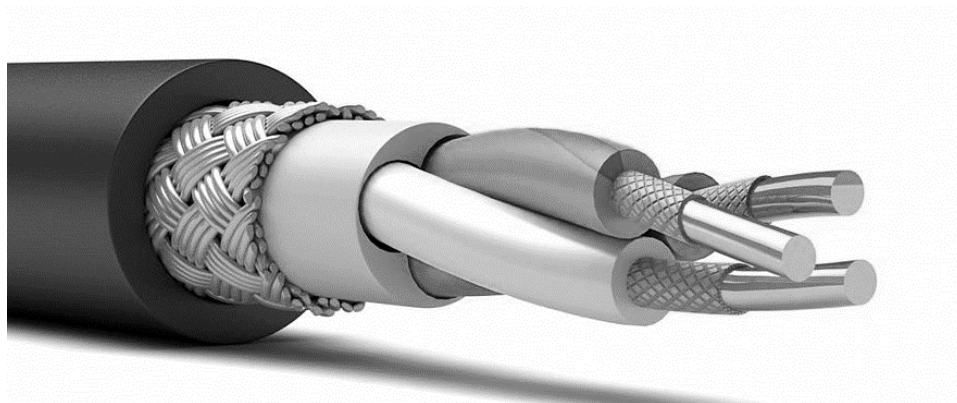


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТА им. Р.Е.АЛЕКСЕЕВА»

Кафедра «Производственная безопасность, экология и химия»

## **КОНТРОЛЬ ИЗОЛЯЦИИ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ**

Методические указания к лабораторной работе № 8  
по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для студентов всех  
направлений и форм обучения



Н. Новгород, 2020

Составители: О.В. Маслеева, Т.И. Курагина, Г.В. Пачурин, Е.В. Погодин  
УДК 644.36 (076)

Контроль изоляции в электроустановках: методические указания к лабораторной работе № 8 по дисциплине БЖД для студентов всех направлений и форм обучения /НГТУ им Р.Е. Алексеева; сост.: О.В.Маслеева и др. Н.Новгород, 2020. 15 с.

Изложены краткие сведения по основным светотехническим величинам, по источникам искусственного освещения, описание лабораторной установки, порядок выполнения работы, исследование коэффициента пульсации освещенности, указания к составлению отчета, вопросы для самопроверки.

Редактор Э.Б. Абросимова

Подписано в печать: 30. 04.2018 Формат 60x80 <sup>1</sup>/<sub>16</sub> . Бумага газетная.  
Печать офсетная. Усл п.л 0,75 Тираж 100 экз. Заказ

---

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева  
Типография НГТУ. 603950, г Нижний Новгород, ул. Минина,24.

© Нижегородский государственный  
технический университет  
им. Р. Е. Алексеева, 2018  
© Маслеева О.В.,  
2020

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Ознакомление с видами, методами и нормативными положениями контроля состояния изоляции электроустановок.

Практическое измерение сопротивления изоляции в сети с изолированной нейтралью.

## 2. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ

Возможность поражения электрическим током – один из наиболее часто встречающихся опасных производственных факторов. Анализ смертельных несчастных случаев на производстве показывает, что на долю поражения электрическим током приходится до 40% всех смертельных травм. Поэтому задача обеспечения электробезопасности занимает ведущее место в курсе «Безопасность жизнедеятельности».

Одним из способов для защиты от прямого прикосновения поражения электрическим током в нормальном режиме является применение основной изоляции токоведущих частей согласно ПУЭ.

Изоляция – это технический диэлектрик, в котором под действием электрического напряжения свободные электроны создают ток утечки.

В качестве электроизоляционных материалов применяют ПВХ (поливинилхлорид), резиновую, пластмассовую, полиэтиленовую, фторопластовую изоляции.

Кабель с поврежденной изоляцией показан на рис.1.

