

021.31
П 68

P-L

ПРАВИЛА устройства

электроустановок

ГУЭД-6

РАЗДЕЛ I

Главы I-IV

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
ГЛАВНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ
ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

ПРАВИЛА УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Пятое издание

Раздел I
ОБЩИЕ ПРАВИЛА

Главы I-1—I-7



МОСКВА
ЭНЕРГОИЗДАТ
1982

ББК 31.277

П68

УДК 621.31.002.5(083.96)

Правила устройства электроустановок: Раз-
дел I. Общие правила. Главы I-1—I-7/Минэнерго
СССР; Под общ. ред. С. Г. Королева. — 5-е изд. —
М.: Энергоиздат, 1982.—88 с.
35 к.

В книге приведены требования к электроснабжению, выбору электрических аппаратов и проводников, учету электроэнергии и измерениям электрических величин, заземлению и защитным мерам электробезопасности.

Рассчитана на инженерно-технический персонал, занятый проектированием, монтажом и эксплуатацией электрооборудования.

П 2302040000-227 КБ—17—14—81
051(01)-82

ББК 31.277
6П2.11

ПРАВИЛА УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК РАЗДЕЛ I. ОБЩИЕ ПРАВИЛА. ГЛАВЫ I-1—I-7

Редактор издательства И. А. Сморчкова
Технический редактор Л. Ф. Шкилевич
Корректор Л. С. Тимохова

ИБ № 66

Сдано в набор 14.10.81. Подписано в печать 22.04.82. Т-10104. Формат 84×108^{1/32}.
Бумага тип. № 2. Гарн. шрифта литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 4,62.
Усл. кр.-отт. 4,83. Уч.-изд. л. 6,5. Тираж 100 000 экз. Заказ № 871.
Цена 35 к.

Издательство «Энергия», 113114, Москва, М-114, Шлюзовая набер., 10

Владимирская типография «Союзполиграфпром»
при Государственном комитете СССР по делам издательств,
полиграфии и книжной торговли
600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7

© Энергоиздат, 1982

ПРЕДИСЛОВИЕ

Предыдущее, четвертое издание «Правил устройства электроустановок» (ПУЭ) вышло в свет в 1966 г. и частично устарело.

Настоящее, пятое издание ПУЭ подготовили организации Министерства энергетики и электрификации СССР: ВНИИЭ (гл. I-1, I-2); ВГПИ Теплоэлектропроект (гл. I-3, I-4, III-4, IV-4, V-2); ВГПИ и НИИ Энергосетьпроект (гл. I-5, II-5, III-2, III-3, IV-2, V-6); ПО Союзтехэнерго (гл. I-6, II-3); ВГПИ и НИИ Сельэнергопроект (гл. II-4, III-1); организации Министерства монтажных и специальных строительных работ СССР: ВГПИ Тяжпромэлектропроект (гл. II-1, IV-3, V-1, V-3, V-5, разд. VI, VII); ВНИИ Проектэлектромонтаж (гл. I-8); ГПИ Электропроект (гл. I-7, II-2); УГПИ Тяжпромэлектропроект Министерства монтажных и специальных строительных работ Украинской ССР (гл. V-4).

При подготовке пятого издания Правил учтены требования действующих государственных стандартов, строительных норм и правил, рекомендации совещаний научно-технических обществ энергетики и электротехнической промышленности, а также замечания и предложения энергосистем, энергосбытов, проектных и монтажных организаций, предприятий и др.

Настоящее издание ПУЭ составлено по результатам рассмотрения проектов глав новых ПУЭ межведомственными комиссиями при Главном техническом управлении по эксплуатации энергосистем Министерства энергетики и электрификации СССР (гл. I-1—I-6, II-3—II-5, разд. III, гл. IV-1, IV-2, IV-4, V-2, V-6) и при Главном управлении по проектированию и производству электромонтажных работ Министерства монтажных и специальных строительных работ СССР (гл. I-7, I-8, II-1, II-2, IV-3, V-1, V-3—V-5, разд. VI, VII) с участием ряда заинтересованных организаций.

Требования Правил являются обязательными для всех ведомств.

В ПУЭ принятая следующая нумерация: для параграфов — номер раздела, главы, параграфа; для глав — номер раздела, главы. Так, например, II-5-22 обозначает § 22, гл. 5, разд. II.

При дополнении новым параграфом глав, в которых нумерация действовавших ранее параграфов не изменилась, этому параграфу присваивается номер предыдущего параграфа с добавлением прописной порядковой буквы по алфавиту, например, II-3-82А.

В отличие от предыдущего, четвертого издания ПУЭ пятое издание ПУЭ осуществляется по главам, группам глав или разделам.

Настоящее пятое издание глав I-1—I-7 раздела I по сравнению с четвертым изданием содержит уточненные требования к электроснабжению, выбору электрических аппаратов и проводников, учету и измерениям электроэнергии, заземлению и защитным мерам электробезопасности.

Срок введения в действие глав I-1—I-7 раздела I пятого издания — 1 июня 1982 г. С введением в действие глав I-1—I-7 раздела I пятого издания утрачивают силу главы I-1—I-7 раздела I ПУЭ четвертого издания, 1966 г.

Содержащиеся в главах I-1—I-7 раздела I пятого издания ссылки на параграфы и таблицы даны по отношению к главам ПУЭ пятого издания.

Область действия глав I-1—I-7 раздела I указана в текстах этих глав.

Содержание Правил приведено в конце книги.

Замечания и предложения по главам Правил пятого издания предлагается направлять в Главное техническое управление по эксплуатации энергосистем Министерства энергетики и электрификации СССР (103074, Москва, Центр, Китайский пр., д. 7).

Заместитель начальника Главного технического управления по эксплуатации энергосистем Министерства энергетики и электрификации СССР, главный специалист-электрик

К. М. Антипов

ГЛАВА I—1*

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ

I-1-1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) распространяются на вновь сооружаемые и реконструируемые электроустановки напряжением до 500 кВ, в том числе на специальные электроустановки, оговоренные в разд. VII настоящих Правил.

Устройство специальных электроустановок, не оговоренных в разд. VII, должно регламентироваться другими директивными документами. Отдельные требования настоящих Правил могут применяться для таких электроустановок в той мере, в какой они по исполнению и условиям работы аналогичны электроустановкам, оговоренным в настоящих Правилах.

Отдельные требования настоящих Правил можно применять для действующих электроустановок, если это упрощает электроустановку, если расходы по реконструкции обоснованы технико-экономическим расчетом или если эта реконструкция направлена на обеспечение тех требований безопасности, которые распространяются на действующие электроустановки.

По отношению к реконструируемым электроустановкам требования настоящих Правил распространяются лишь на реконструируемую часть электроустановок, например на аппараты, заменяемые по условиям короткого замыкания (КЗ).

I-1-2. ПУЭ разработаны с учетом обязательности проведения в условиях эксплуатации планово-предупредительных и профилактических испытаний, ремонтов электроустановок и их электрооборудования, а также систематического обучения и проверки обслуживающего персонала в объеме требований действующих Правил технической эксплуатации и Правил техники безопасности.

I-1-3. Электроустановками называется совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другой вид энергии.

Электроустановки по условиям электробезопасности разделяются Правилами на электроустановки напряжением до 1000 В и электроустановки напряжением выше 1000 В (по действующему значению напряжения).

* Согласована с Госстроем СССР 13 января 1977 г. Утверждена Главным техническим управлением по эксплуатации энергосистем и Государственной инспекцией по энергонадзору Министерства энергетики и электрификации СССР 5 октября 1979 г.

I-1-4. Открытыми или наружными электроустановками называются электроустановки, не защищенные зданием от атмосферных воздействий.

Электроустановки, защищенные только навесами, сетчатыми ограждениями и т. п., рассматриваются как наружные.

Закрытыми или внутренними электроустановками называются электроустановки, размещенные внутри здания, защищающего их от атмосферных воздействий.

I-1-5. Электропомещениями называются помещения или отгороженные, например, сетками, части помещения, доступные только для квалифицированного обслуживающего персонала (см. I-1-16), в которых расположены электроустановки.

I-1-6. Сухими помещениями называются помещения, в которых относительная влажность воздуха не превышает 60%. При отсутствии в таких помещениях условий, приведенных в I-1-10—I-1-12, они называются нормальными.

I-1-7. Влажными помещениями называются помещения, в которых пары или конденсирующаяся влага выделяется лишь временно и притом в небольших количествах и относительная влажность воздуха в которых более 60%, но не превышает 75%.

I-1-8. Сырыми помещениями называются помещения, в которых относительная влажность воздуха длительно превышает 75%.

I-1-9. Особо сырыми помещениями называются помещения, в которых относительная влажность воздуха близка к 100% (потолок, стены, пол и предметы, находящиеся в помещении, покрыты влагой).

I-1-10. Жаркими помещениями называются помещения, в которых под воздействием различных тепловых излучений температура превышает постоянно или периодически (более 1 сут) +35°C (например, помещения с сушилками, сушильными и обжигательными печами, котельные и т. п.)

I-1-11. Пыльными помещениями называются помещения, в которых по условиям производства выделяется технологическая пыль в таком количестве, что она может оседать на проводах, проникать внутрь машин, аппаратов и т. п.

Пыльные помещения разделяются на помещения с токопроводящей пылью и помещения с нетокопроводящей пылью.

I-1-12. Помещениями с химически активной или органической средой называются помещения, в которых постоянно или в течение длительного времени содержатся агрессивные пары, газы, жидкости, образуются отложения или плесень, действующие разрушающие на изоляцию и токоведущие части электрооборудования.

I-1-13. В отношении опасности поражения людей электрическим током различаются:

1. Помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность (см. пп. 2 и 3).

2. Помещения с повышенной опасностью, характеризующиеся наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность:

а) сырости или токопроводящей пыли (см. I-1-8 и I-1-11);

б) токопроводящих полов (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т. п.);

в) высокой температуры (см. I-1-10);

г) возможности одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т. п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования, с другой.

3. Особо опасные помещения, характеризующиеся наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность:

а) особой сырости (см. I-1-9);

б) химически активной или органической среды (см. I-1-12);

в) одновременно двух или более условий повышенной опасности (см. п. 2).

4. Территории размещения наружных электроустановок. В отношении опасности поражения людей электрическим током эти территории приравниваются к особо опасным помещениям.

I-1-14. Маслонаполненными аппаратами называются аппараты, у которых отдельные элементы и все нормально искрящие части или части, между которыми образуется дуга, погружены в масло так, что исключается возможность соприкосновения между этими частями и окружающим воздухом.

I-1-15. Номинальным значением параметра (номинальным параметром) называется указанное изготовителем электротехнического устройства значение параметра, являющееся исходным для отсчета отклонений от этого значения при эксплуатации и испытаниях устройства.

I-1-16. Квалифицированным обслуживаемым персоналом называются специально подготовленные лица, прошедшие проверку знаний в объеме, обязательном для данной работы (должности), и имеющие квалификационную группу по технике безопасности, предусмотренную Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок.

I-1-17. Для обозначения обязательности выполнения требований ПУЭ применяются слова «должен», «следует», «необходимо» и производные от них.

Слова «как правило» означают, что данное требование является преобладающим, а отступление от него должно быть обосновано.

Слово «допускается» означает, что данное решение применяется в виде исключения как вынужденное (вследствие стесненных условий, ограниченных ресурсов необходимого оборудования, материалов и т. п.).

Слово «рекомендуется» означает, что данное решение является одним из лучших, но не обязательным.

I-1-18. Принятые ПУЭ нормируемые значения величин с указанием «не менее» являются наименьшими, а с указанием «не более» — наибольшими. При выборе рациональных размеров и норм необходимо учитывать опыт эксплуатации и монтажа, требования электробезопасности и пожарной безопасности.

Все значения величин, приведенные в Правилах с предлогами «от» и «до», следует понимать «включительно».

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО УСТРОЙСТВУ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

I-1-19. Применяемые в электроустановках электрооборудование и материалы должны соответствовать требованиям ГОСТ или технических условий, утвержденных в установленном порядке.

I-1-20. Конструкция, исполнение, способ установки и класс изоляции применяемых машин, аппаратов, приборов и прочего электрооборудования, а также кабелей и проводов должны соответствовать параметрам сети или электроустановки, условиям окружающей среды и требованиям соответствующих глав ПУЭ.

I-1-21. Применяемые в электроустановках электрооборудование, кабели и провода по своим нормированным, гарантированным и расчетным характеристикам должны соответствовать условиям работы данной электроустановки.

I-1-22. Электроустановки и связанные с ними конструкции должны быть стойкими в отношении воздействия окружающей среды или защищены от этого воздействия.

I-1-23. Строительная и санитарно-техническая части электроустановок (конструкции здания и его элементов, отопление, вентиляция, водоснабжение и пр.) должны выполняться в соответствии с действующими строительными нормами и правилами (СНиП) Госстроя СССР при обязательном выполнении дополнительных требований, приведенных в ПУЭ.

I-1-24. Электроустановки должны удовлетворять требованиям действующих директивных документов о запрещении загрязнения окружающей среды, вредного или мешающего влияния шума, вибрации и электрических полей.

I-1-25. В электроустановках должны быть предусмотрены сбор и удаление отходов: химических веществ, масла, мусора, технических вод и т. п. В соответствии с действующими требованиями по охране окружающей среды должна быть исключена возможность попадания указанных отходов в водоемы, систему отвода ливневых вод, овраги, а также на территории, не предназначенные для этих отходов.

I-1-26. Проектирование и выбор схем, компоновок и конструкций электроустановок должны производиться на основе технико-экономических сравнений, применения простых и надежных схем, опыта эксплуатации, внедрения новейшей техники, наименьшего расхода цветных и других дефицитных материалов, оборудования и т. п.

I-1-27. При опасности возникновения электрокоррозии или почвенной коррозии должны предусматриваться соответствующие мероприятия по защите сооружений, оборудования, трубопроводов и других подземных коммуникаций.

I-1-28. В электроустановках должна быть обеспечена возможность легкого распознавания частей, относящихся к отдельным их элементам (простота и наглядность схем, надлежащее расположение электрооборудования, надписи, маркировка, расцветка).

I-1-29. Буквенно-цифровое и цветовое обозначения одноименных шин в каждой электроустановке должны быть одинаковыми.

Шины должны быть обозначены:

1) при переменном трехфазном токе: шина фазы L_1 — желтым цветом, фазы L_2 — зеленым, фазы L_3 — красным, нулевая рабочая N — голубым, эта же шина, используемая в качестве нулевой защитной, — продольными полосами желтого и зеленого цветов;

2) при переменном однофазном токе: шина, присоединенная к началу обмотки источника питания, L_1 — желтым цветом, а присоединенная к концу обмотки L_2 — красным.

Шины однофазного тока, если они являются ответвлением от шин трехфазной системы, обозначаются как соответствующие шины трехфазного тока;

3) при постоянном токе: положительная шина L_+ — красным цветом, отрицательная L_- — синим и нулевая рабочая M — голубым;

4) резервная как резервируемая основная шина; если же резервная шина может заменять любую из основных шин, то она обозначается поперечными полосами цвета основных шин.

Цветовое обозначение должно быть выполнено по всей длине шин, если оно предусмотрено также для более интенсивного охлаждения или для антикоррозионной защиты.

Допускается выполнять цветовое обозначение не по всей длине шин, только цветовое или только буквенно-цифровое обозначение либо цветовое в сочетании с буквенно-цифровым только в местах присоединения шин; если неизолированные шины недоступны для осмотра в период, когда они находятся под напряжением, то допускается их не обозначать. При этом не должен снижаться уровень безопасности и наглядности при обслуживании электроустановки.

I-1-30. При расположении шин в распределительных устройствах (кроме КРУ заводского изготовления) необходимо соблюдать следующие условия:

1. В закрытых распределительных устройствах при переменном трехфазном токе шины должны располагаться:

а) сборные и обходные шины, а также все виды секционных шин, при вертикальном расположении $L_1-L_2-L_3$ сверху вниз; при расположении горизонтально, наклонно или треугольником наиболее удаленная шина L_1 , средняя L_2 , ближайшая к коридору обслуживания L_3 ;

б) ответвления от сборных шин — слева направо $L_1-L_2-L_3$, если смотреть на шины из коридора обслуживания (при наличии трех коридоров — из центрального).

2. В открытых распределительных устройствах при переменном трехфазном токе шины должны располагаться:

а) сборные и обходные шины, а также все виды секционных шин, шунтирующие перемычки и перемычки в схемах кольцевых, полуторных и т. п., должны иметь со стороны главных трансформаторов на высшем напряжении шину L_1 ;

б) ответвления от сборных шин в открытых распределительных устройствах должны выполняться так, чтобы расположение шин присоединений слева направо было $L_1-L_2-L_3$, если смотреть со стороны шин на трансформатор.

Расположение шин ответвлений в ячейках независимо от их размещения по отношению к сборным шинам должно быть одинаковым.

3. При постоянном токе шины должны располагаться:

а) сборные шины при вертикальном расположении: верхняя M , средняя L_- , нижняя L_+ ;

б) сборные шины при горизонтальном расположении: наиболее удаленная M , средняя L_- и ближайшая L_+ , если смотреть на шины из коридора обслуживания;

в) ответвления от сборных шин: левая шина M , средняя L_- , правая L_+ , если смотреть на шины из коридора обслуживания.

В отдельных случаях допускаются отступления от требований, приведенных в пп. 1—3, если их выполнение связано с существенным

усложнением электроустановок (например, вызывает необходимость установки специальных опор вблизи подстанции для транспозиции проводов ВЛ), или если применяются на подстанции две или более ступеней трансформации.

I-1-31. Для защиты от влияния электроустановок должны предусматриваться меры в соответствии с «Общесоюзными нормами допускаемых индустриальных радиопомех» и «Правилами защиты устройств проводной связи, железнодорожной сигнализации и телемеханики от опасного и мешающего влияний линий электропередачи».

I-1-32. Безопасность обслуживающего персонала и посторонних лиц должна обеспечиваться путем:

применения надлежащей изоляции, а в отдельных случаях — повышенной;

применения двойной изоляции;

соблюдения соответствующих расстояний до токоведущих частей или путем их закрытия, ограждения;

применения блокировки аппаратов и ограждений для предотвращения ошибочных операций и доступа к токоведущим частям;

надежного и быстродействующего автоматического отключения частей электрооборудования, случайно оказавшихся под напряжением, и поврежденных участков сети, в том числе защитного отключения;

заземления или зануления корпусов электрооборудования и элементов электроустановок, которые могут оказаться под напряжением вследствие повреждения изоляции;

выравнивания потенциалов;

применения разделяющих трансформаторов;

применения напряжений 42 В и ниже переменного тока частотой 50 Гц и 110 В и ниже постоянного тока;

применения предупредительной сигнализации, надписей и пла- катов;

применения устройств, снижающих напряженность электрических полей;

использования защитных средств и приспособлений, в том числе для защиты от воздействия электрического поля в электроустановках, в которых его напряженность превышает допустимые нормы.

I-1-33. В электропомещениях с установками напряжением до 1000 В допускается применение неизолированных и изолированных токоведущих частей без защиты от прикосновения, если по местным условиям такая защита не является необходимой для каких-либо иных целей (например, для защиты от механических воздействий). При этом доступные прикосновению части должны быть расположены так, чтобы нормальное обслуживание не было сопряжено с опасностью прикосновения к ним.

I-1-34. В жилых, общественных и тому подобных помещениях защитные ограждения и закрытия токоведущих частей должны быть сплошные; в помещениях производственных и электропомещениях их выполнение допускается сплошным, сетчатым или дырчатым.

Ограждения и закрытия должны быть выполнены так, чтобы снятие или открывание их было возможно лишь при помощи ключей или инструментов.

I-1-35. Все ограждения и защитные закрытия должны обладать в соответствии с местными условиями достаточной механической прочностью. При напряжении выше 1000 В толщина металлических

закрытий должна быть не менее 1 мм. Защитные закрытия проводов по возможности должны быть введены в машины, аппараты и приборы.

I-1-36. Для защиты обслуживающего персонала от поражения электрическим током, от действия электрической дуги и т. п. все электроустановки должны быть снабжены защитными средствами, а также средствами оказания первой помощи в соответствии с «Правилами пользования и испытания защитных средств, применяемых в электроустановках».

I-1-37. Пожаро- и взрывобезопасность электроустановок, содержащих маслонаполненные аппараты и кабели, а также электрооборудования, покрытого и пропитанного маслами, лаками, битумами и т. п., обеспечивается выполнением требований, приведенных в соответствующих главах ПУЭ.

Кроме того, указанные электроустановки при сдаче их в эксплуатацию должны быть снабжены и противопожарными средствами и инвентарем в соответствии с действующими положениями.

ПРИСОЕДИНЕНИЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК К ЭНЕРГОСИСТЕМЕ

I-1-38. Присоединение электроустановки к энергосистеме производится в соответствии с «Правилами пользования электрической энергией».

ПЕРЕДАЧА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

I-1-39. Вновь сооруженные и реконструированные электроустановки и установленное в них электрооборудование должны быть подвергнуты приемо-сдаточным испытаниям (см. гл. I-8).

I-1-40. Вновь сооруженные и реконструированные электроустановки вводятся в промышленную эксплуатацию только после приемки их приемочными комиссиями согласно действующим положениям.

ГЛАВА I-2

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ

I-2-1. Настоящая глава* Правил распространяется на все системы электроснабжения.

Системы электроснабжения подземных, тяговых и других специальных установок, кроме требований настоящей главы, должны соответствовать также требованиям специальных правил.

* Согласована с Госстроем СССР 3 августа 1976 г. Утверждена Главным техническим управлением по эксплуатации энергосистем и Государственной инспекцией по энергонадзору Министерства энергетики и электрификации СССР 5 июля 1977 г.

I-2-2. Энергетической системой (энергосистемой) называется совокупность электростанций, электрических и тепловых сетей, соединенных между собой и связанных общностью в непрерывном процессе производства, преобразования и распределения электрической энергии и тепла при общем управлении этим режимом.

I-2-3. Электрической частью энергосистемы называется совокупность электроустановок электрических станций и электрических сетей энергосистемы.

I-2-4. Электроэнергетической системой называется электрическая часть энергосистемы и питающиеся от нее приемники электрической энергии, объединенные общностью процесса производства, передачи, распределения и потребления электрической энергии.

I-2-5. Электроснабжением называется обеспечение потребителей электрической энергией.

Системой электроснабжения называется совокупность электроустановок, предназначенных для обеспечения потребителей электрической энергией.

I-2-6. Централизованным электроснабжением называется электроснабжение потребителей от энергосистемы.

I-2-7. Электрической сетью называется совокупность электроустановок для передачи и распределения электрической энергии, состоящая из подстанций, распределительных устройств, токопроводов, воздушных и кабельных линий электропередачи, работающих на определенной территории.

I-2-8. Приемником электрической энергии (электроприемником) называется аппарат, агрегат, механизм, предназначенный для преобразования электрической энергии в другой вид энергии.

I-2-9. Потребителем электрической энергии называется электроприемник или группа электроприемников, объединенных технологическим процессом и размещающихся на определенной территории.

I-2-10. Независимым источником питания электроприемника или группы электроприемников называется источник питания, на котором сохраняется напряжение в пределах, регламентированных настоящими Правилами для послеаварийного режима, при исчезновении его на другом или других источниках питания этих электроприемников.

К числу независимых источников питания относятся две секции или системы шин одной или двух электростанций и подстанций при одновременном соблюдении следующих двух условий:

1) каждая из секций или систем шин в свою очередь имеет питание от независимого источника питания;

2) секции (системы) шин не связаны между собой или имеют связь, автоматически отключающуюся при нарушении нормальной работы одной из секций (систем) шин.

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

I-2-11. При проектировании систем электроснабжения и реконструкции электроустановок должны рассматриваться следующие вопросы:

1) перспектива развития энергосистем и систем электроснабжения с учетом рационального сочетания вновь сооружаемых электри-

ческих сетей с действующими и вновь сооружаемыми сетями других классов напряжения;

2) обеспечение комплексного централизованного электроснабжения всех потребителей, расположенных в зоне действия электрических сетей, независимо от их ведомственной принадлежности;

3) ограничение токов КЗ предельными уровнями, определяемыми на перспективу;

4) снижение потерь электрической энергии.

При этом должны рассматриваться в комплексе внешнее и внутреннее электроснабжение с учетом возможностей и экономической целесообразности технологического резервирования.

