

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ

Область применения, терминология, классификация, общие требования и рекомендации

1.1. Область применения

Рекомендации справочника распространяются на все электроустановки переменного и постоянного тока напряжением до 1 кВ и выше.

В справочнике приведены определения основных терминов в области заземляющих устройств электроустановок, дана классификация электроустановок, помещений и территорий в отношении мер электробезопасности (разд. I), приведены нормы напряжений прикосновения и тока, проходящего через человека при нормальных и аварийных режимах работы электроустановок и различных схемах заземления нейтралей трансформаторов и генераторов (разд. II), даны расчетные формулы для определения сопротивления заземляющих проводников, заземлителей и заземляющих устройств, в том числе при использовании заземляющих свойств строительных конструкций зданий и эстакад (разд. III).

Общие требования к заземлению электроустановок и к защите людей от поражения электрическим током (требования электробезопасности) при повреждении изоляции содержатся в разд. IV. В разд. V даны требования к конструктивному исполнению заземляющих устройств, в том числе при использовании заземляющих свойств строительных конструкций зданий и эстакад промышленных предприятий.

Рекомендации по монтажу заземляющих устройств даны в разд. VI. В заключительном разд. VII изложены методы испытания заземляющих устройств электроустановок. Содержащиеся в справочнике сведения основаны на материалах ПУЭ [1], а также на другой нормативно-технической документации, действующей на 1 января 1999 г. [2]-[22].

1.2. Терминология и классификация

В целях большей четкости все дальнейшее изложение материала справочника построено на основе использования терминологии, принятой в ПУЭ [1]. В необходимых случаях термины и их определения (табл. 1.1) уточнены в соответствии с современными представлениями.

В основу классификации электроустановок по мерам электробезопасно-

сти положено номинальное напряжение электроустановки (до 1 кВ и выше 1 кВ) и режим ее нейтрали (табл. 1.2).

В основу классификации помещений и территорий по опасности электропоражения положены условия, создающие повышенную опасность: сырость, токопроводящая пыль, химически активная среда, токопроводящие полы, высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к металлическим корпусам электрооборудования и к заземленным частям (табл. 1.3).

По надежности электроснабжения промышленные электроприемники делятся на четыре категории (табл. 1.4).

Различают три вида электропроводок: открытая, скрытая и наружная электропроводки (табл. 1.5).

Таблица 1.1. Термины и определения

Термин	Определение
1. Электроустановка	Совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другой вид энергии. Электроустановки по условиям электробезопасности разделяются на электроустановки до 1 кВ и электроустановки выше 1 кВ (по действующему значению напряжения)
2. Открытая или наружная электроустановка	Электроустановка, не защищенная зданием от атмосферных воздействий. Электроустановка, защищенная только навесами, сетчатыми ограждениями и т. п., рассматривается как наружная
3. Закрытая или внутренняя электроустановка	Электроустановка, размещенная внутри здания, защищающего ее от атмосферных воздействий
4. Помещение	Помещение или отгороженная, например сетками, часть помещения, которые доступны только для квалифицированного обслуживающего персонала и в которых расположены электроустановки
5. Сухое помещение	Помещение, в котором относительная влажность воздуха не превышает 60 %. При отсутствии в таком помещении условий, приведенных в п. 6–11, оно называется нормальным
6. Влажное помещение	Помещение, в котором пары или конденсирующаяся влага выделяются лишь кратковременно в небольших количествах, а относительная влажность воздуха более 60 %, но не превышает 75 %
7. Сырое помещение	Помещение, в котором относительная влажность воздуха длительно превышает 75 %

Продолжение табл. 1.1

Термин	Определение
8. Особо сырое помещение	Помещение, в котором относительная влажность воздуха близка к 100 % (потолок, стены, пол и предметы, находящиеся в помещении, покрыты влагой)
9. Жаркое помещение	Помещение, в котором под воздействием различных тепловых излучений температура превышает постоянно или периодически (более 1 сут) +35°C (например, помещение с сушилками, сушильными и обжигательными печами, котельные и т. п.)
10. Пыльное помещение	Помещение, в котором по условиям производства выделяется технологическая пыль в таком количестве, что она может оседать на проводниках, проникать внутрь машин, аппаратов и т. п. Пыльные помещения разделяются на помещения с токопроводящей пылью и помещения с нетокопроводящей пылью
11. Помещение с химически активной или органической средой	Помещение, в котором постоянно или в течение длительного времени содержатся агрессивные пары, газы, жидкости, образуются отложения или плесень, разрушающие изоляцию, токоведущие части электрооборудования и заземляющие устройства электроустановок
12. Распределительное устройство (РУ)	Электроустановка, служащая для приема и распределения электроэнергии и содержащая коммутационные аппараты, сборные и соединительные шины, вспомогательные устройства (компрессорные, аккумуляторные и др.), а также устройства защиты, автоматики и измерительные приборы
13а. Открытое распределительное устройство (ОРУ)	Распределительное устройство, все или основное оборудование которого расположено на открытом воздухе
13б. Закрытое распределительное устройство (ЗРУ)	Распределительное устройство, оборудование которого расположено в здании
14. Комплектное распределительное устройство	Распределительное устройство, состоящее из полностью или частично закрытых шкафов или блоков со встроенными в них аппаратами, устройствами защиты и автоматики и поставляемое в собранном или полностью подготовленном для сборки виде. Комплектное распределительное устройство, предназначенное для внутренней установки, обозначается КРУ, а для наружной установки — КРУН
15. Подстанция	Электроустановка, служащая для преобразования и распределения электроэнергии и состоящая из трансформаторов или других преобразователей энергии, распределительных устройств, устройств управления и вспомогательных сооружений. В зависимости от преобладания той или иной функции подстанций они называются трансформаторными или преобразовательными

Продолжение табл. 1.1

Термин	Определение
16. Пристроенная подстанция (пристроенное РУ)	Подстанция (РУ), непосредственно примыкающая к основному зданию
17. Встроенная подстанция	Закрытая подстанция (закрытое РУ), вписанная (вписанное) в контур основного здания
18. Внутрицеховая подстанция	Подстанция, расположенная внутри производственного здания (открыто или в отдельном помещении)
19. Комплектная трансформаторная (преобразовательная) подстанция	Подстанция, состоящая из трансформаторов (преобразователей) и блоков (КРУ или КРУН и других элементов), поставляемых в собранном или полностью подготовленном для сборки виде. Комплектные трансформаторные (преобразовательные) подстанции (КТП, КПП) или их части, устанавливаемые в закрытом помещении, относятся к внутренним установкам, устанавливаемые на открытом воздухе — к наружным установкам
20. Заземляющее устройство	Совокупность заземлителя и заземляющих проводников
21. Заземлитель	Проводник (электрод) или совокупность электрически соединенных между собой проводников (электродов), находящихся в соприкосновении с землей или с ее эквивалентом
22. Искусственный заземлитель	Заземлитель, специально выполняемый для целей заземления
23. Естественный заземлитель	Находящиеся в соприкосновении с землей или с ее эквивалентом электропроводящие части коммуникаций, зданий и сооружений производственного или иного назначения, используемые для целей заземления
24. Заземляющий проводник	Проводник, соединяющий заземляемые части с заземлителем
25. Заземленная нейтраль	Нейтраль трансформатора или генератора, присоединенная к заземляющему устройству непосредственно или через малое сопротивление (например, через трансформаторы тока)
26. 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
27. Электрическая сеть с эффективно заземленной нейтралью	Трехфазная электрическая сеть выше 1 кВ, в которой коэффициент замыкания на землю не превышает 1,4
28. 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 им устройства, имеющие большое сопротивление

Продолжение табл. 1.1

Термин	Определение
29. Заземление какой-либо части электроустановки или другой установки	Преднамеренное электрическое соединение этой части с заземляющим устройством
30. Защитное заземление	Заземление частей электроустановки с целью обеспечения электробезопасности
31. Зануление в электроустановках напряжением до 1 кВ	Преднамеренное электрическое соединение частей электроустановки, нормально не находящихся под напряжением, с заземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с заземленной средней точкой источника в сетях постоянного тока (система TN)
32. Электрический удар	Патофизиологический эффект в результате прохождения электрического тока через тело человека или животного
33. Токоведущие части	Проводники или проводящие части, могущие находиться под напряжением в нормальных условиях, включая нулевой рабочий проводник
34. Опасные токоведущие части	Токоведущие части, которые при определенных условиях могут наносить вредный для здоровья электрический удар. PEN-проводник не относится к опасным токоведущим частям
35. Открытые проводящие части (ОПЧ)	Нетокковедущие части электроустановки, доступные прикосновению, которые могут оказаться под напряжением при нарушении изоляции токоведущих частей
36. Сторонние проводящие части (СПЧ)	Проводящие части, которые не являются частью электроустановки, но могущие приобретать потенциал при определенных условиях
37. Защитный проводник (РЕ-проводник)	Проводник, применяемый для выполнения защитных мер от поражения электрическим током в случае повреждения и для соединения открытых проводящих частей: <ul style="list-style-type: none"> — с другими открытыми — проводящими частями; — со сторонними проводящими частями; — с заземлителем, заземляющим проводником или заземленной токоведущей частью
38. Нулевой защитный проводник (РЕ-проводник) в электроустановках напряжением до 1 кВ	Проводник, соединяющий зануляемые части с заземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с заземленным выводом источника однофазного тока, с заземленной средней точкой источника в сетях постоянного тока (система TN)
39. Магистраль заземления или зануления	Заземляющий или нулевой защитный проводник с двумя или более ответвлениями

