

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ,  
НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ  
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Кафедра безопасности жизнедеятельности

# **КОНТРОЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ И ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРОПРОВОДОВ**

*Методические указания к лабораторной работе № 6  
для студентов всех специальностей и слушателей  
Института повышения квалификации и переподготовки кадров*

Горки  
БГСХА  
2021

УДК 614.8(072)

*Рекомендовано методической комиссией  
факультета механизации сельского хозяйства.  
Протокол № 5 от 25 января 2021 г.*

Авторы:

кандидат технических наук, доцент *А. Е. Кондраль*;  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор *В. Н. Босак*;  
старшие преподаватели *М. П. Акулич, О. В. Малашевская*

Рецензент:

кандидат технических наук, доцент *С. Г. Рубец*

**Контрольные испытания заземляющих устройств и изоляции электропроводов** : методические указания к лабораторной работе № 6 / А. Е. Кондраль [и др.]. – Горки : БГСХА, 2021. – 20 с.

Приведены сведения об оценке состояния изоляции электропроводов и электроприемников, измерении сопротивления заземляющих устройств и способах определения удельного сопротивления грунта.

Для студентов всех специальностей и слушателей Института повышения квалификации и переподготовки кадров.

© УО «Белорусская государственная  
сельскохозяйственная академия», 2021

**Цель работы:** научиться оценивать состояние изоляции электропроводов и электроприемников, измерять сопротивления заземляющих устройств, удельное сопротивление грунта и производить расчет заземлений.

**Задание:**

1. Ознакомиться с общими теоретическими положениями.
2. Проверить сопротивление изоляции электропроводки участка электрической сети.
3. Проверить сопротивление изоляции обмоток электродвигателя.
4. Определить сопротивление растеканию заземлителя.
5. Определить удельное сопротивление грунта.
6. Произвести расчет заземлителя.
7. Составить отчет о работе.

## 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Надежная работа электроустановок определяется неизменностью электрических, химических и механических характеристик изоляции и соответствием их условиям эксплуатации. Между тем под воздействием повышенной температуры, влажности, запыленности воздуха и других факторов изоляция токоведущих частей электроустановок обычно теряет свои первоначальные диэлектрические свойства.

Низкий уровень сопротивления или повреждение изоляции – одна из причин электротравматизма и пожаров. Снижение сопротивления изоляции может привести к короткому замыканию, замыканию на землю или на корпус электроустановки. При замыкании на корпус возникает опасность поражения людей электрическим током, так как нетоковедущие части, с которыми человек нормально имеет контакт, оказываются под напряжением. Короткое замыкание может привести к возникновению пожара, а замыкание на землю – к электротравмам в связи с наличием шагового напряжения.

Чтобы предотвратить замыкания на землю и другие повреждения изоляции, при которых возникает опасность поражения людей электрическим током, а также выход из строя оборудования, необходимо проводить контроль изоляции электропроводов.

Контроль изоляции – измерение ее активного или омического сопротивления с целью обнаружения дефектов и предупреждения замыканий на землю и коротких замыканий.

Контроль изоляции проводится при вводе электроустановки в эксплуатацию, после монтажа, после реконструкции и периодически в

сроки, устанавливаемые Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭ), или в случае обнаружения дефектов.

Согласно Правилам технической эксплуатации электроустановок потребителей, измерения сопротивления изоляции должны производиться не реже 1 раза в 3 года, а для некоторых видов оборудования (краны, лифты и другое производственное оборудование) – ежегодно (ТКП 181-2009).

Измерение, согласно Правилам, должно производиться на отключенной установке. Сопротивление изоляции измеряется между каждым проводом и землей, а также между каждыми двумя проводами (ТКП 181-2009).

Силовые и осветительные сети, распределительные устройства (каждая секция), щиты и токопроводы, переносные электроприемники (ручной электромеханический инструмент (кроме II класса) и переносные светильники, вспомогательное оборудование (трансформаторы, преобразователи частоты, кабели-удлинители, сварочные трансформаторы)) должны иметь сопротивление изоляции не менее 0,5 МОм (500 000 Ом).

У электродвигателей сопротивление изоляции обмоток статора должно быть не менее 0,5 МОм при температуре 10–30 °С. Измерения производятся мегаомметрами напряжением 500–2500 В.

