)} - P_{г1} + P_{н1},$$

$$P_{д4} = P_{д2(д3)} + P_{г2} - P_{н2},$$

получим

$$P_{д2(д3)} \geq \frac{P_{ср\,KW1} + K_1 (P_{г1} - P_{н1})}{K_1 + K_2}. \qquad (3\text{-}3)$$

КОСЭП 79-16000

$$P_{д2(д3)} < \frac{P_{срkw2} - K_4 \cdot (P_{г2} - P_{н2})}{K_3 + K_4} \quad . \qquad (3\text{–}4)$$

Таким образом, условие работы устройства выбора через накладку 5х1 записывается в виде:

$$\frac{P_{срkw1} + K_1 \cdot (P_{г1} - P_{н1})}{K_1 + K_2} \leq P_{д2} < \frac{P_{срkw2} - K_4 (P_{г2} - P_{н2})}{K_3 + K_4} \quad . \qquad (3\text{–}5)$$

Это неравенство показывает, что настройка $KW1$ и $KW2$, обуславливающая правильную работу схемы выбора, должна быть такова, чтобы при любых возможных значениях $P_{д2(д3)}$ указанное неравенство не выполнялось.

Ниже приводится таблица, показывающая влияние составляющих на выполнение неравенства:

Увеличение величины		Неблагоприятно для выполнения неравенства	Благоприятно для выполнения неравенства
	$P_{г1}$	+	
	$P_{г2}$	+	
	$P_{ср\,kw1}$	+	
	$P_{ср\,kw2}$		+
K_1	$P_{ср\,kw1} > K_2 \cdot P_{г1}$		+
	$P_{ср\,kw1} < K_2 \cdot P_{г1}$		
K_2			+
K_3	$P_{ср\,kw2} > K_4 \; P_{г2}$	+	
	$P_{ср\,kw2} < K_4 \; P_{г2}$		+
K_4	$P_{ср\,kw2} > K_3 \cdot P_{г2}$	+	
	$P_{ср\,kw2} < K_3 \cdot P_{г2}$		+

Следует иметь в виду, что для выбора наивыгоднейшего сечения ДС из трех необходимо для попарного сравнения сечений подбирать их в определенном порядке. Неучет этого обстоятельства может привести к неправильному действию устройства даже при применении идеальных реле мощности ($P_{ср}=0$). Поясним это на примере. Пусть при выборе наивыгоднейшего сечения из трех (Д1, Д2, Д3) всегда выполняются условия: $P_{г1} \geq P_{н1}$ и $P_{г2} \geq P_{н2}$. Если производить такие два сравнения: Д1 с Д3 и Д2 с Д3, то при $P_{д3} > 0$ возможен одновременно выбор сечения Д1 и Д2. При использовании устройства выбора, показанного на листе 28, это приведет к тому, что всегда будет выбираться сечение Д1.

3.2. Устройство деления системы для двух сечений (вариант I)

Устройство деления для одного сечения аналогично устройству для двух сечений, но проще за счет отсутствия органа автоматического выбора, и поэтому в проекте не приводится.

Рассматриваемый вариант характеризуется тем, что во всех возможных режимах $P_г \geq P_н$,т.е. узел деления генерирующий. Принципиальная схема устройства приведена на листах I7... 20.

В устройстве предусматривается возможность автоматического выбора сечения деления по секционным выключателям $QC1$, $QC2$ (сечение Д1), и $QC3$, $QC4$ (сечение Д2), а также ручного по любым выключателям ($QC1...QC4, Q1...Q4$).

Выбор способа деления определяется персоналом с помощью ключа выбора $SA2$, имеющего пять положений: первое положение соответствует делению Д1 или Д2, определяемому устройством автоматического выбора, второе – делению Д1, четвертое – – делению Д2, пятое. – делению по любым выключателям $QC1...QC4$ и $Q1...Q4$. Третье положение $SA2$ выводит из работы пусковые

цепи автоматики, действующей на деление.

Деление по любым выключателям станции применяется в тех случаях, когда Д1 или Д2 нежелательно, например, вследствие большого небаланса мощности, возможного при делении, или из-за нежелания отключать какие-либо выключатели в сечениях Д1 и Д2. В этом случае персонал сам определяет сечение деления, подготавливая к отключению с помощью ключей выбора SA3 . SA6 соответствующие выключатели.

При автоматическом выборе сечения деления для выполнения условия получения минимального по абсолютной величине небаланса мощности используется реле активной мощности KW1 типа РБМ-275. Использование реле типа РБМ-275 вместо реле направления мощности типа РМ11 позволяет обеспечивать в устройстве преимущество деления Д1 или Д2 - степень преимущества определяется величиной уставки реле мощности (см. поясняющую диаграмму на листе 27, рис.в).

При принятом положительном направлении мощности от I к 3 секции к реле KW1 подводится сумма фазных активных мощностей в сравниваемых сечениях Д1 и Д2. Обмотка напряжения реле мощности на принципиальной схеме условно подключена к шинным трансформаторам напряжения TV1 или TV2 через устройство ручного выбора. При этом имеется ввиду, что для этой цели могли быть использованы также любые два трансформатора напряжения из TV1... TV6 , показанные на главной схеме электрических соединений станции. При отсутствии шинных TV мостов могут быть использованы TV на линиях.

Для возможности получения характеристики срабатывания реле KW1 вида $K_1 P_{д1} + K_2 P_{д2} \geq P_{ср}$ в схеме предусматриваются промежуточные трансформаторы тока TL1, TL2, имеющие регулируемые коэффициенты трансформации.

Как видно из поясняющих диаграмм (лист 27, рис.в), для задания персоналом преимущества Д1 или Д2 при автоматическом выборе необходимо менять полярность включения реле мощности. В принципиальной схеме устройства для установления

необходимой полярности включения обмотки напряжения реле KW1 используется ключ SA1 . Так, например, при включении SA1 в положение I реле KW1 сработает, когда мощность, подводимая к реле $K_1 P_{д1} + K_2 P_{д2} \geq P_{ср} > 0$. Это соответствует характеристике реле мощности П-П на поясняющей диаграмме. При этом условии выходное реле измерительного органа фиксации предшествующей мощности KL3 контактом KL3.4 подготавливает цепь на срабатывание реле деления Д1 (промреле KL4, KL5, KL11, KL15). Если же мощность на реле KW1 меньше мощности срабатывания, то реле KL3 возвращается и своим контактом KL3.5 подготавливает цепь на срабатывание реле деления Д2 (KL6, KL7, KL12, KL16). Измерительный орган фиксации предшествующей мощности работает следующим образом. При срабатывании или возврате реле мощности KW1 , срабатывает или возвращается промежуточное реле-повторитель KL21 , которое приводит в действие реле времени KT2. Реле времени включено по схеме несоответствия положений реле KL21 и выходного реле KL3 . При срабатывании или возврате реле мощности KW1 срабатывание реле времени происходит по цепям несоответствия KL21.2 - KL3.1 или KL21.3 - KL3.2 .

По истечении выдержки времени, отсчитываемой реле KT2, и при условии, что контакты реле KL21.2 и KL21.3 находятся в соответствующем положении, положение выходного реле KL3 изменяется на противоположное предыдущему, чем устанавливается соответствие между положением KW1 и KL3 .

С помощью кнопки SB4 и лампы HL1 можно определить, какое из сечений ДС предварительно подготовлено.

При включении SA1 в положение 3 изменяется полярность реле KW1 , в результате чего обеспечивается преимущественный выбор Д1 перед Д2. Условие срабатывания KW1 в этом случае:

$$K_1 P_{д1} + K_2 P_{д2} \leq P_{ср} < 0 .$$

Для того, чтобы в этих условиях не изменять логические цепи выбора деления Д1 и Д2, одновременно с изменением полярности включения KW1 с помощью ключа SA2 переключаются также цепи управления реле времени KT1 , что тождественно переключению контактов реле KW на листе 27, рис.г, т.е. при срабатывании позиционного реле KL3 опять подготавливаются цепи на деление Д1, при возврате - на Д2.

При появлении пускового сигнала от устройств противоаварийной автоматики, в зависимости от положения ключа SA2 и реле KL3, срабатывает одна из групп выходных реле: KL4, KL5, KL11, KL15 - при делении ДI, или KL6, KL7, KL12, KL16 - при делении Д2, или KL13, KL14, KL17, KL18 - при делении по любым выключателям, а также реле KL8 и позиционное реле KL1, срабатывающие при любом способе деления.

Для надежного срабатывания выходных реле при кратковременном импульсе от пусковых органов предусмотрено их самоудерживание при помощи контакта KL8.1 быстродействующего реле. Возврат схемы в исходное положение выполняется вручную при нажатии кнопки SB2, размыкающей цепь самоудерживания реле деления KL4...KL18, а также реле KL1. Кнопка SB1 предназначена для выполнения ручного деления персоналом.

С помощью реле KL11...KL18 обеспечивается отключение соответствующих выключателей и запрет их АПВ.

При делении ДI и Д2, кроме того, дается импульс на балансировку мощности в разделившихся частях станции и осуществляется автоматическое разделение цепей устройства отключения генераторов или разгрузки турбин, чтобы устройства автоматики каждого из направлений были связаны с генераторами, оставшимися подключенными к соответствующему направлению. Разделение цепей отключения генераторов или разгрузки турбин должно сохраняться в течение всего времени, пока станция работает раздельно. Поэтому реле KL4, KL5 и KL6, KL7, выполняющие разделение цепей, длительно находятся под напряжением. Для того, чтобы при пропадании оперативного тока в условиях разделившейся станции и затем его восстановления реле KL4, KL5 и KL6, KL7 могли бы сработать, предусмотрено дополнительное удерживание выходных реле с помощью контакта KL1.3 двухпозиционного реле, обеспечивающее восстановление раздельной работы в устройстве отключения генераторов или разгрузки турбин.

Для выполнения балансировки мощности в разделившихся частях станции используются реле KL9, KL10, срабатывающие от реле KL11, KL12. Такой каскад срабатывания выходных реле обеспечивает выполнение балансировки после того, как

разделятся цепи отключения генераторов или разгрузки турбин. Подача импульса на балансировку одновременно с импульсом на перестройку цепей отключения генераторов или разгрузки турбин может привести к разгрузке станции другого направления.

Чтобы исключить длительное обтекание током промежуточных реле, действующих на отключение выключателей и балансировку мощности, в устройстве использованы реле KL19, KL20 типа РП-18-5, которые своими контактами ограничивают длительность протекания тока в реле KL11... KL18 .

Поскольку от состояния контактов реле KL19, KL20 зависит надежность срабатывания устройства деления, то целесообразно использовать в каждой цепи деления параллельно включенные контакты, если это не ведет к установке специально для этой цели дополнительного реле.

Ввиду того, что реле KL19, KL20 нормально находятся под напряжением, т.е. готовность автоматики зависит от состояния контактов этих реле, предусматривается сигнализация о неисправности цепи катушек реле KL19, KL20. Она выполнена на несоответствии положения размыкающих контактов реле KL1 и реле KL19 , KL20 . Сигнализация выполняется с выдержкой времени, исключающей неправильное ее срабатывание в условиях, когда реле KL1 вернулось в исходное состояние, а реле KL19 или KL20 еще не успели сработать.

При выполнении произвольного сечения деления по любым выключателям второй секции ОРУ разделение цепей отключения генераторов или разгрузки турбин устройством деления не производится и не дается команда на балансировку, т.к. предполагается, что деление по любым выключателям сопровождается незначительным небалансом мощности, не требующим балансировки. Если при произвольном делении возникает потребность в разделении цепей отключения генераторов или разгрузки турбин, то эту функцию должны выполнить быстродействующие промреле, включенные параллельно реле KL13, KL14, KL17, KL18 , но находящиеся под напряжением в течение всего времени, пока разделена станция (аналогично тому, как включены реле KL4 , KL5 и KL6 , KL7).

