

2590

**МИНИСТЕРСТВО ОБЩЕГО И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ЛИПЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра безопасности жизнедеятельности

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**к лабораторной работе «Определение сопротивления
защитного заземляющего устройства»**

Составитель А. А. Дежемесов

ЛИПЕЦК — 1999

Министерство общего и профессионального образования
Российской Федерации

Липецкий государственный технический университет

Кафедра безопасности жизнедеятельности

Методические указания к лабораторной работе
«Определение сопротивления защитного
заземляющего устройства»

Составитель А.А.Дежемесов

Липецк 1999

УДК 658.328.3:621.3(07) Д268

Методические указания к лабораторной работе «Определение сопротивления защитного заземляющего устройства» / Липецкий государственный технический университет. Сост.: А.А.Дежемесов, Липецк, 1999, 21с

Предназначены для студентов всех технических специальностей, В методических указаниях изложены общие сведения о защитном заземлении, напряжении прикосновения и шага, воздействии электрического тока на организм. Представлен необходимый справочный материал для выполнения измерений и расчетов сопротивления защитного заземляющего устройства,

Табл.6

Илл. 10

Библиогр.: 5 назв.

Рецензент: к.т.н., доц. Зубков Ю.С.

Цель работы - научиться определять сопротивление защитного заземляющего устройства электроустановок напряжением до 1000 В.

Общая часть Защитное заземление

Защитным заземлением называется преднамеренное электрическое соединение с землёй или её эквивалентом металлических нетоковедущих частей электрооборудования, которые могут оказываться под напряжением в результате повреждения изоляции или непреднамеренного контакта с токоведущими частями.

Если корпус электрической установки не имеет контакта с землёй то прикосновение к нему тоже опасно, как и прикосновение к фазе. Если корпус заземлён, то прикоснувшийся к нему человек окажется под напряжением, равным разности потенциалов корпуса (φ_3) и поверхности основания (φ_{oc}).

$$\varphi_{np} = \varphi_3 - \varphi_{oc}.$$

Напряжение прикосновения — напряжение между двумя точками цепи тока, которых одновременно касается человек.

Напряжение, возникающее на корпусе электрооборудования, или его потенциал относительно земли

$$\varphi_3 = U_3 = I_3 \cdot R_3,$$

где I_3 —ток, протекающий через заземляющее устройство, А;

R_3 — сопротивление заземляющего устройства, Ом.

При появлении напряжения на заземлённом корпусе возникают такие отрицательные явления, как появление потенциалов на заземлителе и находящихся в контакте с ним металлических частях, а, также на поверхности грунта вокруг места стекания тока в землю.

Величина напряжения на металлических частях, соединённых с заземлителем, из-за малого электрического сопротивления заземляющего проводника практически одинакова.

Ток, проходящий через заземлитель в землю, преодолевает сопротивление, называемое сопротивлением растекания. Оно состоит из сопротивления самого заземлителя, переходного сопротивления между заземлителем и грунтом и сопротивления грунта. Из этих составляющих наибольшую величину имеет сопротивление грунта, поэтому двумя первыми составляющими пренебрегают и под сопротивлением заземлителя растеканию тока понимают сопротивление грунта растеканию тока.

В объеме земли, где проходит ток, возникает «поле растекания тока». Из-

за быстрого увеличения площади сечения грунта по мере удаления от заземлителя плотность тока также быстро снижается и практически на расстоянии 20 м от заземлителя она близка к нулю.

Сопротивление заземлителя растеканию тока можно определить как суммарное сопротивление грунта от заземлителя до любой точки с нулевым потенциалом (R_3).

Распределение потенциалов на поверхности грунта по мере удаления от заземлителя зависит от удельного сопротивления грунта и формы заземлителя.

На рис. 1. представлены изменение потенциала поверхности грунта (пола) (φ_{oc}) и напряжения прикосновения (U_{np}) в случае единичного заземлителя круглого сечения.

Напряжение прикосновения характеризуется отрезком АВ определяется ходом кривой потенциала основания (φ_{oc}) и расстоянием между человеком, прикасающимся к заземлённому оборудованию, и заземлителем:

$$U_{np} = \varphi_3 - \varphi_{oc} = \varphi_3 (1 - \varphi_{oc} / \varphi_3)$$

$$U_{np} = U_3 \cdot \alpha$$

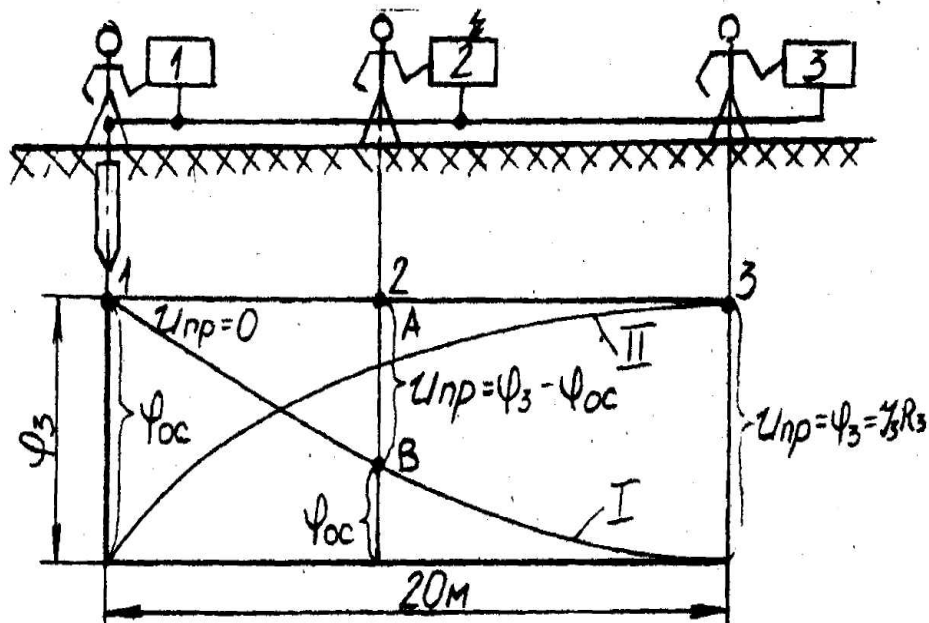


Рис.1. Изменение потенциала поверхности грунта и напряжения прикосновения при одиночном заземлителе:

I — кривая распределения потенциалов поверхности грунта (пола) (φ_{oc})

II — кривая распределения напряжения прикосновения (U_{np})

1, 2, 3 — корпусы электроустановок

Так, при $x=0$ $\varphi_{oc} = \varphi_3$ и, следовательно, $U_{np}=0$. При $x=\infty$ (практически более 20 м) $(\varphi_{oc}) = 0$, а $U_{np} = \varphi_3 = U_3$

Таким образом, при расстоянии $x \geq 20$ м (точка 3 на рис.1) напряжение прикосновения имеет наибольшее значение и это наиболее опасный случай прикосновения.

При малых расстояниях между электродами-заземлителями (менее 40 м) поля растекания токов как бы накладываются одно на другое, а потенциальные кривые взаимно пересекаются и, складываясь, образуют суммарную потенциальную кривую (рис.2). Следовательно, при групповом заземлителе все точки поверхности земли на участке между электродами имеют потенциалы отличные от нуля $\varphi_{oc} > 0$ и поэтому $U < \varphi_3$

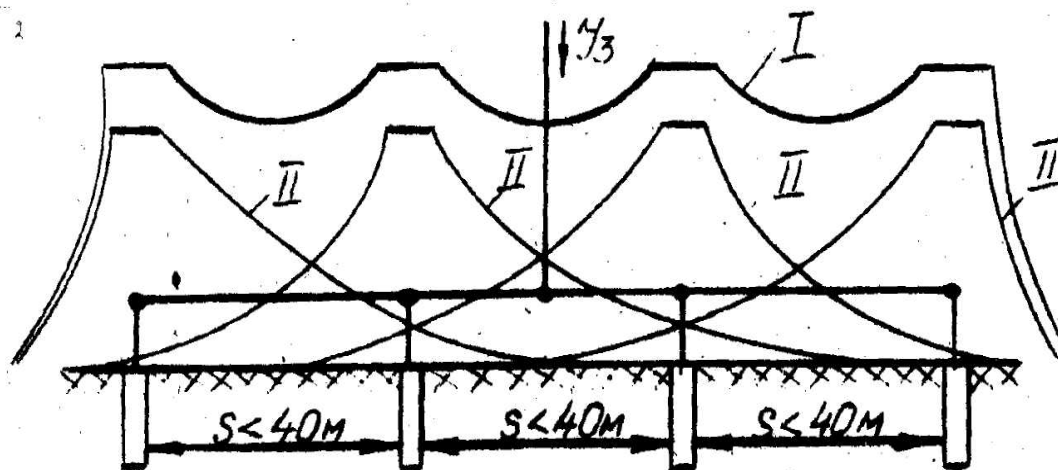


Рис.2. Потенциальная кривая группового заземлителя (I) и поле растекания (II) при расстоянии между электродами $S < 40$ м

В этом случае на общих участках земли, по которым проходят токи нескольких электродов, увеличивается плотность тока, что приводит к увеличению сопротивления растеканию заземлителей. Поэтому сопротивление группового заземлителя (R_{gp}) выражается зависимостью

$$R_{gp} = R_o / (n \cdot \eta),$$

где R_o —сопротивление одиночного заземлителя, Ом;

n — число заземлителей;

η — коэффициент использования группового заземлителя (коэффициент экранирования), доли ед.

Электрическое сопротивление одиночного заземлителя (R_o) определяется с учётом климатических коэффициентов сопротивления грунта (ψ — коэффициент сезонности),

$$R_o = R_{изм} \cdot \Psi,$$

где $R_{изм}$ — измеренное (или табличное) сопротивление одиночного заземлителя, Ом; ψ — коэффициент сезонности, ед.

Напряжение шага

Напряжение шага (U_w) есть разность потенциалов между двумя точками цепи тока на поверхности земли, находящимися одна от другой на расстоянии шага:

$$U_w = \varphi_x - \varphi_{x+a},$$

где φ_x и φ_{x+a} — потенциалы точек на которых стоит человек. В;
 a — длина шага, м (обычно принимается равной 0.8м).

Поскольку φ_x и φ_{x+a} являются частями потенциала заземлителя φ_z , разность их также часть этого потенциала. Поэтому представление выражения можно записать так:

$$U_w = \varphi_z \beta,$$

где β — коэффициент напряжения шага (коэффициент шага), учитывающий форму потенциальной кривой:

$$\beta = \frac{\varphi_x - \varphi_{x+a}}{\varphi_z} < 1$$

Напряжение шага при одиночном заземлителе определяется отрезком АВ (рис. 3), длина которого зависит от формы потенциальной кривой, т.е. от типа заземлителя.

Максимальные значения U_w будут на наименьшем расстоянии от заземлителя, т.е. когда человек стоит одной ногой на заземлителе, а другой — на расстоянии шага от него.

Наименьшие значения U_w будут при бесконечно большом удалении от заземлителя, а практически — за пределами поля растекания тока, т.е. дальше 20 м.