В результате таких измерений выявляются участки с дефектной изоляцией, требующие профилактических мероприятий для предупреждения замыканий на землю и коротких замыканий.

Для электробезопасности при прикосновении к нетоковедущим частям электроустановок или корпусам токоприемников, случайно оказавшимся под напряжением в результате повреждения изоляции, должна быть применена по крайней мере одна из следующих защитных мер: заземление, зануление, защитное отключение, разделительный трансформатор, малое напряжение, двойная изоляция, выравнивание потенциалов.

Заземлением какой-либо части электроустановки или другой установки называется преднамеренное электрическое соединение этой части с заземляющим устройством. Заземляющее устройство представляет собой совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

Заземлителем называется металлический проводник (электрод) или совокупность металлических, соединенных между собой проводников (электродов), находящихся в соприкосновении с землей.

Цель защитного заземления – снизить напряжение до безопасной величины при прикосновении к нетоковедущим частям электро-

установок, случайно оказавшимся под напряжением в результате повреждения изоляции. Принцип действия заземления – снижение напряжения между корпусом, оказавшимся под напряжением, и землей до безопасного значения. Защитное заземление применяют как основное средство защиты в сетях напряжением до 1 кВ и свыше 1 кВ до 35 кВ с изолированной нейтралью, а также в сетях 110 кВ и выше с эффективно заземленной нейтралью.

Защитным занулением называется преднамеренное соединение открытых проводящих частей с заземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с заземленным выводом источника однофазного тока, выполняемое в целях электробезопасности. Защитное зануление является основной мерой защиты от поражения электрическим током при возможном прикосновении человека в электроустановках до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью.

Кроме защитного назначения заземляющие устройства применяют для заземления нейтрали трансформаторов или генераторов и повторного заземления нулевого провода в сетях с глухозаземленной нейтралью, а также для заземления молниеотводов.

Наибольшие допустимые значения сопротивления заземляющих устройств электростанций, подстанций и линий электропередачи приведены в табл. 5.

При проверке качества зануления необходимо:

- проверить сопротивление растеканию заземлителя на подстанциях и повторных заземлений нулевого провода (проверяется после монтажа, ремонта и периодически не реже 1 раза в 3 года);
- проверить сопротивление «фаза-нуль» (проверяется после монтажа и периодически, но не реже чем 1 раз в 5 лет);
- проверить надежность присоединения оборудования с нулевым защитным проводником (проверяется при осмотре оборудования).

## **2. ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИБОРЫ**

1. Мегаомметр типа М4100/1-5 – предназначен для измерения изоляции обесточенных электрических цепей и выпускается в пяти модификациях по выходному напряжению. Пределы измерения сопротивления и величина номинального напряжения на зажимах прибора приведены в табл. 1.

Таблица 1. Характеристика мегаомметра типа М4100/1-5

Модификация прибора	Пределы измерения, МОм	Номинальное выходное напряжение, В
М4100/1	0–200	100 + 10
М4100/2	0–500	300 + 25
М4100/3	0–1000	500 + 50
М4100/4	0–1000	1000 + 100
М4100/5	0–3000	2500 + 250

Прибор смонтирован в пластмассовом корпусе (рис. 1). Генератор, выпрямитель и измеритель размещены внутри корпуса. Якорь генератора достигает нормального числа оборотов при вращении рукоятки со скоростью  $120 \text{ мин}^{-1}$ . Постоянство напряжения при увеличении скорости вращения обеспечивает центробежный регулятор, расположенный на валу якоря.



Рис. 1. Внешний вид мегаомметра М4100/4

Схемы подключения прибора для измерения сопротивлений в разных пределах измерений показаны на рис. 2.

Подготовка прибора к работе:

- установить прибор горизонтально на твердом основании;
- в исправном приборе при вращении ручки генератора стрелка должна установиться на отметке «∞» шкалы «МОм»;
- поставить переключку «Л» в положение « $\frac{1}{\infty}$ »;

– в исправном приборе при вращении ручки генератора стрелка должна установиться на отметке «0» шкалы «МΩ».