С помощью размыкающих контактов этих реле должны блокироваться цепи общестанционной разгрузки, с помощью замыкающих контактов должны подключаться коммутаторы выбора отключаемых генераторов, используемые после выполнения деления. Выбор же отключаемых генераторов должен производиться персоналом с помощью штеккеров коммутаторов, в зависимости от вида произвольного деления.

Выполнение при произвольном делении всех автоматических операций, предусмотренных для Д1 и Д2, повело бы к чрезмерному усложнению устройств.

В устройстве дополнительно предусмотрен пуск реле деления Д1 и Д2 по факту отключения выключателей QC1, QC2 и QC3, QC4 с тем, чтобы при этом произошло разделение цепей в устройстве разгрузки и был подан сигнал на балансировку мощности. На принципиальной схеме условно показаны контакты быстродействующего реле, фиксирующего отключение выключателей.

Для повышения надежности устройства деления предусмотрена взаимная блокировка реле деления Д1 и Д2, а также реле произвольного деления от реле деления Д1 и Д2 с целью исключения возможности деления одновременно по двум сечениям. Например, при делении по Д1 блокируются цепи на срабатывание реле KL6, KL7, KL12, KL14, KL16...KL18. При отсутствии блокировки возможность одновременного деления по двум сечениям возникает, например, когда реле предварительного выбора деления подготовило деление Д2 и в этих условиях происходит отключение секционных выключателей в сечении Д1.

Указанная взаимная блокировка может быть неэффективной после кратковременного исчезновения оперативного тока и, следовательно, возврата блокирующего реле KL4 или KL6. Поэтому после выполнения Д1 или Д2 следует перевести ключ выбора SA2 в положение, соответствующее выполненному делению.

Этот недостаток можно исключить, если в цепи реле деления включить не контакты двухпозиционного реле KL3, а контакты его реле-повторителя типа РП-16-I, аналогично тому, как

это выполнено в устройстве деления для трех сечений (см. раздел 3.4.).

Как уже указывалось выше, при произвольном делении выбор отключаемых выключателей производится с помощью ключей SA3...SA6. Ключи SA3, SA4 имеют три положения и подготавливают цепи на отключение Q1...Q4. Второе положение соответствует тому, что ни один из выключателей соответствующей ячейки не подготовлен к отключению. При установке в первое положение отключению подлежит выключатель Q1 (Q3), в третье - Q2 (Q4).

Чтобы при выполнении произвольного деления предотвратить возможность потери какого-либо присоединения вследствие неправильного выбора выключателей, намеченных к отключению, предусмотрена блокировка устройства деления. Это касается выключателей Q1...Q4. Отключение какого-либо из них или вывод в ремонт делает невозможным деление, которое намечено отключением второго выключателя данного присоединения.

Блокировка осуществляется с помощью реле KT1 и KL2, срабатывающих от несоответствия реле положения "отключено" выключателей и положения ключей выбора SA3, SA4. Контактом KL2.1 размыкается цепь выходных реле произвольного деления KL13, KL14, KL17, KL18 и при помощи KL2.2 выполняется сигнализация этого несоответствия. Выдержка времени при блокировке (KT1) принимается больше времени действия защит элементов, присоединенных через выключатели Q1...Q4 с тем, чтобы исключить блокирование деления непосредственно в условиях аварийного отключения какого-либо из указанных выключателей, когда деление может потребоваться.

В качестве реле блокировки KL2 использовано реле с фиксированным положением якоря типа РП-8, позволяющее действовать блокировке при снятии оперативного тока в цепях управления выключателем или при включении выключателя при отключенных его разъединителях. Возврат реле KL2 осуществляется вручную нажатием кнопки SB3.

Контакт реле KL2.1 шунтирован накладкой 5×3 , нормально находящейся в отключенном состоянии. Использование ее в этой цепи позволяет персоналу отказаться от рассмотренной выше блокировки.

После деления станции возможна переориентация органа выбора наивыгоднейшего сечения деления. В нормальных условиях это никак не сказывается на правильности работы схемы, поскольку имеется взаимная блокировка реле деления по различным сечениям. Однако пропадание оперативного тока и последующее его восстановление может привести к делению уже по другому сечению из-за того, что реле деления KL4 (или KL6) не успеют порвать цепи реле деления Д1 (или Д2). При этом имеется ввиду, что ключ SA2 не переведен по сигналу к этому моменту в соответствующее положение. Чтобы указанное не происходило, орган предшествующей мощности фиксируется в том положении, которое было в момент деления, путем размыкания контактом KL1.1 цепи реле времени KT2 . Дополнительно к этому после деления реле мощности KW1 выводится из действия путем шунтирования его катушки тока контактом KL1.2 . Это делается для того, чтобы исключить возможность термической перегрузки катушки тока из-за протекания по ней токов неодинаковых частот и возможность колебаний подвижной системы реле.

Резистор R1 должен обеспечивать возможность срабатывания указательных реле в пусковых цепях автоматики, действующей на деление. Величина резистора должна быть равна величине сопротивления блинкера или несколько больше. Величина превышения ограничивается условием возврата промреле, например, реле KL4, KL5 и KL11, KL15 при делении Д1.

Кроме тех видов сигнализации, о которых упоминалось выше, имеется сигнализация действия устройств деления, осуществляемая контактом реле KL1 , фиксирующего любой способ деления. Вид деления определяется по блинкерам в цепях реле деления и по положению ключа SA2.

3.3. Устройство деления системы для двух сечений (вариант 2)

В отличие от первого варианта узел между Д1 и Д2 имеет смешанный характер: возможны режимы работы, когда узел может быть и генерирующим ($P_г \geq P_н$) и потребляющим ($P_г \leq P_н$). Принципиальная схема дана на листах I8, I9, 2I. Согласно указанному в разд. 3.I., орган выбора наивыгоднейшего сечения деления состоит из 2-х реле мощности: KW1 и KW2. Реле KW1 – реле активной мощности типа РБМ-275 – включено аналогично первому варианту.

Для ограничения небаланса мощности какого-либо знака посредством изменения полярности включения реле KW1 в схеме используется ключ SA1, имеющий три положения. При включении SA1 в первое положение увеличивается зона возможных положительных небалансов мощности ($P_{нб} > 0$) при делении Д1 и Д2 и ограничивается зона возможных отрицательных небалансов ($P_{нб} < 0$). При включении SA1 в третье положение, наоборот, ограничивается зона возможных положительных небалансов мощности и увеличивается – отрицательных. Второе положение SA1 – нейтральное.

В данном варианте несколько упрощена схема фиксации предшествующей мощности: вместо двух реле времени, фиксирующих срабатывание соответственно KW1 и KW2, используется общее – KT2.

В качестве реле KW2 применено реле направления мощности типа РМ II. Чтобы это реле фиксировало направление именно активной мощности, оно включено по 30-градусной схеме. Возможность применения этого типа реле вместо РБМ-275 обусловлена тем, что смещение линии нулевой чувствительности KW2 путем его загрубления, как указывалось в разд. 3.I., не приводит к ограничению небалансов мощности какого-либо знака, как это имеет место у реле KW1.

В остальном устройство деления второго варианта ничем не отличается от выше рассмотренного устройства деления первого варианта.

3.4. Устройство деления системы для трех сечений

Принципиальная схема приведена на листах 22...26. Устройство выполнено в предположении, что во всех возможных режимах $P_{Г1} \geq P_{Н1}$ и $P_{Г2} \geq P_{Н2}$. На главной схеме электрических соединений (лист 22) представлены четыре сечения деления: Д1, Д2, Д3, Д4. Сечения Д2 и Д3 идентичны, поэтому в данном устройстве осуществляется автоматический выбор наивыгоднейшего способа деления только из трех сечений: Д1, Д2 (или Д3) и Д4. Выбор Д2 или Д3 для учета их в автоматическом выборе осуществляется персоналом. Это делается с помощью испытательных блоков *SG3* и *SG4* : *SG3* обеспечивает включение реле мощности на ток в сечении Д2; *SG4* – на ток в сечении Д3. Для исключения ошибочного подключения к реле *KW1* и *KW2* одновременно цепей трансформаторов тока сечений Д2 и Д3 испытательные блоки *SG3* и *SG4* должны иметь одну общую крышку.

Орган выбора наивыгоднейшего сечения деления включает в себя два реле мощности – *KW1* и *KW2* . Реле *KW1* служит для выбора сечения из Д1 и Д2 (или Д3). Реле *KW2* используется для выбора сечения из Д2 (или Д3) и Д4.

Попарное сравнение сечений деления и выбор из них наивыгоднейшего осуществляется органами сравнения аналогично первому варианту. Выбор наивыгоднейшего из трех сечений в зависимости от состояния *KW1* и *KW2* производится с помощью реле *KL10...KL12* по схеме, построение которой показано на листе 28 рис.г, и пояснено в разд. 3.I.

Предусмотрена световая сигнализация предварительно выбранного сечения деления, выполненная на лампах *HL1...HL4* .

Кроме того, лампы HL2 и HL3, включенные через контакты испытательных блоков SG3 и SG4 соответственно, показывают, какое сечение деления - Д2 и Д3 - предварительно выбрано персоналом.

Задание преимущества тому или иному сечению осуществляется аналогично первому варианту с помощью ключей SA1 и SA2, путем изменения полярности включения соответственно KW1 и KW2 (см. характеристики II-II и III-III на листе 28). Выбор уставок реле KW1 и KW2 должен осуществляться в соответствии с условиями, изложенными в разд. 3.I (см. выражение 3-5).

Ручной выбор деления производится ключом SA3. Накладка Sx1, как уже указывалось в разд. 3.I, служит для того, чтобы в случае выполнения неравенства (3-5) сечение деления было выбрано. Она может находиться как в положении "а-в", так и в положении "а-с".

В отличие от первого варианта устройства деления для двух сечений, при пропадании оперативного постоянного тока и затем его восстановлении в условиях уже разделившейся станции не возникает опасность ошибочного выполнения деления по второму сечению, так как в качестве реле предварительного выбора сечения деления KL10...KL12 используются реле типа РП-I6 --I. Поэтому, прежде чем сработают эти реле, успеют сработать реле деления по цепи удерживания, и выполнится блокировка реле других сечений. В связи с изложенным в этом варианте отсутствует сигнализация о необходимости перевода SA3 в положение, соответствующее выполненному делению.

Как и в первом варианте, при любом из способов деления, кроме произвольного, дается сигнал на балансировку мощности в разделившихся частях, производится автоматическое разделение цепей отключения генераторов или разгрузки турбин, а также пуск УРОВ. Но в отличие от первого варианта эти цепи имеют некоторую особенность, связанную с тем, что выходные реле при делении по Д2 и Д3 общие (KL15, KL16, KL29, KL30, KL37).

Поэтому выходные цепи устройства, производящие разделение цепей отключения генераторов или разгрузки турбин,

балансировку мощности и пуск УРОВ, должны выполнять эти операции в соответствии с тем, по какому из сечений – Д2 или Д3 – происходит в действительности деление станции. Поясним это на примере. Предположим, что устройство, автоматически сравнивающее сечения Д1, Д2, Д4 (крышка вставлена в SG3) подготовило для деления сечение Д2, а в это время происходит отключение выключателей QC1 и QC4 , т.е. станция делится по незапланированному сечению Д3. В соответствии с Д3, а не с выбранным предварительно Д2, должно быть произведено разделение цепей разгрузки, подан сигнал на балансировку и к УРОВ. Для этого в указанные выше цепи параллельно контакту реле-повторителя SG4 (контакт KL9.14), который в данном примере находится в разомкнутом состоянии, включен замыкающий контакт реле, фиксирующего отключение секционных выключателей в сечении Д3 (контакт KL24.3), а в цепи, действующие при делении Д2, включены блокирующие контакты реле KL24.

