АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
“НИИПРОЕКТЭЛЕКТРОМОНТАЖ”

ПОСОБИЕ
по применению “Инструкции по устройству сетей заземления и молниезащите”

“КЭНДИ”

Москва, 1994

gost.e-ecolog.ru

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«НИИПРОЕКТЭЛЕКТРОМОНТАЖ»

ПОСОБИЕ
по применению «Инструкции по устройству сетей заземления и молниезащите»

(Инструкция введена в действие взамен СН 102-76 с января 1993 г.)

Авторы: *д.т.н. Р.Н. Карякин*
к.т.н. Б.И. Солнцев
инж. Л.К. Коновалова

«КЭНДИ»
Москва, 1994

УДК 621.313/.316

Пособие по применению «Инструкции по устройству сетей заземления и молниезащите» М., Кэнди, 1994. – 84с.

Пособие предназначено для инженерно-технических работников и квалифицированных рабочих электромонтажных организаций, а также проектировщиков и энергетиков промышленных предприятий.

Авторы: *Рудольф Николаевич Карякин*
Валерий Иванович Солнцев
Лидия Константиновна Коновалова

© Акционерное общество «НИИПРОЕКТЭЛЕКТРОМОНТАЖ»

ISBN 5-85528-034-9

Предисловие

Пособие содержит практические рекомендации по применению Инструкции с учетом особенностей электроустановок.

Все основные технические решения Инструкции строго соответствуют требованиям Правил устройства электроустановок, 6 изд., 1987 г.

Действующие Правила устройства электроустановок (ПУЭ) достаточно четко регламентируют требования к электробезопасности. Согласно ПУЭ требуется выполнять заземление или зануление электроустановок:

1) при напряжении 380 В и выше переменного тока и 440 В и выше постоянного тока — во всех электроустановках;

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 взрывоопасных зон и электросварочных установок.

Рекомендации ПУЭ не обеспечивают электробезопасности как в помещениях, так и на территориях размещения наружных электроустановок.

Для обеспечения электробезопасности согласно стандарту МЭК 364-4-41-1992 требуется выполнять заземление или зануление электроустановок:

1) при номинальном напряжении более 50 В переменного тока (действующее значение) или более 120 В постоянного (выпрямленного) тока —во всех электроустановках;

2) при номинальных напряжениях выше 25 В переменного тока (действующее значение) или выше 60 В выпрямленного тока — только в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных электроустановках.

Заземление или зануление в электроустановках не требуется при номинальных напряжениях до 25 в переменного тока или до 60 В выпрямленного тока во всех случаях, кроме взрывоопасных зон и электросварочных установок.

Защита от прямого прикосновения с помощью ограждений или оболочек или изоляции не требуется, если электрооборудование находится в зоне действия системы уравнивания потенциалов и номинальное напряжение не превышает:

- 25 В переменного тока или 60 В выпрямленного тока при условии, что оборудование нормально эксплуатируется только в сухих помещениях и мала вероятность контакта человека с частями, могущими оказаться под напряжением;
- 6 В переменного тока или 15 В выпрямленного тока во всех остальных случаях.

Сравнение сопоставимых нормативов ПУЭ и стандартов МЭК позволяет сделать вывод о необходимости существенного ужесточения требований к защитным мерам. В частности, в помещениях без повышенной опасности согласно стандарту МЭК 364-4-41-1992 требуется выполнять заземление или зануление при номинальном напряжении в 7,6 раз меньше, чем установлено требованиями ПУЭ.

Пункт 1.7.39 ПУЭ предполагает, что все приемники должны быть занулены, при этом заземление приемников не обязательно. Однако, в этом случае на корпусе приемника в случае аварии (пробое на корпус), может оказаться потенциал 150 В и более.

Пункт 7.1.58 ПУЭ допускает до освоения промышленностью массового выпуска переносных электроприемников с зеземленными металлическими корпусами с трехпроводными соединительными шнурами и соответствующими электроустановочными устройствами не выполнять зануление металлических корпусов электроприемников.

В связи с решением Госстроя РФ, Госстандарта РФ, Минтопэнерго РФ поручить Главгосэнергонадзору начиная с 1 января 1995 года осуществлять приемку электроустановок зданий с учетом требований комплекса стандартов МЭК «Электроустановка зданий», принятых в 1993-1994 годах в качестве Государственных стандартов, Госстрой России на основании стандартов МЭК должен дать указание строительным и проектным организациям о внесении соответствующих изменений в проектную документацию.

Настоящее пособие по применению « Инструкций по устройству сетей заземления и молниезащите» учитывает требования стандарта ГОСТ Р-50571.93 (МЭК 364-1-72, МЭК 364-2-70) «Электроустановки зданий. Общие положения», устанавливающие общие положения безопасности. Кроме того, в пособии нашли отражение основные требования проектов стандартов ГОСТ Р МЭК 364-3-1993

«Основные характеристики» и ГОСТ Р МЭК 364-4-41-1992 «Защита от поражения электрическим током».

Авторы сочли возможным во всех случаях имеющегося расхождения между формулировками Инструкции и упомянутого стандарта придерживаться формулировок последнего.

В силу ограниченного объема Инструкции вопросы практического использования заземляющих, зануляющих и молниезащитных свойств стальных и железобетонных строительных конструкций производственных зданий и сооружений не смогли быть отражены в ней с надлежащей полнотой.

Интересы строительно-монтажных и эксплуатирующих организаций требуют конкретных указаний по использованию заземляющих и зануляющих свойств строительных конструкций. Такие указания содержатся в Пособии.

В необходимых случаях в Пособии даются ссылки на нормативные и справочные материалы, помещенные в качестве Приложений к Пособию.

В частности, в целях повышения уровня электро- , взрыво и пожаробезопасности рекомендуется проектным и монтажным организациям руководствоваться при создании электроустановок в производственных зданиях требованиями:

- при выполнении зданий по индивидуальным проектам — «Унифицированного задания строительным проектным организациям по использованию металлических и железобетонных конструкций зданий в качестве заземляющих устройств» (см. Промышленная энергетика»,1982 г. 5 стр.47-51),

- при выполнении зданий из типовых строительных конструкций — Материалов для проектирования «Заземление и молниезащита одноэтажных и многоэтажных зданий промышленных предприятий с использованием типовых строительных конструкций в качестве заземляющих устройств и токоотводов» (П-8).

Это является необходимым и достаточным для использования стальных и железобетонных каркасов в качестве дополнительного нулевого проводника, шунтирующего четвертую жилу кабеля.

Учитывая, что использование организованных каркасов значительно снижает значение напряжения прикосновения и улучшает условия работы защиты, а также при этом удовлетворяются требования, предъявляемые строителями к условиям работы железобетонных конструкций, рекомендуется наряду со специально проложенными заземляющими и нулевыми защитными проводниками выполнять организованные каркасы производственных зданий. В первую очередь организованные каркасы должны использоваться

для объектов, к которым предъявляются повышенные требования к электробезопасности и взрывопожарной безопасности.

Типовые узлы зануления электрооборудования при использовании каркаса здания в качестве нулевого защитного проводника даны в приложении 9 (П-9).

В целях повышения уровня электро-, взрыво- и пожаробезопасности рекомендуется использовать стальные и железобетонные каркасы производственных зданий в качестве дополнительных нулевых защитных проводников. Для этого рекомендуется присоединить к каркасу здания нулевые точки трансформаторов, корпуса силовых распределительных щитов, силовых пунктов, групповых и индивидуальных щитков освещения, магистральных и распределительных шинопроводов.

В информационных письмах Главгосэнергонадзора даны предельно допустимые плотности тока в приарматурном слое бетона ($А/м^2$), допустимая плотность тока для стальных проводов и стальной арматуры ($кА/мм^2$) в зависимости от времени протекания тока (П-1), предельно допустимый диаметр напрягаемой стержневой арматуры, могущей быть использованной в заземляющих устройствах (П-2), сформулированы условия, при которых не требуется выполнять искусственные заземлители городских ТП с кабельными линиями (П-3)

Пособие содержит также рекомендации по применению требований Инструкции к устройству сетей заземления и молниезащите действующих электроустановок.

Рекомендации Пособия даны по пунктам Инструкции, требующим дополнения и конкретизации.

В целях большей четкости все изложение материала Пособия построено на основе использования терминологии, принятой в ПУЭ и в ГОСТ Р – 50571.1-93. В необходимых случаях термины и их определения уточнены в соответствии с современными представлениями (Приложение 4).

1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

К п. 1.1. Инструкции

Информационные письма Главгосэнергонадзора 94-6/34-ЭТ от 12.11.90 «Об уточнении требований к заземлителям и защитным проводникам» и 94-58/804 от 12.12.90 «О разъяснении информационного письма от 12.11.90 № 94-6/34-ЭТ» даны в Приложениях 1, 2.

Инструкция распространяется на вновь сооружаемые и реконструируемые электроустановки до 500 кВ, в том числе на специальные электроустановки, оговоренные в разделе 7. ПУЭ.-.6 изд.: Электрооборудование жилых и общественных зданий, зрелищных предприятий, клубных учреждений и спортивных сооружений; электроустановки во взрывоопасных и пожароопасных зонах; электротермические, электросварочные установки, торфяные электроустановки.

Требования Инструкции могут быть использованы для повышения безопасности действующих электроустановок.

К п. 1.3.

В Инструкции приведены нормы напряжений, регламентируемые действующими ПУЭ, 6 изд. В связи с выходом в свет Решения Госстроя РФ, Госстандарта РФ, Минтопэнерго РФ «О развитии нормативной базы для безопасного применения электрооборудования класса защиты I по электробезопасности в электроустановках зданий на основе комплекса стандартов МЭК». «Электроустановки зданий» (см. Приложение 5) ниже наряду с нормами ПУЭ приведены нормы напряжений стандарта МЭК 364-41-1992, данные в скобках.

Заземление или зануление электроустановок следует выполнять:

1) при номинальном напряжении выше 380 В (50 В) переменного тока или выше 440 В (120 В) постоянного тока — во всех электроустановках (см. также ПУЭ 1.7.44 и 1.7.48);
2) при номинальном напряжении выше 42 В (25В), но ниже 380 В (50 В) переменного тока и выше 110 В (60 В), но ниже 440 В (120 В) постоянного тока — только в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках.

Заземление и зануление электроустановок не требуется при номинальных напряжениях до 42В (25 В) переменного тока и

до 110 В (60 В) постоянного тока во всех случаях, кроме указанных в ПУЭ 1.7.46 и в ПУЭ гл. 7.3 и 7.6.

К п.п. 1.4-1.6

Для защиты людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции должна применяться , по крайней мере, одна из следующих защитных мер: заземление, зануление, защитное отключение, разделяющие трансформаторы, изолирующие площадки, безопасное сверхнизкое напряжение (БСНН), двойная изоляция, а также выравнивание потенциалов.

1.1. Защитные меры электробезопасности.

Защитные меры	Общие требования к защитным мерам	Условия применения
Заземление	1. 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 необходимости снижения плотности токов, протекающих по естественным заземлителям или стекающих с них.	1. Нормируемые значения 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.

Защитные меры	Общие требования к защитным мерам	Условия применения
	2. 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 том числе протяженные, заземляющие проводники.	2. В электроустановках выше 1 кВ с изолированной нейтралью должно быть выполнено заземление. В таких электроустановках должна быть предусмотрена возможность быстрого отыскания замыканий на землю. Защита от замыканий на землю должна устанавливаться с действием на отключение (по всей электрически связанной сети) в тех случаях, в которых это необходимо по условиям безопасности (для линий, питающих передвижные подстанции и механизмы, торфяных разработок и т. п.).
	3. Заземляющее устройство, используемое для заземления электроустановок одного или различных назначений и напряжений, должно удовлетворять всем требованиям, предъявляемым к заземлению этих электроустановок: защиты людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции, режима работы сетей защиты электрообо-	3. Электроустановки до 1 кВ 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 электро-

Защитные меры	Общие требования к защитным мерам	Условия применения
	рудования от перенапряжения и т. д.	установок должно быть выполнено заземление в сочетании с контролем изоляции сети или защитное отключение. 4. Трехфазная сеть до 1 кВ с изолированной нейтралью или однофазная сеть до 1 кВ с изолированным выводом, связанная через трансформатор с сетью выше 1 кВ, должна быть защищена пробивным предохранителем от опасности, возникающей при повреждении изоляции между обмотками высшего и низшего напряжений трансформатора, при этом должен быть предусмотрен контроль за целостностью пробивного предохранителя.
Зануление	В электроустановках напряжением до 1 кВ с заземленной нейтралью или заземленным выводом источника однофазного тока, а также с заземленной средней точкой в трехпроводных сетях постоянного тока должно быть выполнено зануление. Применение в	Электроустановки до 1 кВ переменного тока могут быть с заземленной или с изолированной нейтралью, электроустановки постоянного тока — с заземленной или изолированной средней точкой, а электроустановки с однофазными источниками тока — с одним

Защитные меры	Общие требования к защитным мерам	Условия применения
	таких электроустановках зануления корпусов электроприемников без их заземления не рекомендуется.	заземленным или с обоими изолированными выводами. В четырехпроводных сетях трехфазного тока заземление нейтрали или средней точки источника тока является обязательным.
Защитное отключение	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 по надежности действия специальным техническим условиям.	Рекомендуется выполнять защитное отключение для переносного ручного электроинструмента, некоторых жилых и общественных помещений, насыщенных металлическими конструкциями, имеющими связь с землей.

Защитные меры	Общие требования к защитным мерам	Условия применения
Разделяющий трансформатор	В электроустановках до 1 кВ 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 50 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 автоматического выключателя на первичной стороне не более 15 А;	Корпус трансформатора в зависимости от режима нейтрали сети, питающей первичную обмотку, должен быть заземлен или занулен. Заземление корпуса электроприемника, подсоединенного к такому трансформатору, не требуется. Если понижающие трансформаторы не являются разделяющими, то в зависимости от режима нейтрали сети, питающей обмотку, следует заземлять или занулять корпус трансформатора, а также один из выводов (одну из фаз) или нейтраль (среднюю точку) вторичной обмотки.

Защитные меры	Общие требования к защитным мерам	Условия применения
	3) заземление вторичной обмотки разделяющего трансформатора не допускается; 4) понижающие трансформаторы со вторичным напряжением 50 В и ниже могут быть использованы в качестве разделяющих, если они удовлетворяют требованиям, приведенным в п.п. 1 и 2.	
Изолирующие площадки	При невозможности выполнения заземления, зануления и защитного отключения, удовлетворяющих сформулированным требованиям, или если это представляет значительные трудности по техническим причинам, допускается обслуживание электрооборудования с изолирующих площадок. 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 прикос-	

Защитные меры	Общие требования к защитным мерам	Условия применения
	новения к электрооборудованию и частям здания.	
Безопасное сверхнизкое напряжение (БСНН)	Электроустановки, в которых в качестве меры защиты используется безопасное сверхнизкое напряжение, должны удовлетворять следующим требованиям: 1) в качестве источника БСНН может применяться источник, конструкция которого исключает возникновение на выходных зажимах напряжения, превышающего БССН, либо который имеет аппарат защиты от такого режима; 2) корпуса электроприемников, питающихся от источников БССН, не заземляются и не зануляются.	Допускается не проверять значение напряжения прикосновения и, как правило, не применять защитных мер в электроустановках БССН.
Двойная изоляция	Защита от электропоражения с помощью двойной изоляции может быть обеспечена путем применения электрооборудования, имеющего двойную изоляцию.	Двойная изоляция применяется в любой электроустановке до 1 кВ, как правило, для отдельных электроприемников или частей электроустановки.

