

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ**  
**Федеральное государственное**  
**образовательное бюджетное учреждение**  
**высшего профессионального образования**  
**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ**  
**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ**  
**им. проф. М. А. БОНЧ-БРУЕВИЧА»**

---

**В. К. Иванов**

***Экология и безопасность***  
***жизнедеятельности***

**Исследование опасности**  
**3-фазных сетей переменного тока**

**Методические рекомендации к лабораторным работам**

***Часть 1***

**СПб ГУТ )))**  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ**  
**2012**

УДК 621.3.025.3(075.8)

ББК 22.33я73

И20

Рецензент

доктор технических наук, профессор кафедры СЭУ СПбГУТ

*А. А. Алексеев*

*Рекомендовано к печати*

*редакционно-издательским советом СПбГУТ*

**Иванов, В. К.**

И20

Экология и безопасность жизнедеятельности. Исследование опасности 3-фазных сетей переменного тока : методические рекомендации к лабораторным работам : часть 1 / В. К. Иванов. – СПб. : Издательство СПбГУТ, 2012. – 44 с.

Материал изложен в соответствии с учебным планом по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности».

Рассматриваются две лабораторные работы. Даны рекомендации по изучению теоретических вопросов для подготовки к выполнению работ. Приведена методика выполнения лабораторных работ на персональной электронно-вычислительной машине.

Предназначены для студентов, обучающихся по всем направлениям (специальностям).

**УДК 621.3.025.3(075.8)**

**ББК 22.33я73**

© Иванов В.К., 2012

© Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича», 2012

## *Лабораторная работа 2*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ 3-ФАЗНЫХ СЕТЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА**

#### **1. Цель работы**

1.1. Изучить необходимость применения изоляции проводов и деталей, обеспечивающих электробезопасность человека при работе с электросетями и электроустановками.

1.2. Изучить методы измерения и контроля сопротивления изоляции электрических сетей 3-фазного тока и электрических установок с напряжением до 1000 В.

1.3. Измерить сопротивление изоляции 3-фазной сети переменного тока, сопротивление изоляции токонесущих элементов электроустановок и электроинструмента с рабочим напряжением до 1000 В. Сделать выводы о состоянии сопротивления изоляции по данным измерений.

1.4. Ознакомиться со средствами защиты человека от воздействия электрического тока, используемыми при работе с электросетями и электроустановками.

#### **2. Содержание работы**

2.1. Изучить теоретическую часть, ответить на контрольные вопросы, ознакомиться с литературой [1, 3, 4].

2.2. Выполнить экспериментальную часть.

2.3. Сделать отчет о проделанной работе и защитить результаты.

#### **3. Теоретическая часть**

3.1. Общие сведения о роли сопротивления изоляции токонесущих проводов и деталей электроустановок.

Под электрической изоляцией понимают разобщение, разъединение токонесущих проводов и деталей в целях предотвращения контакта между ними. В качестве изоляции используют материалы с очень высоким удельным сопротивлением. Такими веществами являются диэлектрики, удельное сопротивление  $\rho$  которых колеблется в пределах  $10^8$ – $10^{12}$  Ом см.

Исправное состояние изоляции деталей электроустановок и проводов является основным условием надежной работы электрооборудования и его безопасного обслуживания. Только в хорошем состоянии изоляция защищает людей от поражения электрическим током, от чрезмерных токов утечки, излишнего расхода электроэнергии, от возгораний, которые могут возникать при коротком замыкании токонесущих проводов.

В 3-фазных сетях с глухозаземленной нейтралью ток, проходящий через тело человека при его однополюсном прикосновении, не зависит или мало зависит от сопротивления изоляции (рис. 1).

Ток, протекающий через тело человека, определяется по формуле

$$I_h = U_{\phi} / (R_T + R_h + R_o + R_{\Pi}),$$

где  $I_h$  – ток через тело человека;

$U_{\phi}$  – напряжение фазы;

$R_h$  – сопротивление тела человека;

$R_T$  – сопротивление заземления (4–10 Ом);

$R_o, R_{\Pi}$  – сопротивления обуви и пола.

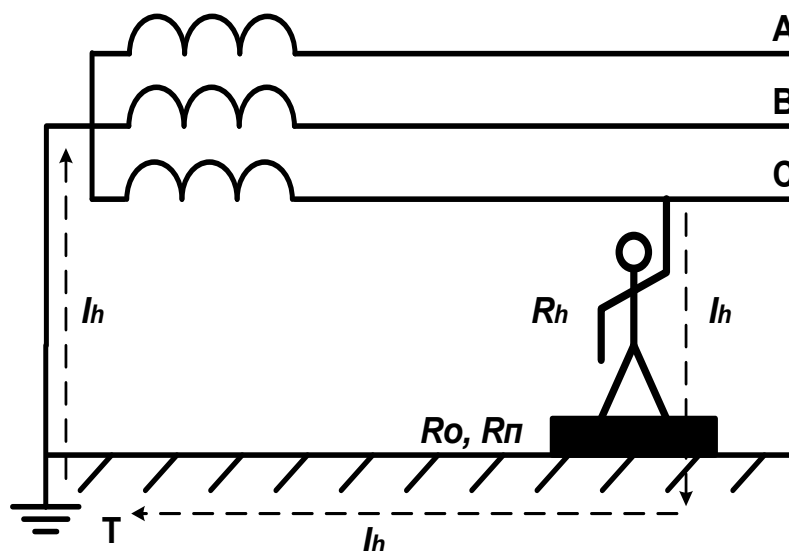


Рис. 1. Однополюсное прикосновение человека к одной из фаз 3-фазной сети переменного тока с глухозаземленной нейтралью

Так как сопротивление тела человека  $R_h$  намного больше сопротивления заземления  $R_T$ , то сопротивлением заземления пренебрегаем, и ток  $I_h$ , протекающий через тело человека, определяется по формуле

$$I_h = U_{\phi} / (R_h + R_o + R_{\Pi}).$$

В сетях с изолированной нейтралью сопротивление изоляции фазных проводов  $R_{и}$  определяет величину тока  $I_h$ , протекающего через тело человека при его однополюсном прикосновении к токонесущему проводу (рис. 2).

Ток, протекающий через тело человека, определяется по формуле

$$I_h = 3U_{\phi} / (3R_h + R_{и}),$$

где  $R_{и}$  – сопротивления изоляции проводов  $R_A, R_B, R_C$ .

