ПРИКАЗ

Федеральной службы по экологическому,
технологическому и атомному надзору
от 6 ноября 2012 г. № 627

Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Инструкция по электроснабжению, выбору и проверке электрических аппаратов, кабелей и устройств релейной защиты в участковых сетях угольных шахт напряжением до 1200 В"

Зарегистрирован Минюстом России 11 февраля 2013 г.
Регистрационный № 26995

В соответствии с подпунктом 5.2.2.16(1) Положения о Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 30 июля 2004 г. № 401 (Собрание законодательства Российской Федерации, 2004, № 32, ст. 3348; 2006, № 5, ст. 544; № 23, ст. 2527; № 52, ст. 5587; 2008, № 22, ст. 2581; № 46, ст. 5337; 2009, № 6, ст. 738; № 33, ст. 4081; № 49, ст. 5976; 2010, № 9, ст. 960; № 26, ст. 3350; № 38, ст. 4835; 2011, № 6, ст. 888; № 14, ст. 1935; № 41, ст. 5750; № 50, ст. 7385), приказываю:

Утвердить прилагаемые Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Инструкция по электроснабжению, выбору и проверке электрических аппаратов, кабелей и устройств релейной защиты в участковых сетях угольных шахт напряжением до 1200 В".

Руководитель **Н.Г. Кутьин**

gost.e-ecolog.ru

ФЕДЕРАЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА
в области промышленной безопасности "Инструкция по электроснабжению, выбору и проверке электрических аппаратов, кабелей и устройств релейной защиты в участковых сетях угольных шахт напряжением до 1200 В"

I. Общие требования

1. Настоящие Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Инструкция по электроснабжению, выбору и проверке электрических аппаратов, кабелей и устройств релейной защиты в участковых сетях угольных шахт напряжением до 1200 В" (далее — Инструкция) разработаны в соответствии с Федеральным законом от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" (Собрание законодательства Российской Федерации, 1997, № 30, ст. 3588; 2000, № 33, ст. 3348; 2003, № 2, ст. 167; 2004, № 35, ст. 3607; 2005, № 19, ст. 1752; 2006, № 52, ст. 5498; 2009, № 1, ст. 17, 21; № 52, ст. 6450; 2010, № 30, ст. 4002; № 31, ст. 4195, 4196; 2011, № 27, ст. 3880; № 30, ст. 4563, 4590, 4591, 4596; № 49, ст. 7015, 7025; 2012, № 26, ст. 3446), Правилами безопасности в угольных шахтах (ПБ 05-618-03), утвержденными постановлением Госгортехнадзора России от 5 июня 2003 г. № 50 (зарегистрировано Министерством юстиции Российской Федерации 19 июня 2003 г., регистрационный № 4737; Российская газета, 2003, № 120/1; 2004, № 71), с изменениями, внесенными приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 20 декабря 2010 г. № 1158 "О внесении изменений в Правила безопасности в угольных шахтах, утвержденные постановлением Госгортехнадзора России от 5 июня 2003 г. № 50" (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 15 марта 2011 г., регистрационный № 20113; Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти, 2011, № 16).

2. Настоящая Инструкция предназначена для работников угледобывающих организаций, добывающих уголь подземным способом, территориальных органов Федеральной службы по технологическому, экологическому и атомному надзору, проектных организаций и заводов — изготовителей горно-шахтного оборудования.

3. Для целей Инструкции используются условные обозначения, приведенные в приложении № 1 к настоящей Инструкции.

4. Применяемые в строящихся, действующих и ликвидируемых шахтах электрооборудование, кабели и системы электроснабжения обеспечивают электробезопасность работников шахты, а также взрыво- и пожаробезопасность.

5. Электроустановки шахты эксплуатируются в соответствии с технической документацией изготовителя и Правилами безопасности в угольных шахтах (ПБ 05-618-03), утвержденными постановлением Госгортехнадзора России от 5 июня 2003 г. № 50 (зарегистрировано Министерством юстиции Российской Федерации 19 июня 2003 г., регистрационный № 4737; Российская газета, 2003, № 120/1; 2004, № 71).

6. Применение электрооборудования с силовыми полупроводниковыми приборами осуществляется в соответствии с требованиями к рудничному взрывозащищенному электрооборудованию с силовыми полупроводниковыми приборами напряжением до 1200 В.

7. Защита людей от поражения электрическим током осуществляется с применением защитного заземления, а в подземных электроустановках — аппаратов защиты от утечек тока с автоматическим отключением поврежденной сети.

8. В нарядной комнате технологического участка шахты вывешивается структурная схема системы электроснабжения подземных выработок участка и управления токоприемниками напряжением до 1200 В, на которой показаны состав и размещение коммутационной аппаратуры, собранной в распределительный пункт (далее — РП), и отдельно от него — машины, оборудование, кабели, пульты и другие средства системы.

II. Электроснабжение участка и управление машинами

9. Электроснабжение участка осуществляется от передвижных трансформаторных подстанций, присоединяемых к распределительной сети с помощью комплектных распределительных устройств (далее — КРУ). К одному КРУ подключается несколько передвижных подстанций или трансформаторов, питающих электроэнергией технологически связанные машины участка. В отдельных случаях электроснабжение участка осуществляется от стационарных участковых подстанций. Допускается электроснабжение участков с поверхности через скважины. При этом в случае установки шахтных передвижных подстанций на поверхности принимают меры по их защите от грозовых перенапряжений.