Защитные меры	Общие требования к защитным мерам	Условия применения
	(электрооборудование класса защиты II по ГОСТ 12.2.007-75*), или комплектных устройств заводского изготовления, имеющих общую изолирующую оболочку со степенью защиты не менее 1Р2Х (по ГОСТ 14254-80).	
Выравнивание потенциалов	Выравнивание потенциалов должно выполняться во всех случаях в электроустановках, в которых применяется заземление или зануление, но не обеспечиваются допустимые значения напряжения прикосновения в сочетании с допустимым временем его воздействия.	Для устройства выравнивания потенциалов следует применять, как правило, сталь.

К п. 1.4.

Заземляющие устройства электроустановок выше 1 кВ сети с эффективно заземленной нейтралью следует выполнять с соблюдением требований либо к их сопротивлению, либо к напряжению прикосновения, а также с соблюдением требований к конструктивному выполнению и к ограничению напряжения на заземляющем устройстве. Требования не распространяются на заземляющие устройства опор ВЛ.

1.2. Предельно допустимые сопротивления заземляющего устройства электроустановки напряжением выше 1 кВ сети с эффективно заземленной нейтралью.

Сопротивление заземляющего устройства R, Ом	Удельное сопротивление земли,
0,5 10^{-3} 5	$\rho \leq 500$, $500 \leq \rho \leq 5000$ $\rho \geq 5000$

Примечания: 1. Заземляющее устройство, которое выполняется с соблюдением требований к его сопротивлению, должно иметь в любое время года сопротивление не более указанного, включая сопротивление естественных заземлителей.

2. 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.

1.3. Предельно допустимое напряжение на заземляющем устройстве при стекании с него тока замыкания на землю.

Нормируемое напряжение, V, кВ	Дополнительные защитные меры
До 5	Не требуется
$S \leq V \leq 10$	Должны быть предусмотрены меры по защите изоляции отходящих кабелей связи и телемеханики и по предотвращению выноса опасного потенциала заземляющего устройства за пределы электроустановки.
Более 10	Исключен вынос потенциала заземляющего устройства за пределы зданий и внешних ограждений электроустановки.

В электроустановках напряжением выше 1 кВ сети с изолированной нейтралью сопротивление R заземляющего устройства при прохождении расчетного тока замыкания на землю I в любое время года с учетом сопротивления естественных заземлителей должно быть не более значений, приведенных в таблице, при этом должны

выполняться также требования, предъявляемые к заземлению (занулению) электроустановок напряжением до 1 кВ.

1.4. Предельно допустимое сопротивление заземляющего устройства элекроустановок напряжением выше 1 кВ с изолированной нейтралью.

Использование заземляющего устройства	Сопротивление заземляющего устройства, R, Ом	Удельное сопротивление земли, ρ, Ом, м
Для электроустановок напряжением до 1 кВ и выше	R=125/I, но не более 10 Ом	$\rho \leq 500$,
Для электроустановок напряжением выше 1 кВ	R=250/I, но не более 10 Ом	$\rho \leq 500$,
Для электроустановок напряжением до 1 кВ и выше	$R=0,25\rho/I$	$500 \leq \rho \leq 5000$,
Только для электроустановок напряжением выше 1 кВ	$R=0,50\rho/I$ но не более 100 Ом	
Для электроустановок напряжением до 1 кВ и выше	R=1250/I,	$\rho \leq 5000$
Только для электроустановок напряжением выше 1 кВ	R=2500/I, но не более 100 Ом	

Примечания: 1. В качестве расчетного тока I принимается

а) в сетях без компенсации емкостных токов - полный ток замыкания на землю;

б) 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, проходящий в данной сети при отключении наиболее мощного из компенсирующих аппаратов или наиболее разветвленного участка цепи.

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.

2. В открытых электроустановках напряжением выше 1 кВ сетей изолированной нейтралью, вокруг площади, занимаемой оборудованием, на глубине не менее 0,5 м должен быть проложен замкнутый горизонтальный заземлитель (контур), к которому подсоединяется заземляемое оборудование. Если сопротивление заземляющего устройства более 10 Ом (для земли с 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 м от фундаментов или оснований оборудования.

1.5. Предельно допустимое сопротивление заземляющего устройства электроустановки напряжением до 1 кВ с изолированной нейтралью.

Мощность генераторов, S, кВ . А	Сопротивление заземляющего устройства, R, Ом	Удельное сопротивление земли, ρ, Ом . м
>100 ≤100	4 10	$\rho \leq 500$
>100 ≤100	$8 \cdot 10^{-3} \rho$ $2 \cdot 10^{-2} \rho$	$500 \leq \rho \leq 5000$
>100 ≤100	40 100	$\rho \geq 5000$

Примечание: Если генераторы или трансформаторы работают параллельно, то сопротивление определяется их суммарной мощностью.

К п. 1.5.

В электроустановках до 1 кВ с заземленной нейтралью или с заземленным выводом источника однофазного тока, а также с заземленной средней точкой в трехпроводных сетях постоянного тока, должно быть выполнено зануление и повторное заземление. Применение в таких электроустановках зануления корпусов электроприемников без повторного заземления не рекомендуется.

Предельно допустимые значения сопротивлений растеканию заземляющего устройства электроустановок напряжением до 1 кВ с заземленной нейтралью даны в табл. 1.5.1. (заземление ней-

тралей генераторов или трансформаторов или выводов источника однофазного тока) и в табл. 1.5.2. (повторные заземлители).

1.6 Предельно допустимое сопротивление заземляющего устройства, к которому присоединены нейтрали генераторов или трансформаторов или выводы источников однофазного тока.

Линейное напряжение источника тока, В		Сопротивление заземляющего устройства, R, Ом	Удельное сопротивление земли, ρ, Ом . м
трехфазного	однофазного		
660 380 220	380 220 127	2 4 8	$\rho \leq 100$
660 380 220	380 220 127	$0{,}02\rho$ $0{,}04\rho$ $0{,}08\rho$	$100 \leq \rho \leq 1000$
660 380 220	380 220 127	20 40 80	$\rho \geq 1000$

Примечания: 1. Сопротивление заземляющего устройства, к которому присоединены нейтрали генераторов или трансформаторов или выводы источника однофазного тока, в любое время года должно быть не более приведенных значений. Это сопротивление должно обеспечиваться с учетом использования естественных заземлителей, а также заземлителей повторных заземлений нулевого провода ВЛ напряжением до 1 кВ при числе отходящих линий не менее двух.

2. Нейтраль генератора, трансформатора на стороне до 1 кВ должна быть присоединена к заземлителю при помощи заземляющего проводника.

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

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

3. Вывод нулевого рабочего проводника от нейтрали генератора или трансформатора на щит РУ 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.

1.7. Предельно допустимое сопротивление повторных заземлителей электроустановки напряжением до 1 кВ с заземленной нейтралью.

Линейное напряжение источника тока, В		Сопротивление заземляющего устройства, R, Ом	Удельное сопротивление земли, ρ, Ом . м
трехфазного	однофазного		
660 380 220	380 220 127	5/15 10/30 20/60	$\rho \leq 100$
660 380 220	380 220 127	0,05/0,15 0,10/0,30 0,20/0,60	$100 \leq \rho \leq 1000$
660 380 220	380 220 127	50/150 100/300 200/600	$\rho > 1000$

Примечания:1. Общее сопротивление растеканию заземлителей (в том числе естественных) всех повторных заземлений нулевого рабочего провода каждой ВЛ в любое время года должно быть не более значений, приведенных в знаменателе дроби.

2. На ВЛ зануление должно быть осуществлено рабочим проводом, проложенным на тех же опорах, что и фазные провода.

3. На концах ВЛ (или ответвлений от них) длиной более 200 м, а также на отводах от ВЛ к электроустановкам, которые подлежат занулению, должны быть выполнены повторные заземлители нулевого рабочего провода. При этом в первую очередь следует использовать естественные заземлители, например подземные части опор, а также заземляющие устройства, выполненные для защиты от грозовых перенапряжений.

Указанные повторные заземлители не требуются по условиям защиты от грозовых перенапряжений.

4. Повторные заземлители нулевого провода в сетях постоянного тока должны быть выполнены при помощи отдельных искусственных заземлителей, которые не должны иметь металлических соединений с подземными трубопроводами. Заземляющие устройства на ВЛ постоянного тока, выполненные для защиты от грозовых перенапряжений, рекомендуется использовать для повторного заземления нулевого рабочего проводника.

5. Заземляющие проводники для повторных заземлителей нулевого провода должны быть выбраны из условия длительного прохождения тока не менее 25 А.

К п. 1.7.2 г), д)*)

Дать в следующей редакции:

г) каркасы распределительных щитов, щитов управления, щитков и шкафов, в том числе съемные или открывающиеся части, если на последних установлено электрооборудование напряжением выше 42 В (25 В) переменного тока или выше 110В (60 В) постоянного тока;

д) металлические оболочки и броня контрольных и силовых кабелей и проводов напряжением до 42 В (25 В) переменного тока и до 110 В (60 В) постоянного тока, проложенных в 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 занулению.

К п. 1.8.5.*)

Дать в следующей редакции:

Съемные или открывающиеся части металлических каркасов, камер распределительных устройств, шкафов, ограждений и т. п., если они не расположены во взрывоопасных зонах и если на этих частях не установлено электрооборудование или напряжение установленного оборудования не превышает 42 В (25 В) переменного тока или 110 В (60 В) постоянного тока.

К п. 1.9.

Дать в следующей редакции:

С целью уравнивания потенциалов в тех помещениях и наружных установках, в которых применяются заземление и зануление, металлические и железобетонные строительные конструкции зданий и сооружений, производственные конструкции, стационарно

---

*) См. «К п. 1.3» и П-5

проложенные металлические трубопроводы всех назначений, металлические корпуса технологического оборудования, подкрановые и железнодорожные рельсовые пути и т. п., должны быть присоединены к сети заземления и зануления.

При этом должна быть обеспечена непрерывность электрической цепи, образованной стальными и железобетонными каркасами производственных зданий и сооружений, на всем протяжении их использования в качестве дополнительного нулевого защитного проводника (НЗП), шунтирующего четвертую жилу кабеля, и естественного заземляющего устройства.

2. ЗАЗЕМЛИТЕЛИ

2.1.Естественные заземлители

К п. 2.1.1.

Для заземления электроустановок в первую очередь должны быть использованы естественные заземляющие устройства. Если при этом сопротивление заземляющих устройств или напряжения прикосновения имеют допустимые значения, а также обеспечиваются нормированные значения напряжения на заземляющих устройствах, то искусственные заземляющие устройства должны применяться лишь при необходимости снижения плотности токов, протекающих по естественным заземляющим проводникам, и стекающих с естественных заземлителей.

К п. 2.1.1, табл.2.

2.1.1. Влияние параметров защитного покрытия на сопротивление растеканию полусферического заземлителя в земле с удельным электрическим сопротивлением ρ

1. Битумное покрытие толщиной 3 мм (слабоагрессивная среда) не оказывает заметного влияния на сопротивление заземлителя. При расчете электрического сопротивления железобетонных фундаментов его можно не учитывать во всем диапазоне изменения удельного сопротивления земли при любых геометрических размерах фундаментного поля.

2. Битумное покрытие толщиной 6 мм (слабоагрессивная среда), битумно-латексное покрытие (слабоагрессивная среда)

оклеечное покрытие с битумными рулонными материалами толщиной 4 мм (среднеагрессивная среда) при $\rho_{эк} \leq 10^2$ Ом . м и $\sqrt{S} \leq 100$ м вызывают повышение сопротивления фундаментного поля на 33%. В остальных случаях влияние этих покрытий на сопротивление фундаментов пренебрежимо мало. В расчетах электрического сопротивления фундаментов влияние этих покрытий следует учитывать только при указанном условии.

3.Битумно-латексное покрытие толщиной 6 мм (слабоагрессивная среда) при $\sqrt{S} \leq 100$ м и $\rho_{эк} \leq 10^3$ Ом . м вызывают повышение сопротивления фундаментов на 33%. При $\sqrt{S} \leq 500$ м это увеличение становится заметным со значения $\rho_{эк} \leq 5 \times 10^2$ Ом . м. При $\sqrt{S} \leq 100$ м и $\rho_{эк} \leq 10^2$ Ом . м это покрытие увеличивает сопротивление фундаментов более, чем в 4 раза. Однако это обстоятельство не является препятствием для использования железобетонных фундаментов в слабоагрессивных средах.

4. Оклеечное покрытие с химически стойкими пленочными материалами в два-три слоя (сильноагрессивная среда) при $\sqrt{S} \leq 500$ м и $\rho_{эк} \leq 5 \times 10^3$ Ом . м не оказывают заметного влияния на сопротивление железобетонных фундаментов. При снижении сопротивления земли до 10^3 ом. м (или уменьшении $\sqrt{S}$ до 100 м) эти покрытия вызывают увеличение сопротивления фундаментов на 33%. При $\sqrt{S} \leq 100$ м и $\rho_{эк} \leq 100$ Ом.м применение покрытия приводит к возрастанию сопротивления фундаментов более, чем в 17 раз. Указанное обстоятельство не может быть препятствием для использования железобетонных фундаментов в качестве заземлителей в сильноагрессивных средах. При расчете электрического сопротивления фундаментов всегда следует учитывать влияние этих покрытий, кроме случая, когда $\sqrt{S} \geq 500$ м, и $\rho_{эк} \geq 5 \times 10^3$ Ом . м

5. Битумно-этиленовые, эпоксидные, каменноугольно-эпоксидные, битумно-эпоксидные и оклеечные покрытия, усиленные рулонными материалами с защитной стенкой, во всех случаях оказывают заметное влияние на сопротивление железобетонных фундаментов. Сопротивление фундаментов для первых трех покрытий при $\rho_{эк} \leq 5 \times 10^2$ Ом . м* и для последнего покрытия при $\rho_{эк} \leq 5 \times 10^2$ Ом . м - в десятки раз, для последнего покрытия при $\rho_{эк} \leq 10^2$ Ом . м и $\sqrt{S} \leq 100$ м — в сотни раз.

---

*увеличивается в несколько раз, для первых трех покрытий при $\rho_{эк} \leq 10^2$ Ом.м.