При достаточно высоком сопротивлении изоляции прикосновение человека к одному из фазных проводов в сетях с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В при малой емкости проводов считается безопасным для человека.

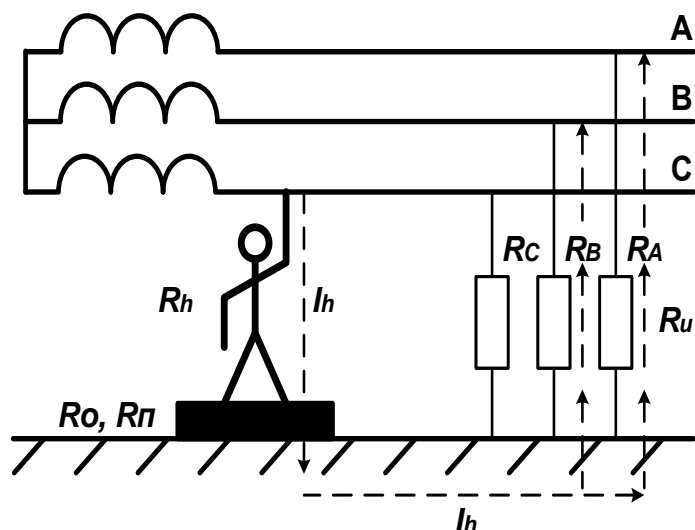


Рис. 2. Однополюсное прикосновение человека к одной из фаз 3-фазной сети переменного тока с изолированной нейтралью

В случае замыкания одной из фаз на «землю» (рис. 3) человек, касаясь неповрежденной фазы, практически попадает под линейное напряжение, тогда ток, проходящий через тело человека, определяется по формуле

$$I_h = U_{л} / R_h.$$

Защитную роль в данном случае могут сыграть сопротивления обуви  $R_0$  и пола  $R_{п}$ . С учетом этих сопротивлений ток  $I_h$ , проходящий через тело человека, определяется по формуле

$$I_h = U_{л} / (R_h + R_0 + R_{п}).$$

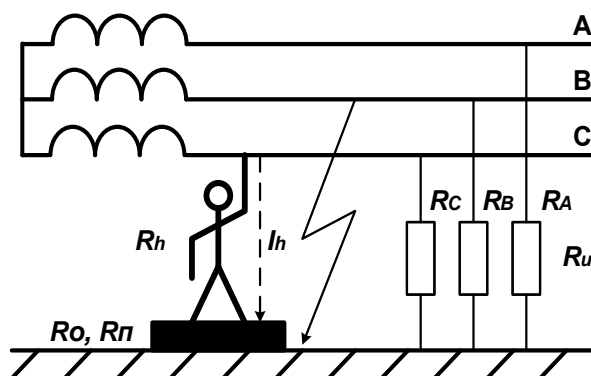


Рис. 3. Однополюсное прикосновение человека к 3-фазной сети переменного тока с изолированной нейтралью при замыкании одной из фаз на «землю»

Плохое состояние изоляции может привести к замыканиям токонесящих проводов на корпус электроустановок, электроинструмента, увеличивая опасность поражения человека электрическим током, так как нетоковедущие части электрооборудования, с которыми обычно работает человек, оказываются под напряжением.

В процессе эксплуатации состояние электрической изоляции ухудшается, она стареет за счет снижения ее электрической и механической прочности. Основными причинами ухудшения состояния изоляции являются:

- нагревание от электрического тока при прохождении его по проводам, от токов короткого замыкания;
- нагревание от посторонних источников;
- механические повреждения в результате некачественного монтажа, вибрации и чрезмерно растягивающих усилий при прокладке проводов и кабелей;
- влияние климатических условий и окружающей производственной среды.

При низком сопротивлении изоляции возможно замыкание токонесящих проводов на «землю», и это в сетях с изолированной нейтралью резко ухудшает условия их эксплуатации, а в сетях с глухозаземленной нейтралью приводит к перерывам в электроснабжении.

Состояние изоляции характеризуется ее сопротивлением току утечки. Регулярный контроль состояния изоляции и своевременное обнаружение снижения ее сопротивления и замыкания на землю и на корпус являются одной из мер защиты обслуживающего персонала от поражения электрическим током.

Контроль состояния изоляции производится:

- ✓ при приемке электроустановки после ремонта или монтажа;
- ✓ периодически в процессе эксплуатации, но не реже 1–2 раз в год в зависимости от производственных условий (в сырых помещениях 2–3 раза в год);
- ✓ постоянно в процессе эксплуатации с помощью специальных приборов контроля состояния изоляции.

Наиболее распространенный вид испытания состояния изоляции при приеме электроустановок после монтажа или ремонта – испытание повышенным напряжением постоянного или переменного тока. Для объектов, имеющих малую емкость относительно «земли» или корпуса (электрические машины, аппараты, приборы, линии электропередачи малой протяженности до 1 км) применяется испытание повышенным напряжением переменного тока.

При исследовании качества изоляции установлено, что между электрической прочностью изоляции и временем воздействия повышенного напряжения существует определенная зависимость: с увеличением времени воздействия повышенным напряжением прочность изоляции падает и может наступить ее пробой. Пробой изоляции происходит быстрее, если в изоляции имеются дефекты – механические включения, влага, воздух и т. д. Во избежание повреждений изоляции время воздействия ис-

пытательного напряжения должно быть не более 1 мин, так как считается, что через 1 мин ток в цепи можно считать установившимся.

Для объектов, имеющих большую емкость токонесущих элементов относительно «земли» – кабели связи, линии передачи энергии большой протяженности, – применяется испытание повышенным напряжением постоянного тока, так как для испытания переменным током в этом случае потребовались бы большие мощности испытательных трансформаторов.

По «Правилам устройства электроустановок» (ПУЭ) измерение сопротивления изоляции производится между двумя смежными предохранителями или за последними предохранителями между любым проводом и «землей», а также между двумя проводами. Сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 МОм. Обычно изоляцию линий электропередачи проверяют при снятых предохранителях (УЗО), рис. 4.

Сопротивление изоляции электрических машин и установок рассчитывается по формуле

$$R_{и} = U / (1000 + P / 100),$$

где  $R_{и}$  – сопротивление изоляции, МОм;

$U$  – рабочее напряжение установки, В;

$P$  – мощность установки, кВА (кВт).