Питание передвижных трансформаторных подстанций, устанавливаемых в выработках с исходящей струей воздуха, непосредственно примыкающих к очистным забоям пологих и наклонных пластов, опасных по внезапным выбросам, осуществляется от обособленной сети с защитой от утечек тока (замыканий) на землю. Порядок размещения таких подстанций и их оснащение аппаратурой, отключающей питающую сеть при превышении допустимой концентрации метана, определяются техническим руководителем шахты.

10. Для подключения РП участка и другого электрооборудования к электрической сети применяют коммутационные аппараты с аппаратами контроля изоляции относительно земли, обеспечивающие защитное отключение.

11. Все забойные машины присоединяют к сети при помощи магнитных пускателей или специальных магнитных станций (станций управления), управляемых дистанционно.

Машины, на которых для управления отдельными электродвигателями установлены магнитные станции или ручные выключатели, также присоединяют к сети при помощи пускателей с дистанционным управлением.

12. Системы управления машинами по выемке угля в лавах, проведению подготовительных выработок, нарезке разгрузочных пазов (щелей) и бурению скважин по углю диаметром более 80 мм, применяемые на выбросоопасных пластах или в выбросоопасных зонах на угрожаемых пластах, имеют дистанционное управление с безопасных расстояний.

13. Для подачи напряжения на забойные машины в шахтах, опасных по газу или пыли, применяют пускатели (магнитные станции) с искробезопасными схемами управления.

14. Схема управления забойными машинами и механизмами обеспечивает:

нулевую защиту;

непрерывный контроль заземления корпуса машины;

защиту от самопроизвольного включения аппарата при замыкании во внешних цепях управления;

искробезопасность внешних цепей управления (для шахт, опасных по газу или пыли).

15. В лавах предусматривается возможность остановки конвейера с пульта управления комбайном и со специальных пультов.

16. Запрещается применять однокнопочные посты для управления магнитными пускателями, кроме случаев, когда эти посты применяются только для отключения.

17. Запрещается применять схемы, допускающие пуск машин или подачу напряжения на них одновременно с двух и более пультов управления. Данное требование не распространяется на схемы управления вентиляторами местного проветривания.

III. Защита кабелей, электродвигателей и трансформаторов

18. В подземных электрических сетях при напряжении до 1200 В осуществляется защита электродвигателей и питающих их кабелей:

от токов короткого замыкания: мгновенная или селективная;

от перегрузки, перегрева, опрокидывания и несостоявшегося пуска электродвигателей, работающих в режиме экстремальных перегрузок;

от включения напряжения при сниженном сопротивлении изоляции относительно земли;

нулевая;

искроопасных цепей, отходящих от вторичных обмоток понижающего трансформатора, встроенного в аппарат, — от токов короткого замыкания;

электрической сети — от опасных утечек тока на землю автоматическими выключателями или одним отключающим аппаратом в комплексе с одним аппаратом защиты от утечек тока на всю электрически связанную сеть, подключенную к одному или группе параллельно работающих трансформаторов.

При срабатывании аппарата защиты от утечек тока отключается вся сеть, подключенная к указанному трансформатору, за исключением отрезка кабеля длиной не более 10 м, соединяющего трансформатор с общесетевым автоматическим выключателем.

Для защиты трансформаторов и каждого отходящего от них присоединения от токов короткого замыкания используются автоматические выключатели с максимальной токовой защитой и мгновенная защита с пределом отключения до 0,2 с.

При питании подземных электроприемников с поверхности через скважины допускается установка автоматического выключателя с аппаратом защиты от утечек тока под скважиной на расстоянии не более 10 м от нее. В этом случае при срабатывании аппарата защиты от утечек тока электроприемники на поверхности и кабель в скважине могут не отключаться, если на поверхности имеется устройство контроля изоляции сети, не влияющее на работу аппарата защиты, а электроприемники имеют непосредственное отношение к работе шахты (вентиляторы, лебедки) и присоединяются посредством кабелей.

Защита от утечек тока может не применяться для цепей напряжением не более 42 В, цепей дистанционного управления и блокировки КРУ, а также цепей местного освещения передвижных подстанций, питающихся от встроенных осветительных трансформаторов, при условии металлического жесткого или гибкого наружного соединения их с корпусом подстанции, наличия выключателя в цепи освещения и надписи на светильниках “Вскрывать, отключив от сети”.

Требование защиты от утечек тока не распространяется на искробезопасные системы.

19. Запрещается применять предохранители без патронов и некалиброванные плавкие вставки.

20. Каждый коммутационный аппарат КРУ и силовой вывод станции управления обозначают четкой надписью, указывающей включаемую установку или участок, а также расчетную величину уставки срабатывания максимальной токовой защиты.

Крышки отделений аппаратуры, содержащих электрические защиты, устройства блокировки и регулировки, пломбируют именными пломбами.

21. На трансформаторах, находящихся на поверхности и питающих подземные электрические сети, снабженные защитой от утечек тока, пробивные предохранители не устанавливаются.