Все рассмотренные выше устройства деления выполнены в предположении того, что деление, так же как и отключение генераторов, при действии пусковых органов автоматики происходит без дополнительной задержки времени. Если же расчеты устойчивости покажут, что для повышения динамической устойчивости требуется выполнить деление с некоторой выдержкой времени, а отключение генераторов, наоборот, целесообразно произвести как можно быстрее, то в рассмотренные устройства деления необходимо внести некоторые дополнения. Они заключаются в том, что реле деления, действующие на отключение выключателей и на перестройку цепей разгрузки должны быть скоммутированы по-разному: в цепь реле, действующих на отключение выключателей, балансировку и УРОВ необходимо ввести контакт реле времени, уставка которого определяется необходимой задержкой. Так, например, в устройстве деления для двух сечений реле KL4, KL5 на листе I8, производящие разделение цепей разгрузки, не должны подключаться параллельно реле KL11 , KL12 , так как последние должны срабатывать через время, определяемое уставкой на реле времени, катушку которого необходимо включить параллельно KL4, KL5 . Аналогично должны быть включены реле деления Д2.

Тогда, при действии пусковых органов автоматики на деление быстродействующие реле KL4, KL5 (при Д1) или KL6, KL7 (при Д2) произведут разделение цепей разгрузки, а реле KL11, KL15 или KL6, KL7, или KL13, KL14, KL17, KL18 (при соответствующих способах деления) с некоторой выдержкой времени отключат выключатели в сечениях деления.

3.5. Устройство резервирования при отказе выключателя при делении системы с ручным выбором отключаемой секции

Принципиальная схема устройства приведена на листе 29. Схема устройства составлена применительно к объекту, имеющему только одно сечение деления. При наличии нескольких сечений устройство нетрудно расширяется по аналогичному принципу. УРОВ при делении выполняется на тех же принципах, что и УРОВ в релейной защите.

Отказ секционного выключателя фиксируется по факту наличия тока в его цепи после появления команды на деление. Для этой цели используются по два трехфазных реле тока типа РТ-40/PI, включаемых в цепи каждого секционного выключателя TA1 и TA2, TA3 и TA4. Контакты этих реле включаются последовательно.

Ограниченная чувствительность реле тока может вызвать задержку действия УРОВ, если при появлении команды деления по секционным выключателям протекает ток, недостаточный для срабатывания реле. В этом случае последующее действие УРОВ обусловлено нарастанием тока по отказавшему выключателю в течение переходного процесса. Этого нарастания может и не возникнуть в нужной степени. Поэтому чувствительность реле тока должна быть согласована с той величиной активной мощности, протекающей через сечение деления, которой можно пренебречь

с точки зрения устойчивости.

Необходимость применения двух реле тока вызвана тем, что пусковое реле имеет самоудерживание; в этих условиях второе реле тока выполняет функцию дополнительного контроля отказа выключателя. Использование двух реле тока повышает надежность действия УРОВ: исключает его ложное срабатывание при приваривании или застревании контактов реле тока.

При отказе секционного выключателя QC1 УРОВ действует на отключение с запретом АПВ всех присоединений I или 2 секции I с.ш. Выбор секции, подлежащей отключению, производится персоналом с помощью ключа SA1. При отказе секционного выключателя QC2 через ключ SA2 отключаются присоединения I или 2 секции II с.ш.

Предусматривается повторное действие без выдержки времени (контакты KL2.1 и KL3.1) на отключение отказавшего выключателя QC1 или QC2.

Это действие может быть эффективным, если отказ выключателя вызван нарушением цепей устройства деления. Одновременно это действие является полезным, исключающим ложное срабатывание УРОВ в условиях проверки устройства деления, когда действие устройства деления на отключение секционных выключателей снято, но не выведено УРОВ.

С целью повышения надежности устройства резервирования выполнена сигнализация о неисправности реле тока (КНI). Срабатывание КНI, например, по цепи КАI.I, КА2.2 означает отказ при возврате КАI или отказ срабатывания КА2. Чтобы не допустить ложной сигнализации в нормальных условиях работы, когда вследствие неточности якорь реле КАI подтянут, а КА2 – нет, уставка КАI выбирается несколько большей, чем уставка КА2. В этих условиях при снижении тока в секционном выключателе сначала возвращается КАI, а потом КА2. Предусмотренная сигнализация однако не фиксирует отказ КА2 при возврате реле тока и отказ КАI при срабатывании. Создание сигнализации этих нарушений вызвало бы усложнение устройства, и потому она не выполнена.

3.6. Структурная схема устройства резервирования при отказе выключателя при делении системы с автоматическим выбором отключаемой секции

В данной работе на листе 30 для примера показана структурная схема для случая отказа секционного выключателя QC1 I системы шин. Для случая отказа QC2 структурная схема выполняется аналогично и поэтому в данной работе не содержится. Принципиальная схема в данной работе также не приводится, так как основы построения устройства ясны из структурной схемы, а схемы первичных соединений объектов слишком различаются. Также как в УРОВ при делении системы с ручным выбором отключаемой секции в рассматриваемом случае отказ секционного выключателя фиксируется с помощью двух реле тока по факту наличия тока в цепи этого выключателя после появления команды на деление.

Выбор отключаемой секции должен производиться таким образом, чтобы ее отключение, с одной стороны, выполнялось отключением минимального числа выключателей, а с другой стороны, чтобы такое отключение не сопровождалось отключением неповрежденных присоединений. Например, при отказе QC1 в условиях, когда выведен в ремонт один из выключателей Q10, Q12, Q14, УРОВ должен действовать на отключение выключателей секции I, хотя по количеству их больше, чем на секции 2. В случае одновременного ремонта выключателей секции I и секции 2 второй системы шин происходит запрет отключения выключателей как секции I, так и секции 2 первой системы шин.

Существуют случаи, когда схема первичных соединений подстанции или станции, подвергаемой делению, такова, что однозначный выбор того или иного действия УРОВ невозможен.

Например, когда отключение выполняется одинаковым числом выключателей как на секции I, так и на секции 2, или когда существует запрет на потерю присоединения на обоих секциях.

На такие случаи в устройстве резервирования должна быть предусмотрена система предпочтения, выполненная с помощью накладки $S{\times}2$. Например, при отказе $QC1$ в условиях, когда выключатели $Q1$, $Q2$ находятся в ремонте, сигнал идет через $S{\times}2$ на отключение секции I или секции 2.

С помощью накладки $S{\times}1$ возможен вывод из действия систем автоматического выбора и переход на ручное управление с помощью той же накладки.

Предусматривается сигнализация о том, какая система шин подготовлена к отключению от устройства резервирования. Такая сигнализация дает возможность персоналу установить соответствие выбираемой с помощью УРОВ секции с имеющейся в данный момент времени схемой первичных присоединений.

4. УСТРОЙСТВА ФОРСИРОВКИ ПРОДОЛЬНОЙ ЕМКОСТНОЙ КОМПЕНСАЦИИ И ОТКЛЮЧЕНИЯ ШУНТИРУЮЩИХ РЕАКТОРОВ

4.I. Общая характеристика устройств форсировки продольной емкостной компенсации и отключения шунтирующих реакторов

Форсировка установки продольной компенсации (ФК) и отключение реакторов (ОР) являются наиболее простыми и надежными мероприятиями противоаварийной автоматики, проверенными многолетней практикой эксплуатации. ФК и ОР ценны в том отношении, что не ведут к перераспределению активной мощности в энергообъединении.

Форсировка компенсации заключается в таком переключении батарей конденсаторов, которое увеличивает емкостное сопротивление установки продольной компенсации (УПК), повышая тем самым пропускную способность электропередачи. Основной способ выполнения форсировки УПК – отключение части параллельных мостов.

Как правило, по экономическим соображениям, УПК выбирается на ток, соответствующий максимальной передаваемой мощности. Поэтому после отключения части мостов с целью ФК или при их повреждении остальные мосты оказываются перегруженными, что может привести к порче конденсаторов батареи.

В связи с этим, наряду с ФК, необходимо предусматривать защиту конденсаторных мостов от перегрузки.

Отключение шунтирующих реакторов. В нормальном режиме, если позволяет режим работы энергосистемы, шунтирующие реакторы желательно держать включенными, так как это увеличивает индуктивную нагрузку генераторов и, следовательно, их э.д.с. Но, с другой стороны, наличие шунтирующих реакторов на электропередаче отрицательно сказывается на ее устойчивости, увеличивая взаимное сопротивление между отправной и приемной системами. Обычно положительное влияние - увеличение э.д.с. - значительно выше, чем отрицательное влияние - увеличение взаимного сопротивления.

В послеаварийном режиме потери реактивной мощности увеличиваются, так как имеет место или наброс передаваемой мощности, или отключение части оборудования электропередачи. Резервов реактивной мощности обычно не хватает и указанное положительное влияние не может проявиться. Поэтому для снижения взаимного сопротивления в послеаварийном режиме целесообразно отключить шунтирующие реакторы в таком объеме, чтобы не вызвать недопустимого повышения напряжения на высоковольтном оборудовании и действия защит от повышения напряжения.

4.2. Устройство форсировки УПК

На листе 31 приведена принципиальная схема устройства, срабатывающего при получении команды ФК (подачи плюса на катушку быстродействующего реле *KL1*.) от пусковых органов и

органов дозировки противоаварийной автоматики, расположенных на той же подстанции, что и УПК, или на другом объекте. В последнем случае команда подается с помощью устройства телеавтоматики. Устройство выполнено однократным и в расчете на возможность отключения только одного из мостов УПК.

Ключом управления *SA1* персонал должен установить, какой из мостов УПК должен отключаться при появлении команды ФЖ и каким из двух выключателей, подключающих каждый из мостов к шинам. Тем же ключом устройство может быть выведено из действия (положение 4).

Чтобы предотвратить форсировку, когда один из мостов аварийно отключен, в цепь пуска реле *KL1* включен размыкающийся контакт двухпозиционного реле *KL3.1* типа РП-11. Реле *KL3* срабатывает при замыкании контактов выходных реле защиты любого из трех мостов УПК: I РЗ, II РЗ или III РЗ, а также при срабатывании автоматики форсировки УПК (контакт *KL4*). Вывод из действия устройства сигнализируется контактом *KL3.2* до вмешательства оперативного персонала, который должен ввести устройство в работу с помощью кнопки *SB1*, только после включения отключенного от автоматики моста.

На случай кратковременного пускового сигнала предусмотрено самоудерживание реле *KL1* в течение 0,18 с (сумма времен срабатывания реле *KL4* и *KL3*), достаточное для надежного подхвата импульсов на отключение в схеме управления воздушным выключателем.

В случае, если на каком-нибудь из выключателей УПК предусмотрено устройство АПВ, с помощью контактов реле *KL1* должен осуществляться запрет АПВ. Если устройства АПВ устанавливаются на всех выключателях УПК, для запрета АПВ может использоваться один контакт реле и ключ, аналогичный ключу *SA1*.

Если на УПК предусмотрена установка осциллографа и устройства контроля предшествующей мощности, контакты реле *KL1* могут использоваться для пуска осциллографа и осциллографирования, а контакт реле *KL4* – в устройстве сигнализации контроля предшествующей мощности.

КОСЭП 79-10000

4.3. Устройство отключения реакторов

Устройство, приведенное на листе 31, срабатывает при получении команды ОР аналогично устройству, действующему на форсировку УПК.

Отличие от устройства ФК состоит в том, что устройство ОР может действовать многократно, если ко времени повторного действия реакторы оказываются включенными, и что предусматривается действие на отключение не одного из имеющихся реакторов, а нескольких или всех одновременно.

Для возможности оперативного выбора отключаемых от устройства реакторов предусмотрены накладки 5х3, 5х4. В устройстве предусмотрено самоудерживание выходного реле в течение 0,12 с для подачи надежного импульса на отключение выключателя с помощью реле КЛ5.

5. УСТРОЙСТВА РАЗГРУЗКИ ТЕПЛОВЫХ ТУРБИН

5.1. Общая характеристика устройств разгрузки тепловых турбин

Воздействие противоаварийной автоматики на разгрузку турбин по сравнению с отключением генераторов и делением системы более благоприятно тем, что при этом не изменяется состав оборудования энергосистемы и ее целостность.