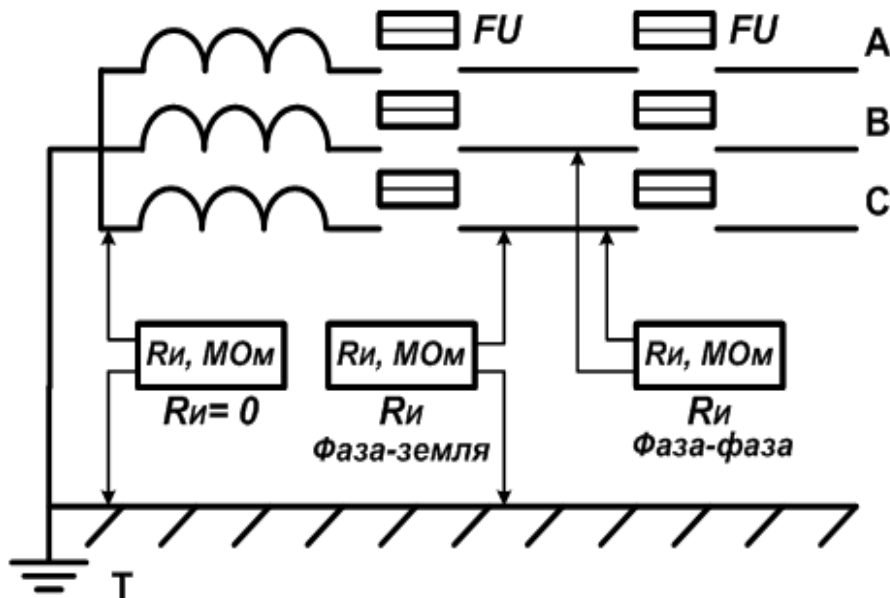


Рис. 4. Схема измерения сопротивления изоляции в линиях электропередачи

Измерение сопротивления изоляции аппаратов, их катушек, вторичных цепей электроустановок и электропроводки с напряжением до 1000 В производится мегомметром при испытательном напряжении 500–1000 В.

Сопротивление изоляции  $R_{и}$  измеряется только после отключения объекта измерения от всех источников питания, откуда может быть подано напряжение.

ПУЭ нормируют величины сопротивлений изоляции различных установок (табл. 1).

Таблица 1

Объект испытания	Испытательное напряжение мегомметра, В	Норма сопротивления изоляции, МОм
Силовая и осветительная проводка	1000	Не менее 0,5
Обмотка статора электродвигателя	1000	Не нормируется
Кабели связи	1000	Не менее 0,5
Обмотка статора синхронного генератора	2500	Не менее 0,5
Разделительный трансформатор TV: первичная обмотка вторичная обмотка	2500 1000	Не нормируется Не менее 2,0
Цепи релейной защиты переменного тока		Не менее 0,6

Контроль состояния изоляции заключается в измерении ее активного сопротивления в целях обнаружения дефектов и предупреждения замыкания токонесущих проводов на «землю» и коротких замыканий между проводами.

Итак, измерения активного (омического) сопротивления изоляции  $R_{и}$ , которое определяет токи утечки, могут осуществляться:

- ❖ непрерывно, в течение всего периода эксплуатации;
- ❖ периодически, в сроки установленные «Правилами технической эксплуатации электроустановок».

### 3.2. Непрерывный контроль состояния изоляции.

Непрерывный или постоянный контроль состояния изоляции под рабочим напряжением возможен только в сетях переменного тока с изолированной нейтралью (рис. 5).

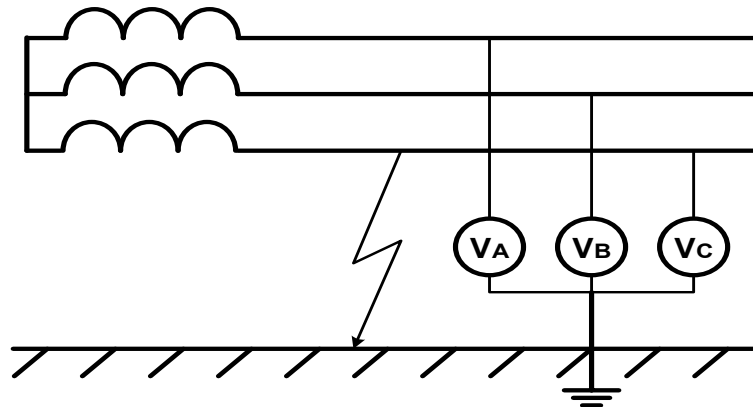


Рис. 5. Схема непрерывного контроля состояния изоляции 3-фазной сети переменного тока с изолированной нейтралью – метод трех вольтметров



Из схемы видно, что вольтметры включены по схеме «звезда», и если сопротивление изоляции  $R_{и}$  всех фазных проводов относительно «земли» будет иметь одинаковое значение, то каждый вольтметр покажет напряжение соответствующей фазы.

В случае резкого уменьшения сопротивления изоляции  $R_{и}$ , например фазы  $C$ , вольтметр  $V_1$  дает уменьшенное значение напряжения, а вольтметры  $V_2$  и  $V_3$  – увеличенное. Если произойдет короткое замыкание фазы  $C$  на «землю», то вольтметр  $V_1$  покажет «нулевое» значение или близкое к нулевому, а вольтметры  $V_2$  и  $V_3$  покажут линейные напряжения. В этом случае сопротивление вольтметров  $V_1$ ,  $V_2$  и  $V_3$  должно быть достаточно высоким, чтобы не ухудшить состояние сети при их подключении.

Для непрерывного контроля состояния изоляции в 3-фазных сетях переменного тока может также использоваться метод двух вольтметров, подключенных к одной из фаз (рис. 6).

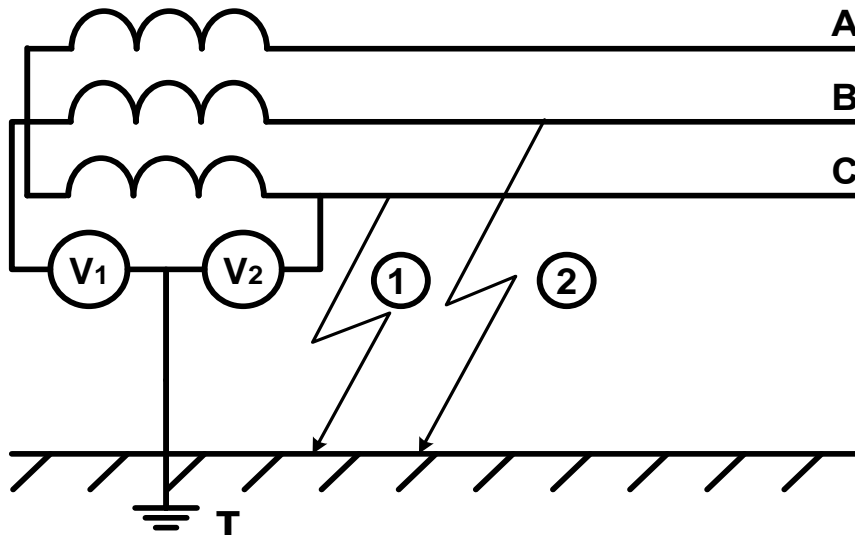


Рис. 6. Схема непрерывного контроля состояния изоляции методом двух вольтметров

Из рис. 6 видно, что при одинаковых величинах сопротивления изоляции  $R_{и}$  вольтметры  $V_1$  и  $V_2$  покажут одинаковые величины напряжения  $U_1 \approx U_2 \approx 0,5 U_{ф}$ .

