

**ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

1.7.1. Настоящая глава Правил распространяется на все электроустановки переменного и постоянного тока напряжением до 1 кВ и выше и содержит об их заземлении и защите людей и животных от поражения электрическим током как в нормальном режиме работы электроустановки, так и при повреждении. Дополнительные требования приведены в соответствующих главах ПУЭ.

1.7.2. Электроустановки в отношении мер электробезопасности разделяются на:

- электроустановки напряжением выше 1 кВ в сетях с глухозаземленной или эффективно заземленной нейтралью (см. Пункт 1.2.16);
- электроустановки напряжением выше 1 кВ в сетях с изолированной или заземленной через дугогасящий реактор или резистор нейтралью;
- электроустановки напряжением до 1 кВ в сетях с глухозаземленной нейтралью;
- электроустановки напряжением до 1 кВ в сетях с изолированной нейтралью.

1.7.3. Для электроустановки напряжением до 1 кВ приняты следующие обозначения: система TN - система, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а открытые проводящие части электроустановки присоединены к глухой нейтрали источника посредством нулевых защитных проводников;

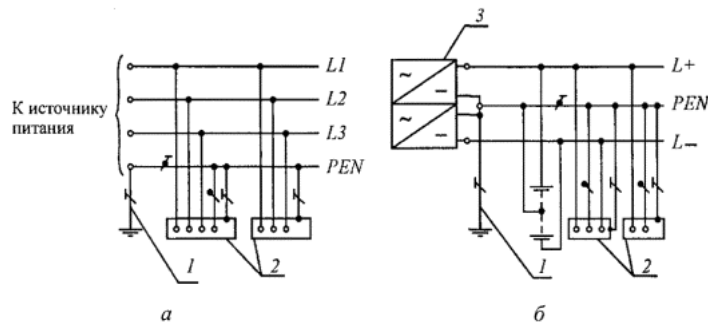


Рис. 1.7.1. Система TN-С переменного (а) и постоянного (б) тока. Нулевой защитный и нулевой рабочий проводники совмещены в одном проводнике  
1 - заземлитель нейтрали (средней точки) источника питания; 2 - открытые проводящие части; 3 - источник питания постоянного тока

система TN-C - система TN, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники совмещены в одном проводнике на всем ее протяжении (рис. 1.7.1);  
система TN-S - система TN, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники разделены на всем ее протяжении (рис. 1.7.2);  
система TN-C-S - система TN, в которой функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников совмещены в одном проводнике в какой-то ее от источника питания (рис. 1.7.3);

система IT - система, в которой нейтраль источника питания изолирована от земли или заземлена через приборы или устройства, имеющие большое сопротивление, а открытые проводящие части электроустановки заземлены (рис. 1.7.4);

система TT - система, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а открытые проводящие части электроустановки заземлены заземляющим устройством, электрически независимым от глухозаземленной нейтрали источника (рис. 1.7.5).

Первая буква - состояние нейтрали источника питания относительно земли:

- T - заземленная нейтраль;
- I - изолированная нейтраль.

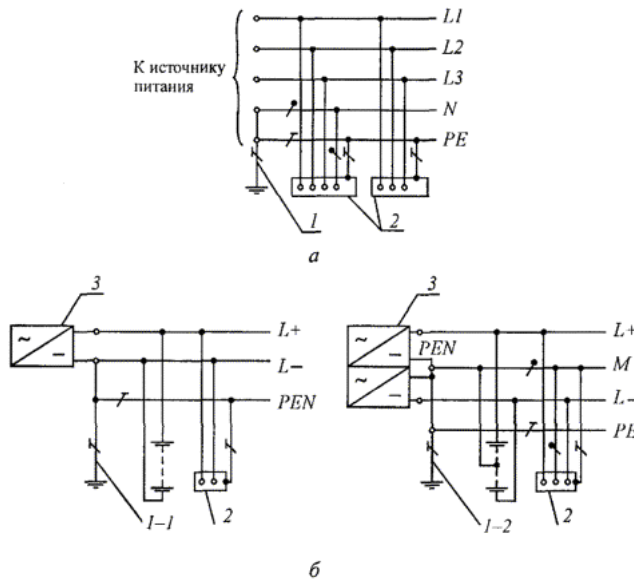


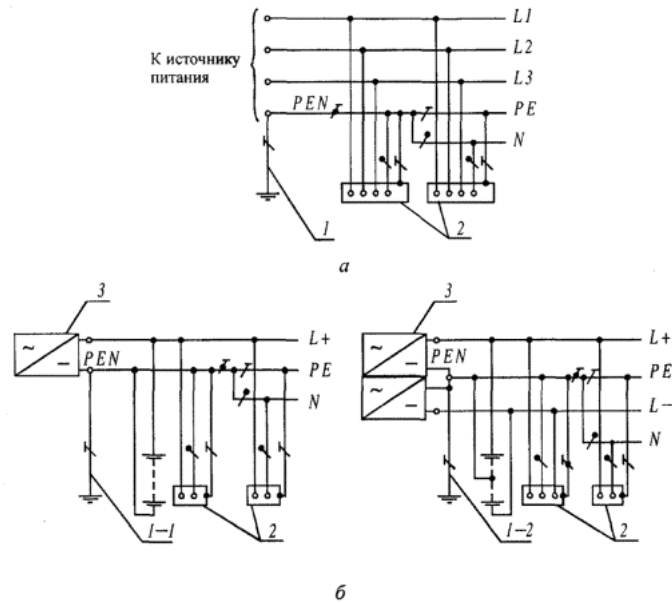
Рис. 1.7.2. Система TN-S переменного (а) и постоянного (б) тока. Нулевой защитный и нулевой рабочий проводники разделены:

1 - заземлитель нейтрали источника переменного тока; 1-1 - заземлитель вывода источника постоянного тока; 1-2 - заземлитель средней точки источника постоянного тока; 2 - открытые проводящие части электроустановки

Вторая буква - состояние открытых проводящих частей относительно земли:

- T - открытые проводящие части заземлены, независимо от отношения к земле нейтрали источника питания или какой-либо точки питающей сети;
- N - открытые проводящие части присоединены к глухозаземленной нейтрали источника питания.

Последующие (после N) буквы - совмещение в одном проводнике или разделение функций нулевого рабочего и нулевого защитного проводников:  
S - нулевой рабочий (N) и нулевой защитный (PE) проводники разделены;



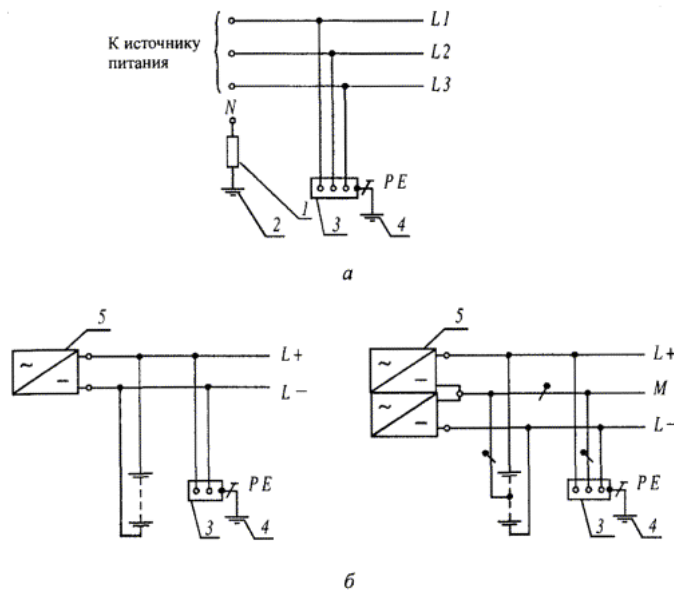
**Рис. 1.7.3.** Система *TN-C-S* переменного (*а*) и постоянного (*б*) тока. Нулевой защитный и нулевой рабочий проводники совмещены в одном проводнике в ч  
*1* - заземлитель нейтрали источника переменного тока; *1-1* - заземлитель вывода источника постоянного тока; *1-2* - заземлитель средней точки источника постоянного тока; *2* - открытые пр  
 - источник питания

*C* - функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников совмещены в одном проводнике (*PEN*-проводник);

*N* - нулевой рабочий (нейтральный) проводник;

*PE* - защитный проводник (заземляющий проводник, нулевой защитный проводник, защитный проводник системы уравнивания потенциалов);

*PEN* - совмещенный нулевой защитный и нулевой рабочий проводники.



**Рис. 1.7.4.** Система *IT* переменного (*а*) и постоянного (*б*) тока. Открытые проводящие части электроустановки заземлены. Нейтраль источника питания из  
 земли или заземлена через большое сопротивление:

*1* - сопротивление заземления нейтрали источника питания (если имеется); *2* - заземлитель; *3* - открытые проводящие части; *4* - заземляющее устройство электроустановки; *5* - источ

**1.7.4.** Электрическая сеть с эффективно заземленной нейтралью - трехфазная электрическая сеть напряжением выше 1  
 коэффициент замыкания на землю не превышает 1,4.

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

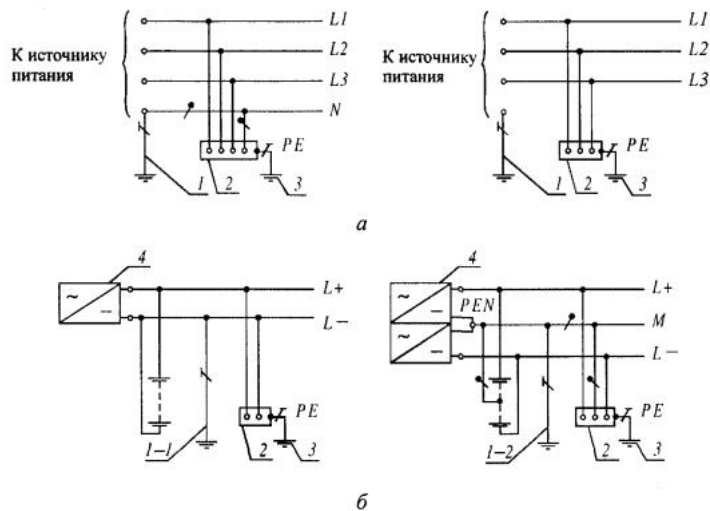


Рис. 1.7.5. Система ТТ переменного (а) и постоянного (б) тока. Открытые проводящие части электроустановки заземлены при помощи заземления, элементарного отземления нейтрали:

1 - заземлитель нейтрали источника переменного тока; 1-1 - заземлитель вывода источника постоянного тока; 1-2 - заземлитель средней точки источника постоянного тока; 2 - открытые проводящие части электроустановки; 4 - источник питания

1.7.5. Глухозаземленная нейтраль - нейтраль трансформатора или генератора, присоединенная непосредственно к заземляющему устройству или присоединенная к заземляющему устройству через сопротивление, величина которого не превышает значения, указанного в таблице 1.7.5.1. Точка в трехпроводных сетях постоянного тока.

1.7.6. Изолированная нейтраль - нейтраль трансформатора или генератора, неприсоединенная к заземляющему устройству или присоединенная к заземляющему устройству через сопротивление, величина которого не превышает значения, указанного в таблице 1.7.5.1.

1.7.7. Проводящая часть - часть, которая может проводить электрический ток.

1.7.8. Токоведущая часть - проводящая часть электроустановки, находящаяся в процессе ее работы под рабочим напряжением, в том числе нулевой проводник (но не PEN-проводник).

1.7.9. Открытая проводящая часть - доступная прикосновению проводящая часть электроустановки, нормально не находящаяся под напряжением, которая может оказаться под напряжением при повреждении основной изоляции.

1.7.10. Сторонняя проводящая часть - проводящая часть, не являющаяся частью электроустановки.

1.7.11. Прямое прикосновение - электрический контакт людей или животных с токоведущими частями, находящимися под напряжением.

1.7.12. Косвенное прикосновение - электрический контакт людей или животных с открытыми проводящими частями, оказавшимися под напряжением при повреждении изоляции.

1.7.13. Защита от прямого прикосновения - защита для предотвращения прикосновения к токоведущим частям, находящимся под напряжением, оказавшимся под напряжением при повреждении изоляции.

Термин повреждение изоляции следует понимать как единственное повреждение изоляции.

1.7.15. Заземлитель - проводящая часть или совокупность соединенных между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте непосредственно или через промежуточную проводящую среду.

1.7.16. Искусственный заземлитель - заземлитель, специально выполняемый для целей заземления.

1.7.17. Естественный заземлитель - сторонняя проводящая часть, находящаяся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду, используемая для целей заземления.

1.7.18. Заземляющий проводник - проводник, соединяющий заземляемую часть (точку) с заземлителем.

1.7.19. Заземляющее устройство - совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

1.7.20. Зона нулевого потенциала (относительная земля) - часть земли, находящаяся вне зоны влияния какого-либо заземлителя, потенциал которой принимается равным нулю.