IV. Проверка взрывобезопасности электрооборудования

22. Все электрические машины, аппараты, трансформаторы, их взрывобезопасные оболочки, кабели, заземления периодически осматривают:

лица, обслуживающие электрооборудование, а также дежурные электрослесари участка — ежесменно;

механик участка или его заместитель — еженедельно с занесением результатов в оперативный журнал участка;

главный энергетик (главный механик) шахты или назначенные им лица — не реже одного раза в три месяца с занесением в книгу регистрации состояния электрооборудования и заземления.

Ревизия и проверка взрывобезопасности электрооборудования производятся специальной группой электрослесарей под контролем главного энергетика (главного механика) шахты или лица, им назначенного, по графику, утвержденному техническим руководителем шахты, а также перед спуском в шахту.

23. Максимальную токовую защиту во всех аппаратах до присоединения их к сети и при эксплуатации подвергают проверке в соответствии с эксплуатационной документацией на защищаемое устройство.

24. Аппарат защиты от утечек тока проверяется на срабатывание перед началом каждой смены инженерно-техническим работником участка либо, по его указанию, электрослесарем. Результаты проверки заносят на специальные доски, находящиеся в местах установки аппарата защиты.

Исправность защиты не проверяется в аппаратах с самоконтролем защиты и отсутствием в конструкции устройств для проверки срабатывания защиты от утечек тока.

Допускается дистанционная проверка аппаратуры защиты от утечек тока при условии, что отключающий аппарат имеет устройство предварительного контроля изоляции и способен воспроизвести автоматическое повторное включение защищаемой линии после проверки.

Общее время отключения сети напряжением 380, 660 и 1200 В под действием аппарата защиты от утечек тока проверяют не реже одного раза в 6 мес. Результаты проверки аппарата защиты заносят в книгу регистрации состояния электрооборудования и заземления.

Сопротивление изоляции работающих в шахте электрических установок и кабелей на номинальные напряжения 127—1200 В переменного тока относительно земли должно быть не ниже следующих норм:

электродвигателей угледобывающих и проходческих машин — 0,5 мОм;

электродвигателей других шахтных машин, осветительных трансформаторов, пусковых агрегатов и ручных электросверл — 1 мОм;

пусковой и распределительной аппаратуры, бронированных и гибких кабелей любой длины — 1 мОм на фазу.

25. Измерение сопротивления изоляции электрооборудования и кабелей перед включением производят после монтажа и переноски, аварийного отключения защиты, после длительного пребывания в бездействии, если аппарат защиты от утечек тока не позволяет включить сеть, а для стационарного электрооборудования — также периодически, но не реже одного раза в год.

Электрооборудование и кабели, сопротивление изоляции которых не соответствует нормам и вызывает срабатывание аппарата защиты от утечек тока, отсоединяют от сети для проведения мероприятий по повышению сопротивления их изоляции или ремонта.

26. Капитальный ремонт взрывозащищенного электрооборудования, связанный с восстановлением или изготовлением его составных частей, обеспечивающих взрывозащиту, проводят на специализированных предприятиях. Детали и узлы взрывозащищенного электрооборудования, не подлежащие в соответствии с руководством (инструкцией) по эксплуатации ремонту, заменяют на идентичные производства завода-изготовителя.

27. Не реже одного раза в три месяца специально выделенные и обученные работники шахты измеряют общее сопротивление заземляющей сети.

Сопротивление заземления необходимо измерять также перед включением вновь смонтированной или перенесенной установки.

Результаты осмотра и измерения заземлений заносят в книгу регистрации состояния электрооборудования и заземления.

V. Технические и организационные мероприятия при производстве работ в электроустановках напряжением до 1200 В

28. Перед выполнением ремонтных и вспомогательных работ на машинах снимают напряжение и принимают меры, исключающие подачу напряжения на место работы (машину) вследствие ошибочного или самопроизвольного включения коммутационных аппаратов.

29. При монтаже и ремонте электрооборудования в шахтах, опасных по газу, производителями работ осуществляется контроль за содержанием метана в месте производства работ. При содержании метана более одного процента работы прекращают, а напряжение снимают.

30. При работах по испытанию кабеля контролируют содержание метана в выработках, в которых он расположен, и оно не должно превышать 1%.

31. Электрооборудование открывают и ремонтируют только лица, имеющие соответствующую квалификацию и право на производство таких работ.

32. Наладочные и иные специальные работы, когда исключена возможность их выполнения со снятым напряжением, допускается производить вблизи и на токоведущих частях, находящихся под напряжением, по разрешению главного энергетика при условии:

наличия наряда-допуска на производство работ с указанием мероприятий по электробезопасности, в том числе мер, исключающих непосредственное прикосновение к токоведущим частям искроопасных цепей напряжением выше 42 В;

обеспечения непрерывного надзора за работающими;

наличия в удостоверениях лиц, производящих работы, записи о допуске к проведению специальных работ согласно квалификационной группе.

Производство таких работ в шахтах, опасных по газу, осуществляется только в выработках со свежей струей воздуха, проветриваемых за счет общешахтной депрессии. При этом обеспечивают контроль концентрации метана, а наряд-допуск согласуют с начальником (заместителем) участка аэрологической безопасности (далее — АБ).