Если для фазы  $C$  произойдет резкое уменьшение сопротивления изоляции (случай 1), то вольтметр  $V_2$ , будет зашунтирован уменьшенным значением сопротивления  $R_{и}$  и показания вольтметра  $V_2$  будут стремиться к нулевому значению, а показания вольтметра  $V_1$  будут стремиться к напряжению, равному фазному  $U_{ф}$ . Следовательно, показания вольтметра  $V_1$  будут больше показаний вольтметра  $V_2$ .

Если произойдет резкое снижение сопротивления изоляции другого фазного провода (случай 2), то вольтметр  $V_1$  окажется подключенным к

фазе  $B$ , а вольтметр  $V_2$  – подключенным между линейными проводами  $C$  и  $B$ . Таким образом, вольтметр  $V_1$  покажет  $U_{\phi B}$  – напряжение фазы  $B$ , а вольтметр  $V_2$  покажет линейное напряжение  $U_{BC}$ .

### 3.3. Периодический контроль состояния изоляции.

Периодический контроль состояния изоляции заключается в измерении активного сопротивления изоляции в установленные правилами сроки.

Во время измерения сопротивления изоляции в силовых сетях должны быть отключены все токоприемники.

Критерием для суждения о состоянии изоляции служит сравнение величин сопротивления изоляции, измеренных в процессе эксплуатации с первоначальными значениями, полученными перед вводом в эксплуатацию. Сопротивление считается недостаточным, если оно менее первоначальной величины на 30% и более. Электроустановка или осветительная сеть со сниженным сопротивлением изоляции более 30% от первоначальной величины подлежит ремонту.

### 3.4. Классификация помещений по условиям среды.

По условиям среды производственные помещения разделяются на сухие, влажные, сырые, особо сырые, жаркие, пыльные (с токопроводящей и нетокопроводящей пылью), помещения с химически активной или органической средой.

Сухими называются помещения, в которых относительная влажность воздуха не превышает 60%.

К влажным относятся помещения, в которых пары или конденсируемая влага выделяются лишь временно и притом в небольших количествах, относительная влажность воздуха более 60%, но не превышает 75%.

Сырыми являются помещения, в которых относительная влажность воздуха длительно превышает 75%.

Особо сырыми называют помещения, в которых относительная влажность воздуха близка к 100% (потолок, стены, пол и предметы, находящиеся в таком помещении, покрыты влагой).

Жаркими считаются помещения, в которых температура превышает постоянно или периодически (более 1 сут.) 35°C (например, помещения с сушилками, сушильными и обжигательными печами, котельные и т. п.).

Пыльными называются помещения, в которых по условиям производства выделяется технологическая пыль в таком количестве, что она может оседать на проводах, проникать внутрь машин, аппаратов и т. п., при этом, отлагаясь на электроустановках, она ухудшает условия охлаждения и изоляции. Пыль же может быть как токопроводящей, так и нетокопроводящей.

Помещения с химически активной средой – это такие, в которых постоянно или в течение длительного времени содержатся агрессивные пары, газы, жидкости, образующие отложения или плесень, разрушающие изоляцию и токоведущие части электрооборудования.

По степени опасности поражения людей электрическим током различают помещения:

✓ без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность;

✓ с повышенной опасностью, характеризующиеся наличием в них одного из условий, создающих повышенную опасность (сырость или токопроводящая пыль; токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т. п.), высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к металлоконструкциям зданий, имеющим соединение с землей, технологическим аппаратам, механизмам и т. п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования – с другой);

✓ особо опасные помещения, характеризующиеся наличием одного из условий, создающих особую опасность (особая сырость, химически активная среда, одновременно два или более условий повышенной опасности).

### 3.5. Средства электробезопасности.

Средства электробезопасности подразделяются на технические и электрозщитные.

#### *Технические средства электробезопасности*

Технические способы и средства защиты, обеспечивающие электробезопасность, должны устанавливаться с учетом:

❖ номинального напряжения, рода и частоты тока электроустановки;

❖ способа электроснабжения (от стационарной сети, от автономного источника питания электроэнергией);

❖ режима нейтрали (средней точки) источника питания электроэнергией (изолированная, заземленная нейтраль);

❖ вида исполнения (стационарные, передвижные, переносные);

❖ характеристики помещений по степени опасности поражения электрическим током;

❖ возможности снятия напряжения с токоведущих частей, на которых или вблизи которых должна производиться работа;

❖ характера возможного прикосновения человека к элементам цепи тока (однофазное прикосновение, двухфазное прикосновение, прикосновение к металлическим нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением);

❖ возможности приближения к токоведущим частям, находящимся под напряжением, на расстояние меньше допустимого или попадания в зону растекания тока;

❖ видов работ (монтаж, наладка, испытание, эксплуатация электроустановок).

Для обеспечения электробезопасности должны применяться отдельно или в сочетании друг с другом следующие технические способы и средства:

- защитное заземление;
- зануление;
- выравнивание потенциалов;
- малое напряжение;
- электрическое разделение сетей;
- защитное отключение;
- изоляция токоведущих частей (рабочая, дополнительная, усиленная, двойная);
- компенсация токов замыкания на землю;
- оградительные устройства;
- предупредительная сигнализация, блокировка, знаки безопасности;
- средства защиты и предохранительные приспособления.

*Примечание.*

Защитное заземление – это преднамеренное электрическое соединение корпуса оборудования с землей через малое по величине сопротивление (4–10 Ом). При пробое фазы на корпус сравниваются потенциалы оборудования  $\Phi_{об}$  и основной  $\Phi_{осн}$ , а ток через тело человека становится меньше. Применяется в основном в сетях с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В.

