

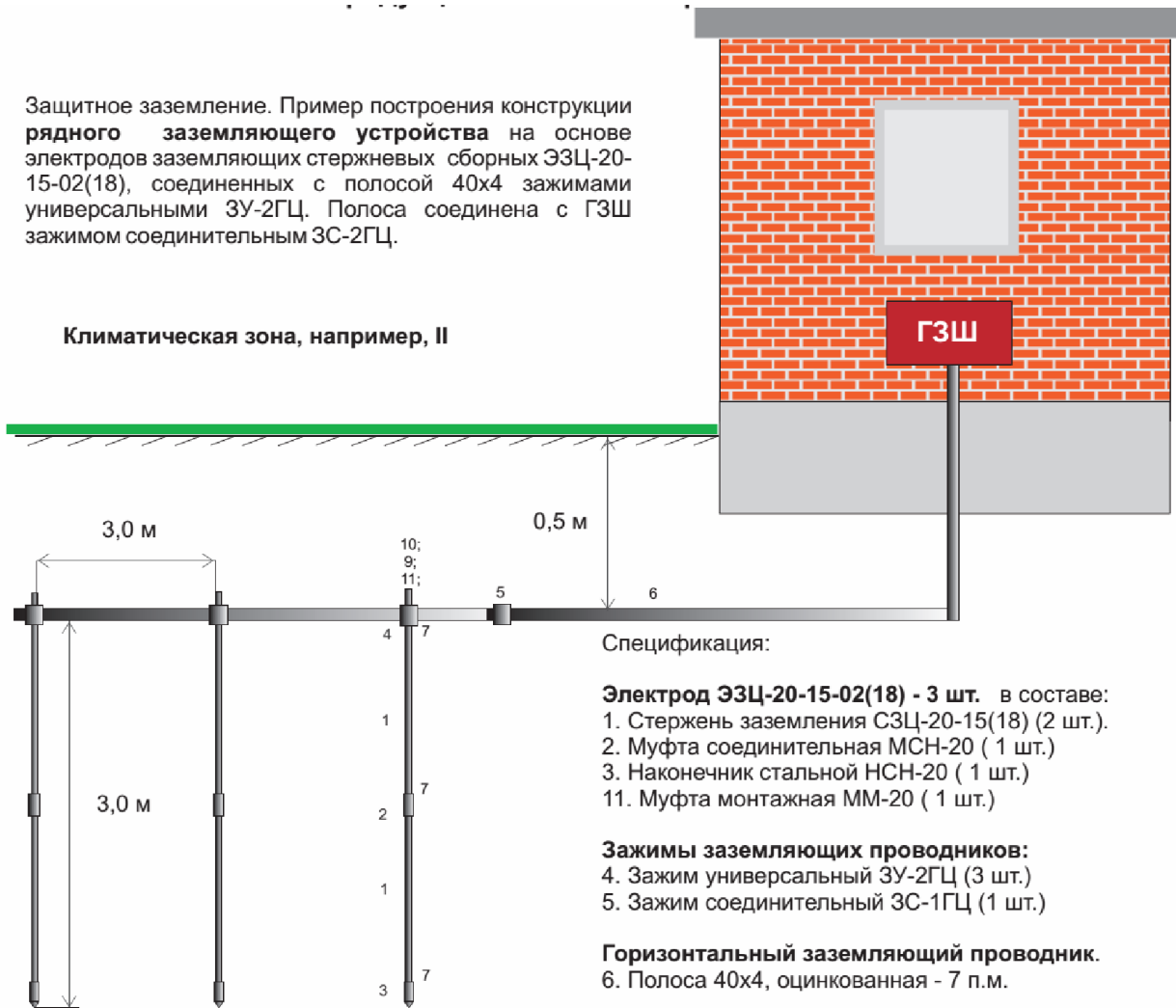


РАСЧЕТ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ



1. Пример исходных данных для расчета защитного заземления.

Защитное заземление. Пример построения конструкции **рядного заземляющего устройства** на основе электродов заземляющих стержневых сборных ЭЗЦ-20-15-02(18), соединенных с полосой 40х4 зажимами универсальными ЗУ-2ГЦ. Полоса соединена с ГЗШ зажимом соединительным ЗС-2ГЦ.



Порядок расчета защитного заземления
смотреть на следующей странице.