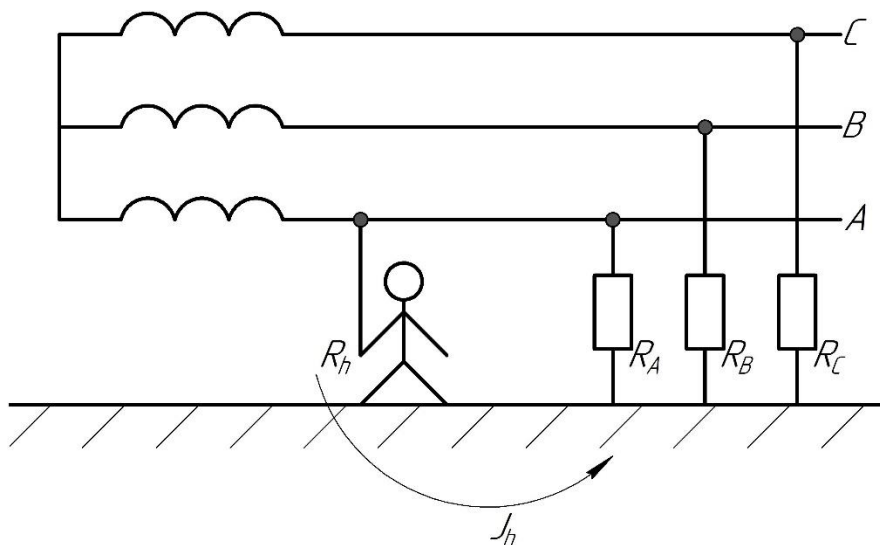


**Рис.1 Кабель с поврежденной изоляцией**

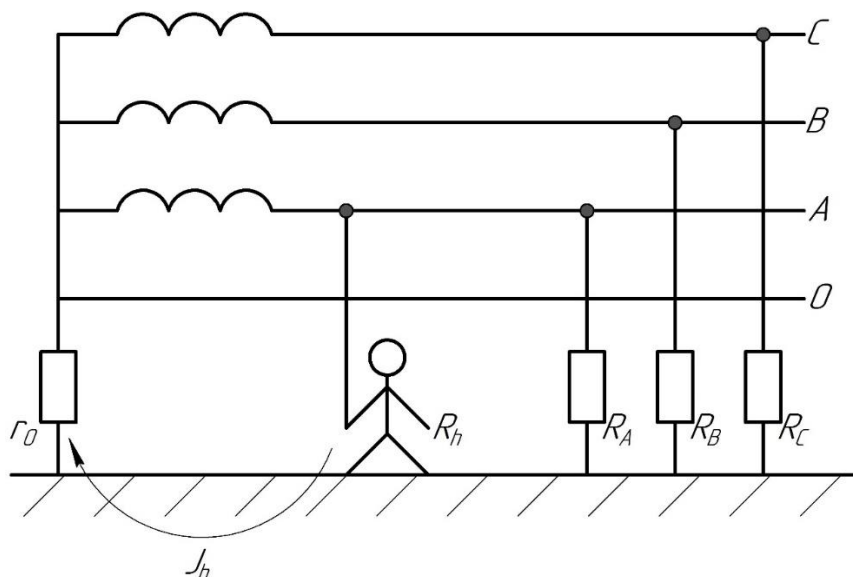
Снижение сопротивления изоляции может быть обратимым (при увлажнении) и необратимым (старение изоляции). На снижение сопротивления изоляции влияют также: запыление, химическое, механическое воздействие и естественное старение изоляции (изменение физической и химической структуры материала с течением времени).

При этом изменение свойств изоляции протекает медленно и носит характер неравномерно-распределенного дефекта по всему объему диэлектрика. В месте дефекта появляются частичные разряды тока и выгорание изоляции, что может привести к пробое изоляции (возникновению короткого замыкания), электротравме и пожару.