Зануление – это преднамеренное электрическое соединение корпуса оборудования с нулевым защитным проводом. При пробое фазы на корпус возникает большой ток короткого замыкания, срабатывают автоматические выключатели или сгорают плавкие вставки предохранителей и установка отключается. Применяется в сетях с заземленной нейтралью напряжением до 1000 В.

Устройство защитного отключения (УЗО) – это быстродействующая защита, реагирующая на замыкание фазы на землю, на прикосновение человека. Характеристика УЗО: установка времени срабатывания 0,05–0,2 с. Применяется как самостоятельное средство защиты и в комплексе с заземлением или занулением.

### *Электрозащитные средства*

Под электрозащитными средствами понимают средства, применение которых предотвращает или уменьшает воздействие на персонал опасных и вредных производственных факторов.

По характеру применения электрозащитные средства подразделяются на средства коллективной и средства индивидуальной защиты.

Электрозащитные средства – это переносимые или перевозимые изделия, предназначенные для защиты людей, работающих с электроуста-

новками, от поражения электрическим током, воздействия электрической дуги, электромагнитных полей и пр. (рис. 7).

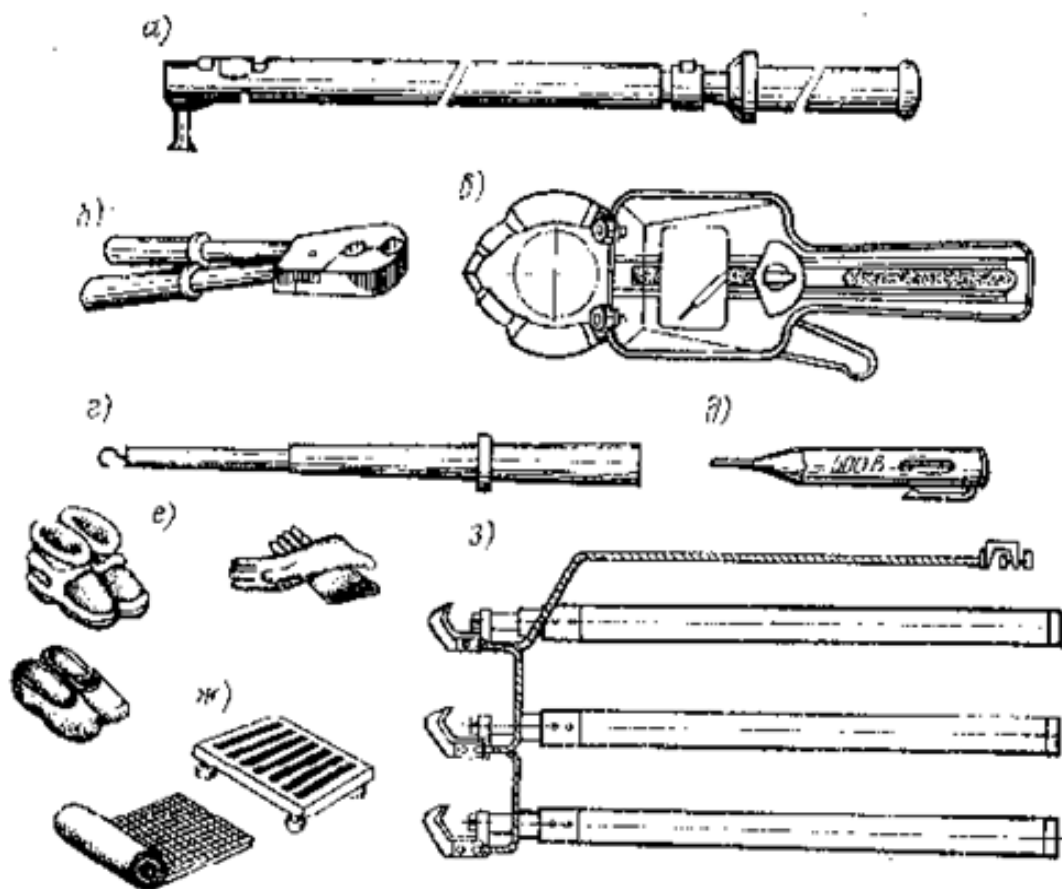


Рис. 7. Электрозачитные средства:  
а) изолирующая штанга; б) изолирующие клещи;  
в) измерительные клещи; г) измеритель напряжения > 1000 В;  
д) измеритель напряжения < 1000 В; е) диэлектрические перчатки, галоши;  
ж) коврики, подставки; з) переносное заземление

Можно использовать также средства индивидуальной защиты: очки, каски, противогазы, респираторы, рукавицы, предохранительные монтерские пояса и страховочные канаты.

## Контрольные вопросы

1. Что такое изоляция?
2. Основные свойства изолирующих материалов, сред?
3. Относительно чего следует различать сопротивление изоляции?
4. Какие токи могут протекать через изолирующие материалы?
5. В каких случаях измеряют сопротивление изоляции переменным и постоянным током?
6. С какой целью регламентируются величины измерительного напряжения?
7. С какой целью проводят измерение состояния изоляции электрических сетей и электрооборудования?
8. В каких случаях и как производится периодический контроль состояния сопротивления изоляции?
9. Где и как производится непрерывный контроль состояния изоляции?
10. Требования к схемам контроля состояния изоляции?
11. Норма допустимых величин сопротивления изоляции электрических сетей и электрооборудования?
12. Периодичность проведения контроля состояния изоляции?
13. Как измеряется сопротивление изоляции в сетях 3-фазного тока?

## 4. Экспериментальная часть

### *Описание лабораторного стенда*

Учебный лабораторный стенд (рис. 8) представляет собой панель, на которой приведена измерительная схема, смонтированы выводы от токонесящих проводов, корпусов («земли») объектов измерения, переключатели, позволяющие изменять режимы работы схемы:

- ✓ участки 3-фазной сети с изолированной или с заземленной нейтралью, нулевым рабочим  $N$  и нулевым защитным проводом  $PE$ ;
  - ✓ TV1 – разделительный трансформатор 220/36 В;
  - ✓ M3 – электрическая дрель;
  - ✓ M1 – электродвигатель 3-фазного переменного тока, включенный через разделительный трансформатор TV1 220/36 В;
  - ✓ M2 – электродвигатель 3-фазного переменного тока;
  - ✓ SA1 – переключатель: изолированная заземленная нейтраль;
  - ✓ SA2 – выключатель сети;
  - ✓ SA3, SA4, SA5, SA6 – выключатели электропотребителей;
  - ✓ FU1–FU17 – плавкие предохранители;
  - ✓ 1–24 – контрольные точки измерений.
- «МОм» – мегомметр – прибор для измерения сопротивления изоляции участков 3-фазной сети переменного тока и электропотребителей.