В выработках на пластах, опасных по внезапным выбросам угля и газа, кроме выработок околоствольного двора и камеры центральной подземной подстанции, при производстве указанных работ должны соблюдаться следующие условия:

места производства работ находятся не ближе 600 м от действующих забоев пластов, опасных по внезапным выбросам угля и газа;

работы выполняют в смены, когда не ведется добыча угля, не проводятся горные выработки, а также не выполняются противовыбросные мероприятия, и не ранее чем через 4 ч после сотрясательного взрывания;

непрерывный контроль концентрации метана осуществляет специалист участка АБ. При содержании метана более 0,5% работы прекращают, а напряжение снимают.

Ответственного руководителя наладочных и других специальных работ должна быть V квалификационная группа по электробезопасности, у членов бригады — не ниже IV группы.

Капитальный ремонт взрывозащищенного электрооборудования, связанный с восстановлением или изготовлением его составных частей,

обеспечивающих взрывозащиту, проводят на предприятиях, имеющих соответствующее разрешение.

Детали и узлы взрывозащищенного электрооборудования, не подлежащие ремонту, заменяют в порядке, предусмотренном в эксплуатационной документации завода-изготовителя.

При текущем и профилактическом ремонтах, проводимых на шахтах с использованием деталей, обеспечивающих взрывобезопасность, осуществляется замена проходных зажимов, штепсельных контактов, изоляционных колодок, уплотняющих колец, нажимных устройств и заглушек кабельных вводов, кабельных муфт в целом, а также крепежных болтов оболочек электрооборудования.

Запрещается:

обслуживать и ремонтировать электрооборудование и сети без приборов и инструмента, предназначенных для этих целей;

проводить оперативное обслуживание и управлять электроустановками, не защищенными аппаратами защиты от утечек тока, без диэлектрических перчаток, за исключением электрооборудования напряжением 42 В и ниже, а также электрооборудования с искробезопасными цепями и аппаратуры телефонной связи;

ремонтировать электрооборудование и кабели, находящиеся под напряжением, присоединять и отсоединять искроопасные электрооборудование и электроизмерительные приборы под напряжением, за исключением устройств напряжением 42 В и ниже, в шахтах, не опасных по газу или пыли, и такие же устройства с искробезопасными цепями — в шахтах, опасных по газу или пыли;

эксплуатировать электрооборудование при неисправных средствах взрывозащиты, блокировках, заземлении, аппаратах защиты, нарушении схем управления, защиты и поврежденных кабелях;

иметь под напряжением неиспользуемые электрические сети, за исключением резервных;

открывать крышки оболочек взрывобезопасного электрооборудования в шахтах без предварительного снятия напряжения со вскрываемого отделения оболочки и замера содержания метана (не более одного процента);

изменять заводскую конструкцию и схему электрооборудования, схемы аппаратуры управления, защиты и контроля, а также градуировку устройств защиты;

снимать с аппаратов знаки, надписи и пломбы лицам, не имеющим на это права;

включать электрическую сеть при повреждении кабелей и электрооборудования.

VI. Выбор и проверка электрических аппаратов, кабелей и устройств релейной защиты напряжением до 1200 В

Определение токов короткого замыкания

33. Расчет токов короткого замыкания (далее — КЗ) осуществляется с целью определения максимального значения тока трехфазного КЗ, необходимого для проверки коммутационной аппаратуры на отключающую способность, а также минимального значения тока двухфазного КЗ, необходимого для выбора уставок средств защиты в соответствии с приложением № 2 к настоящей Инструкции.

34. Расчет минимального тока двухфазного КЗ определяется согласно приложению № 3 к настоящей Инструкции.

Выбор и проверка электрической аппаратуры и уставок защиты

35. Порядок выбора и проверки электрической аппаратуры и уставок защиты осуществляется в соответствии с приложением № 4 к настоящей Инструкции.

36. Для защиты магистралей с мощными асинхронными электродвигателями с короткозамкнутым ротором (в случае если пусковые токи превышают 600—700 А) выбираются уставки тока срабатывания реле исходя из величины фактических пусковых токов.

Выбор и проверка плавких предохранителей

37. Номинальный ток плавкой вставки предохранителей определяют согласно приложению № 5 к настоящей Инструкции.

38. Для установки принимается плавкая вставка со значением ее номинального тока, ближайшим к расчетному. Допускается параллельное включение в одном патроне предохранителя двух плавких вставок, равных или отличающихся по номинальному току на 30—35%. При этом суммарный ток их не должен превышать расчетного.

Для защиты искроопасных цепей напряжением до 42 В, отходящих от аппаратов (пускатели, станции управления) и питающих внешние нагрузки (аппараты автоматизации, светильники местного освещения), устанавливают предохранители, величина плавкой вставки которых указывается в инструкции по эксплуатации аппарата. Для защиты этих цепей возможно применение малогабаритных автоматических выключателей, встроенных в аппарат.

39. Выбранную плавкую вставку проверяют по расчетному минимальному току двухфазного КЗ, наименьшему сечению жил кабеля и на соответствие наибольшему длительному допустимому току нагрузки.