1.7.21. Зона растекания (локальная земля) - зона земли между заземлителями с зоной нулевого потенциала.

Термин земля, используемый в главе, следует понимать как землю в зоне растекания.

1.7.22. Замыкание на землю - случайный электрический контакт между токоведущими частями, находящимися под напряжением, и землей.

1.7.23. Напряжение на заземляющем устройстве - напряжение, возникающее при стекании тока с заземлителя в землю между точкой заземлителя и зоной нулевого потенциала.

1.7.24. Напряжение прикосновения - напряжение между двумя проводящими частями или между проводящей частью и землей при прикосновении к ним человека или животного.

Ожидаемое напряжение прикосновения - напряжение между одновременно доступными прикосновению проводящими частями, когда животное их не касается.

1.7.25. Напряжение шага - напряжение между двумя точками на поверхности земли, на расстоянии 1 м одна от другой, которое принимается за шаг человека.

1.7.26. Сопротивление заземляющего устройства - отношение напряжения на заземляющем устройстве к току, стекающему с заземлителя в землю.

1.7.27. Эквивалентное удельное сопротивление земли с неоднородной структурой - удельное электрическое сопротивление однородной структуры, в которой сопротивление заземляющего устройства имеет то же значение, что и в земле с неоднородной структурой.

Термин удельное сопротивление, используемый в главе для земли с неоднородной структурой, следует понимать как эквивалентное удельное сопротивление.

1.7.28. Заземление - преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки сети, электроустановки или оборудования с заземляющим устройством.

1.7.29. Защитное заземление - заземление, выполняемое в целях электробезопасности.

1.7.30. Рабочее (функциональное) заземление - заземление точки или точек токоведущих частей электроустановки, выполняемое для работы электроустановки (не в целях электробезопасности).

1.7.31. Защитное зануление в электроустановках напряжением до 1 кВ - преднамеренное соединение открытых проводящих частей с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с заземленной точкой источника постоянного тока, выполняемое в целях электробезопасности.

1.7.32. Уравнивание потенциалов - электрическое соединение проводящих частей для достижения равенства их потенциалов.

Защитное уравнивание потенциалов - уравнивание потенциалов, выполняемое в целях электробезопасности.

Термин уравнивание потенциалов, используемый в главе, следует понимать как защитное уравнивание потенциалов.

1.7.33. Выравнивание потенциалов - снижение разности потенциалов (шагового напряжения) на поверхности земли или пола при помощи проводников, проложенных в земле, в полу или на их поверхности и присоединенных к заземляющему устройству, или путем применения специальных покрытий.

1.7.34. Защитный (PE) проводник - проводник, предназначенный для целей электробезопасности.

Защитный заземляющий проводник - защитный проводник, предназначенный для защитного заземления.

Защитный проводник уравнивания потенциалов - защитный проводник, предназначенный для защитного уравнивания потенциалов.

Нулевой защитный проводник - защитный проводник в электроустановках до 1 кВ, предназначенный для присоединения открытых проводящих частей к глухозаземленной нейтрали источника питания.

1.7.35. Нулевой рабочий (нейтральный) проводник (N) - проводник в электроустановках до 1 кВ, предназначенный для питания электрических устройств, присоединенных к глухозаземленной нейтрали генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с глухозаземленной точкой источника в сетях постоянного тока.

1.7.36. Совмещенные нулевой защитный и нулевой рабочий (PEN) проводники - проводники в электроустановках напряжением до 1 кВ, совмещающие функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников.

1.7.37. Главная заземляющая шина - шина, являющаяся частью заземляющего устройства электроустановки до 1 кВ и предназначенная для присоединения нескольких проводников с целью заземления и уравнивания потенциалов.

1.7.38. Защитное автоматическое отключение питания - автоматическое размыкание цепи одного или нескольких фазных проводников, требующее нулевого рабочего проводника, выполняемое в целях электробезопасности.

Термин автоматическое отключение питания, используемый в главе, следует понимать как защитное автоматическое отключение питания.

1.7.39. Основная изоляция - изоляция токоведущих частей, обеспечивающая в том числе защиту от прямого прикосновения.

1.7.40. Дополнительная изоляция - независимая изоляция в электроустановках напряжением до 1 кВ, выполняемая дополнительно косвенно защиты при косвенном прикосновении.

1.7.41. Двойная изоляция - изоляция в электроустановках напряжением до 1 кВ, состоящая из основной и дополнительной изоляций.

1.7.42. Усиленная изоляция - изоляция в электроустановках напряжением до 1 кВ, обеспечивающая степень защиты от поражения электрическим током, равную двойной изоляции.

1.7.43. Сверхнизкое (малое) напряжение (СНН) - напряжение, не превышающее 50 В переменного и 120 В постоянного тока.

1.7.44. Разделительный трансформатор - трансформатор, первичная обмотка которого отделена от вторичных обмоток при помощи электрического разделения цепей.

1.7.45. Безопасный разделительный трансформатор - разделительный трансформатор, предназначенный для работы при сверхнизком напряжении.

1.7.46. Защитный экран - проводящий экран, предназначенный для отделения электрической цепи и/или проводников от токоведущих частей друг от друга.

1.7.47. Защитное электрическое разделение цепей - отделение одной электрической цепи от других цепей в электроустановках напряжением до 1 кВ.

двойной изоляции;  
основной изоляции и защитного экрана;  
усиленной изоляции.

1.7.48. Непроводящие (изолирующие) помещения, зоны, площадки - помещения, зоны, площадки, в которых (на ко)прикосновении обеспечивается высоким сопротивлением пола и стен и в которых отсутствуют заземленные проводящие части.

## ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

1.7.49. Токоведущие части электроустановки не должны быть доступны для случайного прикосновения, а доступные прикосновению открытые и сторонние части не должны находиться под напряжением, представляющим опасность поражения электрическим током как в нормальном режиме работы электроустановки, так и при повреждении изоляции.

1.7.50. Для защиты от поражения электрическим током в нормальном режиме должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты от прямого прикосновения:

основная изоляция токоведущих частей;  
ограждения и оболочки;  
установка барьеров;  
размещение вне зоны досягаемости;  
применение сверхнизкого (малого) напряжения.

Для дополнительной защиты от прямого прикосновения в электроустановках напряжением до 1 кВ, при наличии требований других глав ПУЭ, следует применять защитное отключение (УЗО) с номинальным отключающим дифференциальным током не более 30 мА.

1.7.51. Для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения изоляции должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты при косвенном прикосновении:

защитное заземление;  
автоматическое отключение питания;  
уравнивание потенциалов;  
выравнивание потенциалов;  
двойная или усиленная изоляция;  
сверхнизкое (малое) напряжение;  
защитное электрическое разделение цепей;  
изолирующие (непроводящие) помещения, зоны, площадки.

1.7.52. Меры защиты от поражения электрическим током должны быть предусмотрены в электроустановке или ее части либо применены в электроустановке и могут быть реализованы при изготовлении электрооборудования, либо в процессе монтажа электроустановки, либо в обоих случаях.

Применение двухи более мер защиты в электроустановке не должно оказывать взаимного влияния, снижающего эффективность каждой из них.

1.7.53. Защиту при косвенном прикосновении следует выполнять во всех случаях, если напряжение в электроустановке превышает 50 В переменного тока.

В помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках выполнение защиты при косвенном прикосновении может потребоваться и при низких напряжениях, например, 25 В переменного и 60 В постоянного тока или 12 В переменного и 30 В постоянного тока при наличии требований соответствующих глав ПУЭ.

Защита от прямого прикосновения не требуется, если электрооборудование находится в зоне системы уравнивания потенциалов, а наибольшее напряжение не превышает 25 В переменного или 60 В постоянного тока в помещениях без повышенной опасности и 6 В переменного или 15 В постоянного тока в помещениях с повышенной опасностью.

*Примечание.* Здесь и далее в главе на напряжение переменного тока означает среднеквадратичное значение напряжения переменного тока; на напряжение постоянного или выпрямленного тока с содержанием пульсаций не более 10 % от среднеквадратичного значения.

1.7.54. Для заземления электроустановок могут быть использованы искусственные и естественные заземлители. Если при использовании естественных заземляющих устройств или напряжений прикосновения имеет допустимое значение, а также обеспечиваются нормированные значения заземляющего устройства и допустимые плотности токов в естественных заземлителях, выполнение искусственных заземлителей в электроустановке обязательно. Использование естественных заземлителей в качестве элементов заземляющих устройств не должно приводить к их повреждению при протекании тока короткого замыкания или к нарушению работы устройств, с которыми они связаны.

1.7.55. Для заземления в электроустановках разных назначений и напряжений, территориально сближенных, следует, как правило, применять одно общее заземляющее устройство.

Заземляющее устройство, используемое для заземления электроустановок одного или разных назначений напряжений, должно удовлетворять все предъявляемые к заземлению этих электроустановок: защиты людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции, условиям режимов защиты электрооборудования от перенапряжения и т.д. в течение всего периода эксплуатации.

В первую очередь должны быть соблюдены требования, предъявляемые к защитному заземлению.

Заземляющие устройства защитного заземления электроустановок зданий и сооружений и молниезащиты 2-й и 3-й категорий этих зданий и сооружений должны быть общими.

При выполнении отдельного (независимого) заземлителя для рабочего заземления по условиям работы информационного или другого чувствительного электрооборудования должны быть приняты специальные меры защиты от поражения электрическим током, исключающие одновременное прикосновение к токоведущим частям электроустановки и к заземляющим частям электроустановки.

Для объединения заземляющих устройств разных электроустановок в одно общее заземляющее устройство могут быть использованы естественные и искусственные заземлители. Их число должно быть не менее двух.

1.7.56. Требуемые значения напряжений прикосновения и сопротивления заземляющих устройств при стекании с них токов замыкания на землю и токов замыкания на землю должны быть обеспечены при наиболее неблагоприятных условиях в любое время года.

При определении сопротивления заземляющих устройств должны быть учтены искусственные и естественные заземлители.

При определении удельного сопротивления земли в качестве расчетного следует принимать его сезонное значение, соответствующее наиболее неблагоприятным условиям.

Заземляющие устройства должны быть механически прочными, термически и динамически стойкими к токам замыкания на землю.

1.7.57. Электроустановки напряжением до 1 кВ жилых, общественных и промышленных зданий и наружных установок должны, как правило, получать питание с глухозаземленной нейтралью с применением системы TN.

Для защиты от поражения электрическим током при косвенном прикосновении в таких электроустановках должно быть выполнено автоматическое отключение питания в соответствии с 1.7.78-1.7.79.

Требования к выбору систем TN-C, TN-S, TN-C-S для конкретных электроустановок приведены в соответствующих главах Правил.

1.7.58. Питание электроустановок напряжением до 1 кВ переменного тока от источника с изолированной нейтралью с применением системы IT след как правило, при недопустимости перерыва питания при первом замыкании на землю или на открытые проводящие части, связанные с системой потенциалов. В таких электроустановках для защиты при косвенном прикосновении при первом замыкании на землю должно быть выполнено защитное отключение с контролем изоляции сети или применены УЗО с номинальным отключающим дифференциальным током не более 30 мА. При двойном замыкании должно быть выполнено автоматическое отключение питания в соответствии с 1.7.81.

1.7.59. Питание электроустановок напряжением до 1 кВ от источника с глухозаземленной нейтралью и с заземлением открытых проводящих частей заземлителя, не присоединенного к нейтрали (система TT), допускается только в тех случаях, когда условия электробезопасности в системе TN не обеспечены. Для защиты при косвенном прикосновении в таких электроустановках должно быть выполнено автоматическое отключение питания с применением УЗО. При этом должно быть соблюдено условие:

$$R_a I_a < 50 \text{ В,}$$

где  $I_a$  - ток срабатывания защитного устройства;

$R_a$  - суммарное сопротивление заземлителя и заземляющего проводника, при применении УЗО для защиты нескольких электроприемников - заземляющего наиболее удаленного электроприемника.

1.7.60. При применении защитного автоматического отключения питания должна быть выполнена основная система уравнивания потенциалов в соответствии с 1.7.83.

1.7.61. При применении системы TN рекомендуется выполнять повторное заземление PE- и PEN-проводников на вводе в электроустановку зданий, а в доступных местах. Для повторного заземления в первую очередь следует использовать естественные заземлители. Сопротивление заземлителя повторного

нормируется.

Внутри больших многоэтажных зданий аналогичную функцию выполняет уравнивание потенциалов посредством присоединения нулевого защитного главной заземляющей шине.

Повторное заземление электроустановок напряжением до 1 кВ, получающих питание по воздушным линиям, должно выполняться в соответствии с [1.7.11](#)

**1.7.62.** Если время автоматического отключения питания не удовлетворяет условиям [1.7.78-1.7.79](#) для системы *TN* и [1.7.81](#) для системы *IT*, то защита прикосновением для отдельных частей электроустановки или отдельных электроприемников может быть выполнена применением двойной или усиленной (электрооборудование класса II), сверхнизкого напряжения (электрооборудование класса III), электрического разделения цепей изолирующих (непроводящих зон, площадок).

