



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и наземного оборудования»

Практикум

по дисциплине

«Организационные и технические методы обеспечения безопасности в профессиональной сфере»

Авторы
Годунова Л.Н.
Решенкин А.С.

Ростов-на-Дону, 2023

Аннотация

Разработанные материалы соответствуют основной образовательной программе по направлению подготовки магистров 25.04.01 «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей», профиль «Техническая эксплуатация авиационной техники», форма обучения очная, очная-заочная, заочная, при выполнении практических заданий и выпускных квалификационных работ по разработке технологий и оборудования.

Авторы

Кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры «Техническая
эксплуатация летательных аппаратов и
наземного оборудования»
Годунова Л.Н.

Кандидат технических наук, профессор,
заведующий кафедры «Техническая
эксплуатация летательных аппаратов и
наземного оборудования»
Решенкин А.С.



Оглавление

Практическая работа №1	4
Практическая работа №2	17
Практическая работа №3	26
Практическая работа №4	34
Практическая работа №5	44
Практическая работа №6	52
Практическая работа №7	63
Практическая работа №8	70
Практическая работа №9	81
Практическая работа №10	91
Практическая работа №11	97
Практическая работа №12	112
Практическая работа №13	120
Практическая работа №14	129
Практическая работа №15	133
Перечень использованных информационных ресурсов.....	141

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1

Оказание первой помощи при травмах

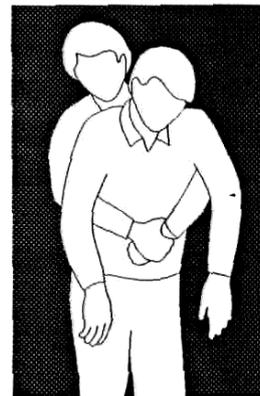
Цель работы: Ознакомиться и освоить практически своевременное правильное выполнение простейших приёмов первой медицинской помощи при травмах.

Первая помощь – это комплекс простейших медицинских действий, выполняемых непосредственно на месте происшествия в кратчайшие сроки после травмы.

Ее оказывают, как правило, не медицинские работники.

Оказывающий помощь должен знать:

- основные признаки нарушения жизненно важных функций организма человека;
- общие принципы оказания первой помощи и ее приемы применительно к характеру полученного пострадавшим повреждения;
- основные способы переноски и эвакуации пострадавших.



Оказывающий помощь должен уметь:

- быстро и правильно оценивать ситуацию, действовать в экстремальных условиях;
- оценивать состояние пострадавшего, диагностировать вид, особенности поражения (травмы), определять вид необходимой первой медицинской помощи, последовательность проведения соответствующих мероприятий, контролировать эффективность, при необходимости – осуществлять коррекцию мероприятий;
- правильно осуществлять весь комплекс экстренной реанимационной помощи, контролировать эффективность, корректировать реанимационные мероприятия с учетом состояния пострадавшего;
- останавливать кровотечение путем наложения жгута, давящих повязок и др., накладывать повязки, косынки, транспортные шины при переломах костей скелета, тяжелых ушибах;
- оказывать помощь при поражениях электрическим током, в том числе в экстремальных условиях, при утоплениях, тепловом, солнечном ударе, при острых отравлениях;
- использовать подручные средства при оказании первой медицинской помощи, при переносе, погрузке, транспортировке пострадавшего;
- определять необходимость вызова скорой медицинской помощи, эвакуировать пострадавшего попутным (неприспособленным) транспортом, пользоваться аптечкой первой помощи.

Обеспечение медицинскими средствами и препаратами

Для правильной организации первой помощи на каждом предприятии, в цехе, на участке, в местах постоянного дежурства **необходимо иметь:**

- аптечки с набором необходимых медикаментов и медицинских средств;
- плакаты с изображением приемов оказания первой медицинской и экстренной реанимационной помощи пострадавшим, вывешенные на видных местах;
- указатели и знаки для облегчения поиска аптек первой помощи и здравпунктов.

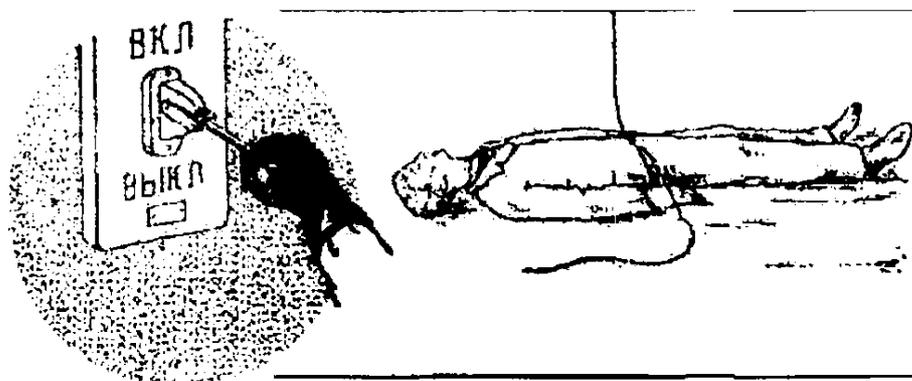
При выполнении работ сторонними организациями их персонал должен быть ознакомлен с местами расположения аптек и здравпунктов