Для оценки влияния защитного покрытия на электрические параметры железобетонных фундаментов целесообразно рассмотреть их сопротивления растеканию с учетом сопротивления гидроизоляции.

В крупных производственных зданиях ($\sqrt{S} \geq 500$ м) применение защитных покрытий в слабоагрессивных средах, а также оклеечных с битумными рулонными материалами в среднеагрессивных средах не препятствует использованию их железобетонных фундаментов в качестве единственного заземлителя для электроустановок напряжением выше 1 кВ с эффективно заземленной нейтралью даже при нормировании по сопротивлению растекания заземлителя[1]. Более того, это положение оказывается справедливым даже при некоторых видах защитных покрытий, применяемых в сильноагрессивных средах (в частности, при оклеечных покрытиях с химически стойкими пленочными материалами в два-три слоя) при условии, что $\rho_{эк} \geq 150$ Ом.м.

Для крупных производственных зданиях ($\sqrt{S} \geq 500$ м) применение защитных покрытий в слабо-, средне-, и сильноагрессивных средах не препятствует использованию их железобетонных фундаментов в качестве единственного заземлителя для электроустановок напряжением выше 1 кВ с заземленной нейтралью при нормировании по сопротивлению растекания заземлителя. Исключением является только применение оклеечных покрытий, усиленных рулонными материалами с защитной стенкой толщиной 7,5 мм в сильноагрессивных средах ($R_и = 10^6$ Ом . м^2) при удельном сопротивлении земли менее 150 Ом. м.

Для остальных производственных зданиях ($\sqrt{S} < 500$ м) применение защитных покрытий в слабо- и среднеагрессивных средах не препятствует использованию их железобетонных фундаментов в качестве единственного заземлителя для электроустановок напряжением до 1 кВ с заземленной нейтралью при нормировании по сопротивлению растекания заземлителя. Исключением является только применение битумно-этиленового покрытия (три-четыре слоя) в среднеагрессивных средах ($R_и = 10^5$ Ом . м^2) при удельном сопротивлении земли менее 500 Ом. м.

---

[1] Здесь и далее принято , что превышение значений над нормированными должно быть не более 10% (для расчетов, основанных на использовании электрических параметров земли, это представляется оправданным).

Применение защитных покрытий в сильноагрессивных средах для производственных зданий, имеющих $\sqrt{S}$ <500 м, ограничивает использование их железобетонных фундаментов в качестве единственного заземлителя для электроустановок напряжением до 1 кВ с заземленной нейтралью по нормированию по сопротивлению растекания заземлителя следующими удельными сопротивлениями земли:

$\rho_{эк} \geq 250$ Ом. м в случае применения оклеечных покрытий с химически стойкими пленочными материалами (два-три слоя);

$\rho_{эк} \geq 500$ Ом. м в случае применения каменноугольно-эпоксидных, битумно-эпоксидных (три-четыре слоя).

Применение для защиты железобетонных фундаментов от воздействия слабо-, средне-, и сильноагрессивных сред всех видов защитных покрытий, выполняемых в соответствии со СниП 11-28-73, не препятствует использованию фундаментов производственных зданий в качестве заземлителей промышленных электроустановок.

Обеспечение электрокоррозионной стойкости наряду с обеспечением термической стойкости стальной арматуры и приарматурного слоя бетона является обязательным как в неагрессивных, так и в слабо-, средне-, и сильноагрессивных грунтах.

В настоящее время в отечественной практике в качестве основных критериев электрокоррозионной термической стойкостей принимаются следующие допустимые плотности тока, стекающего с арматуры в бетон: 30 кА/м^2 при токе молнии; 1 кА/м^2 при токе КЗ длительностью до 3 с; 1 А/м^2 (0,1 мА/см^2) при длительном переменном токе 50 Гц; 0,06 А/м^2 (0,006 мА/см^2) при длительном постоянном или выпрямленном токе

Приведенные значения плотностей тока при длительном воздействии пригодны и в наиболее жестких условиях — железобетонные фундаменты в сильноагрессивных грунтах. Для неагрессивных и слабоагрессивных грунтов нормы плотностей тока, очевидно, могут быть увеличены. Приведенные выше нормы плотностей тока для производственных зданий промышленных предприятий выполняются.

Таким образом, рекомендации о возможности использования в качестве заземлителей железобетонных фундаментов, защищенных от воздействия агрессивных сред, построены с учетом выполнения наиболее жестких норм по предельно допустимым плотностям тока, стекающего со стальной арматуры в приарматурный слой бетона железобетонного фундамента.

2.1.2.Использование заземляющих свойств зданий.

При использовании заземляющих свойств зданий необходимо соблюдать следующие общие требования:

-соединение арматуры железобетонных колонн с арматурой фундамента, используемого в качестве заземлителя, должно осуществляться перемычкой диаметром не менее 12 мм. Соединение металлических колонн с арматурой железобетонных фундаментов-заземлителей выполняется по П-8 стр. 19.

-приварка закладных изделий к рабочей арматуре колонн, арматурному каркасу подколонника фундамента, а также приварка всех соединительных элементов-перемычек должны производиться ручной дуговой электросваркой в соответствии с требованиями СН 393-78.

Не допускается использовать в качестве элементов заземления следующие виды конструкций: железобетонные конструкции с напрягаемой проволочной и прядевой (канатной) арматурой; железобетонные конструкции с напрягаемой стержневой арматурой диаметром менее 12 мм; железобетонные фундаменты с защитными покрытиями поверхности, применяемыми в средне- и сильноагрессивных средах; железобетонные фундаменты при расположении их в песках и скальных грунтах с влажностью менее 3%; железобетонные фундаменты из бетона марки В8 по водонепроницаемости и выше; железобетонные конструкции электроустановок, работающих на постоянном токе.

Допускается использование фундаментов в качестве заземлителей в агрессивной среде при концентрации ионов хлора до 0,5 г/л (Cl) или сульфат-ионов до 10 г/л (SO_4) в том случае, если плотность токов, длительно стекающих с арматуры фундаментов, соответствует требованиям, изложенным в [П-7], [П-8].

В случае, если фундаменты под колонны не могут быть использованы как заземлители, необходимо устройство наружного контура заземления с присоединением к нему токоотводов от арматуры колонны не менее, чем в двух местах. Расположение точек подсоединения определяется заданием электротехнического отдела.

Все открытые части токоотводов должны быть оцинкованы или защищены от коррозии какими-либо другими способами, соответствующими агрессивности окружающей среды.

Если проектом предусмотрено использование защитных свойств строительных конструкций, то возможны следующие варианты использования:

1) в случае стального каркаса здания никаких дополнительных работ для создания заземляющего устройства от электромонтажников не требуется. Заземление нейтрали трансформатора, а также корпусов оборудования, электротехнических конструкций следует производить с помощью приварки проводника заземления к колонне здания или к строительным конструкциям, имеющим связи с каркасом здания; строители должны дать акт на скрытые работы по соединению арматуры фундаментов с анкерными болтами;

2) в случае железобетонного каркаса необходимо электромонтажникам совместно со строителями организовать приемку работ по соединению закладных изделий колонн и фундаментов и других соединений железобетонных изделий, обеспечивающих объединение в единое целое арматуры железобетонного каркаса (см. П-8 стр. 3, 4, 5).

На указанные работы должны быть составлены акты на скрытые работы, если соединения замоноличиваются, или акт на выполнение соединений в соответствии с проектом, если соединения видимы (последнее может быть отмечено в паспорте на заземляющее устройство).

Соединение нуля трансформатора с закладным изделием осуществляется приваркой заземляющего проводника к закладному элементу колонны или фундамента. Заземление (соединение с помощью заземляющего проводника) корпусов электрооборудования, электротехнических конструкций должно осуществляться приваркой к закладным изделиям на колоннах. Запрещается приваривать заземляющий проводник к арматуре стеновых панелей.

Аналогичные требования при монтаже необходимо соблюдать при использовании эстакад в качестве заземляющего устройства.

2.2. Искусственные заземлители.

К п. 2.2.1.

2.2.1. Сопротивление одиночных заземлителей.

Сопротивление растеканию одиночного заземлителя определяется по формуле

$$R = \frac{\rho}{\pi \Gamma} C,$$

где Г—главный (наибольший) линейный размер заземлителя, м;

С—безразмерный коэффициент, зависящий от формы заземлителя и условий его заглубления.

Главный линейный размер соответственно для сферы или полусферы равен:

$$\Gamma = D,$$

где D—диаметр сферы или полусферы, м.

Для протяженного электрода

$$\Gamma = l,$$

Где l — длина протяженного электрода, м.

Значения коэффициента С для сферических и пластинчатых заземлителей заключены в сравнительно узких пределах:

$$1 \le C \le \frac{\pi}{2},$$

Нижнее значение (С=1) соответствует полусферическому заземлителю, верхнее значение ($C = \frac{\pi}{2}$) соответствует круглой пластине на поверхности земли.

Для вертикального электрода

$$C = \frac{l}{2} \ln \frac{4l}{d}$$

где l — длина электрода, м;
d — диаметр электрода, м.

2.2.2. Сопротивление сложных заземлителей.

Сопротивление растеканию сложных заземлителей (горизонтальных сеток и вертикальных электродов), а также взаимное сопротивление между горизонтальной сеткой и вертикальными электродами определяется выражением

$$R = \frac{\rho}{\pi\Gamma} C,$$

где Г — расчетный линейный размер сложного заземлителя;

С — безразмерный коэффициент, зависящий от конструктивных параметров сложного заземлителя.

Расчетный линейный размер конструктивного заземлителя

$$\Gamma = \sqrt{S},$$

где S — площадь контурного заземлителя, м^2.

Для наиболее характерных конструкций контурного заземлителя С=1,6.

2.2.3. Конструкция и способы погружения вертикальных заземлителей.

К п. 2.2.2.

Преимущественное применение нашли заземлители из круглой стали (стержневые заземлители) и из угловой стали. Вертикальные заземлители из угловой стали, как правило, изготовляются из стали угловой размерами 50×40×4 и 63×63×6.

Конструкции и способы погружения вертикальных заземлителей влияют на сопротивление растеканию отдельных электродов и заземляющих устройств в целом.

Заостренные электроды сразу после погружения способом вибрации имеют наименьшее сопротивление. При вибрации электрода из окружающего грунта выделяется влага, грунт становится более вязким и плотно прилегает к электроду и этим снижает сопротивление растеканию. В дальнейшем, через несколько дней, структура грунта восстанавливается, сопротивление R электродов увеличивается. При погружении способом вибрации заостренные и незаостренные электроды погружаются с одинаковой скоростью, поэтому при таком способе погружения лучше выбирать конструкцию

электродов с незаостренным наконечником, как более простую в изготовлении.

Сопротивление R электродов, погруженных способом забивания, является наиболее стабильным и наименьшим в глинистых грунтах. Лучшие конструктивные параметры при этом способе погружения у электродов с заостренным наконечником.

Сопротивление R электродов, погруженных способом ввертывания электродов, превышают в начальный период на 20-60 % сопротивления R электродов, погруженных другими способами. В течение месяца после погружения разница в значениях уменьшается до 10-20 % и на этом уровне остается длительное время. Наконечники таких конструкций электродов раздвигают в стороны грунт и уплотняют его. Отверстие, выполненное в грунте таким наконечником, больше диаметра стержня, поэтому соприкосновение с грунтом происходит в отдельных контактных точках, что и приводит к увеличению R. Верхние слои, разбухая от влаги, плотно прилегают к электроду и не дают возможности воде просачиваться вниз по отверстию. Наименьшее сопротивление R при таком способе погружения у электрода с плоским острием. Через некоторое время (10-15 сут.) оно выравнивается с сопротивлением R забитых электродов. Конструкции электродов с одной линией имеют R больше сопротивлений забитых электродов. Однако скорости погружения этих электродов значительно превышают скорости погружения электродов способом вибрации и забивания.

Наращивание, соединение вертикальных электродов с целью увеличения глубины погружения следует выполнять термосваркой или механическим сочленением. Соединение электродов с помощью муфты значительно увеличивает R и снижает скорость погружения электродов.

Высокой скоростью погружения в грунты разных категорий обладают электроды с несколькими винтовыми накладками. Однако вскрытие и осмотр этих электродов показали, что наконечники таких электродов часто забиваются грунтом, скальными породами и ломаются, что проводит к неполному погружению или значительному уменьшению скорости погружения.

Одной из разновидностей стержневых электродов является заземлитель для передвижных электротехнических установок. Указанный заземлитель может быть использован для транспорта на резиновом ходу в охранно-опасных зонах, для заземления бытовых вагончиков и в других аналогичных случаях, требующих смены мест электроустановок. Общие размеры стержня: длина 900-2000 мм; диаметр 12-14 мм.

Поверхностная твердость заостренного конца стержня на длине 40 мм участков с волнистой поверхностью, деталей замка и рабочего конца поворотного рычага замка должна быть HPC-35.

Зажим должен обеспечивать надежный контакт заземляющего провода. Значение переходного сопротивления между стержнем и заземляющим проводом не должно быть более 0,01 Ом.

2.2.4. Минимально допустимое сечение заземлителя с учетом коррозии.

К п. 2.2.7.

Скорость коррозии металла в грунте зависит от ряда свойств: воздухопроницаемости, электропроводности, наличия растворенных солей, температуры среды.

Преобладание ионов Cl (засоление почвы) и значения pH менее 7 (кислые, гумусовые, болотистые грунты) вызывают повышенную коррозионную активность. Рост температуры повышает коррозионную активность; при замерзании воды в земле эти процессы замедляются, с увеличением влажности почвы коррозия увеличивается, при снижении воздухопроницаемости коррозионный процесс тормозится.

Минимально допустимое сечение заземлителя с учетом коррозии

$$S_{min} = S + S_к,$$

где S — сечение проводника, выбранное по механической прочности, мм^2;

$S_к$ — уменьшение сечения проводника в процессе коррозии за расчетный срок службы заземлителя, мм^2.

Уменьшение площади:
для круглых заземлителей

$$S_k = 3{,}14\delta cp\,(d + \delta cp),$$

где δср — средняя глубина коррозии по сечению заземлителя, мм;

d — диаметр заземлителя, выбранный по механической и термической устойчивости, мм;

для проводников круглых форм

$$S_k = \delta cp\,P,$$

где Р —периметр сечения, определяемый по периметру сечения заземлителя, выбранного по механической прочности.

Средняя глубина коррозии может быть определена по следующей формуле:

$$\delta cp = \alpha_3\,(\ln T)^3 + \alpha_2\,(\ln T)^2 + \alpha_1 \ln T + \alpha_0,$$

где Т —расчетный срок службы заземлителя, мес.;

α_0 α_3 — коэффициенты, зависящие от агрессивности грунтовых условий по отношению к стали (табл. 2.2).

Таблица 2.2.7.1. Коэффициенты для расчета глубины коррозии.