**1.7.63.** Система *IT* напряжением до 1 кВ, связанная через трансформатор с сетью напряжением выше 1 кВ, должна быть защищена пробивным предохранителем, возникающей при повреждении изоляции между обмотками высшего и низшего напряжений трансформатора. Пробивной предохранитель устанавливается в нейтральной фазе на стороне низкого напряжения каждого трансформатора.

**1.7.64.** В электроустановках напряжением выше 1 кВ с изолированной нейтралью для защиты от поражения электрическим током должно быть выполнено заземление открытых проводящих частей.

В таких электроустановках должна быть предусмотрена возможность быстрого обнаружения замыканий на землю. Защита от замыканий на землю устанавливается с действием на отключение по всей электрически связанной сети в тех случаях, в которых это необходимо по условиям безопасного питания передвигаемых подстанций и механизмов, торфяные разработки и т.п.).

**1.7.65.** В электроустановках напряжением выше 1 кВ с эффективно заземленной нейтралью для защиты от поражения электрическим током должно быть выполнено заземление открытых проводящих частей.

**1.7.66.** Защитное зануление в системе *TN* и защитное заземление в системе *IT* электрооборудования, установленного на опорах ВЛ (силовые и трансформаторы, разъединители, предохранители, конденсаторы и другие аппараты), должно быть выполнено с соблюдением требований, предусмотренных в соответствующих главах ПУЭ, а также в настоящей главе.

Сопротивление заземляющего устройства опоры ВЛ, на которой установлено электрооборудование, должно соответствовать требованиям гл. 2.4 и 2.5.

## МЕРЫ ЗАЩИТЫ ОТ ПРЯМОГО ПРИКОСНОВЕНИЯ

**1.7.67.** Основная изоляция токоведущих частей должна покрывать токоведущие части и выдерживать все возможные воздействия, которые могут возникнуть в процессе ее эксплуатации. Удаление изоляции должно быть возможно только путем ее разрушения. Лакокрасочные покрытия не являются защитой от поражения электрическим током, за исключением случаев, специально оговоренных техническими условиями на конкретные изделия. При изоляции во время монтажа она должна быть испытана в соответствии с требованиями гл. 1.8.

В случаях, когда основная изоляция обеспечивается воздушным промежутком, защита от прямого прикосновения к токоведущим частям или приближения к опасному расстоянию, в том числе в электроустановках напряжением выше 1 кВ, должна быть выполнена посредством оболочек, ограждений, барьеров или вне зоны досягаемости.

**1.7.68.** Ограждения и оболочки в электроустановках напряжением до 1 кВ должны иметь степень защиты не менее IP 2X, за исключением больших зазоров, необходимых для нормальной работы электрооборудования.

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

Вход в ограждение или вскрытие оболочки должны быть возможны только при помощи специального ключа или инструмента либо после снятия токоведущих частей. При невозможности соблюдения этих условий должны быть установлены промежуточные ограждения со степенью защиты не менее IP 2X, в которых также должно быть возможно только при помощи специального ключа или инструмента.

**1.7.69.** Барьеры предназначены для защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям в электроустановках напряжением до 1 кВ или при опасном расстоянии в электроустановках напряжением выше 1 кВ, но не исключают преднамеренного прикосновения и приближения к токоведущим частям барьера. Для удаления барьеров не требуется применения ключа или инструмента, однако они должны быть закреплены так, чтобы их нельзя было снять преднамеренно. Барьеры должны быть из изолирующего материала.

**1.7.70.** Размещение вне зоны досягаемости для защиты от прямого прикосновения к токоведущим частям в электроустановках напряжением до 1 кВ или приближения к ним на опасное расстояние в электроустановках напряжением выше 1 кВ может быть применено при невозможности выполнения мер, предусмотренных [1.7.68-1.7.69](#) или их недостаточности. При этом расстояние между доступными одновременно прикосновению проводящими частями в электроустановке до 1 кВ должно быть не менее 2,5 м. Внутри зоны досягаемости не должно быть частей, имеющих разные потенциалы и доступных одновременно прикосновению.

В вертикальном направлении зона досягаемости в электроустановках напряжением до 1 кВ должна составлять 2,5 м от поверхности, на которой находится человек.

Указанные размеры даны без учета применения вспомогательных средств (например, инструмента, лестниц, длинных предметов).

**1.7.71.** Установка барьеров и размещение вне зоны досягаемости допускается только в помещениях, доступных квалифицированному персоналу.

**1.7.72.** В электропомещениях электроустановок напряжением до 1 кВ не требуется защита от прямого прикосновения при одновременном выполнении условий:

эти помещения четко обозначены, и доступ в них возможен только с помощью ключа;

обеспечена возможность свободного выхода из помещения без ключа, даже если оно закрыто на ключ снаружи;

минимальные размеры проходов обслуживания соответствуют гл. 4.1.

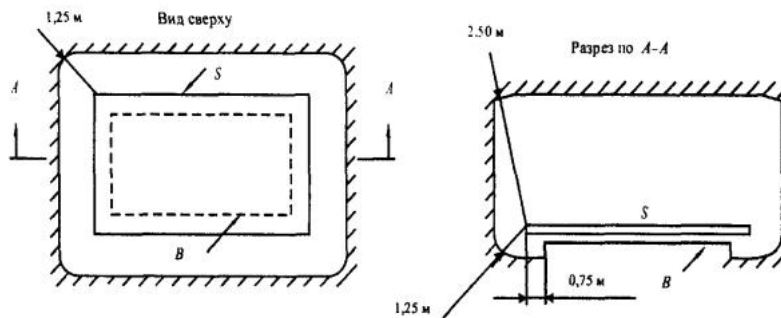


Рис. 1.7.6. Зона досягаемости в электроустановках до 1 кВ:

S - поверхность, на которой может находиться человек;

B - основание поверхности S;

----- граница зоны досягаемости токоведущих частей рукой человека, находящегося на поверхности S;

0,75; 1,25; 2,50 м - расстояния от края поверхности S до границы зоны досягаемости

## МЕРЫ ЗАЩИТЫ ОТ ПРЯМОГО И КОСВЕННОГО ПРИКОСНОВЕНИЙ

**1.7.73.** Сверхнизкое (малое) напряжение (СНН) в электроустановках напряжением до 1 кВ может быть применено для защиты от поражения электрическим током и/или косвенного прикосновения в сочетании с защитным электрическим разделением цепей или в сочетании с автоматическим отключением питания.

В качестве источника питания цепей СНН в обоих случаях следует применять безопасный разделительный трансформатор в соответствии с «Трансформаторы разделительные и безопасные разделительные трансформаторы» или другой источник СНН, обеспечивающий равноценную степень безопасности. Токоведущие части цепей СНН должны быть электрически отделены от других цепей так, чтобы обеспечивалось электрическое разделение, равноценное между первичной и вторичной обмотками разделительного трансформатора.

Проводники цепей СНН, как правило, должны быть проложены отдельно от проводников более высоких напряжений и защитных проводников, либо озаземленным металлическим экраном (оболочкой), либо заключены в неметаллическую оболочку дополнительно к основной изоляции.

Вилки и розетки штепсельных соединителей в цепях СНН не должны допускать подключения к розеткам вилок других напряжений.

Штепсельные розетки должны быть без защитного контакта.

При значениях СНН выше 25 В переменного или 60 В постоянного тока должна быть также выполнена защита от прямого прикосновения при помощи с оболочкой или изоляцией, соответствующей испытательному напряжению 500 В переменного тока в течение 1 мин.

**1.7.74.** При применении СНН в сочетании с электрическим разделением цепей открытые проводящие части не должны быть преднамеренно заземлены, защитным проводникам или открытым проводящим частям других цепей и к сторонним проводящим частям, кроме случая, когда соединены проводящих частей с электрооборудованием необходимо, а напряжение на этих частях не может превысить значение СНН.

СНН в сочетании с электрическим разделением цепей следует применять, когда при помощи СНН необходимо обеспечить защиту от поражения электрическим током при повреждении изоляции не только в цепи СНН, но и при повреждении изоляции в других цепях, например, в цепи, питающей источник.

При применении СНН в сочетании с автоматическим отключением питания один из выводов источника СНН и его корпус должны быть присоединены к проводнику цепи, питающей источник.

**1.7.75.** В случаях, когда в электроустановке применено электрооборудование с наибольшим рабочим (функциональным) напряжением, не превышающим 120 В постоянного или 120 В переменного тока, такое напряжение может быть использовано в качестве меры защиты от прямого и косвенного прикосновения, соблюдены требования [1.7.73-1.7.74](#).



## МЕРЫ ЗАЩИТЫ ПРИ КОСВЕННОМ ПРИКОСНОВЕНИИ

1.7.76. Требования защиты при косвенном прикосновении распространяются на:

- 1) корпусов электрических машин, трансформаторов, аппаратов, светильников и т.п.;
- 2) приводов электрических аппаратов;
- 3) каркасы распределительных щитов, щитов управления, щитков и шкафов, а также съемных или отключаемых частей, если на последних электрооборудованием напряжением выше 50 В переменного или 120 В постоянного тока (в случаях, предусмотренных соответствующими главами ПУ: переменного или 60 В постоянного тока);
- 4) металлические конструкции распределительных устройств, кабельные конструкции, кабельные муфты, оболочки и броню контрольных и силовых кабелей, рукава и трубы электропроводов, оболочки и опорные конструкции шинных проводов (токопроводов), лотки, короба, струны, тросы которых укреплены кабели и провода (кроме струн, тросов и полос, по которым проложены кабели с зануленной или заземленной металлической оболочкой) а также другие металлические конструкции, на которых устанавливается электрооборудование;
- 5) металлические оболочки и броню контрольных и силовых кабелей и проводов на напряжения, не превышающие указанные в 1.7.53, проложенные в металлических конструкциях, в том числе в общих трубах, коробах, лотках и т.п., с кабелями и проводами на более высокие напряжения;
- 6) металлические корпуса передвижных и переносных электроприемников;
- 7) электрооборудование, установленное на движущихся частях станков, машин и механизмов.

При применении в качестве защитной меры автоматического отключения питания указанные открытые проводящие части должны быть приглухо заземлены нейтралью источника питания в системе *TN* и заземлены в системах *IT* и *TT*.

1.7.77. Не требуется преднамеренно присоединять к нейтрали источника в системе *TN* и заземлять в системах *IT* и *TT*:

- 1) корпусов электрооборудования и аппаратов, установленных на металлических основаниях, конструкциях, распределительных устройствах, щитах, станках, машинах и механизмах, присоединенных к нейтрали источника питания или заземленных, при обеспечении надежного электрического контакта с основаниями;
- 2) конструкции, перечисленные в 1.7.76, при обеспечении надежного электрического контакта между этими конструкциями и установленным электрооборудованием, присоединенным к защитному проводнику;
- 3) съемные или отключаемые части металлических каркасов камер распределительных устройств, шкафов, ограждений и т.п., если на съемных частях не установлено электрооборудование или если напряжение установленного электрооборудования не превышает значений, указанных в 1.7.53;
- 4) арматуру изоляторов воздушных линий электропередачи и присоединяемые к ней крепежные детали;
- 5) открытые проводящие части электрооборудования с двойной изоляцией;
- 6) металлические скобы, закрепы, отрезки труб механической защиты кабелей в местах прохода через стены и перекрытия и другие, по электропроводу площадью до 100 см<sup>2</sup>, в том числе протяжные и ответвительные коробы закрытых электропроводов.

1.7.78. При выполнении автоматического отключения питания в электроустановках напряжением до 1 кВ все открытые проводящие части присоединены к глухозаземленной нейтрали источника питания, если применена система *TN*, и заземлены, если применены системы *IT* или *TT*. При этом защитные аппараты и параметры защитных проводников должны быть согласованы, чтобы обеспечить согласованное время отключения по защитно-коммутиационному аппарату в соответствии с номинальным фазным напряжением питающей сети.

В электроустановках, в которых в качестве защитной меры применено автоматическое отключение питания, должно быть выполнено уравнивание потенциалов. Для автоматического отключения питания могут быть применены защитно-коммутиационные аппараты, реагирующие на сверхтоки или на дифференциал.

1.7.79. В системе *TN* время автоматического отключения питания не должно превышать значений, указанных в табл. 1.7.1.

Наибольшее допустимое время защитного автоматического отключения для системы *TN*

Номинальное фазное напряжение $U_n$ , В	Время отключения, с
127	0,8
220	0,4
380	0,2
Более 380	0,1

Приведенные значения времени отключения считаются достаточными для обеспечения электробезопасности, в том числе в групповых цепях, питающих переносные электроприемники и ручной электроинструмент класса I.

В цепях, питающих распределительные, групповые, этажные и др. щиты и щитки, время отключения не должно превышать 5 с.