Кроме того, принципиально разгрузка поддается более точной дозировке, чем другие средства повышения устойчивости, т.к. дозировка может быть выполнена непрерывной по величине, отсутствует обязательный в других случаях элемент дискретности (как, например, в случае отключения генераторов или форсировки продольной компенсации).

Поскольку турбины допускают как кратковременную, так и длительную разгрузку, система разгрузки тепловой станции состоит из устройства импульсной разгрузки, предназначенного для сохранения динамической устойчивости энергосистемы, и устройства длительной разгрузки для сохранения статической устойчивости послеаварийного режима и создания необходимого нормативного запаса по пропускной способности передачи. Возможность осуществления отдельного мероприятия, направленного на сохранение динамической устойчивости и не оказывающего никакого воздействия на послеаварийный режим, является также преимуществом разгрузки турбин как управляющего воздействия противоаварийной автоматики.

Однако область применения импульсной разгрузки ограничена турбинами, имеющими пропорциональный электрический вход в систему регулирования, позволяющий вводить кратковременные воздействия на быстрое прикрытие регулирующих клапанов, а глубина длительной разгрузки ограничивается регулировочным диапазоном турбины, в пределах которого возможно такое снижение ее мощности.

Введение кратковременных воздействий на прикрытие регулирующих клапанов турбины осуществляется подачей на электрогидравлический преобразователь - ЭГП импульсов определенной амплитуды и длительности, которые приводят к быстрому снижению мощности турбины до определенного уровня и затем - к относительно более медленному возврату ее в исходное положение. Зависимости изменения мощности турбины во времени от величины и длительности разгружающего импульса (импульсные характеристики) представляют собой те исходные данные, на основании которых должны быть выбраны параметры воздействия на турбину (амплитуда $K_и$ импульса и его длительность $T_и$).

Анализ переходных процессов в энергосистемах показывает, что параметры воздействия на турбину всегда должны обеспечивать наибольшую скорость закрытия ее регулирующих клапанов и наименьшее возможное время запаздывания изменения мощности турбин. С целью предотвращения нарушения устойчивости на втором и последующих циклах качаний естественный процесс

подъема мощности турбины после снятия воздействия на закрытие регулирующих клапанов может быть замедлен, например, снятием части разгружающего импульса по экспоненциальному закону.

Таким образом, требуемой величине разгрузки каждой турбины может быть поставлена в соответствие определенная амплитуда и длительность прямоугольного импульса ($К_и$, $Т_и$), дополненная амплитудой и постоянной времени части импульса, снимаемой по экспоненциальному закону ($К_{и1}$, τ). Выбор сочетания $К_и$ и $Т_и$ для определенного значения максимальной разгрузки неоднозначен. Поэтому, ориентируясь на конкретные импульсные характеристики турбины, необходимо Ки и Ти подбирать так, чтобы при достаточной скорости была бы обеспечена наименьшая погрешность в величине разгрузки при возможных погрешностях амплитуды и длительности импульса.

Устройства импульсной и длительной разгрузки турбин делятся на две части: общестанционное устройство и блочные устройства.

В общем случае станционное устройство импульсной разгрузки должно на основании информации о необходимой разгрузке станции, о количестве блоков, подключенных к устройству разгрузки, а также о способе деления станции, применяемого при данной аварийной ситуации, определить, какие турбины должны быть разгружены и насколько.

Блочное устройство разгрузки на основании информации о величине необходимой разгрузки, полученной от общестанционного устройства, должно в соответствии с импульсными характеристиками данной турбины сформировать параметры импульса $К_и$, $Т_и$, $К_{и1}$, τ, непосредственно вводимого в ее систему регулирования.

Выполнение отдельного устройства импульсной разгрузки для каждого блока необходимо, поскольку импульсные характеристики даже однотипных турбин в достаточной степени отличаются друг от друга. "Технические требования к блокам котел-турбина и их системам управления, выдвигаемые при аварийных возмущениях в энергосистеме" ("Энергосетьпроект", инв.№ 3102тм-Т6)

допускают различие импульсных характеристик однотипных турбин не более, чем на ±10%. При удовлетворении этому требованию устройство для формирования длительности подаваемых в систему регулирования турбины импульсов может быть выполнено общим для всех турбин одного типа, амплитуды же импульсов должны быть сформированы непосредственно в цепях воздействия на каждую турбину. При этом возможная погрешность, ограниченная приведенной цифрой, может быть статистически учтена при выборе уставки устройства разгрузки.

Ввод в систему регулирования турбины импульсных воздействий может осуществляться непосредственно через электрогидравлический преобразователь ЭГП. Для управления ЭГП турбины ЛМЗ мощностью 300 МВт и выше оснащены электроприставкой (ЭП), а турбины ХТЗ мощностью 300 и 500 МВт - блоком релейной форсировки (БРФ), через суммирующие магнитные усилители которых также могут вводиться воздействия от устройств противоаварийной автоматики.

Общестанционное устройство длительной разгрузки должно на основании информации о необходимой разгрузке станции в послеаварийном режиме, количестве блоков, подключенных к устройству, их регулировочном диапазоне в исходной загрузке, а также о способе деления станции, определить, какие блоки должны быть разгружены, а также задать величину разгрузки или уставку по мощности каждому из блочных устройств длительной разгрузки. Если регулировочный диапазон станции меньше, чем величина необходимой разгрузки, общестанционное устройство должно определить минимально необходимое число отключаемых блоков с одновременным пересчетом задания мощности остальным.

Блочное устройство длительной разгрузки турбин на основании полученной от общестанционного устройства информации о величине разгрузки или величине заданной блоку мощности должно с заданным качеством переходного процесса изменить мощность турбины и поддерживать ее в послеаварийном режиме с заданной точностью. От устройства не требуется высокого быстродействия, поскольку его действие, как правило, сопровождается действием импульсной разгрузки с замедленным подъемом мощности.

КОСЭП 79-10000

Необходимо отметить, что разработанные в настоящее время ВЭИ общестанционные и блочные устройства разгрузки тепловых турбин не прошли еще стадии промышленной апробации и серийный выпуск их не налажен. В связи с этим, до появления серийных устройств для блоков, не оснащенных устройствами ограничения мощности, используется неточный, но простой способ непосредственного воздействия на электродвигатель механизма управления турбины путем кратковременной дозированной по времени подачи на него напряжения питания (решение № 6 ЦДУ ЕЭС СССР, Главтехстройпроекта и Главтехуправления Минэнерго СССР от 04.01.70 г.).

Неточность этого способа ограничивает в настоящее время возможности использования длительной разгрузки турбин как исполнительного органа противоаварийной автоматики.

5.2. Общестанционное устройство импульсной разгрузки турбин

Общестанционное устройство импульсной разгрузки турбин, приведенное на листе 32, осуществляет пуск блочных устройств импульсной разгрузки отдельных турбин. Для этого применены промежуточные реле KL1... KL9 , обеспечивающие возможность питания каждого из блочных устройств от отдельных источников. Исключение этих реле вызвало бы необходимость питания блочных устройств разгрузки от предохранителей в цепях постоянного тока общестанционного устройства разгрузки, что увеличивает нагрузку на общестанционную аккумуляторную батарею, увеличивает емкость цепей постоянного тока и затрудняет поиски места нарушения изоляции в цепях постоянного тока.

Устройство рассчитано на три ступени разгрузки. Это число представляется оптимальным, учитывая низкую точность блочных устройств разгрузки и вид импульсных характеристик турбин. Однако при необходимости число ступеней разгрузки может быть увеличено.

Устройство предусматривает выполнение жесткой программы действий в зависимости от пусковых импульсов в расчете на определенное, наперед заданное число разгружаемых турбин. Поскольку на станции число работающих турбин может изменяться, настройка устройства должна быть сделана на наименьшее число работающих турбин с тем, чтобы к нему могли подключаться все работающие турбины станции.

При желании логика устройства может быть усложнена для выполнения переключения шинок разгрузки после срабатывания устройства таким образом, чтобы при появлении нескольких последовательных сигналов на разгрузку интенсивность сигналов, следующих за первым, была понижена, однако схема такого устройства не приведена из-за ее эксплуатационной сложности.

При наличии деления станции на два направления каждому из них должна соответствовать своя группа шинок и промежуточных реле, управляющих блочными устройствами разгрузки турбин, выделяющихся на данное направление, аналогично тому, как это сделано в устройстве отключения генераторов, показанном на листе 9.

При срабатывании устройства осуществляется пуск осциллографа.

5.3. Блочное устройство импульсной разгрузки турбины

В соответствии с программой, заложенной в общестанционном устройстве импульсной разгрузки, блочное устройство импульсной разгрузки предусматривает не более трех ступеней интенсивности импульсов, различающихся только по величине, только по длительности или по тому и по другому параметру одновременно.

Схема строится несколько по-разному в зависимости от соотношения между амплитудами и длительностями импульсов раз-

личных ступеней и однократности или многократности действия устройств разгрузки. Однако во всех вариантах сохраняются два принципа:

– запоминание срабатывания пусковых органов производится в данной схеме, поскольку только блочные устройства обладают информацией, на какое время необходимо это запоминание;

– во избежание подачи длительного импульса на разгрузку при неисправностях в схеме или в пусковых органах предусмотрен резервный съем импульса с выдержкой времени, превышающей длительность импульса наиболее интенсивной ступени.

Ниже приведены описания различных вариантов схем импульсной разгрузки турбины.

I вариант. Схема однократного действия, в которой ступени разгрузки различаются лишь амплитудами импульсов при одинаковой их длительности (лист 33). Схема может быть применена для турбин, импульсные характеристики которых позволяют достичь различной глубины разгрузки с помощью вариации амплитуды импульса при постоянной его длительности. Однократность действия позволяет наиболее просто построить схему импульсной разгрузки и выполнить ее аналогично схеме разгрузки через МУТ с общей для обеих схем кнопкой ручного возврата *SB1*.

Необходимо отметить, что однократности действия устройства в ряде случаев достаточно. Например, если на стадии расчетов устойчивости выяснено, что корректирующее действие автоматики оказывается неэффективным, будучи введенным с запаздыванием по отношению к моменту начала аварии, или что первоначального воздействия достаточно для сохранения устойчивости, несмотря на развитие аварии. Тем не менее схема предусматривает возможность некоторой коррекции импульса в процессе первоначального воздействия.

Если до прекращения первого импульса на шинках появляется импульс меньшей интенсивности, то его действие запрещается, если же появляется импульс большей интенсивности, то он проходит, однако общее время двух импульсов не превышает

КОСЭП 79-10000

времени одного импульса.

Указанное вызвано следующей причиной. Если два импульса разной интенсивности одновременно приходят на шинки разгрузки, то это означает, что повреждение, вызвавшее необходимость в подаче импульса большей интенсивности, включает в себя как составную часть повреждения, вызвавшие необходимость подачи импульса меньшей интенсивности, и поэтому суммирование действий этих ступеней излишне, достаточно действия большей ступени разгрузки. Если возникновение этих повреждений несколько смещено во времени, то больший импульс, интенсивность которого выбрана в расчете на самостоятельное действие, приходит на шинки разгрузки в то время, когда система регулирования турбины уже перемещается под действием предыдущего импульса, и, следовательно, время действия второго импульса может быть несколько уменьшено.

Реле KL1... KL3 срабатывает при появлении импульсов на шинках разгрузки и самоудерживаются на время, равное длительности импульсов на разгрузку. При срабатывании, эти реле своими контактами KL1.3... KL3.3 и KL1.4... KL3.4 замыкают цепь обмотки электрогидравлического преобразователя (ЭГП), или входа $\bar{Y}$ суммирующего магнитного усилителя электроприставки (ЭП), или дополнительной обмотки блока релейной форсировки (БРФ), подавая импульс в систему регулирования турбины. Одновременно с помощью контактов KL1.2... KL3.2 этих реле пускается реле времени KT1, задающее длительность импульса. Спустя выдержку времени KT1, срабатывает двухпозиционное реле KL7, снимающее основной импульс и замыкающее цепь разряда конденсатора через ЭГП, ЭП или БРФ, чем обеспечивается экспоненциальный съем части разгружающего импульса.