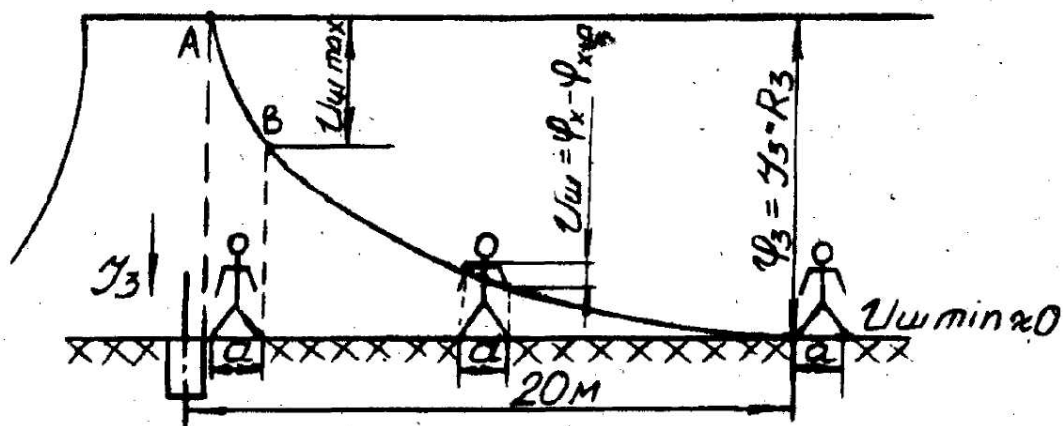


Рис.3. Напряжение шага при одиночном заземлителе

При групповом заземлителе в пределах площади, на которой размещены электроды, напряжение шага имеет меньшее значение, чем при одиночном заземлителе.

Максимальное значение напряжения шага, как и при одиночном заземлителе, будет в начале потенциальной кривой на расстоянии шага от электрода, минимальное — на точках с одинаковым потенциалом.

Опасность поражения электрическим током

Случаи поражения человека током возможны лишь при замыкании электрической цепи через тело человека, т.е. при прикосновении человека не менее чем к двум точкам цепи, между которыми существует некоторое напряжение. Степень тяжести поражения повышается с увеличением напряжения, силы тока, проходящего через человека, времени нахождения под током, температуры и влажности воздуха.

Кроме того, степень тяжести поражения электрическим током зависит от индивидуальных особенностей и состояния организма человека, рода тока, частоты переменного тока, схемы подсоединения человека к электросети, диэлектрических свойств одежды, обуви, пола, помещения и др.

Сопротивление тела человека состоит из внешнего и внутреннего сопротивления. Внешнее сопротивление определяется сопротивлением кожного покрова и составляет 60-80 кОм.

Сопротивление внутренних органов — 800-1000 Ом. В расчётах общее сопротивление принимают равным 1000 Ом, т.к. сопротивление кожного покрова значительно уменьшается при нарушении (царапины, раны, болезнь кожи), а также при увеличении влажности, загрязнения.

Главными факторами, определяющими степень опасности воздействия электрического тока на организм человека, являются сила тока, проходящего через тело человека, и род тока.

Таблица 1. Воздействие переменного и постоянного тока на организм человека.

| Ток, мА | Переменный ток, 50-60 Гц | Постоянный ток |
|---------|---|--|
| 0,6-1,5 | Начало ощущения, легкое дрожание пальцев рук. (Пороговый ощутимый ток) | Не ощущается |
| 2-3 | Сильное дрожание рук | Не ощущается |
| 5-10 | Судороги рук | Зуд, ощущение нагрева |
| 10-15 | Руки трудно оторвать от электродов. Сильные боли в руках (Пороговый не отпускающий ток) | Усиление нагрева |
| 25-50 | Паралич рук, оторвать их от электродов невозможно. Очень сильные боли. Дыхание затруднено | Еще большее ощущение нагрева. Незначительное сокращение мышц рук |
| 50-80 | Паралич дыхания. Начало трепетания желудочков сердца | Сильное ощущение нагрева. Сокращение мышц рук, судороги, затруднение дыхания |
| 90-110 | Паралич дыхания. При длительном (3 с) устанавливается трепетание желудочков сердца (паралич сердца) | Паралич дыхания |

Проходя через организм, электрический ток оказывает термическое, электролитическое и биологическое действия. Термическое действие выражается в ожогах, нагреве кровеносных сосудов, нервов и других тканей. Электролитическое — в разложении крови и других органических жидкостей, что приводит к изменению их физико-химических свойств.

Биологическое действие выражается в раздражении и возбуждении живых тканей организма, что сопровождается произвольными сокращениями мышц, а также нарушением внутренних биоэлектрических процессов, что может привести к нарушению или полному прекращению деятельности органов дыхания и кровообращения.

Многообразие воздействия электрического тока может привести к различным электротравмам местного и общего характера.

Местные электротравмы — это четко выраженные местные повреждения тканей организма. Различают следующие виды местных электротравм: электрические ожоги, металлизация кожи, электрические знаки, электроофтальмия.

Общие электротравмы — это электрический удар различной степени.

- 1 степень — судорожное сокращение мышц без потери сознания;
- 2 степень — судорожное сокращение мышц с потерей сознания, но с сохранением дыхания и работы сердца;
- 3 степень — потеря сознания и нарушение сердечной деятельности или дыхания;
- 4 степень — клиническая смерть, т.е. отсутствие дыхания и кровообращения (продолжительность — 4-8 мин).

Защита от поражения электрическим током при соприкосновении с нетоковедущими частями электрооборудования, оказавшимися под напряжением вследствие нарушения изоляции токоведущих частей, достигается применением защитных отключающих устройств, защитных заземляющих устройств, индивидуальных средств защиты, зануления, малых напряжений и др.

При применении защитных заземляющих устройств безопасность обеспечивается за счёт малого сопротивления заземляющего устройства по сравнению с электросопротивлением тела человека. При соприкосновении человека с корпусом заземлённой установки он подсоединяется параллельно с заземляющим устройством и имеет значительно более высокое сопротивление, вследствие этого через тело человека проходит ток малой величины.

Устройство защитного заземления

Заземляющее устройство — совокупность заземлителей и заземляющих проводников. По расположению заземлителей относительно заземленных корпусов оборудования заземления делятся на выносные (сосредоточенные) и контурные (распределительные).

Выносное заземляющее устройство (рис. 4) характеризуется тем, что заземлители вынесены за пределы площадки, на которой размещено оборудование, или сосредоточены на некоторой части этой площадки. Заземлители в этом случае размещены сосредоточенно и на некотором отдалении от заземляемого оборудования. Поэтому заземлённые корпуса находятся вне поля растекания токов и вследствие этого коэффициент прикосновения $a = 1$. Человек, касаясь корпуса, оказывается под полным напряжением относительно земли, $U_{np} = \varphi_0 = U_3$

Такой тип заземления применяют в установках напряжением до 1000 В и при малых токах замыкания на землю. Преимуществом такого типа заземления является возможность выбора места размещения электродов с наименьшим сопротивлением грунта (сырое, глинистое, в низинах и тл.). Выносное заземление защищает только за счёт малого сопротивления заземления.