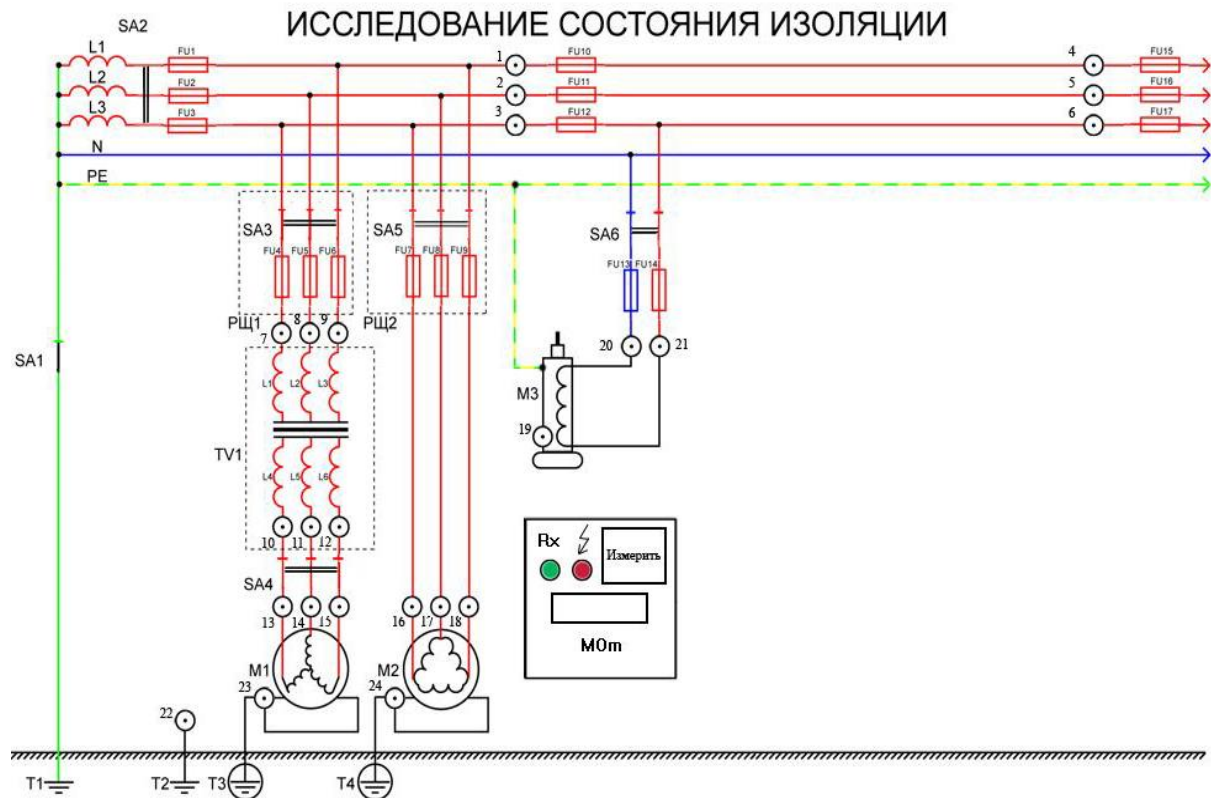


Рис. 8. Электрическая схема лабораторной установки

### **Управление лабораторной установкой**

#### **1. Работа с переключателями SA1–SA6.**

Навести курсор на переключатель и левой клавишей мыши осуществить переключение.

#### **2. Отключение предохранителей FU1–FU17.**

Навести курсор на обозначение предохранителей (блок предохранителей) и левой клавишей мыши отключить предохранители FU1–FU17.

#### **3. Работа с мегомметром.**

Произвести следующие действия:

- на панели «меню» левой клавишей мыши открыть «вид» и левой клавишей мыши выбрать «отобразить провода мегомметра»;
- левой клавишей мыши на мегомметре «МОм» выделить поочередно синим цветом клеммы Rx и ⚡, навести курсор на выбранную точку подключения и левой клавишей мыши соединить точки измерения;
- нажать на кнопку «Измерить» на приборе «МОм». Для этого навести курсор на кнопку «Измерить» и нажать на левую клавишу мыши;
- снять показания мегомметра в МОм;
- если измерение выполнено правильно, то появляется надпись «Измерение выполнено корректно»;
- если измерение выполнено неправильно, то появляется текст с перечнем ошибок и указаниями для их устранения.

## **Порядок выполнения работы**

После изучения теоретической части работы и изучения лабораторного стенда с разрешения преподавателя приступать к выполнению работы.

Подготовить лабораторный стенд к работе по измерению сопротивления изоляции участков 3-фазной сети и потребителей:

- на панели «меню» левой клавишей мыши открыть «вид» и левой клавишей мыши выбрать «отобразить провода мегомметра»;
- выключить сеть при помощи выключателя SA2 (обесточить сеть), для этого навести курсор на переключатель и левой клавишей мыши осуществить переключение;
- отключить предохранители FU1–FU17. Для этого навести курсор на обозначение предохранителей (блок предохранителей) и левой клавишей мыши отключить предохранители FU1–FU17;
- отключить от сети все электропотребители выключателями SA3–SA6. Для этого навести курсор на переключатель и левой клавишей мыши осуществить переключение.

Измерить сопротивление изоляции участков 3-фазной сети переменного тока. Для этого произвести следующие действия.

1. Измерить сопротивления изоляции фазных проводов  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  участка сети (точки измерений 1, 2, 3) относительно земли (точка 22) и сопротивления изоляции относительно фазных проводов относительно друг друга  $R_{1-2}$ ,  $R_{1-3}$ ,  $R_{2-3}$  (точки измерений 1–2, 1–3, 2–3):

- подключить мегомметр «МОм» к точкам измерения. Для этого левой клавишей мыши на мегомметре «МОм» выделить поочередно синим цветом клеммы Rx и  $\sphericalangle$ , навести курсор на выбранную точку подключения и левой клавишей мыши соединить точки измерения;
- нажать на кнопку «Измерить» на приборе «МОм». Для этого навести курсор на кнопку «Измерить» и нажать на левую клавишу мыши;
- снять показания мегомметра в МОм;
- если измерение выполнено правильно, то появляется надпись «Измерение выполнено корректно»;
- если измерение выполнено неправильно, то появляется текст с перечнем ошибок и указаниями для их устранения.