Для съема импульса при неисправности схемы или цепей пуска применены реле KL5, KL6 резервного съема импульса, задержка на отпадание которых должна быть отстроена от выдержки времени реле KT1 на 0,1... 0,15 с. Чтобы не усложнять схему из-за отсутствия свободных контактов пусковых реле KL1... KL3, замыкание цепи обмоток реле резервного съема импульса KL5, KL6 выполняется контактом реле - повторителя KL4.3, что допустимо

вреду малой вероятности совпадения неисправности двух реле (например, KL1 и KL4).

Если при неисправности схемы вместо основного работает резервный съем импульса с ЭГП, то импульс будет увеличен по сравнению с необходимым, а амплитуде экспоненциальной части импульса будет зависеть от того, какова была амплитуда прямоугольной части импульса. Для схемы с воздействием на ЭГП указанное признано допустимым, поскольку амплитуда экспоненциальной части импульса при этом может варьироваться незначительно - от I о.е. до 2 о.е. - за счет включаемого в цепь разряда конденсатора резистора R5. В варианте разгрузки турбины через электроприставку или БРФ амплитуда экспоненциальной части импульса при этом может достигать 4 о.е., что в сочетании с увеличенной длительностью прямоугольной части импульса может привести к переторможению станции (за относительную единицу (о.е.) - принята амплитуда сигнала, приводящего к перемещению регулирующих органов турбины от номинальной мощности до холостого хода).

Во избежание этого в схеме с ЭП и БРФ при работе резервного съема емкость С2 дополнительно коммутируется контактами KL5.2 и KL5.3.

Для формирования длительности импульса использовано реле времени, а не промежуточное реле, поскольку оно поддается более точному регулированию и установленная на нем выдержка времени более стабильна; для резервного съема импульса применено промежуточное реле, т.к. уставка на нем может быть выставлена менее точно.

Возврат схемы в исходное состояние осуществляется только вручную с помощью кнопки SB1 при отпавшем реле фиксации пуска KL4.

Контроль за работой устройств импульсной разгрузки выполнен путем установки блинкеров КНI... КН3 в цепях пусковых реле и осциллографирования тока через обмотки управления ЭГП, ЭП и БРФ.

На блочном щите предусмотрен сигнал от контактов реле съема импульса с ЭТП (*KL7.6* и *KL6.1*), предупреждающий возможные неправильные действия персонала при внезапном уменьшении мощности блока и напоминающий о необходимости возврата схемы в рабочее положение кнопкой.

Величина тока управления, подаваемая в обмотку ЭТП (магнитного усилителя ЭП, БРФ), регулируется последовательно включенными в ее цепь резисторами *R1...R3* (*R8...R13*), коммутация которых осуществляется контактами пусковых реле *KL13...KL3.3*

При одновременном срабатывании нескольких ступеней ток полностью определяется наиболее высокой из них.

Цепи разгрузки через ЭП, БРФ и через ЭТП различаются величиной конденсаторов и способами его подключения.

В схемах с ЭП или БРФ емкость конденсатора С2 сравнительно невелика (около 50 мкФ, для ЭП и БРФ), и заряд его обеспечивается за время прохождения прямоугольной части импульса (0,15... 0,2 с).

В схеме с ЭТП, чувствительность по току которого значительно ниже, емкость С1, соответственно, намного больше (до 1000 мкФ); она заряжается предварительно и находится все время в заряженном состоянии.

Для безопасности персонала предусмотрен принудительный разряд конденсатора контактом *KL8.1* при исчезновении напряжения питания.

Во избежание короткого замыкания при подаче напряжения питания на схему из-за неодновременности переключения контактов реле *KL8* установлен резистор *R6*.

Для обеспечения разряда емкости через ЭТП параллельно контактам *KL1.4... KL3.4* подключен контакт *KL7.4*.

Цепь обмотки управления ЭП (БРФ) отделена в нормальном режиме от цепей постоянного тока контактами пусковых реле *KL1.4... KL3.4*, чтобы исключить возможность ложного изменения нагрузки турбины из-за протекания тока от устройства контроля

изоляции через обмотку ЭП (БРФ) при появлении в последней "земли". Такое решение, однако, может привести к непредвиденным последствиям при подключении в момент аварии поврежденной обмотки ЭП (БРФ) к цепям постоянного тока. Поэтому в схеме подачи импульса непосредственно на обмотку ЭГП, вероятность повреждения которой выше, а чувствительность по току ниже, чем у ЭП (БРФ), предусмотрена возможность контроля изоляции цепей ЭГП, для чего по желанию персонала можно шунтировать перемычкой на клеммнике контакты KL1.4... KL3.4 .

Неправильная работа выходных промреле автоматики возможна также при замыканиях на землю в цепи постоянного тока при наличии больших емкостей кабельных связей. Подробно этот вопрос рассмотрен в разделе 2.2.

Накладка S1 , снимающая воздействие устройства на турбину, поставлена перед ЭГП и БРФ с тем, чтобы сохранить возможность проверки всего устройства путем осциллографирования без воздействия на турбину.

Накладка в цепи суммирующего усилителя электроприставки расположена в самой электроприставке, но ее второй конец не выведен на клеммник. Поэтому для осциллографирования необходимо поставить на клеммнике перемычку между резистором R16 и контактами KL1.4... KL3.4 , шунтирующую обмотку ЭП.

В цепи заряда конденсатора предусмотрена перемычка на клеммнике, которую необходимо снять, если применяется только прямоугольный импульс.

Резисторы R7 и R16 предусмотрены для удобства осциллографирования и их значения должны выбираться применительно к конкретному осциллографу.

Для исключения ложной загрузки турбины во время импульсной разгрузки выполняется блокировка цепей на "прибавить" от АРЧМ и регулятора давления "до себя" (контакт KL2.7). Блокировка осуществляется длительно, до вмешательства персонала (возврат реле KL7 кнопкой SB1).

Элементы схемы выбраны применительно к параметрам ЭГП для турбин 200 МВт ЛМЗ с сопротивлением катушки 550 Ом и входным током 50 мА/о.е., а также к параметрам электроприставки для турбин 300 МВт ЛМЗ с сопротивлением обмотки магнитного усилителя порядка 100 Ом и входным током 2,4 мА/о.е. и параметрам БРФ для турбин 500 МВт ХТЗ с сопротивлением дополнительной обмотки 10,4 кОм и входным током 2,6 мА/о.е.

При этом амплитуда экспоненциально затухающей части импульса выбрана равной 1,5 о.е., постоянная времени экспоненты 2,5... 3,0 с, а амплитуды прямоугольной части импульса для схемы с ЭГП могут плавно варьироваться для 1-й ступени от 1,5 о.е. и выше, для 2-й ступени - от 2 о.е. и выше и для 3-ей ступени - от 3 о.е. и выше; для схемы с ЭП и БРФ амплитуды могут устанавливаться перемычками на клеммнике дискретно от 1,5 о.е. до 4 о.е. через 0,5 о.е.

Расчет величин сопротивлений и конденсаторов в цепи ЭГП, ЭП и БРФ должен вестись следующим образом.

1) Сопротивление настройки третьей ступени (величина резистора $R3$, равная R_3).

$$R_3 = \frac{U_{пит}}{K_И'' \cdot I_{упр}} - R_{вх} .$$

2) Сопротивление настройки второй ступени (величина резистора $R2$, равная R_2).

$$R_2 = \frac{U_{пит}}{K_И'' \cdot I_{упр}} - (R_3 + R_{вх}) .$$

3) Сопротивление настройки первой ступени (величина резистора $R1$, равная R_1).

$$R_1 = \frac{U_{пит}}{K_И' \cdot I_{упр}} - (R_2 + R_3 - R_{вх}) .$$

4) Сопротивление в цепи разряда конденсатора (величина резистора $R4$, равная R_4).

$$R_4 = \frac{U_{пит}}{K_{И1} \cdot I_{упр}} - R_{вх} .$$

5) Емкость конденсатора C1, равная C_1.

$$C_1 = \frac{\tau}{R_4 + R_{вх}} .$$

6) Сопротивление в цепи заряда конденсатора (величина резистора $R5$, равная R_5).

$$R_5 = \frac{U_{пит}}{I_{зар}}.$$

Здесь $U_{пит}$ – напряжение оперативного постоянного тока питания (В);

$I_{упр}$ – управляющий ток в ЭГП (мА/о.е.);

$K'_и, K''_и, K'''_и$ – амплитуды импульсов I, 2, 3 ступеней разгрузки (в относительных единицах);

$K_{и1}$ – амплитуда тока экспоненциально затухающей части импульса (о.е.);

$I_{зар}$ – допустимый ток заряда конденсатора (мА);

$R_{вх}$ – входное сопротивление электрического входа в систему регулирования турбины, с учетом сопротивления резистора $R7$; условно принятого равным 10 Ом;

τ – постоянная времени экспоненциально затухающей части импульса (c).

При $U_{пит}$ = 220 В, $I_{упр.}$ = 50 мА/о.е. $R_{вх}$ = 560 Ом,
$K'_и$ = 2 о.е., $K''_и$ = 3 о.е., $K'''_и$ = 4 о.е., $K_{и1}$ = 1,5 о.е.,
τ = 3 с, $I_{зар}$ = 200 МА, имеет следующее:
R_3 = 540 Ом, R_2 = 370 Ом, R_1 = 730 Ом, R_4 = 2400 Ом,
C_I = 1000 мкФ, R_5 = 1000 Ом.

2 вариант. Схема однократного действия, в которой ступени разгрузки различаются как длительностью, так и амплитудой сигнала, однако та и другая увеличиваются с увеличением требуемой глубины разгрузки (лист 35).

Выдержки времени отдельных ступеней разгрузки создаются с помощью трех реле времени КТ1, КТ2 и КТ3.

В схеме, где ступени разгрузки отличаются только ве-

КОСЭП 79-10000

держкой времени (контакты KL1.2 , KL3.2 и KL5.2 соединены параллельно), не должно происходить суммирования выдержек времени двух ступеней при их последовательном срабатывании. Указанное достигается тем, что пусковые реле всех трех ступеней одновременно запускают все реле времени.

Выбор преимущества, отдаваемого ступени с большей выдержкой времени, производится в цепях реле съема импульса разгрузки путем подрыва цепей реле времени с меньшей выдержкой времени контактами пусковых реле ступеней с большей выдержкой времени импульса (KL4.4 , KL6.4).

Введение этих контактов потребовало установки дополнительных пусковых реле KL2, KL4 , KL6 , контакты которых используются также в цепи реле резервного съема импульса и в цепи кнопки возврата схемы. В остальном рассматриваемая схема аналогична схеме по варианту I.

3 вариант. Схема многократного действия, в которой как длительность, так и амплитуда импульса различных ступеней могут варьироваться произвольным образом, однако ступени с большим номером соответствует большая глубина разгрузки (лист 37).

В такой схеме длительность импульса старшей ступени может оказаться меньше длительности младшей, поэтому если пуск старшей происходит до окончания младшей, то действие последней прерывается, после чего полностью проходит импульс старшей ступени.

Для этого реле времени включены параллельно пусковым реле, и преимущество, даваемое старшим ступеням перед младшими определяется также в пусковых цепях.

Схема предусматривает возможность подачи в систему регулирования турбины любого количества импульсов. Многократность действия схемы может быть полезной при использовании корректирующего действия противоаварийной автоматики в ходе развития аварии, например, при действии устройства резервирования при отказе выключателя или при наличии параллельных

линий, когда короткое замыкание на одной цепи может через некоторое время привести к короткому замыканию и на другой цепи. В этом случае необходимо предусматривать кратковременность пусковых импульсов при повреждениях, которые, предположительно, могут сопровождаться развитием аварии. Время, в течение которого собрана цепь пуска первого импульса, должно быть меньше, чем время срабатывания реле КЛ7, разрывающего цепь подхвата пускового реле схемы, чтобы второй импульс мог пройти через систему регулирования турбины независимо от того, на какую шинку разгрузки он пришел. Если пусковой импульс окажется затянутым, будет работать резервный съем импульса разгрузки.