При решении вопросов резервирования следует учитывать перегруженную способность элементов электроустановок, а также наличие резерва в технологическом оборудовании.

I-2-12. При решении вопросов развития систем электроснабжения следует учитывать ремонтные, аварийные и послеаварийные режимы.

I-2-13. При выборе независимых взаимно резервирующих источников питания, являющихся объектами энергосистемы, следует учитывать вероятность одновременного зависимого кратковременного снижения или полного исчезновения напряжения на время действия релейной защиты и автоматики при повреждениях в электрической части энергосистемы, а также одновременного длительного исчезновения напряжения на этих источниках питания при тяжелых системных авариях.

I-2-14. Требования I-2-11—I-2-13 должны быть учтены на всех промежуточных этапах развития энергосистем и систем электроснабжения потребителей.

I-2-15. Проектирование электрических сетей должно осуществляться с учетом вида их обслуживания (постоянное дежурство, дежурство на дому, выездные бригады и др.).

I-2-16. Работа электрических сетей напряжением 3—35 кВ должна предусматриваться с изолированной или заземленной через дугогасящие реакторы нейтралью.

Компенсация емкостного тока замыкания на землю должна применяться при значениях этого тока в нормальных режимах:

в сетях напряжением 3—20 кВ, имеющих железобетонные и металлические опоры на воздушных линиях электропередачи, и во всех сетях напряжением 35 кВ — более 10 А;

в сетях, не имеющих железобетонных и металлических опор на воздушных линиях: при напряжении 3—6 кВ — более 30 А; при напряжении 10 кВ — более 20 А; при напряжении 15—20 кВ — более 15 А;

в схемах напряжением 6—20 кВ блоков генератор — трансформатор (на генераторном напряжении) — более 5 А.

При токах замыкания на землю более 50 А рекомендуется применение не менее двух заземляющих дугогасящих реакторов.

КАТЕГОРИИ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

I-2-17. В отношении обеспечения надежности электроснабжения электроприемники разделяются на следующие три категории:

Электроприемники первой категории — электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой опас-

ность для жизни людей, значительный ущерб народному хозяйству, повреждение дорогостоящего основного оборудования, массовый брак продукции, расстройство сложного технологического процесса, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства.

Из состава электроприемников первой категории выделяется особая группа электроприемников, бесперебойная работа которых необходима для безаварийного останова производства с целью предотвращения угрозы жизни людей, взрывов, пожаров и повреждения дорогостоящего основного оборудования.

Электроприемники второй категории — электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности значительного количества городских и сельских жителей.

Электроприемники третьей категории — все остальные электроприемники, не подходящие под определения первой и второй категорий.

I-2-18. Электроприемники первой категории должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания, и перерыв их электроснабжения при нарушении электроснабжения от одного из источников питания может быть допущен лишь на время автоматического восстановления питания.

Для электроснабжения особой группы электроприемников первой категории должно предусматриваться дополнительное питание от третьего независимого взаимно резервирующего источника питания.

В качестве третьего независимого источника питания для особой группы электроприемников и в качестве второго независимого источника питания для остальных электроприемников первой категории могут быть использованы местные электростанции, электростанции энергосистем (в частности, шины генераторного напряжения), специальные агрегаты бесперебойного питания, аккумуляторные батареи и т. п.

Если резервированием электроснабжения нельзя обеспечить необходимой непрерывности технологического процесса или если резервирование электроснабжения экономически нецелесообразно, должно быть осуществлено технологическое резервирование, например, путем установки взаимно резервирующих технологических агрегатов, специальных устройств безаварийного останова технологического процесса, действующих при нарушении электроснабжения.

Электроснабжение электроприемников первой категории с особо сложным непрерывным технологическим процессом, требующим длительного времени на восстановление рабочего режима, при наличии технико-экономических обоснований рекомендуется осуществлять от двух независимых взаимно резервирующих источников питания, к которым предъявляются дополнительные требования, определяемые особенностями технологического процесса.

I-2-19. Электроприемники второй категории рекомендуется обеспечивать электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания.

Для электроприемников второй категории при нарушении электроснабжения от одного из источников питания допустимы перерывы электроснабжения на время, необходимое для включения резервного

питания действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригады.

Допускается питание электроприемников второй категории по одной воздушной линии, в том числе с кабельной вставкой, если обеспечена возможность проведения аварийного ремонта этой линии за время не более 1 сут. Кабельные вставки этой линии должны дополняться двумя кабелями, каждый из которых выбирается по допустимой длительной нагрузке линии.

Допускается питание электроприемников второй категории по одной кабельной линии, состоящей не менее чем из двух кабелей, присоединенных к одному общему аппарату.

При наличии централизованного резерва трансформаторов и возможности замены поврежденного трансформатора за время не более 1 сут допускается питание электроприемников второй категории от одного трансформатора.

I-2-20. Для электроприемников третьей категории электроснабжение может выполняться от одного источника питания при условии, что перерывы электроснабжения, необходимые для ремонта или замены поврежденного элемента системы электроснабжения, не превышают 1 сут.

УРОВНИ И РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ, КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

I-2-21. Для электрических сетей следует предусматривать технические мероприятия по обеспечению качества напряжения электрической энергии в соответствии с требованиями ГОСТ 13109-67 «Электрическая энергия. Нормы качества электрической энергии у приемников, присоединенных к электрическим сетям общего назначения».

I-2-22. Устройства регулирования напряжения должны обеспечивать поддержание напряжения на тех шинах напряжением 6—20 кВ электростанций и подстанций, к которым присоединены распределительные сети, в пределах не ниже 105 % номинального в период наибольших нагрузок и не выше 100 % номинального в период наименьших нагрузок этих сетей.

I-2-23. Устройства компенсации реактивной мощности, устанавливаемые у потребителя, должны обеспечивать потребление от энергосистемы реактивной мощности в пределах, указанных в условиях присоединение электроустановок этого потребителя к энергосистеме.

I-2-24. Выбор и размещение устройств компенсации реактивной мощности в электрических сетях следует производить в соответствии с действующей инструкцией по компенсации реактивной мощности.

ГЛАВА I-3

ВЫБОР ПРОВОДНИКОВ ПО НАГРЕВУ, ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ПЛОТНОСТИ ТОКА И ПО УСЛОВИЯМ КОРОНЫ

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

I-3-1. Настоящая глава* Правил распространяется на выбор сечений электрических проводников (неизолированные и изолированные провода, кабели и шины) по нагреву, экономической плотности тока и по условиям короны. Если сечение проводника, определенное по этим условиям, получается меньше сечения, требуемого по другим условиям (термическая и динамическая стойкость при токах КЗ, потери и отклонения напряжения, механическая прочность, защита от перегрузки), то должно приниматься наибольшее сечение, требуемое этими условиями.

ВЫБОР СЕЧЕНИЙ ПРОВОДНИКОВ ПО НАГРЕВУ

I-3-2. Проводники любого назначения должны удовлетворять требованиям в отношении предельно допустимого нагрева с учетом не только нормальных, но и послеаварийных режимов, а также периодов ремонтов и возможных неравномерностей распределения токов между линиями, секциями шин и т. п. При проверке на нагрев принимается получасовой максимум тока, который представляет собой наибольший из средних получасовых токов данного элемента сети.

I-3-3. При повторно-кратковременном и кратковременном режимах работы электроприемников (с общей длительностью цикла до 10 мин и длительностью рабочего периода не более 4 мин) в качестве расчетного тока для проверки сечения проводников по нагреву следует принимать ток, приведенный к длительному режиму. При этом:

1) для медных проводников сечением до 6 mm^2 , а для алюминиевых проводников — до 10 mm^2 ток принимается, как для установок с длительным режимом работы;

2) для медных проводников сечением более 6 mm^2 , а для алюминиевых проводников — более 10 mm^2 ток принимается путем умножения на коэффициент $\frac{0,875}{\sqrt{PB}}$, где PB — выраженная в относительных единицах продолжительность рабочего периода (продолжительность включения).

I-3-4. Для кратковременного режима работы с длительностью включения не более 4 мин и перерывами между включениями, достаточными для охлаждения проводников до температуры окружающей

* Утверждена Главным техническим управлением по эксплуатации энергосистем и Государственной инспекцией по энергонадзору Министерства энергетики и электрификации СССР 10 декабря 1979 г.

среды, наибольшие допустимые токи следует определять по нормам повторно-кратковременного режима (см. I-3-3). При длительности включения более 4 мин, а также при перерывах недостаточной длительности между включениями наибольшие допустимые токи следует определять, как для установок с длительным режимом работы.

I-3-5. Для кабелей напряжением до 10 кВ с бумажной пропитанной изоляцией, несущих нагрузки меньше номинальных, может допускаться кратковременная перегрузка, указанная в табл. I-3-1.

Таблица I-3-1. Допустимые кратковременные перегрузки для кабелей напряжением до 10 кВ с бумажной пропитанной изоляцией

Коэффициент предварительной нагрузки	Вид прокладки	Допустимая перегрузка по отношению к номинальной в течение, ч		
		0,5	1,0	3,0
0,6	В земле	1,35	1,30	1,15
	В воздухе	1,25	1,15	1,10
	В трубах (в земле)	1,20	1,10	1,0
0,8	В земле	1,20	1,15	1,10
	В воздухе	1,15	1,10	1,05
	В трубах (в земле)	1,10	1,05	1,00

I-3-6. На время ликвидации послеаварийного режима для кабелей с полиэтиленовой изоляцией допускается перегрузка до 10 %, а для кабелей с поливинилхлоридной изоляцией — до 15 % номинальной; при этом указанная перегрузка допускается на время максимумов нагрузки продолжительностью не более 6 ч в сутки в течение 5 сут, если нагрузка в остальные периоды времени этих суток не превышает номинальной.

На время ликвидации аварий для кабелей напряжением до 10 кВ с бумажной изоляцией допускаются перегрузки в течение 5 сут в пределах, указанных в табл. I-3-2.

Таблица I-3-2. Допустимые перегрузки для кабелей напряжением до 10 кВ с бумажной изоляцией на время ликвидации аварий

Коэффициент предварительной нагрузки	Вид прокладки	Допустимая перегрузка по отношению к номинальной при длительности максимума, ч		
		1	3	6
0,6	В земле	1,5	1,35	1,25
	В воздухе	1,35	1,25	1,25
	В трубах (в земле)	1,30	1,20	1,15
0,8	В земле	1,35	1,25	1,20
	В воздухе	1,30	1,25	1,25
	В трубах (в земле)	1,20	1,15	1,10

Таблица I-3-3. Поправочные коэффициенты на токи для кабелей, неизолированных и изолированных проводов и шин в зависимости от температуры земли и воздуха

Условная температура воздуха, °C	Нормированная температура жил, °C	Поправочные коэффициенты на токи при расчетной температуре среды, °C											
		-5 и ниже	0	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40		
15	80	1,14	1,11	1,08	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78	0,73	0,68
25	80	1,24	1,20	1,17	1,13	1,09	1,04	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,74
25	70	1,29	1,24	1,20	1,15	1,11	1,05	1,00	0,94	0,88	0,81	0,74	0,67
15	65	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,89	0,84	0,77	0,71	0,63	0,55
25	65	1,32	1,27	1,22	1,17	1,12	1,06	1,00	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61
15	60	1,20	1,15	1,12	1,06	1,00	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67	0,57	0,47
25	60	1,36	1,31	1,25	1,20	1,13	1,07	1,00	0,93	0,85	0,76	0,66	0,54
15	55	1,22	1,17	1,12	1,07	1,00	0,93	0,86	0,79	0,71	0,61	0,50	0,36
25	55	1,41	1,35	1,29	1,23	1,15	1,08	1,00	0,91	0,82	0,71	0,58	0,41
15	50	1,25	1,20	1,14	1,07	1,00	0,93	0,84	0,76	0,66	0,54	0,37	—
25	50	1,48	1,41	1,34	1,26	1,18	1,09	1,00	0,89	0,78	0,63	0,45	—

Для кабельных линий, находящихся в эксплуатации более 15 лет, перегрузки должны быть понижены на 10 %.

Перегрузка кабельных линий напряжением 20—35 кВ не допускается.

I-3-7. Требования к нормальным нагрузкам и послеаварийным перегрузкам относятся как к кабелям, так и к установленным на них соединительным и концевым муфтам и концевым заделкам.

I-3-8. Нуевые рабочие проводники в четырехпроводной системе трехфазного тока должны иметь проводимость не менее 50 % проводимости фазных проводников; в необходимых случаях она должна быть увеличена до 100 % проводимости фазных проводников.

I-3-9. При определении допустимых длительных токов для кабелей, неизолированных и изолированных проводов и шин, а также для жестких и гибких токопроводов, проложенных в среде, температура которой существенно отличается от приведенной в I-3-12—I-3-15 и I-3-22, следует применять коэффициенты, приведенные в табл. I-3-3.

ДОПУСТИМЫЕ ДЛЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНЫЕ ТОКИ ДЛЯ ПРОВОДОВ, ШНУРОВ И КАБЕЛЕЙ С РЕЗИНОВОЙ ИЛИ ПЛАСТМАССОВОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ

I-3-10. Допустимые длительные токи для проводов с резиновой или поливинилхлоридной изоляцией, шнуроов с резиновой изоляцией и кабелей с резиновой или пластмассовой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной и резиновой оболочках приведены в табл. I-3-4—I-3-11. Они приняты из расчета нагрева жил +65 °C при окружающей температуре воздуха +25 и земли +15 °C.

Таблица I-3-4. Допустимые длительные токи для проводов и шнуроов с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с медными жилами

Сечение токопроводящей жилы, мм^2	открыто	Ток, А, для проводов, проложенных в одной трубе					
		двух одно-жильных	трех одно-жильных	четырех одно-жильных	одного двух-жильного		
					одного трех-жильного		
0,5	11	—	—	—	—	—	—
0,75	15	—	—	—	—	—	—
1	17	—	—	—	—	—	—
1,2	20	—	—	—	—	—	—
1,5	23	—	—	—	—	—	—
2	26	—	—	—	—	—	—
2,5	30	—	—	—	—	—	—
3	34	—	—	—	—	—	—
4	41	—	—	—	—	—	—
5	46	—	—	—	—	—	—
6	50	—	—	—	—	—	—
8	62	—	—	—	—	—	—
10	80	—	—	—	—	—	—
		11	16	15	14	15	14
		15	18	16	15	16	15
		17	19	17	16	18	15
		20	24	22	20	23	19
		23	27	25	25	25	21
		26	32	28	26	28	24
		30	38	35	30	32	27
		34	42	39	34	37	31
		41	46	42	40	40	34
		46	54	51	46	48	34
		50	70	60	50	55	43
							50

Продолжение табл. I-3-4.

Сечение токопроводящей жилы, мм^2	открыто	Ток, А, для проводов, проложенных в одной трубе				
		двух одно-жильных	трех одно-жильных	четырех одно-жильных	одного двух-жильного	одного трех-жильного
16	100	85	80	75	80	70
25	140	115	100	90	100	85
35	170	135	125	115	125	100
50	215	185	170	150	160	135
70	270	225	210	185	195	175
95	330	275	255	225	245	215
120	385	315	290	260	295	250
150	440	360	330	—	—	—
185	510	—	—	—	—	—
240	605	—	—	—	—	—
300	695	—	—	—	—	—
400	830	—	—	—	—	—

Таблица I-3-5. Допустимые длительные токи для проводов с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с алюминиевыми жилами

Сечение токопроводящей жилы, мм^2	открыто	Ток, А, для проводов, проложенных в одной трубе				
		двух одно-жильных	трех одно-жильных	четырех одно-жильных	одного двух-жильного	одного трех-жильного
2	21	19	18	15	17	14
2,5	24	20	19	19	19	16
3	27	24	22	21	22	18
4	32	28	28	23	25	21
5	36	32	30	27	28	24
6	39	36	32	30	31	38
8	46	43	40	37	38	32
10	60	50	47	39	42	38
16	75	60	60	55	60	55
25	105	85	80	70	75	65
35	130	100	95	85	95	75
50	165	140	130	120	125	105
70	210	175	165	140	150	135
95	255	215	200	175	190	165
120	295	245	220	200	230	190
150	340	275	255	—	—	—
185	390	—	—	—	—	—
240	465	—	—	—	—	—
300	535	—	—	—	—	—
400	645	—	—	—	—	—

Таблица I-3-6. Допустимые длительные токи для проводов с медными жилами с резиновой изоляцией в металлических защитных оболочках и кабелей с медными жилами с резиновой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной, найритовой или резиновой оболочке, бронированных и небронированных

Сечение токопроводящей жилы, мм^2	Ток*, А, для проводов и кабелей				
	одножильных	двуихжильных	трехжильных		
	при прокладке				
	в воздухе	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
1,5	23	19	33	19	27
2,5	30	27	44	25	38
4	41	38	55	35	49
6	50	50	70	42	60
10	80	70	105	55	90
16	100	90	135	75	115
25	140	115	175	95	150
35	170	140	210	120	180
50	215	175	265	145	225
70	270	215	320	180	275
95	325	260	385	220	330
120	385	300	445	260	385
150	440	350	505	305	435
185	510	405	570	350	500
240	605	—	—	—	—

* Токи относятся к проводам и кабелям как с нулевой жилой, так и без нее.

При определении количества проводов, прокладываемых в одной трубе (или жил многожильного проводника), нулевой рабочий проводник четырехпроводной системы трехфазного тока, а также заzemляющие и нулевые защитные проводники в расчет не принимаются.

Токи, приведенные в табл. I-3-4 и I-3-5, действительны независимо от количества труб и места их прокладки (в воздухе, перекрытиях, фундаментах).

Допустимые длительные токи для проводов и кабелей, проложенных в коробах, а также в лотках пучками, должны приниматься: для проводов — по табл. I-3-4 и I-3-5, как для проводов, проложенных в трубах, для кабелей — по табл. I-3-6—I-3-8, как для кабелей, проложенных в воздухе. При количестве одновременно нагруженных проводов более четырех, проложенных в трубах, коробах, а также в лотках пучками, токи для проводов должны приниматься по табл. I-3-4 и I-3-5, как для проводов, проложенных открыто (в воздухе), с введением снижающих коэффициентов 0,68 для 5 и 6; 0,63 для 7—9 и 0,6 для 10—12 проводов.

Для проводников вторичных цепей снижающие коэффициенты не вводятся.

Таблица I-3-7. Допустимые длительные токи для кабелей с алюминиевыми жилами с резиновой или пластмассовой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной и резиновой оболочках, бронированных и небронированных

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток, А, для кабелей				
	одножильных		двуихильных		трехжильных
	при прокладке				
	в воздухе	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
2,5	23	21	34	19	29
4	31	29	42	27	38
6	38	38	55	32	46
10	60	55	80	42	70
16	75	70	105	60	90
25	105	90	135	75	115
35	130	105	160	90	140
50	165	135	205	110	175
70	210	165	245	140	210
95	250	200	295	170	255
120	295	230	340	200	295
150	340	270	390	235	335
185	390	310	440	270	385
240	465	—	—	—	—

Приложение. Длительные допустимые токи для четырехжильных кабелей с пластмассовой изоляцией на напряжение до 1 кВ могут выбираться по табл. I-3-7, как для трехжильных кабелей, но с коэффициентом 0,92.

Таблица I-3-8. Допустимые длительные токи для шнуров переносных шланговых легких и средних, кабелей переносных шланговых тяжелых, кабелей шахтных гибких шланговых, прожекторных и проводов переносных с медными жилами

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток*, А, для шнуров, проводов и кабелей			Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток*, А, для шнуров, проводов и кабелей			
	одно-				одно-			
	одно-	дву-	трех-		одно-	дву-	трех-	
0,5	—	—	—	12	—	10	90	
0,75	—	—	—	16	—	16	120	
1,0	—	—	—	18	—	25	160	
1,5	—	—	—	23	—	35	190	
2,5	40	33	28	—	—	50	235	
4	50	43	36	—	—	70	290	
6	65	55	45	—	—	—	235	
							200	

* Токи относятся к шнурам, проводам и кабелям как с нулевой жилой, так и без нее.

Таблица I-3-9. Допустимые длительные токи для кабелей переносных шланговых с медными жилами с резиновой изоляцией для торфопредприятий

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток*, А, для кабелей напряжением, кВ		
	0,5	3	6
6	44	45	47
10	60	60	65
16	80	80	85
25	100	105	105
35	125	125	130
50	155	155	160
70	190	195	—

* Токи относятся к кабелям как с нулевой жилой, так и без нее.

Таблица I-3-10. Допустимые длительные токи для кабелей шланговых с медными жилами с резиновой изоляцией для передвижных электроприемников

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток*, А, для кабелей напряжением, кВ	
	3	6
16	85	90
25	115	120
35	140	145
50	175	180
70	215	220
95	260	265
120	305	310
150	345	350

* Токи относятся к кабелям как с нулевой жилой, так и без нее.

I-3-11. Допустимые длительные токи для проводов, проложенных в лотках, при однорядной прокладке (не в пучках) следует принимать, как для проводов, проложенных в воздухе.

Допустимые длительные токи для проводов и кабелей, проложенных в коробах, следует принимать по табл. I-3-4—I-3-7, как

Таблица I-3-11. Допустимые длительные токи для проводов с медными жилами с резиновой изоляцией для электрифицированного транспорта 1, 3 и 4 кВ

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток, А	Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток, А	Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток, А
1	20	16	115	120	390
1,5	25	25	150	150	445
2,5	40	35	185	185	505
4	50	50	230	240	590
6	65	70	285	300	670
10	90	95	340	350	745

для одиночных проводов и кабелей, проложенных открыто (в воздухе), с применением снижающих коэффициентов, указанных в табл. I-3-12.

При выборе снижающих коэффициентов контрольные и резервные провода и кабели не учитываются.

Таблица I-3-12. Снижающие коэффициенты для проводов и кабелей, прокладываемых в коробах

Способ прокладки	Количество проложенных проводов и кабелей		Снижающий коэффициент для проводов и кабелей, питающих	
	одно-жильных	много-жильных	отдельные электроприемники с коэффициентом использования до 0,7	группы электро-приемников и отдельные приемники с коэффициентом использования более 0,7
Многослойно и пучками	—	До 4	1,0	—
	2	5—6	0,85	—
	3—9	7—9	0,75	—
	10—11	10—11	0,7	—
	12—14	12—14	0,65	—
	15—18	15—18	0,6	—
Однослоинно	2—4 5	2—4 5	—	0,67 0,6

ДОПУСТИМЫЕ ДЛИТЕЛЬНЫЕ ТОКИ ДЛЯ КАБЕЛЕЙ С БУМАЖНОЙ ПРОПИТАННОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ

I-3-12. Допустимые длительные токи для кабелей напряжением до 35 кВ с изоляцией из пропитанной кабельной бумаги в свинцовой, алюминиевой или поливинилхлоридной оболочке приняты в соответствии с допустимыми температурами нагрева жил кабелей:

Номинальное напряжение, кВ . . .	до 3	6	10	20 и 35
Допустимая температура жилы кабеля, °С	+80	+65	+60	+50

I-3-13. Для кабелей, проложенных в земле, допустимые длительные токи приведены в табл. I-3-13, I-3-16, I-3-19—I-3-22. Они приняты из расчета прокладки в траншее на глубине 0,7—1,0 м не более одного кабеля при температуре земли +15 °С и удельном тепловом сопротивлении земли 120 Ом·град/Вт (Ом·см).

При удельном тепловом сопротивлении земли, отличающемся от 120 Ом·град/Вт, необходимо к токовым нагрузкам, указанным в упомянутых ранее таблицах, применять поправочные коэффициенты, указанные в табл. I-3-23.

I-3-14. Для кабелей, проложенных в воде, допустимые длительные токи приведены в табл. I-3-14, I-3-17, I-3-21, I-3-22. Они приняты из расчета температуры воды +15 °С.