Состояние изоляции в значительной мере определяет степень безопасности эксплуатации электроустановок. На рис.2 показано однофазное прикосновение человека в сети с изолированной нейтралью, а на рис.3 – в сети глухозаземленной нейтралью.



**Рис. 2** Трехфазная сеть с изолированной нейтралью



**Рис. 3** Трехфазная сеть с глухозаземленной нейтралью

Сопротивление изоляции в сетях с изолированной нейтралью определяет ток через человека (рис.2).

$$I_h = \frac{U_\phi}{R_h + \frac{R_{из}}{3}} \quad (1)$$

где  $I_h$  – ток через человека,

$U_\phi$  – фазное напряжение,

$R_h$  – сопротивление человека ( $R_h = 1000$  Ом),

$R_A = R_B = R_C = R_{из}$  – сопротивления изоляции фаз А, В, С.

При глухозаземленной нейтрали ток через человека не зависит от сопротивления изоляции (рис.3).

$$I_h = \frac{U_\phi}{R_h + r_0} \quad (2)$$

где  $I_h$  – ток через человека,

$U_\phi$  – фазное напряжение,

$R_h$  – сопротивление человека,

$r_0$  – сопротивление заземления ( $r_0 = 4$  Ом).

Но при низком сопротивлении изоляции часто происходят ее повреждения, что приводит к замыканию на землю (корпус) и к коротким замыканиям. При замыкании на корпус возникает опасность поражения людей электрическим током, так как нетоковедущие части (корпус), с которыми человек нормально имеет контакт, оказываются под напряжением.

Чтобы предотвратить замыкание на землю и другие повреждения изоляции, при которых возникает опасность поражения людей электрическим током, а также выходит из строя оборудование, необходимо проводить контроль изоляции.

Контроль изоляции – это измерение активного сопротивления изоляции токоведущих частей электроустановок с целью поддержания ее на уровне, обеспечивающем электробезопасность и предупреждение замыканий на землю и на корпус.

С целью проверки соответствия сопротивления изоляции установленным нормам, проводится периодический и постоянный контроль изоляции.

## 2.1 Периодический контроль изоляции

Периодический контроль изоляции – это измерение сопротивления изоляции при приемке электроустановки после монтажа, периодически в

сроки, устанавливаемые правилами (для сетей с напряжением до 1000 В – не реже одного раза в год) или в случае обнаружения дефектов.

Измерение согласно ПТЭЭП должно производиться на отключенной установке. При таком измерении можно определить сопротивление изоляции отдельных участков сети, электрических аппаратов, трансформаторов, электродвигателей и тому подобное.

Измеряется сопротивление изоляции каждой фазы относительно земли и между каждой пары фаз на каждом участке между двумя последовательно установленными аппаратами защиты или за последним защитным аппаратом (автоматическим выключателем, плавным предохранителем). Согласно «Правилам устройств электроустановок» сопротивление изоляции каждого участка в сетях напряжением до 1000В должно быть не ниже указанных величин (табл.1).

*Таблица 1*

**Минимально допустимые сопротивления изоляции электропроводок**

№	Наименование испытываемой изоляции	$R_{из}$ , МОм
1	Силовые и осветительные электропроводки	0,5
2	Электродвигатели переменного тока	0,5
3	Электроустановки на напряжении выше 12В переменного тока	0,5
4	Ручной электроинструмент и переносные светильники	0,5

Периодический контроль изоляции осуществляется прибором мегомметром. С помощью мегомметра можно измерить фазные и межфазные сопротивления изоляции конкретной электроустановки, кабеля. Измерение сопротивления изоляции цифровым мегомметром показано на рис.4.



**Рис.4 Измерение сопротивления изоляции цифровым мегомметром**

Мегомметр может иметь собственный источник питания – генератор постоянного тока и позволяет производить непосредственный отсчет величины сопротивления изоляции в МОм.