Коррозионная активность	Коэффициент уравнения			
	α_3	α_2	α_1	α_0
Весьма высокая	0,0118	0,035	-0,0612	0,148
Высокая	0,0056	0,022	-0,0107	0,0403
Повышенная	0,0050	0,0081	-0,0410	0,243
Средняя	0,0026	0,00915	-0,0104	0,0224
Низкая	0,0013	0,003	-0,0068	0,044

Расчетный срок службы заземлителя принимается равным 20 годам.

К п. 2.2.11.

2.3. Рекомендуемые расчетные значения удельного электрического сопротивления верхнего слоя земли (мощностью не более 50 м).

Слой земли	Сопротивление земли, ρ, Ом . м
Песок (при температуре выше 0° С):	
-сильно увлажненный грунтовыми водами	10-60
-умеренно увлажненный	60-130
-влажный	130-400
-слегка влажный	400-1500
-сухой	1500-4200
Суглинок:	
-сильно увлажненный грунтовыми водами (при температуре выше 0° С)	10-60
-промерзший слой (при температуре -5° С)	60-190
Глина (при температуре выше 0° С)	20-60
Торф:	
-при температуре около 0° С	40-50
-при температуре выше 0° С	10-40
Солончаковые почвы (при температуре выше 0° С):	15-25
Щебень:	
-сухой	Не менее 5000
-мокрый	Не менее 3000
Дресва (при температуре выше 0° С)	5500
Гранитное основание (при температуре выше 0° С)	22500

2.4. Заземляющие устройства в районах многолетней мерзлоты.

В основу создания заземляющих устройств в многолетнемерзлых породах положено использование заземляющих свойств строительных конструкций зданий и сооружений, в том числе эстакад всех назначений и технологических трубопроводов.

Комплексное использование заземляющих устройств в качестве защитного, рабочего заземления, заземления для целей молниезащиты, защиты от вторичных проявлений молний, защиты от внесенных и вынесенных потенциалов, а также защиты от статического электричества.

Требование о выполнении заземляющих устройств по напряжению прикосновения распространяется также на заземляющие устройства электроустановок напряжением выше 1000 В с изолированной нейтралью, а также на заземляющие устройства электроустановок до 1000 В.

Условия применения электроустановок в районах многолетнемерзлых пород связаны с существенными их отличиями от районов с сухими песками, известняками, скальными породами в Южных районах и условий умеренных широт:

-районы многолетнемерзлых пород занимают 50% территории России;

-широкий диапазон сезонных и глубинных изменений электрических параметров;

-отличие по способам выполнения заземляющих устройств и трудозатрат на их сооружение;

-породы, находящиеся ниже сезонных изменений температуры грунтов находятся в мерзлом состоянии.

Заземляющие устройства электроустановок напряжением до 1000 В и выше 1000 В с изолированной и эффективно заземленной нейтралью в районах многолетней мерзлоты рекомендуется выполнять с соблюдением требований, предъявляемых к напряжению прикосновения.

Допустимые напряжения прикосновения должны быть обеспечены в расчетный переходный период от зимы к лету, когда поверхностный слой грунта увлажнен талыми водами, а толщина оттаявшего слоя грунта такова, что поверхностные заземлители грунта еще не вступили в работу.

Заземляющие устройства должны использоваться комплексно: для защиты людей и электроустановок различных назначений и напряжений при повреждении изоляции, для защиты от перенапряжений, от статического электричества, для целей молниезащиты, кроме молниезащиты I категории. В качестве заземляющих проводников следует использовать специально предназначенные для этой цели проводники, а также металлические, строительные, производственные и монтажные конструкции.

Для выравнивания потенциалов металлические строительные и производственные конструкции должны быть присоединены к сети заземления. С учетом того, что в процессе производственной деятельности и коррозионных явлений естественная заземляющая сеть может существенно изменяться, необходим контроль надежности соединений и элементов заземляющих устройств.

В местах возникновения напряжений прикосновения, превышающих допустимые значения, должно выполняться выравнивание потенциалов за счет искусственных заземлителей.

Для расчета естественных заземлителей исходная информация об электрической структуре земли может быть получена на основании анализа результатов геофизических работ, выполненных на территории промышленной площадки и по трассам надземных коммуникаций, или посредством производства изысканий на участках с аналогичными условиями.

Нормативные требования к искусственным заземлителям оцениваются по величине допустимого напряжения прикосновения, при этом конструкция заземлителя зависит от параметров естественного заземления и определяется конкретными условиями промышленного объекта.

Для расчета искусственных заземлителей должны использоваться значения параметров электрической структуры грунта, полученные в летне-осенний период натуральными измерениями на участке будущего сооружения заземлителя. В условиях многолетней мерзлоты наиболее целесообразно использование комплексной методики электропрофилирования и вертикального электрического зондирования.

В качестве исходных данных на проектирование заземляющих устройств должны приниматься параметры геоэлектрического разреза, соответствующие переходному периоду от зимы к лету, полученные путем пересчета кривых ВЭЗ на расчетный сезон.

Сопоставлению с нормами подлежат следующие основные электрические характеристики заземляющих устройств:

-напряжение прикосновения на территории подстанции и в опасных зонах заземляющей сети;

-напряжение (потенциал) на заземляющем устройстве.

Помимо указанных основных характеристик, контролю подлежат также вспомогательные характеристики, которые используются для расчета основных. К таким характеристикам относятся:

-напряжение до прикосновения;

-сопротивление растеканию стоп человека в расчетный период;

-время действия основной и резервной защиты.

Напряжения прикосновения на территории подстанции и в опасных зонах заземляющей сети рассчитываются с учетом сопротивления растеканию стоп человека в расчетный сезон на основе напряжения до прикосновения, определенного непосредственным измерением при измерительном токе с последующим пересчетом на расчетный ток короткого замыкания.

Напряжение (потенциал) на заземляющем устройстве определяется непосредственным измерением при измерительном токе с последующим пересчетом на расчетный ток короткого замыкания.

Опасная зона устанавливается в результате непосредственного измерения сопротивления растеканию стоп человека в расчетный сезон. Границы опасной зоны определяются на основе анализа пересчитанных на расчетный ток короткого замыкания результатов непосредственных измерений напряжения до прикосновения и сравнения полученных значений с нормированными значениями напряжения прикосновения.

Сопротивление растеканию стоп человека определяется непосредственным измерением в опасных зонах согласно « Временным методическим указаниям по измерению электрических характеристик заземляющих распределительных устройств и трансформаторных подстанций переменного тока напряжением выше 1000 В с глухим заземлением нейтрали, спроектированным по нормам на напряжение прикосновения», в расчетный переходный период от зимы к лету. При отсутствии возможности непосредственного измерения сопротивления растеканию стоп человека в расчетный сезон сопротивление стоп человека следует принимать равным 200 Ом.

Наибольшее допустимое напряжение прикосновения на территории подстанции и по трассе надземных коммуникаций определяется на основе расчетной длительности протекания тока короткого замыкания.

Измерение напряжения до прикосновения и токораспределения следует проводить в переходный период от зимы к лету (май-июнь). Измерение сопротивления растеканию стоп человека реко-

мендуется производить в расчетный сезон при максимальном обводнении поверхности грунта талыми водами.

З а з е м л и т е л и . В первую очередь в качества естественных заземляющих устройств должны использоваться:

-металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, находящиеся в соприкосновении с землей, в том числе фундаменты с вязанной арматурой;

-подземные водопроводные и другие металлические трубопроводы, фундаменты опор наземных трубопроводов. Трубопроводы горючих жидкостей, горючих или взрывчатых газов и смесей допускается использовать в качестве естественных заземлителей, если по техническим причинам их невозможно отделить от заземляемого оборудования, с обязательным условием, что вероятность возникновения взрыва на любом взрывоопасном участке в течение года не превышает 10^{-6}. При этом для снижения плотности токов, протекающих по естественным заземлителям, должны применяться искусственные заземлители.

Для обеспечения допустимых значений напряжения прикосновения помимо использования естественных заземлителей в районах многолетнемерзлых пород рекомендуется:

1) помещать заземлители в непромерзающие водоемы и талые зоны с обоснованием удаления их от электроустановок;

2) в дополнение к вертикальным заземлителям увеличенной длины применять горизонтальные заземлители на глубине не менее 0,3 м.;

3) использовать электроподогрев в сочетании с теплоизоляционным покрытием для создания искусственных таликов.

Приварку анкерных болтов в арматуре железобетонных фундаментов следует выполнять при использовании фундаментов в качестве заземлителя молниезащиты; при использовании фундаментов в качестве заземлителей для защитного заземления и выравнивания потенциалов приварка анкерных болтов к арматуре фундаментов не требуется.

Нулевые точки обмотки трансформаторов и корпусов электрооборудования должны быть присоединены заземляющими проводниками к металлическим колоннам, установленным на железобетонных колоннах и приваренным к арматуре колонн. Если оборудование расположено на всех этажах здания, то закладные изделия

должны быть выполнены на колоннах на каждом этаже, на высоте 0,5 м от уровня пола.

Для использования в заземляющих устройствах все элементы металлических и железобетонных конструкций (фундаментов, колонн, ферм, стропильных, подстропильных и подкрановых балок) должны быть соединены между собой таким образом, чтобы они образовывали непрерывную электрическую цепь по металлу, а в железобетонных элементах, кроме того, должны предусматриваться закладные изделия для присоединения электротехнического оборудования.

При сооружении зданий из железобетонных элементов непрерывная электрическая цепь между железобетонными колоннами и фундаментами, а также соединение железобетонных колонн с фермами и балками, должны создаваться либо путем непосредственной сварки арматуры прилегающих элементов железобетонных конструкций между собой (при этом сварка не должна изменять схему работы конструкции), либо путем приварки к рабочей арматуре каждого элемента закладных изделий с последующей приваркой к ним металлических перемычек.

При недостаточности естественных заземлителей по условиям сопротивления растеканию или по напряжению прикосновения возможно совместное использование искусственных и естественных заземлителей. В этом случае искусственные заземлители должны быть присоединены к арматуре железобетонных фундаментов не менее, чем в двух местах; соединение должно быть произведено выше уровня планировки.

Части оборудования электроустановки, соединенные с арматурой железобетонных фундаментов и стальными колоннами, установленными на железобетонных подколонниках, следует считать заземленными, они не требуют специальной сети заземления.

Стеновые железобетонные плиты не могут рассматриваться как заземлители; на их арматуру не могут быть заземлены части технологического оборудования. Соединение арматуры заземлителей (подошвы фундаментов, подколонников и т.п.) производится, как правило, при помощи сварки, допускается использование вязаной арматуры; при использовании в качестве заземляющих проводников стальных строительных конструкций каркаса здания допускаются заклепочные и резьбовые соединения.

3. ЗАЗЕМЛЯЮЩИЕ И НУЛЕВЫЕ ЗАЩИТНЫЕ ПРОВОДНИКИ

3.1. Общие требования.

Для обеспечения непрерывности электрической цепи, образованной стальными и железобетонными каркасами производственных зданий на всем протяжении ее использования в качестве дополнительного нулевого защитного проводника или совмещенного нулевого защитного и нулевого рабочего проводника, шунтирующего четвертую жилу кабеля, при создании промышленных электроустановок в производственных зданиях рекомендуется руководствоваться требованиями ГОСТ 12.1.030-81, а также требованиями, изложенными в П-8, П-9.

Изоляция проводников не требуется , если в качестве совмещенного нулевого рабочего и нулевого защитного проводника, шунтирующего четвертую жилу кабаля, используются стальные и железобетонные каркасы производственных зданий и сооружений, а также если в качестве нулевых рабочих и нулевых защитных проводников применяются кожухи и опорные конструкции комплектных шинопроводов и шины комплектных распределительных устройств (щитов, распределительных пунктов, сборок и т. п.), а также алюминиевые или свинцовые оболочки кабелей.

В производственных помещениях с нормальной средой допускается использовать в качестве единственного нулевого рабочего проводника указанные в ПУЭ 1.7.73 металлические конструкции, трубы, кожухи и опорные конструкции шинопроводов для питания одиночных однофазных электроприемников малой мощности, например в сетях до 42 В (25 В) переменного тока; 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.

К п. 3.2.2.

В качестве заземляющих или нулевых защитных проводников должны быть использованы в первую очередь нулевые рабочие проводники, а затем специально предусмотренные для этой цели проводники (стальная полоса, круглая сталь), а также естественные проводники (трубы, оболочки кабелей и т. д.).

Выбор вида заземляющих и нулевых защитных проводников при обеспечении равных условий безопасности обслуживания электроустановок и технологического оборудования следует производить по минимуму затрат с учетом требований эстетики.

По проводимости, термической стойкости и сопротивлению цепи «фаза-нуль» заземляющие и нулевые защитные проводники должны соответствовать требованиям, приведенным в табл. 3.1.1.1., а также в табл. «К п. 3.1.3.».

3.2. Условия использования нулевых рабочих проводников для зануления.

Рекомендации по использованию	Условия использования	Дополнительные требования по применению
Допускается использование нулевых рабочих проводников осветительных линий для зануления электрооборудования, питающегося по другим линиям	Если все линии питаются от одного трансформатора, проводимость их удовлетворяет требованиям разд. 5 и исключена возможность отсоединения нулевых рабочих проводников во время работы других линий. В таких случаях не должны применяться автоматические выключатели, отключающие нулевые рабочие проводники вместе с фазными.	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.
Не допускается использовать в качестве нулевых защитных проводников нулевые рабочие проводники,	Для зануления таких электроприемников должен быть применен отдельный третий проводник, присоединяемый во втычном соединителе ответвительной коробки,	

Рекомендации по использованию	Условия использования	Дополнительные требования по применению
идущие к переносным электроприемникам однофазного и постоянного тока.	в щите, щитке, сборке к нулевому рабочему или нулевому защитному проводнику.	Нулевые защитные проводники линий не допускается использовать для зануления электрооборудования, питающегося по дрвуугим линиям.

3.3. Требования к изоляции нулевых рабочих и нулевых защитных проводников.

Требования к изоляции	Условия применения проводников
Изоляция, равноценная изоляции фазных проводников	Такая изоляция обязательна для нулевых рабочих и нулевых защитных проводников в тех местах, где применение неизолированных 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).
Изоляция не требуется	В качества нулевых рабочих и нулевых защитных проводников применяются кожухи и опорные конструкции комплектных шинопроводов и шины комплектных РУ (щитов, распределительных пунктов, сборок и т. п.), а также алюминиевые или свинцовые оболочки кабелей. В производственных помещениях с нормальной средой допускается использовать в качестве нулевых рабочих проводников указанные металлические конструкции, трубы, кожухи и опорные

Требования к изоляции	Условия применения проводников
	конструкции для питания однофазных одиночных электроприемников малой мощности, например, в сетях до 50 В*), при включении на фазное напряжение одиночных магнитных пускателей или контакторов, при включении на фазное напряжение электрического освещения и цепей управления и сигнализации на кранах.