Если отклонение стрелки от указанных отметок превышает расстояние, соответствующее основной погрешности, то прибор считается неисправным.

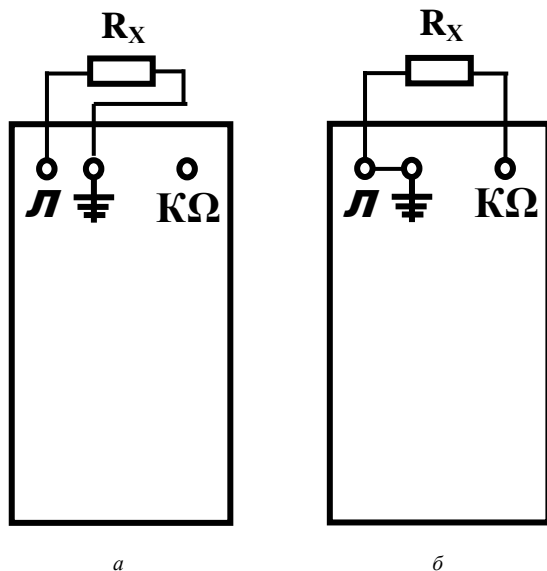


Рис. 2. Схемы подключения прибора М4100/4:  
*a* – на пределе МОм; *б* – на пределе кОм

2. Измеритель сопротивления заземления Ф4103 – предназначен для измерения сопротивления заземляющих устройств, удельного сопротивления грунтов и активных сопротивлений как при наличии помех, так и без них при температуре окружающего воздуха от  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности до 90 % при температуре  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Прибор выполнен в пластмассовом корпусе с откидной крышкой. В нижней части корпуса имеется отсек для размещения девяти сухих элементов типа 373 (А373) или внешнего источника постоянного тока напряжением от 11,5 до 15 В. На лицевой панели прибора расположены: оцифрованная шкала и ручки УСТ 0, КЛБ и ПДСТ f; переключатели «Род работ» и «Пределы»; кнопка включения ИЗМ; четыре зажима, обозначенных Т1, Т2, П1, П2 (рис. 3).



Рис. 3. Внешний вид измерителя сопротивления заземления Ф4103

Подготовка прибора к работе:

- установить измеритель на ровной поверхности и открыть крышку;
- проверить напряжение источника питания. Для этого установить переключатели в положение ПТН и «0,3». Закоротить зажимы Т1, Т2, П1, П2. Нажать кнопку ИЗМ. Если напряжение питания в норме, то стрелка должна находиться в пределах зачерненной зоны шкалы;

- проверить работоспособность измерителя. Для этого установить переключатель в положение КЛБ и вращением ручки УСТ 0 установить стрелку на отметку «0», нажать кнопку ИЗМ и вращением ручки КЛБ установить стрелку на отметку «30», убедившись, что при вращении ручки КЛБ положение стрелки меняется.

**ВНИМАНИЕ!** Не забывайте устанавливать переключатель в положение ОТКЛ после окончания работ для предотвращения разряда



внутреннего источника питания. Для блокировки включения измерителя закрывайте крышку!

3. Измеритель сопротивления заземления М416 – предназначен для измерения сопротивления заземляющих устройств, активных сопротивлений, а также может быть использован для определения удельного сопротивления грунта. Предел измерения от 0,1 до 1000 Ом разбит на четыре диапазона: 0,1–0,5 Ом; 0,5–50 Ом; 2–200 Ом; 10–1000 Ом.

Прибор выполнен в пластмассовом корпусе с откидной крышкой. В нижней части корпуса имеется отсек для размещения сухих элементов типа 373. На лицевой панели прибора (рис. 4) расположены оцифрованная шкала и ручка реохорда, переключатель диапазонов, кнопка включения, четыре зажима, обозначенных цифрами 1, 2, 3, 4.



Рис. 4. Внешний вид измерителя сопротивления заземления М416

Подготовка прибора к работе:

- установить измеритель на ровной поверхности;
- проверить прибор, для чего установить переключатель в положение «Контроль 5», нажать кнопку и вращением ручки «Реохорд» добиться установления стрелки индикатора на нулевую отметку на шкале. При этом на шкале должно быть показание  $5 + 0,3 \text{ Ом}$ .