1 Поражение человека электрическим током

При поражении электрическим током не прикасайтесь к поражённому человеку, так как он находится под напряжением и является проводником тока. Необходимо, прежде всего, освободить человека от действия тока. Для этого можно отключить электроустановку от сети, перерубить провода топором или другим режущим инструментом с деревянной или другой изолированной (нетокопроводящей) рукояткой, откинуть провод от пострадавшего сухой палкой или с помо-



щью другого нетокопроводящего предмета.



При невозможности освобождения вышеуказанными способами необходимо оторвать пострадавшего от токоведущих частей электроустановки. При этом лучше всего использовать специальные диэлектрические перчатки. При отсутствии перчаток можно обмотать руки сухой одеждой. Во всех случаях освобождения человека от тока необходимо избегать прикосновения к открытым частям тела пострадавшего и принимать дополнительные меры самоизоляции от земли путём подкладывания себе под ноги сухой доски, одежды, резинового коврика, резиновой обуви и других подручных нетокопроводящих средств. Если пострадавший находится на высоте, необходимо принять меры для безопасного падения его с высоты.



После освобождения человека от действия электрического тока его следует уложить в удобное положение на мягкую подстилку и проверить наличие пульса и дыхания, обратить внимание на состояние зрачков глаз, одновременно вызвать врача.

2. Основные признаки нарушения жизненно важных функций организма человека

Основными признаками нарушения жизненно важных функций организма человека являются потеря сознания, отсутствие пульса, дыхания.

- **Нарушение или отсутствие сознания** можно определить по ширине зрачка. Расширенный зрачок (примерно 5мм в диаметре) указывает на резкое ухудшение или прекращение кровоснабжения мозга



- **Наличие дыхания** определяют визуально, по подъему и опусканию грудной клетки

- Работу сердца можно определить по пульсу на запястье и пульсу на сонной артерии

Запомни!
Отсутствие пульса на сонной артерии - основной признак остановки кровообращения.

ЗАПОМНИ!

Только 3-4 минуты после остановки кровообращения существует реальная возможность реанимировать человека, сохранив его интеллект.

Оказание помощи следует начинать с восстановления сердечной деятельности и дыхания.

Как только ты увидел признаки остановки сердца, **необходимо:**

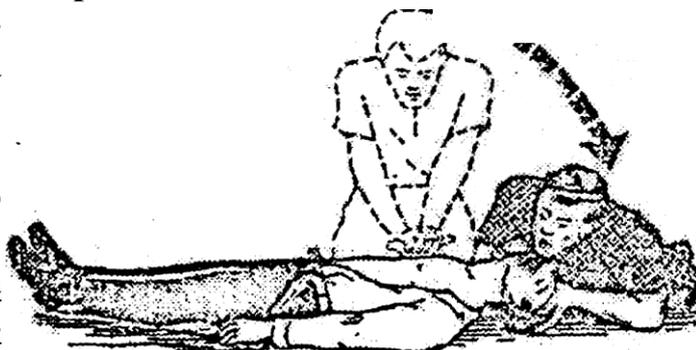
- повернуть пострадавшего на спину;
- нанести прекардиальный удар, цель которого как можно сильнее сотрясти грудную клетку, что должно послужить толчком к запуску остановившегося сердца.

Непрямой массаж сердца обеспечивает искусственные сокращения мышцы сердца, восстановление кровообращения

Проведение искусственного дыхания и непрямого массажа сердца одним лицом:

При проведении непрямого массажа сердца необходимо строго соблюдать следующие правила:

- Надавливать на грудину в строго определенном месте: на 2-3см выше мечевидного отростка (в точке прекардиального удара);
- Ладонь следует расположить по средней линии грудины так, чтобы большой палец был направлен либо на подбородок, либо на живот пострадавшего
- Давить на грудину нужно только прямыми руками;
- При проведении сердечной реанимации необходимо смещать грудину вовнутрь на 3-4см по направлению к позвоночнику;
- Каждое следующее движение следует начинать только после того, как грудная клетка вернется в исходное положение.



Нельзя прекращать непрямой массаж сердца при таких признаках ее эффективности, как сужение зрачков и порозовение кожи лица, но при отсутствии пульса на сонной артерии.