Допускается значения времени отключения более указанных в табл. 1.7.1, но не более 5 с в цепях, питающих только стационарные электрооборудования распределительных щитов или щитков при выполнении одного из следующих условий:

- 1) полное сопротивление защитного проводника между главной заземляющей шиной и распределительным щитом или щитком не превышает значения, (

$$50 Z_U / U_0,$$

где  $Z_U$  - полное сопротивление цепи «фаза-нуль», Ом;

$U_0$  - номинальное фазное напряжение цепи, В;

50 - падение напряжения на участке защитного проводника между главной заземляющей шиной и распределительным щитом или щитком, В;

- 2) к шине *PE* распределительного щита или щитка присоединена дополнительная система уравнивания потенциалов, охватывающая те же сторонние проводящие части и основная система уравнивания потенциалов.

Допускается применение УЗО, реагирующих на дифференциальный ток.

1.7.80. Не допускается применять УЗО, реагирующие на дифференциальный ток, в четырехпроводных трехфазных цепях (система *TN-C*), если не обеспечено применение УЗО для защиты отдельных электроприемников, получающих питание от системы *TN-C*, защитный *PE*-проводник электроприемника быть подключен к *PEN*-проводнику цепи, питающей электроприемник, до защитно-коммутиационного аппарата.

1.7.81. В системе *IT* время автоматического отключения питания при двойном замыкании на открытые проводящие части должно соответствовать значениям, указанным в табл. 1.7.2.

Наибольшее допустимое время защитного автоматического отключения для системы *IT*

Номинальное линейное напряжение $U_n$ , В	Время отключения, с
220	0,8
380	0,4
660	0,2
Более 660	0,1

1.7.82. Основная система уравнивания потенциалов в электроустановках до 1 кВ должна соединять между собой следующие проводящие части (1.7.7):

- 1) нулевой защитный *PE*- или *PEN*-проводник питающей линии в системе *TN*;
- 2) заземляющий проводник, присоединенный к заземляющему устройству электроустановки, в системах *IT* и *TT*;
- 3) заземляющий проводник, присоединенный к заземлителю повторного заземления на вводе в здание (если есть заземлитель);
- 4) металлические трубы коммуникаций, входящих в здание: горячего и холодного водоснабжения, канализации, отопления, газоснабжения и т.п.

Если трубопровод газоснабжения имеет изолирующую вставку на вводе в здание, к основной системе уравнивания потенциалов присоединяется часть трубопровода, которая находится относительно изолирующей вставки со стороны здания;

- 5) металлические части каркаса здания;

6) металлические части централизованных систем вентиляции и кондиционирования. При наличии децентрализованных систем вентиляции и кондиционирования металлические воздуховоды следует присоединять к шине *PE* щитов питания вентиляторов и кондиционеров;

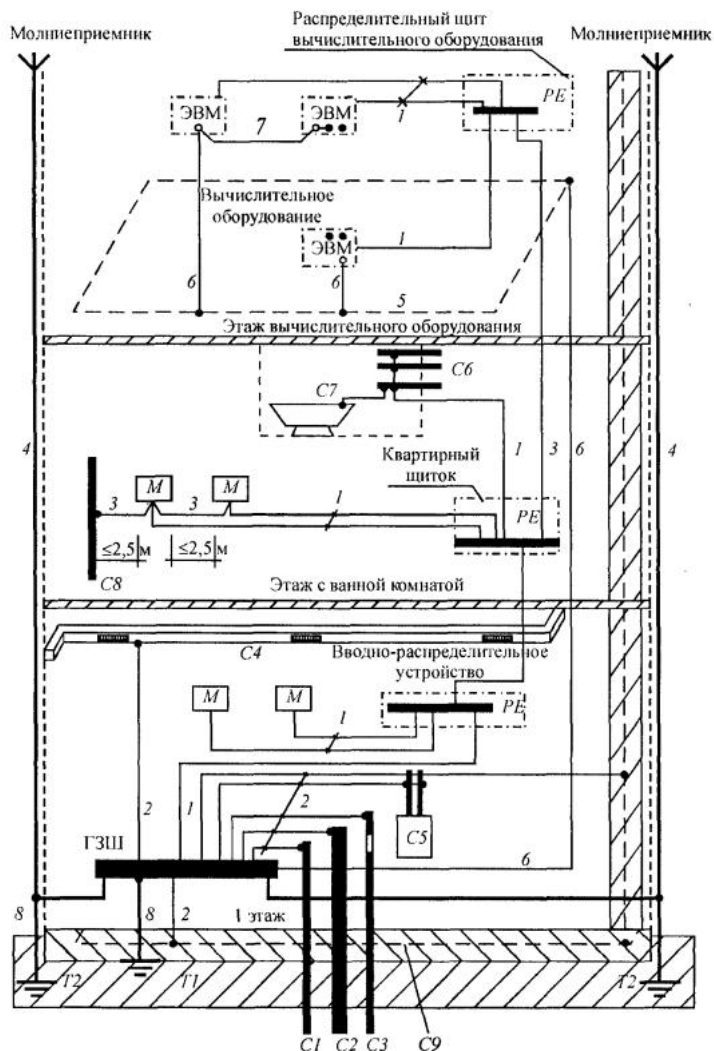


Рис. 1.7.7. Система уравнивания потенциалов в здании:

*M* - открытая проводящая часть; *C1* - металлические трубы водопровода, входящие в здание; *C2* - металлические трубы канализации, входящие в здание; *C3* - металлические трубы газ-изолирующей вставки на вводе, входящие в здание; *C4* - воздуховоды вентиляции и кондиционирования; *C5* - система отопления; *C6* - металлические водопроводные трубы в ванной металлическая ванна; *C8* - сторонняя проводящая часть в пределах досягаемости от открытых проводящих частей; *C9* - арматура железобетонных конструкций; ГЗШ - главная заземляющая естественный заземлитель; *T2* - заземлитель молниезащиты (если имеется); 1 - нулевой защитный проводник; 2 - проводник основной системы уравнивания потенциалов; 3 - проводник системы уравнивания потенциалов; 4 - токоотвод системы молниезащиты; 5 - контур (магистраль) рабочего заземления в помещении информационного вычислительного оборудования рабочего (функционального) заземления; 6 - проводник уравнивания потенциалов в системе рабочего (функционального) заземления; 7 - заземляющее устройство системы молниезащиты 2-й и 3-й категорий;

8) заземляющий проводник функционального (рабочего) заземления, если такое имеется и отсутствуют ограничения на присоединение сети работ

к заземляющему устройству защитного заземления;

9) металлические оболочки телекоммуникационных кабелей.

Проводящие части, входящие в здание извне, должны быть соединены как можно ближе к точкам ввода в здание.

Для соединения с основной системой уравнивания потенциалов все указанные части должны быть присоединены к главной заземляющей шине (см. 1.7.122).

**1.7.83.** Система дополнительного уравнивания потенциалов должна соединять между собой все одновременно доступные прикосновению проводящие части стационарного электрооборудования и сторонние проводящие части, включая доступные прикосновению металлические части конструкций здания, а также нулевые защитные проводники в системе TN и защитные заземляющие проводники в системах IT и TT, включая защитные штепсельные розетки.

Для уравнивания потенциалов могут быть использованы специально предусмотренные проводники либо открытые и сторонние проводящие части, удовлетворяют требованиям 1.7.122 к защитным проводникам в отношении проводимости и непрерывности электрической цепи.

**1.7.84.** Защита при помощи двойной или усиленной изоляции может быть обеспечена применением электрооборудования или заключением электрооборудования, имеющего только основную изоляцию токоведущих частей, в изолирующую оболочку.

Проводящие части оборудования с двойной изоляцией не должны быть присоединены к защитному проводнику и к системе уравнивания потенциалов.

**1.7.85.** Защитное электрическое разделение цепей следует применять, как правило, для одной цепи.

Наибольшее рабочее напряжение отделяемой цепи не должно превышать 500 В.

Питание отделяемой цепи должно быть выполнено от разделительного трансформатора, соответствующего ГОСТ 30030 «Трансформаторы разделительные разделительные трансформаторы», или от другого источника, обеспечивающего равноценную степень безопасности.

Токоведущие цепи, питающиеся от разделительного трансформатора, не должны иметь соединений с заземленными частями и защитными проводниками.

Проводники цепей, питающихся от разделительного трансформатора, рекомендуется прокладывать отдельно от других цепей. Если это невозможно, то необходимо использовать кабели без металлической оболочки, брони, экрана или изолированные провода, проложенные в изоляционных трубах, коробах, условиях, что номинальное напряжение этих кабелей и проводов соответствует наибольшему напряжению совместно проложенных цепей, а каждая цепь сверхтоков.

Если от разделительного трансформатора питается только один электроприемник, то его открытые проводящие части не должны быть присоединены к защитному проводнику, ни к открытым проводящим частям других цепей.

Допускается питание нескольких электроприемников от одного разделительного трансформатора при одновременном выполнении следующих условий:

- 1) открытые проводящие части отделяемой цепи не должны иметь электрической связи с металлическим корпусом источника питания;
- 2) открытые проводящие части отделяемой цепи должны быть соединены между собой изолированными проводниками между собой изолированными проводниками между собой для уравнивания потенциалов, не имеющей соединений с защитными проводниками и открытыми проводящими частями других цепей;
- 3) все штепсельные розетки должны иметь защитный контакт, присоединенный к местной незаземленной системе уравнивания потенциалов;
- 4) все гибкие кабели, за исключением питающих оборудование класса II, должны иметь защитный проводник, применяемый в качестве проводника потенциалов;
- 5) время отключения устройством защиты при двухфазном замыкании на открытые проводящие части не должно превышать время, указанное в табл. 1.7.122.

**1.7.86.** Изолирующие (непроводящие) помещения, зоны и площадки могут быть применены в электроустановках напряжением до 10 кВ в качестве меры защиты от поражения электрическим током, но не могут быть выполнены, а применение других защитных мер невозможно либо нецелесообразно.

Сопротивление относительно локальной земли изолирующего пола и стен таких помещений, зон и площадок в любой точке должно быть не менее:

50 кОм при номинальном напряжении электроустановки до 500 В включительно, измеренное мегаомметром на напряжение 500 В;


100 кОм при номинальном напряжении электроустановки более 500 В, измеренное мегаомметром на напряжение 1000 В.

Если сопротивление в какой-либо точке меньше указанных, такие помещения, зоны, площадки не должны рассматриваться в качестве меры защиты от поражения электрическим током.

Для изолирующих (непроводящих) помещений, зон, площадок допускается использование электрооборудования класса 0 при соблюдении, по крайней мере, трех следующих условий:

- 1) открытые проводящие части удалены одна от другой и от сторонних проводящих частей не менее чем на 2 м. Допускается уменьшение этого расстояния до 1,25 м;
  - 2) открытые проводящие части отделены от сторонних проводящих частей барьерами изоляционного материала. При этом расстояния, не менее 1 м, должны быть обеспечены с одной стороны барьера;
  - 3) сторонние проводящие части покрыты изоляцией, выдерживающей испытательное напряжение не менее 2 кВ в течение 1 мин.
- В изолирующих помещениях (зонах) не должен предусматриваться защитный проводник. Должны быть предусмотрены меры против заноса потенциала на сторонние проводящие части помещения извне. Пол и стены таких помещений не должны подвергаться воздействию влаги.
- 1.7.87.** При выполнении мер защиты электроустановках напряжением до 1 кВ класса применяемого электрооборудования по способу защиты человека электрическим током по ГОСТ 12.2.007.0 «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности» следует принимать в соответствии с табл.

**Применение электрооборудования в электроустановках напряжением до 1 кВ**

Класс по ГОСТ 12.2.007.0 Р МЭК 536	Маркировка	Назначение защиты	Условия применения электрооборудования в электроустановках
Класс 0	-	При косвенном прикосновении	1. Применение в непроводящих помещениях. 2. Питание от вторичной обмотки разделительного трансформатора
Класс I	Защитный зажим - знак  или буквы PE или желто-зеленые полосы	При косвенном прикосновении	Присоединение заземляющего зажима электрооборудования к проводнику электроустановки
Класс II	Знак 	При косвенном прикосновении	Независимо от мер защиты, принятых в электроустановке
Класс III	Знак 	От прямого и косвенного прикосновения	Питание от безопасного разделительного трансформатора

**ЗАЗЕМЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1 КВ В СЕТЯХ С ЭФФЕКТИВНО ЗАЗЕМЛЕННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ**

**1.7.88.** Заземляющие устройства электроустановок напряжением выше 1 кВ в сетях с эффективно заземленной нейтралью следует выполнять с соблюдением либо к их сопротивлению (см. **1.7.90**), либо к напряжению прикосновения (см. **1.7.91**), а также с соблюдением требований к конструктивному выполнению (**1.7.93**) и к ограничению напряжения на заземляющем устройстве (см. **1.7.89**). Требования **1.7.89-1.7.93** не распространяются на заземляющие устройства от

**1.7.89.** Напряжение на заземляющем устройстве при стекании с него тока замыкания на землю не должно, как правило, превышать 10 кВ. Напряжение допускается на заземляющих устройствах, с которых исключен вынос потенциалов за пределы зданий и внешних ограждений электроустановок. При заземляющем устройстве более 5 кВ должны быть предусмотрены меры по защите изоляции отходящих кабелей связи и телемеханики по предотвращению опасных потенциалов за пределы электроустановки.