### 3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Измерить сопротивление изоляции электропроводки лабораторной установки, для чего отключить участок электрической сети, выключив рубильник (выключатель), повесить предупреждающий плакат «Не включать», отключить потребителей от сети и подсоединить клеммы мегаомметра поочередно к разным проводам (рис. 5).

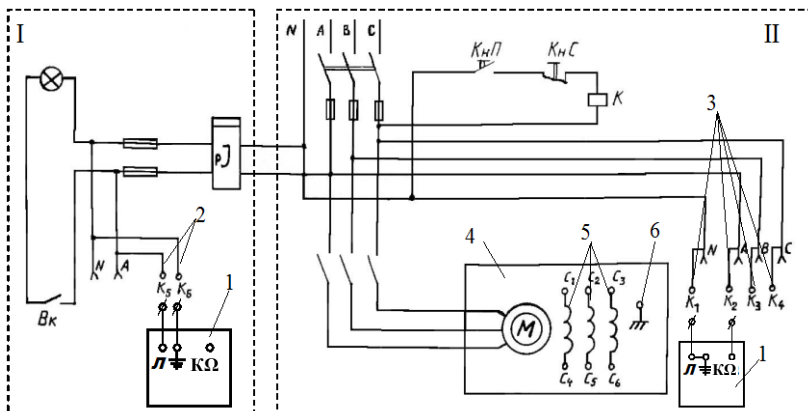


Рис. 5. Схема подключения мегаомметра при измерении изоляции электропроводов лабораторной установки:

I – участок однофазной сети; II – участок трехфазной сети; 1 – мегаомметр Ф4103; 2 – клеммы для присоединения мегаомметра при проверке изоляции электропроводки однофазной сети; 3 – клеммы для присоединения мегаомметра при проверке изоляции электропроводки трехфазной сети; 4 – электродвигатель; 5 – обмотки статора электродвигателя; 6 – клемма корпуса электродвигателя

Произвести измерение и полученные данные занести в табл. 2, сравнить с нормами и сделать вывод.

Таблица 2. Протокол измерения сопротивления изоляции электропроводки

Места замеров сопротивления	Сопротивление изоляции, МОм	
	замеренное	по норме
K1–K2		0,5
K1–K3		0,5
K1–K4		0,5
K2–K3		0,5
K2–K4		0,5
K3–K4		0,5
K5–K6		0,5

2. Измерить сопротивление изоляции обмоток электродвигателя, для чего соединить клемму мегаомметра с корпусом электродвигателя и, подсоединив последовательно щуп к концам обмоток статора, определить сопротивление изоляции между корпусом и обмоткой (рис. 5). После этого измерить сопротивление изоляции между обмотками. Ре-

зультаты измерений занести в табл. 3, сравнить с нормами и сделать вывод.

Таблица 3. **Протокол измерения сопротивления изоляции обмоток электродвигателя**

Места замеров сопротивления	Сопротивление изоляции, МОм	
	замеренное	по норме
C1–C2		0,5
C1–C3		0,5
C2–C3		0,5
C1–CK		0,5
C1–CK		0,5
C1–CK		0,5

3. Измерить прибором М416 сопротивление заземляющего устройства:

– подключить измеряемое сопротивление  $R_x$ , вспомогательный заземлитель  $R$  в зонд  $R_3$  к прибору. Стержни, образующие вспомогательный одиночный заземлитель и зонд, забиваются в грунт на расстояния, указанные на рис. 6;

– глубина погружения стержней в грунт должна быть не менее 500 мм, диаметр – не менее 5 мм. При грунтах с высоким удельным сопротивлением для увеличения точности измерений рекомендуется увлажнение почвы вокруг вспомогательных заземлителей и увеличение их количества. Дополнительные стержни при этом забиваются на расстоянии не менее 2–3 м друг от друга и соединяются между собой проводами;

– измерение производить по одной из схем в зависимости от величины измеряемых сопротивлений и требуемой точности. При  $R_x > 5$  Ом между клеммами 1 и 2 ставят перемычку (рис. 6), а при  $R_x < 5$  Ом перемычку снимают.