Если корректирующий импульс приходит на шинки разгрузки, спустя время окончания первого импульса (прямоугольной части его), определяемое моментом срабатывания промежуточного реле КЛ7, то он полностью проходит через систему регулирования турбины. Если корректирующий импульс проходит на шинки разгрузки во время прохождения через систему регулирования первого, то он считается пришедшим одновременно с первым и, если он пришел на ту же шинку или на шинку разгрузки меньшей ступени, то не пропускается схемой, если же на шинку разгрузки большей ступени, то прерывается первый и полностью проходит второй.

В цепях ЭГП, ЭП и БРФ применены отдельные сопротивления для каждой ступени, поскольку соотношение между амплитудами ступеней может быть произвольным.

Реле КЛ8, КЛ9 и КТ4 служат для создания цепи разряда конденсатора в течение времени необходимого для затухания экспоненциальной части импульса. В качестве реле КЛ8 и КЛ9 применены быстродействующие реле для того, чтобы сократить до минимума перерыв между прямоугольной и экспоненциально затухающей частью импульса. Этот перерыв, не превышающий 0,02 с, мог бы быть устранен путем установки дополнительного реле и вводом дополнительных цепей разряда конденсатора. Однако такое усложнение представляется нецелесообразным, поскольку время 0,02 с - достаточно мало для процессов разгрузки турбины.

Если необходимость корректирующего импульса возникает во время разряда конденсатора, то в процессе прохождения этого импульса происходит небольшая подзарядка конденсатора С2 или С3 через сопротивления R3...R6 или R10... R14 . После окончания прямоугольной части корректирующего импульса экспоненциально затухающая часть его оказывается укороченной по времени и уменьшенной по амплитуде, т.е. по существу несколько прямоугольных импульсов сопровождаются одним экспоненциально затухающим импульсом с заданными амплитудой и длительностью. Указанное допустимо поскольку обычно необходимость корректирующего воздействия возникает после основного через время, на порядок меньшее, чем время разряда конденсатора.

Сопротивление R1 и конденсатор С1, подключенные параллельно обмотке реле KL7, служат для создания замедления возврата этого реле. Указанное необходимо для надежного подхвата реле KL8 при возврате реле времени KT1... KT5 и реле KL9. Использование для этого реле с задержкой на возврат нецелесообразно, поскольку оно имеет увеличенную выдержку времени на срабатывание, разброс которой уменьшает точность установки длительности импульса разгрузки.

В цепи реле КТ4, KL8 и KL9 включен контакт KL7.4 для предотвращения многократного срабатывания этих реле при длительном пуске.

Для исключения ложной загрузки турбины во время импульсной разгрузки выполняется блокировка цепей на "прибавить" от АРЧМ и регулятора давления "до себя" (контакт KL8.4). Блокировка осуществляется на время прохождения импульса разгрузки.

В схеме предусмотрена сигнализация с помощью указательных реле о разгрузке турбины от противоаварийной автоматики и сигнализации о неисправности устройства, если цепь реле резервного съема импульса KL10 и KL11 собрана в течение выдержки времени реле КТ4.

Выдержка времени на срабатывание реле резервного съема импульса KL10, KL11 должна быть отстроена от суммы времен

того количества импульсов, последовательное прохождение которых через систему регулирования турбины предполагается вероятным.

5.4. Общестанционное устройство длительной разгрузки турбин

Общестанционное устройство длительной разгрузки турбин воздействием на МУТ приведено на листе 39.

Устройство содержит четыре шинки разгрузки станции на требуемую величину $P_{рт\ тр}$. Разгрузка станции может осуществляться как с помощью разгрузки турбин, так и с помощью отключения генераторов. Последнее применяется в тех случаях, когда требуемая величина разгрузки превышает имеющийся регулировочный диапазон станции.

С помощью коммутаторов *SC1... SC6* каждой ступени разгрузки станции можно поставить в соответствие определенную ступень разгрузки турбин, с помощью коммутаторов *SC7*, *SC8* подготовить цепи отключения любого генератора. Настройка устройства должна быть сделана в расчете на то, что к нему всегда подключено заданное число $K_{рт}$ турбин с загрузкой не менее $P_{мин} + P_{рт\ трз} \times \frac{K}{K_{рт}}$, где все величины выражены в относительных единицах по отношению к номинальной мощности станции или номинальной мощности блока, $P_{мин}$ – нижняя граница регулировочного диапазона блока;

$P_{рт\ тр\ 3}$ – требуемая величина разгрузки от третьей, самой высокой ступени разгрузки станции, осуществляемой без применения отключения генераторов;

K – число блоков на станции;

$K_{рт}$ – число блоков, подключенных к устройству разгрузки.

При такой настройке первая станционная шинка разгрузки должна быть подключена к промреле первой ступени разгрузки разгружаемых турбин, вторая и третья станционные шинки - соответственно к промреле второй и третьей ступеней разгрузки этих турбин. Четвертая ступень разгрузки осуществляется с помощью отключения генераторов в сочетании с разгрузкой турбин. В результате коммутаторы используются в качестве отключающих устройств, с помощью которых цепи разгрузки снимаются с одной из турбин и вводятся на другую.

В устройстве не выполнен подхват реле *KL1... KL32* на случай кратковременных пусковых импульсов, поскольку он осуществлен в блочных устройствах длительной разгрузки турбин и предполагается, что в схемах управления выключателями имеется подхват отключающего импульса на блокконтакте катушки отключения. При необходимости подхват реле *KL25... KL32* может быть осуществлен аналогично тому, как это выполнено в устройстве отключения генераторов на листе 4.

При необходимости персонал может с помощью коммутаторов настраивать устройство таким образом, что требуемая ступень разгрузки станции на разных турбинах может осуществляться разными ступенями разгрузки в зависимости от количества работающих блоков и их загрузки. Перестройка устройства может производиться после вывода в ремонт блока, ввода блока в работу или резкого изменения мощности блока. В работе использован выпускаемый промышленностью коммутатор типа КДМ 4х4.

При проведении коммутаций персонал может руководствоваться следующими соображениями:

I. При $P_{СТ} - P_{РТ\,ТР} \geq P_{МИН}$ есть возможность обеспечить требуемую разгрузку станции только разгрузкой турбин, без отключения блоков. Здесь $P_{СТ}$ - текущее значение мощности станции.

Для удобства оператора следует задать фактические величины разгрузки $\Delta P_{ТФАКТ}$; $2\Delta P_{ТФАКТ}$; $3\Delta P_{ТФАКТ}$; которые должны осуществляться на каждой из турбин от I... 3 ступеней при соответствующем выборе уставок с достаточно большой вероятно-

КОСЭП 79-1.0560

стью (см. раздел 5.7.). Эти величины, например, могут быть приняты равными 0,08; 0,16; 0,24. Тогда величина $P_{рт\ тр}$ может быть получена путем разгрузки $a = \frac{P_{рт\ тр}}{\Delta P_{тфакт}}$ раз по $\Delta P_{тфакт}$. Зная мощность каждого из блоков $P_{бл.}$, необходимо выяснить, какой наибольшей ступенью на нем может быть осуществлена разгрузка. Для этого надо проверить выполнение одного из трех неравенств.

$$P_{бл} \geq P_{мин} + 3\Delta P_{тфакт}$$
$$P_{бл} \geq P_{мин} + 2\Delta P_{тфакт}$$
$$P_{бл} \geq P_{мин} + \Delta P_{тфакт}$$

В первом случае разгрузка может быть осуществлена любой ступенью, во втором – первыми двумя и в третьем – только первой ступенью.

Полученные данные удобно занести в следующую таблицу.

Выбор ступеней разгрузки	Номера возможных ступеней разгрузки							
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8
$P_{бл} \geq P_{мин} + 3\Delta P_{тфакт}$	3	–	–	–	–	–	–	–
$P_{бл} \geq P_{мин} + 2\Delta P_{тфакт}$	2	2	–	2	–	–	–	2
$P_{бл} \geq P_{мин} + \Delta P_{тфакт}$	I	I	–	I	I	–	I	I

(в данной таблице цифры проставлены произвольно).

Теперь ближайшее целое число, большее или равное а, может быть получено как сумма любых цифр, занесенных в таблицу для различных блоков. Например, при а = 5 можно разгрузить первый блок третьей ступенью и второй блок – второй ступенью. При выборе турбин, на которых целесообразно осуществлять разгрузку, следует иметь в виду, что разгрузка большей ступенью приведет к меньшей относительной погрешности величины разгрузки, а разгрузка меньшей ступенью – к меньшей вероятности выхода за регулировочный диапазон.

2. При $P_{ст} - P_{рт\,тр} < P_{мин}$ необходимо собрать цепи отключения блоков.

Требуемую величину разгрузки за вычетом мощности отключаемых блоков можно описанным выше образом набрать на коммутаторах SC1 .. SC6.

Отключение теплового блока осуществляется путем отключения выключателя генератора, которое сопровождается переводом турбины на нагрузку собственных нужд и автоматическим переводом котла на растопочную нагрузку со сбросом пара в конденсатор и работой предохранительных клапанов. Если на высоковольтных выключателях установлены устройства АПВ, то должны быть предусмотрены цепи запрета АПВ.

Устройство блокирует общестанционное устройство АРЧМ (контакт KL33 1). Такая блокировка необходима для предотвращения увеличения мощности станции от устройства АРЧМ во время длительной разгрузки станции, а также для предотвращения нежелательного изменения мощности станции в послеаварийном режиме. Блокировка общестанционного устройства АРЧМ должна быть выполнена в дополнение к блокировке агрегатных устройств АРЧМ на разгружаемых блоках от блочных устройств длительной разгрузки турбин, поскольку остается возможность действия общестанционного устройства АРЧМ на изменение мощности блоков, не подключенных к устройству разгрузки. Блокировка может быть выполнена либо путем отключения общестанционного устройства АРЧМ, либо путем его останова с целью сохранения неизменным задания агрегатным устройствам АРЧМ.

Поскольку общестанционное устройство АРЧМ должно блокироваться не только при разгрузке турбин с целью сохранения статической устойчивости, но и при отключении генераторов станции, делении станций, на станции предусмотрена установка запускаемого от всех перечисленных устройств (лист 43) двухпозиционного реле KL1, контакты которого должны быть непосредственно использованы для выполнения блокировки, осуществляемой длительно, до вмешательства персонала (возврат реле KL1 кнопкой SB1).

КОСЭП 79-10000

5.5. Блочные устройства длительной разгрузки турбин

Устройства длительной разгрузки воздействием на механизм управления турбиной (МУТ) должны выполняться отдельно на каждой из турбин с тем, чтобы при их настройке можно было учесть различия в статических характеристиках отдельных турбин.

Схема блочного устройства длительной разгрузки и ее взаимодействие со схемой МУТ выполнены в расчете на то, что блок оснащен устройством АРЧМ, действующим через задание нагрузки котлу и турбине, или работает при постоянном задании нагрузки котлу в режиме регулирования давления "до себя" на турбине. При этом отсутствует опасность разгрузки котла ниже регулировочного диапазона и не требуется автоматической обратной загрузки турбины.

Трехступенчатая разгрузка станции, производимая как правило с избытком, с большой вероятностью может привести на каждом отдельном блоке (независимо от осуществляемой ступени разгрузки) к исчерпанию его регулировочного диапазона.

Поэтому, необходимо вмешательство персонала, а следовательно, оправдана однократность применяемого устройства.

Тем не менее дополнительная разгрузка может оказаться полезной для обеспечения ресинхронизации, если первоначальное воздействие оказалось недостаточным для сохранения устойчивости.