В «Правилах технической эксплуатации электроустановок» регламентируется напряжение мегомметра в зависимости от номинального напряжения электроустановки. Промышленностью выпускается мегомметры М1101 на напряжение 100, 500 и 1500 В (рис.5). Мегомметр развивает номинальное напряжение и дает правильные показания при вращении ручки генератора с частотой 2 об/сек. Мегомметр имеет два диапазона измерений в КОм и МОм.



**Рис. 5 Мегомметр**

Измеренное таким образом сопротивление изоляции отдельных участков сети не может служить критерием безопасности всей сети, так как ток замыкания на землю определяется сопротивлением изоляции всей сети, относительно земли. В результате таких измерений выявляются только участки с дефектной изоляцией, требующие профилактических мероприятий, для предупреждения замыкания на землю и коротких замыканий.

Достоинства периодического контроля:

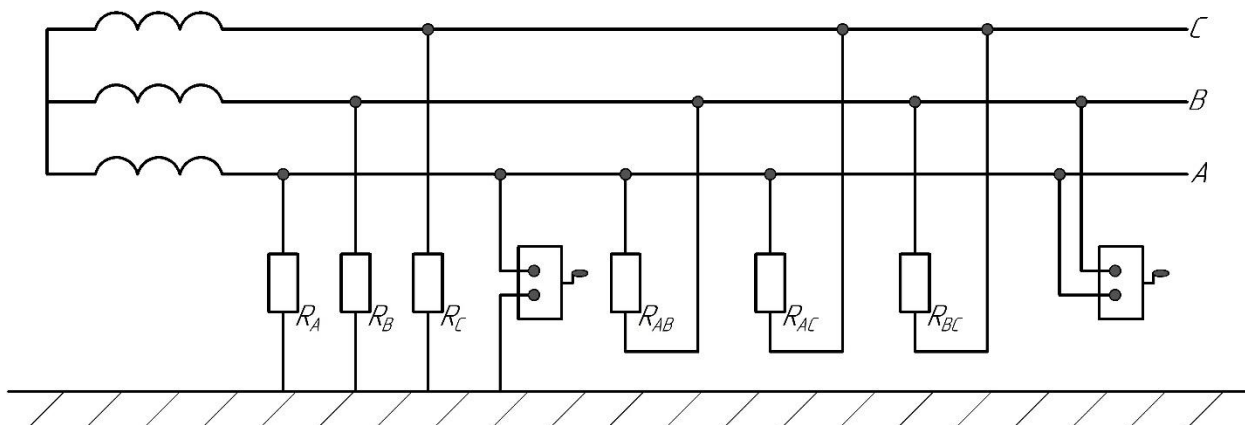
- возможность измерения конкретных величин сопротивления изоляции фаз и между фазами;
- после сравнения измеренной величины сопротивления изоляции с минимально допустимым (табл. 1) делается вывод о возможности эксплуатации электроустановки.

Недостатки периодического контроля:

- необходимость отключения электроустановок от сети перед началом замера;

- возможность эксплуатации электроустановок в течение некоторого времени с пониженным сопротивлением изоляции;
- измеряется сопротивление изоляции только отдельных участков сети. А это не может служить критерием безопасности всей сети.

Схема измерения фазного и межфазного сопротивления изоляции с помощью мегомметра показана на рис. 6.



**Рис. 6. Схема измерения сопротивления изоляции мегомметром.**

$R_A, R_B, R_C$  – сопротивления изоляции фаз А, В и С;

$R_{AB}, R_{AC}, R_{BC}$  – межфазные сопротивления изоляции между фаз АВ, АС и ВС, соответственно.

## 2.2 Постоянный контроль изоляции

Постоянный контроль изоляции нашел широкое применение в электросетях и изолированной нейтралью и представляет собой контроль сопротивления изоляции под рабочим напряжением в течение всего времени работы электроустановок без отключения от сети.