Измерение производить в следующем порядке:

- 1) переключатель установить в положение « $\times I$ »;
- 2) нажать кнопку и, вращая ручку «Реохорд», добиться приближения стрелки индикатора к нулю;
- 3) результат измерения равен произведению показателя шкалы реохорда на множитель  $\times 1$ ;  $\times 5$ ;  $\times 20$ ;  $\times 100$ .

Результаты измерений занести в табл. 4, выбрать по табл. 5 наибольшие допустимые сопротивления контролируемых заземляющих устройств и сделать выводы. Если измеренное сопротивление заземляющего устройства не соответствует наибольшему допустимому, то

произвести расчет заземлителя, используя данные, полученные при измерении.

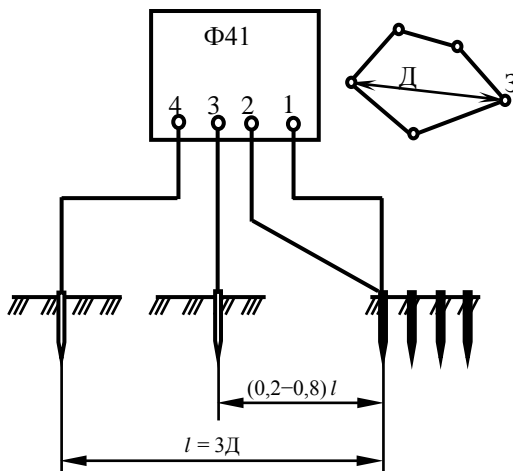


Рис. 6. Схема измерения сопротивления заземляющих устройств

Таблица 4. **Протокол измерения сопротивления заземляющих устройств**

Вид электроустановки	Сопротивление, Ом	
	замеренное	по норме
Железобетонные и металлические опоры воздушных линий напряжением до 1000 В при изолированной нейтрали		
Электроустановки напряжением до 1000 В с заземленной или изолированной нейтралью при суммарной мощности генераторов и трансформаторов, питающих данную электросеть, до 100 кВ · А		

4. Измерить удельное сопротивление грунта с помощью прибора М416.

На испытуемом участке земли по прямой линии забить четыре стержня на расстоянии  $a = 10$  м друг от друга, к которым присоединить прибор М416 по схеме рис. 7 (расстояние  $a = 10$  м соответствует глубине забивки стержней 0,5 м).

Таблица 5. **Наибольшие допустимые сопротивления заземляющих устройств: трехфазного 380 В, однофазного 220 В (Извлечение из ТКП 181)**

Вид электроустановки	Характеристика заземляющего устройства	Сопротивление, Ом
Электроустановки напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью, кроме ВЛ	Искусственный заземлитель, расположенный в непосредственной близости от нейтрали генератора или трансформатора в 380 В или вывода источника однофазного тока в 220 В	30
ВЛ напряжением до 1000 В	Заземлитель опоры для молниезащиты	30
	Общее сопротивление заземления всех повторных заземлений	10
	Заземлитель каждого из повторных заземлений при напряжении источника 380/220 В	30

Примечание. Для установок и ВЛ напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью при удельном сопротивлении грунта  $\rho$  более 100 Ом · м допускается увеличение указанных выше норм в 0,01  $\rho$  раз, но не более десятикратного.

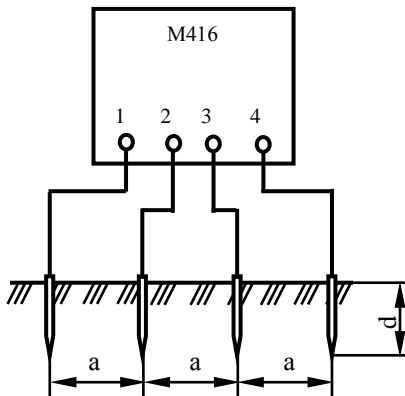


Рис. 7. Схема измерения удельного сопротивления грунта

Удельное сопротивление грунта (Ом · м) определяют по формуле

$$\rho = 2\pi aR,$$

где  $a$  – расстояние между стержнями, м;

$R$  – показание прибора, Ом.

Приближенно можно считать, что при этом способе измеряется среднее удельное сопротивление грунта на глубине, равной расстоянию между забитыми стержнями  $a$ .