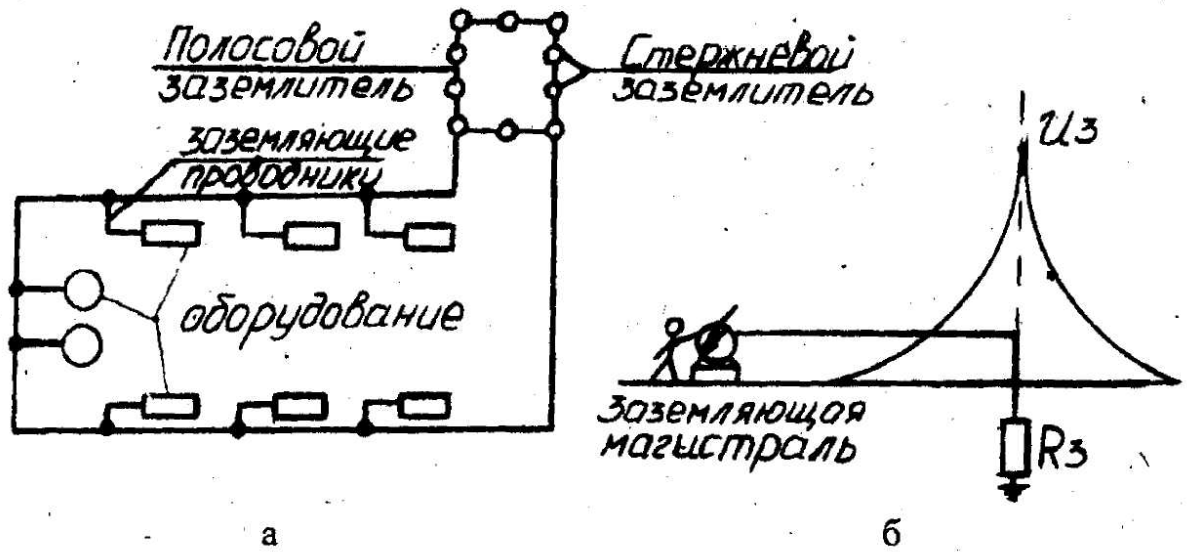


Рис.4. Выносное заземление:
 а — вид в плане;
 б — распределение потенциалов в* поле растекания;

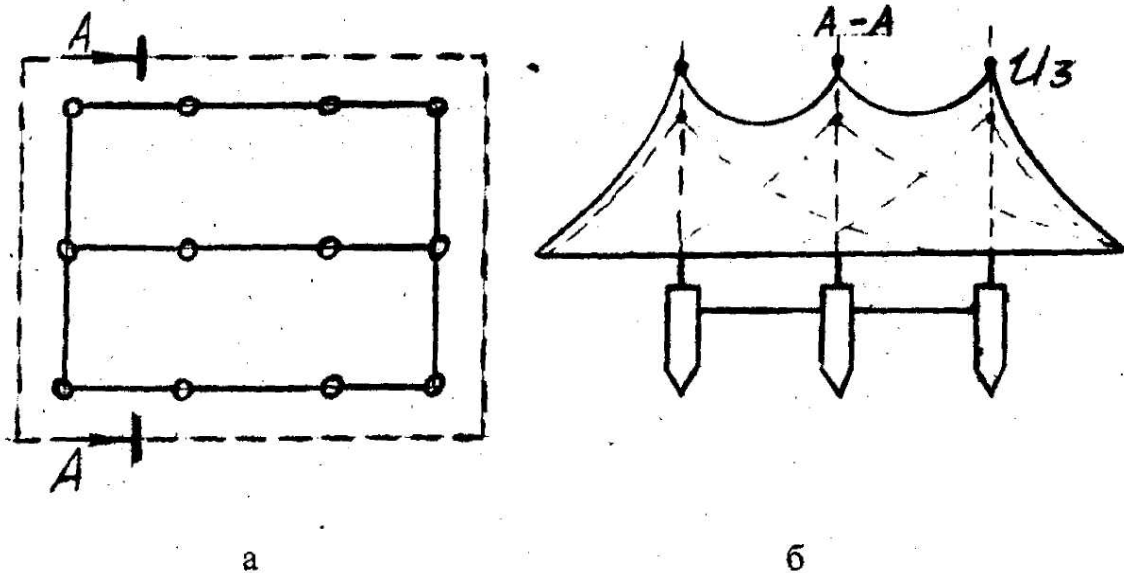


Рис.5. Контурное заземление:
 а — вид в плане;
 б — распределение потенциалов в поле растекания;