ЗАПОМНИ!

Проводить непрямой массаж сердца даже при отсутствии признаков его эффективности следует не менее 20-30 минут.

Искусственная вентиляция легких (ИВЛ) проводится при отсутствии пульса и дыхания.

У пострадавшего в положении лежа на спине может произойти западание языка и затекание в дыхательные пути слизи, крови и содержимого желудка.

Прежде всего необходимо с помощью указательного пальца, обернутого марлей или носовым платком, удалить из ротовой полости все содержимое.



- Выдохнуть в пострадавшего весь объем своих легких с максимальным усилием. Показателем эффективности вдоха будет подъем грудной клетки.

Частота ИВЛ (раздуваний легких) должна составлять

10 - 12 раз в минуту (примерно один раз в 5 сек)

9.3. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ И ПРИЕМЫ ОКАЗАНИЯ ПЕРВОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ

-  МЕХАНИЧЕСКИЕ ТРАВМЫ. ОСТРЫЕ КРОВОТЕЧЕНИЯ.
-  ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ ПЕРЕЛОМАХ.
-  ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ УШИБАХ.
-  ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ РАНЕНИИ.
-  ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ ОЖОГАХ.
-  ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ ОБМОРОЖЕНИЯХ.
-  ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ ПОПАДАНИИ ИНОРОДНЫХ ТЕЛ ПОД КОЖУ ИЛИ В ГЛАЗА.
-  ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ ОБМОРОКЕ, ТЕПЛОВОМ И СОЛНЕЧНОМ УДАРАХ И ОТРАВЛЕНИЯХ.
-  УНИВЕРСАЛЬНАЯ СХЕМА ОКАЗАНИЯ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ НА МЕСТЕ ПРОИСШЕСТВИЯ.

МЕХАНИЧЕСКИЕ ТРАВМЫ. ОСТРЫЕ КРОВОТЕЧЕНИЯ

Оказывающий помощь должен:

- оценить состояние пострадавшего;

- определить в какой помощи он нуждается в первую очередь;
- определить характер и тяжесть травмы.



Основные причины кровотечений:

- механические повреждения – ранения, тупые травмы любых областей и органов сердца, крупных сосудов, капиллярных сосудов конечностей, печени, почек и др.;
- термические повреждения (ожоги, обморожения);
- отравления (фосфором, бензолом и др.);
- заболевания желудочно-кишечного тракта (язва желудка, геморрой);
- заболевания органов дыхания (воспаление легких, опухоли и др.).

Различают кровотечения наружные и внутренние.

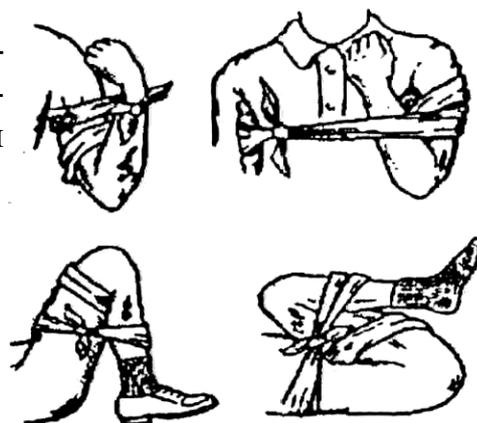
Наружные кровотечения могут быть:

- артериальными;
- венозными;
- смешанными.

При наружном артериальном кровотечении необходимо:

- временно остановить кровотечение путем прижатия пальцами артерии выше места ранения;

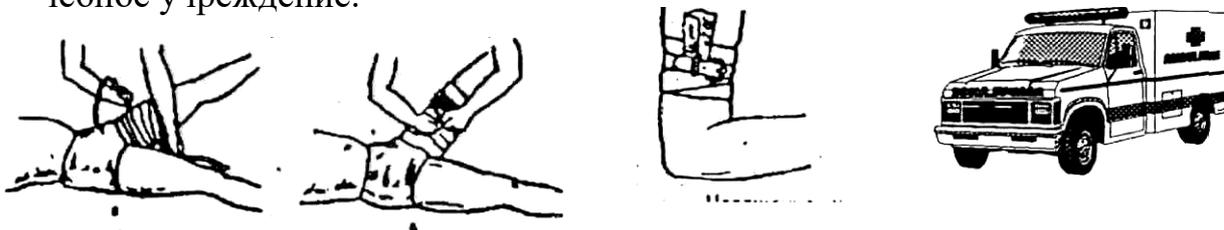
- при ранениях лучевой, локтевой, бедренной, подколенной артерий применить методы фиксации конечности для сдавливания сосудов;