Результаты измерений занести в табл. 6 и определить категорию грунта.

Таблица 6. **Протокол определения удельного сопротивления грунта**

Показания прибора $R$ , Ом	Расстояние между электродами $a$ , м	Удельное сопротивление грунта $\rho$ , Ом · м	Категория грунта

Приближенные значения удельного сопротивления грунтов приведены в табл. 7.

Таблица 7. **Приближенные значения удельного сопротивления грунтов**

Грунт	$\rho_{гр}$ , Ом · м	$\rho_{гр}$ , Ом · м, рекомендуется для предварительных расчетов
Каменистый	500–800	800
Песок	$\geq 400$	700
Супесь	$\geq 150$	300
Суглинок	40–150	100
Глина	8–70	40
Садовая земля	30–60	40
Торф	10–30	20

#### 4. РАСЧЕТ ЗАЗЕМЛИТЕЛЕЙ

Исходя из характеристики защищаемого объекта установить допустимое сопротивление растеканию тока заземляющих устройств  $R_{з.д}$  (см. табл. 5). Выбрать материал для заземлителей.

Для искусственных заземлителей следует применять сталь.

Искусственные заземлители не должны иметь окраски.

Наименьшие размеры стальных искусственных заземлителей приведены ниже.

Диаметр круглых (прутковых) заземлителей, мм:

неоцинкованных .....	10
оцинкованных .....	6
Сечение прямоугольных заземлителей, мм <sup>2</sup> .....	8
Толщина прямоугольных заземлителей, мм .....	4
Толщина полок угловой стали, мм .....	4

Сечение горизонтальных заземлителей для электроустановок напряжением свыше 1 кВ выбирается по термической стойкости (исходя из допустимой температуры нагрева 400 °С).

Не следует располагать (использовать) заземлители в местах, где земля подсушивается под действием тепла трубопроводов и т. п.

Траншеи для горизонтальных заземлителей должны заполняться однородным грунтом, не содержащим щебня и строительного мусора.

В случае опасности коррозии заземлителей должно выполняться одно из следующих мероприятий:

- увеличение сечения заземлителей с учетом расчетного срока их службы;
- применение оцинкованных заземлителей;
- применение электрической защиты.

В качестве искусственных заземлителей допускается применение заземлителей из электропроводящего бетона.

Принять замеренное (см. табл. б) значение удельного сопротивления грунта  $\rho$ .

Расчетное значение удельного сопротивления (Ом · м) грунта

$$\rho_D = K_n \rho,$$

где  $K_n$  – значение повышающего коэффициента, который учитывает изменения сопротивления грунта в зависимости от климатической зоны. Территория Республики Беларусь расположена в III климатической зоне. Для стержневых, вертикально установленных заземлителей длиной 2,5–3 м  $K_n$  находится в пределах 1,4–1,6, для протяженных, горизонтально положенных (полосовые и др.) – 2,5–4,0.

Расчетное сопротивление (Ом) растеканию электрического тока одиночного заземлителя (стержня или трубы), заглубленного в землю, верхний конец которого находится на поверхности земли,

$$R_3 = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{d} = 0,366 \frac{\rho}{l} \lg \frac{4l}{d},$$

где  $l$  – длина заземлителя, м;

$d$  – диаметр заземлителя, м.

Число одиночных заземлителей (труб, стержней или полос)

$$n = \frac{R_3}{R_{\text{доп}}}.$$

Из табл. 8 по числу заземлителей  $n$  выбрать значение отношения расстояния между заземлителями  $L_T$  к их длине  $l$  и значение коэффициента экранирования  $\eta$ . Из отношения  $L_T / l_T = m$  определить расстояние (м) между заземлителями:

$$L_T = ml_T.$$

Таблица 8. Коэффициент экранирования трубчатых заземлителей  $\eta$ , (без учета влияния соединяющей полосы)