Продолжение табл. 1.1

Термин	Определение
40. Рабочее заземление	Заземление какой-либо точки токоведущих частей электроустановки, необходимое для обеспечения работы электроустановки
41. Нулевой рабочий проводник (N-проводник) в электроустановках до 1 кВ	Проводник, используемый для питания электроприемников, 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 (система TN)
42. PEN-проводник	Проводник в системе TN, который присоединен к заземленной нейтрали источника и одновременно выполняет функции нулевого защитного проводника (PE-проводника) и нулевого рабочего проводника (N-проводника)
43. Замыкание на землю	Случайное соединение находящихся под напряжением частей электроустановки с конструктивными частями, не изолированными от земли, или непосредственно с землей
44. Замыкание на корпус	Случайное соединение находящихся под напряжением частей электроустановки с их конструктивными частями (ОПЧ), нормально не находящимися под напряжением
45. Ток повреждения	Ток, появившийся в результате повреждения или перекрытия изоляции
46. Ток замыкания на землю	Ток, стекающий в землю через место замыкания
47. Сверхток	Ток, значение которого превосходит наибольшее рабочее значение тока электроустановки
48. Ток короткого замыкания	Сверхток, обусловленный повреждением с малым сопротивлением между точками, находящимися под разными потенциалами в нормальных рабочих условиях
49. Ток перегрузки	Сверхток в электрической цепи электроустановки при отсутствии электрических повреждений
50. Сопротивление заземляющего устройства	Отношение напряжения на заземляющем устройстве к току, стекающему с заземлителя в землю
51. Эквивалентное удельное сопротивление земли с неоднородной структурой	Такое удельное сопротивление земли с однородной структурой, в которой сопротивление заземляющего устройства имеет то же значение, что и в земле с неоднородной структурой Термин «удельное сопротивление», применяемый в Справочнике для земли с неоднородной структурой, следует понимать как «эквивалентное удельное сопротивление»

Продолжение табл. 1.1

Термин	Определение
52. Зона растекания	Область земли, в пределах которой возникает заметный градиент потенциала при стекании тока с заземлителя
53. Зона нулевого потенциала	Зона земли за пределами зоны растекания
54. Напряжение на заземляющем устройстве	Напряжение, возникающее при стекании тока с заземлителя в землю между точкой ввода тока в заземляющее устройство и зоной нулевого потенциала
55. Напряжение шага	Напряжение между двумя точками земли, обусловленное растеканием тока замыкания на землю, при одновременном касании их ногами человека
56. Напряжение относительно земли при замыкании на корпус	Напряжение между этим корпусом и зоной нулевого потенциала
57. Напряжение при повреждении изоляции	Напряжение на открытых проводящих частях оборудования или сторонних проводящих частях по отношению к зоне нулевого потенциала при повреждении изоляции
58. Предельно допустимое напряжение при повреждении	Наибольшее напряжение, которое допускается на открытых проводящих частях по отношению к зоне нулевого потенциала при повреждении изоляции
59. Прямое прикосновением	Электрический контакт между человеком или животным и опасными токоведущими частями, находящимися под напряжением
60. Косвенное прикосновением	Контакт между человеком или животным и опасными токоведущими частями через одно или более повреждение изоляции между ними и ОПЧ и СПЧ
61. Напряжение прикосновения	Напряжение между двумя точками цепи тока замыкания на землю (на корпус) при одновременном прикосновении к ним человека или животного
62. Ожидаемое напряжением прикосновения	Часть напряжения при повреждении, появляющаяся между доступными проводящими частями, которых может одновременно коснуться человек или животное
63. Ток прикосновения	Ток, который может протекать через тело человека или тело животного, когда человек или животное касаются одной или более доступных проводящих частей. Ток прикосновения может протекать при нормальных или аварийных условиях
64. Поражающий ток	Ток, проходящий через тело человека или домашнего животного, характеристики которого могут обусловить патологические воздействия
65. Ток утечки	Ток, который протекает в землю или на сторонние проводящие части в электрически неповрежденной цепи

Термин	Определение
66. Ток утечки в сети с заземленной нейтралью	Ток, протекающий по участку электрической цепи, соединенному параллельно с нулевым рабочим проводником, а при отсутствии нулевого рабочего проводника — ток нулевой последовательности
67. Ток утечки в сети с изолированной нейтралью	Ток, протекающий между фазой и землей в сети с изолированной нейтралью
68. Ток утечки в сети постоянного тока	Ток, протекающий между полюсом и землей в сети постоянного тока
69. Выравнивание потенциала	Снижение разности потенциалов между заземляющим устройством и поверхностью земли путем электрического соединения его с уложенными в земле защитными проводниками Выравнивание потенциала предназначено для предотвращения появления опасного напряжения шага на территории электроустановки при повреждении изоляции, а также при нормальных и вынужденных режимах, не сопровождающихся повреждением основной изоляции в электроустановках, использующих землю в качестве цепи обратного тока, например, в электроустановках электрифицированных железных дорог
70. Уравнивание потенциалов	Снижение разности потенциалов между доступными одновременно прикосновению открытыми проводящими частями (ОПЧ), сторонними проводящими частями (СПЧ), заземляющими и защитными проводниками (РЕ-проводниками), а также PEN-проводниками, путем электрического соединения этих частей между собой
71. Основная защита (защита от прямого прикосновения)	Применение мер, предотвращающих прямой контакт
72. Защита при повреждении (защита при косвенном прикосновении)	Применение мер, предотвращающих вредное действие повреждения изоляции. Вредное действие включает электрический удар во время косвенного прикосновения к токоведущим частям
73. Защитное устройство от сверхтока	Механическое выключающее устройство, способное включать, пропускать и отключать токи при нормальных условиях, а также включать, пропускать и автоматически отключать токи при аварийных условиях работы сети, таких как перегрузка и короткое замыкание
74. Дополнительная защита	Применение мер для исключения или смягчения электрического удара в случае повреждения основной защиты и/или защиты при повреждении (изоляции)
75. 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 снижении уровня изоляции ниже определенного значения

Термин	Определение
76. Устройство защитного отключения или УЗО-Д	Механическое выключающее устройство, предназначенное для включения, прохождения и отключения токов при нормальных условиях эксплуатации, и которое может обеспечивать размыкание контактов, когда разностный ток достигает заданного значения при определенных условиях
77. Разностный (дифференциальный) ток (I_{Δ})	Векторная сумма токов, протекающих через дифференциальное токовое устройство, такое как УЗО-Д
78. Двойная изоляция электроприемника	Совокупность рабочей и защитной (дополнительной) изоляции, при которой доступные прикосновению части электроприемника не приобретают опасного напряжения при повреждении только рабочей или только защитной (дополнительной) изоляции (оборудование класса II)
79. Малое напряжение	Номинальное напряжение между фазами (полюсами) и по отношению к земле не более 42 В переменного и 110 В постоянного тока, применяемое в электрических установках для обеспечения электробезопасности
80. Система сверхнизкого безопасного напряжения (БСНН, ЗСНН, ФСНН)	Совокупность технических мер защиты от прямого и косвенного прикосновений, которые характеризуются применением сетей с напряжением, не превышающим 50 В переменного тока или 120 В постоянного тока, питаемых от источников питания по ГОСТ 50571.3-94 и устройством электрических цепей, обеспечивающих необходимую степень безопасности (оборудование класса III)
81. Разделяющий трансформатор	Трансформатор, предназначенный для отделения сети, питающей электроприемник, от первичной электрической сети, а также от сети заземления или зануления

Таблица 1.2. Классификация электроустановок по мерам электробезопасности

Номинальное напряжение электроустановки, кВ	Режим нейтрали	Классификация электроустановок
До 1 кВ	Заземленная нейтраль	Электроустановка до 1 кВ с заземленной нейтралью
	Изолированная нейтраль	Электроустановка до 1 кВ с изолированной нейтралью
Выше 1 кВ	Эффективно заземленная нейтраль	Электроустановка выше 1 кВ в сетях с эффективно заземленной нейтралью
	Изолированная нейтраль	Электроустановка выше 1 кВ в сетях с изолированной нейтралью