Таблица I-3-13. Допустимые длительные токи для кабелей с медными жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой оболочке, прокладываемых в земле

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	ток, А, для кабелей				
	трехжильных напряжением, кВ			четырехжильных до 1 кВ	
	одно-жильных до 1 кВ	двух-жильных до 1 кВ	до 3	6	10
6	—	80	70	—	—
10	140	105	95	80	—
16	175	140	120	105	95
25	235	185	160	135	120
35	285	225	190	160	150
50	360	270	235	200	180
70	440	325	285	245	215
95	520	380	340	295	265
120	595	435	390	340	310
150	675	500	435	390	355
185	755	—	490	440	400
240	880	—	570	510	460
300	1000	—	—	—	—
400	1220	—	—	—	—
500	1400	—	—	—	—
625	1520	—	—	—	—
800	1700	—	—	—	—

Таблица I-3-14. Допустимые длительные токи для кабелей с медными жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой оболочке, прокладываемых в воде

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	ток, А, для кабелей		
	трехжильных напряжением, кВ		
	до 3	6	10
16	—	135	120
25	210	170	150
35	250	205	180
50	305	255	220
70	375	310	275
95	440	375	340
120	505	430	395
150	565	500	450
185	615	545	510
240	715	625	585

Таблица I-3-15. Допустимые длительные токи для кабелей с медными жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой оболочке, прокладываемых в воздухе

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток, А, для кабелей					
	одно-жильных до 1 кВ		двуих-жильных до 1 кВ		трехжильных напряжением, кВ	
	до 3	6	10	четырехжильных до 1 кВ		
6	—	55	45	—	—	—
10	95	75	60	55	—	60
16	120	95	80	65	60	80
25	160	130	105	90	85	100
35	200	150	125	110	105	120
50	245	185	155	145	135	145
70	305	225	200	175	165	185
95	360	275	245	215	200	215
120	415	320	285	250	240	260
150	470	375	330	290	270	300
185	525	—	375	325	305	340
240	610	—	430	375	350	—
300	720	—	—	—	—	—
400	880	—	—	—	—	—
500	1020	—	—	—	—	—
625	1180	—	—	—	—	—
800	1400	—	—	—	—	—

Таблица I-3-16. Допустимые длительные токи для кабелей с алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочке, прокладываемых в земле

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток, А, для кабелей					
	одно-жильных до 1 кВ		двуих-жильных до 1 кВ		трехжильных напряжением, кВ	
	до 3	6	10	четырехжильных до 1 кВ		
6	—	60	55	—	—	—
10	110	80	75	60	—	65
16	135	110	90	80	75	90
25	180	140	125	105	90	115
35	220	175	145	125	115	135
50	275	210	180	155	140	165
70	340	250	220	190	165	200
95	400	290	260	225	205	240
120	460	335	300	260	240	270
150	520	385	335	300	275	305
185	580	—	380	340	310	345
240	675	—	440	390	355	—
300	770	—	—	—	—	—
400	940	—	—	—	—	—
500	1080	—	—	—	—	—
625	1170	—	—	—	—	—
800	1310	—	—	—	—	—

Таблица I-3-17. Допустимые длительные токи для кабелей с алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой оболочке, прокладываемых в воде

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток, А, для кабелей					
	трехжильных напряжением, кВ			четырехжильных до 1 кВ		
	до 3	6	10	до 3	6	10
16	—	—	—	105	90	—
25	160	130	105	130	115	150
35	235	190	160	190	140	175
50	290	235	195	240	210	220
70	340	290	290	340	260	315
95	390	330	330	390	305	360
120	435	385	385	435	390	—
150	475	420	420	475	450	—
185	550	480	480	550	—	—

Таблица I-3-18. Допустимые длительные токи для кабелей с алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочке, прокладываемых в воздухе

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток, А, для кабелей					
	одно-жильных до 1 кВ		двуих-жильных до 1 кВ		трехжильных напряжением	
	до 3	6	10	до 3	6	10
6	—	42	35	—	—	—
10	75	55	46	42	—	45
16	90	75	60	50	46	60
25	125	100	80	70	65	75
35	155	115	95	85	80	95
50	190	140	120	110	105	110
70	235	175	155	135	130	140
95	275	210	190	165	155	165
120	320	245	220	190	185	200
150	360	290	255	225	210	230
185	405	—	290	250	235	260
240	470	—	330	290	270	—
300	555	—	—	—	—	—
400	675	—	—	—	—	—
500	785	—	—	—	—	—
625	910	—	—	—	—	—
800	1080	—	—	—	—	—

Таблица I-3-19. Допустимые длительные токи для кабелей трехжильных напряжением 6 кВ с медными жилами с обедненно-пропитанной изоляцией в общей свинцовой оболочке, прокладываемых в земле и воздухе

Сечение токо-проводящей жилы, мм^2	Ток, А, для кабелей, проложенных		Сечение токо-проводящей жилы, мм^2	Ток, А, для кабелей, проложенных	
	в земле	в воздухе		в земле	в воздухе
16	90	65	70	220	170
25	120	90	95	265	210
35	145	110	120	310	245
50	180	140	150	355	290

Таблица I-3-20. Допустимые длительные токи для трехжильных кабелей напряжением 6 кВ с алюминиевыми жилами с обедненно-пропитанной изоляцией в общей свинцовой оболочке, прокладываемых в земле и воздухе

Сечение токо-проводящей жилы, мм^2	Ток, А, для кабелей, проложенных		Сечение токо-проводящей жилы, мм^2	Ток, А, для кабелей, проложенных	
	в земле	в воздухе		в земле	в воздухе
16	70	50	70	170	130
25	90	70	95	205	160
35	110	85	120	240	190
50	140	110	150	275	225

Таблица I-3-21. Допустимые длительные токи для кабелей с отдельно освинцованными медными жилами с бумажной пропитанной маслоказанифольной и нестекающей массами изоляцией, прокладываемых в земле, воде, воздухе

Сечение токопроводящей жилы, мм^2	Ток, А, для трехжильных кабелей напряжением, кВ					
	20			35		
	в земле	в воде	в воздухе	в земле	в воде	в воздухе
25	110	120	85	—	—	—
35	135	145	100	—	—	—
50	165	180	120	—	—	—
70	200	225	150	—	—	—
95	240	275	180	—	—	—
120	275	315	205	270	290	205
150	315	350	230	310	—	230
185	355	390	265	—	—	—

Таблица I-3-22. Допустимые длительные токи для кабелей с отдельно освинцованными алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной маслоказанифольной и нестекающей массами изоляцией, прокладываемых в земле, воде, воздухе

Сечение токопроводящей жилы, мм^2	Ток, А, для трехжильных кабелей напряжением, кВ					
	20			35		
	в земле	в воде	в воздухе	в земле	в воде	в воздухе
25	85	90	65	—	—	—
35	105	110	75	—	—	—
50	125	140	90	—	—	—
70	155	175	115	—	—	—
95	185	210	140	—	—	—
120	210	245	160	210	225	160
150	240	270	175	240	—	175
185	275	300	205	—	—	—

I-3-15. Для кабелей, проложенных в воздухе, внутри и вне зданий, при любом количестве кабелей и температуре воздуха $+25^\circ\text{C}$, допустимые длительные токи приведены в табл. I-3-15, I-3-18—I-3-22, I-3-24, I-3-25.

I-3-16. Допустимые длительные токи для одиночных кабелей, прокладываемых в трубах в земле, должны приниматься, как для тех же кабелей, прокладываемых в воздухе, при температуре, равной температуре земли.

I-3-17. При смешанной прокладке кабелей допустимые длительные токи должны приниматься для участка трассы с наихудшими тепловыми условиями, если длина его более 10 м. Рекомендуется применять в указанных случаях кабельные вставки большего сечения.

I-3-18. При прокладке нескольких кабелей в земле (включая прокладку в трубах) допустимые длительные токи должны быть

Таблица I-3-23. Поправочные коэффициенты на допустимые длительные токи для кабелей, проложенных в земле, в зависимости от удельного сопротивления земли

Характеристика земли	Удельное сопротивление, Ом·град/Вт	Поправочный коэффициент
Песок с влажностью более 9%, песчано-глинистая почва с влажностью более 1%	80	1,05
Нормальная почва и песок с влажностью 7—9%, песчано-глинистая почва с влажностью 12—14%	120	1,00
Песок с влажностью 7%, песчано-глинистая почва с влажностью 8—12%	200	0,87
Песок с влажностью до 4%, каменистая почва	300	0,75

Таблица I-3-24. Допустимые длительные токи для одножильных кабелей с медной жилой с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой оболочке, небронированных, прокладываемых в воздухе

Сечение токо-проводящей жилы, мм ²	Ток*, А, для кабелей напряжением, кВ			Сечение токо-проводящей жилы, мм ²	Ток*, А, для кабелей напряжением, кВ		
	до 3	20	35		до 3	20	35
10	85/—	—	—	150	360/—	270/330	265/300
16	120/—	—	—	185	385/—	290/360	285/335
25	145/—	105/110	—	240	435/—	320/395	315/380
35	170/—	125/135	—	300	460/—	350/425	340/420
50	215/—	155/165	—	400	485/—	370/450	—
70	260/—	185/205	—	500	505/—	—	—
95	305/—	220/255	—	625	525/—	—	—
120	330/—	245/290	240/265	800	550/—	—	—

* В числителе указаны токи для кабелей, расположенных в одной плоскости с расстоянием в свету 35—125 мм, в знаменателе — для кабелей, расположенных вплотную треугольником.

Таблица I-3-25. Допустимые длительные токи для одножильных кабелей с алюминиевой жилой с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочке, небронированных, прокладываемых в воздухе

Сечение токо-проводящей жилы, мм ²	Ток*, А, для кабелей напряжением, кВ			Сечение токо-проводящей жилы, мм ²	Ток*, А, для кабелей напряжением, кВ		
	до 3	20	35		до 3	20	35
10	65/—	—	—	150	275/—	210/255	205/230
16	90/—	—	—	185	295/—	225/275	220/255
25	110/—	80/85	—	240	335/—	245/305	245/290
35	130/—	95/105	—	300	355/—	270/330	260/330
50	165/—	120/130	—	400	375/—	285/350	—
70	200/—	140/160	—	500	390/—	—	—
95	235/—	170/195	—	625	405/—	—	—
120	255/—	190/225	185/205	800	425/—	—	—

* В числителе указаны токи для кабелей, расположенных в одной плоскости с расстоянием в свету 35—125 мм, в знаменателе — для кабелей, расположенных вплотную треугольником.

Таблица I-3-26. Поправочные коэффициенты на количество работающих кабелей, лежащих рядом в земле (в трубах или без таковых)

Расстояние между кабелями в свету, мм	Коэффициент при количестве кабелей					
	1	2	3	4	5	6
100	1,00	0,90	0,85	0,80	0,78	0,75
200	1,00	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81
300	1,00	0,93	0,90	0,87	0,86	0,85

уменьшены путем введения коэффициентов, приведенных в табл. I-3-26. При этом не должны учитываться резервные кабели.

Прокладка нескольких кабелей в земле с расстояниями между ними менее 100 мм в свету не рекомендуется.

I-3-19. Для маслонаполненных и газонаполненных кабелей одножильных бронированных, а также других кабелей новых конструкций допустимые длительные токи устанавливаются заводами-изготовителями.

I-3-20. Допустимые длительные токи для кабелей, прокладываемых в блоках, следует определять по эмпирической формуле

$$I = abcI_0,$$

где I_0 — допустимый длительный ток для трехжильного кабеля на напряжением 10 кВ с медными или алюминиевыми жилами, определяемый по табл. I-3-27; a — коэффициент, выбираемый по табл. I-3-28 в зависимости от сечения и расположения кабеля в блоке; b — коэффициент, выбираемый в зависимости от напряжения кабеля:

Номинальное напряжение кабеля, кВ	До 3	6	10
Коэффициент b	1,09	1,05	1,0

c — коэффициент, выбираемый в зависимости от среднесуточной нагрузки всего блока:

Среднесуточная загрузка $S_{ср,сут}/S_{ном}$	1	0,85	0,7
Коэффициент c	1	1,07	1,16

Резервные кабели допускается прокладывать в незанумерованных каналах блока, если они работают, когда рабочие кабели отключены.

I-3-21. Допустимые длительные токи для кабелей, прокладываемых в двух параллельных блоках одинаковой конфигурации, должны уменьшаться путем умножения на коэффициенты, выбираемые в зависимости от расстояния между блоками:

Расстояние между блоками, мм	500	1000	1500	2000	2500	3000
Коэффициент	0,85	0,89	0,91	0,93	0,95	0,96

Таблица I-3-27. Допустимые длительные токи для кабелей 10 кВ с медными или алюминиевыми жилами сечением 95 мм², прокладываемых в блоках

Группа	Конфигурация блоков										№ канала	Ток I_0 , А, для катушек			
												медн.	ник.	алюмин.	ниобий
I	[7]										1	191	147		
II	[2 3] [3 2]	[2 3] [2 2]	[3 3] [2 3]	[3 3] [3 3]							2	173	133		
III	[2 2] [2 2] [2 2] [2 2]	[2 2] [2 2] [2 2]									3	167	129		
IV	[2 2] [3 3] [3 3] [2 2]	[2 2] [3 3] [3 3] [2 2]									1	191	147		
V	[2 2] [3 3] [3 3] [2 3] [2 2]	[2 2] [3 3] [3 3] [2 2]		2	154	119									
VI	[2 3 2] [3 4 3] [2 3 2]										2	147	113		
VII	[2 3 2] [3 4 3] [2 3 2]										3	138	106		
VIII	[2 3 2] [3 4 3] [3 4 3] [2 3 2]	[2 3 3 2] [2 3 3 2]	1	191	147										
IX	[2 3 3 2] [3 4 4 3] [3 4 4 3] [2 3 3 2]	[2 3 2] [3 4 3] [3 4 3] [2 3 2]	[2 3 3 2] [3 4 4 3] [3 4 4 3] [2 3 2]	[2 3 2] [3 4 3] [3 4 3] [2 3 2]	2	135	104								
X	[2 3 2] [3 4 3] [3 4 3] [3 4 3] [2 3 2]										3	124	96		
XI	[2 3 3 2] [3 4 4 3] [3 4 4 3] [3 4 4 3] [2 3 3 2]	[3 3 3 3 3] [3 4 4 4 3] [3 4 4 4 3] [3 4 4 4 3] [2 3 3 3 2]	[2 3 3 3 2] [3 4 4 4 3] [3 4 4 4 3] [3 4 4 4 3] [2 3 3 3 2]	1	135	104									
											2	118	91		
											3	100	77		
											4	81	62		
											1	133	102		
											2	116	90		
											3	81	62		
											4	79	55		

Таблица I-3-28. Поправочные коэффициенты α на сечения кабеля

Сечение токопроводящей жилы, мм^2	Коэффициент для номера канала в блоке			
	1	2	3	4
25	0,44	0,46	0,47	0,51
35	0,54	0,57	0,57	0,60
50	0,67	0,69	0,69	0,71
70	0,81	0,84	0,84	0,85
95	1,00	1,00	1,00	1,00
120	1,14	1,13	1,13	1,12
150	1,33	1,30	1,29	1,26
185	1,50	1,46	1,45	1,38
240	1,78	1,70	1,68	1,55

ДОПУСТИМЫЕ ДЛЯ НЕИЗОЛИРОВАННЫХ ПРОВОДОВ И ШИН

I-3-22. Допустимые длительные токи для неизолированных проводов и окрашенных шин приведены в табл. I-3-29—I-3-35. Они приняты из расчета допустимой температуры их нагрева $+70^{\circ}\text{C}$ при температуре воздуха $+25^{\circ}\text{C}$.

Таблица I-3-29. Допустимые длительные токи для неизолированных проводов по ГОСТ 839-80

Номинальное сечение, мм^2	Сечение (алюминий/сталь), мм^2	Ток, А, для проводов марок					
		AC, AC _K C, ACK, ACKP		M	A и ACKP	M	A и ACKP
		вне помещений	внутри помещений	вне помещений	внутри помещений	вне помещений	внутри помещений
10	10/1,8	84	53	95	—	60	—
16	16/2,7	111	79	133	105	102	75
25	25/4,2	142	109	183	136	137	106
35	35/6,2	175	135	223	170	173	130
50	50/8	210	165	275	215	219	165
70	70/11	265	210	337	265	268	210
95	95/16	330	260	422	320	341	255
120	120/19	390	313	485	375	395	300
	120/27	375	—				
150	150/19	450	365	570	440	465	355
	150/24	450	365				
	150/34	450	—				

Продолжение табл. I-3-29

Номинальное сечение, мм^2	Сечение (алюминий/сталь), мм^2	Ток, А, для проводов марок							
		АС, АСКС, АСК, АСКП		М	А и АКП	М	А и АКП	без разреза с продольным разрезом	
		вне помещений	внутри помещений						
185	185/24	520	430	650	500	540	410	—	—
	185/29	510	425	—	—	—	—	—	—
	185/43	515	—	—	—	—	—	—	—
240	240/32	605	505	760	590	685	490	—	—
	240/39	610	505	—	—	—	—	—	—
	240/56	610	—	—	—	—	—	—	—
300	300/39	710	600	880	680	740	570	—	—
	300/48	690	585	—	—	—	—	—	—
	300/66	680	—	—	—	—	—	—	—
330	330/27	730	—	—	—	—	—	—	—
	400/22	830	713	1050	815	895	690	—	—
	400/51	825	705	—	—	—	—	—	—
400	400/64	860	—	—	—	—	—	—	—
	500/27	960	830	—	—	—	—	—	—
	500/64	945	815	—	—	—	—	—	—
500	600/72	1050	920	—	—	—	—	—	—
	700	700/86	1180	1040	—	—	—	—	—
	700	700/86	1180	1040	—	—	—	—	—

Таблица I-3-30. Допустимые длительные токи для шин круглого и трубчатого сечений для неизолированных бронзовых и сталебронзовых проводов

Провод	Марка провода	Ток*, А	Провод	Марка провода	Ток*, А
Бронзовый	Б-50	215	Сталебронзовый	БС-185	515
	Б-70	265		БС-240	640
	Б-95	330		БС-300	750
	Б-120	380		БС-400	890
	Б-150	430		БС-500	980
	Б-185	500			
	Б-240	600			
	Б-300	700			

* Токи даны для бронзы с удельным сопротивлением $\rho_{20} = 0,03 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$.

Таблица I-3-32. Допустимые длительные токи для шин круглого и трубчатого сечений

$D_{\text{наметк}}, \text{мм}$	Шины круглые	Трубы медные и алюминиевые	Трубки стальные	Переменный ток, А				
					Ток*, А	Циркуляция, мк	Червяк, мк	Наметка, мк
6	155/155	120/120	12/15	295	8	2,8	13,5	75
7	195/195	150/150	14/18	345	10	2,8	17,0	90
8	235/235	180/180	16/20	425	15	3,2	21,3	118
10	320/320	245/245	18/22	500	20	3,2	26,8	145
12	415/415	320/320	20/24	575	25	4,0	33,5	180
14	505/505	390/390	22/26	640	32	4,0	42,3	220
15	565/565	435/435	25/30	765	40	4,0	48,0	255
16	610/615	475/475	29/34	850	50	4,5	60,0	320
18	720/725	560/560	35/40	1100	40/45	935	65	75,5
19	780/785	605/610	40/45	1200	45/50	1040	80	88,5
20	835/840	650/655	45/50	1330	50/55	1150	100	114
21	900/905	695/700	49/55	1580	54/60	1340	125	140
22	955/965	740/745	53/60	1860	64/70	1545	150	165
25	1140/1165	885/900	62/70	2295	74/80	1770	—	—
27	1270/1290	980/1000	72/80	2610	72/80	2035	—	—
28	1325/1360	1025/1050	75/85	3070	75/85	2400	—	—
30	1450/1490	1120/1155	90/95	2460	90/95	1925	—	—
35	1770/1865	1370/1450	95/100	3060	90/100	2840	—	—
38	1650/2100	1510/1620	—	—	—	—	—	—
40	2080/2260	1610/1750	—	—	—	—	—	—
42	2200/2430	1700/1870	—	—	—	—	—	—
45	2380/2670	1850/2060	—	—	—	—	—	—

* В числителе приведены нагрузки при переменном токе, в знаменателе — при постоянном токе.

Таблица I-3-31. Допустимые длительные токи для неизолированных стальных проводов

Марка провода	Ток, А	Марка провода	Ток, А	Марка провода	Ток, А
ПСО-3	23	ПСО-5	35	ПС-50	90
ПСО-3,5	26	ПС-25	60	ПС-70	125
ПСО-4	30	ПС-35	75	ПС-95	135

Таблица I-3-33. Допустимые длительные токи для шин

Размеры		Медные				
Ширина, мм	Толщина, мм	Ток*, А, при количестве				
		1	2	3	4	1
15	3	210	—	—	—	165
20		275	—	—	—	215
25		340	—	—	—	265
30	4	475	—	—	—	365/370
40		625	—/1090	—	—	480
40	5	700/705	—/1250	—	—	540/545
50		860/870	—/1525	—/1895	—	665/670
50	6	955/960	—/1700	—/2145	—	740/745
60		1125/1145	1740/1990	2240/2495	—	870/880
80		1480/1510	2110/2630	2720/3220	—	1150/1170
100		1810/1875	2470/3245	3170/3940	—	1425/1455
60	8	1320/1345	2160/2485	2790/3020	—	1025/1040
80		1690/1755	2620/3095	3370/3850	—	1320/1355
100		2080/2180	3060/3810	3930/4690	—	1625/1690
120		2400/2600	3400/4400	4340/5600	—	1900/2040
60	10	1475/1525	2560/2725	3300/3530	—	1155/1180
80		1900/1990	3100/3510	3990/4450	—	1480/1540
100		2310/2470	3610/4325	4650/5385	5300/6060	1820/1910
120		2650/2950	4100/5000	5200/6250	5900/6800	2070/2300

* В числителе приведены токи при переменном токе, в знаменателе—при

для полых алюминиевых проводов марок ПА500 и ПА600 допустимый длительный ток следует принимать:

Марка провода	ПА500 1340	ПА600 1680
Ток, А		

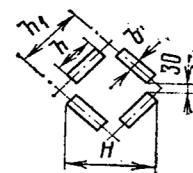
I-3-23. При расположении шин прямоугольного сечения плашмя токи, приведенные в табл. I-3-33, должны быть уменьшены на 5 % для шин с шириной полос до 60 мм и на 8 % для шин с шириной полос более 60 мм.

прямоугольного сечения

Алюминиевые			Стальные			
полос на полюс или фазу			Размер, мм	Ток*, А	Размер, мм	Ток*, А
2	3	4				
—	—	—	16×2,5	55/70	50×4	165/270
—	—	—	20×2,5	60/90	60×4	195/325
—	—	—	25×2,5	75/110	70×4	225/375
—/855	—	—	20×3	65/100	80×4	260/430
—/855	—	—	25×3	80/120	90×4	290/480
—/965	—	—	30×3	95/140	100×4	325/535
—/1180	—/1470	—	40×3	125/190	—	—
—/1315	—/1655	—	50×3	155/230	—	—
1350/1555	1720/1940	—	60×3	185/280	—	—
1630/2055	2100/2460	—	70×3	215/320	—	—
1935/2515	2500/3040	—	75×3	230/345	—	—
1680/1840	2180/2330	—	80×3	245/365	—	—
2040/2400	2620/2975	—	90×3	275/410	—	—
2390/2945	3050/3620	—	100×3	305/460	—	—
2650/3350	3380/4250	—	20×4	70/115	—	—
2010/2110	2650/2720	—	22×4	75/125	—	—
2410/2735	3100/3440	—	25×4	85/140	—	—
2860/3350	3650/4160	4150/4400	30×4	100/165	—	—
3200/3900	4100/4860	4650/5200	40×4	130/220	—	—

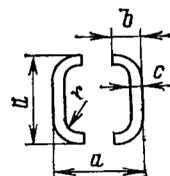
постоянном токе.

Таблица I-3-34. Допустимые длительные токи для четырехполосных шин с расположением полос по сторонам квадрата («полый пакет»)



h	b	h ₁	H	Поперечное сечение четырехполосной шины, мм ²	Ток, А, на пакет шин	
					медных	алюминиевых
80	8	140	157	2560	5750	4550
80	10	144	160	3200	6400	5100
100	8	160	185	3200	7000	5550
100	10	164	188	4000	7700	6200
120	10	184	216	4800	9050	7300

Таблица I-3-35. Допустимые длительные токи для шин коробчатого сечения



a	b	c	r	Поперечное сечение одной шины, мм ² (приближенное значение)	Ток, А, на две шины	
					медные	алюминиевые
75	35	4	6	520	2730	—
75	35	5,5	6	695	3250	2670
100	45	4,5	8	775	3620	2820
100	45	6	8	1010	4300	3500
125	55	6,5	10	1370	5500	4640
150	65	7	10	1785	7000	5650
175	80	8	12	2440	8550	6430
200	90	10	14	3435	9900	7550
200	90	12	16	4040	10 500	8830
225	105	12,5	16	4880	12 500	10 300
250	115	12,5	16	5450	—	10 800

I-3-24. При выборе шин больших сечений необходимо выбирать наиболее экономичные по условиям пропускной способности конструктивные решения, обеспечивающие наименьшие добавочные потери от поверхностного эффекта и эффекта близости и наилучшие условия охлаждения (уменьшение количества полос в пакете, рациональная конструкция пакета, применение профильных шин и т. п.).