Схема устройства, приведенная на листе 40, предусматривает возможность как многократной, так и однократной разгрузки. В последнем случае не должны использоваться реле КЛ8 и контакты КЛ1.4, КЛ3.5, вместо контактов КЛ8.1 и КЛ8.2 должны быть включены контакты реле КЛ7, повторное же действие устройства разрешается только после вмешательства персонала.

На листе 40 приведена схема трехступенчатой разгрузки

блока.

При появлении импульса от противоаварийной автоматики на какой-либо из шинок длительной разгрузки через МУТ срабатывают и самоудерживаются соответственно пусковые реле трех возможных ступеней разгрузки KL1... KL3, срабатывают реле времени, определяющие длительность разгрузки, - КТ1, КТ2 и КТ3 и выходные реле разгрузки KL4, KL5.

Пусковые импульсы блочного комплекта защиты от асинхронного хода, не проходящие через общестанционное устройство разгрузки турбин, приходят непосредственно на блочные шинки разгрузки.

Ниже приводится описание действия устройства разгрузки и управления с его помощью электродвигателем МУТ.

Контактом KL4.3 на МУТ подается сигнал в сторону "убавить" через реле KL4 схемы управления. Одновременно контактом KL4.4 на якорь электродвигателя подается полное напряжение, а контактом KL4.6 разрывается цепь, через которую на якорь подводилось пониженное напряжение. Контакт KL5.2 шунтирует добавочное сопротивление в цепи обмотки возбуждения двигателя. Такая схема обеспечивает достаточную скорость вращения при наиболее жестких механических характеристиках двигателя, т.е. наименьшую величину погрешности от изменения момента сопротивления на валу двигателя. Подача напряжения на якорь электродвигателя МУТ осуществляется контактами одного реле KL4, чтобы уменьшить вероятность отказа устройства при неисправности одного из выходных реле. Однако при этом увеличивается вероятность переразгрузки при неисправности реле KL4, на случай чего предусмотрен резервный съем импульса разгрузки.

Длительность I ступени разгрузки определяется уставкой контакта KT1.1, 2 ступени - уставкой контакта KT2.1, 3 ступени - уставкой контакта KT3.1. Схема выполнена таким образом, что исключает суммирование выдержек времени при одновременном или последовательном срабатывании одной ступени за другой. Для этого пусковые реле всех трех ступеней одновременно пускают все реле времени (КТ1, КТ2, КТ3) и выходные реле (KL4, KL5).

По истечении выдержки времени работающей ступени срабатывает реле прекращения разгрузки КL8 и двухпозиционное реле КL7.

Выбор цепочки от контактов реле времени, по которой осуществляется срабатывание этих реле, производится путем подрыва цепочки ступеней с меньшими выдержками времени контактами пусковых реле следующих ступеней (контакты КL2.4 и КL3.4). Контакты КL1.4, КL3.5 обеспечивают правильное выпадение блинкеров.

При срабатывании реле КL8 отпадают выходные реле КL4, КL5, прекращая разгрузку, и подрывается цепь самоудерживания пусковых реле.

В том случае, если выходные реле КL4, КL5 не отпадают дольше, чем время действия самой длительной ступени разгрузки, реле КL6 осуществляет резервный съем сигнала контактами КL6.2, КL6.3, дублируя контакты реле КL4 в цепях управления МУТ с выдержкой времени, определяемой уставкой упорного контакта КТ4.1. Для создания выдержки времени резервного съема импульса применено отдельное реле времени для того, чтобы обеспечить прекращение сигнала на разгрузку в случае неисправности реле времени КТ3.

Контакт КL4.2 пускает реле времени, чтобы при случайном срабатывании реле КL4 был осуществлен съем импульса на разгрузку.

Устройство однократной разгрузки турбины возвращается в исходное положение кнопкой, если обесточены пусковые и выходные реле. Указанное выполнено для того, чтобы контролировать исправность как выходного реле КL4, так и пусковых реле КL1... КL3.

Для исключения ложной загрузки турбины от регулятора давления "до себя" предусмотрена блокировка цепей на "прибавить" от контактов КL9.1 и КL7.3 через реле КL3 схемы МУТ. При срабатывании контакта КL7.3 выводятся цепи регулятора "до себя" после прекращения разгрузки до вмешательства

персонала.

Для исключения ложной загрузки турбины от устройства АРЧМ и для изменения нагрузки котла в схему блочного устройства АРЧМ подается сигнал на время действия устройства длительной разгрузки на МУТ (контакт КЛ4.5). При этом отключается регулятор мощности турбины и нагрузка котла устанавливается примерно равной заданной послеаварийной мощности турбины.

В случае резервного съема разгрузки, когда реле КЛ7 не работает, длительная блокировка цепей на "прибавить" регулятора давления "до себя" производится от контакта реле КЛ9. Накладка 5к1 служит для снятия воздействия от данного устройства на турбину.

Выходные реле устройства разгрузки КЛ4, КЛ5 и реле КЛ7 для сокращения длины кабельных связей рекомендуется установить на блочном щите управления.

Действие схемы разгрузки сопровождается выпадением флажка указательного реле КН1...КН3 соответствующей ступени и сигналом "Деблокировать устройство разгрузки турбины от противоаварийной автоматики".

Сигнал о разгрузке турбины от устройств противоаварийной автоматики появляется в момент прекращения длительной разгрузки (контакт КЛ7.1), в момент пуска разгрузки этот сигнал появится от контактов реле импульсной разгрузки турбины. Деблокировка устройства производится кнопкой, общей для этого устройства и устройства импульсной разгрузки турбины. Если устройство импульсной разгрузки выполняется многократным, то контакт КЛ6.1 должен быть заведен на сигнал "Неисправность устройства разгрузки блока", а кнопка предусмотрена в устройстве длительной разгрузки. Если устройство длительной разгрузки турбины выполняется многократного действия, возврат двухпозиционного реле КЛ7 от кнопки приводит к деблокировке цепей регулятора давления "до себя" и цепей АРЧМ, ввод устройства в действие происходит после срабатывания реле КЛ8 вне зависимости от положения реле КЛ7; если же используется устройство однократного действия, деблокировка устройства от

кнопки, помимо указанного, позволяет устройству воспринять управляющий сигнал от пусковых органов противоаварийной автоматики.

5.6. Схема управления электродвигателем МУТ турбины

Длительная разгрузка турбины производится через электродвигатель механизма управления турбиной, схема управления которым приведена на листах 41, 42. В качестве примера показана схема управления электродвигателем МУТ, выполненная на основании схемы ЛМЗ для турбины мощностью 200 МВт. Для других турбин схема может несколько видоизменяться, однако при этом должны быть соблюдены следующие принципы ее построения:

- должна быть обеспечена высокая скорость вращения двухскоростного двигателя при аварийной разгрузке через МУТ;

- на время аварийного управления двигателем в сторону "убавить" должны быть блокированы соответственно цепи на "прибавить" для исключения короткого замыкания в цепи постоянного тока;

- действие технологических защит блока должно иметь преимущество перед действием всех остальных пусковых устройств, т.е. цепи от контактов реле технологических защит блока, действующих на "убавить", не должны быть разорваны контактами устройств противоаварийной автоматики. Для исключения короткого замыкания в цепи постоянного тока контакты технологических защит должны блокировать цепи электродвигателя на "прибавить";

- цепи регулятора давления "до себя" в сторону "прибавить" должны быть блокированы для того, чтобы исключить загрузку турбины при повышении давления перед турбиной в послеаварийном режиме;

– при применении рассматриваемой схемы разгрузки цепи АРЧМ должны быть блокированы на время разгрузки и послеаварийного режима впредь до вмешательства персонала, для того чтобы исключить возможность ложного изменения нагрузки блока в послеаварийном режиме устройствами АРЧМ;

– цепи от устройств противоаварийной автоматики, действующие на "убавить", должны шунтировать добавочные сопротивления в цепи обмотки возбуждения двигателя для обеспечения наиболее жестких механических характеристик двигателя, т.е. наименьшей величины погрешности от изменения момента сопротивления на валу двигателя. При этом возможна более точная дозировка управляющих воздействий от устройств противоаварийной автоматики, а скорость вращения двигателя уменьшается незначительно по сравнению с режимом включения добавочных сопротивлений в цепь обмотки возбуждения;

– для уменьшения времени выбега двигателя целесообразно после съема сигнала разгрузки наглухо зашунтировать якорь сопротивлением величиной (80... 100 Ом), а обмотку возбуждения либо оставить на все время под напряжением, либо, если она нормально отключена, обеспечить задержку ее отключения после съема сигнала разгрузки на время 0,3... 0,5 с.

Указанные требования реализованы в приведенной на листе 41 схеме следующим образом.

При разгрузке турбины от устройств противоаварийной автоматики контактами выходных реле, срабатывающих при появлении импульса на шинке длительной разгрузки турбины (*KL4.3*, *KL4.4*), шунтируются контакты ключей управления двигателем *SAC1* в сторону "убавить" (через реле *KL4* схемы МУТ) и подается полное напряжение на якорь, чем достигается высокая скорость вращения двигателя. Одновременно контактом *KL5.2* шунтируется сопротивление в цепи обмотки возбуждения двигателя. Из-за неисправности устройства разгрузки турбины указанные пусковые цепи могут собираться надолго (реле *KL4* не вернулось), поэтому предусмотрен возврат их к исходному состоянию с помощью контактов реле резервного съема импульса разгрузки (*KL6.2*,

КЛ6.3). Исключение составляет цепь обмотки возбуждения двигателя, поскольку включение ее на полное напряжение источника питания до вмешательства персонала по условиям термической устойчивости допустимо.

После окончания разгрузки цепи регулятора давления "до себя" в сторону "прибавить", блокируются до вмешательства персонала с помощью контактов реле КЛ3, которое пускается контактом двухпозиционного реле, срабатывающего спустя заданное время длительной разгрузки КЛ73, контактом реле резервного съема разгрузки КЛ91, и контактом КЛ7.7 устройства импульсной разгрузки (последнее необходимо на случай, если применяется импульсная разгрузка без длительной разгрузки).

5.7. Выбор уставок устройств разгрузки тепловых турбин

При расчете уставок разгрузки турбин следует учитывать погрешности, возникающие при ее реализации. Для устройств длительной разгрузки следует учитывать погрешности, связанные с разбросом реле времени длительности разгрузки, с режимом работы двигателя, с нечувствительностью системы регулирования турбины и нелинейностью ее статической характеристики, а также погрешности, связанные с изменением параметров режима турбины после разгрузки. Подробный перечень параметров, от которых зависят погрешности разгрузки, и ориентировочные величины их приведены в информационном сообщении "Об аварийной разгрузке турбин 200 и 300 МВт ЛМЗ воздействием на МИСВ и ЭГП" (ОРГРЭС, 1971 г.).

Поскольку погрешности носят случайный характер, определение общей погрешности путем их суммирования дало бы излишне преувеличенный результат. Более правильные результаты получаются при вероятностном подходе к определению погрешностей разгрузки.

При выборе уставок устройств длительной разгрузки

КОСЭП 79-10000

необходимо обеспечить разгрузку станции на величину, не менее требуемой ($P_{рт\ тр}$) по условиям сохранения статической устойчивости (с вероятностью не ниже 98-99%).

Поскольку рассматриваемые в настоящей работе общестанционные устройства дозировки разгрузки выполнены без учета исходной нагрузки турбин, последняя принимается достаточно высокой и равномерно распределенной между разгружаемыми турбинами. При значительной разнице в исходной нагрузке турбин дозировку разгрузки можно выполнять с помощью ручного коммутатора (учет погрешностей для такого режима здесь не приводится).