Данные занести в протокол измерений табл. 1.

Таблица 1

Участок измерений	Сопротивление изоляции, МОм, и точки измерений					
	относительно земли (точка 22)			относительно друг друга		
	1 (R1)	2 (R2)	3 (R3)	1–2 (R1–2)	1–3 (R1–3)	2–3 (R2–3)
Участок 3-фазной сети						



2. Измерить сопротивления изоляции фазных проводов  $R_4$ ,  $R_5$ ,  $R_6$  участка сети (точки измерений 4, 5, 6) относительно земли (точка 22) и сопротивления изоляции фазных проводов относительно друг друга  $R_{4-5}$ ,  $R_{4-6}$ ,  $R_{5-6}$  (точки измерений 4–5, 4–6, 5–6):

- подключить мегомметр «МОм» к точкам измерения. Для этого левой клавишей мыши на мегомметре «МОм» выделить поочередно синим цветом клеммы  $R_x$  и  $\text{↯}$ , навести курсор на выбранную точку подключения и левой клавишей мыши соединить точки измерения;
- нажать на кнопку «Измерить» на приборе «МОм». Для этого навести курсор на кнопку «Измерить» и нажать на левую клавишу мыши;
- снять показания мегомметра в МОм;
- если измерение выполнено правильно, то появляется надпись «Измерение выполнено корректно»;
- если измерение выполнено неправильно, то появляется текст с перечнем ошибок и указаниями для их устранения.

Данные занести в протокол измерений табл. 2.

Таблица 2

Участок измерений	Сопротивление изоляции, МОм, и точки измерений					
	относительно земли (точка 22)			относительно других фаз		
	4 ( $R_4$ )	5 ( $R_5$ )	6 ( $R_6$ )	4–5 ( $R_{4-5}$ )	4–6 ( $R_{4-6}$ )	5–6 ( $R_{5-6}$ )
Участок 3-фазной сети						

3. Измерить сопротивление изоляции разделительного трансформатора TV1.

Измерить сопротивления изоляции первичной обмотки  $R_7$ ,  $R_8$ ,  $R_9$  (точки измерений 7, 8, 9) относительно «земли» (точка 22):

- подключить мегомметр «МОм» к точкам измерения. Для этого левой клавишей мыши на мегомметре «МОм» выделить поочередно синим цветом клеммы  $R_x$  и  $\text{↯}$ , навести курсор на выбранную точку подключения и левой клавишей мыши соединить точки измерения;
- нажать на кнопку «Измерить» на приборе «МОм». Для этого навести курсор на кнопку «Измерить» и нажать на левую клавишу мыши;
- снять показания мегомметра в МОм;
- если измерение выполнено правильно, то появляется надпись «Измерение выполнено корректно»;
- если измерение выполнено неправильно, то появляется текст с перечнем ошибок и указаниями для их устранения.

Данные занести в протокол измерений табл. 3.

Измерить сопротивления изоляции вторичной обмотки  $R_{10}$ ,  $R_{11}$ ,  $R_{12}$  (точки измерений 10, 11, 12) относительно «земли» (точка 22):

- подключить мегомметр «МОм» к точкам измерения. Для этого левой клавишей мыши на мегомметре «МОм» выделить поочередно синим цветом клеммы  $R_x$  и  $\text{⚡}$ , навести курсор на выбранную точку подключения и левой клавишей мыши соединить точки измерения;
- нажать на кнопку «Измерить» на приборе «МОм». Для этого навести курсор на кнопку «Измерить» и нажать на левую клавишу мыши;
- снять показания мегомметра в МОм;
- если измерение выполнено правильно, то появляется надпись «Измерение выполнено корректно»;
- если измерение выполнено неправильно, то появляется текст с перечнем ошибок и указаниями для их устранения.

Данные занести в протокол измерений табл. 3.

Таблица 3

Участок измерений	Сопротивление изоляции, МОм, и точки измерений								
	относительно земли (точка 22)						относительно других обмоток		
	7 (R7)	8 (R8)	9 (R9)	10 (R10)	11 (R11)	12 (R12)	7-10 (R7-10)	8-11 (R8-11)	9-12 (R9-12)
Разделительный трансформатор TV1									

Измерить сопротивление изоляции между первичной и вторичной обмотками трансформатора  $R_{7-10}$ ,  $R_{8-11}$ ,  $R_{9-12}$  (точки измерений 7–10, 8–11, 9–12):

- подключить мегомметр «МОм» к точкам измерения. Для этого левой клавишей мыши на мегомметре «МОм» выделить поочередно синим цветом клеммы  $R_x$  и  $\text{⚡}$ , навести курсор на выбранную точку подключения и левой клавишей мыши соединить точки измерения;
- нажать на кнопку «Измерить» на приборе «МОм». Для этого навести курсор на кнопку «Измерить» и нажать на левую клавишу мыши;
- снять показания мегомметра в МОм;
- если измерение выполнено правильно, то появляется надпись «Измерение выполнено корректно»;
- если измерение выполнено неправильно, то появляется текст с перечнем ошибок и указаниями для их устранения.

Данные занести в протокол измерений табл. 3.

4. Измерить сопротивления изоляции обмоток электродвигателя М1  $R_{13-15}$  (точки измерений 13–15) относительно корпуса (точка 23):

- подключить мегомметр «МОм» к точкам измерения. Для этого левой клавишей мыши на мегомметре «МОм» выделить поочередно синим

цветом клеммы R<sub>x</sub> и ⚡, навести курсор на выбранную точку подключения и левой клавишей мыши соединить точки измерения;

- нажать на кнопку «Измерить» на приборе «МОм». Для этого навести курсор на кнопку «Измерить» и нажать на левую клавишу мыши;
- снять показания мегомметра в МОм;
- если измерение выполнено правильно, то появляется надпись «Измерение выполнено корректно»;
- если измерение выполнено неправильно, то появляется текст с перечнем ошибок и указаниями для их устранения.

Данные занести в протокол измерений табл. 4.