**1.7.90.** Заземляющее устройство, которое выполняется с соблюдением требований к его сопротивлению, должно иметь любое время года сопротивление Ом с учетом сопротивления естественных и искусственных заземлителей.

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

Продольные заземлители должны быть проложены вдоль осей электрооборудования со стороны обслуживания на глубине 0,5-0,7 м от поверхности расстояния 0,8-1,0 м от фундаментов или оснований оборудования. Допускается увеличение расстояний от фундаментов или оснований оборудования прокладкой одного заземлителя для двух рядов оборудования, если стороны обслуживания обращены друг к другу, а расстояние между основаниями или двух рядов не превышает 3,0 м.

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

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

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

**1.7.91.** Заземляющее устройство, которое выполняется с соблюдением требований, предъявляемых к напряжению прикосновения, должно обеспечивать года при стекании с него тока замыкания на землю значения напряжений прикосновения, не превышающих нормированных (см. ГОСТ 12.1.038). Заземляющее устройство при этом определяется допустимому напряжению на заземляющем устройстве и току замыкания на землю.

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

*Примечание.* Рабочее место следует понимать как место оперативного обслуживания электрических аппаратов.

Размещение продольных и поперечных горизонтальных заземлителей должно определяться требованиями ограничения напряжений прикосновения до 1 кВ значении удобного присоединения заземляющего оборудования. Расстояние между продольными поперечными горизонтальными искусственными заземлителями должно превышать 30 м, а глубина их заложения в грунт должна быть не менее 0,3 м. Для снижения напряжения прикосновения у рабочих мест в нем может быть выполнена подсыпка щебня слоем толщиной 0,1-0,2 м.

В случае объединения заземляющих устройств разных напряжений в одно общее заземляющее устройство напряжение прикосновения должно быть наибольшим току короткого замыкания на землю объединяемых ОРУ.

**1.7.92.** При выполнении заземляющего устройства с соблюдением требований, предъявляемых к его сопротивлению или к напряжению прикосновения, к требованиям **1.7.90-1.7.91** следует:

прокладывать заземляющие проводники, присоединяющие оборудование или конструкции к заземлителю, в земле на глубине не менее 0,3 м; прокладывать продольные и поперечные горизонтальные заземлители (в четырех направлениях) вблизи мест расположения заземляемых нейтральных трансформаторов, короткозамыкателей.

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

**1.7.93.** Внешнюю ограду электроустановок не рекомендуется присоединять к заземляющему устройству.

Если от электроустановки отходят ВЛ 110 кВ и выше, то ограду следует заземлить с помощью вертикальных заземлителей длиной 2-3 м, установленных повсюду ее периметру через 20-50 м. Установка таких заземлителей не требуется для ограды с металлическими стойками и с теми стойками из арматуры, которые электрически соединены с металлическими звеньями ограды.

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

Питание электроприемников, установленных на внешней ограде, следует осуществлять от разделительных трансформаторов. Эти трансформаторы устанавливаются на ограде. Линия, соединяющая вторичную обмотку разделительного трансформатора с электроприемником, расположенным на ограде, изолирована от земли расчетное значение напряжения на заземляющем устройстве.

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

**1.7.94.** Если заземляющее устройство электроустановки напряжением выше 1 кВ сети с эффективно заземленной нейтралью соединено с заземляющим устройством при помощи кабеля металлической оболочкой или броней или других металлических связей, то для выравнивания потенциалов указанной другой электроустановки или здания, в котором она размещена, необходимо соблюдение одного из следующих условий:

1) прокладка в земле на глубине 1 м и на расстоянии 1 м от фундамента здания или от периметра территории, занимаемой оборудованием, заземлителя, системой выравнивания потенциалов этого здания или этой территории, а у входов и въездов в здание - укладка проводников на расстоянии 1 и 2 м на глубине 1 и 1,5 м соответственно и соединение этих проводников с заземлителем;

2) использование железобетонных фундаментов в качестве заземлителей в соответствии с **1.7.109**, если при этом обеспечивается допустимый уровень потенциалов. Обеспечение условий выравнивания потенциалов посредством железобетонных фундаментов, используемых в качестве заземлителей, в соответствии с ГОСТ 12.1.030 «Электробезопасность. Защитное заземление, зануление».

Не требуется выполнение условий, указанных в пп. 1 и 2, если вокруг зданий имеются асфальтовые отстойники, в том числе у входов и у въездов. Если входа (въезда) отстойника отсутствует, у этого входа (въезда) должно быть выполнено выравнивание потенциалов путем укладки двух проводников, как указ



соблюдено условие по пп. 2. При этом во всех случаях должны выполняться требования [1.7.95](#).

**1.7.95.** Во избежание выноса потенциала не допускается питание электроприемников, находящихся за пределами заземляющих устройств Эл напряжением выше 1 кВ сети с эффективноземленной нейтралью, от обмоток до 1 кВ с заземленной нейтралью трансформаторов, находящихся в пр заземляющего устройства электроустановки напряжением выше 1 кВ.

При необходимости питание таких электроприемников может осуществляться от трансформатора с изолированной нейтралью на стороне напряж покабельной линии, выполненной кабелем без металлической оболочки и без брони, или по ВЛ.

При этом напряжение на заземляющем устройстве не должно превышать напряжения срабатывания пробивного предохранителя, установлено ниже номинального напряжения трансформатора с изолированной нейтралью.

Питание таких электроприемников может также осуществляться от разделительного трансформатора. Разделительный трансформатор и линия от обмотки к электроприемнику, если она проходит по территории, занимаемой заземляющим устройством электроустановки напряжением выше 1 кВ, изоляцию от земли на расчетное значение напряжения на заземляющем устройстве.

### ЗАЗЕМЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1 КВ ВСЕЯХ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

**1.7.96.** В электроустановках напряжением выше 1 кВ сети с изолированной нейтралью сопротивление заземляющего устройства при прохождении  $I$  замыкания на землю в любое время года с учетом сопротивления естественных заземлителей должно быть

$$R \leq 250/I,$$

но не более 10 Ом, где  $I$  - расчетный ток замыкания на землю, А.

В качестве расчетного тока принимается:

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

2) в сетях с компенсацией емкостных токов:

для заземляющих устройств, к которым присоединены компенсирующие аппараты, - ток, равный 125 % номинального тока наиболее мощного из этих ап для заземляющих устройств, к которым не присоединены компенсирующие аппараты, - ток замыкания на землю, проходящий в данной сети при отключ

мощного из компенсирующих аппаратов.

Расчетный ток замыкания на землю должен быть определен для той из возможных в эксплуатационном режиме сети, при которой этот ток имеет наибольшее знач

**1.7.97.** При использовании заземляющего устройства одновременно для электроустановок напряжением до 1 кВ с изолированной нейтралью должны бы условия [1.7.104](#).

При использовании заземляющего устройства одновременно для электроустановок напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью заземляющего устройства должно быть не более указанного в [1.7.101](#) либо к заземляющему устройству должны быть присоединены оболочки и б двухкабелей на напряжение до или выше 1 кВ или обоих напряжений, при общей протяженности этих кабелей не менее 1 км.

**1.7.98.** Для подстанций напряжением 6-10/0,4 кВ должно быть выполнено одно общее заземляющее устройство, к которому должны быть присоединены:

1) нейтраль трансформатора на стороне напряжением до 1 кВ;

2) корпус трансформатора;

3) металлические оболочки и броня кабелей напряжением до 1 кВ и выше;

4) открытые проводящие части электроустановок напряжением до 1 кВ и выше;

5) сторонние проводящие части.

Вокруг площади, занимаемой подстанцией, на глубине не менее 0,5 м и на расстоянии не более 1 м от края фундамента здания подстанции или от кр открыто установленного оборудования должен быть проложен замкнутый горизонтальный заземлитель (контур), присоединенный к заземляющему устройс

**1.7.99.** Заземляющее устройство сети напряжением выше 1 кВ с изолированной нейтралью, объединенное с заземляющим устройством сети напряжени эффективно заземленной нейтралью водно общее заземляющее устройство, должно удовлетворять также требованиям [1.7.89-1.7.90](#).

### ЗАЗЕМЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 КВ ВСЕЯХ С ГЛУХОЗАЗЕМЛЕННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

**1.7.100.** В электроустановках глухозаземленной нейтралью нейтраль генератора или трансформатора трехфазного переменного тока, средняя т постоянного тока, один из выводисточника однофазного тока должны быть присоединены к заземлителю при помощи заземляющего проводника.

Искусственный заземлитель, предназначенный для заземления нейтрали, как правило, должен быть расположен вблизи генератора или трансф внутри цеховых подстанций допускается располагать заземлитель около стены здания.

Если фундамент здания, в котором размещается подстанция, используется в качестве естественных заземлителей, нейтраль трансформатора следует з присоединения не менее чем к двум металлическим колоннам или к закладным деталям, приваренным к арматуре не менее двух железобетонных фундамен

При расположении встроенных подстанций на разных этажах многоэтажного здания заземление нейтрали трансформаторов таких подстанций должно б при помощи специально проложенного заземляющего проводника. В этом случае заземляющий проводник должен быть дополнительно присоеди здания, ближайшей к трансформатору, а его сопротивление учтено при определении сопротивления растеканию заземляющего устройства присоединенной нейтраль трансформатора.

Во всех случаях должны быть приняты меры по обеспечению непрерывности цепи заземления и защите заземляющего проводника от механических повр

Если в PEN-проводнике, соединяющем нейтраль трансформатора или генератора с шиной PEN распределительного устройства напряжением до 1 трансформатор тока, то заземляющий проводник должен быть присоединен не к нейтрали трансформатора или генератора непосредственно, а к PEN-возможности сразу за трансформатором тока. В таком случае разделение PEN-проводника на PE- и N-проводники в системе TN-S должно быть выпол трансформатором тока. Трансформатор тока следует размещать как можно ближе к выводу нейтрали генератора или трансформатора.

**1.7.101.** Сопротивление заземляющего устройства, к которому присоединены нейтраль генератора или трансформатора или выводы источника одно любое время года должно быть не более 2, 4 и 8 Ом соответственно при линейных напряжениях 660, 380 и 220 В источника трехфазного тока или 38 источника однофазного тока. Это сопротивление должно быть обеспечено с учетом использования естественных заземлителей, а также заземлите заземлений PEN- или PE-проводника ВЛ напряжением до 1 кВ при количестве отходящих линий не менее двух. Сопротивление заземлителя, рас непосредственной близости от нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока, должно быть не более 15, 30 и 60 Ом при линейных напряжениях 660, 380 и 220 В источника трехфазного тока или 380, 220 и 127 В источника однофазного тока.

При удельном сопротивлении земли  $r > 100$  Ом\*м допускается увеличивать указанные нормы в 0,01 раз, но не более десятикратного.

**1.7.102.** На концах ВЛ или ответвлений от них длиной более 200 м, а также на вводах ВЛ к электроустановкам, в которых в качестве защит косвенном прикосновении применено автоматическое отключение питания, должны быть выполнены повторные заземления PEN-проводника. При этом в следует использовать естественные заземлители, например, подземные части опор, а также заземляющие устройства, предназначенные для грозовых перен гл. 2.4).

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

Повторные заземления PEN-проводника в сетях постоянного тока должны быть выполнены при помощи отдельных искусственных заземлителей должны иметь металлических соединений с подземными трубопроводами.

Заземляющие проводники для повторных заземлений PEN-проводника должны иметь размеры не менее приведенных в табл. [1.7.4](#).

Наименьшие размеры заземлителей и заземляющих проводников, проложенных в земле

Материал	Профиль сечения	Диаметр, мм	Площадь поперечного сечения, мм	Толщина стенки, мм	
Сталь черная	Круглый:	для вертикальных заземлителей	16	-	-
		для горизонтальных заземлителей	10	-	-
	Прямоугольный	-	-	100	4
		Угловой	-	100	4
		Трубный	32	-	3,5
Сталь оцинкованная	Круглый:	для вертикальных заземлителей	12	-	-
		для горизонтальных заземлителей	10	-	-
	Прямоугольный	-	-	75	3
		Трубный	25	-	2
		Медь	Круглый	-	-
Прямоугольный	-			50	2
Трубный	-		-	-	2
	Канат многопроволочный		1,8*	35	-

\* Диаметр каждой проволоки.