*) БССН, см. Приложение 4. п 37.

К п. 3.1.2

Таблица 3.1.2.1

Вид заземляющего и нулевого защитного проводника	Характеристика среды	Рекомендуемые стальные проводники	Допустимые к применению стальные проводники
Магистрали заземления и зануления	Нормальная или влажная	Стальная полоса 40×3, 30×4 мм	Стальная полоса 40×4 мм, сталь круглая диаметром 14 мм
	Сырая или химически активная[1]	Сталь круглая диаметром 14 мм	Стальная полоса 30×4, 30×5, 40×4 мм
Ответвления от магистралей заземления и зануления	Нормальная или влажная	Стальная полоса 20×3, 25×3 мм	Сталь круглая диаметром 5-10 мм
	Сырая или химически активная[1]	Сталь круглая диаметром 6-10 мм	Стальная полоса 20×4, 25×4 мм

[1]Рекомендуются соответствующие среде защитные покрытия.

3.4 Проектные решения, обеспечивающие электрическую непрерывность железобетонного или стального каркаса промышленного здания.

К п.п 3.1 3. и 4 9.7.

Для эффективного использования железобетонных и стальных каркасов зданий и сооружений в качестве естественных заземляющих устройств необходимо все элементы железобетонных и стальных конструкций (фундаменты, колонны, фермы, строительные, подкрановые балки и т.п.) соединить между собой таким образом, чтобы они образовали непрерывную электрическую цепь по металлу, а в железобетонных элементах, кроме того, должны предусматриваться закладные детали для присоединения электрического и технологического оборудования.

В зданиях с монолитным железобетонным каркасом непрерывность электрической цепи обеспечивается путем непосредственной сварки арматурных стержней железобетонных изделий

Непрерывная электрическая цепь каркаса здания, выполненного из сборных железобетонных элементов, создается непосредственно сваркой закладных изделий, примыкающих друг к другу железобетонных элементов либо при помощи стальных перемычек сечением не менее 100 мм^2 (п. 1 7 78 ПУЭ), которые привариваются к закладным изделиям соединяемых железобетонных элементов Закладные изделия должны быть приварены к арматуре железобетонных элементов швом длиной не менее 40 мм и высотой не менее 5 мм

В зданиях с металлическим каркасом для создания непрерывной электрической цепи могут быть использованы сварные соединения, но достаточны болтовые и заклепочные соединения, обеспечивающие строительные требования на совместную работу элементов каркаса в тех местах, где такие соединения отсутствуют, должны быть предусмотрены стальные перемычки, каждая сечением не менее 100 мм^2, привариваемые к соединяемым конструкциям швом, общее сечение которого должно быть не менее 100 мм^2.

Проектные решения, обеспечивающие электрическую непрерывность железобетонного или стального каркаса промышленного здания, приводятся ниже.

Для одноэтажных зданий с железобетонным каркасом применяются следующие способы объединения каркаса здания.

Объединение с помощью молниеприемной сетки (см. П-8 стр. 9). Молниеприемная сетка изготавливается из стальных стержней или проволоки диаметром не менее 6 мм с шагом 6 м для зданий с молниезащитой по категории II и с шагом 12 м категории III. Сетка укладывается по плитам до устройства кровли под слоем утеплителя из негорючих материалов. Узлы сетки в местах пересечения свариваются. Молниеприемная сетка должна соединяться с арматурой колонн и фундаментов.

Объединение каркаса здания с помощью крановых рельсов (см. П-8 стр. 10).

Объединение каркаса здания с помощью фундаментных балок (см. П-8 стр. 11).

Все фундаментные балки по периметру здания должны соединяться с арматурой фундаментов.

В местах проемов прокладывается проводник из полосовой или круглой стали.

Объединение каркаса здания с помощью стальных ферм (см. П-8 стр. 13).

В случае отсутствия молниеприемной сетки, подкрановых балок, рельсов или фундаментных балок, но при наличие металлических (стальных) стропильных и подстропильных ферм эти фермы могут быть использованы для создания непрерывной электрической цепи.

Для многоэтажных зданий с железобетонным каркасом используются следующие способы объединения каркаса здания.

Объединение с помощью ригелей (см. П-8 стр. 12).

В промышленных многоэтажных зданиях с железобетонным каркасом при отсутствии молниезащитной сетки для создания электрической непрерывности железобетонного каркаса используется арматура ригелей (не имеющая предварительного напряжения) и крайних плит перекрытия.

Объединение с помощью молниеприемной сетки (см. П-8 стр. 12).

Для многоэтажных зданий с металлическим каркасом электрическая непрерывность обеспечивается с помощью строительных конструкций.

Основные монтажные узлы стального каркаса крепятся либо сваркой, либо на болтах с резьбой не менее М20. Эксперимент показал, что указанные соединения обеспечивают непрерывность электрической цепи без дополнительных монтажных работ (см. П-8 стр. 18-28).

Непрерывность электрической цепи внутри железобетонных элементов обеспечивается с помощью сварки между собой отдельных арматурных стержней каркаса и закладных изделий железобетонных элементов с арматурой каркаса.

Закладные изделия для технологических или сантехнических коммуникаций, металлических площадок должны соединяться с вертикальной арматурой колонны, являющейся магистралью заземления.

3.5. Электрические параметры заземляющих и нулевых защитных проводников.

К п. 3.1.3.

В качестве заземляющих и нулевых защитных проводников используются медные и алюминиевые провода, жили кабелей и нулевые шины шинопроводов. Активное сопротивление медных проводов и кабелей с резиновой и пластмассовой изоляцией при t = 70°С при измерении сечения жилы от 1 до 240 мм^2 изменяется от 22,2 до 0,092 Ом/км. Активное сопротивление алюминиевых проводов и кабелей с резиновой и пластмассовой изоляцией при изменении сечения жилы от 2,5 до 240 мм^2 изменяется от 15 до 0,156 Ом/км.

Внутреннее индуктивное сопротивление медных и алюминиевых проводов имеет незначительную величину примерно 0,0156 Ом/км. Внешнее индуктивное сопротивление медных и алюминиевых проводов зависит от сечения и взаимного расположения. При изменении расстояния между фазовым и нулевыми проводами от 0,4 до 20 м сопротивление изменяется от 0,7 до 1,25 Ом/км.

Активное сопротивление медных шин при t = 70°С и переменном токе с изменением сечения от 25×3 до 120×10 мм^2 изменяется от 0,305 до 0,025 Ом/км. Активное сопротивление алюминиевых шин на переменном токе при t=70°С с изменением сечения от 25×3 до 120×10 мм^2 изменяется от 0,485 до 0,038 Ом/км.

Внутреннее индуктивное сопротивление шин из алюминия и меди мало и составляет примерно 0,015 Ом/км.

К п. 3.1.3. П.1.

В тех случаях, когда каркас производственного здания или эстакаду промышленного предприятия предусматривается использовать в качестве нулевого защитного проводника, или совмещенного нулевого защитного и нулевого рабочего проводника, сечение нулевой жилы четырехжильного кабеля, соединенного параллельно с каркасом, не нормируется. Необходимое сечение четвертой жилы для кабелей с сечением фазной жилы 185 мм^2 и более определяется расчетом.

Таблица 3.1.3.П.1.

Проводники равной активной проводимости при плотности тока до 2 А/мм^2.

Алюминиевые проводники сечением, мм^2	Стальные проводники			
	Круглые диаметром, мм	Полоса размером, мм	Труба внутренним диаметром, мм (дюйм)	Уголок размером, мм
2,5	6	-	-	-
4	10	20×3	6,3 (1/4)	-
6	14	25×3	9,4 (3/8)	-
10	22	40x3	19 (3/4)	25×25×3
16	32	70×4		
		6×4	32 (5/4)	30×30×4

Таблица 3.1.3.П.1.2. Активное и внутреннее индуктивное сопротивление стальных круглых шин, Ом/км

Плотность тока, А/мм^2	Номинальный диаметр, мм						
	5	6	8	10	12	14	16
0,1	8,35/33,58	7,7/5,53	-	-	-	8,8/3,85	5,8/3,3
0,2	10,8/8,1	10,6/9	12,79/7,15	9,60/6,4	7,5/4,25	6,08/3,45	6,1/2,9
0,3	13,8/11,2	11,3/9,8	11,75/6,65	8,8/5	6,8/3,85	5,55/3,15	4,6/2,6
0,4	15,4/13,3	11,5/10,3	11,1/6,25	8,25/4,65	6,3/3,55	6,2/2,95	4,25/2,4
0,5	14,6/12,4	11,4/10,3	10,4/5,9	7,8/4,4	6/3,4	4,95/2,8	4,05/2,3
0,6	14,2/12,1	11,2/10	10/5,65	7,5/4,25	5,75/3,25	4,75/2,7	3,9/2,2
0,8	13,2/11,2	10,8/9,3	9,5/5,4	7,15/4,05	5,6/3,15	4,5/2,55	-
1,0	12,7/10,5	10,7/9,2	9,2/5,2	7,3/3,95	-	-	-
1,2	12,7/10,5	10,7/9,2	9/5,4	-	-	-	-

Примечание: В числителе приведены значения активных сопротивлений, в знаменателе—внутренних индуктивных.

Таблица 3.1.3.П.1.3. Активное и внутреннее индуктивное сопротивление угловой стали, Ом/км

Плотность тока, А/мм^2	Размер угловой стали, мм					
	25×25×3	30×30×4	40×40×4	50×50×5	60×60×6	75×75×10
0,2	-	2,67/1,51	2/1,13	1,5/0,83	1,17/0,65	0,78/0,44
0,3	3,28/1,86	2,5/1,41	1,85/1,05	1,36/0,75	1,06/0,59	0,68/0,38
0,4	3,15/1,78	2,35/1,33	1,74/0,97	1,26/0,7	0,97/0,55	0,6/0,34
0,5	3,00/1,7	2,2/1,24	1,64/0,91	1,17/0,65	0,9/0,51	0,56/0,32
0,6	2,88/1,03	2,08/1,18	1,55/0,86	1,11/0,62	0,85/0,43	0,53/0,3
0,8	2,65/1,5	1,9/1,07	1,43/0,79	1,0/0,57	0,76/0,43	0,48/0,27
1,0	2,48/1,4	1,77/1	1,32/0,73	0,92/0,52	0,7/0,4	0,45/0,255
1,2	2,35/1,33	1,66/0,92	1,24/0,69	0,86/0,49	0,66/0,37	-
1,4	2,25/1,27	1,58/0,88	1,19/0,66	0,84/0,47	-	-
1,6	2,15/1,22	1,53/0,85	1,15/0,64	-	-	-
1,8	2,08/1,18	1,50/0,83	-	-	-	-
2,0	2,0/1,13	-	-	-	-	-

3.6. Монтаж искусственных заземляющих проводников.

К п. 3.1.3.П.7.

В качестве нулевых защитных проводников используются фермы, колонны, и т.п. (см. П-9). Стальные проводники имеют высокое удельное сопротивление при постоянном токе (0,14 Ом. мм^2/м), а при постоянном токе — значительное индуктивное сопротивление. Их активное и индуктивное сопротивления изменяются нелинейно в зависимости от плотности тока и соотношения периметра к сечению.

Большое значение имеет то, что стальные проводники прокладываются на некотором (в большинстве случаев - значительном) расстоянии от фазных; вследствие этого значительно увеличивается внешнее индуктивное сопротивление цепи «фазануль». Электрическое сопротивление стальной полосы при изменении размеров от 20×4 до 100×8 и при плотности тока J=0,5 А/мм^2 изменяется от 6,1 до 1,05 Ом/км. Активное и внутреннее реактивное сопротивление круглых стальных проводников при изменении диаметра от 5до 20 мм и при плотности тока J=0,5 А/мм^2 меняются от 19,8 до 3,12 Ом/км. Сопротивление угловой стали при изменении размеров от 40×40 до 63×5 и при плотности токов J=0,5 А/мм^2 изменяется от 1,76 до 1,07 Ом/км. Двутавровая балка 12 при такой же плотности тока имеет сопротивление 0,43 Ом/км. Двутавровая балка 18 при плотности тока J=0,3 А/мм^2 имеет сопротивление 0,37 Ом/км. Сведений по проводимости каркасов распределительных щитов, протяжных ящиков, протяжных и ответвительных коробок нет.

Стальные трубы электропроводок. Стальные трубы всех диаметров могут быть использованы в качестве нулевых защитных проводников при относительно небольших расстояниях от подстанций до электроприемников и алюминиевых проводниках. При медных проводниках, проложенных в трубах, водогазопроводные трубы диаметром менее 2″ и электросварочные диаметром до 47 мм могут быть использованы в качестве зануляющих. При больших диаметрах труб и при медных проводниках не соблюдается условие 50%-ной проводимости. При изменении диаметра водогазопроводных труб по ГОСТ 3262-75^x от ½ до 2½ сопротивление уменьшается с 2,2 до

0,7 Ом/км. При изменении диаметра электросварных труб по ГОСТ 10704-76[x] от 20 до 59 мм сопротивление уменьшается с 2,8 до 0,9 Ом/км.

В качестве нулевого защитного проводника часто используют алюминиевые оболочки кабелей. Активное сопротивление алюминиевой оболочки кабелей при изменении сечений жилы трехжильного кабеля от 6 до 240 мм^2 уменьшается от 1,045 до 0,215 Ом/км в кабелях с алюминиевыми жилами и от 0,985 до 0,212 Ом/км в кабелях с медными жилами. При использовании четырехжильного кабеля активное сопротивление нулевой жилы и оболочки при изменении сечения жил кабеля от 6 до 185 мм^2 уменьшается от 0,867 до 0,18 Ом/км в алюминиевых кабелях и от 0,762 до 0,155 Ом/км в медных кабелях.

Лотки. Лотки типов К420 и К422 исследованы на возможность использования их в качестве нулевых защитных проводников. Было экспериментально установлено, что сопротивление 1 м секции $Z=0{,}77\times10^{-3}$ Ом ($I_{исп}$=200 А) с учетом сопротивления контакта. Электрическое сопротивление контактного сопротивления оцинкованной пластины $Z= 0{,}39\cdot10^{-3}$ Ом ($I_{исп}$=200 А), окрашенной пластины $Z=0{,}65\times10^{-3}$ Ом ($I_{исп}$=200 А), целой конструкции лотка на той же длине $Z=0{,}32\times10^{-3}$ Ом.

Исходя из проводимости лотка, равной 50%-ной проводимости фазного проводника, лотки К420 и К422 могут применяться в качестве нулевого защитного проводника, если на лотках проложены в сети с глухозаземленной нейтралью алюминиевые провода сечением не более 70 мм^2, а в сети с изолированной нейтралью —для всех сечений кабелей. При этом окрашенные лотки не могут быть использованы в качестве нулевых защитных проводников.