Постоянный контроль позволяет:

- выявить повреждения, дефекты, не обнаруженные во время периодических испытаний;
- предотвратить искрообразование в местах плохих контактов, которое может привести к пожару, взрыву или электротравме;
- в сетях с изолированной нейтралью предотвращается возможность опасных замыканий на землю.

Устройство постоянного контроля изоляции предусматривается лишь в сети с изолированной нейтралью до 1000В.

Наиболее широкое применение для постоянного контроля нашли схемы:

- 3-х вентилей;
- 3-х вольтметров.



## 2.2.1 Схема трех вентиляй

Вентильные схемы контроля изоляции измеряют сопротивление изоляции выпрямленным током. На рис.7 показана простейшая вентильная схема – электрическая схема трех вентиляй. На рис.8 приведено фото прибора - указателя сопротивления изоляции  $\Omega$ .

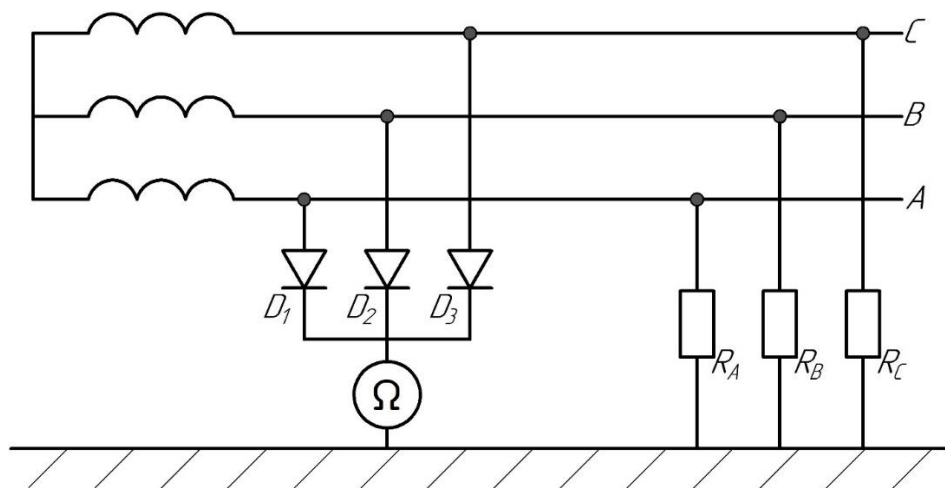


Рис. 7.Схема трех вентиляй,



Рис.8 Прибор указатель сопротивления изоляции  $\Omega$ ,

При положительной полуволне напряжения в фазе А ток проходит через вентиль  $D_1$ , указатель сопротивления изоляции  $\Omega$ , заземлитель и сопротивления изоляции двух других фаз к источнику. Полярность фаз изменяется, и поэтому постоянный ток проходит поочередно через вентили  $D_1$ ,  $D_2$  и  $D_3$ , через указатель изоляции  $\Omega$  и сопротивление изоляции.

Указатель изоляции  $\Omega$  представляет собой магнитоэлектрический прибор, через который проходит ток, выпрямленный тремя вентилями. Среднее значение этого тока зависит от общего сопротивления  $R$ , определяемого по формуле 3:

$$R = \frac{R_A \cdot R_B \cdot R_C}{R_A \cdot R_B + R_B \cdot R_C + R_A \cdot R_C} \quad (3)$$

Указатель градуируется в КОм. Последовательно с указателем может быть включено реле, замыкающее сигнальную цепь при недопустимо низком сопротивлении (включается световой или звуковой сигнал). При замыкании на землю указатель отключается и стрелка показывает  $\infty$ , как исправную изоляцию.

Из схемы (рис. 7) следует, что указатель показывает общее сопротивление изоляции всей сети, включая источник и потребители тока. Полученное таким образом сопротивление изоляции позволяет судить о степени безопасности эксплуатации данной сети.

Нормы, приведенные в ПУЭ, не могут служить в данном случае критерием исправности изоляции, так как они заданы не для всей сети, а только для отдельных участков.