**1.7.103.** Общее сопротивление растеканию заземлителей (в том числе естественных) всех повторных заземлений PEN-проводника каждой ВЛ в лю должно быть не более 5, 10 и 20 Ом соответственно при линейных напряжениях 660, 380 и 220 В источника трехфазного тока или 380, 220 и 127 В источника однофазного тока. При этом сопротивление растеканию заземлителя каждого из повторных заземлений должно быть не более 15, 30 и 60 Ом соответс

При удельном сопротивлении земли  $r > 100$  Ом\*м допускается увеличивать указанные нормы в 0,01 раз, но не более десятикратного.

### ЗАЗЕМЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 КВ В СЕТЯХ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

**1.7.104.** Сопротивление заземляющего устройства, используемого для защитного заземления открытых проводящих частей, в системе соответствовать условию:

$$R \leq U_{np}/I,$$

где  $R$  - сопротивление заземляющего устройства, Ом;

$U_{np}$  - напряжение прикосновения, значение которого принимается равным 50 В (см. также [1.7.53](#));

$I$  - полный ток замыкания на землю, А.

Как правило, не требуется принимать значение сопротивления заземляющего устройства менее 4 Ом. Допускается сопротивление заземляющего устройства если соблюдено приведенное выше условие, а мощность генераторов или трансформаторов не превышает 100 кВ×А, в том числе суммарная мощность трансформаторов, работающих параллельно.

## ЗАЗЕМЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА В РАЙОНАХ С БОЛЬШИМ УДЕЛЬНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ ЗЕМЛИ

**1.7.105.** Заземляющие устройства электроустановок напряжением выше 1 кВ с эффективно заземленной нейтралью в районах с большим удельным сопротивлением земли, в том числе в районах многолетней мерзлоты, рекомендуется выполнять с соблюдением требований, предъявляемых к напряжению прикосновения (скальн). В скальных структурах допускается прокладывать горизонтальные заземлители на меньшей глубине, чем этого требуют [1.7.91-1.7.93](#), но не менее чем того, допускается не выполнять требуемые [1.7.90](#) вертикальные заземлители у входов и у въездов.

**1.7.106.** При сооружении искусственных заземлителей в районах с большим удельным сопротивлением земли рекомендуются следующие мероприятия:

- 1) устройство вертикальных заземлителей увеличенной длины, если с глубиной удельное сопротивление земли снижается, а естественные заземлители (например, скважины с металлическими обсадными трубами) отсутствуют;
- 2) устройство выносных заземлителей, если вблизи (до 2 км) от электроустановки есть места с меньшим удельным сопротивлением земли;
- 3) укладка в траншеи вокруг горизонтальных заземлителей в скальных структурах влажного глинистого грунта с последующей трамбовкой и засыпкой щебнем;
- 4) применение искусственной обработки грунта с целью снижения его удельного сопротивления, если другие способы не могут быть применены необходимого эффекта.

**1.7.107.** В районах многолетней мерзлоты, кроме рекомендаций, приведенных в [1.7.106](#), следует:

- 1) помещать заземлители в непромерзающие водоёмы и талые зоны;
- 2) использовать обсадные трубы скважин;
- 3) в дополнение к углубленным заземлителям применять протяженные заземлители на глубине около 0,5 м, предназначенные для работы в летнее время и поверхность почвы;
- 4) создавать искусственные талые зоны.

**1.7.108.** В электроустановках напряжением выше 1 кВ, а также до 1 кВ с изолированной нейтралью для земли судельным сопротивлением более 5 мероприятия, предусмотренные [1.7.105-1.7.107](#), не позволяют получить приемлемые по экономическим соображениям заземлители, допускается повысить настоящей главой значения сопротивлений заземляющих устройств в 0,002 $r$  раз, где  $r$  - эквивалентное удельное сопротивление земли, Ом×м. При этом требуемых настоящей главой сопротивлений заземляющих устройств должно быть не более десятикратного.

## ЗАЗЕМЛИТЕЛИ

**1.7.109.** В качестве естественных заземлителей могут быть использованы:

- 1) металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, находящиеся в соприкосновении с землей, в том числе железобетонные фундаменты сооружений, имеющие защитные гидроизоляционные покрытия в неагрессивных, слабоагрессивных и среднеагрессивных средах;
- 2) металлические трубы водопровода, проложенные в земле;
- 3) обсадные трубы буровых скважин;
- 4) металлические шпунты гидротехнических сооружений, водоводы, закладные части затворов и т.п.;
- 5) рельсовые пути магистральных неэлектрифицированных железных дорог и подъездные пути при наличии преднамеренного устройства перемычек между рельсами;
- 6) другие находящиеся в земле металлические конструкции и сооружения;
- 7) металлические оболочки бронированных кабелей, проложенных в земле. Оболочки кабелей могут служить единственными заземлителями при количестве не менее двух. Алюминиевые оболочки кабелей использовать в качестве заземлителей не допускается.

**1.7.110.** Не допускается использовать в качестве заземлителей трубопроводы горючих жидкостей, горючих или взрывоопасных газов и смесей и канализации и центрального отопления. Указанные ограничения не исключают необходимости присоединения таких трубопроводов к заземляющему устройству уравнивания потенциалов в соответствии с [1.7.82](#).

Не следует использовать в качестве заземлителей железобетонные конструкции зданий и сооружений с предварительно напряженной арматурой, ограничением распространяется на опоры ВЛ и опорные конструкции ОРУ.

Возможность использования естественных заземлителей по условию плотности протекающих по ним токов, необходимость сварки арматуры железобетонных фундаментов и конструкций, приварки анкерных болтов стальных колонн к арматурным стержням железобетонных фундаментов, а также использования фундаментов в сильноагрессивных средах должны быть определены расчетом.

**1.7.111.** Искусственные заземлители могут быть из черной или оцинкованной стали или медными.

Искусственные заземлители не должны иметь окраски.

Материал и наименьшие размеры заземлителей должны соответствовать приведенным в табл. [1.7.4](#).

**1.7.112.** Сечение горизонтальных заземлителей для электроустановок напряжением выше 1 кВ следует выбирать по условию термической стойкости при температуре нагрева 400 °С (кратковременный нагрев, соответствующий времени действия защиты и отключения выключателя).

В случае опасности коррозии заземляющих устройств следует выполнить одно из следующих мероприятий:

- 1) увеличить сечения заземлителей и заземляющих проводников с учетом расчетного срока их службы;
  - 2) применить заземлители и заземляющие проводники с гальваническим покрытием или медные.
- При этом следует учитывать возможное увеличение сопротивления заземляющих устройств, обусловленное коррозией.
- Траншеи для горизонтальных заземлителей должны заполняться однородным грунтом, не содержащим щебня и строительного мусора.
- Не следует располагать (использовать) заземлители в местах, где земля подсушивается под действием тепла трубопроводов и т.п.

## ЗАЗЕМЛЯЮЩИЕ ПРОВОДНИКИ

**1.7.113.** Сечения заземляющих проводников в электроустановках напряжением до 1 кВ должны соответствовать требованиям [1.7.126](#) к защитным проводникам. Наименьшие сечения заземляющих проводников, проложенных в земле, должны соответствовать приведенным в табл. [1.7.4](#).


Прокладка в земле алюминиевых неизолированных проводников не допускается.

**1.7.114.** В электроустановках напряжением выше 1 кВ сечения заземляющих проводников должны быть выбраны такими, чтобы при протекании по ним тока однофазного КЗ в электроустановках с эффективно заземленной нейтралью или тока двухфазного КЗ в электроустановках с изолированной нейтралью заземляющих проводников не превысила 400 °С (кратковременный нагрев, соответствующий полному времени действия защиты и отключения выключателя).

**1.7.115.** В электроустановках напряжением выше 1 кВ с изолированной нейтралью проводимость заземляющих проводников сечением до 25 мм<sup>2</sup> равноценное ему из других материалов должна составлять не менее 1/3 проводимости фазных проводников. Как правило, не требуется применение меди сечением более 25 мм<sup>2</sup>, алюминиевых - 35 мм<sup>2</sup>, стальных - 120 мм<sup>2</sup>.

**1.7.116.** Для выполнения измерений сопротивления заземляющего устройства в удобном месте должна быть предусмотрена возможность отсоединения проводника. В электроустановках напряжением до 1 кВ таким местом, как правило, является главная заземляющая шина. Отсоединение заземляющего проводника возможно только при помощи инструмента.

**1.7.117.** Заземляющий проводник, присоединяющий заземлитель, рабочего (функционального) заземления к главной заземляющей шине в электроустановках напряжением до 1 кВ, должен иметь сечение не менее: медный - 10 мм<sup>2</sup>, алюминиевый - 16 мм<sup>2</sup>, стальной - 75 мм<sup>2</sup>.

**1.7.118.** У мест ввода заземляющих проводников в здания должен быть предусмотрен опознавательный знак 

## ГЛАВНАЯ ЗАЗЕМЛЯЮЩАЯ ШИНА


**1.7.119.** Главная заземляющая шина может быть выполнена внутри вводного устройства электроустановки напряжением до 1 кВ или отдельно от него.

Внутри вводного устройства в качестве главной заземляющей шины следует использовать шину PE.

При отдельной установке главная заземляющая шина должна быть расположена в доступном, удобном для обслуживания месте вблизи вводного устройства. Сечение отдельно установленной главной заземляющей шины должно быть не менее сечения PE (PEN)-проводника питающей линии.

Главная заземляющая шина должна быть, как правило, медной. Допускается применение главной заземляющей шины из стали. Применение алюминия допускается.

В конструкции шины должна быть предусмотрена возможность индивидуального отсоединения присоединенных к ней проводников. Отсоединение возможно только с использованием инструмента.

В местах доступных только квалифицированному персоналу (например, щитовых помещениях жилых домов), главную заземляющую шину следует открывать. В местах доступных посторонним лицам (например, подъездах или подвалах домов), она должна иметь защитную оболочку - шкаф или ящик с замком и ключом. На дверце или на стене над шиной должен быть нанесен знак 

**1.7.120.** Если здание имеет несколько обособленных вводов, главная заземляющая шина должна быть выполнена для каждого вводного устройства встроенных трансформаторных подстанций. Главная заземляющая шина должна устанавливаться возле каждой из них. Эти шины должны соединяться уравнивания потенциалов, сечение которого должно быть не менее половины сечения PE (PEN)-проводника той линии, среди отходящих от

напряжения подстанций, которая имеет наибольшее сечение. Для соединения нескольких главных заземляющих шин могут использоваться сторонние проволки, если они соответствуют требованиям 1.7.122 к непрерывности и проводимости электрической цепи.

### ЗАЩИТНЫЕ ПРОВОДНИКИ (РЕ-ПРОВОДНИКИ)

1.7.121. В качестве РЕ-проводников в электроустановках напряжением до 1 кВ могут использоваться:

- 1) специально предусмотренные проводники:
  - жилы многожильных кабелей;
  - изолированные или неизолированные провода в общей оболочке с фазными проводами;
  - стационарно проложенные изолированные или неизолированные проводники;
- 2) открытые проводящие части электроустановок:
  - алюминиевые оболочки кабелей;
  - стальные трубы электропроводок;
  - металлические оболочки и опорные конструкции шинопроводов и комплектных устройств заводского изготовления.

Металлические коробки и лотки электропроводок можно использовать в качестве защитных проводников при условии, что конструкцией предусмотрено такое использование, о чем имеется указание в документации изготовителя, а их расположение исключает возможность механического повреждения.

- 3) некоторые сторонние проводящие части:
  - металлические строительные конструкции зданий и сооружений (фермы, колонны и т.п.);
  - арматура железобетонных строительных конструкций зданий при условии выполнения требований 1.7.122;
  - металлические конструкции производственного назначения (подкрановые рельсы, галереи, площадки, шахты лифтов, подъемников, элеваторов, обрешетки и т.п.).

1.7.122. Использование открытых сторонних проводящих частей в качестве РЕ-проводников допускается, если они отвечают требованиям к непрерывности и непрерывности электрической цепи.

Сторонние проводящие части могут быть использованы в качестве РЕ-проводников, если они, кроме того, одновременно отвечают следующим требованиям:

- 1) непрерывность электрической цепи обеспечивается либо их конструкцией, либо соответствующими соединениями, защищенными от механических повреждений;
- 2) их демонтаж невозможен, если не предусмотрены меры по сохранению непрерывности цепи и ее проводимости.

1.7.123. Не допускается использовать в качестве РЕ-проводников:

- металлические оболочки изоляционных трубок и трубчатых проводов, несущие тросы при тросовой электропроводке, металлокабели, а также свинные провода и кабели;
- трубопроводы газоснабжения и другие трубопроводы горючих и взрывоопасных веществ и смесей, трубы канализации и центрального отопления;
- водопроводные трубы при наличии в них изолирующих вставок.