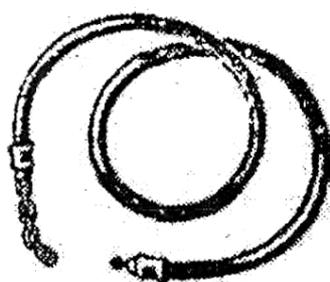
- при умеренном кровотечении наложить давящую повязку;



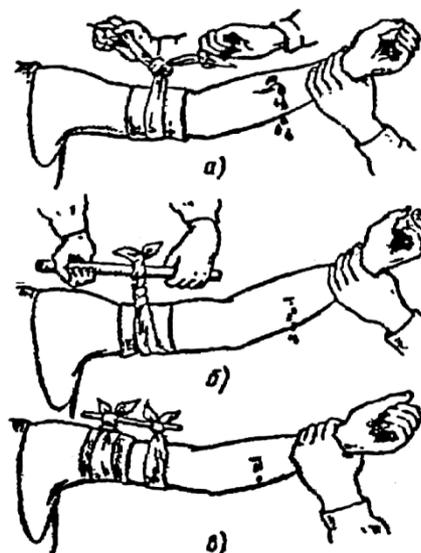
- при сильном кровотечении наложить жгут и вызвать машину скорой помощи (или другой транспорт), подготовить пострадавшего к срочной эвакуации в лечебное учреждение.



Остановка кровотечения жгутом.



В качестве жгута лучше всего использовать какую-либо упругую растягивающуюся ткань, резиновую трубку, подтяжки и т.п. Перед наложением жгута конечность (руку или ногу) нужно поднять. Можно накладывать жгут поверх рукава или брюк. Натягивать жгут нужно только до прекращения кровотечения.



Не допускается держать наложенный жгут больше 1,5 - 2,0 часов.

Если кровотечение полностью не прекратилось, следует наложить еще несколько оборотов жгута (более туго).

Остановка кровотечения закруткой.

Перетянуть конечность можно закруткой, сделанной из нерастягивающегося материала: галстука, пояса, скрученного платка, веревки.

- завязывание узла;
- закручивание с помощью палочки;
- закрепление палочки.

Внутреннее кровотечение может возникнуть при закрытых травмах головы, груди, живота, при язвенной болезни желудка, кишечника и др.

Симптомы:

- головокружение, одышка, прогрессирующая слабость, вялость, быстрая утомляемость, сонливость, шум в ушах, жажда, потемнение в глазах;
- возможны потеря сознания, обморок;
- дыхание учащенное, поверхностное;
- пульс частый, слабый.

Первая помощь:

1. Во всех случаях обеспечить пострадавшему полный покой.
2. При кровотечениях в брюшную полость: уложить пострадавшего на спину, холод на живот.
3. При кровотечениях в грудную полость, а также из носа – положение полусидя.
4. При кровотечениях в полость рта – уложить на живот, повернуть голову в сторону.
5. При кровотечении из носа следует обеспечить холод на нос – ближе к основанию и по бокам, сжать ноздри пальцами на 2-3 мин. (до 20 мин.). Можно ввести в нос тампон, смоченный 3% раствором перекиси водорода.
6. Вызвать медицинского работника, при возможности – скорую медицинскую помощь.



ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ ПЕРЕЛОМАХ

Первой помощью, как при открытом переломе, так и при закрытом, является иммобилизация (создание покоя) поврежденной конечности. Для иммобилизации используются готовые шины, а также палки, доски, линейка, куски фанеры и т.п.

Открытые переломы требуют особого внимания. Иммобилизация осуществляется в соответствии с приводимыми ниже указаниями.

На рану следует наложить стерильную повязку.

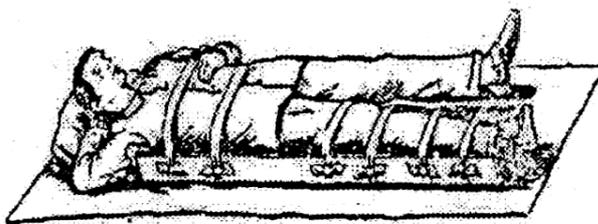
При кровотечении из артерий наложить жгут.

Вправлять отломки, касаться раны нельзя!

При закрытом переломе следует снимать с пострадавшего одежду – шину нужно накладывать поверх нее.

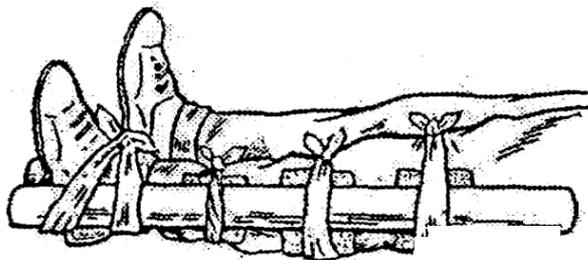
К месту травмы необходимо прикладывать "холод" (резиновый пузырь со льдом, снегом, холодной водой, холодные примочки) для уменьшения боли.