Порядок монтажа и требования к
заземляющим устройствам - на страницах
каталога

Исходные данные для расчета защитного заземления методом коэффициентов использования.

Конструкция защитного заземления: Состоит из вертикальных заземлителей, погруженных в неоднородный грунт, соединенных между собой горизонтальным заземлителем.

Расстояние между вертикальными заземлителями равно длине вертикального заземлителя.

Вертикальные заземлители расположены в ряд.

Материал вертикального заземлителя: горячеоцинкованная сталь

l - длина вертикального заземлителя, м.: 3

t₀ - заглубление вертикального заземлителя, м. - 0,5 метра.

d - диаметр вертикального заземлителя, мм. 18 мм.

Материал горизонтального заземлителя – 40х4 мм, ст. полосовая ГОСТ 103-76 с горячеоцинкованным покрытием,

l_r - длина горизонтального заземлителя, м - 7

t_r - заглубление горизонтального заземлителя, м.- 0,5

b - ширина горизонтального заземлителя, мм. 40

ρ – средние удельные сопротивления верхнего и нижнего слоев грунта (смотрите таблицу 1).

Нормируемое значение сопротивления заземляющего устройства - R_з, Ом. (определяется ПУЭ)

Т.к., отношение расстояния между вертикальными проводниками к их длине = 1, значит:

коэффициент использования вертикальных заземлителей расположенных в ряд – η_в – 0,78

(определяется по таблице 5)

коэффициент использования горизонтальных заземлителей – η_г–0,8 (определяется по таблице)

Климатическая зона - II

2. Расчет защитного заземления методом коэффициентов использования

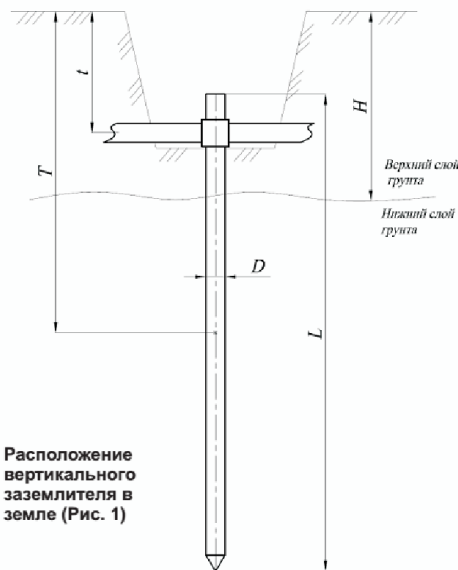
1. В соответствии с ПУЭ устанавливается необходимое нормируемое сопротивление заземления R_z , Ом для однослойных грунтов*.
2. Определяется путем замера или расчетом возможное сопротивление растеканию естественных заземлителей $R_э$, Ом.
3. Если $R_э > R_z$, то необходимо устройство искусственного заземления R_u .

$$R_u = \frac{R_z}{\left(1 - R_z/R_э\right)}$$

Таблица 1. Приближенные значения удельных сопротивлений грунтов и воды ρ Ом*м (Справочник по проектированию электрических сетей и оборудования. Под ред. Ю.Г.Барыбина и др. Москва, Энергоатомиздат 1991)

Наименование грунта	Удельное сопротивление Ом м
Песок	700
Супесок	300
Суглинок	100
Глина	40
Садовая земля	40
Чернозем	20
Торф	20
Речная вода на равнинах	50
Морская вода	0,2

Внимание! Смотрите подробную Таблицу 1А значения удельных сопротивлений грунтов и воды на стр.11 каталога



Далее расчет ведется по R_u

4. Определяется удельное сопротивление грунта ρ из Таблицы 1. При производстве расчетов эти значения должны умножаться на коэффициент сезонности, зависящий от климатических зон и вида заземлителя (Таблица 2).