Судить об исправности или о появлении дефектов изоляции по результатам можно лишь путем сопоставления с данными предыдущих измерений. Если результаты ряда измерений совпадают, то изоляция исправна. Если же обнаружено резкое снижение сопротивления изоляции по сравнению с данными предыдущих измерений, это указывает на наличие дефектов изоляции.

Достоинства схемы:

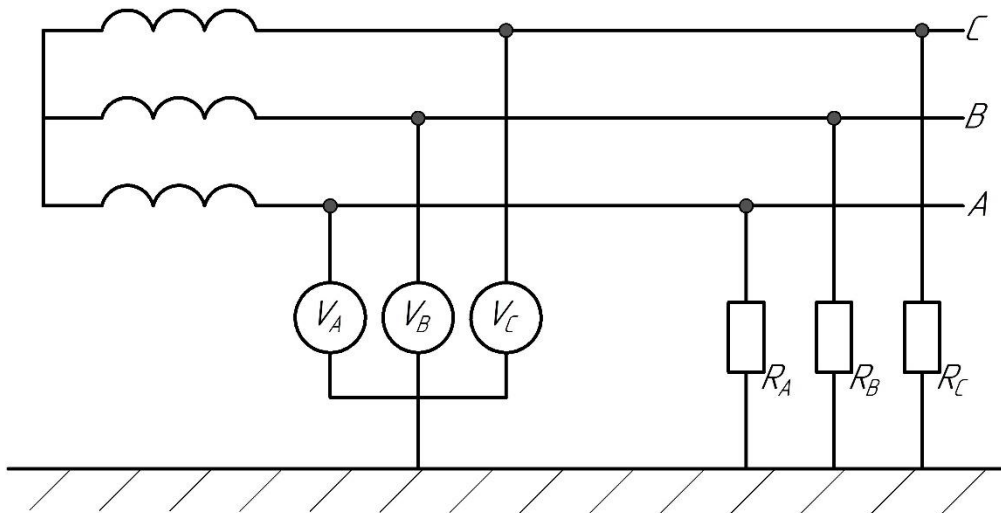
- возможность измерения общего сопротивления изоляции всей сети;
- возможность определения уменьшения сопротивления изоляции всей сети.

Недостатки схемы:

- не осуществляет самоконтроль, так как при неисправности внутренних цепей прибор показывает  $\infty$ , т.е. неисправную изоляцию;
- точность измерения зависит от колебания напряжения в сети;
- невозможность определения при уменьшении показаний прибора, какое происходит уменьшение сопротивления изоляции – одной фазы, двух или трех.

### 2.2.2 Схема трех вольтметров

Измерительная схема состоит из трех вольтметров, которые включаются в звезду с заземленной нейтральной точкой (рис.9). Каждый вольтметр показывает напряжение относительно земли той фазы, в которой он подключен. На рис.10 приведено фото трех вольтметров.



**Рис. 9. Схема трех вольтметров.**



**Рис. 10. Три вольтметра**

При исправной изоляции вольтметры показывают фазное напряжение. В случае глухого замыкания на землю одной из фаз соответствующий вольтметр показывает ноль, а два других – линейное напряжение. По показаниям вольтметров можно судить лишь о наличии или отсутствии замыкания на землю, а не о значении сопротивления изоляции.

При симметричном снижении изоляции вплоть до короткого замыкания вольтметры исправно будут показывать фазное напряжение. Ухудшение сопротивления одной из фаз приводит к снижению показаний соответствующего вольтметра и к увеличению показаний вольтметров других фаз.

Таким образом, схема трех вольтметров не измеряет сопротивление изоляции, а только обнаруживает замыкания на землю.

Схема осуществляет самоконтроль, так как неисправный вольтметр показывает ноль, а два других – фазное напряжение.