ВЫБОР СЕЧЕНИЯ ПРОВОДНИКОВ ПО ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ПЛОТНОСТИ ТОКА

I-3-25. Сечения проводников должны быть проверены по экономической плотности тока. Экономически целесообразное сечение определяется из соотношения

$$S = \frac{I}{J_{\text{эк}}},$$

где I — расчетный ток в час максимума энергосистемы, А; $J_{\text{эк}}$ — нормированное значение экономической плотности тока для заданных условий работы, выбираемое по табл. I-3-36.

Таблица I-3-36. Экономическая плотность тока

Проводники	Экономическая плотность тока, А/мм ² , при числе часов использования максимума нагрузки, ч/год		
	более 1000 до 3000	более 3000 до 5000	более 5000
Неизолированные провода и шины: медные алюминиевые	2,5 1,3	2,1 1,1	1,8 1,0
Кабели с бумажной и провода с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с жилами: медными алюминиевыми	3,0 1,6	2,5 1,4	2,0 1,2
Кабели с резиновой и пластмассовой изоляцией с жилами: медными алюминиевыми	3,5 1,9	3,1 1,7	2,7 1,6

Сечение, полученное в результате указанного расчета, округляется до ближайшего стандартного сечения. Расчетный ток принимается для нормального режима работы, т. е. увеличение тока в последовательных и ремонтных режимах сети не учитывается.

I-3-26. Выбор сечений проводов линий электропередачи постоянного и переменного тока напряжением 330 кВ и выше, а также линий межсистемных связей и мощных жестких и гибких токопроводов, работающих с большим числом часов использования максимума, производится на основе технико-экономических расчетов.

I-3-27. Увеличение количества линий или цепей сверх необходимого по условиям надежности электроснабжения в целях удовлетворения экономической плотности тока производится на основе технико-экономического расчета. При этом во избежание увеличения количества линий или цепей допускается двукратное превышение нормированных значений, приведенных в табл. I-3-36.

В технико-экономических расчетах следует учитывать все вложения в дополнительную линию, включая оборудование и камеры распределительных устройств на обоих концах линий. Следует также проверять целесообразность повышения напряжения линии.

Данными указаниями следует руководствоваться также при замене существующих проводов проводами большего сечения или при прокладке дополнительных линий для обеспечения экономической плотности тока при росте нагрузки. В этих случаях должна учитываться также полная стоимость всех работ по демонтажу и монтажу оборудования линии, включая стоимость аппаратов и материалов.

I-3-28. Проверке по экономической плотности тока не подлежат: сети промышленных предприятий и сооружений напряжением до 1000 В при числе часов использования максимума нагрузки предприятий до 4000—5000;

ответвления к отдельным электроприемникам напряжением до 1000 В, а также осветительные сети промышленных предприятий, жилых и общественных зданий;

сборные шины электроустановок и ошиновка в пределах открытых и закрытых распределительных устройств всех напряжений;

проводники, идущие к резисторам, пусковым реостатам и т. п.; сети временных сооружений, а также устройства со сроком службы 3—5 лет.

I-3-29. При пользовании табл. I-3-36 необходимо руководствоваться следующим (см. также I-3-27):

1. При максимуме нагрузки в ночное время экономическая плотность тока увеличивается на 40 %.

2. Для изолированных проводников сечением 16 мм² и менее экономическая плотность тока увеличивается на 40 %.

3. Для линий одинакового сечения с n ответвляющимися нагрузками экономическая плотность тока в начале линии может быть увеличена в k_y раз, причем k_y определяется из выражения

$$k_y = \sqrt{\frac{I_1^2 L}{I_1^2 l_1 + I_2^2 l_2 + \dots + I_n^2 l_n}},$$

где I_1, I_2, \dots, I_n — нагрузки отдельных участков линии; l_1, l_2, \dots, l_n — длины отдельных участков линии; L — полная длина линии.

4. При выборе сечений проводников для питания n однотипных, взаиморезервируемых электроприемников (например, насосов водоснабжения, преобразовательных агрегатов и т. д.), из которых m одновременно находятся в работе, экономическая плотность тока может быть увеличена против значений, приведенных в табл. I-3-36, в k_n раз, где k_n равно:

$$k_n = \sqrt{\frac{n}{m}}.$$

I-3-30. Сечение проводов ВЛ напряжением 35 кВ в сельской местности, питающих понижающие подстанции напряжением 35/6—10 кВ с трансформаторами с регулированием напряжения под нагрузкой, должно выбираться по экономической плотности тока. Расчетную нагрузку при выборе сечений проводов рекомендуется принимать на перспективу в 5 лет, считая от года ввода ВЛ в эксплуатацию. Для ВЛ напряжением 35 кВ, предназначенных для резервирования в сетях 35 кВ в сельской местности, должны применяться минимальные по длительно допустимому току сечения проводов, исходя из обеспечения питания потребителей электроэнергии в по-слеаварийных и ремонтных режимах.

I-3-31. Выбор экономических сечений проводов воздушных и жил кабельных линий, имеющих промежуточные отборы мощности, следует производить для каждого из участков, исходя из соответствующих расчетных токов участков. При этом для соседних участков допускается принимать одинаковое сечение провода, соответствующее экономическому для наиболее протяженного участка, если разница между значениями экономического сечения для этих участков находится в пределах одной ступени по шкале стандартных сечений. Сечения проводов на ответвлениях длиной до 1 км принимаются такими же, как на ВЛ, от которой производится ответвление. При большей длине ответвления экономическое сечение определяется по расчетной нагрузке этого ответвления.

I-3-32. Для линий электропередачи напряжением 6—10—20 кВ приведенные в табл. I-3-36 значения плотности тока допускается применять лишь тогда, когда они не вызывают отклонения напряжения у приемников электроэнергии сверх допустимых пределов с учетом применяемых средств регулирования напряжения и компенсации реактивной мощности.

ПРОВЕРКА ПРОВОДНИКОВ ПО УСЛОВИЯМ КОРОНЫ И РАДИОПОМЕХ

I-3-33. При напряжении 35 кВ и выше проводники должны быть проведены по условиям образования короны с учетом среднегодовых значений плотности и температуры воздуха на высоте расположения данной электроустановки над уровнем моря, приведенного радиуса проводника, а также коэффициента негладкости проводников.

При этом наибольшая напряженность поля у поверхности любого из проводников, определенная при среднем эксплуатационном напряжении, должна быть не более 0,9 начальной напряженности электрического поля, соответствующей появлению общей короны.

Проверку следует проводить в соответствии с действующими руководящими указаниями.

Кроме того, для проводников необходима проверка по условиям допустимого уровня излучаемых радиопомех от короны.

ГЛАВА I-4

ВЫБОР ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ И ПРОВОДНИКОВ ПО УСЛОВИЯМ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

I-4-1. Настоящая глава* Правил распространяется на выбор и применение по условиям КЗ электрических аппаратов и проводников в электроустановках переменного тока частотой 50 Гц, напряжением до и выше 1000 В.

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

I-4-2. По режиму КЗ должны проверяться (исключения см. в I-4-3):

1. В электроустановках напряжением выше 1000 В:

- а) электрические аппараты, токопроводы, кабели и другие проводники, а также опорные и несущие конструкции для них;
- б) воздушные линии электропередачи при ударном токе КЗ 50 кА и более для предупреждения схлестывания проводов при динамическом действии токов КЗ.

Кроме того, для линий с расщепленными проводами должны быть проверены расстояния между распорками расщепленных проводов для предупреждения повреждения распорок и проводов при схлестывании.

Провода воздушных линий электропередачи, оборудованных устройствами быстродействующего автоматического повторного включения, следует проверять и на термическую стойкость.

2. В электроустановках напряжением до 1000 В — только распределительные щиты, токопроводы и силовые шкафы. Трансформаторы тока по режиму КЗ не проверяются.

Аппараты, предназначенные для отключения токов КЗ или могущие по условиям своей работы включать короткозамкнутую цепь, должны, кроме того, обладать способностью производить эти операции при всех возможных токах КЗ.

Устойчивыми при токах КЗ являются те аппараты и проводники, которые при расчетных условиях выдерживают воздействия этих токов, не подвергаясь электрическим, механическим и иным разрушениям или деформациям, препятствующим их дальнейшей нормальной эксплуатации.

I-4-3. По режиму КЗ при напряжении выше 1000 В не проверяются:

1. Аппараты и проводники, защищенные плавкими предохранителями с вставками на номинальный ток до 60 А, — по электродинамической стойкости.

* Согласована с Госстроем СССР 5 октября 1973 г. Утверждена Главным техническим управлением по эксплуатации энергосистем Министерства энергетики и электрификации СССР 26 февраля 1974 г.

2. Аппараты и проводники, защищенные плавкими предохранителями независимо от их номинального тока и типа, — по термической стойкости.

Цепь считается защищенной плавким предохранителем, если его отключающая способность выбрана в соответствии с требованиями настоящих Правил и он способен отключить наименьший возможный аварийный ток в данной цепи.

3. Проводники в цепях к индивидуальным электроприемникам, в том числе к цеховым трансформаторам общей мощностью до 2500 кВ·А и с высшим напряжением до 20 кВ, если соблюдены одновременно следующие условия:

а) в электрической или технологической части предусмотрена необходимая степень резервирования, выполненного так, что отключение указанных электроприемников не вызывает расстройства технологического процесса;

б) повреждение проводника при КЗ не может вызвать взрыва или пожара;

в) возможна замена проводника без значительных затруднений.

4. Проводники к индивидуальным электроприемникам, указанным в п. 3, а также к отдельным небольшим распределительным пунктам, если такие электроприемники и распределительные пункты являются неответственными по своему назначению и если для них выполнено хотя бы только условие, приведенное в п. 3, б.

5. Трансформаторы тока в цепях до 220 кВ, питающих трансформаторы или реактивированные линии, в случаях, когда выбор трансформаторов тока по условиям КЗ требует такого завышения коэффициентов трансформации, при котором не может быть обеспечен необходимый класс точности присоединенных измерительных приборов (например, расчетных счетчиков); при этом на стороне высшего напряжения в цепях силовых трансформаторов рекомендуется избегать применения трансформаторов тока, не стойких к току КЗ, а приборы учета рекомендуется присоединять к трансформаторам тока на стороне низшего напряжения.

6. Провода воздушных линий электропередачи (см. также I-4-2, п. 1, б).

7. Аппараты и шины цепей трансформаторов напряжения при расположении их в отдельной камере или за добавочным резистором, встроенным в предохранитель или установленным отдельно.

I-4-4. При выборе расчетной схемы для определения токов КЗ следует исходить из предусматриваемых для данной электроустановки условий длительной ее работы и не считаться с кратковременными видоизменениями схемы этой электроустановки, которые не предусмотрены для длительной эксплуатации (например, при переключениях). Ремонтные и послеаварийные режимы работы электроустановки к кратковременным изменениям схемы не относятся.

Расчетная схема должна учитывать перспективу развития внешних сетей и генерирующих источников, с которыми электрически связывается рассматриваемая установка, не менее чем на 5 лет от запланированного срока ввода ее в эксплуатацию.

При этом допустимо вести расчет токов КЗ приближенно для начального момента КЗ.

I-4-5. В качестве расчетного вида КЗ следует принимать:

1. Для определения электродинамической стойкости аппаратов и жестких шин с относящимися к ним поддерживающими и опорными конструкциями — трехфазное КЗ.

2. Для определения термической стойкости аппаратов и проводников — трехфазное КЗ; на генераторном напряжении электростанций — трехфазное или двухфазное в зависимости от того, какое из них приводит к большему нагреву.

3. Для выбора аппаратов по коммутационной способности — по большему из значений, получаемых для случаев трехфазного и однофазного КЗ на землю (в сетях с большими токами замыкания на землю); если выключатель характеризуется двумя значениями коммутационной способности — трехфазной и однофазной — соответственно по обеим значениям.

I-4-6. Расчетный ток КЗ следует определять, исходя из условия повреждения в такой точке рассматриваемой цепи, при КЗ в которой аппараты и проводники этой цепи находятся в наиболее тяжелых условиях (исключения см. в I-4-7 и I-4-17, п. 3).

Со случаями одновременного замыкания на землю различных фаз в двух разных точках схемы допустимо не считаться.

I-4-7. На реактированных линиях в закрытых распределительных устройствах проводники и аппараты, расположенные до реактора и отделенные от питающих сборных шин (на ответвлениях от линий — от элементов основной цепи) разделяющими полками, перекрытиями и т. п., выбираются по току КЗ за реактором, если последний расположен в том же здании и соединение выполнено шинами.

Шинные ответвления от сборных шин до разделяющих полок и проходных изоляторы в последних должны быть выбраны исходя из КЗ до реактора.

I-4-8. При расчете термической стойкости в качестве расчетного времени следует принимать сумму времен, получаемую от сложения времени действия основной защиты (с учетом действия АПВ), установленной у ближайшего к месту КЗ выключателя, и полного времени отключения этого выключателя (включая время горения дуги).

При наличии зоны нечувствительности у основной защиты (по току, напряжению, сопротивлению и т. д.) термическую стойкость необходимо дополнительно проверять, исходя из времени действия защиты, реагирующей на повреждение в этой зоне, плюс полное время отключения выключателя. При этом в качестве расчетного тока КЗ следует принимать то значение его, которое соответствует этому месту повреждения.

Аппаратура и токопроводы, применяемые в цепях генераторов мощностью 60 МВт и более, а также в цепях блоков генератор—трансформатор такой же мощности, должны проверяться по термической стойкости, исходя из времени прохождения тока КЗ 4 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ ДЛЯ ВЫБОРА АППАРАТОВ И ПРОВОДНИКОВ

I-4-9. В электроустановках до и выше 1000 В при определении токов КЗ для выбора аппаратов и проводников и определения воздействия на несущие конструкции следует исходить из следующего:

1. Все источники, участвующие в питании рассматриваемой точки КЗ, работают одновременно с номинальной нагрузкой.

2. Все синхронные машины имеют автоматические регуляторы напряжения и устройства форсировки возбуждения.

3. Короткое замыкание наступает в такой момент времени, при котором ток КЗ будет иметь наибольшее значение.

4. Электродвижущие силы всех источников питания совпадают по фазе.

5. Расчетное напряжение каждой ступени принимается на 5% выше номинального напряжения сети.

6. Должно учитываться влияние на токи КЗ присоединенных к данной сети синхронных компенсаторов, синхронных и асинхронных электродвигателей. Влияние асинхронных электродвигателей на токи КЗ не учитывается при мощности электродвигателей до 100 кВт в единице, если электродвигатели отделены от места КЗ одной ступенью трансформации, а также при любой мощности, если они отделены от места КЗ двумя или более ступенями трансформации либо если ток от них может поступать к месту КЗ только через те элементы, через которые проходит основной ток КЗ от сети и которые имеют существенное сопротивление (линии, трансформаторы и т. п.).

I-4-10. В электроустановках выше 1000 В в качестве расчетных сопротивлений следует принимать индуктивные сопротивления электрических машин, силовых трансформаторов и автотрансформаторов, реакторов, воздушных и кабельных линий, а также токопроводов. Активное сопротивление следует учитывать только для воздушных линий с проводами малых сечений и стальными проводами, а также для протяженных кабельных сетей малых сечений с большим активным сопротивлением.

I-4-11. В электроустановках до 1000 В в качестве расчетных сопротивлений следует принимать индуктивные и активные сопротивления всех элементов цепи, включая активные сопротивления переходных контактов цепи. Допустимо пренебречь сопротивлениями одного вида (активными или индуктивными), если при этом полное сопротивление цепи уменьшается не более чем на 10 %.

I-4-12. В случае питания электрических сетей до 1000 В от понижающих трансформаторов при расчете токов КЗ следует исходить из условия, что подведенное к трансформатору напряжение неизменно и равно его номинальному напряжению.

I-4-13. Элементы цепи, защищенной плавким предохранителем с токоограничивающим действием, следует проверять на электродинамическую стойкость по наибольшему мгновенному значению тока КЗ, пропускаемого предохранителем.

ВЫБОР ПРОВОДНИКОВ И ИЗОЛЯТОРОВ, ПРОВЕРКА НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ПО УСЛОВИЯМ ДИНАМИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

I-4-14. Усилия, действующие на жесткие шины и передающиеся ими на изоляторы и поддерживающие жесткие конструкции, следует рассчитывать по наибольшему мгновенному значению тока трехфазного КЗ i_y с учетом сдвига между токами в фазах и без учета механических колебаний шинной конструкции. В отдельных случаях (например, при предельных расчетных механических напряжениях) могут быть учтены механические колебания шин и шинных конструкций.

Импульсы силы, действующие на гибкие проводники и поддерживающие их изоляторы, выводы и конструкции, рассчитываются по среднеквадратическому (за время прохождения) току двухфазного замыкания между соседними фазами. При расщепленных проводни-

ках и гибких токопроводах взаимодействие токов КЗ в проводниках одной и той же фазы определяется по действующему значению тока трехфазного КЗ.

Гибкие токопроводы должны проверяться на схлестывание.

I-4-15. Найденные расчетом в соответствии с I-4-14 механические усилия, передающиеся при КЗ жесткими шинами на опорные и проходные изоляторы, должны составить в случае применения одиночных изоляторов не более 60 % соответствующих гарантийных значений наименьшего разрушающего усилия; при спаренных опорных изоляторах — не более 100 % разрушающего усилия одного изолятора.

При применении шин составных профилей (многополосные, из двух швеллеров и т. д.) механические напряжения находятся как арифметическая сумма напряжений от взаимодействия фаз и взаимодействия элементов каждой шины между собой.

Наибольшие механические напряжения в материале жестких шин не должны превосходить 0,7 временного сопротивления разрыву по ГОСТ.

ВЫБОР ПРОВОДНИКОВ ПО УСЛОВИЯМ НАГРЕВА ПРИ КОРОТКОМ ЗАМЫКАНИИ

I-4-16. Температура нагрева проводников при КЗ должна быть не выше следующих предельно допустимых значений, °С:

Шины:	
медные	300
алюминиевые	200
стальные, не имеющие непосредственного соединения с аппаратами	400
стальные с непосредственным присоединением к аппаратам	300

Кабели с бумажной пропитанной изоляцией на напряжение, кВ:	
до 10	200
20—220	125

Кабели и изолированные провода с медными и алюминиевыми жилами и изоляцией:	
поливинилхлоридной и резиновой	150
полиэтиленовой	120

Медные неизолированные провода при тяжениях, Н/мм ² :	
менее 20	250
20 и более	200

Алюминиевые неизолированные провода при тяжениях, Н/мм ² :	
менее 10	200
10 и более	160

Алюминиевая часть сталеалюминиевых проводов	200
---	-----

I-4-17. Проверка кабелей на нагрев токами КЗ в тех случаях, когда это требуется в соответствии с I-4-2 и I-4-3, должна производиться для:

1) одиночных кабелей одной строительной длины, исходя из КЗ в начале кабеля;

2) одиночных кабелей со ступенчатыми сечениями по длине, исходя из КЗ в начале каждого участка нового сечения;

3) пучка из двух и более параллельно включенных кабелей, исходя из КЗ непосредственно за пучком (по сквозному току КЗ).

I-4-18. При проверке на термическую стойкость аппаратов и проводников линий, оборудованных устройствами быстродействующего АПВ, должно учитываться повышение нагрева из-за увеличения суммарной продолжительности обтекания таких линий током КЗ.

Расщепленные провода воздушных линий электропередачи при проверке на нагрев в условиях КЗ рассматриваются как один провод суммарного сечения.

ВЫБОР АППАРАТОВ ПО КОММУТАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ

I-4-19. Выключатели напряжением выше 1000 В следует выбирать:

1) по отключающей способности с учетом параметров восстанавливющего напряжения;

2) по включающей способности. При этом выключатели генераторов, установленные на стороне генераторного напряжения, проводятся только на несинхронное включение в условиях противофазы.

I-4-20. Предохранители следует выбирать по отключающей способности. При этом в качестве расчетного тока следует принимать действующее значение периодической составляющей начального тока КЗ без учета токоограничивающей способности предохранителей.

I-4-21. Выключатели нагрузки и короткозамыкатели следует выбирать по предельно допустимому току, возникающему при включении на КЗ.

I-4-22. Отделители и разъединители не требуется проверять по коммутационной способности при КЗ.

При использовании отделителей и разъединителей для отключения — включения ненагруженных линий, ненагруженных трансформаторов или уравнительных токов параллельных цепей отделители и разъединители следует проверять по режиму такого отключения — включения.

ГЛАВА I-5 УЧЕТ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ

I-5-1. Настоящая глава* Правил содержит требования к учету электроэнергии в электроустановках. Дополнительные требования к учету электроэнергии в жилых и общественных зданиях приведены в гл. VII-1.

I-5-2. Расчетным учетом электроэнергии называется

* Утверждена Главным техническим управлением по эксплуатации энергосистем и Государственной инспекцией по энергонадзору Министерства энергетики и электрификации СССР 20 октября 1977 г.

учет выработанной, а также отпущененной потребителям электроэнергии для денежного расчета за нее.

Счетчики, устанавливаемые для расчетного учета, называются **расчетными счетчиками**.

I-5-3. Техническим (контрольным) учетом электроэнергии называется учет для контроля расхода электроэнергии внутри электростанций, подстанций, предприятий, в зданиях, квартирах и т. п.

Счетчики, устанавливаемые для технического учета, называются **счетчиками технического учета**.

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

I-5-4. Учет активной электроэнергии должен обеспечивать определение количества энергии:

- 1) выработанной генераторами электростанций;
- 2) потребленной на собственные и хозяйственные (раздельно) нужды электростанций и подстанций;
- 3) отпущенной потребителям по линиям, отходящим от шин электростанции непосредственно к потребителям;
- 4) переданной в другие энергосистемы или полученной от них;
- 5) отпущенной потребителям из электрической сети.

Кроме того, учет активной электроэнергии должен обеспечивать возможность:

определения поступления электроэнергии в электрические сети разных классов напряжений энергосистемы;
составления балансов электроэнергии для хорасчетных подразделений энергосистемы;
контроля за соблюдением потребителями заданных им режимов потребления и баланса электроэнергии.

I-5-5. Учет реактивной электроэнергии должен обеспечивать возможность определения количества реактивной электроэнергии, полученной потребителем от электроснабжающей организации или переданной ей, только в том случае, если по этим данным производятся расчеты или контроль соблюдения заданного режима работы компенсирующих устройств.

ПУНКТЫ УСТАНОВКИ СРЕДСТВ УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

I-5-6. Счетчики для расчета электроснабжающей организации с потребителями электроэнергии рекомендуется устанавливать на границе раздела сети (по балансовой принадлежности) электроснабжающей организации и потребителя.

I-5-7. Расчетные счетчики активной электроэнергии на электростанции должны устанавливаться:

- 1) для каждого генератора с таким расчетом, чтобы учитывалась вся выработанная генератором электроэнергия;
- 2) для всех присоединений шин генераторного напряжения, по которым возможна реверсивная работа, — по два счетчика со стопорами;
- 3) для межсистемных линий электропередачи — два счетчика со стопорами, учитывающих отпущенную и полученную электроэнергию;

4) для линий всех классов напряжений, отходящих от шин электростанций и принадлежащих потребителям (см. также **I-5-10**).

Для линий напряжением до 10 кВ, отходящих от шин электростанций, во всех случаях должны быть выполнены цепи учета, сборки зажимов (см. **I-5-23**), а также предусмотрены места для установки счетчиков;

5) для всех трансформаторов и линий, питающих шины основного напряжения (выше 1000 В) собственных нужд (СН).