Таблица 1.3. Классификация помещений и территорий по опасности электропоражения

Помещение, территория	Условия, создающие опасность
1. Помещение без повышенной опасности	Отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность (см. п. 2 и 3)
2. Помещение с повышенной опасностью	Наличие в нем одного из следующих условий, создающих повышенную опасность: а) сырости или токопроводящей пыли (см. табл. 1.1, п. 7, 10); б) токопроводящих полов (металлических, земляных, железобетонных, кирпичных и т. п.); в) высокой температуры (см. табл. 1.1, п. 9); г) возможности одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлическим или железобетонным конструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования — с другой
3. Особо опасное помещение	Наличие одного из следующих условий, создающих особую опасность: а) особой сырости (см. табл. 1.1, п. 8); б) химически активной или органической среды (см. табл. 1.1, п. 11); в) одновременно двух или более условий повышенной опасности (см. п. 2)
4. Территория размещения наружных электроустановок	По опасности поражения людей электрическим током эта территория приравнивается к особо опасному помещению

Таблица 1.4. Категория промышленных электроприемников по надежности электроснабжения

Категория электроприемника	Требования по надежности электроснабжения
Особая группа электроприемников	Бесперебойная работа электроприемника необходима для безаварийного останова производства в целях предотвращения угрозы жизни людей, взрывов, пожаров и повреждения дорогостоящего основного оборудования
Электроприемники I категории	Электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, значительный ущерб народному хозяйству, повреждение дорогостоящего основного оборудования, массовый брак продукции, расстройство сложного технологического процесса

Продолжение табл. 1.4

Категория электроприемника	Требования по надежности электроснабжения
Электроприемники II категории	Электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта
Электроприемники III категории	Все остальные электроприемники, не подходящие под определения I и II категорий

Таблица 1.5. Виды электропроводок

Вид электропроводки	Определение	Способы прокладки проводов и кабелей
Открытая электропроводка	Электропроводка, проложенная по поверхности стен, потолков, на струнах, фермах и другим строительным элементам зданий и сооружений, по опорам и т. п.)	Непосредственно по поверхности стен, потолков, на струнах, полосах, тросах, роликах, изоляторах, в трубах, коробах, гибких металлических рукавах, на лотках, в электрических плинтусах и наличниках, свободной подвешенной и т. п. Открытая электропроводка может быть стационарной, передвижной и переносной
Скрытая электропроводка	Электропроводка, проложенная внутри конструктивных элементов зданий и сооружений (в стенах, полах, фундаментах, перекрытиях), а также по перекрытиям в подготовке пола, непосредственно под съемным полом и т. п.	В трубах, гибких металлических рукавах, коробах, замкнутых каналах и пустотах строительных конструкций, в заштукатуриваемых бороздах, под штукатуркой, а также замоноличиванием в строительные конструкции при их изготовлении
Наружная электропроводка	Электропроводка, проложенная по наружным стенам зданий и сооружений, под навесами и т. п., а также между зданиями на опорах (не более четырех пролетов длиной до 25 м каждый) вне дорог и т. п.	Наружная электропроводка может быть открытой и скрытой

1.3. Общие требования к заземляющим устройствам электроустановок

В настоящем параграфе сформулированы общие требования к заземляющим устройствам электроустановок всех министерств и ведомств.

1. Применяемые в электроустановках заземляющие устройства по своим нормированным, гарантированным и расчетным характеристикам должны соответствовать условиям работы данной электроустановки.

2. Заземляющее устройство электроустановки и связанные с ним конструкции должны быть стойкими в отношении воздействия окружающей среды или защищены от этого воздействия.

3. Строительная часть электроустановок (конструкции здания и сооружений и их элементов) должна выполняться в соответствии с действующими Строительными нормами и правилами (СНиП) Госстроя СССР при обязательном выполнении дополнительных требований, приведенных в Справочнике.

4. Заземляющее устройство электроустановки должно удовлетворять требованиям действующих директивных документов о запрещении загрязнения окружающей среды вредным или мешающим влиянием электрических полей.

5. Проектирование и выбор схем, компоновок и конструкций заземляющего устройства электроустановок должны производиться на основе технико-экономических сравнений, применения простых и надежных схем, внедрения новейшей техники, с учетом опыта эксплуатации, наименьшего расхода цветного и других дефицитных материалов, оборудования и т. п.

6. При опасности возникновения электрокоррозии или почвенной коррозии должны предусматриваться соответствующие мероприятия по защите заземляющего устройства, железобетонных фундаментов производственных зданий и сооружений, оборудования, трубопроводов и других подземных коммуникаций.

7. Буквенно-цифровое и цветное обозначения одноименных нулевых защитных и нулевых рабочих шин в каждой электроустановке должны быть одинаковыми.

Шины должны быть обозначены:

1) при переменном токе: нулевая рабочая *N* — голубым цветом, эта же шина, используемая в качестве нулевой защитной, — продольными полосами желтого и зеленого цветов;

2) при постоянном токе: нулевая рабочая *M* — голубым цветом.

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

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

8. При постоянном токе шины и ответвления должны располагаться:

а) сборные шины при вертикальном расположении: верхняя *M*, средняя —, нижняя +;

б) сборные шины при горизонтальном расположении: наиболее удален-

ная *M*, средняя — и ближайшая +, если смотреть на шины из коридора обслуживания;

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

В отдельных случаях допускаются отступления от требований, приведенных в п. «а» — «в», если их выполнение связано с существенным усложнением электроустановок (например, вызывает необходимость установки специальных опор вблизи подстанции для транспозиции проводов ВЛ) или если применяются на подстанции две или более ступени трансформации.

9. Для защиты от электрического влияния заземляющих устройств электроустановок должны предусматриваться меры в соответствии с «Общесоюзными нормами допускаемых промышленных радиопомех» и «Правилами защиты устройств проводной связи, железнодорожной сигнализации и телемеханики от опасного и мешающего влияния линий электропередачи».

10. Безопасность обслуживающего персонала и посторонних лиц должна обеспечиваться путем:

применения надлежащей изоляции, а в отдельных случаях — повышенной; применения двойной изоляции;

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

применения блокировки аппаратов и ограждающих устройств для предотвращения ошибочных операций и доступа к токоведущим частям; надежного и быстродействующего автоматического отключения частей электрооборудования, случайно оказавшихся под напряжением, и поврежденных участков сети, в том числе защитного отключения;

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

выравнивания потенциалов;

применения разделяющих трансформаторов;

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

применения предупреждающей сигнализации, надписей и плакатов;

применения устройств, снижающих напряженность электрических полей; использования средств защиты и приспособлений, в том числе для защиты от воздействия электрического поля в электроустановках, в которых его напряженность превышает допустимые нормы.

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

12. В производственных помещениях и электропомещениях устройства, служащие для ограждения и закрытия токоведущих частей, допускаются сплошные, сетчатые или дырчатые. Ограждающие и закрывающие устройства должны быть выполнены так, чтобы снимать или открывать их было можно лишь при помощи ключей или инструментов.

13. Все ограждающие и закрывающие устройства должны обладать достаточной механической прочностью в соответствии с местными условиями. При напряжении выше 1 кВ толщина металлических, ограждающих и закрывающих устройств должна быть не менее 1 мм.

14. Для защиты обслуживающего персонала от поражения электрическим током, от действия электрической дуги все электроустановки должны быть снабжены средствами защиты, а также средствами оказания первой помощи в соответствии с «Правилами применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках».

1.4. Системы заземления электроустановок

Системы электроснабжения классифицируются Международной электротехнической комиссией (МЭК) в зависимости от способа заземления распределительной сети и примененных мер защиты от поражения электрическим током. Распределительные сети подразделяются на сети с заземленной нейтралью и сети с изолированной нейтралью. Стандарт МЭК-364 подразделяет распределительные сети в зависимости от конфигурации токоведущих проводников, включая нулевой рабочий (нейтральный) проводник, и типов систем заземления. При этом используются следующие обозначения. Первая буква, I или T, характеризует связь с землей токоведущих проводников (заземление сети). Вторая буква, T или N, характеризует связь с землей открытых проводящих частей (ОПЧ) и сторонних проводящих частей (СПЧ) (заземление оборудования).

Первая буква (I или T) Первая буква I означает, что все токоведущие части изолированы от земли, или — что одна точка сети связана с землей через сопротивление или — через разрядник или — воздушный промежуток. Сети с изолированной нейтралью (I) могут быть: (1) весьма малыми сетями, такими как сети безопасного сверхнизкого напряжения (БСНН или SELV) с электрическим отделением с помощью разделяющих трансформаторов, или (2) средними по размеру — такими, которые используются для питания отдельных цехов, или (3) распределительные сети для питания целых районов города, такие как трехфазные сети напряжением 230 В (система IT). В прошлые годы в Европе обычно использовалась система IT, но затем почти всюду она была заменена на системы с заземленной нейтралью.

Имеется несколько причин для такой замены. Одной из таких причин является защита от перенапряжений. Только в Норвегии система IT все еще широко используется. Система с изолированной нейтралью постепенно заменяется трехфазной системой 230/400 В с заземленной нейтралью. Везде в мире использование системы IT ограничивается специальным применением

в тех производствах, где перерыв электроснабжения может быть опасен. Например, для питания взрывоопасных производств.