Возможность использования лотков в качестве нулевых защитных проводников зависит от длины лотковой линии (числа соединяемых секций) и должна решаться путем расчета цепи «фаза-нуль». Однако, соединение лотков К420 и К422 не удовлетворяет требованиям ГОСТ 10424-82, так как электрическое сопротивление контактного соединения в 2,9 раза больше сопротивления целого участка. Поэтому соединение таких лотков должно выполняться двумя болтами вместо одного или одна сторона соединителя должна привариваться в заводских условиях.

Соединения лотков НЛУО-П2 и НЛ40-П2 полностью удовлетворяют ГОСТ 10434-82^{x} и могут быть рекомендованы в качестве нулевого защитного проводника в цепи «фаза-нуль».

Экспериментально было установлено, что активное сопротивление 1 м короба с учетом сопротивления электрического контакта равно:

$\Gamma_{a\,кл}$ =0,62×10^{-3} Ом; $\Gamma_{ay\ 1050}$=0,27×10^{-3} Ом;

При использовании коробов в качестве нулевых защитных проводников по условиям 50%-ной проводимости могут быть проложены алюминиевые провода следующих сечений: до 95 мм^2 — в коробах типа КЛ, до 240 мм^2 — типа У1050; в сети с изолированной нейтралью —при сечениях до 240 мм^2. Контактное соединение оцинкованных коробов типа У1050 удовлетворяют ГОСТ 10434-82^{x} и ГОСТ 117441-84 для контактов, отнесенных ко второму классу, и имеет электрическое сопротивление Γ_a= 44×10^{-6} Ом. Контактное соединение окрашенных коробов типа У1080 имеет электрическое сопротивление Γ_a =82,8×10^{-6} Ом, что больше сопротивления целого участка, поэтому эти соединения могут быть рекомендованы в том случае, если они зачищены и смазаны.

К п. 3.2.3.

При монтаже заземляющих и нулевых защитных проводников внутри здания (см. П-9) в установках до 1 кВ в первую очередь следует использовать нулевые рабочие проводники питающей сети, металлические колонны, фермы, подкрановые пути, галереи, шахты лифтов и подъемников, каркасы щитов станций управления, стальные трубы электропроводок, алюминиевые оболочки кабелей, металлические трубопроводы всех назначений, проложенные открыто, исключая трубопроводы горючих и взрывоопасных смесей. Все эти элементы должны быть надежно соединены с заземляющим устройством (см. П-9). Если они по проводимости удовлетворяют требованиям, предъявляемым к защитным проводникам, то прокладывать искусственные защитные проводники не требуется.

К п. 3.1.3.П.1.

3.7. Выбор сечения заземляющего и нулевого защитного проводников в зависимости от напряжения электроустановки и режима нейтрали.

Режим нейтрали	Требования к сечению заземляющего и нулевого защитного проводника
Электроустановки напряжением выше 1 кВ с эффективно заземленной нейтралью	Сечение заземляющего проводника должно быть выбрано таким, чтобы при протекании по нему наибольшего тока однофазного КЗ температура заземляющего проводника не превысила 400°С (кратковременный нагрев, соответствующий времени действия основной защиты и полного времени отключения выключателя).
Электроустановки напряжением до 1 кВ и выше с изолированной нейтралью	Проводимость заземляющего проводника должна составлять не менее 1/3 проводимости фазных проводников, а сечение — не менее приведенных в таблице. Не требуется применения проводников сечением: медных — бо ее 25 мм^2, алюминиевых —35 мм^2, стальных —120 мм^2. В производственных помещениях с такими электрическими магистралями заземления из стальной полосы должны иметь сечение не менее 100 мм^2. Допускается применение круглой стали того же сечения.
Электроустановки напряжением до 1 кВ с заземленной нейтралью	Полная проводимость нулевого защитного проводника во всех случаях должна быть не менее 50% проводимости фазного проводника.

Примечания. 1. В целях обеспечения автоматического отключения 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) в 3 раза номинальный ток ближайшего предохранителя, в 3 ра а номинальный ток нерегулируемого расцепителя или установку тока регулируемого расцепителя автоматического выключателя, имеющего обратно зависимую от тока характеристику.

2. При защите сетей автоматическими выключателями, имеющими только электромагнитный расцепитель (отсечку) проводимость указанных проводников должна обеспечивать ток не ниже установки тока мгновенного срабатывания, умноженный на коэффициент, учитывающий разброс (по заводским данным), и на коэффициент запаса, равный 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.

3. Если указанные требования не удовлетворяют значениям тока замыкания на корпус или на нулевой защитный проводник, то отключение при этих замыканиях должно обеспечиваться при помощи специальных защит.

4. В электроустановках напряжением до 1 кВ с заземленной нейтралью в целях удовлетворения указанных требований нулевые защитные проводники рекомендуется укладывать совместно или в непосредственной близости с фазными.

К п. 3.1.7.

Держатели крепятся к закладным изделиям, расположенным в бетонном основании с помощью сварки, которая выполняется по периметру хвостовика, а также с помощью пистолетных дюбелей (см. П-9). К бетонным, кирпичным и другим основаниям держатели крепятся с помощью пистолетных дюбелей, в особых случаях — с помощью дюбелей с распорной гайкой или капроновых распорных дюбелей.

3.8. Рекомендуемые размеры дюбелей для крепления заземляющих проводников.

Строительное основание	Материал и толщина пристреливаемой детали, δ ,мм	Рекомендуемый дюбель
Тяжелый бетон и железобетон	Сталь толщиной 1-4	ДГПШ 4,5×40
Неоштукатуренная кирпичная кладка, оштукатуренный тяжелый бетон и железобетон	То же	ДГПШ 4,5×50
Оштукатуренная кирпичная кладка, легкий бетон и железобетон	То же	ДГПШ 4,5×60

Таблица 3.1.7.2. Дюбели с распорной гайкой

Тип	Размеры болта или винта	Наибольшая толщина закрепляемой детали, мм	Размеры, мм		Масса 1000 шт., кг
К437/I	М 10×65	15	55	18	99
К437/II	М 10×80	30	55	18	110
К438/I	М 12×80	20	65	20	141
К438/II	М 12×100	40	65	20	157
К439/I	М 16×100	20	85	26	303
К439/II	М 16×120	40	85	26	338

Таблица 3.1.7.3. Дюбели распорные капроновые

Тип	Размеры шурупов, мм	Наибольшая толщина закрепляемой детали, мм	Размеры, мм		Масса 1000 шт., кг
У656	4×30	7	25	6	5
У658	5×40	10	35	8	7,1
У678	5×60	10	45	8	9,9
У661	8×80	15	60	14	3
У663	12×100	15	80	20	103

Для заземления корпусов изделий и подсоединения заземляющих проводников применяются заземляющие зажимы следующих типов: ЗШ —зажим со шпилькой; ЗБ —зажим с болтом; ЗВ —зажим с винтом; ЗВП — зажим с винтом, припаянным к подпорке, для заземления оболочки и брони кабелей; ЗШ2П —зажим с двумя шпильками и скобой; ЗБХ —зажим с болтом с хомутом; ЗБ2 — зажим с двумя болтами.

Проходы через стены должны выполняться в открытых проемах, трубах, а проходы через перекрытия — в отрезках стальных или кассетах пластмассовых труб.

Способ присоединения заземляющих проводников к отдельным аппаратам выбирается в зависимости от основания, на котором крепится аппарат. При установке аппаратов на металлических конструкциях заземляющие проводники присоединяются сваркой к

конструкции, а также способами, приведенными в таблицах.

К п. 3.1.17.

3.9. Соединения и присоединения заземляющих и нулевых защитных проводников.

Соединяемые проводники	Способы соединения	Дополнительные требования к качеству соединения
Заземляющие и нулевые защитные проводники	Сварка	1. Соединения и присоединения заземляющих и нулевых защитных проводников должны быть доступны для осмотра.
Заземляющие и нулевые защитные проводники в помещениях и в наружных установках без агрессивных сред	Допускается выполнять соединение заземляющих и нулевых защитных проводников другими способами, обеспечивающими требования ГОСТ 10434-82 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 ВЛ допускается выполнять теми же методами, что и фазных проводников.	2. 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 должны иметь обходные проводники, обеспечивающие непрерывность заземления.
Стальные трубы электропроводок, короба, лотки и другие конструкции,	Должны иметь соединения, соответствующие требованиям ГОСТ 10434-81, предъявляемым ко 2-му классу соединений. Должен	3. Каждая часть электроустановки, подлежащая заземлению или занулению, должна быть присоединена к сети заземления

Соединяемые проводники	Способы соединения	Дополнительные требования к качеству соединения
используемые в качестве заземляющих или нулевых защитных проводников.	быть обеспечен надежный контакт стальных труб с корпусами электрооборудования, в которые вводятся трубы, и с соединительными (ответвительными) металлическими коробками.	при помощи отдельного ответвления. Последовательное включение в заземляющий или нулевой защитный проводник заземляемых или зануляемых частей электроустановки не допускается.
Присоединение заземляющих и нулевых защитных проводников к частям оборудования, подлежащих заземлению или занулению	Должно быть выполнено сваркой или болтовым соединением. Для болтового присоединения должны быть предусмотрены меры против ослабления и коррозии контактного соединения.	

К п. 3.1.19.

3.10. Способы присоединения проводников к силовому электрооборудованию.

Оборудование	Заземляющие элементы	Способ присоединения к заземляющий сети
Пусковой аппарат (магнитный пускатель, ящик с автоматическим выключателем и т.д.), аппарат	Корпус аппарата, ящика, щитка, шкафа.	Заземляющий проводник присоединяется к заземляющему или крепящему болту корпуса аппарата, ящика или щитка; при установке на металлоконструкции заземляющий проводник приваривается к конструкции.

Оборудование	Заземляющие элементы	Способ присоединения к заземляющий сети
управления (кнопочный пост, конечный выключатель, реостат, контроллер, и т д.), щитки, распределительные шкафы		Если заземление производится через трубы электропроводки, то оно выполняется: а) присоединением перемычки от флажка или болта, приваренного к трубе, к заземляющему болту на корпусе аппарата, щитка, ящика; б) установкой на трубе двух царапающих гаек или одной царапающей гайки и контргайки с зажимом стального листа корпуса аппарата между гайками
Электрооборудование, установленное на станках и прочих механизмах	Корпус станка или механизма, имеющего металлическую связь с корпусом электродвигателя или другого оборудования	Заземляющий проводник, идущий от стальной трубы электропроводки (если трубы используются в качестве заземляющих проводников), присоединяется к заземляющему болту на станке (механизме). Электрооборудование, установленное на движущейся части станка, заземляется при помощи отдельной жилы в гибком кабеле, питающем движущуюся часть.

Оборудование	Заземляющие элементы	Способ присоединения к заземляющий сети
Электрооборудование постового крана	Подкрановые рельсы	Ответвления от заземляющего устройства привариваются в двух местах к подкрановым рельсам. Все стыки рельсов должны быть надежно соединены сваркой, на разъемных стыках должны быть приварены гибкие перемычки.

Места присоединения и закрепления заземляющих и нулевых защитных проводников к силовому оборудованию даны в ГОСТ 21130-75*.

Установочные заземляющие гайки применяются для создания электрического контакта между корпусом аппарата или электроконструкции и стальными трубами, патрубками. Гайки устанавливаются по обе стороны стенки корпуса, при этом острые выступы должны быть обращены к этой стенке.

Таблица 3.1.19.2. Размеры и массы установочных заземляющих гаек.

Тип	Для трубы с условным проходом, мм	Резьба трубная, дюймы	Размеры, мм			Масса 1000 шт., кг
К480	15	½	27	3	30	5
К481	20	¾	32	3	37	7
К482	25	1	41	4	48	16
К483	32	1 ¼	50	4	58	23
К484	40	1 ½	60	5	66	48
К485	50	2	70	5	81	55
К486	70	2 ½	90	6	104	17

Таблица 3.1.19.3. Размеры и массы вводных патрубков

Тип	Для труб с наружным диаметром, мм	Условный проход труб, мм	Резьба трубная, дюймы	Размеры, мм			Масса, кг
У476	25-27	20	¾	55	25	25	0,1
У477	32-34	25	1	55	25	32	0,1
У478	47-49	40	1 ½	68	25	48	0,2
У479	59-61	50	2	90	30	60	0,4

4. ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

4.1. Распределительные устройства.

К п. 4.1.4.

В качества указанного заземлителя рекомендуется в первую очередь использовать железобетонные фундаменты производственных зданий и сооруженений в соответствии с ПУЭ 1.7.35 и 1.7.70, если при этом обеспечиваются требования электробезопасности. Обеспечение требований электробезопасности при использовании железобетонных фундаментов в качестве заземлителей определяются на основе требований специальных директивных документов.

При отсутствии возможности использовать железобетонные фундаменты производственных зданий и сооружений должен быть сооружен искусственный заземлитель в непосредственной близости от генератора или трансформатора.

К п. 4.1.5.

При использовании конструкций зданий в качестве нулевого защитного проводника зануление (заземление) щитов станций управления, панелей ЩО, силовых шкафов ШРС I, ШР II, ПР 8501, ПР 8701, ПР II осуществляется по П-9, стр. 8-11.

К п. 4.1.10.

Проводимость нулевого рабочего проводника, идущего от нейтрали генератора или трансформатора, должна быть не менее

50 % проводимости вывода фаз. В тех случаях, когда каркас производственного здания или эстакаду промышленного предприятия предусматривается использовать в качестве совмещенного нулевого рабочего и нулевого защитного проводника, сечение нулевой жилы кабеля, соединенной параллельно с каркасом, не нормируется.

4.2. Силовое электрооборудование.

4.2.1. Электрические машины.

К п. 4.2.3.

При использовании конструкций зданий в качестве нулевого защитного проводника заземление (зануление) электродвигателя выполнять в соответствии с П-9 стр. 7.

4.2.2. Отдельные аппараты, щитки, шкафы и ящики с электрооборудованием напряжением до 1 кВ.

К п. 4.2.6.

При использовании каркаса здания в качестве нулевого защитного проводника зануление (заземление) аппаратов, шкафов, ящиков, щитков с электрооборудованием напряжением до 1 кВ и т.п. осуществлять по П-9 стр. 14-16.

4.3. Жилые и общественные здания.

К п. 4.6.

С целью расширения области применения электрооборудования класса защиты 1 по электробезопасности и с учетом решения « О развитии нормативной базы для безопасного применения электрооборудования класса защиты 1 по электробезопасности в электроустановках зданий», утвержденного Госстроем РФ, Госстандартом РФ и Минтопэнерго РФ [П-5], Департамент электроэнергетики и Главгосэнергонадзор Минтопэнерго России 18.02.1994 г. приняли решение об изменении гл. 7.1. «Электрооборудование жилых и общественных зданий» Правил устройства электроустановок (ПУЭ) [П-6], которым надлежит руководствоваться при выполнении сетей заземления и зануления жилых и общественных зданий.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 (П-1)
Об уточнении требований к заземлителям и защитным проводникам. Информационное письмо Главгосэнергонадзора № 94-6/34-ЭТ от 12-11-1990 г.