Счетчики устанавливаются на стороне высшего напряжения; если трансформаторы СН электростанции питаются от шин напряжением 35 кВ и выше или ответвлением от блоков на напряжении выше 10 кВ, допускается установка счетчиков на стороне низшего напряжения трансформаторов;

6) для линий хозяйственных нужд (например, питание механизмов и установок ремонтно-производственных баз) и посторонних потребителей, присоединенных к распределительному устройству СН электростанций;

7) для каждого обходного выключателя или для шиносоединительного (междусекционного) выключателя, используемого в качестве обходного для присоединений, имеющих расчетный учет, — два счетчика со стопорами.

На электростанциях, оборудуемых системами централизованного сбора и обработки информации, указанные системы следует использовать для централизованного расчетного и технического учета электроэнергии. На остальных электростанциях рекомендуется применение автоматизированной системы учета электроэнергии.

I-5-8. На электростанциях мощностью до 1000 кВт расчетные счетчики активной электроэнергии должны устанавливаться только для генераторов и трансформаторов СН или только для трансформаторов СН и отходящих линий.

I-5-9. Расчетные счетчики активной электроэнергии на подстанции энергосистемы должны устанавливаться:

- 1) для каждой отходящей линии электропередачи, принадлежащей потребителем (см. также **I-5-10**);
- 2) для межсистемных линий электропередачи — по два счетчика со стопорами, учитывающих отпущенную и полученную электроэнергию.

При наличии ответвлений от этих линий в другие энергосистемы — по два счетчика со стопорами, учитывающих полученную и отпущенную электроэнергию, на вводах в подстанции этих энергосистем;

3) на трансформаторах СН;

4) для линий хозяйственных нужд или посторонних потребителей (поселок и т. п.), присоединенных к шинам СН;

5) для каждого обходного выключателя или для шиносоединительного (междусекционного) выключателя, используемого в качестве обходного для присоединений, имеющих расчетный учет, — два счетчика со стопорами.

Для линий напряжением до 10 кВ во всех случаях должны быть выполнены цепи учета, сборки зажимов (см. **I-5-23**), а также предусмотрены места для установки счетчиков.

I-5-10. Расчетные счетчики, предусматриваемые в соответствии с **I-5-7**, п. 4 и **I-5-9**, п. 1, допускается устанавливать не на питающем, а на приемном конце линии у потребителя в случаях, когда трансформаторы тока на электростанциях и подстанциях, выбранных

ные по току КЗ или по характеристикам дифференциальной защиты шин, не обеспечивают требуемой точности учета электроэнергии.

I-5-11. Расчетные счетчики активной электроэнергии на подстанции, принадлежащей потребителю, должны устанавливаться:

1) на вводе (приемном конце) линии электропередачи в подстанцию потребителя в соответствии с I-5-10 при отсутствии электрической связи с другой подстанцией энергосистемы или другого потребителя на питающем напряжении;

2) на стороне высшего напряжения трансформаторов подстанции потребителя при наличии электрической связи с другой подстанцией энергосистемы или наличии другого потребителя на питающем напряжении.

Допускается установка счетчиков на стороне низшего напряжения трансформаторов в случаях, когда трансформаторы тока, выбранные по току КЗ или по характеристикам дифференциальной защиты шин, не обеспечивают требуемой точности учета электроэнергии, а также когда у имеющихся встроенных трансформаторов тока отсутствует обмотка класса точности 0,5.

В случаях, когда установка дополнительных комплектов трансформаторов тока со стороны низшего напряжения силовых трансформаторов для включения расчетных счетчиков невозможна (КРУ, КРУН), допускается организация учета на отходящих линиях 6—10 кВ.

Для предприятия, рассчитывающегося с электроснабжающей организацией по максимуму заявленной мощности, следует предусматривать установку счетчика с указателем максимума нагрузки при наличии одного пункта учета, при наличии двух или более пунктов учета — применение автоматизированной системы учета электроэнергии;

3) на стороне среднего и низшего напряжений силовых трансформаторов, если на стороне высшего напряжения применение измерительных трансформаторов не требуется для других целей;

4) на трансформаторах СН, если электроэнергия, отпущеная на собственные нужды, не учитывается другими счетчиками; при этом счетчики рекомендуется устанавливать со стороны низшего напряжения;

5) на границе раздела основного потребителя и постороннего потребителя (субабонента), если от линии или трансформаторов потребителей питается еще посторонний потребитель, находящийся на самостоятельном балансе.

Для потребителей каждой тарификационной группы следует устанавливать отдельные расчетные счетчики.

I-5-12. Счетчики реактивной электроэнергии должны устанавливаться:

1) на тех же элементах схемы, на которых установлены счетчики активной электроэнергии для потребителей, рассчитывающиеся за электроэнергию с учетом разрешенной к использованию реактивной мощности;

2) на присоединениях источников реактивной мощности потребителей, если по ним производится расчет за электроэнергию, выданную в сеть энергосистемы, или осуществляется контроль заданного режима работы.

Если со стороны предприятия с согласия энергосистемы производится выдача реактивной электроэнергии в сеть энергосистемы, необходимо устанавливать два счетчика реактивной электроэнергии со стопорами в тех элементах схемы, где установлен расчетный счет-

чик активной электроэнергии. Во всех других случаях должен устанавливаться один счетчик реактивной электроэнергии со стопором.

Для предприятия, рассчитывающегося с энергоснабжающей организацией по максимуму разрешенной реактивной мощности, следует предусматривать установку счетчика с указателем максимума нагрузки, при наличии двух или более пунктов учета — применение автоматизированной системы учета электроэнергии.

ТРЕБОВАНИЯ К РАСЧЕТНЫМ СЧЕТЧИКАМ

I-5-13. Каждый установленный расчетный счетчик должен иметь на винтах, крепящих кожух счетчика, пломбы с клеймом госпроверителя, а на зажимной крышке — пломбу энергоснабжающей организации.

На вновь устанавливаемых трехфазных счетчиках должны быть пломбы государственной поверки с давностью не более 12 мес, а на однофазных счетчиках — с давностью не более 2 лет.

I-5-14. Учет активной и реактивной электроэнергии трехфазного тока должен производиться с помощью трехфазных счетчиков.

I-5-15. Допустимые классы точности расчетных счетчиков активной электроэнергии для различных объектов учета приведены ниже:

Генераторы мощностью более 50 МВт, межсистемные линии электропередачи 220 кВ и выше, трансформаторы мощностью 63 МВ·А и более	0,5 (0,7)*
Генераторы мощностью 12—50 МВт, межсистемные линии электропередачи 110—150 кВ, трансформаторы мощностью 10—40 МВ·А	1,0
Прочие объекты учета	2,0

* Значение, указанное в скобках, относится к импортируемым счетчикам.

Класс точности счетчиков реактивной электроэнергии должен выбираться на одну ступень ниже соответствующего класса точности счетчиков активной электроэнергии.

УЧЕТ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

I-5-16. Класс точности трансформаторов тока и напряжения для присоединения расчетных счетчиков электроэнергии должен быть не более 0,5. Допускается использование трансформаторов напряжения класса точности 1,0 для включения расчетных счетчиков класса точности 2,0.

Для присоединения счетчиков технического учета допускается использование трансформаторов тока класса точности 1,0, а также встроенных трансформаторов тока класса точности ниже 1,0, если для получения класса точности 1,0 требуется установка дополнительных комплектов трансформаторов тока.

Трансформаторы напряжения, используемые для присоединения счетчиков технического учета, могут иметь класс точности ниже 1,0.

I-5-17. Допускается применение трансформаторов тока с завышенным коэффициентом трансформации (по условиям электродина-

мической и термической стойкости или защиты шин), если при максимальной нагрузке присоединения ток во вторичной обмотке трансформатора тока будет составлять не менее 40 % номинального тока счетчика, а при минимальной рабочей нагрузке — не менее 5 %.

I-5-18. Присоединение токовых обмоток счетчиков к вторичным обмоткам трансформаторов тока следует проводить, как правило, отдельно от цепей защиты и совместно с электроизмерительными приборами.

Допускается производить совместное присоединение токовых цепей, если раздельное их присоединение требует установки дополнительных трансформаторов тока, а совместное присоединение не приводит к снижению класса точности и надежности цепей трансформаторов тока, служащих для учета, и обеспечивает необходимые характеристики устройств релейной защиты.

Использование промежуточных трансформаторов тока для включения расчетных счетчиков запрещается (исключение см. в I-5-21).

I-5-19. Нагрузка вторичных обмоток измерительных трансформаторов, к которым присоединяются счетчики, не должна превышать номинальных значений.

Сечение и длина проводов и кабелей в цепях напряжения расчетных счетчиков должны выбираться такими, чтобы потери напряжения в этих цепях составляли не более 0,25 % номинального напряжения при питании от трансформаторов напряжения класса точности 0,5 и не более 0,5 % при питании от трансформаторов напряжения класса точности 1,0. Для обеспечения этого требования допускается применение отдельных кабелей от трансформаторов напряжения до счетчиков.

Потери напряжения от трансформаторов напряжения до счетчиков технического учета должны составлять не более 1,5 % номинального напряжения.

I-5-20. Для присоединения расчетных счетчиков на линиях электропередачи 110 кВ и выше допускается установка дополнительных трансформаторов тока (при отсутствии вторичных обмоток для присоединения счетчиков, для обеспечения работы счетчика в требуемом классе точности, по условиям нагрузки на вторичные обмотки и т. п.). См. также I-5-18.

I-5-21. Для обходных выключателей 110 и 220 кВ со встроенным трансформаторами тока допускается снижение класса точности этих трансформаторов тока на одну ступень по отношению к указанному в I-5-16.

Для обходного выключателя 110 кВ и шиносоединительного (междусекционного) выключателя 110 кВ, используемого в качестве обходного, с отдельно стоящими трансформаторами тока (имеющими не более трех вторичных обмоток) допускается включение токовых цепей счетчика совместно с цепями защиты при использовании промежуточных трансформаторов тока класса точности не более 0,5; при этом допускается снижение класса точности трансформаторов тока на одну ступень.

Такое же включение счетчиков и снижение класса точности трансформаторов тока допускается для шиносоединительного (междусекционного) выключателя на напряжение 220 кВ, используемого в качестве обходного, с отдельно стоящими трансформаторами тока и на напряжение 110—220 кВ со встроенными трансформаторами тока.

I-5-22. Для питания цепей счетчиков могут применяться как од-

нофазные, так и трехфазные трансформаторы напряжения, в том числе четырех- и пятистержневые, применяемые для контроля изоляции.

I-5-23. Цепи учета следует выводить на самостоятельные сборки зажимов или секции в общем ряду зажимов.

При отсутствии сборок с зажимами необходимо устанавливать испытательные блоки.

Зажимы должны обеспечивать закорачивание вторичных цепей трансформаторов тока, отключение токовых цепей счетчика и цепей напряжения в каждой фазе счетчиков при их замене или проверке, а также включение образцового счетчика без отсоединения проводов и кабелей.

Конструкция сборок и коробок зажимов расчетных счетчиков должна обеспечивать возможность их пломбирования.

I-5-24. Трансформаторы напряжения, используемые только для учета и защищенные на стороне высшего напряжения предохранителями, должны иметь контроль целостности предохранителей.

I-5-25. При нескольких системах шин и присоединении каждого трансформатора напряжения только к своей системе шин должно быть предусмотрено устройство для переключения цепей счетчиков каждого присоединения на трансформаторы напряжения соответствующих систем шин.

I-5-26. На подстанциях потребителей конструкция решеток и дверей камер, в которых установлены предохранители на стороне высшего напряжения трансформаторов напряжения, используемых для расчетного учета, должна обеспечивать возможность их пломбирования.

Рукоятки приводов разъединителей трансформаторов напряжения, используемых для расчетного учета, должны иметь приспособления для их пломбирования.

УСТАНОВКА СЧЕТЧИКОВ И ЭЛЕКТРОПРОВОДКА К НИМ

I-5-27. Счетчики должны размещаться в легко доступных для обслуживания сухих помещениях, в достаточно свободном и не стесненном для работы месте с температурой в зимнее время не ниже 0 °C.

Счетчики общепромышленного исполнения не разрешается устанавливать в помещениях, где по производственным условиям температура может часто превышать +40 °C, а также в помещениях с агрессивными средами.

Допускается размещение счетчиков в неотапливаемых помещениях и коридорах распределительных устройств электростанций и подстанций, а также в шкафах наружной установки. При этом должно быть предусмотрено стационарное их утепление на зимнее время посредством утепляющих шкафов, колпаков с подогревом воздуха внутри них электрической лампой или нагревательным элементом для обеспечения внутри колпака положительной температуры, но не выше +20 °C.

I-5-28. Счетчики, предназначенные для учета электроэнергии, вырабатываемой генераторами электростанций, следует устанавливать в помещениях со средней температурой окружающего воздуха +15 ± 25 °C. При отсутствии таких помещений счетчики рекомен-

дуется помещать в специальных шкафах, где должна поддерживаться указанная температура в течение всего года.

I-5-29. Счетчики должны устанавливаться в шкафах, камерах комплектных распределительных устройств (КРУ, КРУН), на панелях, щитах, в нишах, на стенах, имеющих достаточно жесткую конструкцию.

Допускается крепление счетчиков на деревянных, пластмассовых или металлических щитках.

Высота от пола до коробки зажимов счетчиков должна быть в пределах 0,8—1,7 м. Допускается высота менее 0,8 м, но не менее 0,4 м.

I-5-30. В местах, где имеется опасность механических повреждений счетчиков или их загрязнения, или в местах, доступных для посторонних лиц (проходы, лестничные клетки и т. п.), для счетчиков должен предусматриваться запирающийся шкаф с окошком на уровне циферблата. Аналогичные шкафы должны устанавливаться также для совместного размещения счетчиков и трансформаторов тока при выполнении учета на стороне низшего напряжения (на входе у потребителей).

I-5-31. Конструкции и размеры шкафов, ниш, щитков и т. п. должны обеспечивать удобный доступ к зажимам счетчиков и трансформаторов тока. Кроме того, должна быть обеспечена возможность удобной замены счетчика и установки его с уклоном не более 1°. Конструкция его крепления должна обеспечивать возможность установки и съема счетчика с лицевой стороны.

I-5-32. Электропроводки к счетчикам должны отвечать требованиям, приведенным в гл. II-1 и III-4.

I-5-33. В электропроводке к расчетным счетчикам наличие паяек не допускается.

I-5-34. Сечения проводов и кабелей, присоединяемых к счетчикам, должны приниматься в соответствии с III-4-4 (см. также I-5-19).

I-5-35. При монтаже электропроводки для присоединения счетчиков непосредственного включения около счетчиков необходимо оставлять концы проводов длиной не менее 120 мм. Изоляция или оболочка нулевого провода на длине 100 мм перед счетчиком должна иметь отличительную окраску.

I-5-36. Для безопасной установки и замены счетчиков в сетях напряжением до 380 В должна предусматриваться возможность отключения счетчика установленными до него на расстоянии не более 10 м коммутационным аппаратом или предохранителями. Снятие напряжения должно предусматриваться со всех фаз, присоединяемых к счетчику.

Трансформаторы тока, используемые для присоединения счетчиков на напряжении до 380 В, должны устанавливаться после коммутационных аппаратов по направлению потока мощности.

I-5-37. Заземление (зануление) счетчиков и трансформаторов тока должно выполняться в соответствии с требованиями гл. I-7. При этом заземляющие и нулевые защитные проводники от счетчиков и трансформаторов тока напряжением до 1000 В до ближайшей сборки зажимов должны быть медными.

I-5-38. При наличии на объекте нескольких присоединений с отдельным учетом электроэнергии на панелях счетчиков должны быть надписи наименований присоединений.

ТЕХНИЧЕСКИЙ УЧЕТ

I-5-39. На тепловых и атомных электростанциях с агрегатами (блоками), не оборудованными информационными или управляющими вычислительными машинами, следует устанавливать стационарные или применять инвентарные переносные счетчики технического учета в системе СН для возможности расчетов технико-экономических показателей. При этом установка счетчиков активной электроэнергии должна производиться в цепях электродвигателей, питающихся от шин распределительного устройства основного напряжения (выше 1000 В) собственных нужд, и в цепях всех трансформаторов, питающихся от этих шин.

I-5-40. На электростанциях с поперечными связями (имеющих общий паропровод) должна предусматриваться на стороне генераторного напряжения повышающих трансформаторов техническая возможность установки (в условиях эксплуатации) счетчиков технического учета активной электроэнергии, используемых для контроля правильности работы расчетных генераторных счетчиков.

I-5-41. Счетчики активной электроэнергии для технического учета следует устанавливать на подстанциях напряжением 35 кВ и выше энергосистем: на сторонах среднего и низшего напряжений силовых трансформаторов; на каждой отходящей линии электропередачи напряжением 6 кВ и выше, находящейся на балансе энергосистемы.

Счетчики реактивной электроэнергии для технического учета следует устанавливать на сторонах среднего и низшего напряжений силовых трансформаторов подстанций 35 кВ и выше энергосистем.

Указанные требования к установке счетчиков электроэнергии подлежат реализации по мере обеспечения счетчиками.

I-5-42. На предприятиях следует предусматривать техническую возможность установки (в условиях эксплуатации) стационарных или применения инвентарных переносных счетчиков для контроля за соблюдением лимитов расхода электроэнергии цехами, технологическими линиями, отдельными энергоемкими агрегатами, для определения расхода электроэнергии на единицу продукции или полуфабриката.

Допускается установка счетчиков технического учета на вводе предприятия, если расчетный учет с этим предприятием ведется по счетчикам, установленным на подстанциях или электростанциях энергосистем.

На установку и снятие счетчиков технического учета на предприятиях разрешения энергоснабжающей организации не требуется.

I-5-43. Приборы технического учета на предприятиях (счетчики и измерительные трансформаторы) должны находиться в ведении самих потребителей и должны удовлетворять требованиям I-5-13 (за исключением требования о наличии пломбы энергоснабжающей организации), I-5-14 и I-5-15.

I-5-44. Классы точности счетчиков технического учета активной электроэнергии должны соответствовать значениям, приведенным ниже:

Для линий электропередачи с двусторонним питанием напряжением 220 кВ и выше, трансформаторов мощностью 63 000 кВ·А и более	1,0
Для прочих объектов учета	2,0

Классы точности счетчиков технического учета реактивной электроэнергии допускается выбирать на одну ступень ниже соответствующего класса точности счетчиков технического учета активной электроэнергии.

ГЛАВА I-6

ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

I-6-1. Настоящая глава* Правил распространяется на измерения электрических величин, осуществляемые при помощи стационарных средств (показывающих, регистрирующих, фиксирующих и др.).

Правила не распространяются на лабораторные измерения и на измерения, осуществляемые с помощью переносных приборов.

Измерения неэлектрических величин, а также измерения других электрических величин, не регламентированных Правилами, требуемые в связи с особенностями технологического процесса или основного оборудования, выполняются на основании соответствующих нормативных документов.

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

I-6-2. Средства измерений электрических величин должны удовлетворять следующим основным требованиям:

1) класс точности измерительных приборов должен быть не хуже 2,5;

2) классы точности измерительных шунтов, добавочных резисторов, трансформаторов и преобразователей должны быть не хуже приведенных в табл. I-6-1;

3) пределы измерений приборов должны выбираться с учетом возможных наибольших длительных отклонений измеряемых величин от номинальных значений.

Таблица I-6-1. Классы точности средств измерений

Класс точности прибора	Класс точности шунта, добавочного резистора	Класс точности измерительного преобразователя	Класс точности измерительного трансформатора
1,0	0,5	0,5	0,5
1,5	0,5	0,5*	0,5*
2,5	0,5	1,0	1,0**

* Допускается 1,0.

** Допускается 3,0.

* Утверждена Главным техническим управлением по эксплуатации энергосистем и Государственной инспекцией по энергонадзору Министерства энергетики и электрификации СССР 13 мая 1976 г.

I-6-3. Установка измерительных приборов должна, как правило, производиться в пунктах, откуда осуществляется управление.

На подстанциях и гидроэлектростанциях без постоянного дежурства оперативного персонала допускается не устанавливать стационарные показывающие приборы, при этом должны быть предусмотрены места для присоединения переносных приборов специально обученным персоналом.

I-6-4. Измерения на линиях электропередачи напряжением 330 кВ и выше, а также на генераторах и трансформаторах должны производиться непрерывно.

На генераторах и трансформаторах гидроэлектростанций допускается производить измерения периодически с помощью средств централизованного контроля.

Допускается производить измерения «по вызову» на общий для нескольких присоединений (за исключением указанных в первом абзаце) комплект показывающих приборов, а также применять другие средства централизованного контроля.

I-6-5. При установке регистрирующих приборов в оперативном контуре пункта управления допускается не устанавливать показывающие приборы для непрерывного измерения тех же величин.

ИЗМЕРЕНИЕ ТОКА

I-6-6. Измерение тока должно производиться в цепях всех напряжений, где оно необходимо для систематического контроля технологического процесса или оборудования.

I-6-7. Измерение постоянного тока должно производиться в цепях:

1) генераторов постоянного тока и силовых преобразователей;

2) аккумуляторных батарей, зарядных, подзарядных и разрядных устройств;

3) возбуждения синхронных генераторов, компенсаторов, а также электродвигателей с регулируемым возбуждением.

Амперметры постоянного тока должны иметь двусторонние шкалы, если возможно изменение направления тока.

I-6-8. В цепях переменного трехфазного тока следует, как правило, измерять ток одной фазы.

Измерение тока каждой фазы должно производиться:

1) для синхронных турбогенераторов мощностью 12 МВт и более;

2) для линий электропередачи с пофазным управлением, линий с продольной компенсацией и линий, для которых предусматривается возможность длительной работы в неполнофазном режиме; в обоснованных случаях может быть предусмотрено измерение тока каждой фазы линий электропередачи 330 кВ и выше с трехфазным управлением;

3) для дуговых электропечей.

ИЗМЕРЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ

I-6-9. Измерение напряжения, как правило, должно производиться:

1) на секциях сборных шин постоянного и переменного тока, которые могут работать раздельно.

Допускается установка одного прибора с переключением на несколько точек измерения.

На подстанциях допускается измерять напряжение только на стороне низшего напряжения, если установка трансформаторов на напряжения на стороне высшего напряжения не требуется для других целей;

2) в цепях генераторов постоянного и переменного тока, синхронных компенсаторов, а также в отдельных случаях в цепях агрегатов специального назначения.

При автоматизированном пуске генераторов или других агрегатов установка на них приборов для непрерывного измерения напряжения не обязательна;

3) в цепях возбуждения синхронных машин мощностью 1000 кВт и более. В цепях возбуждения гидрогенераторов измерение не обязательно;

4) в цепях силовых преобразователей, аккумуляторных батарей, зарядных и подзарядных устройств;

5) в цепях дугогасящих реакторов.

I-6-10. В трехфазных сетях производится измерение, как правило, одного междуфазного напряжения. В сетях напряжением выше 1000 В с эффективно заземленной нейтралью допускается измерение трех междуфазных напряжений для контроля исправности цепей напряжения одним прибором (с переключением).

I-6-11. Должна производиться регистрация значений одного междуфазного напряжения сборных шин 110 кВ и выше (либо отклонения напряжения от заданного значения) электростанций и подстанций, по напряжению на которых ведется режим энергосистемы.

КОНТРОЛЬ ИЗОЛЯЦИИ

I-6-12. В сетях переменного тока напряжением выше 1000 В с изолированной или заземленной через дугогасящий реактор нейтралью, в сетях переменного тока напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью и в сетях постоянного тока с изолированными полюсами или с изолированной средней точкой должен, как правило, выполняться автоматический контроль изоляции, действующий на сигнал при снижении изоляции одной из фаз (или полюса) ниже заданного значения, с последующим контролем асимметрии напряжения при помощи показывающего прибора (с переключением).

Допускается осуществлять контроль изоляции путем периодических измерений напряжений с целью визуального контроля асимметрии напряжения.

ИЗМЕРЕНИЕ МОЩНОСТИ

I-6-13. Измерение мощности должно производиться в цепях:

1) генераторов — активной и реактивной мощности.

При установке на генераторах мощностью 100 МВт и более щитовых показывающих приборов их класс точности должен быть не хуже 1,0.

На электростанциях мощностью 200 МВт и более должна также измеряться суммарная активная мощность.