Первая буква T указывает на прямую связь, по меньшей мере одной точки сети, с землей (terra). Например, питаемая от вторичной обмотки трансформатора, соединенной в звезду, трехфазная распределительная сеть с нейтральным проводником, напряжением 127/220 В или 220/380 В с нейтралью, соединенной с землей через заземляющее устройство.

Специальные требования, предъявляемые к заземляющим устройствам в зависимости от типа сетей, будут рассмотрены в последующих главах.

Вторая буква (T или N) Вторая буква означает тип соединения между ОПЧ, защитным заземляющим проводником (заземление оборудования) электроустановки и землей. Вторая буква T означает прямое соединение между ОПЧ и СПЧ с землей (terra), независимое от системного заземления, которое может содержать или не содержать токоведущие части системы. Вторая буква N означает прямое соединение ОПЧ и СПЧ с заземленной точкой (точками) сети посредством PEN- или PE-проводника. Сетевое заземление и меры защиты от поражения электрическим током подлежат, каждое, независимому рассмотрению.

Таблица 1.6. Сетевое (рабочее) и защитное заземление

Обозначение системы	Сетевое заземление	Защитное заземление проводящих частей
IT	Непосредственное соединение с землей отсутствует. Допускается соединение с землей через сопротивление, воздушный промежуток, разрядник и т. д.	Непосредственное соединение с землей, независимое от сетевого заземления
TT	Соединение с землей в одной или нескольких точках распределительной сети за пределами сети потребителя	Непосредственное соединение с землей, независимое от сетевого заземления
TN	Соединение с землей в одной или нескольких точках распределительной сети и в одной или более точках в сети потребителя	Соединение с «сетевой землей» с помощью PE- или PEN-проводника
TI	Соединение с землей в одной или нескольких точках распределительной сети	Отсутствуют соединения с землей и с сетевым заземлением

Токоведущие части сети соединяются с землей для ограничения напряжения, которое может появиться на них в результате прямого удара молнии (п.у.м.) или вторичных проявлений молнии (индуцированные волны перенапряжений), или в результате непреднамеренного контакта с линиями более высокого напряжения, или в результате пробоя изоляции токоведущих частей распределительной сети.

Причины, по которым не соединяют токоведущие части распределительной сети с землей, суть следующие: во избежание перерыва питания

потребителя при единственном повреждении (пробой изоляции на землю токоведущих частей распределительной сети); во избежание искрообразования во взрыво- и пожароопасных зонах при единственном повреждении изоляции токоведущих частей сети. Заземление электрооборудования, а точнее — заземление открытых проводящих частей (ОПЧ), является одной из многочисленных мер, которые могут быть использованы для защиты от поражения электрическим током. Заземление ОПЧ предполагает создание эквипотенциальной среды, что снижает вероятность появления напряжения на теле человека. В системе TN заземление ОПЧ обеспечивает создание для тока замыкания цепи с низким сопротивлением. Это облегчает работу устройств защиты от сверхтока.

Обозначения TN, TT и IT относятся только к конфигурации распределительных сетей. Эти обозначения имеют ограниченное отношение к различным методам, которые могут быть использованы для обеспечения защиты от поражения электрическим током, включая заземление ОПЧ. Хотя каждая система обеспечивается посредством соединения ОПЧ с землей, эффективный метод, используемый в установке для защиты от поражения электрическим током, может включать другие меры защиты, например, двойную изоляцию.

Конфигурация распределительной сети и меры, используемые для защиты от поражения электрическим током, являются, каждое, предметом самостоятельного рассмотрения.

На рис. 1.1. — 1.5. даны системы трехфазных сетей. Принятые на рисунках обозначения имеют следующий смысл:

T — непосредственное присоединение одной точки токоведущих частей источника питания к земле,

I — все токоведущие части изолированы от земли, или одна точка заземлена через сопротивление.

Вторая буква — характер заземления открытых проводящих частей (ОПЧ) электроустановки:

T — непосредственная связь ОПЧ с землей, независимо от характера связи источника питания с землей,

N — непосредственная связи ОПЧ с точкой заземления источника питания (в системах переменного тока обычно заземляется нейтралью).

Последующие буквы (если таковые имеются) — устройство нулевого рабочего и нулевого защитного проводника.

S — функция нулевого защитного и нулевого рабочего проводника обеспечивается раздельными проводниками.

C — функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников объединены в одном проводнике (PEN-проводник).

Система TN

Питающие сети системы TN имеют непосредственно присоединенную к земле точку. Открытые проводящие части электроустановки присоединяются к этой точке посредством нулевых защитных проводников.

В зависимости от устройства нулевого рабочего и нулевого защитного проводников различают следующие три типа системы TN:

Система TN-S — нулевой рабочий и нулевой защитный проводники работают раздельно по всей системе.

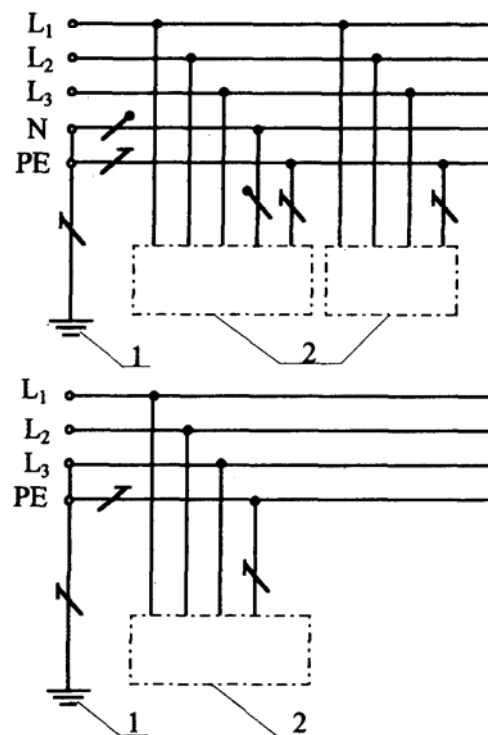


Рис. 1.1. Система TN-S
(нулевой рабочий и нулевой защитный проводники работают раздельно)
1 — заземление источника питания; 2 — открытые проводящие части

Объяснение обозначений согласно публикации МЭК 617-11 (1983)	
	нулевой рабочий проводник (N)
	нулевой защитный проводник (PE)
	совмещенный нулевой рабочий и защитный проводник (PEN)

Система TN-C-S — функции нулевого рабочего и нулевого защитного проводников объединены в одном проводнике в части сети.

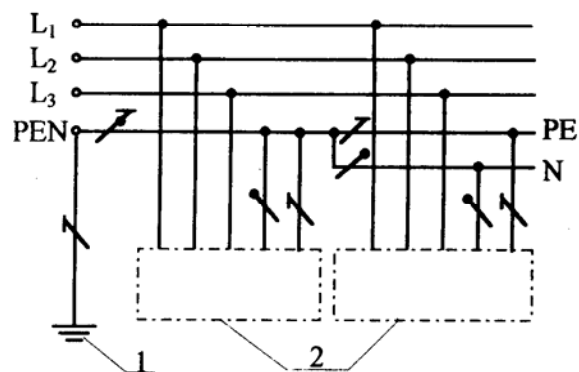


Рис. 1.2. Система TN-C-S
(в части сети нулевой рабочий и нулевой защитный проводники объединены)
1 — заземление источника питания, 2 — открытые проводящие части

Система TN-C — функции нулевого рабочего и нулевого защитного проводников объединены в одном проводнике по всей сети.

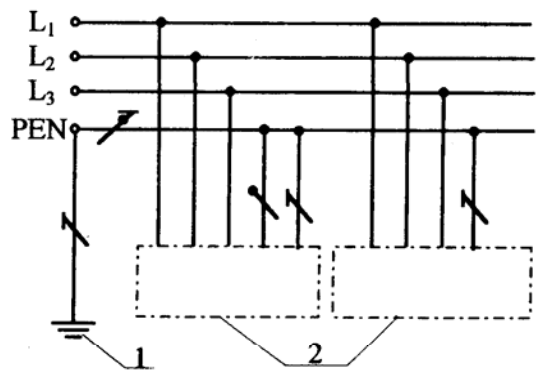


Рис. 1.3. Система TN-C
(нулевой рабочий и нулевой защитный проводники объединены по всей сети)
1 — заземление источника питания, 2 — открытые проводящие части

Система TT

Питающая сеть системы TT имеет точку, непосредственно связанную с землей, а открытые проводящие части электроустановки присоединены к заземлителю, электрически независимому от заземлителя нейтрали источника питания.