Расчетное удельное сопротивление грунта:

Для стержневых заземлителей (вертикальных заземлителей):

Расчет для однослойного грунта

$$\rho_{расч.в} = k_э \cdot \rho \quad (\text{Табл. 2})$$

*Расчет для двухслойного грунта

$$\rho_{расч.в} = \frac{k_э \cdot \rho_1 \cdot \rho_2 \cdot L}{\rho_1(L - H + t) + \rho_2(H - t)} \quad (\text{Табл. 2})$$

Для протяженного заземлителя (горизонтальный полосу):

$$\rho_{расч.г} = k_э \cdot \rho \quad (\text{Табл. 3})$$

5. Определяется сопротивление Ом растеканию одного вертикального заземлителя - стержневого круглого сечения в земле (рис. 1). При $t=0,5-0,7$ м, $L > D$:

$$R_э = \left(\frac{0,366 \cdot \rho_{расч.в}}{L} \right) \left(\lg \frac{2L}{D} + 0,5 \lg \frac{4T + L}{4T - L} \right)$$

6. Установив характер расположения заземлителей (в ряд или контуром), определяется **число вертикальных заземлителей - $n_э$**

$$n_э = \frac{R_э}{R_u \cdot \eta_э}$$

$\eta_э$ - коэффициент использования вертикальных заземлителей, зависящий от количества заземлителей и расстояния между ними (Табл.3; Табл. 4.)

7. Количество вертикальных заземлителей для определения $\eta_э$ можно принять равным:

$$n_э = \frac{R_э}{R_u}$$

8. При устройстве простых заземлителей в виде короткого ряда вертикальных стержней расчет на этом можно закончить и не определять проводимость соединяющей полосы, поскольку длина ее относительно невелика (в этом случае фактически сопротивление заземляющего устройства будет несколько завышено).

При устройстве заземлителей по контуру из ряда вертикальных заземлителей целесообразно учитывать сопротивление растеканию полос (горизонтального заземлителя).

Для этого на площади установки заземления намечают, как будут установлены вертикальные заземлители $n_э$ и определяют длину соединительной полосы (в метрах):

$$\text{в ряд - } L_T = \alpha(n_э - 1) \quad \text{в контур - } L_T = \alpha \cdot n_э$$

Где α - расстояние между вертикальными заземлителями (обычно отношение расстояния между вертикальными заземлителями к их длине принимают: $\alpha / L = 1; 2; 3$)

9. Определяется сопротивление (Ом) растеканию горизонтального заземлителя. Для стержневого заземлителя круглого сечения (Рис.2):

При условии $L_T > d, t > d$

$$R_г = 0,366 \cdot \frac{\rho_{расч.г}}{L_T \eta_г} \cdot \lg \frac{L_T^2}{d \cdot t}$$

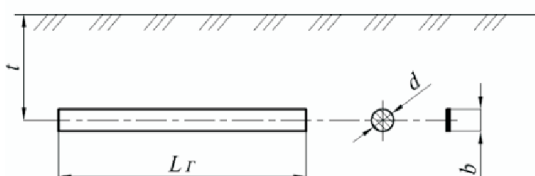
Для полосы (горизонтального проводника) шириной **b** получают:

При условии $L_r > b$, $t > b$

$$R_z = 0,366 \cdot \frac{\rho_{расч.з}}{L_r \eta_z} \cdot \lg \frac{2L_r^2}{b \cdot t}$$

Где η_z - коэффициент использования горизонтального заземлителя определяется по Таблице 5, Таблице 6

10. Уточняется сопротивление (Ом) растеканию заземлителей с учетом сопротивления горизонтального заземлителя:



Расположение горизонтального заземлителя в земле (Рис. 2)

$$R_o = \frac{R_z \cdot R_u}{R_z - R_u}$$

11. Определяется количество вертикальных заземлителей. Здесь n_v округляется в сторону увеличения:

$$n_v = \frac{R_o}{R_o \cdot \eta_o}$$

Таблица 2. Признаки климатических зон и значения коэффициента k_c

Данные, характеризующие климатические зоны и тип применяемых заземляющих электродов	Климатические зоны РФ			
	I	II	III	IV
Климатические признаки зон:				
Средняя многолетняя низкая температура (январь) в градусах С.	от -20 до -15	от -14 до -10	от -10 до 0	от 0 до +5
Средняя многолетняя высшая температура (июль) в градусах С.	от +16 до +18	от +18 до +22	от +22 до +24	от +24 до +26
Среднегодовое количество осадков, мм	400	500	500	300-500
Продолжительность замерзания вод, дн.	190-170	150	100	0
Значение коэффициента k_c при применении стержневых электродов (вертикальный заземлитель) длиной 2-3 метра и глубине заложения их вершин 0,5-0,8 м.	1,8-2	1,6-1,8	1,4-1,6	1,2-1,4
Значение коэффициента k_c при применении протяженных электродов (горизонтальный заземлитель) и глубине заложения их вершин 0,8 м.	4,5-7	3,5-4,5	2,0-2,5	1,5-2,0
Значение коэффициента k_c при применении стержневых электродов (вертикальный заземлитель) длиной 5 метров и глубине заложения их вершин 0,7-0,8 м.	1,35	1,25	1,15	1,1

Таблица 3. Коэффициенты использования вертикальных электродов из труб, уголков или стержней, размещенных в ряд без учета влияния полосы связи (горизонтального заземлителя).