Число заземлителей, $n$	Отношение расстояния между заземлителями $L$ к их длине $l$	Коэффициент экранирования $\eta$	Число заземлителей $n$	Отношение расстояния между заземлителями $L$ к их длине $l$	Коэффициент экранирования $\eta$
<b>Заземлители расположены в ряд</b>					
2	1	0,85	10	1	0,59
2	2	0,91	10	2	0,74
2	3	0,94	10	3	0,81
3	1	0,78	15	1	0,55
3	2	0,86	15	2	0,69
3	3	0,91	15	3	0,78
5	1	0,70	20	1	0,49
5	2	0,81	20	2	0,68
5	3	0,86	20	3	0,77
<b>Заземлители расположены по четырехугольному контуру</b>					
4	1	0,69	20	3	0,71
4	2	0,78	40	1	0,41
4	3	0,85	40	2	0,58
6	1	0,52	40	3	0,67
6	2	0,73	60	1	0,39
6	3	0,80	60	2	0,55
10	1	0,55	60	3	0,65
10	2	0,68	100	1	0,36
10	3	0,76	100	2	0,52
20	1	0,47	100	3	0,62
20	2	0,63			

Число заземлителей с учетом коэффициента экранирования  $\eta$  (табл. 8) определяется по формуле

$$n = \frac{R_3}{R_{\text{доп}} \eta_3}.$$



Полученное значение  $n$  округляют до ближайшего большего числа.  
Выполнить схему заземляющего устройства с указанием размеров отдельных заземлителей и расстояний между ними в плане.

## 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какую опасность представляет низкий уровень сопротивления или повреждение изоляции электропроводов?
2. Охарактеризуйте назначение и роль защитного заземления.
3. Укажите назначение и область применения защитного зануления.
4. Приведите порядок использования мегаомметра М4100/1-5.
5. Охарактеризуйте назначение и подготовку к работе измерителя сопротивления заземления Ф4103.
6. Опишите назначение и подготовку к работе измерителя сопротивления заземления М416.
7. Каковы порядок и периодичность измерения сопротивления изоляции?
8. Приведите порядок измерения сопротивления заземляющего устройства.
9. Каков порядок измерения удельного сопротивления грунта?
10. Охарактеризуйте последовательность расчета заземлителей.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Босак, В. Н. Охрана труда в агрономии : учеб. пособие / В. Н. Босак, А. С. Алексеенко, М. П. Акулич. – Минск : Выш. шк., 2019. – 317 с.
2. Курдюмов, В. И. Проектирование и расчет средств обеспечения безопасности / В. И. Курдюмов, Б. И. Зотов. – Москва : Колос, 2005. – 216 с.
3. Куценко, Г. Ф. Охрана труда в электроэнергетике / Г. Ф. Куценко. – Минск : Дизайн ПРО, 2005. – 784 с.
4. Охрана труда : курс лекций / В. Н. Босак [и др.]. – Горки : БГСХА, 2021. – 152 с.
5. Охрана труда : лаб. практикум / А. К. Гармаза [и др.]. – Минск : БГТУ, 2012. – 316 с.
6. Охрана труда. Лабораторный практикум : учеб. пособие / А. С. Алексеенко [и др.]. – Минск : ИВЦ Минфина, 2018. – 176 с.
7. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей: ТКП 181-209 (02230): утв. постановлением М-ва энергетики Респ. Беларусь, 20 мая 2009 г., № 16: с изм. и доп. от 11.03.2014. – Минск: Минэнерго, 2009. – 325 с.
8. Федорчук, А. И. Электробезопасность : пособие / А. И. Федорчук, В. Г. Андруш, О. В. Абметко. – Минск : БГАТУ, 2012. – 187 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Теоретические сведения .....	3
2. Применяемые приборы.....	5
3. Порядок выполнения работы .....	9
4. Расчет заземлителей .....	14
5. Контрольные вопросы .....	17
Библиографический список .....	18

Учебное издание

**Кондраль Александр Евгеньевич**  
**Босак Виктор Николаевич**  
**Акулич Михаил Петрович** и др.

**КОНТРОЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ  
И ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРОПРОВОДОВ**

Методические указания к лабораторной работе № 6

Редактор *Н. Н. Пьянусова*  
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*  
Корректор *Н. П. Лаходанова*

Подписано в печать 05.11.2021. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.  
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 1,16. Уч.-изд. л. 0,77.  
Тираж 50 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».  
Свидетельство о ГРИИРПИ № 1/52 от 09.10.2013.  
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».  
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.