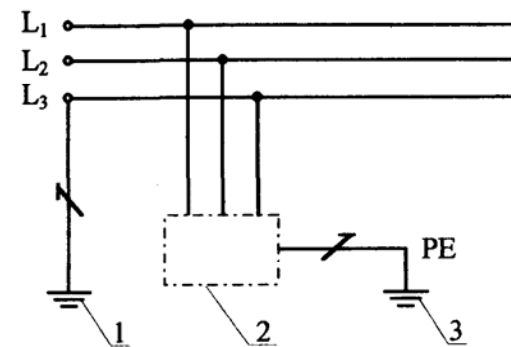
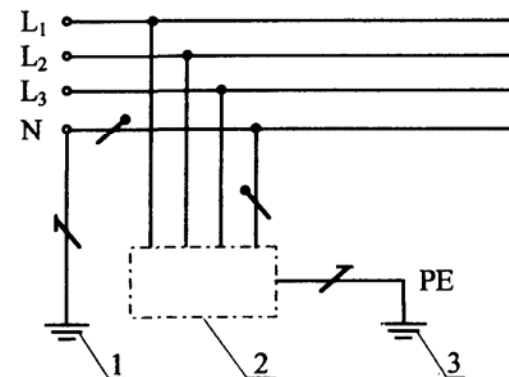


Рис. 1.4. Система TT
1 — заземление источника питания, 2 — открытые проводящие части,
3 — заземление корпусов оборудования

Система IT

Питающая сеть системы IT не имеет непосредственной связи токоведущих частей с землей, а открытые проводящие части электроустановки заземлены.

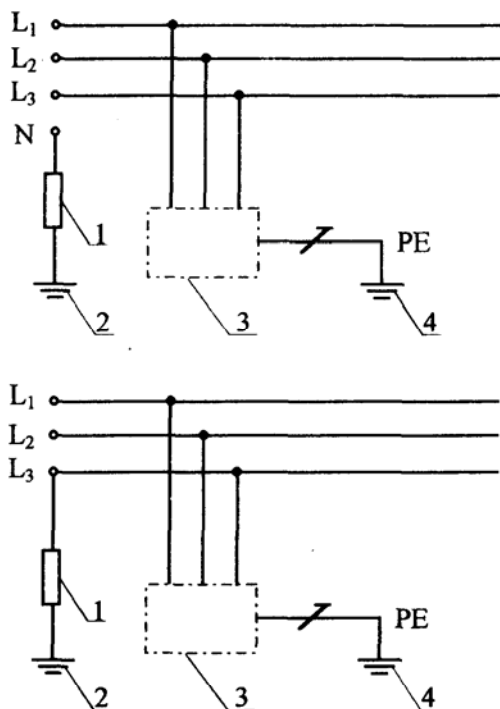


Рис. 1.5. Система IT

1 — сопротивление; 2 — заземление источника питания; 3 — открытые проводящие части; 4 — заземление корпусов оборудования

1.5. Нормативные рекомендации по электробезопасности электроустановок

1.5.1. Все электроустановки переменного и постоянного тока напряжением до 1 кВ и выше должны удовлетворять основному правилу электробезопасности:

Опасные токоведущие части электроустановки не должны быть доступны для непреднамеренного прямого прикосновения к ним, а доступные прикосновению открытые проводящие части, сторонние проводящие части, заземляющие проводники и защитные проводники (РЕ-проводники), а также PEN-проводники, не должны быть опасны при прикосновении к ним как при

нормальных режимах работы, так и при повреждении изоляции опасных токоведущих частей.

Кроме того, опасные токоведущие части электроустановки напряжением до 1 кВ не должны быть опасны при случайном непреднамеренном прямом прикосновении к ним при нормальных режимах работы.

Для защиты от поражения электрическим током должны быть применены основная и дополнительная защиты от прямого прикосновения и, по крайней мере, основная защита от косвенного прикосновения.

В качестве основной защиты от прямого прикосновения в нормальном режиме могут быть применены:

- изоляция (основная, усиленная, двойная — последняя соответствует электрооборудованию класса II);
- электрическое разделение цепей (защитное разделение);
- ограждения и оболочки;
- барьеры;
- изолирующие помещения, зоны и площадки;
- размещение вне зоны досягаемости;
- системы БСНН, ЗСНН, ФСНН (оборудование класса III).

В качестве дополнительной защиты при прямом прикосновении могут применяться устройства защиты, реагирующие на дифференциальный ток.

В качестве основной защиты при косвенном прикосновении могут быть применены:

- уравнивание потенциалов, в том числе местное;
- заземление, в том числе *повторное*;
- выравнивание потенциалов;
- использование PEN-проводника;
- зануление (системы TN, в том числе TN-C, TN-C-S, TN-S);
- автоматическое отключение, в том числе, с использованием устройств защиты от сверхтоков и устройств защиты, реагирующих на дифференциальный ток (УЗО-Д);

- системы БСНН, ЗСНН, ФСНН (оборудование класса III);
- двойная изоляция (оборудование класса II);
- изолирующие помещения, зоны и площадки;
- электрическое разделение цепей (защитное разделение).

В качестве дополнительной защиты при косвенном прикосновении может быть применена дополнительная система уравнивания потенциалов.

1.5.2. Заземление или зануление ОПЧ электроустановок следует выполнять:

1) при номинальном напряжении выше 50 В переменного тока и выше 120 В постоянного тока — во всех электроустановках (см. также 1.5.15.— 1.5.19. и 4.3.2.7).

2) при номинальных напряжениях выше 25 В, но ниже 50 В переменного тока и выше 60 В, но ниже 120 В постоянного тока — только в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках.

Заземление или зануление ОПЧ электроустановок не требуется при номинальных напряжениях до 25 В переменного тока и до 60 В постоянного тока во всех случаях, кроме указанных в 4.3.2.6, п. 6, и в гл. 7.3 и 7.6. ПУЭ.

1.5.3. Заземление или зануление электрооборудования, установленного на опорах ВЛ (силовые и измерительные трансформаторы, разъединители, предохранители, конденсаторы и другие аппараты), должно быть выполнено с соблюдением требований, приведенных в соответствующих главах ПУЭ, а также в настоящей главе.

Сопротивление заземляющего устройства опоры ВЛ, на которой установлено электрооборудование, должно соответствовать требованиям:

- 1) 4.5.2. — в электроустановках выше 1 кВ сети с изолированной нейтралью;
- 2) 4.8.17 — в электроустановках до 1 кВ с заземленной нейтралью (система TN);
- 3) 4.10.2 — в электроустановках до 1 кВ с изолированной нейтралью (система IT);
- 4) 2.5.76 ПУЭ — в сетях 110 кВ и выше.

В трехфазных сетях до 1 кВ с заземленной нейтралью и в однофазных сетях с заземленным выводом источника однофазного тока (система TN) установленное на опоре ВЛ электрооборудование должно быть занулено (см. 4.8.18).

1.5.4. Для заземления электроустановок в первую очередь должны быть использованы естественные заземляющие устройства. Если при этом сопротивление заземляющих устройств или напряжение прикосновения имеют 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 защитным проводникам (PE- и PEN-проводникам) или стекающих с естественных заземлителей.

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

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

Заземляющее устройство, используемое для заземления электроустановок одного или различных назначений и напряжений, должно удовлетворять всем требованиям, предъявляемым к заземлению этих электроустановок: защиты людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции, условиям режимов работы сетей, защиты электрооборудования от перенапряжения и т. д. Если заземляющее устройство используется как для защиты, так и для нормальной работы электроустановки, в первую очередь следует соблюдать требования, предъявляемые к мерам защиты.

1.5.6. Требуемые настоящей главой сопротивления заземляющих устройств и напряжения прикосновения должны быть обеспечены при наиболее неблагоприятных условиях.

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

1.5.7. Электроустановки до 1 кВ переменного тока могут выполняться с заземленной нейтралью (системы: TN-C, TN-C-S, TN-S) или с изолированной нейтралью (система IT), электроустановки постоянного тока — с заземленной (системы TN-C, TN-C-S, TN-S) или изолированной (система IT) средней точкой, а электроустановки с однофазными источниками тока — с одним заземленным (система TN-C или TN-C-S, TN-S) или с обоими изолированными выводами (система IT).

В четырехпроводных сетях трехфазного тока и трехпроводных сетях постоянного тока заземление нейтрали или средней точки источников тока (система TN-C) является обязательным (см. также 1.5.34).

1.5.8. В электроустановках 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 (система TN). Применение в таких электроустановках заземления корпусов электроприемников без их зануления (система TT) не допускается.

1.5.9. Электроустановки до 1 кВ переменного тока с изолированной нейтралью или изолированным выводом источника однофазного тока (система IT), а также электроустановки постоянного тока с изолированной средней точкой, следует применять при недопустимости перерыва питания при первом замыкании на землю (для передвижных установок, торфяных разработок, шахт). Для таких электроустановок в качестве защитной меры должно быть выполнено заземление в сочетании с контролем изоляции сети или защитное отключение.

1.5.10. В электроустановках выше 1 кВ с изолированной нейтралью должно быть выполнено заземление (система IT).

В таких электроустановках должна быть предусмотрена возможность быстрого отыскания замыканий на землю (см. 1.6.12 ПУЭ). 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, торфяные разработки и т. п.).