Расчет уставок разгрузки основывается на следующих общих положениях. Если подать на турбину рассчитанный в соответствии с ее статическими характеристиками сигнал разгрузки $\Delta P_{расч}$, то ее фактическая разгрузка составит

$$\Delta P_{т\,факт} = \Delta P_{расч} + \delta_c \pm \delta_т \quad . \qquad (5\text{-}1)$$

Фактическая разгрузка станции в целом, на которой из общего числа турбин разгрузка выполняется лишь на $K_{рт}$ турбинах, в долях от номинальной мощности станции составит

$$\Delta P_{ст\,факт} = (\Delta P_{расч} + \delta_c) \cdot \frac{K_{рт}}{K} \pm \delta_{ст} \quad . \qquad (5\text{-}2)$$

В выражениях (5-1) и (5-2):

$\delta_c = -(3 \ldots 4) \times 10^{-2}$ о.е. есть сумма всех систематических погрешностей, вызванных каждым из случайных параметров (знак минус говорит о том, что данная погрешность уменьшает величину разгрузки по сравнению с расчетной);

$\delta_т$ и $\delta_{ст}$ - результирующие случайные погрешности, соответственно, для отдельной турбины и для станции в целом.

Относительно величин $\delta_т$ и $\delta_{ст}$ приняты следующие допущения:

- для отдельной турбины все случайные погрешности, кроме величины зоны нечувствительности системы регулирования,

подчиняются нормальному закону распределения;

- величина зоны нечувствительности системы регулирования каждого отдельного агрегата не подчиняется закону нормального распределения. Ввиду неизученности этого вопроса в качестве расчетного выбирается наихудший вариант - когда зона нечувствительности принимает лишь два крайних значения - ноль или максимум.

- для станции в целом все случайные погрешности подчиняются нормальному закону распределения (и это тем вернее, чем большее число агрегатов участвует в разгрузке);

- для случайных погрешностей, подчиняющихся нормальному закону распределения, их наибольшие возможные значения, допустимые по заводским данным или в соответствии с ПТЭ, принимаются равными утроенной средней квадратичной погрешности (вероятность выхода за пределы этой величины составляет 0,27%).

Максимальная случайная погрешность разгрузки одной турбины может быть получена суммированием наибольшей величины зоны нечувствительности и средней квадратичной погрешности, вызванной изменением остальных параметров и взятой с коэффициентом m, зависящим от принимаемой в расчет вероятности ее превышения.

$$\delta_T = \delta_{неч} + m \cdot \frac{1}{3}\sqrt{\delta^2 + (\delta_{нел.} \cdot \Delta P_{расч.})^2} \quad , \qquad (5\text{-}3)$$

где δ - среднее квадратичное значение погрешностей, независящих от глубины разгрузки (например, разброс выдержек времени реле, нестабильность повышения давления при разгрузке и т.п.),

$\delta_{нел.}$ - максимально допустимая нелинейность статической характеристики турбины (зависимости мощности турбины от перемещения ее механизма управления),

$\delta_{неч.}$ - максимальное значение зоны нечувствительности.

КОСЭП 79-10000

С учетом реальных характеристик турбин для уставки $\Delta P_{расч.} = 0{,}3$ о.е.

$$\delta_T \approx \pm[(5...7) + m(3.5...4.5)] \cdot 10^{-2} \text{ о.е.} \quad .$$

Результаты расчета δ_T для различных значений m приведены ниже

m	x 10^2 о.е.	Вероятность превышения, %
I	8,5... II,5	32
I,65	II,0... I4,5	I0
2	I2,0... I6,0	4,6
3	I5,5... 20,5	~ 0,3

Максимальная принимаемая в расчет величина случайной погрешности разгрузки станции в целом

$$\delta_{ст} = m \cdot \frac{\delta_T}{\sqrt{k_{рт}}} \quad , \qquad (5\text{–}4)$$

где δ_T – средняя квадратичная погрешность разгрузки отдельной турбины

$$\delta_T = \sqrt{\delta^2_{неч.} + (\tfrac{1}{3}\delta)^2 + (\tfrac{1}{3}\delta_{нел} \cdot \Delta P_{расч})^2} \quad . \qquad (5\text{–}5)$$

Если на станции разгружается 8... I0 турбин на величину $\Delta P_{расч.} = 0{,}3$ о.е., то

$$\delta_{ст} = m \cdot \frac{6.0...8.5}{100\sqrt{8...10}} \approx m(2...3) \cdot 10^{-2} \text{ о.е.} \quad .$$

Уставки устройств разгрузки отдельных турбин следует определять по выражениям (5–2) и (5–4) из условия, что минимально возможная величина фактической разгрузки станции должна быть не ниже требуемой, т.е.

$$(\Delta P_{расч.} + \delta_c) \cdot \frac{k_{рт}}{k} - \delta_{ст} \geq P_{рт\,тр} \quad ,$$

откуда $\Delta P_{расч.} = (P_{рт\,тр} + m\cdot\frac{\sigma_T}{\sqrt{N}})\cdot\frac{K}{K_{рт}} - b_c$. (5-6)

Здесь, как и в (5-2), $P_{рт\,тр}$ выражено в долях от номинальной мощности станции, остальные величины – в долях от номинальной мощности турбины. Так, для разгрузки станции, имеющей 8... 10 турбин, на $P_{рт\,тр}$ = 10% с вероятностью 99% (m = 3)

$$\Delta P_{расч.} = (10 + \frac{3(5...7,5)}{\sqrt{8...10}} \times 10^{-2} + (3...4)10^{-2} \approx$$

$$\approx (18...21)10^{-2} \text{ о.е.} .$$

Соответственно, при $P_{рт\,тр}$ = 0,20 о.е.

$$\Delta P_{расч.} = (28,5... 32)\ 10^{-2} \text{ о.е.}$$

Уставка реле времени, определяющего длительность сигнала, подаваемого на МУТ, находится по формуле

$$t_{рв} = \frac{\Delta P_{расч.}}{K_{тб}} \ (с) \quad , \text{ где} \qquad (5-7)$$

$K_{тб}$ – установившееся значение скорости изменения мощности турбины при подаче полного напряжения питания непосредственно на якорь и обмотку возбуждения электродвигателя МУТ (большой скорости). По заводским данным средняя величина $K_{тб} \approx$ $\approx$ 0,15... 0,17 о.е./с.

Для проектных расчетов допустимо использовать усредненные или расчетные заводские данные. Однако статические характеристики отдельных турбин могут заметно отличаться от расчетных, поэтому расчет уставок на реальных турбинах следует вести по реальным характеристикам, полученным в результате испытаний на конкретном агрегате. В упоминавшемся выше информационном сообщении о разгрузке турбин приводится методика проведения таких испытаний, которая почти полностью исключает влияние случайных факторов на результаты испытаний.

Из приведенных выше соотношений очевидно, что для надежной разгрузки турбин следует увеличивать уставки устройств разгрузки по сравнению с требуемой величиной соответствующей ступени разгрузки.

Для расчета уставок устройств импульсной разгрузки турбин имеется гораздо меньше исходных данных, чем для расчета разгрузки воздействием на ЦУТ. Совершенно отсутствуют заводские данные по импульсным характеристикам турбин. Достаточно надежные опытные данные имеются лишь по турбинам типа К-300-240 ЛМЗ. Поэтому в проектных материалах могут быть заданы лишь полученные в результате расчетов устойчивости на моделях величины требуемой глубины каждой ступени импульсной разгрузки станции в целом $\Delta P_{ИТО}$.

Выбор конкретных уставок на отдельных турбинах следует проводить по реальным характеристикам, полученным при испытаниях, для чего может быть рекомендована следующая методика.

При нагрузке блока (90...100)% снимаются импульсные характеристики турбины - изменение во времени мощности при различных амплитудах и длительностях прямоугольного импульса тока управления ЭГП. Более удобными для расчетов были бы характеристики изменения механической мощности или момента турбины, однако измерение этих величин затруднительно. Изменение же электрической мощности осциллографировать проще, но в зависимости от жесткости связи генератора с системой на глубине изменения мощности по-разному сказываются качания ротора генератора. Глубина изменения электрической мощности обычно оказывается на (10-30)% больше, чем механической.

Снятые импульсные характеристики сводятся в импульсную диаграмму - зависимость максимального снижения мощности турбины от амплитуды импульса и его длительности, с помощью которой настраиваются устройства импульсной разгрузки на данном агрегате. При снятии импульсных характеристик имеют место погрешности, связанные с нечувствительностью системы регулирования турбины, с разбросом реле времени, дозирующих длительность импульса, разбросом в амплитуде импульсов, неравенством электрической мощности генератора механической мощности турбины и т.д. Разгрузка станции на величину не менее заданной с вероятностью 98-99% ($m_и$ = 3) может быть обеспечена, если имеется достаточная статистика настроечных опытов, из которой можно

КОСЭП 79-10000

найти средние величины разгрузки каждой из турбин при данных параметрах импульса и величину средней квадратичной погрешности импульсной разгрузки данной турбины и станции в целом. Рекомендуемый метод выбора уставок устройств импульсной разгрузки отличен от выбора уставок устройств длительной разгрузки в связи с гораздо большей сложностью расчетных способов учета динамических погрешностей.

Рекомендуется для каждой пары $K_и$ и $T_и$ делать по 3... 4 опыта, находя из них среднее значение разгрузки $\Delta P_{ср}$. Малое количество опытов несколько компенсируется усреднением результатов при построении импульсных диаграмм. Средняя квадратичная погрешность импульсной разгрузки данной турбины $\sigma_и$ может быть найдена достаточно достоверно из всей серии l опытов с различными $K_и$ и $T_и$.

$$\sigma_и = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{l} (\Delta P_i - \Delta P_{ср})^2}{l}}, \qquad (5\text{-}8)$$

где величина $\Delta P_{ср}$ имеют различные значения для каждой группы опытов с одинаковыми $K_и$ и $T_и$.

Среднеквадратичная погрешность для станции при разгрузке К блоков составит

$$\sigma_{ист} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{k} \sigma_{иi}^2}}{k}. \qquad (5\text{-}9)$$

Если требуется импульсная разгрузка станции на величину $\Delta P_{итр}$, то выбор параметров импульсов разгрузки по импульсным диаграммам должен производиться в соответствии с величиной

$$\Delta P_{расч.} = (\Delta P_{итр} + m_и \cdot \sigma_{ист}) \cdot \frac{k_{ст}}{k}. \qquad (5\text{-}10)$$

При этом желательно использование для всех ступеней разгрузки одной выдержки времени с вариацией амплитуд, поскольку в этом случае упрощается устройство импульсной разгрузки. При оценке такой возможности необходимо принимать во внимание, что использование малой длительности импульса увеличивает погрешность разгрузки, а использование чрезмерно малой амплитуды импульса уменьшает максимальное значение скорости снижения мощности турбины, что также нежелательно. Кроме того,

КОСЭП 79-10000

целесообразно в качестве рабочих выбирать участки импульсных диаграмм с наименьшей крутизной для обеспечения наименьшей погрешности разгрузки, обусловленной нестабильностью длительности импульса.

6. ПАТЕНТНАЯ ЧИСТОТА И ПАТЕНТОСПОСОБНОСТЬ

Выписка из отчета о патентных исследованиях на патентную чистоту в отношении СССР типовых проектных решений "Принципиальные схемы исполнительных устройств противоаварийной автоматики"

При разработке типовых проектных решений Казахским отделением института "Энергосетьпроект" просмотрены следующие патентные материалы:

- "Библиографический указатель патентов, действующих в СССР" по состоянию на I января 1984 г. издание ВНИИПИ по № I.064.875.

- Бюллетень Государственного Комитета СССР по делам изобретений и открытий "Открытия, изобретения" с № I за 1984 г. по № 28 за 1984 г. (с № I.064.875 по № I.106.450 по состоянию на 30 июля 1984 г.).

В настоящем проекте использованы изобретения:

I. А.с. № 271632 "Исполнительное устройство противоаварийной автоматики".

2. А.с. № 278856 "Устройство для автоматического определения числа отключаемых генераторов электростанций".

Изобретения других организаций не применены.

Действующих патентов, распространяющихся на исполнительные устройства противоаварийной автоматики, рассматриваемые в данной работе, не обнаружено.

Объект обладает патентной чистотой в отношении СССР.

Инженер-патентовед Е.Г.Герман

gost.e-ecolog.ru

КОСЭП 79-10000