### 3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

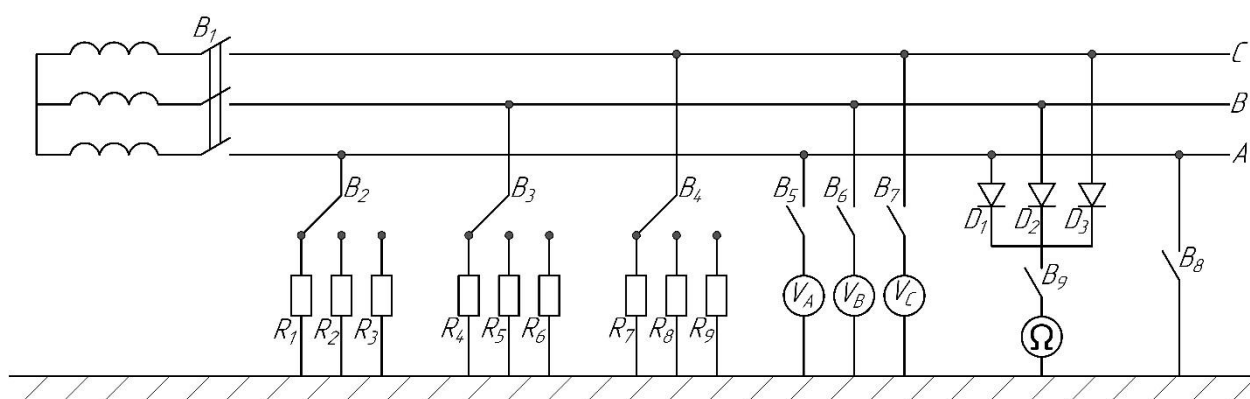


Рис. 11. Схема лабораторного стенда

Работа выполняется на стенде, схема которого приведена на его передней панели и на рис. 11.

Установка содержит:

- тумблер В1 – для подключения к питающей сети,
- переключатели В2, В3, В4 – для подключения сопротивления изоляции фаз ( $R_A$ ,  $R_B$ ,  $R_C$ ), позволяющие выполнять симметричное снижение изоляции – уменьшение сопротивления сразу всех трех фаз и несимметричное – уменьшение сопротивления только одной фазы,
- тумблеры В5, В6, В7 – подключение вольтметров к фазам,
- тумблер В8 – замыкание фазы А на землю,
- тумблер В9 – подключение приборов указателя изоляции  $\Omega$ .

Для выполнения периодического контроля применяется мегомметр М1101.

### 4. ОХРАНА ТРУДА

Включение напряжения и измерения производить только при разрешении преподавателя.

При измерении сопротивления изоляции мегомметром соблюдать следующие требования:

- а) подключение мегомметра к макету производить в обесточенном состоянии, для чего В1 отключить;
- б) запрещается прикосновение к клеммам мегомметра при вращении рукоятки, так как на его зажимах напряжение 500В. Это напряжение опасно для жизни.

## 5. ЗАДАНИЕ К РАБОТЕ

- На лабораторном стенде выполнить периодический и постоянный контроль изоляции.
- Данные замеров сравнить с допустимой величиной сопротивления изоляции (табл.1).

## 6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

### 6.1. Периодический контроль изоляции.

#### 6.1.1. Подготовка стенда к работе:

- отключить стенд от сети;
- все тумблеры поставить в положение выключено;
- переключатели В2, В3, В4 поставить в положение R1, R4, R7, соответственно;

#### 6.1.2. Сделать замеры фазных и межфазных сопротивлений изоляции.

Симметрично уменьшая сопротивление изоляции, т.е. переводя тумблеры В2, В3, В4 в положение R2, R5, R8, затем R3, R6, R9. Выполнить замеры сопротивлений.

6.1.3. Для одного из симметричных режимов изоляции выполнить пробой изоляции фазы А – включить тумблер В8, выполнить замеры сопротивлений. Отключить В8.

6.1.4. Переключатели В2, В3, В4 поставить в положение R1, R4, R7.