Рекомендуется измерять суммарную активную мощность электростанций мощностью менее 200 МВт при необходимости автомати-

ческой передачи этого параметра на вышестоящий уровень оперативного управления;

2) конденсаторных батарей мощностью 25 Мвар и более и синхронных компенсаторов — реактивной мощности;

3) трансформаторов и линий, питающих СН напряжением 6 кВ и выше тепловых электростанций, — активной мощности;

4) повышающих двухобмоточных трансформаторов электростанций — активной и реактивной мощности. В цепях повышающих трехобмоточных трансформаторов (или автотрансформаторов с использованием обмотки низшего напряжения) измерение активной и реактивной мощности должно производиться со стороны среднего и низшего напряжений.

Для трансформатора, работающего в блоке с генератором, измерение мощности со стороны низшего напряжения следует производить в цепи генератора;

5) понижающих трансформаторов напряжением 220 кВ и выше — активной и реактивной, напряжением 110—150 кВ — активной мощности.

В цепях понижающих двухобмоточных трансформаторов измерение мощности должно производиться со стороны низшего напряжения, а в цепях понижающих трехобмоточных трансформаторов — со стороны среднего и низшего напряжений.

На подстанциях 110—220 кВ без выключателей на стороне высшего напряжения измерение мощности допускается не выполнять. При этом должны предусматриваться места для присоединения контрольных показывающих или регистрирующих приборов;

6) линий напряжением 110 кВ и выше с двусторонним питанием, а также обходных выключателей — активной и реактивной мощности;

7) на других элементах подстанций, где для периодического контроля режимов сети необходимы измерения перетоков активной и реактивной мощности, должна предусматриваться возможность присоединения контрольных переносных приборов.

I-6-14. При установке щитовых показывающих приборов в цепях, в которых направление мощности может изменяться, эти приборы должны иметь двустороннюю шкалу.

I-6-15. Должна производиться регистрация:

1) активной мощности турбогенераторов (мощностью 60 МВт и более);

2) суммарной мощности электростанций (мощностью 200 МВт и более).

ИЗМЕРЕНИЕ ЧАСТОТЫ

I-6-16. Измерение частоты должно производиться:

1) на каждой секции шин генераторного напряжения;

2) на каждом генераторе блочной тепловой или атомной электростанции;

3) на каждой системе (секции) шин высшего напряжения электростанции;

4) в узлах возможного деления энергосистемы на несинхронно работающие части.

I-6-17. Регистрация частоты или ее отклонения от заданного значения должна производиться:

Таблица I-6-2. Рекомендации по расстановке автоматических аварийных осциллографов на объектах энергосистем

Напряжение распределительного устройства, кВ	Схема распределительного устройства	Количество линий, подключенных к секции (системе шин) распределительного устройства	Количество устанавливаемых осциллографов	
			Любая	Одна для каждой линии (предпочтительно с записью предварийного режима)
750	»	Любое	Один или две	Один для каждой линии (без записи предварийного режима)
500	»	Один или две	Три или более	Одн для каждой линии (без записи предварийного режима)
500	»	Одна	Две или более	Одн для каждой линии (предпочтительно хотя бы на одной из линий с записью предварийного режима)
330	»	Одна или две на каждую секцию или рабочую систему шин	Одна или две на каждую секцию или рабочую систему шин	Не устанавливается
330	»	Три или четыре на каждую секцию или рабочую систему шин	Пять или более на каждую секцию или рабочую систему шин	Одн для двух секций или рабочих систем шин (без записи предварийного режима)
220	С секциями или системами шин	Три или более	Пять или более на каждую секцию или рабочую систему шин	Одн для трех четырех линий или для каждой системы шин (без записи предварийного режима)
220	То же	Полупорная или многоугольник	Полупорная или многоугольник	Одн для каждой секции или рабочей системы шин (без записи предварийного режима)
220	»	Одна или две	Одна или две	Не устанавливается
220	Без выключателей 220 кВ или с одним выключателем	Треугольник, четырехугольник, мостик	То же	Допускается установка одного автоматического осциллографа, если на противоположных концах линий 220 кВ нет автоматических осциллографов
110	С секциями или системами шин	Одна — три на каждую секцию или систему шин	Одна для двух секций или рабочих систем шин	Одн для двух секций или рабочих систем шин (без записи предварийного режима)
110	С секциями или системами шин	Четыре — шесть на каждую секцию или рабочую систему шин	Четыре — шесть на каждую секцию или рабочую систему шин	Одн для каждой секции или рабочей системы шин (без записи предварийного режима)
110	Без выключателей на стороне 110 кВ, мостик, треугольник, четырехугольник	Одна или две	Одна или две	Одн для каждого секции или рабочей системы шин. Допускается установка двух автоматических осциллографов для каждой секции или рабочей системы шин (без записи предварийного режима)
110				Не устанавливается

- 1) на электростанциях мощностью 200 МВт и более;
- 2) на электростанциях мощностью 6 МВт и более, работающих изолированно.

I-6-18. Абсолютная погрешность регистрирующих частотомеров на электростанциях, участвующих в регулировании мощности, должна быть не более $\pm 0,1$ Гц.

ИЗМЕРЕНИЯ ПРИ СИНХРОНИЗАЦИИ

I-6-19. Для измерений при точной (ручной или полуавтоматической) синхронизации должны предусматриваться следующие приборы: два вольтметра (или двойной вольтметр); два частотомера (или двойной частотомер); синхроноскоп.

РЕГИСТРАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН В АВАРИЙНЫХ РЕЖИМАХ

I-6-20. Для автоматической регистрации аварийных процессов в электрической части энергосистемы должны предусматриваться автоматические осциллографы.

Расстановку автоматических осциллографов на объектах, а также выбор регистрируемых ими электрических параметров, как правило, следует производить в соответствии с рекомендациями, приведенными в табл. I-6-2 и I-6-3.

По согласованию с энергосистемами (районными энергетическими управлениями) могут предусматриваться регистрирующие приборы с ускоренной записью при аварии (для регистрации электрических параметров, не контролируемых с помощью автоматических осциллографов).

Таблица I-6-3. Рекомендации по выбору электрических параметров, регистрируемых автоматическими аварийными осциллографами

Напряжение распределительного устройства, кВ	Параметры, рекомендуемые для регистрации автоматическими осциллографами
750, 500, 330	Фазные напряжения трех фаз линий. Напряжение и ток нулевой последовательности линий. Токи двух или трех фаз линий. Ток усилителя мощности, ток приема высокочастотного приемопередатчика и положение контактов выходного промежуточного реле высокочастотной защиты
220, 110	Фазные напряжения и напряжение нулевой последовательности секции или рабочей системы шин. Токи нулевой последовательности линий, присоединенных к секции или рабочей системе шин. Фазные токи (двух или трех фаз) наиболее ответственных линий. Токи приема высокочастотных приемопередатчиков дифференциально-фазных защит межсистемных линий электропередачи

I-6-21. На электрических станциях, принадлежащих потребителю и имеющих связь с энергосистемой (блок-станциях), автоматические аварийные осциллографы должны предусматриваться для каждой системы шин напряжением 110 кВ и выше, через которые осуществляется связь с энергосистемой по линиям электропередачи. Эти осциллографы, как правило, должны регистрировать напряжения (фазные и нулевой последовательности) соответствующей системы шин, токи (фазные и нулевой последовательности) линий электропередачи, связывающих блок-станцию с системой.

I-6-22. Для регистрации действия устройств противоаварийной системной автоматики рекомендуется устанавливать дополнительные осциллографы. Расстановка дополнительных осциллографов и выбор регистрируемых ими параметров должны предусматриваться в проектах противоаварийной системной автоматики.

I-6-23. Для определения мест повреждений на воздушных линиях электропередачи напряжением 110 кВ и выше, длиной более 20 км, должны предусматриваться фиксирующие приборы.

ГЛАВА I-7

ЗАЗЕМЛЕНИЕ И ЗАЩИТНЫЕ МЕРЫ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ

I-7-1. Настоящая глава* Правил распространяется на все электроустановки переменного и постоянного тока напряжением до и выше 1000 В и содержит общие требования к их заземлению и защите людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции.

Дополнительные требования приведены в соответствующих главах ПУЭ.

I-7-2. Электроустановки в отношении мер электробезопасности разделяются на:

электроустановки напряжением выше 1000 В в сетях с эффективно заземленной нейтралью (с большими токами замыкания на землю);

электроустановки напряжением выше 1000 В в сетях с изолированной нейтралью (с малыми токами замыкания на землю);

электроустановки напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью;

электроустановки напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью.

I-7-3. Электрической сетью с эффективно заземленной нейтралью называется трехфазная электрическая сеть напряжением выше 1000 В, в которой коэффициент замыкания на землю не превышает 1,4.

* Согласована с Госстроем СССР 1 февраля 1980 г.; утверждена Главным техническим управлением по эксплуатации энергосистем и Государственной инспекцией по энергонадзору Министерства энергетики и электрификации СССР 30 апреля 1980 г.

Коэффициентом замыкания на землю в трехфазной электрической сети называется отношение разности потенциалов между неповрежденной фазой и землей в точке замыкания на землю другой или двух других фаз к разности потенциалов между фазой и землей в этой точке до замыкания.

I-7-4. Глухозаземленной нейтралью называется нейтраль трансформатора или генератора, присоединенная к заземляющему устройству непосредственно или через малое сопротивление (например, через трансформаторы тока).

I-7-5. Изолированной нейтралью называется нейтраль трансформатора или генератора, не присоединенная к заземляющему устройству или присоединенная к нему через приборы сигнализации, измерения, защиты, заземляющие дугогасящие реакторы и подобные им устройства, имеющие большое сопротивление.

I-7-6. Заземлением какой-либо части электроустановки или другой установки называется преднамеренное гальваническое соединение этой части с заземляющим устройством.

I-7-7. Защитным заземлением называется заземление частей электроустановки с целью обеспечения электробезопасности.

I-7-8. Рабочим заземлением называется заземление какой-либо точки токоведущих частей электроустановки, необходимое для обеспечения работы электроустановки.

I-7-9. Зануление в электроустановках напряжением до 1000 В называется преднамеренное соединение частей электроустановки, нормально не находящихся под напряжением, с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с глухозаземленной средней точкой источника в сетях постоянного тока.

I-7-10. Замыканием на землю называется случайное соединение находящихся под напряжением частей электроустановки с конструктивными частями, не изолированными от земли, или непосредственно с землей.

Замыканием на корпус называется случайное соединение находящихся под напряжением частей электроустановки с их конструктивными частями, нормально не находящимися под напряжением.

I-7-11. Заземляющим устройством называется совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

I-7-12. Заземлителем называется проводник (электрод) или совокупность металлически соединенных между собой проводников (электродов), находящихся в соприкосновении с землей.

I-7-13. Искусственным заземлителем называется заземлитель, специально выполняемый для целей заземления.

I-7-14. Естественным заземлителем называются находящиеся в соприкосновении с землей электропроводящие части коммуникаций, зданий и сооружений производственного или иного назначения, используемые для целей заземления.

I-7-15. Магистралью заземления или зануления называется соответственно заземляющий или нулевой защитный проводник с двумя или более ответвлениями.

I-7-16. Заземляющим проводником называется проводник, соединяющий заземляемые части с заземлителем.

I-7-17. Нулевым защитным проводником в электроустановках напряжением до 1000 В называется проводник, соединя-

ющий зануляемые части с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с глухозаземленной средней точкой источника в сетях постоянного тока.

I-7-18. Нулевым рабочим проводником в электроустановках напряжением до 1000 В называется проводник, используемый для питания электроприемников, соединенный с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с глухозаземленной средней точкой источника в трехпроводных сетях постоянного тока.

В электроустановках напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью нулевой рабочий проводник может выполнять функции нулевого защитного проводника.

I-7-19. Зоной растекания называется область земли, в пределах которой возникает заметный градиент потенциала при стечании тока с заземлителем.

I-7-20. Зоной нулевого потенциала называется зона земли за пределами зоны растекания.

I-7-21. Напряжением на заземляющем устройстве называется напряжение, возникающее при стечании тока с заземлителем в землю между точкой ввода тока в заземляющее устройство и зоной нулевого потенциала.

I-7-22. Напряжением относительно земли при замыкании на корпус называется напряжение между этим корпусом и зоной нулевого потенциала.

I-7-23. Напряжением прикосновения называется напряжение между двумя точками цепи тока замыкания на землю (на корпус) при одновременном прикосновении к ним человека.

I-7-24. Напряжением шага называется напряжение между двумя точками земли, обусловленное растеканием тока замыкания на землю, при одновременном касании их ногами человека.

I-7-25. Током замыкания на землю называется ток, стекающий в землю через место замыкания.

I-7-26. Сопротивлением заземляющего устройства называется отношение напряжения на заземляющем устройстве к току, стекающему с заземлителем в землю.

I-7-27. Эквивалентным удельным сопротивлением земли с неоднородной структурой называется такое удельное сопротивление земли с однородной структурой, в которой сопротивление заземляющего устройства имеет то же значение, что и в земле с неоднородной структурой.

Термин «удельное сопротивление», применяемый в настоящих Правилах, для земли с неоднородной структурой следует понимать как «эквивалентное удельное сопротивление».

I-7-28. Защитным отключением в электроустановках напряжением до 1000 В называется автоматическое отключение всех фаз (полюсов) участка сети, обеспечивающее безопасные для человека сочетания тока и времени его протекания при замыканиях на корпус или снижении уровня изоляции ниже определенного значения.

I-7-29. Двойной изоляцией электроприемника называется совокупность рабочей и защитной (дополнительной) изоляции, при которой доступные прикосновению части электроприемника не приобретают опасного напряжения при повреждении только рабочей или только защитной (дополнительной) изоляции.

I-7-30. Малым напряжением называется номинальное напряжение не более 42 В между фазами и по отношению к земле, применяемое в электрических установках для обеспечения электробезопасности.

I-7-31. Разделяющим трансформатором называется трансформатор, предназначенный для гальванического отделения сети, питающей электроприемник, от первичной электрической сети, а также от сети заземления или зануления.

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

I-7-32. Для защиты людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции должна быть применена, по крайней мере, одна из следующих защитных мер: заземление, зануление, защитное отключение, разделяющий трансформатор, малое напряжение, двойная изоляция, выравнивание потенциалов.

I-7-33. Заземление или зануление электроустановок следует выполнять:

1) при напряжении 380 В и выше переменного тока и 440 В и выше постоянного тока — во всех электроустановках (см. также I-7-44 и I-7-48);

2) при номинальных напряжениях выше 42 В, но ниже 380 В переменного тока и выше 110 В, но ниже 440 В постоянного тока — только в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках.

Заземление или зануление электроустановок не требуется при номинальных напряжениях до 42 В переменного тока и до 110 В постоянного тока во всех случаях, кроме указанных в I-7-46. п. 6, и в гл. VII-3 и VII-6.

I-7-34. Заземление или зануление электрооборудования, установленного на опорах воздушных линий электропередачи (силовые и измерительные трансформаторы, разъединители, предохранители, конденсаторы и другие аппараты), должно быть выполнено с соблюдением требований, приведенных в соответствующих главах ПУЭ, а также в настоящей главе.

Сопротивление заземляющего устройства опоры воздушной линии электропередачи, на которой установлено электрооборудование, должно соответствовать требованиям:

а) I-7-57—I-7-59 — в электроустановках напряжением выше 1000 В сети с изолированной нейтралью;

б) I-7-62 — в электроустановках напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью;

в) I-7-65 — в электроустановках напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью;

г) II-5-76 — в сетях напряжением 110 кВ и выше.

В трехфазных сетях напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью и в однофазных сетях с заземленным выводом источника однофазного тока установленное на опоре воздушной линии электропередачи электрооборудование должно быть занулено (см. I-7-63).

I-7-35. Для заземления электроустановок в первую очередь должны быть использованы естественные заземлители. Если при этом сопротивление заземляющих устройств или напряжение прикосновения имеет допустимые значения, а также обеспечиваются нормированные значения напряжения на заземляющем устройстве, то искусственные заземлители должны применяться лишь при не-

обходимости снижения плотности токов, протекающих по естественным заземлителям или стекающим с них.

I-7-36. Для заземления электроустановок различных назначений и различных напряжений, территориально приближенных одна к другой, рекомендуется применять одно общее заземляющее устройство.

Для объединения заземляющих устройств различных электроустановок в одно общее заземляющее устройство следует использовать все имеющиеся в наличии естественные, в особенности протяженные, заземляющие проводники.

Заземляющее устройство, используемое для заземления электроустановок одного или различных назначений и напряжений, должно удовлетворять всем требованиям, предъявляемым к заземлению этих электроустановок: по защите людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции, по условиям режимов работы сетей, по защите электрооборудования от перенапряжения и т. д.

I-7-37. Требуемые настоящей главой сопротивления заземляющих устройств и напряжения прикосновения должны быть обеспечены при наиболее неблагоприятных условиях.

Удельное сопротивление земли следует определять, принимая в качестве расчетного значение, соответствующее тому сезону года, когда сопротивление заземляющего устройства или напряжение прикосновения принимает наибольшие значения.

I-7-38. Электроустановки напряжением до 1000 В переменного тока могут быть с глухозаземленной или с изолированной нейтралью, электроустановки постоянного тока — с глухозаземленной или изолированной средней точкой, а электроустановки с однофазными источниками тока — с одним глухозаземленным или с обоими изолированными выводами.

В четырехпроводных сетях трехфазного тока и трехпроводных сетях постоянного тока глухое заземление нейтрали или средней точки источников тока является обязательным (см. также I-7-105).

I-7-39. В электроустановках напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью или глухозаземленным выводом источника однофазного тока, а также с глухозаземленной средней точкой в трехпроводных сетях постоянного тока должно быть выполнено зануление. Применение в таких электроустановках заземления корпусов электроприемников без их зануления не допускается.

В обоснованных случаях рекомендуется выполнять защитное отключение (для переносного ручного электроинструмента, некоторых жилых и общественных помещений, насыщенных металлическими конструкциями, имеющими связь с землей).

I-7-40. Электроустановки напряжением до 1000 В переменного тока с изолированной нейтралью или изолированным выводом источника однофазного тока, а также электроустановки постоянного тока с изолированной средней точкой следует применять при повышенных требованиях безопасности (для передвижных установок, торфяных разработок, шахт).

Для таких электроустановок в качестве защитной меры должно быть выполнено заземление в сочетании с контролем изоляции сети или защитное отключение.

I-7-41. В электроустановках напряжением выше 1000 В с изолированной нейтралью должно быть выполнено заземление.

В таких электроустановках должна быть предусмотрена возможность быстрого отыскания замыканий на землю (см. I-6-12). Защи-

та от замыканий на землю должна устанавливаться с действием на отключение (по всей электрически связанный сети) в тех случаях, в которых это необходимо по условиям безопасности (для линий, питающих передвижные подстанции и механизмы, торфяные разработки и т. п.).

I-7-42. Защитное отключение рекомендуется применять в качестве основной или дополнительной меры защиты, если безопасность не может быть обеспечена путем устройства заземления или зануления либо если устройство заземления или зануления вызывает трудности по условиям выполнения или по экономическим соображениям.

Защитное отключение должно осуществляться устройствами (аппаратами), удовлетворяющими в отношении надежности действия специальным техническим условиям.

I-7-43. Трехфазная сеть напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью или однофазная сеть напряжением до 1000 В с изолированным выводом, связанная через трансформатор с сетью напряжением выше 1000 В, должна быть защищена пробивным предохранителем от опасности, возникающей при повреждении изоляции между обмотками высшего и низшего напряжений трансформатора. Пробивной предохранитель должен быть установлен в нейтрали или фазе на стороне низшего напряжения каждого трансформатора. При этом должен быть предусмотрен контроль за целостностью пробивного предохранителя.

I-7-44. В электроустановках напряжением до 1000 В в местах, где в качестве защитной меры применяются разделяющие или понижающие трансформаторы, вторичное напряжение трансформаторов должно быть: для разделяющих трансформаторов — не более 380 В, для понижающих трансформаторов — не более 42 В.

При применении этих трансформаторов необходимо руководствоваться следующим:

1) разделяющие трансформаторы должны удовлетворять специальным техническим условиям в отношении повышенной надежности конструкции и повышенных испытательных напряжений;

2) от разделяющего трансформатора разрешается питание только одного электроприемника с номинальным током плавкой вставки или расцепителя автомата на первичной стороне не более 15 А;

3) заземление вторичной обмотки разделяющего трансформатора не допускается. Корпус трансформатора в зависимости от режима нейтральной сети, питающей первичную обмотку, должен быть заземлен или занулен. Заземление корпуса электроприемника, присоединенного к такому трансформатору, не требуется;

4) понижающие трансформаторы со вторичным напряжением 42 В и ниже могут быть использованы в качестве разделяющих, если они удовлетворяют требованиям, приведенным в пп. 1 и 2 настоящего параграфа. Если понижающие трансформаторы не являются разделяющими, то в зависимости от режима нейтрали сети, питающей первичную обмотку, следует заземлять или занулять корпус трансформатора, а также один из выводов (одну из фаз) или нейтраль (среднюю точку) вторичной обмотки.

I-7-45. При невозможности выполнения заземления, зануления и защитного отключения, удовлетворяющего требованиям настоящей главы, или если это представляет значительные трудности по технологическим причинам, допускается обслуживание электрооборудования с изолирующими площадками.

Изолирующие площадки должны быть выполнены так, чтобы прикосновение к представляющим опасность незаземленным (незануленным) частям могло быть только с площадок. При этом должна быть исключена возможность одновременного прикосновения к электрооборудованию и частям другого оборудования и частям здания.

ЧАСТИ, ПОДЛЕЖАЩИЕ ЗАНУЛЕНИЮ ИЛИ ЗАЗЕМЛЕНИЮ

I-7-46. К частям, подлежащим занулению или заземлению согласно I-7-33, относятся:

1) корпуса электрических машин, трансформаторов, аппаратов, светильников и т. п. (см. также I-7-44);

2) приводы электрических аппаратов;

3) вторичные обмотки измерительных трансформаторов (см. также III-4-16 и III-4-17);

4) каркасы распределительных щитов, щитов управления, щитков и шкафов, а также съемные или открывающиеся части, если на последних установлено электрооборудование напряжением выше 42 В переменного тока или более 110 В постоянного тока;

5) металлические конструкции распределительных устройств, металлические кабельные конструкции, металлические кабельные соединительные муфты, металлические оболочки и броня контрольных и силовых кабелей, металлические оболочки проводов, металлические рукава и трубы электропроводки, кожухи и опорные конструкции шинопроводов, лотки, короба, струны, тросы и стальные полосы, на которых укреплены кабели и провода (кроме струн, тросов и полос, по которым проложены кабели с заземленной или зануленной металлической оболочкой или броней), а также другие металлические конструкции, на которых устанавливается электрооборудование;

6) металлические оболочки и броня контрольных и силовых кабелей и проводов напряжением до 42 В переменного тока и до 110 В постоянного тока, проложенных на общих металлических конструкциях, в том числе в общих трубах, коробах, лотках и т. п. вместе с кабелями и проводами, металлические оболочки и броня которых подлежат заземлению или занулению;

7) металлические корпуса передвижных и переносных электроприемников;

8) электрооборудование, размещенное на движущихся частях станков, машин и механизмов.

I-7-47. С целью уравнивания потенциалов в тех помещениях и наружных установках, в которых применяются заземление или зануление, строительные и производственные конструкции, стационарно проложенные трубопроводы всех назначений, металлические корпуса технологического оборудования, подкрановые и железнодорожные рельсовые пути и т. п. должны быть присоединены к сети заземления или зануления. При этом естественные контакты в соединениях являются достаточными.

I-7-48. Не требуется преднамеренно заземлять или занулять:

1) корпуса электрооборудования, аппаратов и электромонтажных конструкций, установленных на заземленных (зануленных) металлических конструкциях, распределительных устройствах, на щитах, шкафах, щитках, станинах станков, машин и механизмов, при

условии обеспечения надежного электрического контакта с заземленными или зануленными основаниями (исключение — см. гл. VII-3);

2) конструкции, перечисленные в I-7-46, п. 5, при условии надежного электрического контакта между этими конструкциями и установленным на них заземленным или зануленным электрооборудованием. При этом указанные конструкции не могут быть использованы для заземления или зануления установленного на них другого электрооборудования;

3) арматуру изоляторов всех типов, оттяжек, кронштейнов и осветительной арматуры при установке их на деревянных опорах воздушных линий электропередачи или на деревянных конструкциях открытых подстанций, если это не требуется по условиям защиты от атмосферных перенапряжений.