При переломе или вывихе бедренной кости нужно укрепить больную ногу шиной с наружной стороны так, чтобы один конец шины доходил до подмышки, а другой достигал пятки.



Вторую шину накладывают на внутреннюю сторону поврежденной ноги от промежности до пятки.

При переломе или вывихе костей голени фиксируют коленный и голеностопный суставы.



ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ УШИБАХ

Признаки:

- припухлость;
- боль при прикосновении к месту ушиба.

Первая помощь:

1. к месту ушиба нужно приложить "холод";
2. наложить тугую повязку;
3. не следует смазывать ушибленное место настойкой йода, растирать и накладывать согревающий компресс, так как это лишь усиливает боль.



ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ РАНЕНИИ

Для оказания первой помощи при ранении необходимо вскрыть имеющийся в аптечке индивидуальный пакет, наложить повязку.

Следует знать, что всякая рана может загрязниться микробами, находящимися на ранящем предмете, на коже пострадавшего, а также в пыли, земле, на руках оказывающего помощь, перевязочном материале.

Оказывающему помощь необходимо соблюдать следующие правила:

- **нельзя промывать рану водой** или каким-либо лекарственным веществом, засыпать порошком и смазывать мазями, так как это препятствует ее заживлению, способствует занесению в нее грязи с поверхности кожи и может вызвать нагноение;
- **нельзя убирать из раны песок, землю, камешки и т.п.**, так как

удалить таким образом все, что загрязняет рану, невозможно. **Нужно осторожно снять грязь вокруг раны, очищая кожу от ее краев наружу, чтобы не загрязнять рану. Очищенный участок вокруг раны нужно смазать настойкой йода перед наложением повязки;**

- **нельзя удалять из раны сгустки крови, инородные тела, так как это может вызвать кровотечение;**
- **нельзя заматывать рану изоляционной лентой.**



ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ ОЖОГАХ

Ожоги делятся на **четыре степени** в зависимости от площади и глубины поражения тела человека огнем, горячей водой, паром, расплавленным металлом, электрическим током, химическим действием кислот и щелочей:

- **первая степень** ожога характеризуется покраснением, отеком, болезненными ощущениями;
- **вторая** – появлением пузырей, наполненных жидкостью желтоватого цвета
- **третья** – наступлением неполного омертвления кожи
- **четвертая** (самая тяжелая) – наличием коричневого или черного струпа различной толщины, омертвлением кожи

Термические и электрические ожоги

Первая помощь при ожогах направлена на защиту пораженных участков от инфекции, микробов и на борьбу с шоком.

На небольшие ожоги II-IV степени накладывают стерильную повязку, а при тяжелых и обширных ожогах необходимо воспользоваться простыней, которой одним щадящим движением быстро накрыть поврежденный участок и так же легко снять в больнице.

ЧТО НЕОБХОДИМО СДЕЛАТЬ В ПЕРВЫЕ МИНУТЫ ПОСЛЕ НЕСЧАСТНОГО СЛУЧАЯ?

- *Накрыть поврежденную поверхность чистой тканью.*
- *Приложить холод.*
- *Обезболить.*
- *Предложить обильное питье.*
- *Обеспечить пострадавшему полный покой.*

Своевременное применение холода позволяет не только избежать образования пузырей и уменьшить боль, но и в большинстве случаев избежать развития ожогового шока.

Достаточно обложить обожженную поверхность пузырями со льдом или целлофановыми пакетами, наполненными снегом или холодной водой, чтобы значительно уменьшить плазмопотерю.

Химические ожоги.

При химических ожогах глубина повреждения тканей **зависит от длительности воздействия химического вещества**. Поэтому важно как можно скорее уменьшить концентрацию химического вещества и время его воздействия. Для этого пораженное место **сразу же промывают большим количеством проточной холодной воды** в течение 15-20 минут.

Если кислота или щелочь попала на кожу через одежду, то **сначала надо смыть ее водой с одежды, а потом осторожно разрезать и снять с пострадавшего мокрую одежду, после чего промыть кожу**.

При попадании на тело человека серной кислоты или щелочи **в твердом виде необходимо удалить ее сухой ватой или кусочком ткани, а затем пораженное место тщательно промыть водой**.

Щелочные ожоги обрабатывают 1-2%-ным раствором кислоты (борной, лимонной), а кислотные - мыльным или содовым раствором.



ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ ОБМОРОЖЕНИЯХ

Повреждение тканей в результате воздействия низкой температуры называется обморожением.