1.5.11. В электроустановках напряжением до 1 кВ устройство защитного отключения с номинальным током срабатывания, не превышающим 30 мА, рекомендуется применять в качестве дополнительной меры защиты от поражения электрическим током при прямом прикосновении в нормальном режиме в случае недостаточности или отказа других мер защиты. Применение таких устройств не может быть единственной мерой защиты и не исключает необходимость применения одной из защитных мер, указанных в 1.5.1.

Устройства защитного отключения могут применяться только в качестве дополнительной меры защиты от поражения электрическим током в нормальном режиме.

В системах TN-S и TN-C-S устройство защитного отключения с номинальным током срабатывания, не превышающим 30 мА, может быть применено в качестве основной защиты от поражения электрическим током при косвенном прикосновении.

1.5.12. Трехфазная сеть до 1 кВ с изолированной нейтралью или однофазная сеть до 1 кВ с изолированным выводом (система IT), 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. Пробивной предохранитель должен быть установлен в нейтрали или фазе на стороне низшего напряжения каждого трансформатора. При этом должен быть предусмотрен контроль за целостью пробивного предохранителя.


1.5.13. В электроустановках до 1 кВ для предотвращения появления опасного напряжения на доступных прикосновению частях электрооборудования при пробое изоляции может быть применено *оборудование класса II* или с равноценной изоляцией.

Защита обеспечивается следующими мерами.

— Применением оборудования указанных ниже типов, выдержавшего контрольные испытания согласно соответствующим стандартам:

— электрическое оборудование с двойной или усиленной изоляцией (оборудование класса II);

— блоки электрооборудования заводского изготовления со сплошной изоляцией.

Примечание — Указанное оборудование обозначается знаком .

Применением дополнительной изоляции, наносимой при монтаже на электрооборудование, имеющее только основную изоляцию. Дополнительная изоляция должна обеспечивать безопасность, равноценную безопасности для оборудования класса II и подчиняться требованиям, приведенным ниже.

Примечание — Знак  следует наносить на видном месте наружной и внутренней сторон кожуха (корпуса).

Применением усиленной изоляции, накладываемой на неизолированные токоведущие части во время монтажа электроустановки. Усиленная изоляция должна обеспечивать уровень безопасности, равноценный уровню безопасности класса II. Такая изоляция применяется только там, где конструкция оборудования не позволяет применять двойную изоляцию.

1.5.14. Электрооборудование, все проводящие части которого отделены от токоведущих частей только основной изоляцией, перед пуском в эксплуатацию должно быть заключено в изолирующую оболочку, обеспечивающую степень защиты не ниже IP2X.

Изолирующая оболочка должна быть устойчива к возможным электрическим, термическим и механическим нагрузкам.

Покрывать краской, лаком и т. п. не соответствуют этим требованиям. Допускается применение оболочек, имеющих указанные покрытия, если это допускается соответствующими стандартами и оболочка с такими покрытиями прошла контрольные испытания.

Изолирующая оболочка оборудования не должна пересекаться проводящими частями, способными выносить потенциал. Оболочка не должна иметь винтов из изоляционного материала, замена которых на металлические винты могла бы вызвать снижение изоляции, обеспечиваемой этой оболочкой.

Примечание — Если на изолирующей оболочке должны быть механические стыки или соединения, пересекающие ее (например, рукоятки управления аппаратов, расположенных внутри оболочки), их устройство не должно ослаблять защитные свойства оболочки.

Если оболочка имеет дверцы или крышки, которые могут открываться без применения инструмента или ключа, все проводящие части, доступные при открытии дверцы или снятой крышке, должны быть защищены изоляционным ограждением, обеспечивающим степень защиты не ниже IP2X и препятствующим непреднамеренному прикосновению к этим частям. Такое ограждение должно сниматься только с помощью инструмента.

Открытые проводящие части, заключенные в изолирующую оболочку, не должны присоединяться к защитному проводнику. Однако могут быть обеспечены технические средства для присоединения защитных проводников, проходящих через оболочку для обслуживания других частей электрооборудования, питающая цепь которого также проходит через эту оболочку. Внутри оболочки такие проводники и их зажимы должны иметь изоляцию как у токоведущих частей, а зажимы должны иметь соответствующую маркировку.

Открытые проводящие части не должны присоединяться к защитному проводнику, если это не предусмотрено техническими условиями на соответствующее оборудование.

1.5.15. В электроустановках до 1 кВ, где в качестве защитной меры применяется *электрическое разделение цепей (защитное разделение)*, номинальное напряжение электрически отделенной цепи не должно превышать 500 В.

Электрическое разделение цепей предназначено для предотвращения поражения электрическим током при прикосновении к открытым проводящим частям одной цепи, в случае возникновения короткого замыкания в другой цепи.

Защита посредством электрического разделения цепей обеспечивается соблюдением следующих требований.

Цепь должна питаться от отдельного источника питания:

— разделяющего трансформатора или

— источника тока, обеспечивающего степень безопасности, равноценную степени безопасности разделяющего трансформатора.

Если источник питает несколько электроприемников, их открытые проводящие части не должны иметь электрической связи с металлической оболочкой источника питания.

Токоведущие части электрически отделенной цепи не должны иметь точек присоединения к другой цепи или к земле.

Гибкие кабели и шнуры должны быть доступны для осмотра по всей длине, где возможны механические повреждения.

Для разделенных цепей рекомендуется использование отдельных трасс электропроводок. Если это невозможно, необходимо использовать в общей электропроводке для разделенных сетей кабели без металлических покрытий, изолированные проводники, проложенные в изоляционных трубах, коробах или каналах, при условии, что эти кабели и проводники рассчитаны на самое высокое напряжение, присутствующее в сети, и каждая цепь защищена от сверхтоков.

Если отдельная цепь питает только один электроприемник, открытые проводящие части цепи не должны быть присоединены ни к защитному проводнику, ни к открытым проводящим частям других цепей.

Если приняты меры для защиты отделенной цепи от повреждения и пробоя изоляции, то источник питания может питать несколько электроприемников при условии выполнения следующих требований:

— открытые проводящие части отделенной цепи должны быть соединены между собой изолированным незаземленным проводником системы уравнивания потенциалов. Такие проводники не должны быть соединены ни с защитными проводниками, ни с открытыми проводящими частями других цепей, ни со сторонними проводящими частями;

— все штепсельные розетки должны иметь защитный контакт, который должен быть присоединен к системе уравнивания потенциалов;

— все гибкие кабели, за исключением питающих оборудование класса II, должны иметь защитный проводник, применяемый в качестве проводника системы уравнивания потенциалов;

— при двойном замыкании разных фаз на две открытые проводящие части устройство защиты должно обеспечивать отключение питания за время отключения, указанное в табл. 4.10.2.1.

1.5.16. В электроустановках для защиты от прямого прикосновения может быть применена система БСНН или ЗСНН при номинальном напряжении источника питания, не превышающем 50 В переменного тока или 120 В постоянного тока. В качестве источника питания могут быть использованы:

1. Безопасный разделяющий трансформатор.

2. Источник тока, который обеспечивает степень безопасности, равноценную степени, обеспечиваемой безопасным разделяющим трансформатором.

3. Электрохимический источник питания (гальванический элемент или аккумулятор) или другой независимый источник (например, двигатель-генератор).

4. Электронные устройства, в которых предусмотрены меры, обеспечивающие, в случае внутреннего замыкания на корпус, невозможность превышения выходного напряжения выше значений БСНН.

Допускаются более высокие значения выходного напряжения, если, в случае прямого или косвенного прикосновения, напряжение на выходе уменьшается до безопасных значений.

Токоведущие части цепей систем БСНН и ЗСНН должны быть электрически отделены друг от друга и прочих цепей. Устройство цепей должно гарантировать электрическое разделение, по меньшей мере, равноценное разделение между цепями первичной и вторичной обмоток разделяющего трансформатора.

Примечания

1. Это требование не исключает присоединение цепи системы ЗСНН к заземляющему устройству.

2. Электрическое разделение, по меньшей мере, равноценное разделение между первичной и вторичной обмотками разделяющего трансформатора, необходимо между токоведущими частями такого электрооборудования как реле, контакторы, вспомогательные выключатели и любой частью цепи более высокого напряжения.

Проводники цепей систем БСНН и ЗСНН должны отделяться от проводников любых прочих цепей. Если это невозможно, должно выполняться одно из следующих требований:

— проводники цепей систем БСНН и ЗСНН должны помещаться в неметаллическую оболочку в дополнение к своей основной изоляции;

— проводники цепей на различные напряжения должны разделяться заземленным металлическим экраном или заземленной металлической оболочкой.

Вилки и розетки для цепей систем БСНН и ЗСНН должны отвечать следующим требованиям:

— вилки не должны входить в штепсельные розетки других напряжений;

— штепсельные розетки не должны допускать включение вилок на другие напряжения;

— штепсельные розетки не должны иметь защитного контакта.

1.5.17. Токоведущие части цепей системы БСНН не должны присоединяться к заземлителю, токоведущим частям и защитным проводникам, относящимся к другим цепям.