Выбор и проверка уставок тока срабатывания реле и плавких вставок предохранителей для защиты трансформаторов

40. Защита от минимальных токов двухфазного КЗ вторичной обмотки силового трансформатора и участка сети от зажимов этой обмотки до общего защитного аппарата осуществляется аппаратом защиты, установленным со стороны первичной обмотки этого трансформатора.

41. Защита указанных участков электрической сети и трансформатора напряжением 1140, 660, 380, 220, 133 В осуществляется как с помощью реле максимального тока, так и плавкими предохранителями. Порядок выбора и проверки уставок тока срабатывания реле и плавких вставок предохранителей для защиты трансформаторов осуществляется в соответствии с приложением № 6 к настоящей Инструкции.

Выбор и проверка кабельной сети низкого напряжения

42. Выбор и проверку кабельной сети низкого напряжения осуществляют согласно приложению № 7 к настоящей Инструкции.

43. Участковую сеть на устойчивость работы защиты от утечек тока проверяют по условию: общая длина кабелей, присоединенных к одному или нескольким параллельно работающим трансформаторам, должна ограничиваться емкостью не более 1 мкФ на фазу относительно земли.

44. Для шахтных участковых сетей напряжением 3300 В расчеты выполняют в соответствии с Методическими указаниями по электроснабжению, выбору и проверке электрических аппаратов, кабелей и устройств релейной защиты в участковых сетях угольных шахт (рудников) напряжением 3300 В, утвержденными приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 28 июня 2011 г. № 325 (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 6 декабря 2011 г., регистрационный № 22512; Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти, 2012, № 7).

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

$I_{ном.АВ}$ — номинальный ток выключателя, А;

$I_{ф}$ — фактический ток сети, А;

I_{0} — предельный отключаемый ток защитного аппарата, А;

$I_{к.з}^{(3)}$ — расчетный максимальный ток трехфазного КЗ, А;

$I_{у}$ — уставка срабатывания реле максимального тока, А;

$I_{ном.П}$ — номинальный ток пускателя (станции управления), А;

$I_{пуск.ном}$ — номинальный пусковой ток наиболее мощного электродвигателя, подключенного к защищаемой сети, А;

$\sum I_{ном}$ — сумма номинальных токов остальных токоприемников;

$I_{в}$ — номинальный ток плавкой вставки, А;

$I_{доп}$ — длительно допустимый ток (по нагреву) кабеля, определяемый по техническим условиям на кабель соответствующего сечения, А;

$I_{к.з}^{(2)}$ — расчетный минимальный ток двухфазного КЗ на стороне вторичной обмотки трансформатора, А;

$K_{ч}$ — коэффициент чувствительности защиты;

$K_{т}$ — коэффициент трансформации;

$K_{от}$ — коэффициент, определяющий изменение напряжения на вторичной обмотке трансформатора ПУПП при использовании отпаек на первичной обмотке этого трансформатора;

$l_{кб}$ — длина кабельной сети от ПУПП до точки короткого замыкания;

$l_{к}$ — длина кабельной линии напряжением до 42 В;

$P_{к.ном}$ — потери короткого замыкания в трансформаторе, кВт;

$R_{к.з}$ — суммарное активное сопротивление цепи короткого замыкания, мОм;

$R_{т}$ — активное сопротивление понижающего трансформатора, приведенное к ступени низшего напряжения сети, мОм;

$R_{к}$ — суммарное активное сопротивление различных контактов и контактных соединений;

$R_{кб}$ — активное сопротивление прямой последовательности кабелей (при температуре нагрева жил 65°С), Ом/км;

$r_{т}$ — сопротивление трансформатора, приведенное к вторичной обмотке, Ом;

$r_{к}$ — сопротивление одной жилы кабеля, Ом/км;

$S_{к}$ — условная мощность короткого замыкания у выводов обмотки высшего напряжения трансформатора, МВ·А;

$S_{т.ном}$ — номинальная мощность трансформатора, кВ·А;

$U_{НН}$ — номинальное напряжение сети, подключенное к обмотке низшего напряжения трансформатора передвижной участковой трансформаторной подстанции (ПУПП);

$u_{к}$ — напряжение короткого замыкания трансформатора, %;

$U_{Н}$ — номинальное напряжение вторичной обмотки трансформатора, В;

$U_{ном.П}$ — номинальное напряжение пускателя (станции управления), В;

$X_{к.з}$ — суммарное индуктивное сопротивление цепи короткого замыкания, мОм;

$X_{с}$ — эквивалентное индуктивное сопротивление энергосистемы, мОм;

$X_т$ — индуктивное сопротивление понижающего трансформатора, приведенное к ступени низшего напряжения сети, мОм;

$X_{кб}$ — индуктивное сопротивление прямой последовательности кабелей (при температуре нагрева жил 65°С), Ом/км.