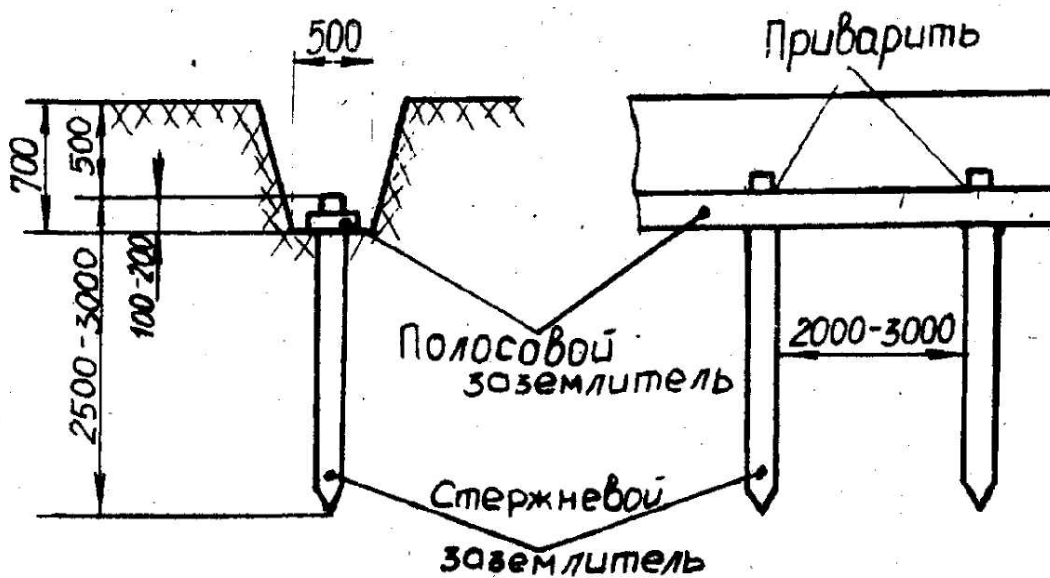


Рис.6. Устройство заземления

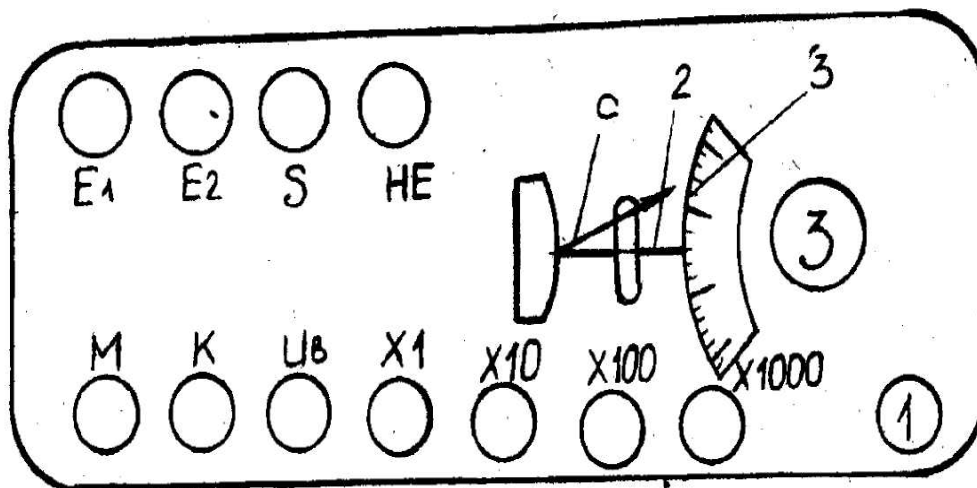


Рис.7. Схема органов управления измерителя заземления:

1 — регулятор установки нуля;

2 — риска;

3 — регулятор установки стрелки С вдоль риски 2;

4 — шкала;

UB — кнопка контроля наличия питания;

K — кнопка установки нуля;

x1; x10; x100; x1000 — кнопки переключения цены деления шкалы

Контурное заземляющее устройство (рис. 5) устроено так, что его одиночные заземлители размещают по контуру (периметру) площадки, на которой размещено оборудование или по всей площадке по возможности равномерно. В этом случае поля растекания токов накладываются друг на друга и любая точка поверхности земли (поля) внутри контура имеет значительный потенциал. Вследствие этого коэффициент напряжения прикосновения намного меньше единицы ($a \ll 1$). Напряжение шага также меньше максимально возможной величины.

Различают заземлители искусственные и естественные, В качестве искусственных заземлителей используют стальные круглые и прямоугольные стержни, стальные трубы, угловую сталь. Для горизонтальных электродов используют полосовую сталь сечением не менее 4x12 мм или сталь круглого сечения диаметром не менее 6 мм.

Устройство заземлителя показано на рис.6. Для установки вертикальных заземлителей предварительно роют траншею глубиной 0.7-0.8 м, после чего с помощью механизмов забивают заземлитель. расстояние от верхнего конца заземлителя до поверхности земли должно быть не менее 500 мм. В траншее заземлители соединяют между собой стальной полосой сечением 48-100 мм с помощью сварки.

Сопротивление заземляющего устройства снижается за счет того, что одиночные заземлители соединяются между собой параллельно в группу. Электросопротивление заземлителя должно быть постоянным. Допускается болтовое соединение заземляющего проводника с корпусом электроустановки. Такое соединение защищается от коррозии и самоотвинчивания, при которых возможно резкое увеличение сопротивления заземляющего устройства, что недопустимо.

В качестве естественных заземлителей можно использовать металлические конструкции зданий и сооружений, арматуру железобетонных конструкций, оболочки кабелей, металлические трубопроводы, цистерны (за исключением устройств по транспортировке горючих и взрывоопасных газов).

Электроустановки, подлежащие обязательному заземлению

Защитному заземлению подлежат металлические нетоковедущие части оборудования, которые из-за неисправности изоляции могут оказаться под напряжением и к которым возможно прикосновение людей и животных. Согласно Правилам устройства и эксплуатации электроустановок (ПУЭ) подлежат обязательному заземлению :

1 — корпуса электроустановок в сетях переменного тока при напряжении 380 В и выше, постоянного — чаще 440 В в помещениях без повышенной опасности

2 — корпуса электроустановок в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных по условиям поражения электрическим током, а также в наружных установках в электросетях напряжением выше 42 В переменного и 110 В постоянного тока;

3 — корпуса электроустановок, установленных во взрывоопасных помещениях при всех напряжениях независимо от рода тока.

Нормы сопротивления защитного заземляющего устройства

Согласно ПУЭ сопротивление защитного заземления в любое время года не должно превышать:

4 Ом — в установках напряжением до 1000 В;

10 Ом — в установках напряжением до 1000 В, если мощность источника тока (генератора или трансформатора) 100 кВ А и менее;

¹ 0.5 Ом — в установках напряжением выше 1000 В с токами замыкания на землю больше 500 А;

10 Ом — в установках напряжением выше 1000 В с токами замыкания на землю меньше 500 А.

Выполнение работы

Работа выполняется на стенде, где заземлители имитированы резисторами.