6.1.5. Выполнить несимметричное снижение изоляции одной фазы. Для этого переключатель В2 поставить в положение R2, выполнить замеры сопротивлений изоляции, затем перевести в положение R3 и выполнить замеры.

### 6.2. Схема трех вольтметров (постоянный контроль изоляции).

#### 6.2.1. Подготовка стенда к работе:

- переключатели В2, В3, В4 поставить в положение R1, R4, R7;
- включить тумблеры В5, В6, В7;
- подключить стенд к сети.

#### 6.2.2. Снять показания вольтметров.

Симметрично уменьшая сопротивления изоляции, снять показания приборов.

6.2.3. Для одного из симметричных режимов выполнить пробой фазы А на землю, включив тумблер В8. Сделать замеры. Отключить В8.

6.2.4. Переключатели В2, В3, В4 поставить в положение R1, R4, R7.

6.2.5. Выполнить несимметричное снижение изоляции, сняв при этом показания вольтметров.

626 отключить В5, В6, В7

### 6.3. Схема трех вентилях (постоянный контроль изоляции).

6.3.1. Подготовка стенда к работе:

- ;
- включить В9;
- переключатели В2, В3, В4 поставить в положение  $R1, R4, R7$ .

6.3.2. Снять показания с прибора.

Симметрично уменьшая сопротивления изоляции, снять показания.

6.3.3. Для одного из симметричных режимов выполнить пробой фазы А на землю. Сделать замеры. Отключить В8.

6.3.4. Поставить переключатели В2, В3, В4 в положение  $R1, R4, R7$ .

6.3.5. Выполнить несимметричное снижение изоляции, сняв при этом показания.

6.4. Все тумблеры поставить в положение выключено. Отключить макет от сети. Данные замеров занести в табл. 2.

Таблица 2

#### Результаты измерений

Положение переключателей			Периодический контроль						Постоянный контроль			
В2	В3	В4	Показания мегомметра, КОм						Схема 3-х вольтметров, В			Схема 3-х вентилях, КОм
$A$	$B$	$C$	$R_A$	$R_B$	$R_C$	$R_{AB}$	$R_{BC}$	$R_{AC}$	$V_A$	$V_B$	$V_C$	$\Omega$
Симметричное снижение изоляции												
$R1$	$R4$	$R7$										
$R2$	$R5$	$R8$										
$R3$	$R6$	$R9$										
Пробой изоляции												
$R1$	$R4$	$R7$										
Несимметричное снижение изоляции												
$R2$	$R4$	$R7$										
$R3$	$R4$	$R7$										

## 7. УКАЗАНИЯ К СОСТАВЛЕНИЮ ОТЧЕТА

- Название работы и ее исполнители.
- Цель работы.
- Таблица результатов.
- Выводы.

## **8. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ**

1. Что называется изоляцией?
2. Факторы, влияющие на снижение сопротивления изоляции.
3. Величина тока через человека в сети с изолированной нейтралью.
4. Величина тока через человека в сети с глухозаземленной нейтралью.
5. Виды и методы контроля изоляции электроустановок.
6. Достоинства и недостатки периодического контроля.
7. Достоинства и недостатки контроля по схеме трех вольтметров.

## **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. ПУЭ. / М.: Моркнига 2018. – 464с.
2. ПТЭЭП — Правила технической эксплуатации электроустановок потребителя /М.: Кодекс, 2019. – 280 с.
3. В.Е. Манойлов Основы электробезопасности / В.Е. Манойлов. - М.: Энергия, 2019. - 320 с.
4. Л.П. Шариков Обеспечение электробезопасности при напряжении до 1000 В / Л.П. Шариков. - М.: Альфа-пресс, 2017. - 374 с.
5. Ю.Д. Сибикин Охрана труда и электробезопасность / Ю.Д. Сибикин. - М.: ИП РадиоСофт, 2019. - 448 с.