Первая помощь заключается в **немедленном согревании пострадавшего**, особенно обмороженной части тела, для чего пострадавшего надо как можно быстрее перевести в теплое помещение.

После согревания обмороженные участки тела надо **высушить (протереть), закрыть стерильной повязкой и тепло укрыть**.

Можно производить массаж чистыми руками, начиная от периферии к туловищу; при обморожении ограниченных участков тела (нос, уши) можно согревать их с помощью тепла рук оказывающего первую помощь.

НЕЛЬЗЯ!

- Смазывать обмороженные участки тела жиром и мазями.
- Растирать обмороженные места снегом.
- Растирать обмороженные места варежкой, суконкой, носовым платком.



ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ ПОПАДАНИИ ИНОРОДНЫХ ТЕЛ ПОД КОЖУ ИЛИ В ГЛАЗА

При попадании инородного тела под кожу (или под ноготь) удалять его можно лишь в том случае, если есть уверенность, что это можно сделать легко и полностью. При малейшем затруднении следует обратиться к врачу.

После удаления инородного тела необходимо смазать место ранения настойкой йода и наложить повязку.

Инородные тела, попавшие в глаз, лучше всего удалять промыванием струей воды из стакана, с ватки или марли, с помощью питьевого фонтанчика, направляя струю от наружного угла глаза (от виска) к внутреннему (к носу). Тереть глаз не следует.



ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ ОБМОРОКЕ, ТЕПЛОВОМ И СОЛНЕЧНОМ УДАРАХ И ОТРАВЛЕНИЯХ

Симптомы предобморочного состояния:

- головокружение;
- тошнота;
- стеснение в груди;
- недостаток воздуха;
- потемнение в глазах.



Первая помощь. В лёгких случаях пострадавшего уложить, давать обильное питье. В тяжёлых случаях перенести пострадавшего в затемнённое прохладное место, раздеть, прикладывать холодные компрессы на голову, облить тело холодной водой. После оказания первой помощи срочно направить пострадавшего в медицинское учреждение.



УНИВЕРСАЛЬНАЯ СХЕМА ОКАЗАНИЯ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ НА МЕСТЕ ПРОИСШЕСТВИЯ

I	Если нет сознания и нет пульса на сонной артерии - приступить к реанимации
II	Если нет сознания, но есть пульс на сонной артерии - повернуть на живот и очистить ротовую полость
III	При артериальном кровотечении - наложить жгут
IV	При наличии ран - наложить повязки
V	Если есть признаки переломов костей конечностей - наложить транспортные шины

Задание. Оказание первой помощи условно пострадавшему при несчастном случае.

Задание выполняется в следующем порядке.

1. Указать наименование травмы.
2. Указать признаки обнаружения травмы.
3. Описать кратко последовательность действий и их содержание при оказании первой помощи.

Содержание отчёта

Отчёт должен отвечать требованиям общих методических указаний и содержать заполненную таблицу 1.

Таблица 1

Вид травмы	Признаки травмы	Меры первой помощи и транспортировки (описание порядка, схемы, рисунки)

Контрольные вопросы

1. Понятие первой помощи, что должен знать и уметь оказывающий первую помощь.
2. Способы освобождения человека от действия электротока.
3. Перечислить порядок проведения искусственного дыхания.
4. Перечислить порядок проведения наружного массажа сердца.
5. Как остановить артериальное кровотечение?
6. Как остановить венозное кровотечение?
7. В чём заключается первая помощь при ушибах?
8. В чём заключается первая помощь при ранении?
9. В чём заключается первая помощь при ожогах и обморожении?
10. Первая помощь при попадании инородных тел под кожу и в глаза.
11. Первая помощь при обмороке, тепловом и солнечном ударах.
12. Универсальная схема оказания первой помощи на месте происшествия.

Практическая работа №2

«Определение удельного электрического сопротивления земли»

Цель работы: ознакомиться с удельным электрическим сопротивлением грунтов и научиться его измерять.

Общие сведения

Одним из методов защиты от поражения электрическим током является заземление. Эффективность работы заземления зависит от электрического сопротивления земли, которое обычно характеризуют объемным удельным сопротивлением, то есть сопротивлением куба грунта со стороной 1 м (иногда 1 см). Единицей удельного сопротивления является Ом, умноженный на метр (или сантиметр), то есть Ом·м (Ом·см). Сопротивление земли определяется родом грунта, его влажностью, температурой, уплотненностью, временем года (сезоном), и значения его колеблются в широких пределах.