Определение электросопротивления элементов заземляющего устройства (соединительных проводников, полосового заземлителя, стержневого заземлителя, грунта) производится четырехжильным измерителем заземления (рис.7) на стенде 5 (рис.8-10). Пределы измерения с использованием разных шкал прибора следующие:

1 шкала — 0-5 Ом;

2 шкала — 0-50 Ом;

3 шкала — 0-500 Ом;

4 шкала — 0-5000 Ом.

Переключение шкал производится декадными кнопками: $\times 1$; $\times 10$ $\times 100$; $\times 1000$ (рис. 7). На стенде 5 собраны схемы двух принципиальных электрических схем, имитирующих сопротивление полосового и стержневого заземлителя. На рис.9 представлены схемы включения измерителя сопротивления для измерения сопротивления защитного заземляющего устройства с учётом и без учёта сопротивления соединительных проводов, а на рис.10— схемы включения при измерении удельного сопротивления грунта (а) и сопротивления соединительных проводов (б).

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с принципом действия измерителя сопротивления заземлителя.
2. Проверить наличие питания в приборе, для чего нажать кнопку U_B , при этом стрелка должна отклониться вверх, что свидетельствует о наличии питания.
3. Установить показания измерителя сопротивления в нулевое положение, для чего нажать кнопку K и вариатором 1 установить стрелку C параллельно риску 2 (рис.6).

4. Получить задание преподавателя.

5. Определить сопротивление стержневого заземлителя, для чего нажать одну из кнопок переключателя цены деления шкалы, а затем нажать кнопку M и вариатором 3 установить стрелку C параллельно риску 2. При этом стрелка C будет показывать сопротивление стержневого заземлителя, которое надо умножить на соответствующую декаду нажатой кнопки переключения цены деления шкалы:

$$R_c = R'_c \cdot X \text{ (декады деления шкалы), Ом.}$$

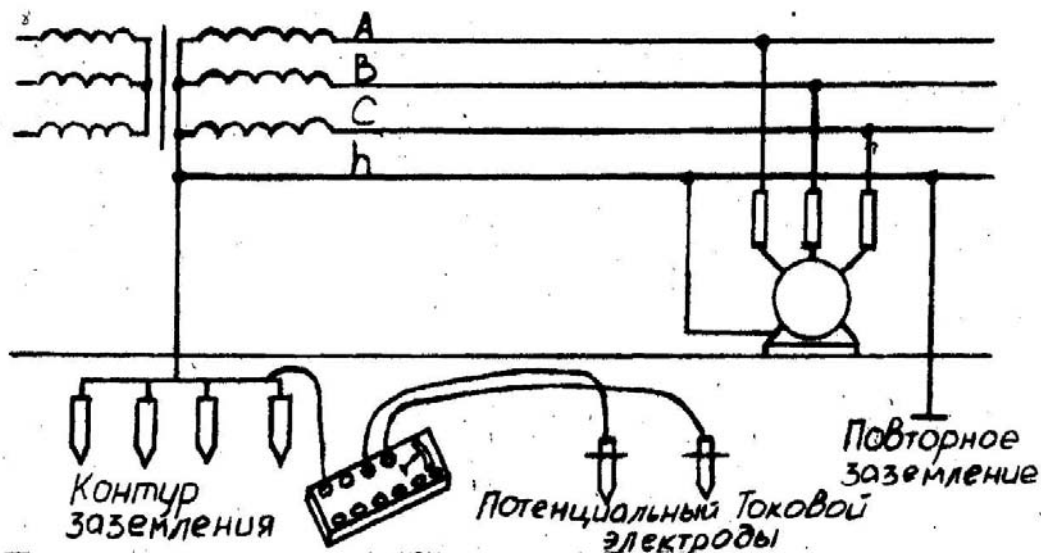


Рис.8. Принципиальная схема включения измерителя заземления

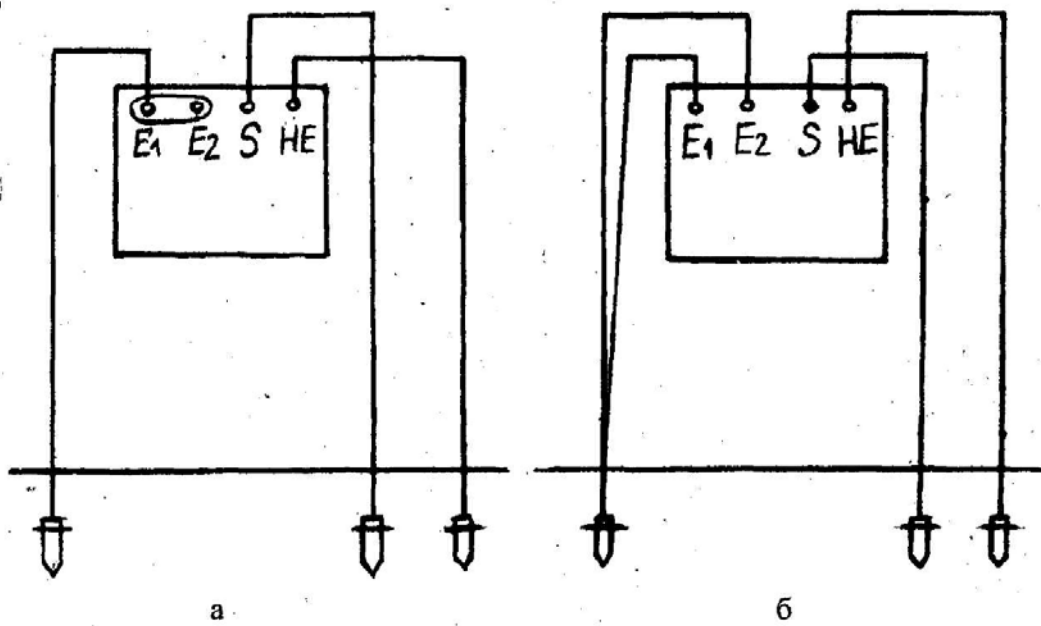


Рис.9, Схема соединения при измерении сопротивления заземлителя:
 а — с учётом сопротивления соединительных проводов; б — без учёта
 сопротивления соединительных
 проводов