Отношение расстояния между вертикальными электродами к их длине: $\alpha / L = 1; 2; 3$	Число электродов n_e	η_e
1	2	0,84-0,87
	3	0,76-0,80
	5	0,67-0,72
	10	0,56-0,62
	15	0,51-0,56
	20	0,47-0,50
2	2	0,90-0,92
	3	0,85-0,88
	5	0,79-0,83
	10	0,72-0,77
	15	0,66-0,73
	20	0,65-0,70
3	2	0,93-0,95
	3	0,90-0,92
	5	0,85-0,88
	10	0,79-0,83
	15	0,76-0,80
	20	0,74-0,709

Таблица 4. Коэффициенты использования вертикальных электродов из труб, уголков или стержней, размещенных по контуру без учета влияния полосы связи (горизонтального заземлителя).

Отношение расстояния между вертикальными электродами к их длине: $\alpha / L = 1; 2; 3$	Число электродов n_e	η_e
1	4	0,66-0,72
	6	0,58-0,65
	10	0,52-0,58
	20	0,44-0,50
	40	0,38-0,44
	60	0,36-0,42
	100	0,33-0,39
2	4	0,76-0,80
	6	0,71-0,75
	10	0,66-0,71
	20	0,61-0,66
	40	0,55-0,61
	60	0,52-0,58
	100	0,49-0,55
3	4	0,84-0,86
	6	0,78-0,82
	10	0,74-0,78
	20	0,68-0,73
	40	0,64-0,69
	60	0,62-0,67
	100	0,59-0,65

Таблица 5. Коэффициенты использования горизонтального полосового электрода (трубы, уголки, полосы и т.д.) при размещенных вертикальных электродах в ряд

Отношение расстояния между вертикальными электродами к их длине: $\alpha / L = 1; 2; 3$	η_c при числе электродов в ряду							
	4	5	8	10	20	30	50	65
1	0,77	0,74	0,67	0,62	0,42	0,31	0,21	0,20
2	0,89	0,86	0,79	0,75	0,56	0,46	0,36	0,34
3	0,92	0,90	0,85	0,82	0,68	0,58	0,49	0,47

Таблица 6. Коэффициенты использования горизонтального полосового электрода (трубы, уголки, полосы и т.д.) при размещенных вертикальных электродах по контуру

Отношение расстояния между вертикальными электродами к их длине: $\alpha / L = 1; 2; 3$	η_c при числе электродов в контуре								
	4	5	8	10	20	30	50	70	100
1	0,45	0,40	0,36	0,34	0,27	0,24	0,21	0,20	0,19
2	0,55	0,48	0,43	0,40	0,32	0,30	0,28	0,16	0,24
3	0,65	0,64	0,60	0,56	0,45	0,54	0,37	0,35	0,33