В состав земли входят твердая, жидкая и газообразная фазы. Твердая фаза – это различные минералы, жидкая – вода и ее растворы, газообразная – воздух и водяные пары. Твердая фаза в сухом состоянии обладает большим (10^4 Ом·м и более) удельным сопротивлением, так же как и газообразная. Вода с растворенными в ней солями имеет небольшое сопротивление и, находясь в грунте, существенно влияет на его проводимость, увеличивая ее в десятки и даже сотни раз. Водяной раствор проводит ток за счет движения ионов. Поэтому чем больше воды (до определенных пределов), тем меньше удельное сопротивление грунта. Однако при очень высокой концентрации ионов, то есть большом количестве растворенных веществ в воде, движение ионов ослабевает из-за сил взаимного притяжения. Сопротивление грунта резко падает с увеличением влажности до 15-20% по массе, далее изменяется очень незначительно и от 90% вновь увеличивается.

В естественных условиях влажность грунта выше весной, осенью и летом во время дождей и таяния снега. В сухую погоду летом и при замерзании грунта зимой сопротивление его возрастает. Особенно интенсивно это происходит зимой, так как известно, что лед является диэлектриком. По данным исследований удельное сопротивление грунта изменяется от 100-600 Ом·м при полном оттаивании до 100-500 кОм·м при максимальном промерзании. На границе вечной мерзлоты (10-15 м и глубже) сопротивление практически не изменяется. Летние и зимние колебания сопротивления земли бывают в верхнем, зависящем от атмосферных осадков, слое грунта. Наблюдать вышесказанное можно на рисунке 1.

Сопротивление грунта зависит от его уплотненности, так как в этом случае меньше остается воздушных промежутков и больше проводящего слоя. Изменения удельного сопротивления грунта от влажности и сезона года учитывают введением поправочного коэффициента – коэффициента сезонности, на который умножают при расчетах. Коэффициент сезона представляют (таблица 1) в зависимости от климатической зоны. Каждая климатическая зона

определяется средней многолетней низшей и высшей температурами, количеством осадков и продолжительностью замерзания воды.

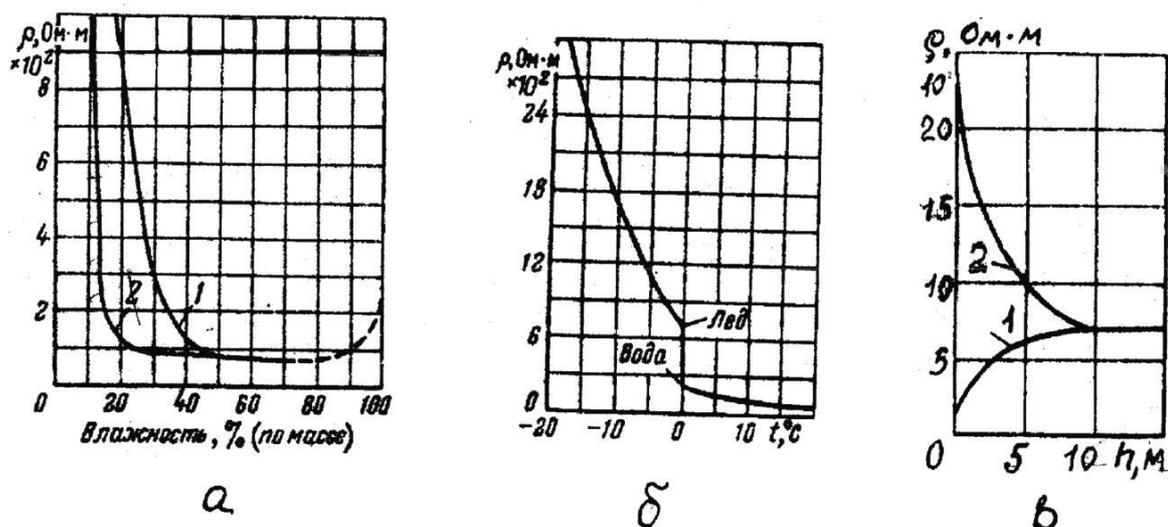


Рис. 1. Зависимости удельного сопротивления грунта: а) от влажности; б) от температуры; в) от глубины в районе вечной мерзлоты: 1) летом (при талом верхнем слое); 2) зимой

Приближенные значения удельных сопротивлений представлены в таблице 2. Измеряют удельное сопротивление земли методами Веннера, пробного электрода, трех земель.

Таблица 1. Коэффициент сезона для однородной земли

Климатическая зона	Влажность земли при измерении	Длина электрода, м			
		вертикального		горизонтального	
		3	5	10	20
II	Пов.	1,7	1,4	5,9	4,8
	Норм.	1,5	1,3	3,5	3,0
	Малая	1,3	1,2	2,6	2,4
III	Пов.	1,5	1,3	4,2	3,2
	Норм.	1,3	1,2	2,5	2,0
	Малая	1,2	1,1	2,2	1,6

Примечания.