1.7.124. Нулевые защитные проводники цепей не допускается использовать в качестве нулевых защитных проводников электрооборудования, питающего цепей, а также использовать открытые проводящие части электрооборудования в качестве нулевых защитных проводников для другого электрооборудования. Исключение оболочек и опорных конструкций шинопроводов и комплектных устройств заводского изготовления, обеспечивающих возможность подключения защитных проводников в нужном месте.

1.7.125. Использование специально предусмотренных защитных проводников для иных целей не допускается.

1.7.126. Наименьшие площади поперечного сечения защитных проводников должны соответствовать табл. 1.7.5.

Площади сечений приведены для случая, когда защитные проводники изготовлены из того же материала, что и фазные проводники. Сечения защитных проводников других материалов должны быть эквивалентны по проводимости приведенным.

#### Наименьшие сечения защитных проводников

Сечение фазных проводников, мм <sup>2</sup>	Наименьшее сечение защитных проводников, мм <sup>2</sup>
$S \leq 16$	$S$
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S/2$

Допускается, при необходимости, принимать сечение защитного проводника менее требуемых, если оно рассчитано по формуле (только для времени отключения):

$$S^3 \geq I^2 t / k$$

где  $S$  - площадь поперечного сечения защитного проводника, мм<sup>2</sup>;

$I$  - ток короткого замыкания, обеспечивающий время отключения поврежденной цепи защитным аппаратом в соответствии с табл. 1.7.1 и 1.7.2 или за время отключения в соответствии с 1.7.79, А;

$t$  - время срабатывания защитного аппарата, с;

$k$  - коэффициент, значение которого зависит от материала защитного проводника, его изоляции, начальной и конечной температур. Значение  $k$  для различных условий приведены в табл. 1.7.6-1.7.9.

Если при расчете получается сечение, отличное от приведенного в табл. 1.7.5, то следует выбирать ближайшее большее значение, а в нестандартных случаях - применять проводники ближайшего большего стандартного сечения.

Значения максимальной температуры при определении сечения защитного проводника не должны превышать предельно допустимых температур нагрева при КЗ в соответствии с п. 1.4, а для электроустановок во взрывоопасных зонах должны соответствовать ГОСТ 22782.0 «Электрооборудование взрывозащищенное».

1.7.127. Во всех случаях сечений медных защитных проводников, не входящих в состав кабеля или проложенных не в общей оболочке (трубе, коробе, на фазных проводниках), должно быть не менее:

2,5 мм<sup>2</sup> - при наличии механической защиты;

4 мм<sup>2</sup> - при отсутствии механической защиты.

Сечение отдельно проложенных защитных алюминиевых проводников должно быть не менее 16 мм<sup>2</sup>.

1.7.128. В системе TN для обеспечения требований 1.7.88 нулевые защитные проводники рекомендуется прокладывать совместно или в непосредственной близости с фазными проводниками.

#### Значение коэффициента А для изолированных защитных проводников, не входящих в кабель, и для неизолированных проводников, касающихся кабелей (начальная температура проводника принята равной 30 °С)

Параметр	Материал изоляции		
	Поливинилхлорид (ПВХ)	Сшитый полиэтилен, этиленпропиленовая резина	Бутиловая резина
Конечная температура, °С	160	250	220
$k$ проводника:			
медного	143	176	166
алюминиевого	95	116	110
стального	52	64	60

#### Значение коэффициента $k$ для защитного проводника, входящего в многожильный кабель

Параметр	Материал изоляции		
	Поливинилхлорид (ПВХ)	Сшитый полиэтилен, этиленпропиленовая резина	Бутиловая резина
Начальная температура, °С	70	90	85
Конечная температура, °С	160	250	220
$k$ проводника:			
медного	115	143	134
алюминиевого	76	94	89

#### Значение коэффициента $k$ при использовании в качестве защитного проводника алюминиевой оболочки кабеля

Параметр	Материал изоляции		
	Поливинилхлорид (ПВХ)	Сшитый полиэтилен, этиленпропиленовая резина	Бутиловая резина
Начальная температура, °С	60	80	75
Конечная температура, °С	160	250	220
$k$	81	98	93

**Значение коэффициента  $k$  для неизолированных проводников, когда указанные температуры не создают опасности повреждения находящихся вблизи (начальная температура проводника принята равной 30 °C)**

Материал проводника	Условия	Проводники		
		Проложенные открыто и в специально отведенных местах	Эксплуатируемые	
			в нормальной среде	в пожароо
Медь	Максимальная температура, °C	500*	200	
	$k$	228	159	
Алюминий	Максимальная температура, °C	300*	200	
	$k$	125	105	
Сталь	Максимальная температура, °C	500*	200	
	$k$	82	58	

\* Указанные температуры допускаются, если они не ухудшают качество соединений.

**1.7.129.** В местах, где возможно повреждение изоляции фазных проводников в результате искрения между неизолированным нулевым защитным металлической оболочкой или конструкцией (например, при прокладке проводов в трубах, коробах, лотках), нулевые защитные проводники должны иметь равноценную изоляцию фазных проводников.

**1.7.130.** Неизолированные PE-проводники должны быть защищены от коррозии. В местах пересечения PE-проводников скабелями, т.е. железнодорожными путями, в местах их ввода в здания и в других местах, где возможны механические повреждения PE-проводников, эти проводники защищены.

В местах пересечения температурных и осадочных швов должна быть предусмотрена компенсация длины PE-проводников.

**СОВМЕЩЕННЫЕ НУЛЕВЫЕ ЗАЩИТНЫЕ И НУЛЕВЫЕ РАБОЧИЕ ПРОВОДНИКИ (PEN-ПРОВОДНИКИ)**

**1.7.131.** В многофазных цепях в системе TN для стационарно проложенных кабелей, жилы которых имеют площадь поперечного сечения не менее 10 мм<sup>2</sup> по алюминию, функции нулевого защитного (PE) и нулевого рабочего (N) проводников могут быть совмещены в одном проводнике (PEN-проводник).

**1.7.132.** Не допускается совмещение функций нулевого защитного и нулевого рабочего проводников в цепях однофазного постоянного тока. В качестве защитного проводника в таких цепях должен быть предусмотрен отдельный третий проводник. Это требование не распространяется на ответвления от ВЛ и 1 кВ к однофазным потребителям электроэнергии.

**1.7.133.** Не допускается использование сторонних проводящих частей в качестве единственного PEN-проводника.

Это требование не исключает использования открытых и сторонних проводящих частей в качестве дополнительного PEN-проводника при присоединении к системе уравнивания потенциалов.

**1.7.134.** Специально предусмотренные PEN-проводники должны соответствовать требованиям [1.7.126](#) к сечению защитных проводников, а также требованиям к нулевому рабочему проводнику.

Изоляция PEN-проводников должна быть равноценна изоляции фазных проводников. Не требуется изолировать шины PEN сборных шин низковольтных устройств.

**1.7.135.** Когда нулевой рабочий и нулевой защитный проводники разделены начиная с какой-либо точки электроустановки, не допускается объединять их по ходу распределения энергии. В месте разделения PEN-проводника на нулевой защитный и нулевой рабочий проводники необходимо предусмотреть зажимы или шины для проводников, соединенные между собой. PEN-проводник питающей линии должен быть подключен к зажиму или шине нулевого проводника.

**ПРОВОДНИКИ СИСТЕМЫ УРАВНИВАНИЯ ПОТЕНЦИАЛОВ**

**1.7.136.** В качестве проводников системы уравнивания потенциалов могут быть использованы открытые и сторонние проводящие части, указанные специально проложенные проводники, или их сочетание.

**1.7.137.** Сечение проводников основной системы уравнивания потенциалов должно быть не менее половины наибольшего сечения защитного электроустановки, если сечение проводника уравнивания потенциалов при этом не превышает 25 мм<sup>2</sup> по меди или равноценное ему из других материалов проводников большего сечения, как правило, не требуется. Сечение проводников основной системы уравнивания потенциалов в любом случае должно быть не менее: медных - 6 мм<sup>2</sup>, алюминиевых - 16 мм<sup>2</sup>, стальных - 50 мм<sup>2</sup>.

**1.7.138.** Сечение проводников дополнительной системы уравнивания потенциалов должно быть не менее:

при соединении двух открытых проводящих частей - сечения меньшего из защитных проводников, подключенных к этим частям;

при соединении открытой проводящей части и сторонней проводящей части - половины сечения защитного проводника, подключенного к открытой проводящей части проводников дополнительной системы уравнивания потенциалов, не входящих в состав скабеля, должны соответствовать требованиям [1.7.127](#).

**СОЕДИНЕНИЯ И ПРИСОЕДИНЕНИЯ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ, ЗАЩИТНЫХ ПРОВОДНИКОВ И ПРОВОДНИКОВ СИСТЕМЫ УРАВНИВАНИЯ ПОТЕНЦИАЛОВ**

**1.7.139.** Соединения и присоединения заземляющих, защитных проводников и проводников системы уравнивания потенциалов должны быть надежными и обеспечивать непрерывность электрической цепи. Соединения стальных проводников рекомендуется выполнять посредством сварки. В помещениях и в наружных установках безагрессивных сред соединять заземляющие и нулевые защитные проводники другими способами, обеспечивающими соответствие требованиям ГОСТ 10434 «Соединения контактные электрические. Общие технические требования» ко 2-му классу соединений.

Соединения должны быть защищены от коррозии и механических повреждений.

Для болтовых соединений должны быть предусмотрены меры против ослабления контакта.

**1.7.140.** Соединения должны быть доступны для осмотра и выполнения испытаний за исключением соединений, заполненных компаундом или герметиком, а также сварных, паяных и опрессованных присоединений к нагревательным элементам в системах обогрева и их соединений, находящихся в полах, стенах, перегородках.

**1.7.141.** При применении устройств контроля непрерывности цепи заземления не допускается включать их катушки последовательно (в рассечку) проводниками.

**1.7.142.** Присоединения заземляющих и нулевых защитных проводников и проводников уравнивания потенциалов к открытым проводящим частям должны выполняться при помощи болтовых соединений или сварки.

Присоединения оборудования, подвергнутого частому демонтажу или установленного на подвижных частях или частях, подверженных сотрясениям, должны выполняться при помощи гибких проводников.

Соединения защитных проводников электропроводок и ВЛ следует выполнять теми же методами, что и соединения фазных проводников.

При использовании естественных заземлителей для заземления электроустановок и сторонних проводящих частей в качестве защитных и проводников уравнивания потенциалов контактные соединения следует выполнять методами, предусмотренными ГОСТ 12.1.030 «СБТ. Электробезопасность. Заземление и зануление».

**1.7.143.** Места и способы присоединения заземляющих проводников к протяженным естественным заземлителям (например, к трубопроводам) должны быть такими, чтобы при разрыве заземлителя для ремонтных работ ожидаемое напряжение прикосновения и расчетные значения сопротивления не превышали безопасных значений.

Шунтирование вodomеров, задвижек и т.п. следует выполнять при помощи проводника соответствующего сечения в зависимости от того, используется ли проводник системы уравнивания потенциалов, нулевого защитного проводника или защитного заземляющего проводника.

**1.7.144.** Присоединение каждой открытой проводящей части электроустановки к нулевому защитному или защитному заземляющему проводнику должно выполняться при помощи отдельного ответвления. Последовательное включение в защитный проводник открытых проводящих частей не допускается.

Присоединение проводящих частей к основной системе уравнивания потенциалов должно быть выполнено также при помощи отдельных ответвлений. Присоединение проводящих частей к дополнительной системе уравнивания потенциалов может быть выполнено при помощи как отдельных ответвлений, так и присоединения к одному общему неразъемному проводнику.

**1.7.145.** Не допускается включать коммутационные аппараты в цепи PE- и PEN-проводников, за исключением случаев питания электроприемников при помощи шинных соединений.

Допускается также одновременное отключение всех проводников на вводе в электроустановки индивидуальных жилых, дачных и садовых домов и аналогичных объектов, питающихся по однофазным ответвлениям от ВЛ. При этом разделение PEN-проводника на PE- и N-проводники должно быть выполнено до ввода коммутационного аппарата.

**1.7.146.** Если защитные проводники/или проводники уравнивания потенциалов могут быть разведены при помощи того же штепсельного соединения, то фазные проводники, розетка и вилка штепсельного соединителя должны иметь специальные защитные контакты для присоединения к проводникам или проводникам уравнивания потенциалов.

Если корпус штепсельной розетки выполнен из металла, он должен быть присоединен к защитному контакту этой розетки.

**ПЕРЕНОСНЫЕ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКИ**

**1.7.147.** К переносным электроприемникам в Правилах отнесены электроприемники, которые могут находиться в руках человека в процессе их использования (ручной электроинструмент, переносные бытовые электроприборы, переносная радиоэлектронная аппаратура и т.п.).

**1.7.148.** Питание переносных электроприемников переменного тока следует выполнять от сети напряжением не выше 380/220 В.