Открытые проводящие части не должны преднамеренно присоединяться:

— к заземлителю;

— к защитным проводникам или открытым проводящим частям другой цепи;

— к сторонним проводящим частям, кроме случая, когда необходимо их соединение с электрооборудованием, но при этом сами части не могут оказаться под напряжением выше БСНН.

Если номинальное напряжение превышает 25 В переменного тока или 60 В выпрямленного тока, защита от прямого прикосновения должна обеспечиваться:

— ограждениями или оболочками, обеспечивающими степень защиты, по меньшей мере, IPXXB, или

— изоляцией, выдерживающей испытательное напряжение 500 В переменного тока (действующее значение) в течение 1 мин.

Примечание— Под «выпрямленным» понимается напряжение, переменная составляющая которого не превышает 10% действующего значения, например, при номинальном значении 120 В выпрямленного тока амплитудное значение не превышает 140 В.

1.5.18. Когда цепи системы ЗСНН заземлены и не требуется система БСНН, должны выполняться следующие требования.

1. Защита от прямого прикосновения должна осуществляться одним из двух способов:

— с помощью ограждений или оболочек, способных обеспечить степень защиты по крайней мере IPXXB, или

— изоляцией, выдерживающей испытательное напряжение 500 В переменного тока (действующее значение) в течение 1 мин.

2. Защита от прямого прикосновения 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 человеческого тела с частями, могущими оказаться под напряжением;

— 6 В переменного тока или 15 В выпрямленного тока во всех остальных случаях.

1.5.19. В случаях, когда по условиям эксплуатации (функционирования) для питания электроустановки используется напряжение, не превышающее 50 В переменного тока (действующее значение) или 120 В постоянного (выпрямленного) тока и при этом требования, касающиеся применения систем БСНН и ЗСНН, не могут быть выполнены, или в их применении нет необходимости, используют дополнительные меры защиты, как от прямого, так и от косвенного прикосновений. Система этих мер определяется как система ФСНН.

Примечание— Такие условия могут иметь место, когда цепь содержит оборудование, недостаточно изолированное относительно цепей с более высоким напряжением (реле, дистанционные переключатели, контакторы и т. п.).

Защита от прямого прикосновения должна быть обеспечена:

— ограждениями и оболочками или

— изоляцией, соответствующей минимальному испытательному напряжению, требуемому для первичной цепи.

Если изоляция не выдерживает указанное напряжение, она должна быть усилена в процессе монтажа оборудования так, чтобы выдерживать испытательное напряжение 1500 В переменного тока (действующее значение) в течение 1 мин.

Защита от косвенного прикосновения должна быть обеспечена:

— соединением открытых проводящих частей оборудования в цепи системы ФСНН с защитным проводником первичной цепи при условии, что последний защищен при помощи автоматического отключения питания;

— соединением открытых проводящих частей оборудования в цепи системы ФСНН с проводником незаземленной системы уравнивания потенциалов первичной цепи, для которой защита осуществляется электрическим разделением.

1.5.20. *Вилки и штепсельные розетки*

Вилки и розетки для цепей системы ФСНН должны удовлетворять следующим требованиям:

— вилки не должны подходить к розеткам других напряжений;

— штепсельные розетки не должны допускать включение вилок на другие напряжения.

1.5.21. При невозможности выполнения заземления, зануления и защитного отключения, удовлетворяющих требованиям настоящей главы, или если это представляет значительные трудности по технологическим причинам, допускается применение ограждений и оболочек, установка барьеров, размещение вне зоны досягаемости, использование изолирующих (непроводящих) помещений и зон, а также обслуживание электрооборудования с изолирующих площадок.

1.5.22. *Ограждения и оболочки* предназначены для предотвращения любого прикосновения к токоведущим частям электроустановки.

Токоведущие части должны располагаться в оболочках или за ограждениями, предусматривающими степень защиты IP2X, кроме случаев, когда большие зазоры необходимы для нормальной работы оборудования, согласно требованиям к оборудованию, или такие зазоры возникают во время перемещения частей установки (определенного вида патроны, разъемы или плавкие вставки). В таких случаях должны быть приняты соответствующие меры предосторожности для предотвращения непреднамеренного прикосновения к токоведущим частям и установка должна обслуживаться специально обученным персоналом.

Ограждения и оболочки должны быть надежно закреплены и иметь достаточную прочность и долговечность.

Если необходимо снять ограждение или вскрыть оболочку или ее части, это может быть сделано только:

— с помощью ключа или специального инструмента или

— после обесточивания токоведущих частей, защищенных этими ограждениями или оболочками, или

— если поставлены промежуточные барьеры, обеспечивающие степень защиты, по крайней мере IP2X и которые могут быть сняты также только при применении специального ключа или инструмента.

1.5.23. *Барьеры* предназначены для предотвращения случайного прикосновения к токоведущим частям, но не исключают прикосновения при обходе барьера.

Барьер должен препятствовать:

- непреднамеренному приближению к токоведущим частям или
- непреднамеренному прикосновению к токоведущим частям при эксплуатации электрооборудования.

Барьеры могут быть съемными, снимающимся без применения ключа или инструмента, но они должны быть закреплены таким образом, чтобы их нельзя было снять непреднамеренно.

1.5.24. *Защита путем размещения вне зоны досягаемости* предназначена для предотвращения непреднамеренных прикосновений к токоведущим частям.

Части электроустановки с разными потенциалами, доступные одновременно прикосновению, не должны находиться внутри зоны досягаемости.

Примечание— Две части считаются доступными одновременному прикосновению, если они находятся на расстоянии не более 2,5 м друг от друга (рис. 1.5.1.).

Если пространство, где обычно находится и работает персонал, ограничено в горизонтальном направлении препятствием (например, поручнем, сеткой), обеспечивающим степень защиты не менее IP2X, то зона досягаемости начинается с этого препятствия. В вертикальном направлении зона досягаемости составляет 2,5 м от поверхности, на которой находится персонал.

Примечание— Габариты зоны досягаемости предполагают непосредственное прикосновение голыми руками без вспомогательных приспособлений (например, инструмента или лестницы)

Указанные расстояния должны быть увеличены с учетом габаритов предметов большей длины или большего объема, которые обычно переносят через эту зону.

1.5.25. Обслуживание электрооборудования с *изолирующих площадок*, а также с использованием изолирующих (непроводящих) помещений и зон имеет целью предотвратить одновременное прикосновение к частям, оказавшимся под разными потенциалами в случае повреждения основной изоляции токоведущих частей.

Допускается использование оборудования класса 0 при условии соблюдения следующих требований:

Открытые проводящие части должны располагаться таким образом, чтобы при обычных условиях было невозможно коснуться одновременно:

- двух электрически не связанных открытых проводящих частей;

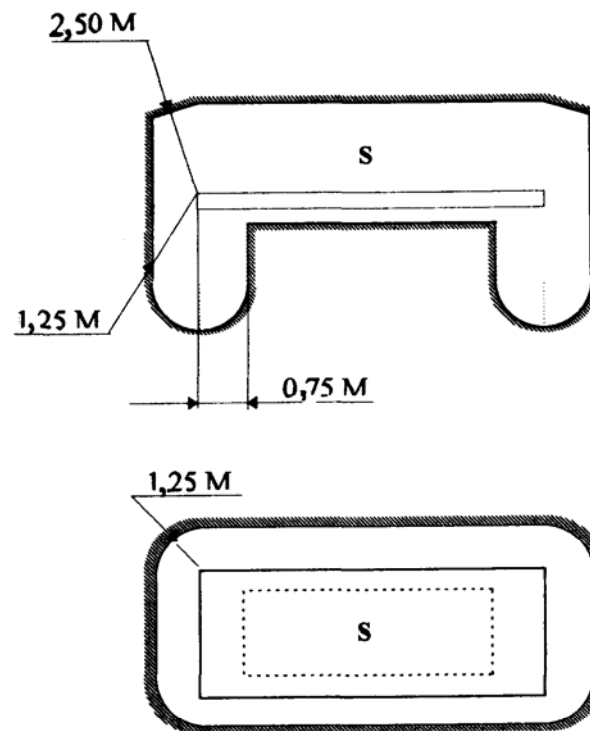


Рис. 1.5.1. Зона досягаемости
— граница зоны досягаемости; S — поверхность, на которой может находиться человек; 0,75; 1,25; 2,50 м — расстояния от края поверхности S до границы зоны досягаемости.

— открытой проводящей части и любой сторонней проводящей части, если эти части окажутся под разными потенциалами при повреждении основной изоляции токоведущих частей.

1.5.26. В *изолирующих помещениях (зонах)* не должен предусматриваться защитный проводник.