Приложение № 2
к Федеральным нормам и правилам

РАСЧЕТ
токов короткого замыкания

Начальное действующее значение периодической составляющей тока трехфазного короткого замыкания, кА, определяется по формуле:

$$I_{к.з}^{(3)} = \frac{1{,}05 \cdot U_{НН} \cdot K_{от}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_{к.з}^2 + X_{к.з}^2}}, \quad (1)$$

где:

$U_{НН}$ — номинальное напряжение сети, подключенное к обмотке низшего напряжения трансформатора передвижной участковой трансформаторной подстанции (ПУПП), принимаемое равным 0,133; 0,23; 0,4; 0,69 или 1,2 кВ;

$K_{от}$ — коэффициент, определяющий изменение напряжения на вторичной обмотке трансформатора ПУПП при использовании отпаек на первичной обмотке этого трансформатора; в зависимости от положения отпаек принимает следующие значения:

отпайка	–10%	–5%	0	+5%;
$K_{от}$	1,1	1,05	0	0,95;

$R_{к.з}$ — суммарное активное сопротивление цепи короткого замыкания, мОм;

$X_{к.з}$ — суммарное индуктивное сопротивление цепи короткого замыкания, мОм.

Значения $R_{к.з}$ и $X_{к.з}$ определяют по формулам:

$$R_{к.з} = R_т + R_к + R_{кб} \cdot l_{кб}, \quad (2)$$

$$X_{к.з} = X_с + X_т + X_{кб} \cdot l_{кб}, \quad (3)$$

где $X_с$ — эквивалентное индуктивное сопротивление энергосистемы, мОм, определяемое по формуле:

$$X_с = \frac{U_{НН}}{S_к} \cdot 10^{-3}, \quad (4)$$

где:

$S_к$ — условная мощность короткого замыкания у выводов обмотки высшего напряжения трансформатора, МВ·А;

$R_т$ и $X_т$ — активное и индуктивное сопротивления понижающего трансформатора, приведенные к ступени низшего напряжения сети, мОм, значения которых рассчитывают по формулам:

$$R_т = \frac{P_{к.ном} \cdot U_{НН}^2}{S_{т.ном}^2}, \quad (5)$$

$$X_{т} = \sqrt{u_{к}^{2} - \left(\frac{100 \cdot P_{к.ном}}{S_{т.ном}}\right)^{2}} \cdot \frac{U_{НН}^{2}}{S_{т.ном}} \cdot 10^{4}, \qquad (6)$$

где:

$S_{т.ном}$ — номинальная мощность трансформатора, кВ·А;

$P_{к.ном}$ — потери короткого замыкания в трансформаторе, кВт;

$u_{к}$ — напряжение короткого замыкания трансформатора, %;

$R_{к}$ — суммарное активное сопротивление различных контактов и контактных соединений. При приближенном учете сопротивление контактов следует принимать: $R_{к}$ = 0,1 мОм — для контактных соединений кабелей, $R_{к}$ = 1,0 мОм — для коммутационных аппаратов;

$l_{кб}$ — длина кабельной сети от ПУПП до точки короткого замыкания;

$R_{кб}$ и $X_{кб}$ — активное и индуктивное сопротивления прямой последовательности кабелей (при температуре нагрева жил 65°С), Ом/км, принимаются согласно технической информации (техническим условиям) на кабели.

Нормированные значения напряжения и потерь короткого замыкания принимают из их технических характеристик (указываются в инструкциях или руководстве по эксплуатации).

Приложение № 3
к Федеральным нормам и правилам

РАСЧЕТ
минимального тока двухфазного металлического короткого замыкания

Расчетный минимальный ток двухфазного металлического короткого замыкания $I_{к.з}^{(2)}$, кА, следует определять по формуле:

$$I_{к.з}^{(2)} = \frac{0{,}95 \cdot U_{НН} \cdot K_{от}}{2 \cdot \sqrt{R_{к.з}^{2} + X_{к.з}^{2}}} \qquad (1)$$

Расчетный минимальный ток короткого замыкания в наиболее удаленной точке отходящего от аппарата искроопасного присоединения напряжением до 42 В определяют по формуле:

$$I_{к.з.min}^{(2)} = \frac{U_{Н}}{r_{т} + 2r_{к} \cdot l_{к}}, \qquad (2)$$

где:

$U_{Н}$ — номинальное напряжение вторичной обмотки трансформатора, В;

$r_{т}$ — сопротивление трансформатора, приведенное к вторичной обмотке, Ом (указывается в инструкциях или руководстве по эксплуатации аппаратов);

$r_{к}$ — сопротивление одной жилы кабеля, Ом/км, указывается в технической информации (технических условиях) на кабели;

$l_{к}$ — длина кабельной линии напряжением до 42 В, в которой произошло короткое замыкание.

Приложение № 4
к Федеральным нормам и правилам

ПОРЯДОК
выбора и проверки электрической аппаратуры и уставок защиты

Автоматические выключатели выбирают по назначению, номинальному напряжению сети исходя из условия:

$$I_{\text{ном.АВ}} \geq I_{\text{ф}}, \quad (1)$$

где $I_{\text{ном.АВ}}$ — номинальный ток выключателя, А.

Номинальное напряжение $U_{\text{ном.кат}}$ отключающей катушки независимого расцепителя выбранного выключателя должно быть равно номинальному напряжению сети $U_{\text{с}}$, т.е.:

$$U_{\text{ном.кат}} = U_{\text{с}} \quad (2)$$

Для обеспечения надежного отключения защитным аппаратом максимальных токов КЗ, которые могут возникнуть в защищаемом присоединении, необходимо, чтобы:

$$I_0 \geq 1{,}2I_{\text{к.з}}^{(3)}, \quad (3)$$

где:

I_0 — предельный отключаемый ток защитного аппарата, А;

$I_{\text{к.з}}^{(3)}$ — расчетный максимальный ток трехфазного КЗ, А.