3. Монтаж заземляющего устройства

1. Разметить строительную площадку под заземляющее устройство.
2. В случае предположения о наличии подземных коммуникаций на строительной площадке проверить прибором для поиска коммуникаций.
3. Выкопать траншею проектной глубины и ширины и разметить места для вертикального монтажа электродов заземляющих стержневых сборных в соответствии с проектным решением.
4. Собрать электрод заземляющий стержневой сборной: нанести смазку графитовую электропроводящую на резьбу наконечника и стержня заземления с одной стороны и на резьбу муфты монтажной и стержня заземления с другой стороны. Собрать первый электрод и в монтажную муфту до упора вкрутить головку приемную.
5. В отбойный молоток вставить насадку ударную, поставить электрод заземления вертикально и, включив молоток, погрузить электрод в грунт на глубину из расчета расположения муфты монтажной до поверхности дна траншеи 200 мм.
6. Выкрутив муфту монтажную, на ее место вкрутить муфту соединительную и нанеся смазку графитовую электропроводящую на следующий стержень СЗ, вкрутить его в муфту соединительную до упора с одной стороны, а с другой стороны накрутить муфту монтажную ММ и в нее до упора - головку приемную ГП.
7. Включить отбойный молоток и повторить п.5. до достижения нормируемой проектом глубины погружения. Далее выполнить замер сопротивления вертикального электрода заземляющего и сравнить с расчетным показателем по проекту. В случае отклонения в сторону увеличения - забить еще один стержень заземления (для одиночного вертикального заземлителя).
8. Соединить вертикальный электрод заземляющий и горизонтальный проводник из полосы (круга) зажимами ЗУ (ЗУ-К), и горизонтальные проводники между собой зажимами ЗС. Усилие затяжки - в соответствии с техническими данными на зажимы. Нанести на места соединений смазку графитовую электропроводящую и изолировать их от почвенной коррозии лентой-герметиком 50 мм, 10 м. Проверить правильность и целостность сборки заземляющего устройства.
9. Засыпать траншею. Произвести замер заземляющего устройства по методике в соответствии с ГОСТ Р 50571.16-99 (способы и методы испытаний носят рекомендательный характер). Сравнить с расчетным по проекту.

4. Выписка из Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей. Заземляющие устройства.