Требования считаются выполненными, если пол и стены помещения являются изолирующими и выполняется хотя бы одно или несколько из условий, приведенных ниже:

- а) открытые проводящие части и сторонние проводящие части, а также открытые проводящие части, друг от друга удалены. Удаление считается достаточным, если расстояние между двумя частями не менее 2 м; за пределами зоны досягаемости это расстояние может быть уменьшено до 1,25 м;

б) установлены эффективные барьеры между открытыми проводящими частями и сторонними проводящими частями. Барьеры считаются эффективными, если они увеличивают расстояния до значений, установленных в а). Барьеры не должны подключаться к земле или к открытым проводящим частям; по возможности, барьеры должны изготавливаться из изоляционного материала;

в) сторонние проводящие части изолированы. Изоляция должна обладать достаточной механической прочностью и выдерживать испытательное напряжение не ниже 2000 В переменного тока (действующее значение) в течение 1 мин. В нормальных условиях ток утечки не должен превышать 1 мА.

Сопротивление изолирующего пола и стен, измеренное в каждой точке, должно быть не ниже:

— 50 кОм при номинальном напряжении электроустановок не выше 500 В;

— 100 кОм при номинальном напряжении электроустановки выше 500 В.

Если сопротивление в какой-либо точке меньше указанного значения, то стены и пол должны рассматриваться как сторонние проводящие части.

Принятые меры должны быть долговременными. Они должны обеспечивать защиту в тех случаях, когда предусматривается применение передвижного или переносного электрооборудования.

Необходимо принять во внимание опасность последующего ввода в изолирующее помещение сторонних проводящих частей (например, переносного или передвижного оборудования класса I, металлических водопроводных труб и т. п.), которые могут нарушить сформулированные условия.

Изоляция пола и стен не должна подвергаться воздействию влаги.

Должны быть приняты меры, предотвращающие внесение потенциала в изолирующее помещение.

Переносные электроприемники

1.5.27. Питание переносных электроприемников следует выполнять от сети напряжением не выше 380/220 В.

В зависимости от категории помещения по уровню опасности поражения людей электрическим током (см. табл. 1.3) переносные электроприемники могут питаться либо непосредственно от сети, либо через разделяющие или понижающие трансформаторы (см. 1.5.15).

Зануление металлических корпусов переносных электроприемников следует выполнять:

1) при номинальном напряжении выше 50 В переменного тока и выше 120 В постоянного тока — во всех электроустановках (см. также 1.5.2).

2) при номинальном напряжении выше 25 В переменного тока и выше 60 В постоянного тока в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках, за исключением электроприемников с двойной изоляцией или питающихся от разделяющих трансформаторов.

1.5.28. Зануление переносных электроприемников должно осуществляться специальной жилой (третья — для электроприемников однофазного и постоянного тока, четвертая или пятая — для электроприемников трехфазного тока), расположенной в одной оболочке с фазными жилами и присоединяемой к корпусу электроприемника и к специальному контакту вилки втычного соединителя (см. 1.5.29). Сечение этой жилы должно быть равным сечению фазных проводников. Использование для этой цели нулевого рабочего проводника, в том числе расположенного в общей оболочке, не допускается.

Жилы проводов и кабелей, используемые для зануления переносных электроприемников, должны быть гибкими, медными сечением не менее 1,5 мм² для переносных электроприемников в промышленных электроустановках и не менее 0,75 мм² для бытовых переносных электроприемников.

1.5.29. Во втычных соединителях переносных электроприемников, удлинительных проводов и кабелей к розетке должны быть подведены проводники со стороны источника питания, а к вилке — со стороны электроприемников.

Втычные соединители должны иметь специальные контакты, к которым присоединяются РЕ-проводники.

Соединение между этими контактами при включении должно устанавливаться до того, как войдут в соприкосновение контакты фазных проводников. Порядок разъединения контактов при отключении должен быть обратным.

Конструкция втычных соединителей должна быть такой, чтобы была исключена возможность соединения контактов фазных проводников с контактами зануления.

Если корпус втычного соединителя выполнен из металла, он должен быть электрически соединен с контактом зануления.

1.5.30. РЕ-проводники переносных проводов и кабелей должны иметь отличительный признак.

Передвижные электроустановки

1.5.31. Электроприемники передвижных установок могут получать питание от стационарных или передвижных источников питания электроэнергией с заземленной нейтралью (система TN) или изолированной нейтралью (система IT).

Передвижные источники могут использоваться для питания электроприемников стационарных или передвижных электроустановок.

При питании стационарных электроприемников от автономных передвижных источников режим нейтрали источника питания и защитные меры должны соответствовать режиму нейтрали и защитным мерам, принятых в сетях стационарных электроприемников.

1.5.32. При питании электроприемников передвижных установок от стационарных или передвижных источников с заземленной нейтралью зануление следует выполнять в сочетании с защитным отключением.

При выполнении зануления передвижных электроустановок проводимость фазных и РЕ-проводников должна соответствовать требованиям пп. 5.3.11; 5.3.12.

1.5.33. При питании электроприемников передвижных установок от стационарных или передвижных источников электроэнергии с изолированной нейтралью в качестве защитной меры должно быть выполнено защитное заземление (исключения — см. 1.5.36) в сочетании с электрической связью корпусов установки и источника электроэнергии и с защитным отключением.

Сопротивление заземляющего устройства должно удовлетворять требованиям соответственно 4.5.2, 4.10.2 (см. также 1.5.35).

Допускается не выполнять электрическую связь корпусов источника электроэнергии и передвижной установки, если как источник, так и установка имеют собственные заземляющие устройства, обеспечивающие при двойном замыкании на разные корпуса электрооборудования нормированные уровни напряжений прикосновения и длительности их воздействия.

Источник электроэнергии с изолированной нейтралью должен иметь устройство постоянного контроля сопротивления изоляции относительно корпуса источника (земли). Должна быть обеспечена возможность проверки исправности устройства контроля изоляции и его отключения.

Проводимость фазных проводников и проводников электрической связи должна соответствовать 5.3 при двухфазном замыкании на разные корпуса электрооборудования.

1.5.34. При питании электроприемников передвижных установок от передвижных автономных источников питания нейтраль трехпроводных и четырехпроводных сетей трехфазного тока и выводы двухпроводных сетей однофазного тока могут быть изолированы. В этом случае допускается выполнять защитное заземление только источника питания, а в качестве заземляющих проводников для заземления электроприемников использовать проводники электрической связи корпусов электрооборудования.

1.5.35. При питании электроприемников передвижных установок от передвижных автономных источников с изолированной нейтралью заземляющее устройство должно выполняться с соблюдением требований либо к напряжению прикосновения при однополюсном замыкании на корпус, либо к его сопротивлению. При выполнении заземляющего устройства с соблюдением требований к сопротивлению значение его сопротивления не должно превышать 25 Ом.

Допускается повышение указанного значения сопротивления заземляющего устройства в соответствии с 5.6.5.

При выполнении заземляющего устройства с соблюдением требований к напряжению прикосновения сопротивление не нормируется.

1.5.36. Допускается не выполнять защитное заземление электроприемников передвижных электроустановок, питающихся от автономных передвижных источников питания с изолированной нейтралью, в следующих случаях:

— если источник питания электроэнергией и электроприемники расположены на общей металлической раме передвижной установки, их корпуса соединены металлической связью, а от источника не питаются другие электроустановки;

— если значения напряжений прикосновения при однофазном замыкании на корпус не превышают предельно допустимых;

— если значение сопротивления заземляющего устройства, рассчитанного по напряжению прикосновения при однофазном замыкании на корпус, выше сопротивления рабочего заземления устройства постоянного контроля сопротивления изоляции.

1.5.37. Автономные передвижные источники питания с изолированной нейтралью должны иметь устройство постоянного контроля сопротивления изоляции относительно корпуса источника. Должна быть обеспечена возможность проверки исправности устройства контроля изоляции и его отключения.

1.5.38. Корпуса электроприемников передвижной установки должны иметь надежную металлическую связь с корпусом этой установки. При этом прокладка специальных проводников электрической связи не требуется при выполнении условия 4.3.2.7, п. 1.

1.5.39. При выполнении электрической связи корпуса источника питания с корпусом передвижной установки в качестве РЕ-проводников электрической связи корпусов электрооборудования может использоваться специальная жила кабеля в трехфазных и однофазных сетях при системах питания TN-S и IT.

Проводимость РЕ-проводников электрической связи должна соответствовать 5.3.

1.5.40. Защитные проводники, включая проводники электрической связи корпусов оборудования, должны быть медными, находиться в общей оболочке с фазными проводниками и иметь равное с ними сечение.

1.5.41. В автономных передвижных источниках электроэнергии трехфазного тока допускается использование PEN-проводника на участке от нейтрали генератора до зажимов на щите распределительного устройства (система TN-C).

1.5.42. В передвижных электроустановках с автономными передвижными источниками питания допускается наличие разъединяющих приспособлений в цепях всех проводников (фазных, нулевых, защитных), если эти разъединяющие приспособления отключают все фазные и нулевые проводники одновременно с отключением защитных проводников или ранее.

1.5.43. В случае применения в качестве меры защиты в передвижных электроустановках защитного отключения, питающее напряжение должно отключаться устройствами, установленными до ввода в установку, при этом рекомендуется, чтобы в зону защиты входил и кабель, используемый для электроснабжения указанных передвижных электроустановок.