В случае, если отключающая способность проверяемого аппарата оказывается меньше величины, указанной в (3), то при наличии на присоединении, питающем данный аппарат, другого аппарата с достаточной отключающей способностью необходимо, чтобы соблюдалось условие:

$$I_{\text{у}} \leq \frac{I_0}{1{,}2K_{\text{ч}}} = 0{,}55I_0, \quad (4)$$

где:

$I_{\text{у}}$ — уставка тока срабатывания реле максимального тока аппарата с отключающей способностью, удовлетворяющей условию (3), А. Уставку тока защищаемого аппарата выставляют в соответствии с инструкцией или руководством по эксплуатации аппарата;

$K_{\text{ч}}$ — коэффициент чувствительности защиты ($K_{\text{ч}} = 1{,}5$).

Если условие (4) не соблюдается, то необходимо устанавливать перед проверяемым аппаратом дополнительный аппарат, удовлетворяющий условиям (3) и (4).

Требование о проверке аппаратов по предельно отключаемому току не распространяется на автоматические выключатели, установленные в передвижных подстанциях и пусковых агрегатах.

Пускатели (станции управления) выбирают по назначению, номинальному напряжению сети $U_{\text{с}}$, фактическому номинальному току $I_{\text{ф}}$ подключаемой нагрузки, мощности и режиму работы потребителя электроэнергии, для управления которыми служит пускатель (станция управления):

$$I_{\text{ном.П}} \geq I_{\text{ф}}, \quad (5)$$

$$U_{\text{ном.П}} = U_{\text{с}}, \quad (6)$$

где:

$I_{\text{ном.П}}$ — номинальный ток пускателя (станции управления), А;

$U_{\text{ном.П}}$ — номинальное напряжение пускателя (станции управления), В.

Выбранные пускатели (станции управления) проверяют на способность отключать трехфазные токи короткого замыкания в защищаемой

сети в месте их подключения. Проверку производят по тем же условиям, что и для автоматических выключателей (2).

При наличии в коммутационном аппарате реле максимальной токовой защиты (МТЗ) ее ток уставки $I_{у}$ предварительно выбирают из условия:

для защиты магистрали:

$$I_{у} \geq I_{пуск.ном} + \sum I_{ном}, \quad (7)$$

где:

$I_{у}$ — уставка срабатывания реле, А. Уставку тока защищаемого аппарата выставляют в соответствии с инструкцией или руководством по эксплуатации аппарата;

$I_{пуск.ном}$ — номинальный пусковой ток наиболее мощного электродвигателя, подключенного к защищаемой сети, А;

$\sum I_{ном}$ — сумма номинальных токов остальных токоприемников;

для защиты ответвлений, питающих группу одновременно включаемых электродвигателей:

$$I_{у} \geq \sum I_{пуск.ном}, \quad (8)$$

для защиты ответвления, питающего осветительную нагрузку с лампами накаливания:

$$I_{у} \geq 3 \cdot I_{ном}, \quad (9)$$

а с люминесцентными лампами:

$$I_{у} \geq 1{,}25 \cdot I_{ном} \quad (10)$$

Выбранную уставку тока срабатывания реле проверяют по расчетному минимальному току двухфазного короткого замыкания. При этом отношение (кратность) расчетного минимального тока двухфазного короткого замыкания к уставке тока срабатывания реле должно удовлетворять условию:

$$\frac{I^{(2)}_{к.з}}{I_{у}} \geq K_{ч}, \quad (11)$$

где $K_{ч} = 1{,}5$ — коэффициент чувствительности защиты.

Приложение № 5
к Федеральным нормам и правилам

ПОРЯДОК
определения номинального тока плавкой вставки предохранителей

Номинальный ток плавкой вставки предохранителей определяют по формулам:

для защиты магистрали:

$$I_{в} \geq \frac{I_{пуск.ном}}{1{,}6 \div 2{,}5} + \sum I_{ном}, \quad (1)$$

где:

$I_{в}$ — номинальный ток плавкой вставки, А;

$1{,}6 \div 2{,}5$ — коэффициент, обеспечивающий условия запуска асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором.

Для легких условий пуска электродвигателя (редкие пуски и быстрый разгон) значение этого коэффициента следует принимать равным 2,5, а для тяжелых условий пуска (частые пуски при длительном разгоне) — $1{,}6 \div 2{,}0$.

Занижать номинальный ток плавкой вставки не следует, так как последняя может перегореть при пусках, что является одной из причин выхода из строя электродвигателей в режиме их однофазной работы:

для защиты ответвления — в случае применения электродвигателя с короткозамкнутым ротором:

$$I_{в} \geq \frac{I_{пуск.ном}}{1,6 \div 2,5}, \quad (2)$$

а в случае осветительной нагрузки:

$$I_{в} \geq I_{ном} \quad (3)$$

Отношение (кратность) расчетного минимального тока двухфазного КЗ к номинальному току плавкой вставки должно удовлетворять условию:

$$\frac{I^{(2)}_{к.з}}{I_{в}} \geq 4 \div 7 \quad (4)$$

При этом кратность, равная 4, допускается в сетях напряжением 380—1200 В, где требуется плавкая вставка на номинальный ток 160 и 200 А, а также в сетях напряжением 127 и 220 В независимо от величины тока плавкой вставки.