- 2.7.1. Настоящая глава распространяется на все виды заземляющих устройств, системы уравнивания потенциалов и т.п. (далее - заземляющие устройства).
- 2.7.2. Заземляющие устройства должны соответствовать требованиям государственных стандартов, правил устройства электроустановок, строительных норм и правил и других нормативно-технических документов, обеспечивать условия безопасности людей, эксплуатационные режимы работы и защиту электроустановок.
- 2.7.3. Допуск в эксплуатацию заземляющих устройств осуществляется в соответствии с установленными требованиями. При сдаче в эксплуатацию заземляющего устройства монтажной организацией должна быть предъявлена документация в соответствии с установленными требованиями и правилами.
- 2.7.4. Присоединение заземляющих проводников к заземлителю и заземляющим конструкциям должно быть выполнено сваркой, а к главному заземляющему зажиму, корпусам аппаратов, машин и опорам ВЛ - болтовым соединением (для обеспечения возможности производства измерений). Контактные соединения должны отвечать требованиям государственных стандартов.
- 2.7.5. Монтаж заземлителей, заземляющих проводников, присоединение заземляющих проводников к заземлителям и оборудованию должен соответствовать установленным требованиям.
- 2.7.6. Каждая часть электроустановки, подлежащая заземлению или занулению, должна быть присоединена к сети заземления или зануления с помощью отдельного проводника. Последовательное соединение заземляющими (зануляющими) проводниками нескольких элементов электроустановки не допускается.
- Сечение заземляющих и нулевых защитных проводников должно соответствовать правилам устройства электроустановок.
- 2.7.7. Открыто проложенные заземляющие проводники должны быть предохранены от коррозии и окрашены в черный цвет
- 2.7.8. Для определения технического состояния заземляющего устройства должны проводиться визуальные осмотры видимой части, осмотры заземляющего устройства с выборочным вскрытием грунта, измерение параметров заземляющего устройства в соответствии с нормами испытания электрооборудования (Приложение 3).
- 2.7.9. Визуальные осмотры видимой части заземляющего устройства должны производиться по графику, но не реже 1 раза в 6 месяцев ответственным за электрохозяйство Потребителя или работником им уполномоченным. При осмотре оценивается состояние контактных соединений между защитным проводником и оборудованием, наличие антикоррозионного покрытия, отсутствие обрывов. Результаты осмотров должны заноситься в паспорт заземляющего устройства.
- 2.7.10. Осмотры с выборочным вскрытием грунта в местах наиболее подверженных коррозии, а также вблизи мест заземления нейтралей силовых трансформаторов, присоединений разрядников и ограничителей перенапряжений должны производиться в соответствии с графиком планово-профилактических работ (далее - ППР), но не реже одного раза в 12 лет. Величина участка заземляющего устройства, подвергающегося выборочному вскрытию грунта (кроме ВЛ в населенной местности - см. п.2.7.11), определяется решением технического руководителя Потребителя.
- 2.7.11. Выборочное вскрытие грунта осуществляется на всех заземляющих устройствах электроустановок Потребителя; для ВЛ в населенной местности вскрытие производится выборочно у 2% опор, имеющих заземляющие устройства.
- 2.7.12. В местности с высокой агрессивностью грунта по решению технического руководителя Потребителя может быть установлена более частая периодичность осмотра с выборочным вскрытием грунта.
- При вскрытии грунта должна производиться инструментальная оценка состояния заземлителей и оценка степени коррозии контактных соединений. Элемент заземлителя должен быть заменен, если разрушено более 50% его сечения. Результаты осмотров должны оформляться актами.
- 2.7.13. Для определения технического состояния заземляющего устройства в соответствии с нормами испытаний электрооборудования (Приложение 3) должны производиться:
- измерение сопротивления заземляющего устройства,
 - измерение напряжения прикосновения (в электроустановках, заземляющее устройство которых выполнено по нормам на напряжение прикосновения), проверка наличия цепи между заземляющим устройством и заземляемыми элементами, а также соединений естественных заземлителей с заземляющим устройством,
 - измерение токов короткого замыкания электроустановки, проверка состояния пробивных предохранителей,
 - измерение удельного сопротивления грунта в районе заземляющего устройства.
- Для ВЛ измерения производятся ежегодно у опор, имеющих разьединители, защитные промежутки, разрядники, повторное заземление нулевого провода, а также выборочно у 2% железобетонных и металлических опор в населенной местности. Измерения должны выполняться в период наибольшего высыхания грунта (для районов вечной мерзлоты - в период наибольшего промерзания грунта). Результаты измерений оформляются протоколами.
- На главных понизительных подстанциях и трансформаторных подстанциях, где отсоединение заземляющих проводников от оборудования невозможно по условиям обеспечения категорииности электроснабжения, техническое состояние заземляющего устройства должно оцениваться по результатам измерений и в соответствии с п.п.2.7.9-11.
- 2.7.14. Измерения параметров заземляющих устройств - сопротивление заземляющего устройства, напряжение прикосновение, проверка наличия цепи между заземлителями и заземляемыми элементами - производится также после реконструкции и ремонта заземляющих устройств, при обнаружении разрушения или перекрытия изоляторов ВЛ электрической дугой. При необходимости должны приниматься меры по доведению параметров заземляющих устройств до нормативных.
- 2.7.15. На каждое, находящееся в эксплуатации, заземляющее устройство должен быть заведен паспорт, содержащий:
- исполнительную схему устройства с привязками к капитальным сооружениям;
 - указана связь с надземными и подземными коммуникациями и с другими заземляющими устройствами;
 - дату ввода в эксплуатацию;
 - основные параметры заземлителей (материал, профиль, линейные размеры);
 - величина сопротивления растеканию тока заземляющего устройства;
 - удельное сопротивление грунта;
 - данные по напряжению прикосновения (при необходимости);
 - данные по степени коррозии искусственных заземлителей;
 - данные по сопротивлению металлосвязи оборудования с заземляющим устройством;
 - ведомость осмотров и выявленных дефектов;
 - информация по устранению замечаний и дефектов.
- К паспорту должны быть приложены результаты визуальных осмотров, осмотров со вскрытием грунта, протоколы измерения параметров заземляющего устройства, данные о характере ремонтов и изменениях, внесенных в конструкцию устройства.
- 2.7.16. Для проверки соответствия токов плавления предохранителей или уставок расцепителей автоматических выключателей току короткого замыкания в электроустановках периодически, но не реже 1 раза в 2 года должна проводиться проверка срабатывания защиты при коротком замыкании.
- 2.7.17. После каждой перестановки электрооборудования и монтажа нового (в электроустановках до 1000 В) перед его включением необходимо проверить срабатывание защиты при коротком замыкании.
- 2.7.18. Использование земли в качестве фазного или нулевого провода в электроустановках до 1000 В не допускается.
- 2.7.19. При использовании в электроустановке устройств защитного отключения (далее - УЗО) должна осуществляться его проверка в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя и нормами испытаний электрооборудования (Приложение 3).
- 2.7.20. Сети до 1000 В с изолированной нейтралью должны быть защищены пробивным предохранителем. Предохранитель может быть установлен в нейтрали или фазе на стороне низшего напряжения трансформатора. При этом должен быть предусмотрен контроль за его целостностью.