Таблица 4

Участок измерений	Сопротивление изоляции, МОм, и точки измерений							
	относительно корпуса (точка 23)			относительно корпуса (точка 24)			относительно корпуса (точка 19)	
	13 (R13)	14 (R14)	15 (R15)	16 (R16)	17 (R17)	18 (R18)	20 (R20)	21 (R21)
Электродвигатель М1				————			————	
Электродвигатель М2	————						————	
Электродрель М3	————			————				

5. Измерить сопротивления изоляции обмоток электродвигателя М2 R<sub>16</sub>–R<sub>18</sub> (точки измерений 16–18) относительно корпуса (точка 24):

- подключить мегомметр «МОм» к точкам измерения. Для этого левой клавишей мыши на мегомметре «МОм» выделить поочередно синим цветом клеммы R<sub>x</sub> и ⚡, навести курсор на выбранную точку подключения и левой клавишей мыши соединить точки измерения;
- нажать на кнопку «Измерить» на приборе «МОм». Для этого навести курсор на кнопку «Измерить» и нажать на левую клавишу мыши;
- снять показания мегомметра в МОм;
- если измерение выполнено правильно, то появляется надпись «Измерение выполнено корректно»;
- если измерение выполнено неправильно, то появляется текст с перечнем ошибок и указаниями для их устранения.

Данные занести в протокол измерений табл. 4.

6. Измерить сопротивления изоляции электродрели М3 – R<sub>20</sub>, R<sub>21</sub> (точки измерений 20, 21) относительно корпуса (точка 19):

- подключить мегомметр «МОм» к точкам измерения. Для этого левой клавишей мыши на мегомметре «МОм» выделить поочередно синим

цветом клеммы Rх и  $\sphericalangle$ , навести курсор на выбранную точку подключения и левой клавишей мыши соединить точки измерения;

- нажать на кнопку «Измерить» на приборе «МОм». Для этого навести курсор на кнопку «Измерить» и нажать на левую клавишу мыши;
- снять показания мегомметра в МОм;
- если измерение выполнено правильно, то появляется надпись «Измерение выполнено корректно»;
- если измерение выполнено неправильно, то появляется текст с перечнем ошибок и указаниями для их устранения.

Данные занести в протокол измерений табл. 4.

На основании полученных данных измерений сделать выводы о состоянии изоляции:

- ❖ участков 3-фазной сети переменного тока;
- ❖ обмоток разделительного трансформатора TV1;
- ❖ обмоток электродвигателей M1 и M2;
- ❖ электрической дрели M3.

### ***Отчет о выполненной работе***

*Отчет должен содержать:*

- ❖ наименование лабораторной работы;
- ❖ схемы измерений;
- ❖ результаты измерений (см. бланк отчета);
- ❖ выводы о состоянии сопротивления изоляции и возможности дальнейшей эксплуатации участков 3-фазной сети, разделительного трансформатора TV1, электродвигателей M1 и M2, электродрели M3.

## Лабораторная работа 2

### ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ

Состав бригады: \_\_\_\_\_ 20 г.

#### Результаты измерений

Таблица 1

Участок измерений	Сопротивление изоляции, МОм, и точки измерений					
	относительно земли (точка 22)			относительно друг друга		
	1 (R1)	2 (R2)	3 (R3)	1–2 (R1–2)	1–3 (R1–3)	2–3 (R2–3)
Участок 3-фазной сети						

Таблица 2

Участок измерений	Сопротивление изоляции, МОм, и точки измерений					
	относительно земли (точка 22)			относительно других фаз		
	4 (R4)	5 (R5)	6 (R6)	4–5 (R4–5)	4–6 (R4–6)	5–6 (R5–6)
Участок 3-фазной сети						

Таблица 3

Участок измерений	Сопротивление изоляции, МОм, и точки измерений								
	относительно земли (точка 22)						относительно других обмоток		
	7 (R7)	8 (R8)	9 (R9)	10 (R10)	11 (R11)	12 (R12)	7–10 (R7–10)	8–11 (R8–11)	9–12 (R9–12)
Разделительный трансформатор TV1									

Таблица 4

Участок измерений	Сопротивление изоляции, МОм, и точки измерений								
	относительно корпуса (точка 23)			относительно корпуса (точка 24)			относительно корпуса (точка 19)		
	13 (R13)	14 (R14)	15 (R15)	16 (R16)	17 (R17)	18 (R18)	20 (R20)	21 (R21)	
Электродвигатель М1									
Электродвигатель М2									
Электродрель М3									

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баклашов, Н. И. Охрана труда на предприятиях связи / Н. И. Баклашов, Н. А. Короткова. – М. : Радио и связь, 1985.
2. Безопасность деятельности: энциклопедический словарь / Под ред. О. Н. Русака. – СПб. : Информационное изд-во «Лик», 2003.
3. Воздвиженский, Ю. М. Безопасность жизнедеятельности на предприятиях связи / Ю. М. Воздвиженский, Н. А. Короткова, Е. Н. Костромина, С. А. Овчинников, Г. И. Бучин; СПбГУТ. – СПб., 2009.
4. Воздвиженский, Ю. М. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие для подготовки к лабораторным работам / Ю. М. Воздвиженский, В. К. Иванов, Н. А. Короткова, Е. Н. Костромина, С. А. Овчинников; СПбГУТ. – СПб., 2007.
5. Охрана труда. – М. : Высш. шк., 1982.
6. Правила устройства электроустановок. – 7-е изд. – СПб. : ЦОТ-ПБСП, 2002.
7. ГОСТ 12.1.009–76. ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения.

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Лабораторная работа 1.</i> Исследование электробезопасности 3-фазных сетей переменного тока.....	3
<i>Лабораторная работа 2.</i> Исследование состояния изоляции 3-фазных сетей переменного тока.....	24

**Владимир Кузьмович Иванов**

***Экология и безопасность  
жизнедеятельности***

**Исследование опасности  
3-фазных сетей переменного тока**

**Методические рекомендации к лабораторным работам**

***Часть 1***

Ответственный редактор ***Ю. М. Воздвиженский***

Редактор ***И. И. Щенсяк***  
Верстка ***Е. В. Пироговой***

План 2012 г., п. 46  
Подписано к печати 26.06.2012  
Объем 2,75 усл. печ. л. Тираж 230 экз. Заказ 190  
Издательство СПбГУТ. 191186 СПб., наб. р. Мойки, 61  
Отпечатано в СПбГУТ

**В. К. Иванов**

***ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ  
ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ***

***ИССЛЕДОВАНИЕ ОПАСНОСТИ  
3-ФАЗНЫХ СЕТЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА***

*Методические рекомендации к лабораторным работам*

***Часть 1***

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2012**