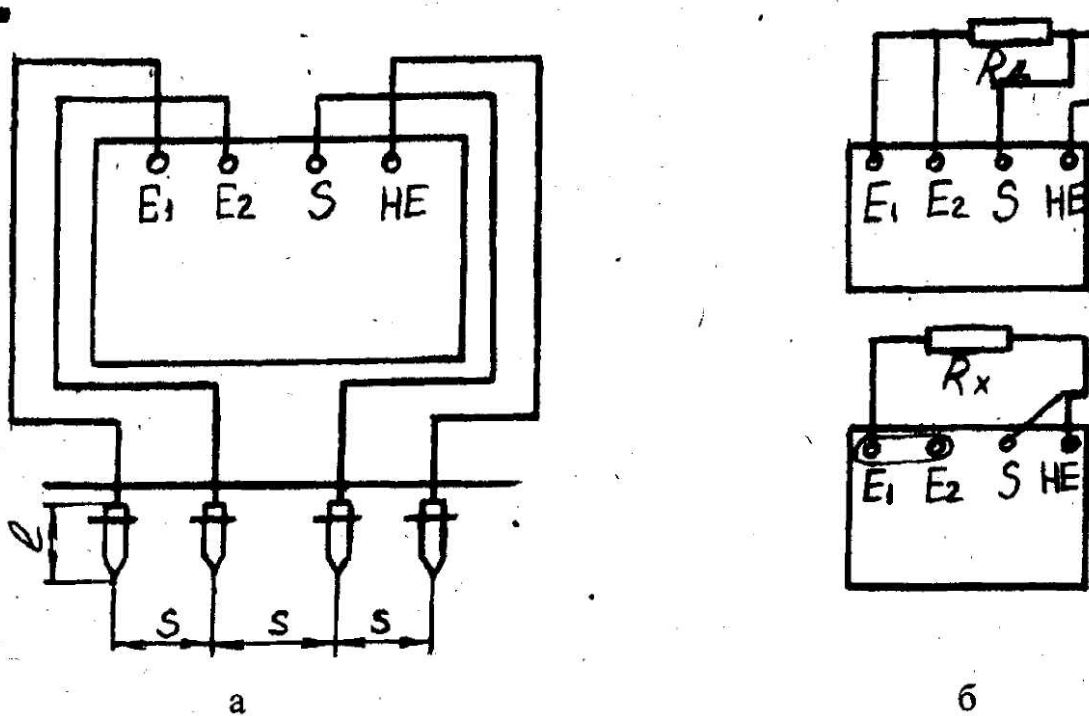


Рис. 10. Схемы соединения при измерении удельного сопротивления грунта
 (а) и сопротивления соединительных проводов (б)

6. Отсоединить все проводники измерителя сопротивления от стенда «стержневой заземлитель» и подсоединить их к соответствующим клеммам стенда «полосовый заземлитель» (E1-E1; E2-E2; HE-HE).

7. Определить сопротивление полосового заземлителя.

Последовательность действий такая же, как и при определении сопротивления стержневого заземлителя:

$$R_n = R'_n \cdot X \text{ (декада цены деления шкалы), Ом.}$$

8. Определить сопротивление защитного заземляющего устройства по формуле

$$R_3 = \frac{R_n \cdot \varphi_n \cdot R_c \cdot \varphi_c}{R_n \cdot \varphi_n \cdot n \cdot \eta_c + R_c \cdot \varphi_c \cdot \eta_n},$$

где R_3 — сопротивление защитного заземляющего устройства, Ом;

R_n — сопротивление горизонтального полосового заземлителя, Ом;

R_c — то же стержневого заземлителя, Ом;

φ_n, φ_c — коэффициент сезонности соответственно полосового и стержневого заземлителя[^] учитывающий изменение сопротивления грунта (табл.4);

η_n, η_c — коэффициент использования полосового и стержневого заземлителя (табл. 5,6); n — число вертикальных стержневых заземлителей, которое необходимо определить.

9. Задаваясь произвольным числом заземлителей и, коэффициенты η_n и η_c будут соответственно заданному числу заземлителей (табл.5,6). Если при этом числе заземлителей в табл.5,6 отсутствуют коэффициенты η_n и η_c то их определяют интерполяцией.

10. Составить отчет по выполненной работе, в котором данные измерений и расчеты свести в табл.2.

Результаты измерений и расчета сопротивления защитного заземляющего устройства
(вариант___)

| Характеристика | Обозначение | Единица измерения | Полученная величина |
|---|-------------|-------------------|---------------------|
| Климатическая зона | I...IV | — | |
| Коэффициент сезонности стержневого заземлителя | | доли ед. | |
| Коэффициент сезонности полосового заземлителя | | доли ед. | |
| Расположение заземлителей | | — | |
| Отношение расстояний между стержневыми заземлителями к их длине | | — | |
| Сопротивление стержневого заземлителя | | Ом | 20 |
| Сопротивление полосового заземлителя | | Ом | 25 |
| Число стержневых заземлителей | | шт. | 2 |
| Коэффициент использования стержневого заземлителя | | доли ед. | |
| Коэффициент использования полосового заземлителя | | доли ед. | |
| Сопротивление защитного заземляющего устройства | | Ом | |

Таблица 3

Варианты по определению сопротивления защитного заземляющего устройства

| Вариант | Климатическая зона | Расположение заземлителей | Отношение расстояния между заземлителями к их длине |
|---------|--------------------|---------------------------|---|
| 1 | I | По контуру | 1 |
| 2 | | | 2 |
| 3 | | | 3 |
| 4 | | В ряд | 1 |
| 5 | | | 2 |
| 6 | | | 3 |
| 7 | II | По контуру | 1 |
| 8 | | | 2 |
| 9 | | | 3 |
| 10 | | В ряд | 1 |
| 11 | | | 2 |
| 12 | | | 3 |
| 13 | III | По контуру | 1 |
| 14 | | | 2 |
| 15 | | | 3 |
| 16 | | В ряд | 1 |
| 17 | | | 2 |
| 18 | | | 3 |
| 19 | IV | По контуру | 1 |
| 20 | | | 2 |
| 21 | | | 3 |
| 22 | | В ряд | 1 |
| 23 | | | 2 |
| 24 | | | 3 |