Плавкую вставку для защиты искроопасных цепей напряжением до 42 В проверяют по условию:

$$\frac{I^{(2)}_{к.з}}{I_{в}} \geq 5, \quad (5)$$

где $I_{в}$ — номинальный ток плавкой вставки, А.

Приложение № 6
к Федеральным нормам и правилам

ПОРЯДОК
выбора и проверки уставок тока срабатывания реле и плавких вставок предохранителей для защиты трансформаторов

Выбор и проверку уставок тока срабатывания указанных реле производят по формулам:

для трансформаторов с одинаковыми схемами соединения первичной и вторичной обмоток (например, Δ/Δ, Y/Y):

$$\frac{I^{(2)}_{к.з}}{K_{т} I_{у}} \geq 1,5, \quad (1)$$

где:

$I^{(2)}_{к.з}$ — расчетный минимальный ток двухфазного КЗ на стороне вторичной обмотки трансформатора, А;

$I_{у}$ — уставка тока срабатывания реле аппаратов со стороны первичной обмотки трансформатора, А;

$K_{т}$ — коэффициент трансформации;

1,5 — коэффициент чувствительности защиты;

для трансформаторов с различными схемами соединения первичной и вторичной обмоток (например, Δ/Y, Y/Δ):

$$\frac{I_{\text{к.з}}^{(2)}}{K_{\text{т}} I_{\text{у}} \sqrt{3}} \geq 1{,}5 \qquad (2)$$

Величину уставки тока срабатывания максимальных реле аппаратов на стороне первичной обмотки для защиты вторичной обмотки осветительных трансформаторов, питающих лампы накаливания и люминесцентные лампы, определяют, соответственно:

$$I_{\text{ó}} = \frac{3 I_{\text{í.ðàá}}}{K_{\text{ò}}} \qquad (3)$$

$$I_{\text{ó}} = \frac{1{,}25 I_{\text{í.ðàá}}}{K_{\text{ò}}} \qquad (4)$$

Номинальный ток плавкой вставки предохранителей, встроенных в аппараты, установленные на первичной стороне осветительных трансформаторов, определяют по формуле:

$$I_{\text{â}} \geq \frac{1{,}2 \div 1{,}4}{K_{\text{ò}}} I_{\text{í.ðàá}} \qquad (5)$$

Принимается плавкая вставка с ближайшим к расчетному значению номинальным током.

Отношение (кратность) расчетного минимального тока двухфазного КЗ к номинальному току плавкой вставки должно удовлетворять условиям:

для трансформаторов с одинаковой схемой соединения первичной и вторичной обмоток:

$$\frac{I_{\text{к.з}}^{(2)}}{K_{\text{т}} I_{\text{в}}} \geq 4, \qquad (6)$$

для трансформаторов с различной схемой соединения первичной и вторичной обмоток:

$$\frac{I_{\text{к.з}}^{(2)}}{K_{\text{т}} I_{\text{в}} \sqrt{3}} \geq 4, \qquad (7)$$

где $I_{\text{к.з}}^{(2)}$ — расчетный минимальный ток двухфазного КЗ, определенный для случая замыкания на вводных зажимах следующего после вторичной обмотки защитного аппарата, А.

Приложение № 7
к Федеральным нормам и правилам

ПОРЯДОК
выбора и проверки кабельной сети низкого напряжения

Сечение магистрального кабеля от ПУПП до РП НН выбирают из условия:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{ф}}, \qquad (1)$$

где:

$I_{\text{доп}}$ — длительно допустимый ток (по нагреву) кабеля, определяемый по техническим условиям на кабель соответствующего сечения, А;

$I_ф$ — фактический ток сети, А.

Сечение гибких кабелей для отдельных токоприемников участка (кроме многоприводных машин) выбирают из условия допустимого нагрева кабеля данного сечения его номинальным током $I_{ном}$:

$$I_{доп} \geq I_{ном} \tag{2}$$

Если одним кабелем подключены несколько асинхронных двигателей, то ток, проходящий через кабель, принимают как $\sum I_{ном}$ этих асинхронных двигателей:

$$I_{доп} \geq \sum I_{ном} \tag{3}$$

Параметры схемы электроснабжения выбраны правильно, если соблюдены условия:

фактическое напряжение на зажимах асинхронного двигателя в рабочем (номинальном) режиме:

$$U_ф \geq 0{,}95 \cdot U_{ном}, \tag{4}$$

напряжение на зажимах комбайновых асинхронных двигателей при их пуске:

$$U_{пуск} \geq 0{,}8 \cdot U_{ном}, \tag{5}$$

напряжение на зажимах комбайновых асинхронных двигателей при их перегрузке:

$$U_{пг} \geq 0{,}85 \cdot U_{ном} \tag{6}$$

gost.e-ecolog.ru