При прокладке кабеля с металлической заземленной оболочкой или неизолированного заземляющего проводника на деревянной опоре перечисленные части, расположенные на этой опоре, должны быть заземлены или занулены;

4) съемные или открывающиеся части металлических каркасов камер распределительных устройств, шкафов, ограждений и т. п., если на съемных (открывающихся) частях не установлено электрооборудование или если напряжение установленного электрооборудования не превышает 42 В переменного тока или 110 В постоянного тока (исключение — см. гл. VII-3);

5) корпуса электроприемников с двойной изоляцией;

6) металлические скобы, закрепы, отрезки труб механической защиты кабелей в местах их прохода через стены и перекрытия и другие подобные детали, в том числе протяжные и ответвительные коробки размером до 100 см², электропроводок, выполняемых кабелями или изолированными проводами, прокладываемыми по стенам, перекрытиям и другим элементам строений.

ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1000 В СЕТИ С ЭФФЕКТИВНО ЗАЗЕМЛЕННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

I-7-49. Заземляющие устройства электроустановок напряжением выше 1000 В сети с эффективно заземленной нейтралью следует выполнять с соблюдением требований либо к их сопротивлению (см. I-7-51), либо к напряжению прикосновения (см. I-7-52), а также с соблюдением требований к конструктивному выполнению (см. I-7-53 и I-7-54) и к ограничению напряжения на заземляющем устройстве (см. I-7-50). Требования I-7-49—I-7-54 не распространяются на заземляющие устройства опор воздушных линий электропередачи.

I-7-50. Напряжение на заземляющем устройстве при стекании с него тока замыкания на землю не должно превышать 10 кВ. Напряжение выше 10 кВ допускается на заземляющих устройствах, с которых исключен вынос потенциалов за пределы зданий и внешних ограждений электроустановки. При напряжениях на заземляющем устройстве более 5 кВ и до 10 кВ должны быть предусмотрены меры по защите изоляции отходящих кабелей связи и телемеханики и по предотвращению выноса опасных потенциалов за пределы электроустановки.

I-7-51. Заземляющее устройство, которое выполняется с соблюдением требований к его сопротивлению, должно иметь в любое

время года сопротивление не более 0,5 Ом, включая сопротивление естественных заземлителей.

В целях выравнивания электрического потенциала и обеспечения присоединения электрооборудования к заземлителю на территории, занятой оборудованием, следует прокладывать продольные и поперечные горизонтальные заземлители и соединять их между собой в заземляющую сетку.

Продольные заземлители должны быть проложены вдоль осей электрооборудования со стороны обслуживания на глубине 0,5—0,7 м от поверхности земли и на расстоянии 0,8—1,0 м от фундамента или оснований оборудования. Допускается увеличение расстояний от фундаментов или оснований оборудования до 1,5 м с прокладкой одного заземлителя для двух рядов оборудования, если стороны обслуживания обращены одна к другой, а расстояние между фундаментами или основаниями двух рядов не превышает 3,0 м.

Поперечные заземлители следует прокладывать в удобных местах между оборудованием на глубине 0,5—0,7 м от поверхности земли. Расстояние между ними рекомендуется принимать увеличивающимся от периферии к центру заземляющей сетки. При этом первое и последующее расстояния, начиная от периферии, не должны превышать соответственно 4,0; 5,0; 6,0; 7,5; 9,0; 11,0; 13,5; 16,0 и 20,0 м. Размеры ячеек заземляющей сетки, примыкающих к местам присоединения нейтралей силовых трансформаторов и короткозамыкателей к заземляющему устройству, не должны превышать 6×6 м².

Горизонтальные заземлители следует прокладывать по краю территории, занимаемой заземляющим устройством, так, чтобы они в совокупности образовывали замкнутый контур.

Если контур заземляющего устройства располагается в пределах внешнего ограждения электроустановки, то у входов и въездов на ее территорию следует выравнивать потенциал путем установки двух вертикальных заземлителей у внешнего горизонтального заземлителя напротив входов и въездов. Вертикальные заземлители должны быть длиной 3—5 м, а расстояние между ними должно быть равно ширине входа или въезда.

I-7-52. Заземляющее устройство, которое выполняется с соблюдением требований, предъявляемых к напряжению прикосновения, должно обеспечивать в любое время года при стекании с него тока замыкания на землю значения напряжений прикосновения, не превышающие нормированных. Сопротивление заземляющего устройства при этом определяется по допустимому напряжению на заземляющем устройстве и току замыкания на землю.

При определении значения допустимого напряжения прикосновения в качестве расчетного времени воздействия следует принимать сумму времени действия защиты и полного времени отключения выключателя. При этом для определения допустимых значений напряжений прикосновения у рабочих мест, где при производстве оперативных переключений могут возникнуть КЗ на конструкции, доступные для прикосновения производящему переключения персоналу, следует принимать время действия резервной защиты, а для остальной территории — основной защиты.

Размещение продольных и поперечных горизонтальных заземлителей должно определяться требованиями ограничения напряжений прикосновения до нормированных значений и удобством присоединения заземляемого оборудования. Расстояния между продольными и

поперечными горизонтальными искусственными заземлителями не должно превышать 30 м, а глубина их заложения в грунт должна быть не менее 0,3 м. У рабочих мест допускается прокладка заземлителей на меньшей глубине, если необходимость этого подтверждается расчетом, а само выполнение не снижает удобства обслуживания электроустановки и срока службы заземлителей. Для снижения напряжения прикосновения у рабочих мест в обоснованных случаях может быть выполнена подсыпка щебня слоем толщиной 0,1—0,2 м.

I-7-53. При выполнении заземляющего устройства с соблюдением требований, предъявляемых к его сопротивлению или к напряжению прикосновения, дополнительно к требованиям I-7-51 и I-7-52 следует:

заземляющие проводники, присоединяющие оборудование или конструкции к заземлителю, в земле прокладывать на глубине не менее 0,3 м;

вблизи мест расположения заземляемых нейтралей силовых трансформаторов, короткозамыкателей прокладывать продольные и поперечные горизонтальные заземлители (в четырех направлениях).

При выходе заземляющего устройства за пределы ограждения электроустановки горизонтальные заземлители, находящиеся вне территории электроустановки, следует прокладывать на глубине не менее 1 м. Внешний контур заземляющего устройства в этом случае рекомендуется выполнять в виде многоугольника с тупыми или скругленными углами.

I-7-54. Внешнюю ограду электроустановок не рекомендуется присоединять к заземляющему устройству. Если от электроустановки отходят воздушные линии электропередачи напряжением 110 кВ и выше, то ограду следует заземлить с помощью вертикальных заземлителей длиной 2—3 м, установленных у стоек ограды по всему ее периметру через 20—50 м. Установка таких заземлителей не требуется для ограды с металлическими стойками и с теми стойками из железобетона, арматура которых электрически соединена с металлическими звенями ограды.

Для исключения электрической связи внешней ограды с заземляющим устройством расстояние от ограды до элементов заземляющего устройства, расположенных вдоль нее с внутренней, с внешней или с обеих сторон, должно быть не менее 2 м. Выходящие за пределы ограды горизонтальные заземлители, трубы и кабели с металлической оболочкой и другие металлические коммуникации должны быть проложены посередине между стойками ограды на глубине не менее 0,5 м. В местах примыкания внешней ограды к зданиям и сооружениям, а также в местах примыкания к внешней ограде внутренних металлических ограждений должны быть выполнены кирпичные или деревянные вставки длиной не менее 1 м.

Не следует устанавливать на внешней ограде электроприемники напряжением до 1000 В, которые питаются непосредственно от понижающих трансформаторов, расположенных на территории электроустановки. При размещении электроприемников на внешней ограде их питание следует осуществлять через разделяющие трансформаторы. Эти трансформаторы не допускается устанавливать на ограде. Линия, соединяющая вторичную обмотку разделяющего трансформатора с электроприемником, расположенным на ограде, должна быть изолирована от земли на расчетное значение напряжения на заземляющем устройстве.

Если выполнение хотя бы одного из указанных мероприятий невозможно, то металлические части ограды следует присоединить к заземляющему устройству и выполнить выравнивание потенциалов так, чтобы напряжение прикосновения с внешней и внутренней сторон ограды не превышало допустимых значений. При выполнении заземляющего устройства по допустимому сопротивлению с этой целью должен быть проложен с внешней стороны ограды на расстоянии 1 м от нее и на глубине 1 м горизонтальный заземлитель. Этот заземлитель следует присоединять к заземляющему устройству не менее чем в четырех точках.

I-7-55. Если заземляющее устройство промышленной или другой электроустановки соединено с заземлителем электроустановки напряжением выше 1000 В с эффективно заземленной нейтралью кабелем с металлической оболочкой или броней или посредством других металлических связей, то для выравнивания потенциалов вокруг такой электроустановки или вокруг здания, в котором она размещена, необходимо соблюдение одного из следующих условий:

1) укладка в землю на глубине 1 м и на расстоянии 1 м от фундамента здания или от периметра территории, занимаемой оборудованием, заземлителя, соединенного с металлическими конструкциями строительного и производственного назначения и сетью заземления (зануления), а у входов и у въездов в здание — укладка проводников на расстояниях 1 и 2 м от заземлителя на глубине 1 и 1,5 м соответственно и соединение этих проводников с заземлителем;

2) использование железобетонных фундаментов в качестве заземлителей в соответствии с I-7-35 и I-7-70, если при этом обеспечивается допустимый уровень выравнивания потенциалов. Обеспечение условий выравнивания потенциалов с помощью железобетонных фундаментов, используемых в качестве заземлителей, определяется на основе требований специальных директивных документов.

Не требуется выполнение условий, указанных в пп. 1 и 2, если вокруг зданий имеются асфальтовые отмостки, в том числе у входов и у въездов. Если у какого-либо входа (въезда) отмостка отсутствует, у этого входа (въезда) должно быть выполнено выравнивание потенциалов путем укладки двух проводников, как указано в п. 1, или соблюдено условие по п. 2. При этом во всех случаях должны выполняться требования I-7-56.

I-7-56. Во избежание выноса потенциала не допускается питание электроприемников, находящихся за пределами заземляющих устройств электроустановок напряжением выше 1000 В сети с эффективно заземленной нейтралью, от обмоток напряжением до 1000 В с заземленной нейтралью трансформаторов, находящихся в пределах контура заземляющего устройства. При необходимости питание таких электроприемников может осуществляться от трансформатора с изолированной нейтралью на стороне до 1000 В по кабельной линии, выполненной кабелем без металлической оболочки и без брони, или по воздушной линии. Питание таких электроприемников может осуществляться также через разделяющий трансформатор. Разделяющий трансформатор и линия от его вторичной обмотки к электроприемнику, если она проходит по территории, занимаемой заземляющим устройством электроустановки, должны иметь изоляцию от земли на расчетное значение напряжения на заземляющем устройстве. При невозможности выполнения указанных условий на территории, занимаемой такими электроприемниками, должно быть выполнено выравнивание потенциалов.

ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1000 В СЕТИ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

I-7-57. В электроустановках напряжением выше 1000 В сети с изолированной нейтралью сопротивление заземляющего устройства R , Ом, при прохождении расчетного тока замыкания на землю в любое время года с учетом сопротивления естественных заземлителей должно быть не более:

при использовании заземляющего устройства одновременно для электроустановок напряжением до 1000 В

$$R = \frac{125}{I}.$$

При этом должны также выполняться требования, предъявляемые к заземлению (занулению) электроустановок напряжением до 1000 В;

при использовании заземляющего устройства только для электроустановок напряжением выше 1000 В

$$R = \frac{250}{I},$$

но не превышать 10 Ом, где R — наибольшее сопротивление заземляющего устройства; I — расчетный ток замыкания на землю, А.

I-7-58. В качестве расчетного тока принимается:

1) в сетях без компенсации емкостных токов — полный ток замыкания на землю;

2) в сетях с компенсацией емкостных токов:

для заземляющих устройств, к которым присоединены компенсирующие аппараты, — ток, равный 125 % номинального тока этих аппаратов;

для заземляющих устройств, к которым не присоединены компенсирующие аппараты, — остаточный ток замыкания на землю, который может иметь место в данной сети при отключении наиболее мощного из компенсирующих аппаратов или наиболее разветвленного участка сети.

В качестве расчетного тока может быть принят ток плавления предохранителей или ток срабатывания релейной защиты от однофазных замыканий на землю или междуфазных замыканий, если в последнем случае защита обеспечивает отключение замыканий на землю. При этом ток замыкания на землю должен быть не менее полуторакратного тока срабатывания релейной защиты или трехкратного номинального тока предохранителей.

Расчетный ток замыкания на землю должен быть определен для той из возможных в эксплуатации схем сети, при которой этот ток имеет наибольшее значение.

I-7-59. В открытых электроустановках напряжением выше 1000 В сетей с изолированной нейтралью вокруг площади, занимаемой оборудованием, на глубине не менее 0,5 м должен быть проложен замкнутый горизонтальный заземлитель (контуар), к которому подсоединяется заземляемое оборудование. Если сопротивление заземляющего устройства выше 10 Ом (в соответствии с I-7-69 для земли с удельным сопротивлением более 500 Ом·м), то следует дополнительно проложить горизонтальные заземлители вдоль рядов оборудования со стороны обслуживания на глубине 0,5 м и на расстоянии 0,8—1,0 м от фундаментов или оснований оборудования.

ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В С ГЛУХОЗАЗЕМЛЕННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

I-7-60. Нейтраль генератора, трансформатора на стороне до 1000 В должна быть присоединена к заземлителю при помощи заземляющего проводника. Сечение заземляющего проводника должно быть не менее указанного в табл. I-7-1.

Использование нулевого рабочего проводника, идущего от нейтрали генератора или трансформатора на щит распределительного устройства, в качестве заземляющего проводника не допускается.

Указанный заземлитель должен быть расположен в непосредственной близости от генератора или трансформатора. В отдельных случаях, например, во внутрищे�ховых подстанциях заземлитель допускается сооружать непосредственно около стены здания.

I-7-61. Вывод нулевого рабочего проводника от нейтрали генератора или трансформатора на щит распределительного устройства должен быть выполнен: при выводе фаз шинами — шиной на изоляторах, при выводе фаз кабелем (проводом) — жилой кабеля (провода). В кабелях с алюминиевой оболочкой допускается использовать оболочку в качестве нулевого рабочего проводника вместо четвертой жилы.

Проводимость нулевого рабочего проводника, идущего от нейтрали генератора или трансформатора, должна быть не менее 50% проводимости вывода фаз.

I-7-62. Сопротивление заземляющего устройства, к которому присоединены нейтрали генераторов или трансформаторов или выводы источника однофазного тока, в любое время года должно быть не более 2, 4 и 8 Ом соответственно при линейных напряжениях 660, 380 и 220 В источника трехфазного тока или 380, 220 и 127 В источника однофазного тока. Это сопротивление должно быть обеспечено с учетом использования естественных заземлителей, а также заземлителей повторных заземлений нулевого провода воздушных линий электропередачи напряжением до 1000 В при количестве отходящих линий не менее двух. При этом сопротивление заземлителя, расположенного в непосредственной близости от нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока, должно быть не более: 15, 30 и 60 Ом соответственно при линейных напряжениях 660, 380 и 220 В источника трехфазного тока или 380, 220 и 127 В источника однофазного тока.

При удельном сопротивлении ρ земли более 100 Ом·м допускается увеличивать указанные выше нормы в 0,01 ρ раз, но не более десятикратного.

I-7-63. На воздушных линиях электропередачи зануление должно быть осуществлено нулевым рабочим проводом, проложенным на тех же опорах, что и фазные провода.

На концах воздушных линий (или ответвлений) длиной более 200 м, а также на вводах от воздушных линий к электроустановкам, которые подлежат занулению, должны быть выполнены повторные заземления нулевого рабочего провода. При этом в первую очередь следует использовать естественные заземлители, например подземные части опор (см. I-7-70), а также заземляющие устройства, выполненные для защиты от грозовых перенапряжений (см. II-4-26).

Указанные повторные заземления выполняются, если более частые заземления не требуются по условиям защиты от грозовых перенапряжений.

Повторные заземления нулевого провода в сетях постоянного тока должны быть осуществлены при помощи отдельных искусственных заземлителей, которые не должны иметь металлических соединений с подземными трубопроводами. Заземляющие устройства на линиях постоянного тока, выполненные для защиты от грозовых перенапряжений (см. II-4-26), рекомендуется использовать для повторного заземления нулевого рабочего провода.

Заземляющие проводники для повторных заземлений нулевого провода должны быть выбраны из условия длительного прохождения тока не менее 25 А. По механической прочности эти проводники должны иметь размеры не менее приведенных в табл. I-7-1.

I-7-64. Общее сопротивление растеканию заземлителей (в том числе естественных) всех повторных заземлений нулевого рабочего провода каждой воздушной линии в любое время года должно быть не более 5, 10 и 20 Ом соответственно при линейных напряжениях 660, 380 и 220 В источника трехфазного тока или 380, 220 и 127 В источника однофазного тока. При этом сопротивление растеканию заземлителя каждого из повторных заземлений должно быть не более 15, 30 и 60 Ом соответственно при тех же напряжениях.

При удельном сопротивлении земли ρ более 100 Ом·м допускается увеличивать указанные нормы в 0,01 ρ раз, но не более десятикратного.

ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

I-7-65. Сопротивление заземляющего устройства, используемого для заземления электрооборудования, должно быть не более 4 Ом.

При мощности генераторов и трансформаторов 100 кВ·А и менее заземляющие устройства могут иметь сопротивление не более 10 Ом.

Если генераторы или трансформаторы работают параллельно, то сопротивление 10 Ом допускается при суммарной их мощности не более 100 кВ·А.

ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ В РАЙОНАХ С БОЛЬШИМ УДЕЛЬНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ ЗЕМЛИ

I-7-66. Заземляющие устройства электроустановок напряжением выше 1000 В с эффективно заземленной нейтралью в районах с большим удельным сопротивлением земли, в том числе и в районах многолетней мерзлоты, рекомендуется выполнять с соблюдением требований, предъявляемых к напряжению прикосновения (см. I-7-52).

В скальных структурах допускается прокладывать горизонтальные заземлители на меньшей глубине, чем этого требуют I-7-52—I-7-54, но не менее чем 0,15 м. Кроме того, допускается не выполнять требуемых I-7-51 вертикальных заземлителей у входов и въездов.

I-7-67. При сооружении искусственных заземлителей в районах с большим удельным сопротивлением земли рекомендуются следующие мероприятия:

1) устройство вертикальных заземлителей увеличенной длины, если с глубиной удельное сопротивление земли снижается, а естест-

венные углубленные заземлители (например, скважины с металлическими обсадными трубами) отсутствуют;

2) устройство выносных заземлителей, если вблизи (до 2 км) от электроустановки есть места с меньшим удельным сопротивлением земли;

3) укладка в траншее вокруг горизонтальных заземлителей в скальных структурах влажного глинистого грунта с последующей трамбовкой и засыпкой щебнем до верха траншеи;

4) применение искусственной обработки грунта с целью снижения его удельного сопротивления, если другие способы не могут быть применены или не дают необходимого эффекта.

I-7-68. В районах многолетней мерзлоты кроме рекомендаций, приведенных в I-7-67, следует:

1) помещать заземлители в непромерзающие водоемы и талые зоны;

2) использовать обсадные трубы скважин;

3) в дополнение к углубленным заземлителям применять протяженные заземлители на глубине около 0,5 м, предназначенные для работы в летнее время при оттаивании поверхностного слоя земли;

4) создавать искусственные талые зоны путем покрытия грунта над заземлителем слоем торфа или другого теплоизоляционного материала на зимний период и раскрытия их на летний период.

I-7-69. В электроустановках напряжением выше 1000 В, а также в электроустановках напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью для земли с удельным сопротивлением более 500 Ом·м, если мероприятия, предусмотренные I-7-66—I-7-68 не позволяют получить приемлемые по экономическим соображениям заземлители, допускается повысить требуемые настоящей главой значения сопротивлений заземляющих устройств в 0,002 ρ раз, где ρ — эквивалентное удельное сопротивление земли, Ом·м. При этом увеличение требуемых настоящей главой сопротивлений заземляющих устройств должно быть не более десятикратного.

ЗАЗЕМЛИТЕЛИ

I-7-70. В качестве естественных заземлителей рекомендуется использовать:

1) проложенные в земле водопроводные и другие металлические трубопроводы, за исключением трубопроводов горючих жидкостей, горючих или взрывчатых газов и смесей;

2) обсадные трубы скважин;

3) металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, находящиеся в соприкосновении с землей;

4) металлические шунты гидротехнических сооружений, водоводы, затворы и т. п.;

5) свинцовые оболочки кабелей, проложенных в земле. Алюминиевые оболочки кабелей не допускается использовать в качестве естественных заземлителей.

Если оболочки кабелей служат единственными заземлителями, то в расчете заземляющих устройств они должны учитываться при количестве кабелей не менее двух;

6) заземлители опор воздушных линий электропередачи, соединенные с заземляющим устройством электроустановки при помощи грозозащитного троса линии, если трос не изолирован от опор линии;

7) нулевые провода воздушных линий электропередачи напря-

жением до 1000 В с повторными заземлителями при количестве линий не менее двух;

8) рельсовые пути магистральных неэлектрифицированных железных дорог и подъездные пути при наличии преднамеренного устройства перемычек между рельсами.

I-7-71. Заземлители должны быть связаны с магистралями заземлений не менее чем двумя проводниками, присоединенными к заземлителю в разных местах. Это требование не распространяется на опоры воздушных линий электропередачи, повторное заземление нулевого провода и металлические оболочки кабелей.

I-7-72. Для искусственных заземлителей следует применять сталь.

Искусственные заземлители не должны иметь окраски.

Наименьшие размеры стальных искусственных заземлителей приведены ниже:

Диаметр круглых (прутковых) заземлителей, мм:	
неоцинкованных	10
оцинкованных	6
Сечение прямоугольных заземлителей, мм ²	48
Толщина прямоугольных заземлителей, мм	4
Толщина полок угловой стали, мм	4

Сечение горизонтальных заземлителей для электроустановок напряжением выше 1000 В выбирается по термической стойкости (исходя из допустимой температуры нагрева 400°С).

Не следует располагать (использовать) заземлители в местах, где земля подсушивается под действием тепла трубопроводов и т. п.

Траншеи для горизонтальных заземлителей должны заполнятьться однородным грунтом, не содержащим щебня и строительного мусора.

В случае опасности коррозии заземлителей должно выполняться одно из следующих мероприятий:

увеличение сечения заземлителей с учетом расчетного срока их службы;

применение оцинкованных заземлителей;

применение электрической защиты.

В качестве искусственных заземлителей допускается применение заземлителей из электропроводящего бетона.

ЗАЗЕМЛЯЮЩИЕ И НУЛЕВЫЕ ЗАЩИТНЫЕ ПРОВОДНИКИ

I-7-73. В качестве нулевых защитных проводников должны быть в первую очередь использованы нулевые рабочие проводники (см. также I-7-82).

В качестве заземляющих и нулевых защитных проводников могут быть использованы (исключения см. в гл. VII-3):

- 1) специально предусмотренные для этой цели проводники;
- 2) металлические конструкции зданий (фермы, колонны и т. п.);
- 3) арматура железобетонных строительных конструкций и фундаментов;

4) металлические конструкции производственного назначения (подкрановые пути, каркасы распределительных устройств, галереи, площадки, шахты лифтов, подъемников, элеваторов, обрамления кабин и т. п.);

5) стальные трубы электропроводок;

6) алюминиевые оболочки кабелей;

7) металлические кожухи и опорные конструкции шинопроводов, металлические короба и лотки электроустановок;

8) металлические стационарные открыто проложенные трубопроводы всех назначений, кроме трубопроводов горючих и взрывоопасных веществ и смесей, канализации и центрального отопления.

Приведенные в пп. 2—8 проводники, конструкции и другие элементы могут служить единственными заземляющими или нулевыми защитными проводниками, если они по проводимости удовлетворяют требованиям настоящей главы и если обеспечена непрерывность электрической цепи на всем протяжении использования.

Заземляющие и нулевые защитные проводники должны быть защищены от коррозии.