Министерство энергетики
и электрификации СССР

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ
ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО
НАДЗОРА

«ГЛАВГОСЭНЕРГОНАДЗОР»
103074, Москва,К-74, Китайский пр , 7
Москва, К-12, Главгосэнергонадзор, А Т 111/22
Тел 220-41-33

12 11 90 № 94-6/34-ЭТ
На № от

Региональным управлениям Госэнергонадзора, Управлениям Госэнергонадзора Минэнерго Казахской и Украинской ССР, Службе Энергонадзора ТЭО Белорусэнерго, предприятиям Энергонадзор

Об уточнении требований к заземлителям и защитным проводникам

На основании исследований и разработок, выполненных институтами ВНИИПроектэлектромонтаж, ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, ГПИ Электропроект Минмонтажспецстроя СССР, СибНИИЭ, ВИЭСХ, Энергосетьпроект Минэнерго СССР, НВИИ, НИИЖБ Госстроя СССР и др , с учетом требований стандартов МЭК и ССБТ, а также опытно-промышленной эксплуатации, уточнены требования к заземлителям и нулевым защитным проводникам. Главгосэнергонадзор рекомендует промышленным предприятиям и организациям в качестве естественных заземлителей использовать железобетонные фундаменты зданий и сооружений, в том числе имеющие защитные гидроизоляционные покрытия, в неагрессивных, слабо- и среднеагрессивных средах; при этом необходимость приварки анкерных болтов стальных колонн (арматурных стержней железобетонных колонн) к арматурным стержням железобетонных фундаментов определяется допустимой плотностью тока в приарматурном слое бетона; плотность тока, стекающего в землю с естественного заземлителя, не должна превышать значений, указанных в таблице.

Род тока	Допустимая плотность тока, А/м^2	
	Внешняя поверхность арматуры железобетона	Пов. свинцов. обол. кабеля
Кратковременный переменный	$\frac{100}{\sqrt{t}+0,09}$	$\frac{100}{\sqrt{t}+0,09}$
Длительный переменный	1,0	0,5
Длительный постоянный	0,06	Не допускается

t — время протекания тока в секундах (предел t, относящийся к кратковременному воздействию — 5 с).

проложенные в земле металлические трубопроводы, кроме трубопроводов канализации и центрального отопления; стальные и железобетонные эстакады; трубопроводы, содержащие горючие жидкости, горючие и взрывоопасные газы и смеси, разрешается использовать в качестве заземлителей, если по техническим причинам их невозможно отделить от заземляемого оборудования;

рельсовые пути магистральных железных дорог и подъездные пути при наличии преднамеренного контакта между рельсами;

свинцовые оболочки кабелей, проложенных в земле. Оболочки кабелей могут служить единственными заземлителями при числе кабелей не менее двух. Алюминиевые оболочки кабелей не допускается использовать в качестве естественных заземлителей;

обсадные трубы скважин;

заземлители опор воздушных линий электропередачи, соединенные с заземляющим устройством электроустановки при помощи грозозащитного троса линии;

металлические шпунты гидротехнических сооружений, водоводы, затворы и т. п.;

заземлители повторных заземлений нулевых проводников воздушных линий напряжением до 1 кВ, при количестве воздушных линий не менее двух.

Естественный заземлитель в месте его присоединения к заземляющему устройству должен обеспечивать протекание по нему наибольшего допустимого тока в кА, определяемого по формуле:

$$I_{доп} \leq SI$$

где: S — сечение естественного заземлителя, мм^2;

I — допустимая плотность тока (кА/мм^2), которая при времени протекания тока в одну секунду и менее определяется по выражению:

$$I = \frac{II_e}{\sqrt{t}}$$

а при времени более одной секунды — по выражению:

$$I = 1{,}2\,\frac{II_e}{\sqrt{t}}$$

где t — время в секундах, а II_e принимается

для стальных проводов и конструкций	-0,07;
для сталеалюминиевых проводов	-0,15;
для арматуры железобетона	-0,03;
для свинцовой оболочки кабеля с бумажной пропитанной изоляцией на напряжение до 10 кВ	-0,03;
то же, на напряжение 20-220 кВ	-0,02.

Для остальных естественных заземлителей ток не нормируется.

В качестве заземляющих и нулевых защитных проводников, кроме специально предназначенных для этой цели проводников, могут быть использованы:

1. Металлические конструкции производственного назначения (подкрановые рельсы, каркасы распределительных устройств, галереи, площадки, шахты лифтов, подъемников, элеваторов, обрамление каналов и т. п).
2. Стальные трубы электропроводок.
3. Алюминиевые оболочки кабелей кожухи и опорные конструкции шинопроводов.
4. Металлические короба и лотки электропроводок.
5. Металлические стационарные открыто проложенные трубопроводы всех назначений.

Запрещается использовать в качестве защитных проводников:

трубопроводы горючих и взрывоопасных веществ и смесей, если они отделены от заземляемого оборудования, трубопроводы канализации и центрального отопления;

металлические оболочки трубчатых проводов и изоляционных трубок, несущие тросы тросовой электропроводки, металлорукава, ленточную броню и свинцовые оболочки проводов и кабелей;

металлические оболочки кабелей для заземления или зануления металлических кабельных конструкций, по которым они проложены;

6. Металлические конструкции зданий (фермы, колонны и т.п.).
7. Арматура железобетонных строительных конструкций производственных зданий и сооружений.

Приведенные в п.п. 1-7 проводники могут служить единственными заземляющими или нулевыми защитными проводниками, если они по проводимости удовлетворяют требованиям ПУЭ и если обеспечена непрерывность электрической цепи на всем протяжении использования.

Во взрывоопасных зонах всех классов в качестве нулевых защитных проводников должны быть использованы проводники, специально предназначенные для этой цели. При этом в качестве дополнительного мероприятия допускается использование нулевых защитных проводников, указанных в п.п. 1-7.

Использование брони или металлической оболочки кабеля разрешается для заземления или зануления струн, тросов и полос, по которым проложен этот кабель. Использование свинцовой оболочки кабелей допускается лишь в реконструируемых городских электросетях 220/127 и 380/220 В (см. также 2.3 ПУЭ) при условии проверки оболочек на термическую стойкость.

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.

При использовании естественных защитных проводников должна учитываться возможность их отсоединения и демонтажа. При этом должна обеспечиваться целостность цепей заземления, зануления или цепей уравнивания потенциалов оставшихся в работе потенциально опасных частей.

Для этого на трубопроводах, используемых в качестве защитных проводников, водомеры, задвижки и т.п. должны иметь обходные постоянно установленные защитные проводники на случай ремонта водомеров, задвижек и т.д.

Оболочки кабелей и каркасов комплектных устройств можно использовать в качестве защитных проводников только для тех электроприемников, которые получают питание по этим кабелям от этих устройств.

Объем и нормы испытаний заземляющих устройств должны соответствовать главе 1.8 ПУЭ изд. 6 и приложению Э1 действующих ПТЭ электроустановок потребителей.

Для естественных заземлителей, не указанных в таблице, плотность тока не нормируется.

Для снижения плотности тока до допустимых значений следует использовать искусственные заземлители.

Заместитель Начальника В.Н. Белоусов

Толиков Н.С.
926-83-79

ПРИЛОЖЕНИЕ 2 (П-2)
О разъяснении информационного письма
от 12.11.90 94-6/34-ЭТ.
Информационное письмо Главгосэнергонадзора
№ 94-58/804 от 12-12-90 г.

Министерство энергетики
и электрификации СССР

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ
ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО
НАДЗОРА

«ГЛАВГОСЭНЕРГОНАДЗОР»
103074, Москва, К-74, Китайский пр , 7
Москва, К-12, Главгосэнергонадзор, А Т 111/22
Тел 220-41-33

12 12 90 № 94-58/804
На № от

Региональным управлениям Госэнергонадзора, Управлениям Госэнергонадзора Минэнерго Казахской и Украинской ССР, Службе Энергонадзора ТЭО Белорусэнерго, предприятиям Энергонадзор

О разъяснении информационного
письма от 12 11 90 г 94-6/34 ЭТ

В связи с обращением различных организаций по применению рекомендаций, изложенных в письме от 12.11.90 г. 94-6/34-ЭТ «Об уточнении требований к заземлителям и защитным проводникам» Главгосэнергонадзора с учетом исследований, выполненных ВНИИПЭП и НИИЖБ, разъясняет:

В качестве элементов заземляющих устройств и токоотводов рекомендуется использовать стальные конструкции (фермы, балки, колонны), арматуру железобетонных колонн, ригелей, плит перекрытий, фундаментов, фундаментных балок, а также стальные конструкции производственного назначения (рельсы подкрановых путей, подкрановые балки, балки площадок под оборудование, воздуховоды и т.д.). В заземляющих устройствах допускается использовать сваи, колонны, стропильные и подстропильные балки, ригели, плиты покрытия с напрягаемой арматурой. Наличие в железобетонных элементах конструкций зданий предварительно напряженной арматуры, не предназначенной для использования в качестве заземляющих (зануляющих) проводников (не соединенной металлическим с каркасом здания), не является препятствием для использования заземляющих (зануляющих) и уравнивающих свойств каркаса здания или сооружения.

Не допускается использовать в заземляющих устройствах:
плиты перекрытия, подкрановые балки, стропильные и подстропильные фермы с напрягаемой арматурой, железобетонные конструкции с напрягаемой проволочной и прядевой (канатной) арматурой, железобетонные конструкции с напрягаемой стержневой арматурой диаметром менее 12 мм^2.

При защите поверхности фундаментов битумными или битумнолатексными покрытиями возможно использование железобетонных фундаментов в качестве заземлителей при слабоагрессивной степени воздействия грунта на железобетонные конструкции фундаментов производственных зданий и сооружений (см. таблицу 4 СНиП 2.03.11-85 «Защита строительных конструкций от коррозии»).

Главный инженер В.Н. Белоусов

Толиков Н.С.
926-83-79.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3 (П-3)

О разъяснении требований к заземляющим устройствам городских ТП с кабельными линиями. Информационное письмо Главгосэнергонадзора № 26-6/19-ЭТ от 08-10-92 г.

Министерство
топлива и энергетики
Российской Федерации

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ
ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО
НАДЗОРА

«ГЛАВГОСЭНЕРГОНАДЗОР»
103074, Москва, К-74, Китайский пр , 7
Москва, К-12, Главгосэнергонадзор, А Т 111/22
Тел 220-41-33

08 10 92 № 25-6/19-ЭТ
На № от

Региональным управлениям
Госэнергонадзора,
предприятиям Энергонадзора

О разъяснении требований к
заземляющим устройствам городских ТП
с кабельными линиями

В связи с поступающими запросами от ряда организаций по требованиям к заземляющим устройствам отдельно стоящих городских ТП, присоединенных кабельными линиями 6-10 кВ с отходящими кабельными линиями 0,4 кВ, питающими электроприемники с глухозаземленной нейтралью жилищно-бытовых потребителей, Госэнергонадзор Российской Федерации разъясняет:

Поскольку городские ТП являются электроустановками с разными режимами работы нейтрали, то сопротивление заземляющего устройства ТП определяется п. 1.7.57 ПУЭ и не должно быть более 10 Ом (см. п. 1.7.57, а также приложение 4 ПУЭ изд. 1986 г.).

При этом, как показали исследования и разработки Отдела комплексной защиты электроустановок ВНИИПЭМ, в случае использования в качестве заземляющего устройства естественных заземлителей (например, железобетонного фундамента ТП и нулевых защитных проводников кабельных линий), как правило, обеспечивается соблюдение требований п. 1.7.62 ПУЭ.

В том случае, если естественными заземлителями обеспечивается выполнение требований п. 1.7.62 ПУЭ, то сооружение каких-либо искусственных заземлителей ТП не требуется.

Заместитель начальника В.Н. Белоусов

Толиков Н.С.
926-83-81

ПРИЛОЖЕНИЕ 4 (П-4)

В целях большей четкости изложения материала Пособия построено на основе использования терминологии, принятой в ПУЭ и в ГОСТ Р-50571.1-93. В необходимых случаях термины и их определения уточнены в соответствии с современными представлениями.

Таблица 1.2.1. Термины и определения.

	Термины	Определения
1.	Электрическая сеть с эффективно заземленной нейтралью	Трехфазная электрическая сеть напряжением выше 1 кВ, в которой коэффициент замыкания на землю не превышает 1,4
2.	Коэффициент замыкания на землю в трехфазной электрической сети	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
3.	Заземленная нейтраль	Нейтраль трансформатора или генератора, присоединенная к заземляющему устройству непосредственно или через малое сопротивление (например, через трансформаторы тока)
4.	Изолированная нейтраль	Нейтраль трансформатора или генератора, не присоединенная к заземляющему устройству или присоединенная к нему через приборы сигнализации, измерения, защиты, заземляющие дугогасящие реакторы и подобные устройства, имеющие большое сопротивление
5.	Заземление какой-либо части электроустановки	Преднамеренное электрическое соединение этой части с заземляющим устройством
6.	Защитное заземление	Заземление частей электроустановки в целях обеспечения электробезопасности

	Термины	Определения
7.	Рабочее заземление	Заземление какой-либо точки токоведущих частей электроустановки, необходимое для обеспечения работы электроустановки
8.	Токоведущая часть	Электропроводящая часть электроустановки, находящаяся в процессе работы под рабочим напряжением
9.	Открытая проводящая часть	Нетоковедущая часть, доступная прикосновению человека, которая может оказаться под напряжением при нарушении изоляции нетоковедущих частей. Примечание: Под нетоковедущей частью понимают токопроводящую часть электроустановки, не находящуюся в процессе ее работы под рабочим напряжением, но в случае нарушения изоляции токоведущей части относительно земли могущую оказаться под напряжением.
10.	Сторонняя проводящая часть	Проводящая часть которая не является частью электроустановки Примечание: Например, металлоконструкция здания, водопровод, трубы отопления и т.п. и неэлектрические аппараты, электрически присоединенные к ним (радиаторы, неэлектрические плиты для приготовления пищи, раковины и т.п.), полы и стены из неизоляционного материала
11.	Зануление в электроустановках напряжением до 1 кВ	Преднамеренное соединение частей электроустановки, нормально не находящихся под напряжением, с нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с заземленным выводом источника однофазного тока, с заземленной средней точкой источника в сетях постоянного тока.