Таблица 4

Признаки климатических зон и соответствующие коэффициенты сезонности (ψ).

| Характеристика климатической зоны и тип заземлителя | Климатическая зона | | | |
|---|--------------------|---------------|----------------|------------|
| | I | II | III | IV |
| Признаки климатических зон | | | | |
| Средняя многолетняя низшая температура (январь), °С | от -20 до -15 | от -15 до -10 | от -10 до -5 | от -5 до 0 |
| Средняя многолетняя высшая температура (июль), °С | от +16 до +18 | от +18 до +22 | от +22 до +24 | +26 |
| Среднее количество осадков, см | 40 | 50 | 50 | 30-50 |
| Продолжительность замерзания воды в днях | 190-170 | 150 | 100 | 0 |
| Коэффициент сезонности | | | | |
| Стержневые заземлители длиной 2-3 м при глубине заложения вершин 0,5-0,8 м (ψ_c) | 1,8-2,0 | 1,5-1,8 | <u>1,4-1,6</u> | 1,2-1,4 |
| Полосовые заземлители при глубине заложения 0,8 м (ψ) | 4,5-7,0 | 3,5-4,5 | 2,0-2,5 | 1,5-2,0 |

Таблица 5

Коэффициент использования (η_n) полосового горизонтального заземлителя, соединяющего вертикальные стержневые заземлители

| Размещение вертикальных заземлителей | Отношение расстояний между заземлителями к их длине | Число заземлителей | | | | | | | |
|--------------------------------------|---|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 2 | 4 | 6 | 10 | 20 | 40 | 60 | 100 |
| В ряд | 1 | 0,85 | 0,77 | 0,72 | 0,62 | 0,42 | - | - | - |
| | 2 | 0,94 | 0,89 | 0,84 | 0,75 | 0,56 | - | - | - |
| | 3 | 0,96 | 0,92 | 0,88 | 0,82 | 0,68 | - | - | - |
| По контуру | 1 | - | 0,45 | 0,40 | 0,34 | 0,27 | 0,22 | 0,20 | 0,19 |
| | 2 | - | 0,55 | 0,48 | 0,40 | 0,32 | 0,29 | 0,27 | 0,23 |
| | 3 | - | 0,70 | 0,64 | 0,56 | 0,45 | 0,39 | 0,36 | 0,33 |

Таблица 6

Коэффициент использования (η_c) вертикальных стержневых заземлителей

| Размещение вертикальных заземлителей | Отношение расстояний между заземлителями к их длине | Число заземлителей | | | | | | | |
|--------------------------------------|---|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 2 | 4 | 6 | 10 | 20 | 40 | 60 | 100 |
| В ряд | 1 | 0,85 | 0,73 | 0,65 | 0,59 | 0,48 | - | - | - |
| | 2 | 0,91 | 0,83 | 0,77 | 0,74 | 0,67 | - | - | - |
| | 3 | 0,94 | 0,89 | 0,85 | 0,81 | 0,76 | - | - | - |
| По контуру | 1 | - | 0,69 | 0,61 | 0,55 | 0,47 | 0,41 | 0,39 | 0,36 |
| | 2 | - | 0,78 | 0,73 | 0,68 | 0,63 | 0,58 | 0,55 | 0,52 |
| | 3 | - | 0,85 | 0,80 | 0,76 | 0,71 | 0,66 | 0,64 | 0,62 |

Контрольные вопросы.

1. Какова цель данной абли работы?
2. Какие части электрооборудования имеют электроизоляцию, токо-
ведущие или нетоковедущие?
3. Какие части электрооборудования заземляются?
/
4. Что такое напряжение прикосновения и от чего зависит его величи
на?
5. Что такое шаговое напряжение и от чего оно зависит?
6. Какие факторы влияют на степень поражения электрическим током
и что влияет на величину сопротивления тела человека?
7. Какие виды травм могут быть при поражении электрическим то
ком?
8. Как обеспечивается защита от поражения электрическим током?
9. Как устроено защитное заземление?
10. Как различают заземление по расположению заземлителей относи
тельно оборудования?
11. Каковы преимущества у контурного заземления по сравнению с
выносным?
12. Каково наименьшее количество зйземлителей в очаге заземления?
13. Чему равна величина сопротивления группового заземлителя?
14. Что можно использовать в качестве естественных заземлителей?
15. Какие электроустановки подлежат обязательному заземлению?
16. Каковы нормы сопротивления защитного заземления?
17. Для чего необходима малая величина сопротивления заземления?
18. Как выполняются все соединения заземляющего устройства?

Библиографический список.

1. Охрана труда / Под ред. проф. Б.А. Князевского М.: Высшая школа,
1982. СЛ67-184.
2. Охрана труда / Под ред. Е.Я. Юдина и С. В. Белова М.: Машино
строение, 1983. С.253-289.
3. Охрана труда в металлургии / Под ред. Б.М. Злобинского М.: Ме
таллургия, 1975. С.294-296.
4. Правила устройства электроустановок. ПУЭ-85. Раздел 1. Общие
правила, М.: Энергоиздат, 1986. С.98.
5. Долин П.А. Основы техники безопасности в электрических установ
ках. М.: Энергия, 1970. с. 113-147.

Методические указания к лабораторной работе «Определение
сопротивления защитного заземляющего устройства»

Составитель Дежемесов Александр Андреевич

Редактор Т.М. Курьянова

Подписано в печать 30.3. 1999- Формат 60x84 1/16. Бумага газетная.

Ротапринт. Печ.л. 1,3 Тираж 500 экз. Заказ № 164 Липецкий
государственный технический университет.

398055 Липецк, ул. Московская, 30. Типография
ЛГТУ. 398055 Липецк, ул. Московская, 30