I-7-74. Использование металлических оболочек трубчатых проводов, несущих тросов при тросовой электропроводке, металлических оболочек изоляционных трубок, металлокорукавов, а также брони и свинцовых оболочек проводов и кабелей в качестве заземляющих или нулевых защитных проводников запрещается. Использование для указанных целей свинцовых оболочек кабелей допускается лишь в реконструируемых городских электрических сетях напряжением 220/127 и 380/220 В.

В помещениях и в наружных установках, в которых требуется применение заземления или зануления, эти элементы должны быть заземлены или занулены и иметь надежные соединения на всем протяжении. Металлические соединительные муфты и коробки должны быть присоединены к броне и к металлическим оболочкам пайкой или болтовыми соединениями.

I-7-75. Магистрали заземления или зануления и ответвления от них в закрытых помещениях и в наружных установках должны быть доступны для осмотра и иметь сечение не менее приведенных в I-7-76—I-7-79.

Требование о доступности для осмотра не распространяется на нулевые жилы и оболочки кабелей, на арматуру железобетонных конструкций, а также на заземляющие и нулевые защитные проводники, проложенные в трубах и в коробах, а также непосредственно в теле строительных конструкций (замоноличенные).

Ответвления от магистралей к электроприемникам напряжением до 1000 В допускается прокладывать скрыто непосредственно в стенах, под чистым полом и т. п. с защитой их от воздействия агрессивных сред. Такие ответвления не должны иметь соединений.

В наружных установках заземляющие и нулевые защитные проводники допускается прокладывать в земле, в полу или по краю площадок, фундаментов технологических установок и т. п.

Использование неизолированных алюминиевых проводников для прокладки в земле в качестве заземляющих или нулевых защитных проводников не допускается.

I-7-76. Заземляющие и нулевые защитные проводники в электроустановках напряжением до 1000 В должны иметь размеры не менее приведенных в табл. I-7-1 (см. также I-7-96 и I-7-104).

Сечения (диаметры) нулевых защитных и рабочих проводников воздушных линий должны выбираться в соответствии с требованиями гл. II-4.

I-7-77. В электроустановках напряжением выше 1000 В с эффективно заземленной нейтралью сечения заземляющих проводников

Таблица I-7-1. Наименьшие размеры заземляющих и нулевых защитных проводников

Наименование	Медь	Алюминий	Сталь		
			в зданиях	наруж- ных уста- новках	в земле
Неизолированные проводники:					
сечение, мм ²	4	6	—	—	—
диаметр, мм	—	—	5	6	10
Изолированные провода: сечение, мм ²	1,5*	2,5	—	—	—
Заземляющие и нулевые жилы кабелей и многожильных проводов в общей защитной оболочке с фазными жилами: сечение, мм ²	1	2,5	—	—	—
Угловая сталь: толщина полки, мм	—	—	2	2,5	4
Полосовая сталь:					
сечение, мм ²	—	—	24	48	48
толщина, мм	—	—	3	4	4
Водогазопроводные трубы (стальные): толщина стенки, мм	—	—	2,5	2,5	3,5
Тонкостенные трубы (стальные): толщина стенки, мм	—	—	1,5	2,5	Не допускается

* При прокладке проводов в трубах сечение нулевых защитных проводников допускается применять равным 1 мм², если фазные проводники имеют то же сечение.

должны быть выбраны такими, чтобы при протекании по ним наибольшего тока однофазного КЗ температура заземляющих проводников не превысила 400°C (кратковременный нагрев, соответствующий времени действия основной защиты и полного времени отключения выключателя).

I-7-78. В электроустановках напряжением до и выше 1000 В с изолированной нейтралью проводимость заземляющих проводников должна составлять не менее 1/3 проводимости фазных проводников, а сечение — не менее приведенных в табл. I-7-1 (см. также I-7-96 и I-7-104). Не требуется применения медных проводников сечением более 25 мм², алюминиевых — 35 мм², стальных — 120 мм².

В производственных помещениях с электроустановками напряжением до и выше 1000 В магистрали заземления из стальной полосы должны иметь сечение не менее 100 мм².

Допускается применение круглой стали той же проводимости.

I-7-79. В электроустановках напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью с целью обеспечения автоматического отключе-

ния аварийного участка проводимость фазных и нулевых защитных проводников должна быть выбрана такой, чтобы при замыкании на корпус или на нулевой защитный проводник возникал ток КЗ, превышающий не менее чем:

в 3 раза номинальный ток плавкого элемента ближайшего предохранителя;

в 3 раза номинальный ток нерегулируемого расцепителя или уставку тока регулируемого расцепителя автоматического выключателя, имеющего обратно зависимую от тока характеристику.

При защите сетей автоматическими выключателями, имеющими только электромагнитный расцепитель (отсечку), проводимость указанных проводников должна обеспечивать ток не ниже уставки тока мгновенного срабатывания, умноженной на коэффициент, учитывающий разброс (по заводским данным), и на коэффициент запаса 1,1. При отсутствии заводских данных для автоматических выключателей с номинальным током до 100 А кратность тока КЗ относительно уставки следует принимать не менее 1,4, а для автоматических выключателей с номинальным током более 100 А — не менее 1,25.

Полная проводимость нулевого защитного проводника во всех случаях должна быть не менее 50% проводимости фазного проводника.

Если требования настоящего параграфа не удовлетворяются в отношении значения тока замыкания на корпус или на нулевой защитный проводник, то отключение при этих замыканиях должно обеспечиваться при помощи специальных защит.

I-7-80. В электроустановках напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью в целях удовлетворения требований, приведенных в I-7-79, нулевые защитные проводники рекомендуется прокладывать совместно или в непосредственной близости с фазными.

I-7-81. Нулевые рабочие проводники должны быть рассчитаны на длительное протекание рабочего тока.

Рекомендуется в качестве нулевых рабочих проводников применять проводники с изоляцией, равноценной изоляции фазных проводников.

Такая изоляция обязательна как для нулевых рабочих, так и для нулевых защитных проводников в тех местах, где применение гофр проводников может привести к образованию электрических пар или к повреждению изоляции фазных проводников в результате искрения между неизолированным нулевым проводником и оболочкой или конструкцией (например, при прокладке проводов в трубах, коробах, лотках).

Такая изоляция не требуется, если в качестве нулевых рабочих и нулевых защитных проводников применяются кожухи и опорные конструкции комплектных шинопроводов и шины комплектных распределительных устройств (щитов, распределительных пунктов, сброк и т. п.), а также алюминиевые или свинцовые оболочки кабелей (см. I-7-74 и II-3-52).

В производственных помещениях с нормальной средой допускается использовать в качестве нулевых рабочих проводников указанные в I-7-73 металлические конструкции, трубы, кожухи и опорные конструкции шинопроводов для питания одиночных однофазных электроприемников малой мощности, например: в сетях напряжением до 42 В; при включении на фазное напряжение одиночных катушек магнитных пускателей или контакторов; при включении на фазное напряжение электрического освещения и цепей управления и сигнализации на кранах.

I-7-82. Не допускается использовать в качестве нулевых защитных проводников нулевые рабочие проводники, идущие к переносным электроприемникам однофазного и постоянного тока. Для зануления таких электроприемников должен быть применен отдельный третий проводник, присоединяемый в штепельном разъеме, ответвительной коробке, в щите, щитке, сборке и т. п. к нулевому рабочему или нулевому защитному проводнику (см. также VI-1-20).

I-7-83. В цепи заземляющих и нулевых защитных проводников не должно быть разъединяющих приспособлений и предохранителей.

В цепи нулевых рабочих проводников, если они одновременно служат для целей зануления, допускается применение выключателей, которые одновременно с отключением нулевых рабочих проводников отключают все провода, находящиеся под напряжением (см. также I-7-84).

Однополюсные выключатели следует устанавливать в фазных проводниках, а не в нулевом рабочем проводнике.

I-7-84. Нулевые защитные проводники линий не допускается использовать для зануления электрооборудования, питающегося по другим линиям.

Допускается использовать нулевые рабочие проводники осветительных линий для зануления электрооборудования, питающегося по другим линиям, если все указанные линии питаются от одного трансформатора, проводимость их удовлетворяет требованиям настоящей главы и исключена возможность отсоединения нулевых рабочих проводников во время работы других линий. В таких случаях не должны применяться выключатели, отключающие нулевые рабочие проводники вместе с фазными.

I-7-85. В помещениях сухих, без агрессивной среды, заземляющие и нулевые защитные проводники допускается прокладывать непосредственно по стенам.

Во влажных, сырых и особо сырых помещениях и в помещениях с агрессивной средой заземляющие и нулевые защитные проводники следует прокладывать на расстоянии от стен не менее чем 10 мм.

I-7-86. Заземляющие и нулевые защитные проводники должны быть предохранены от химических воздействий. В местах перекрещивания этих проводников с кабелями, трубопроводами, железнодорожными путями, в местах их ввода в здания и в других местах, где возможны механические повреждения заземляющих и нулевых защитных проводников, эти проводники должны быть защищены.

I-7-87. Прокладка заземляющих и нулевых защитных проводников в местах прохода через стены и перекрытия должна выполняться, как правило, с их непосредственной заделкой. В этих местах проводники не должны иметь соединений и ответвлений.

I-7-88. У мест ввода заземляющих проводников в здания должны быть предусмотрены опознавательные знаки.

I-7-89. Использование специально проложенных заземляющих или нулевых защитных проводников для иных целей не допускается.

СОЕДИНЕНИЯ И ПРИСОЕДИНЕНИЯ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ И НУЛЕВЫХ ЗАЩИТНЫХ ПРОВОДНИКОВ

I-7-90. Соединения заземляющих и нулевых защитных проводников между собой должны обеспечивать надежный контакт и выполняться посредством сварки.

Допускается в помещениях и в наружных установках без агрессивных сред выполнять соединения заземляющих и нулевых защитных проводников другими способами, обеспечивающими требования ГОСТ 10434-76 «Соединения контактные электрические, общие технические требования» ко 2-му классу соединений. При этом должны быть предусмотрены меры против ослабления и коррозии контактных соединений.

Соединения заземляющих и нулевых защитных проводников электропроводок и воздушных линий допускается выполнять теми же методами, что и фазных проводников.

Соединения заземляющих и нулевых защитных проводников должны быть доступны для осмотра.

I-7-91. Стальные трубы электропроводки, короба, лотки и другие конструкции, используемые в качестве заземляющих или нулевых защитных проводников, должны иметь соединения, обеспечивающие требования ГОСТ 10434—76 ко 2-му классу соединений. Должен быть также обеспечен надежный контакт стальных труб с корпусами электрооборудования, в которые вводятся трубы, и с соединительными (ответвительными) металлическими коробками.

I-7-92. Места и способы соединения заземляющих проводников с протяженными естественными заземлителями (например, с трубопроводами) должны быть выбраны такими, чтобы при разъединении заземлителей для ремонтных работ было обеспечено расчетное значение сопротивления заземляющего устройства. Водомеры, задвижки и т. п. должны иметь обходные проводники, обеспечивающие непрерывность цепи заземления.

I-7-93. Присоединение заземляющих и нулевых защитных проводников к частям оборудования, подлежащим заземлению или занулению, должно быть выполнено сваркой или болтовым соединением. Присоединение должно быть доступно для осмотра.

Для болтового присоединения должны быть предусмотрены меры против ослабления и коррозии контактного соединения.

Заземление или зануление оборудования, подвергающегося частому демонтажу или установленного на движущихся частях или частях, подверженных сотрясениям или вибрации, должно выполняться гибкими заземляющими или нулевыми защитными проводниками.

I-7-94. Каждая часть электроустановки, подлежащая заземлению или занулению, должна быть присоединена к сети заземления или зануления при помощи отдельного ответвления. Последовательное включение в заземляющий или нулевой защитный проводник заземляемых или зануляемых частей электроустановки не допускается.

ПЕРЕНОСНЫЕ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКИ

I-7-95. Питание переносных электроприемников следует выполнять от сети напряжением не выше 380/220 В.

В зависимости от категории помещения по уровню опасности поражения людей электрическим током (см. гл. I-1) переносные электроприемники могут питаться либо непосредственно от сети, либо через разделяющие или понижающие трансформаторы (см. I-7-44).

Металлические корпуса переносных электроприемников напряжением выше 42 В переменного тока и выше 110 В постоянного тока в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках должны быть заземлены или занулены, за исключе-

нием электроприемников с двойной изоляцией или питающихся от разделяющих трансформаторов.

I-7-96. Заземление или зануление переносных электроприемников должно осуществляться специальной жилой (третья — для электроприемников однофазного и постоянного тока, четвертая — для электроприемников трехфазного тока), расположенной в одной оболочке с фазными жилами переносного провода и присоединяемой к корпусу электроприемника и к специальному контакту вилки штепсельного разъема (см. I-7-97). Сечение этой жилы должно быть равным сечению фазных проводников. Использование для этой цели нулевого рабочего проводника, в том числе расположенного в общей оболочке, не допускается.

В связи с тем, что ГОСТ на некоторые марки кабелей предусматривает уменьшенное сечение четвертой жилы, разрешается для трехфазных переносных электроприемников применение таких кабелей впредь до соответствующего изменения ГОСТ.

Жилы проводов и кабелей, используемые для заземления или зануления переносных электроприемников, должны быть медными, гибкими, сечением не менее 1,5 мм² для переносных электроприемников в промышленных установках и не менее 0,75 мм² для бытовых переносных электроприемников.

I-7-97. Переносные электроприемники испытательных и экспериментальных установок, перемещение которых в период их работы не предусматривается, допускается заземлять с использованием стационарных или отдельных переносных заземляющих проводников. При этом стационарные заземляющие проводники должны удовлетворять требованиям I-7-73—I-7-89, а переносные заземляющие проводники должны быть гибкими, медными, сечением не менее сечения фазных проводников, но не менее указанного в I-7-96.

В электрических соединителях (штепсельных разъемах) переносных электроприемников, удлинительных проводов и кабелей к розетке должны быть подведены проводники со стороны источника питания, а к вилке — со стороны электроприемников.

Соединители должны иметь специальные контакты, к которым присоединяются заземляющие и нулевые защитные проводники.

Соединение между этими контактами при включении должно устанавливаться до того, как войдут в соприкосновение контакты фазных проводов. Порядок разъединения контактов при отключении должен быть обратным.

Конструкция соединителей должна быть такой, чтобы была исключена возможность соединения контактов фазных проводов с контактами заземления (зануления).

Если корпус штепсельного разъема выполнен из металла, он должен быть электрически соединен с контактом заземления (зануления).

I-7-98. Заземляющие и нулевые защитные проводники переносных проводов и кабелей должны иметь отличительный признак.

ПЕРЕДВИЖНЫЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ

I-7-99. Автономным передвижным источником питания электроэнергии называется такой источник, который позволяет осуществлять питание потребителей электроэнергией независимо от стационарных источников электроэнергии (энергосистемы).

I-7-100. Электроприемники передвижных установок могут получать питание от стационарных или передвижных источников питания электроэнергией с глухозаземленной или изолированной нейтралью.

I-7-101. Передвижные источники могут использоваться для питания электроприемников стационарных или передвижных установок.

I-7-102. При питании стационарных электроприемников от автономных передвижных источников режим нейтрали источника питания и защитные меры должны соответствовать режиму нейтрали и защитным мерам, принятым в сетях стационарных электроприемников.

I-7-103. При питании электроприемников передвижных установок от стационарных или передвижных источников с глухозаземленной нейтралью должны выполняться следующие защитные меры:

зануление, зануление в сочетании с повторным заземлением, защитное отключение или зануление в сочетании с защитным отключением.

При выполнении зануления передвижных электроустановок проводимость фазных и нулевых защитных проводников должна соответствовать I-7-79.

I-7-104. При питании электроприемников передвижных установок от стационарных и передвижных источников питания электроэнергии с изолированной нейтралью в качестве защитной меры должно выполняться защитное заземление в сочетании с металлической связью корпусов установки и источника электроэнергии или с защитным отключением (исключения — см. I-7-107).

Сопротивление заземляющего устройства передвижных установок в этом случае должно соответствовать I-7-57 и I-7-65 (см. также I-7-106).

Проводимость фазных проводников и проводников металлической связи должна соответствовать I-7-79 при двухфазном замыкании на разные корпуса электрооборудования.

Допускается также не выполнять металлическую связь корпусов источника электроэнергии и установки, если как источник питания электроэнергии, так и передвижная установка имеют собственные контуры защитного заземления, обеспечивающие допустимый уровень напряжения прикосновения при двойном замыкании на разные корпуса электрооборудования.

I-7-105. При питании электроприемников передвижных установок от передвижных автономных источников питания нейтраль трехпроводных и четырехпроводных сетей трехфазного тока и выводы двухпроводных сетей однофазного тока, как правило, должны быть изолированы. В этом случае допускается выполнять защитное заземление только источника питания, а в качестве заземляющих проводников для заземления электроприемников использовать проводники металлической связи корпусов электрооборудования.

I-7-106. При питании электроприемников передвижных установок от передвижных автономных источников с изолированной нейтралью заземляющее устройство должно выполняться с соблюдением требований либо к его сопротивлению, либо к напряжению прикосновения при однополюсном замыкании на корпус. При выполнении заземляющего устройства с соблюдением требований к сопротивлению значение его сопротивления не должно превышать 25 Ом.

Допускается повышение указанного значения сопротивления заземляющего устройства в соответствии с I-7-69.

При выполнении заземляющего устройства с соблюдением требований к напряжению прикосновения сопротивление не нормируется.

I-7-107. Допускается не выполнять защитное заземление электроприемников передвижных электроустановок, питающихся от автономных передвижных источников питания с изолированной нейтралью, в следующих случаях:

1) если источник питания электроэнергией и электроприемники расположены непосредственно на передвижной установке, их корпуса соединены металлической связью, а от источника не питаются другие электроустановки;

2) если установки (не более двух) питаются от специально предназначенного для них источника электроэнергии, не питающего другие электроустановки, и находятся на расстоянии не более 50 м от источника электроэнергии, а корпуса источника и установки соединены при помощи проводников металлической связи.

Количество электроустановок и длина питающих их кабелей не нормируются, если значения напряжений прикосновения при однополюсном замыкании на землю не превышают нормированных. Эти значения должны быть определены специальным расчетом или экспериментально;

3) если сопротивление заземляющего устройства, рассчитанного по напряжению прикосновения при однополюсных замыканиях на корпус, выше сопротивления рабочего заземления устройства постоянного контроля сопротивления изоляции.

I-7-108. Автономные передвижные источники питания с изолированной нейтралью должны иметь устройство постоянного контроля сопротивления изоляции относительно корпуса источника электроэнергии (земли).

Должна быть обеспечена возможность проверки исправности устройства контроля изоляции и его отключения.

I-7-109. Корпуса электроприемников передвижной установки должны иметь надежную металлическую связь с корпусом этой установки. При этом прокладка специальных проводников металлической связи не требуется при выполнении условия I-7-48, п. 1.

I-7-110. При выполнении металлической связи корпуса источника питания с корпусом передвижной установки в качестве проводников металлической связи корпусов электрооборудования могут применяться:

1) пятая жила кабеля в трехфазных сетях с нулевым рабочим проводником;

2) четвертая жила кабеля в трехфазных сетях без нулевого рабочего проводника;

3) третья жила кабеля в однофазных сетях.

Проводимость фазных проводников и проводимость металлической связи должна соответствовать I-7-79.

I-7-111. Заземляющие и нулевые защитные проводники, а также проводники металлической связи корпусов оборудования должны быть медными, гибкими, как правило, находиться в общей оболочке с фазными проводниками и иметь равное с ними сечение.

В сетях с изолированной нейтралью допускается прокладка заземляющих проводников и проводников металлической связи корпусов оборудования отдельно от фазных проводников. При этом их сечение должно быть не менее 2,5 мм².

Для трехфазных электроприемников передвижных установок допускается применение кабелей с сечением четвертой жилы меньше сечения фазной жилы до изменения ГОСТ на соответствующие кабели.

I-7-112. В автономных передвижных источниках электроэнергии трехфазного тока допускается использование нулевого рабочего проводника в качестве заземляющего проводника на участке от нейтрали генератора до зажимов на щите распределительного устройства.

I-7-113. В передвижных электроустановках с автономными передвижными источниками питания допускается наличие разъединяющих приспособлений в цепях всех проводников трехфазной и однофазной сети и проводников металлической связи корпусов электрооборудования.

I-7-114. При использовании защитного отключения в качестве защитной меры в передвижных электроустановках питающее напряжение должно отключаться устройствами, установленными до ввода в установку.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Глава I-1. Общая часть	5
Область применения, определения § I-1-1—I-1-18	5
Общие указания по устройству электроустановок § I-1-19—I-1-37	8
Присоединение электроустановок к энергосистеме § I-1-38	11
Передача электроустановок в эксплуатацию § I-1-39, I-1-40	11
Глава I-2. Электроснабжение и электрические сети	11
Область применения, определения § I-2-1—I-2-10	11
Общие требования § I-2-11—I-2-16	12
Категории электроприемников и обеспечение надежности электроснабжения § I-2-17—I-2-20	13
Уровни и регулирование напряжения, компенсация реактивной мощности § I-2-21—I-2-24	15
Глава I-3. Выбор проводников по нагреву, экономической плотности тока и по условиям короны	16
Область применения § I-3-1	16
Выбор сечений проводников по нагреву § I-3-2—I-3-9	16
Допустимые длительные токи для проводов, шнуров и кабелей с резиновой или пластмассовой изоляцией § I-3-10—I-3-11	19
Допустимые длительные токи для кабелей с бумажной пропитанной изоляцией § I-3-12—I-3-21	24
Допустимые длительные токи для неизолированных проводов и шин § I-3-22—I-3-24	33
Выбор сечения проводников по экономической плотности тока § I-3-25—I-3-32	39
Проверка проводников по условиям короны и радиономех § I-3-33	41
Глава I-4. Выбор электрических аппаратов и проводников по условиям короткого замыкания	42
Область применения § I-4-1	42
Общие требования § I-4-2—I-4-8	42
Определение токов короткого замыкания для выбора аппаратов и проводников § I-4-9—I-4-13	44
Выбор проводников и изоляторов, проверка несущих конструкций по условиям динамического действия токов короткого замыкания § I-4-14—I-4-15	45

Выбор проводников по условиям нагрева при коротком замыкании § I-4-16—I-4-18	46
Выбор аппаратов по коммутационной способности § I-4-19—I-4-22	47
Глава I-5. Учет электроэнергии	47
Область применения, определения § I-5-1—I-5-3	47
Общие требования § I-5-4, I-5-5	48
Пункты установки средств учета электроэнергии § I-5-6—I-5-12	48
Требования к расчетным счетчикам § I-5-13—I-5-15	51
Учет с применением измерительных трансформаторов § I-5-16—I-5-26	51
Установка счетчиков и электропроводка к ним § I-5-27—I-5-38	55
Технический учет § I-5-39—I-5-44	55
Глава I-6. Измерения электрических величин	56
Область применения § I-6-1	56
Общие требования § I-6-2—I-6-5	56
Измерение тока § I-6-6—I-6-8	57
Измерение напряжения § I-6-9—I-6-11	57
Контроль изоляции § I-6-12	58
Измерение мощности § I-6-13—I-6-15	58
Измерение частоты § I-6-16—I-6-18	59
Измерения при синхронизации § I-6-19	62
Регистрация электрических величин в аварийных режимах § I-6-20—I-6-23	62
Глава I-7. Заземление и защитные меры электробезопасности	63
Область применения, определения § I-7-1—I-7-31	63
Общие требования § I-7-32—I-7-45	66
Части, подлежащие занулению или заземлению § I-7-46—I-7-48	69
Электроустановки напряжением выше 1000 В сети с эффективно заземленной нейтралью § I-7-49—I-7-56	70
Электроустановки напряжением выше 1000 В сети с изолированной нейтралью § I-7-57—I-7-59	74
Электроустановки напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью § I-7-60—I-7-64	75
Электроустановки напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью § I-7-65	76
Электроустановки в районах с большим удельным сопротивлением земли § I-7-66—I-7-69	76
Заземлители § I-7-70—I-7-72	76
Заземляющие и нулевые защитные проводники § I-7-73—I-7-89	77
Соединения и присоединения заземляющих и нулевых защитных проводников § I-7-90—I-7-94	78
Переносные электроприемники § I-7-95—I-7-98	82
Передвижные электроустановки § I-7-99—I-7-114	83
	84