	Термины	Определения
12.	Замыкание на землю	Случайное соединение находящихся под напряжением частей электроустановки с их конструктивными частями, не изолированными от земли, или непосредственно с землей
13.	Замыкание на корпус	Случайное соединение находящихся под напряжением частей электроустановки с конструктивными частями, нормально не находящимися под напряжением
14.	Заземляющее устройство	Совокупность заземлителя и заземляющих проводников
15.	Заземлитель	Проводник (электрод) или совокупность металлически соединенных между собой проводников (электродов), находящихся в соприкосновении с землей или ее эквивалентом
16.	Искусственный заземлитель	Заземлитель, специально выполняемый для целей заземления
17.	Естественный заземлитель	Находящиеся в соприкосновении с землей или ее эквивалентом электропроводящие части коммуникаций, зданий и сооружений производственного назначения, используемые для целей заземления
18.	Магистраль заземления или зануления	Соответственно заземляющий или нулевой защитный проводник с двумя или более ответвлениями
19.	Защитный проводник (PE)	Проводник, применяемый для защитных мер от поражения электрическим током в случае повреждения изоляции и для соединения открытых проводящих частей: - с другими открытыми проводящими частями; - со сторонними проводящими частями; - с заземлителями, заземляющим проводником или заземленной токоведущей частью
20.	Заземляющий проводник	Проводник, соединяющий заземляющие части с заземлителем

	Термины	Определения
21.	Нулевой защитный проводник в электроустановках напряжением до 1 кВ (PE)	Проводник, соединяющий зануляемые части с заземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с заземленным выводом источника однофазного тока, с заземленным выводом источника однофазного тока, с заземленной средней точкой источника в сетях постоянного тока
22.	Нулевой рабочий проводник в электроустановках напряжением до 1 кВ (N)	Проводник, используемый для питания электроприемников и соединенный с заземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с заземленным выводом источника однофазного тока, с заземленной средней точкой источника в трехпроводных сетях постоянного тока. В электроустановках напряжением до 1 кВ с заземленной нейтралью нулевой рабочий проводник может выполнять функции нулевого защитного проводника
23.	Совмещенный нулевой рабочий и защитный проводник (PEN)	Проводник, сочетающий функции защитного и нулевого рабочего проводников
24.	Зона растекания	Область земли, в пределах которой возникает заметный градиент потенциала при стекании тока с заземлителя
25.	Зона нулевого потенциала	Зона земли за пределами зоны растекания
26.	Напряжение на заземляющем устройстве	Напряжение, возникающее при стекании тока с заземлителя в землю между точкой ввода тока в заземляющее устройство и зоной нулевого потенциала
27.	Напряжение относительно земли при замыкании на корпус	Напряжение между корпусом и зоной нулевого потенциала
28.	Напряжение прикосновения	Напряжение между двумя точками цепи тока замыкания на землю (на корпус) при одновременном прикосновении к ним человека

	Термины	Определения
29.	Напряжение шага	Напряжение между двумя точками земли, обусловленное растеканием тока замыкания на землю, при одновременном касании их ногами человека
30.	Ток замыкания на землю	Ток, стекающий в землю через место замыкания
31.	Сопротивление заземляющего устройства	Отношение напряжения на заземляющем устройстве к току, стекающему с заземлителя в землю
32.	Эквивалентное удельное сопротивление земли с неоднородной структурой	Такое удельное сопротивление земли с однородной структурой, при котором сопротивление заземляющего устройства имеет то же значение, что и в земле с неоднородной структурой Термин «удельное сопротивление», применяемый в справочнике, для земли с неоднородной структурой следует понимать как «эквивалентное удельное сопротивление».
33.	Защита от непосредственного прикосновения к токоведущим частям (защита от прямого контакта)	Технические мероприятия, электрозащитные средства и их совокупность, предотвращающие прикосновение к токоведущим частям, находящимся под напряжением, или приближение к ним на расстояние менее безопасного
34.	Защита от косвенного прикосновения (защита от контакта)	Защита, исключающая опасность соприкосновения с открытыми проводящими частями, которые могут оказаться под напряжением в случае повреждения изоляции
35.	Защитное отключение в электроустановках напряжением до 1 кВ	Автоматическое отключение всех фаз (полюсов) участка сети, обеспечивающее безопасные для человека сочетания тока и времени его прохождения при замыканиях на корпус или снижение уровня изоляции ниже определенного значения

	Термины	Определения
36.	Двойная изоляция электроприемника	Совокупность рабочей и защитной (дополнительной) изоляции, при которых доступные прикосновения части электроприемника не приобретают опасного напряжения при повреждении только рабочей или только защитной (дополнительной) изоляции
37.	Безопасное сверхнизкое напряжение (БСНН)	Номинальное напряжение между фазами (полюсами) и по отношению к земле не более 50 В переменного и 120 В постоянного тока, применяемое в электрических установках
38.	Разделяющий трансформатор	Трансформатор, предназначенный для отделения сети, питающей электроприемник, от первичной электрической сети, а также от сети заземления или зануления

ПРИЛОЖЕНИЕ 5 (П-5)

Утверждаю	Утверждаю	Утверждаю
09 08 93 г.	29 07 93 г.	02.08.93 г.
А А Бабенко	С Ф Безверхий	Ю.Н Корсун
Первый зам Председателя Госстроя России	Председатель Госстандарта России	Зам. Министра Минтопэнерго России

РЕШЕНИЕ
о развитии нормативной базы для безопасного применения электрооборудования класса защиты I по электробезопасности в электроустановках зданий

В условиях введения в действие Закона Российской Федерации « О защите прав потребителей», когда промышленностью начат выпуск электрооборудования класса защиты I по электробезопасности в соответствии с требованиями государственных стандартов, принятых на основе международных стандартов МЭК, и когда в страну в возрастающих количествах ввозится импортная продукция класса защиты I, проблема применения этого оборудования в электроустановках жилых и общественных зданий требует практического решения.

Учитывая большое значение данного вопроса для обеспечения безопасности потребителей, Госстандарт России, Госстрой России и Минтопэнерго России решили:

1. Госстандарту России с участием Технического комитета по стандартизации «Электроустановки зданий» в 1993-94 годах принять в качестве Государственных стандартов комплекс стандартов МЭК «Электроустановки зданий».

2. Минтопэнерго России в 1993 году ввести в главы 1.7 и 7.1 «правил устройства электроустановок» (ПУЭ, издание 6) требования, касающиеся схем, обеспечивающих применение приборов класса защиты I, а в дальнейшем привести ПУЭ в соответствие с государственными стандартами (п.1).

3. Госстрою России:

на основании изменений ПУЭ и введения в действие комплекса стандартов МЭК «Электроустановки зданий» дать указание строительным и проектным организациям о внесении соответствующих изменений в проектную документацию с целью реализации принятых изменений ПУЭ, а также соблюдения во вновь разрабатываемых проектах требований утвержденных государственных стандартов и уточненных требований ПУЭ;

с участием заинтересованных организаций рассмотреть вопрос организации работы по реконструкции электрических сетей действующего фонда жилых зданий с целью обеспечения использования электрооборудования класса защиты I.

4. Главгосэнергонадзору начиная с 1 января 1995 года осуществлять приемку электроустановок зданий с учетом требований утвержденных государственных стандартов и уточненных требований ПУЭ.

Начальник Глатехнормирования Госстроя России	Начальник ГУ стандартизации и сертификации информационных технологий, продукции электротехники и приборостроения	Руководитель Департамента Электроэнергетики Минтопэнерго России
	21.07 93 г	
В.В. Тищенко	В Г. Губенко	И.А. Новожилов

Начальник
Главэнергонадзора

В.П. Варнавский
23.07.93 г.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6 (П-6)

УТВЕРЖДАЮ
Первый заместитель Министра
топлива и энергетики
Российской Федерации
В.Н. Костюнин
18.02.94 г.

РЕШЕНИЕ

Об изменении требований гл. 7.1 «Электрооборудование жилых и общественных зданий» Правил устройства электроустановок (ПУЭ), шестое издание, переработанное и дополненное (Москва, Энергоатомиздат, 1986 г.)

С целью расширения области применения электрооборудования класса защиты 1 по электробезопасности и с учетом решения «О развитии нормативной базы для безопасного применения электрооборудования класса защиты 1 по электробезопасности в электроустановках зданий», утвержденного Госстроем России, Госстандартом России и Минтопэнерго России 29.07 – 09.08.93г., Департамент электроэнергетики и Главгосэнергонадзор Минтопэнерго России принимают решение о внесении изменений в главу 7.1 «Электрооборудование жилых и общественных зданий (ПУЭ, шестое издание).

1. В пункте 7.1.33 последнее предложение изложить в следующей редакции:

«Сечения нулевых рабочих и нулевых защитных проводников в трехпроводных линиях должны быть не менее сечения фазных проводников.

Нулевые рабочие и нулевые защитные проводники должны соответствовать требованиям гл. 1.7».

2. Ввести дополнительный абзац в пункт 7.1.33:

«В жилых и общественных зданиях линии групповой сети, прокладываемые от групповых щитков до штепсельных розеток, должны выполняться трехпроводными (фазный, нулевой рабочий и нулевой защитный проводники). Питание стационарных однофазных электроприемников следует выполнять трехпроводными линиями. При этом, нулевой рабочий и нулевой защитный проводники не следует подключать на щитке под один контактный зажим».

3. Исключить пункты 7.1.58 и 7.1.59.

4. Пункт 7.1.60 изложить в новой редакции: «В помещениях жилых и общественных зданий должны зануляться металлические корпуса стационарных и переносных электроприемников, относящихся к приборам класса защиты 1 по ГОСТ 27570.0. Нулевые защитные проводники, предназначенные для зануления металлических корпусов, должны прокладываться от групповых щитков (распределительных пунктов)».

Руководитель Департамента Электроэнергетики Минтопэнерго России
И.А. Новожилов

Начальник Главгосэнергонадзора Минтопэнерго России
В. П. Варнавский

Согласовано:
Начальник Главтехнормирования
Госстря России

В.В. Тищенко

Толиков
2205829

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие..... 3
Глава 1 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ..... 7
1.1. Защитные меры электробезопасности..... 8
1.2. Предельно допустимые сопротивления заземляющего устройства электроустановки напряжением выше 1 кВ сети с эффективно заземленной нейтралью..... 16
1.3. Предельно допустимое напряжение на заземляющем устройстве при стекании с него тока замыкания на землю..... 16
1.4. Предельно допустимое сопротивление заземляющего устройства электроустановок напряжением выше 1 кВ с изолированной нейтралью.....
1.5. Предельно допустимое сопротивление заземляющего устройства электроустановки напряжением до 1 кВ с изолированной нейтралью..... 18
1.6. Предельно допустимые сопротивления заземляющего устройства, к которому присоединены нейтрали генераторов или трансформаторов или выводы источника однофазного тока..... 19
1.7. Предельно допустимое сопротивление повторных заземлителей электроустановки напряжением до 1 кВ с заземленной нейтралью..... 20
Глава 2. ЗАЗЕМЛИТЕЛИ..... 22
2.1. Естественные заземлители..... 22
2.1.1. Влияние параметров защитного покрытия на сопротивление растеканию полусферического заземлителя в земле с удельным электрическим сопротивлением ρ.... 22
2.1.2. Использование зазмляющих свойств зданий..... 26
2.2. Искусственные заземлители..... 28
2.2.1. Сопротивление одиночных заземлителей..... 28
2.2.2. Сопротивление сложных заземлителей..... 29
2.2.3. Конструкция и способы погружения вертикальных заземлителей..... 29

2.2.4. Минимально допустимое сечение заземлителя с учетом коррозии..... 31
2.3. Рекомендуемые расчетные значения удельного электрического сопротивления верхнего слоя земли (мощностью не более 30 м)..... 33
2.4. Заземляющие устройства в районах многолетней мерзлоты..... 33
Глава 3. ЗАЗЕМЛЯЮЩИЕ И НУЛЕВЫЕ ЗАЩИТНЫЕ ПРОВОДНИКИ..... 39
3.1. Общие требования..... 39
3.2. Условия использования нулевых рабочих проводников для зануления..... 40
3.3. Требования к изоляции нулевых рабочих и нулевых защитных проводников..... 41
3.4. Проектные решения, обеспечивающие электрическую непрерывность железобетонного или стального каркаса промышленного здания..... 43
3.5. Электрические параметры заземляющих и нулевых защитных проводников..... 45
3.6. Монтаж искусственных заземляющих проводников 49
3.7. Выбор сечения заземляющего и нулевого защитного проводников в зависимости от напряжения электроустановки и режима нейтрали..... 52
3.8. Рекомендуемые размеры дюбелей для крепления заземляющих проводников..... 53
3.9. Соединения и присоединения заземляющих и нулевых защитных проводников..... 55
3.10. Способы присоединения проводников к силовому электрооборудованию..... 56
Глава 4. ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ..... 59
4.1. Распределительные устройства..... 59
4.2. Силовое электрооборудование..... 60
4.2.1. Электрические машины..... 60
4.3. Жилые и общественные здания..... 60

ПРИЛОЖЕНИЯ

П-1. Об уточнении требований к заземлителям и защитным проводникам. Информационное письмо Главгосэнергонадзора № 94-6/34-ЭТ от 12-11-1990 г... 61

П-2. О разъяснении информационного письма от 12.11.90г. №94-6/34-ЭТ..... 66

П-3. О разъяснении требований к заземляющим устройствам городских ТП с кабельными линиями. Информационное письмо Главгосэнергонадзора № 26-6/19-ЭТ от 08-10-92 г..... 69

П-4. Термины и определения 71

П-5. Решение Госстроя РФ, Госстандарта РФ, Минтопэнерго РФ от 29.07- 09.08.93 г. О развитии нормативной базы для безопасного применения электрооборудования класса защиты 1 по электробезопасности в электроустановках зданий..... 77

П-6. Решение Минтопэнерго РФ от 18. 02. 1994 г. Об изменении требований гл. 7.1 "Электрооборудование жилых и общественных зданий" ПУЭ, 6-е издание, переработанное и дополненное (Москва, Энергоатомиздат, 1986)..... 79

П-7. Использование заземляющих свойств строительных конструкций производственных зданий и сооружений. Материалы по проектированию и эксплуатационному контролю.

П-8. Альбом чертежей: Заземление и молниезащита одноэтажных и многоэтажных зданий промышленных предприятий с использованием типовых строительных конструкций в качестве заземляющих устройств и токоотводов. Материалы для проектирования.

П-9. Альбом типовых конструкций узлов зануления (заземления) электрооборудования при использовании каркаса зданий в качестве нулевого защитного проводника. Рабочие чертежи.

Справочное издание

Пособие по применению "Инструкции по устройству сетей заземления и молниезащите"

Авторы-составители:

д.т.н. Р. Н. Карякин
к.т.н. В. И. Солнцев
инж. Л. Н. Коновалова

"Н/К"
Сдано в набор 15 03 94 Подписано в печать 27 06.94 Форм 60×90 1/16
Гарнитура "Таймс". Печать офсетная. Объем 5,4 п.л
Тираж 1000 Экз. Зак №155 Цена договорная

Издательство "Кэнди"
Москва, Сокольнический вал, 37д
Типография в/ч 21613, Сокольнический вал, 37д

gost.e-ecolog.ru