В зависимости от категории помещения по уровню опасности поражения людей электрическим током (см. гл. [1.1](#)) для защиты прикосновением к токоведущим частям переносных электроприемников, могут быть применены автоматическое отключение питания, защитное электрическое разделение цепи питания, двойная изоляция.



**1.7.149.** При применении автоматического отключения питания металлические корпуса переносных электроприемников, за исключением электроприемников изоляцией, должны быть присоединены к нулевому защитному проводнику в системе *TN* или заземлены в системе *IT*, для чего должен быть предусмотрен защитный (*PE*) проводник, расположенный в одной оболочке с фазными проводниками (третья жила кабеля или провода – для электроприемников постоянного тока, четвертая и пятая жилы – для электроприемников трехфазного тока), присоединяемый к корпусу электроприемника и к защитному штепсельному соединителю. *PE*-проводник должен быть медным, гибким, его сечение должно быть равно сечению фазных проводников. Использование нулевого рабочего (*N*) проводника, в том числе расположенного в общей оболочке с фазными проводниками, не допускается.

**1.7.150.** Допускается применять стационарные и отдельные переносные защитные проводники и проводники уравнивания потенциалов для электроприемников испытательных лабораторий и экспериментальных установок, перемещение которых в период их работы не предусматривается стационарные проводники должны удовлетворять требованиям **1.7.121-1.7.130**, а переносные проводники должны быть медными, гибкими и иметь сечение у фазных проводников. При прокладке таких проводников не в составе общего с фазными проводниками кабеля их сечения должны быть не менее указанных в **1.7.151**. Для дополнительной защиты от прямого прикосновения и при косвенном прикосновении штепсельные розетки с номинальным током не более 25 А, а также внутренней установки, но к которым могут быть подключены переносные электроприемники, используемые в здании или в повышенной опасности и особо опасных, должны быть защищены устройствами защитного отключения с номинальным отключающим дифференциальным током не более 30 мА. Допускается применение ручного электроинструмента, оборудованного УЗО-вилками.

При применении защитного электрического разделения цепей в стесненных помещениях с проводящим полом, стенами и потолком, а также при наличии соответствующих глав ПУЭ в других помещениях с особой опасностью, каждая розетка должна питаться от индивидуального разделительного трансформатора.

При применении сверхнизкого напряжения питание переносных электроприемников напряжением до 50 В должно осуществляться от безопасного преобразователя.

**1.7.152.** Для присоединения переносных электроприемников к питающей сети следует применять штепсельные соединители, соответствующие требованиям В штепсельных соединителях переносных электроприемников, удлинительных проводов и кабелей проводник со стороны источника питания должен быть в розетке, а со стороны электроприемника – в вилке.

**1.7.153.** УЗО защиты розеточных цепей рекомендуется размещать в распределительных (групповых, квартирных) щитках. Допускается применять УЗО-розетки.

**1.7.154.** Защитные проводники переносных проводов и кабелей должны быть обозначены желто-зелеными полосами.

## ПЕРЕДВИЖНЫЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ

**1.7.155.** Требования к передвижным электроустановкам не распространяются на:

- судовые электроустановки;
- электрооборудование, размещенное на движущихся частях станков, машин и механизмов;
- электрифицированный транспорт;
- жилые автофургоны.

Для испытательных лабораторий должны также выполняться требования других соответствующих нормативных документов.

**1.7.156.** Автономный передвижной источник питания электроэнергией – такой источник, который позволяет осуществлять питание потребителей стационарных источников электроэнергии (энергосистемы).

**1.7.157.** Передвижные электроустановки могут получать питание от стационарных или автономных передвижных источников электроэнергии.

Питание от стационарной электрической сети должно, как правило, выполняться от источника с глухозаземленной нейтралью с применением систем *S*. Объединение функций нулевого защитного проводника *PE* и нулевого рабочего проводника *N* в одном общем проводнике *PEN* внутри передвижной электростанции допускается. Разделение *PEN*-проводника питающей линии на *PE*- и *N*-проводники должно быть выполнено в точке подключения установки к источнику питания. При питании автономного передвижного источника его нейтраль, как правило, должна быть изолирована.

**1.7.158.** При питании стационарных электроприемников от автономных передвижных источников питания режим нейтрали источника питания и меры защиты должны соответствовать режиму нейтрали и мер защиты, принятым для стационарных электроприемников.

**1.7.159.** В случае питания передвижной электроустановки от стационарного источника питания для защиты при косвенном прикосновении должно быть предусмотрено автоматическое отключение питания в соответствии с **1.7.79** с применением устройства защиты от сверхтоков. При этом время отключения, приведенное к номинальному току, должно быть уменьшено вдвое либо дополнительно к устройству защиты от сверхтоков должно быть применено устройство защитного отключения, р дифференциальный ток.

В специальных электроустановках допускается применение УЗО, реагирующих на потенциал корпуса относительно земли.

При применении УЗО, реагирующего на потенциал корпуса относительно земли, уставка по значению отключающего напряжения должна быть равна времени отключения не более 5 с.

**1.7.160.** В точке подключения передвижной электроустановки к источнику питания должно быть установлено устройство защиты от сверхтоков и УЗО, р дифференциальный ток, номинальный отключающий дифференциальный ток которого должен быть на 1-2 ступени больше соответствующего тока УЗО, на вводе в передвижную электроустановку.

При необходимости на вводе в передвижную электроустановку может быть применено защитное электрическое разделение цепей в соответствии с **1.7.155** разделительный трансформатор, а также вводное защитное устройство должны быть помещены в изолирующую оболочку.

Устройство присоединения ввода питания в передвижную электроустановку должно иметь двойную изоляцию.

**1.7.161.** При применении автоматического отключения питания в системе *IT* для защиты при косвенном прикосновении должны быть выполнены:

- защитное заземление в сочетании с непрерывным контролем изоляции, действующим на сигнал;
- автоматическое отключение питания, обеспечивающее время отключения при двухфазном замыкании на открытые проводящие части – в соответствии с **1.7.162**.

### Наибольшее допустимое время защитного автоматического отключения для системы *IT* в передвижных электроустановках, питающихся автономно от передвижного источника

Номинальное линейное напряжение, <i>U</i> , В	Время отключения, с
220	0,4
380	0,2
660	0,06
Более 660	0,02

Для обеспечения автоматического отключения питания должно быть применено устройство защиты от сверхтоков в сочетании с УЗО, на дифференциальный ток, или устройством непрерывного контроля изоляции, действующим на отключение, или, в соответствии с **1.7.159**, УЗО, р потенциал корпуса относительно земли.

**1.7.162.** На вводе в передвижную электроустановку должна быть предусмотрена главная шина уравнивания потенциалов, соответствующая требованиям к главной заземляющей шине, к которой должны быть присоединены:

- нулевой защитный проводник *PE* или защитный проводник *PE* питающей линии;
- защитный проводник передвижной электроустановки с присоединенными к нему защитными проводниками открытых проводящих частей;
- проводники уравнивания потенциалов корпуса и других сторонних проводящих частей передвижной электроустановки;
- заземляющий проводник, присоединенный к местному заземлителю передвижной электроустановки (при его наличии).

При необходимости открытые и сторонние проводящие части должны быть соединены между собой посредством проводников дополнительной изоляции.

**1.7.163.** Защитное заземление передвижной электроустановки в системе *IT* должно быть выполнено с соблюдением требований либо к его сопротивлению при однофазном замыкании на открытые проводящие части.

При выполнении заземляющего устройства с соблюдением требований к его сопротивлению не должно превышать 25 Ом. Повышение указанного сопротивления в соответствии с **1.7.108**.

При выполнении заземляющего устройства с соблюдением требований к напряжению прикосновения сопротивление заземляющего устройства не нормативное должно быть выполнено условие:

$$R_3 \leq 25/I_3,$$

где  $R_3$  – сопротивление заземляющего устройства передвижной электроустановки, Ом;

$I_3$  – полный ток однофазного замыкания на открытые проводящие части передвижной электроустановки, А.

**1.7.164.** Допускается не выполнять местный заземлитель для защитного заземления передвижной электроустановки, питающейся от автономного источника питания с изолированной нейтралью, в следующих случаях:

1) автономный источник питания и электроприемники расположены непосредственно на передвижной электроустановке, их корпуса соединены между собой защитным проводником, а от источника не питаются другие электроустановки;

2) автономный передвижной источник питания имеет свое заземляющее устройство для защитного заземления, все открытые проводящие части электроустановки, ее корпус и другие сторонние проводящие части надежно соединены с корпусом автономного источника питания при помощи проводника, а при двухфазном замыкании на разные корпуса электрооборудования в передвижной электроустановке обеспечивается время автоматического отключения в соответствии с табл. **1.7.10**.

**1.7.165.** Автономные передвижные источники питания с изолированной нейтралью должны иметь устройство непрерывного контроля сопротивления относительно корпуса (земли) с световым и звуковым сигналами. Должна быть обеспечена возможность проверки исправности устройства контроля отключения.

Допускается не устанавливать устройство непрерывного контроля изоляции с действием на сигнал на передвижной электроустановке, питающейся автономно от передвижного источника, если при этом выполняется условие **1.7.164**, пп. 2.

1.7.166. Защита от прямогоприкосновения в передвижных электроустановках должна быть обеспечена применением изоляции токоведущих частей, оболочек со степеньюзащиты не менее IP 2X. Применение барьеров и размещение вне пределов досягаемости не допускается.

В цепях,питающих штепсельные розетки для подключения электрооборудования, используемоговне помещения передвижной установки, должна б дополнителнаязащита в соответствии с 1.7.151.

1.7.167. Защитные и заземляющиепроводники и проводники уравнивания потенциалов должны быть медными, гибкими,как правило, находиться в об фазными проводниками. Сечениепроводников должно соответствовать требованиям:

защитных - см. 1.7.126-1.7.127;

заземляющих -см. 1.7.113;

уравниванияпотенциалов - см 1.7.136-1.7.138.

При применениисистемы IT допускается прокладка защитных и заземляющихпроводников и проводников уравнивания потенциалов отдельно от фазны: 1.7.168. Допускается одновременноеотключение всех проводников линии, питающей передвижную электроустановку,включая защитный проводни одного коммутационного аппарата (разъема).

1.7.169. Если передвижнаяэлектроустановка питается с использованием штепсельных соединителей, вилкаштепсельного соединителя должна быть стороны передвижнойэлектроустановки и иметь оболочку из изолирующего материала.

#### ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ ПОМЕЩЕНИЙ ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯЖИВОТНЫХ

1.7.170. Питание электроустановокживотноводческих помещений следует, как правило, выполнять от сети напряжением380/220 В переменного тока.

1.7.171. Для защиты людей и животныхпри косвенном прикосновении должно быть выполнено автоматическое отключениепитания с применением S.Разделение PEN-проводника на нулевойзащитный (PE) и нулевой рабочий (N) проводники следуетвыполнять на вводном щитке. При питании таких эл от встроенных ипристроенных подстанций должна быть применена система TN-S,при этомнулевой рабочий проводник должен иметь изоляцию, равноце фазныхпроводников на всем его протяжении.

Время защитногоавтоматического отключения питания в помещениях для содержания животных, а такжев помещениях, связанных с ними при пом проводящих частей, должносоответствовать табл. 1.7.11.

Наибольшеедопустимое время защитного автоматического отключения для системы TN в помещениях для содержания животных

Номинальное фазное напряжение, $U_n$ , В	Время отключения, с
127	0,35
220	0,2
380	0,05

Еслиуказанное время отключения не может быть гарантировано, необходимыдополнительные защитные меры, например дополнительное уравнивание и

1.7.172. PEN-проводник на вводе впомещение должен быть повторно заземлен. Значение сопротивления повторногозаземления должно соответствовать

1.7.173. В помещениях для содержанияживотных необходимо предусматривать защиту не только людей, но и животных, длячего должна би дополнительная система уравнивания потенциалов,соединяющая все открытые и сторонние проводящие части, доступные одновременноуприкосн водопровода, вакуумпровода, металлические ограждениястойл, металлические привязи и др.).

1.7.174. В зоне размещения животныхв полу должно быть выполнено выравнивание потенциалов при помощи металлической сетки или другогоустр должно быть соединено с дополнительной системой уравнивания потенциалов.

1.7.175. Устройство выравнивания иуравнивания электрических потенциалов должно обеспечивать в нормальном режимеработы электрооборудован прикосновения не более 0,2 В, а в аварийномрежиме при времени отключения более указанного в табл. 1.7.11 для электроустановокв помещениях опасностью, особо опасных и в наружных установках -не более 12 В.

1.7.176. Для всех групповых цепей,питающих штепсельные розетки, должна быть дополнительная защита от прямогоприкосновения при помощи УЗО отключающим дифференциальным токомне более 30 мА.

1.7.177. В животноводческихпомещениях, в которых отсутствуют условия, требующие выполнения выравнивания потенциалов, должна быть выполни помощи УЗО с номинальнымотключающим дифференциальным током не менее 100 мА, устанавливаемых на вводномщитке.