1. Влажность считается повышенной (Пов.), если ее измерению предшествовало выпадение осадков выше нормы; нормальной (Норм.), если это

количество осадков близко к норме; малой, если земля сухая, а количество осадков в предшествующий измерению период было ниже нормы.

2. Центральный Черноземный район относится к III климатической зоне, ко II зоне относятся Московская, Ленинградская и др. области.

Метод пробного электрода заключается в следующем.

В месте сооружения заземления закладывают пробный электрод таких же размеров и такого же расположения, как у будущего заземлителя. Измеряют сопротивление R этого электрода и рассчитывают удельное сопротивление грунта по формуле (1) для вертикального (индекс «в») и (2) для горизонтального (индекс «г») электрода:

$$\rho_v = 2 \cdot \pi \cdot R_v \cdot l_v / \ln(4l_v / d_v); \quad (1)$$

$$\rho_g = 2 \cdot \pi \cdot R_g \cdot l_g / [\ln(4 \cdot l_g / t \cdot d_g) + 2 \cdot t / l_g - 0,5(2 \cdot t / l_g)^2 - 0,6 \cdot l_g], \quad (2)$$

где l и d – длина и диаметр электрода;

t – глубина заложения электрода от поверхности земли до середины электрода.

Таблица 2. Приближенные значения удельных электрических сопротивлений, Ом·м

Грунт	Удельное сопротивление:		Вода	Удельное сопротивление, пределы
	предельные	при влажности 10-20%		
Каменный	500-800	-	Грунтовая	20-70
Песчаный	400-700	700		
Супесь	150-400	300	Прудовая	40-50
Суглинок	40-150	100		
Садовый	30-60	40	В ручьях	10-60
Глина	8-70	40		
Чернозем	9-53	20	Морская	0,2-1
Торфяной	10-30	20		

Этот метод имеет ряд недостатков, из-за которых его применяют лишь при сооружении больших заземляющих устройств электроустановок до 1000В с глухозаземленной нейтралью (и в некоторых других случаях).

Метод Веннера. На одинаковом расстоянии a друг от друга в землю вбивают на одной прямой четыре коротких стержня длиной не более $a/3$. Между крайними стержнями пропускают переменный ток и измеряют его, а между средними измеряют напряжение вольтметром с большим внутренним сопротивлением.

Можно пользоваться прибором М-416, которым определяют сопротивление R четырехстержневой установки (рис. 2), а удельное сопротивление ρ рассчитывают по формуле(3).

$$\rho = 2 \cdot \pi \cdot a \cdot R, \text{ Ом} \cdot \text{м}. \quad (3)$$

Расстояние a между стержнями задают в метрах и берут равным расстоянию от поверхности земли до середины вертикального стержня будущего или имеющегося заземлителя, для которого измеряют удельное сопротивление земли.

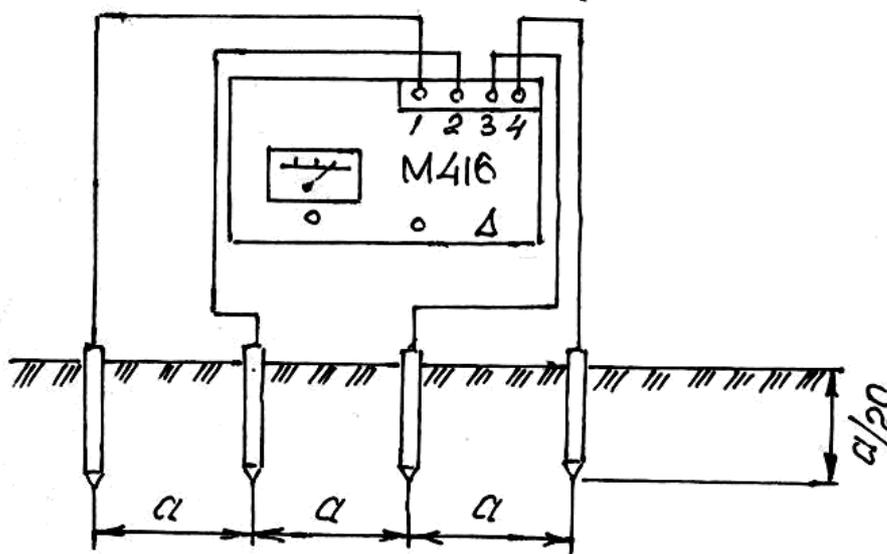


Рис. 2. Схема измерения удельного сопротивления грунта методом Веннера (по четырехзажимной схеме)

Длину стержней h для метода Веннера и расстояние a между ними, когда необходимо замерить удельное сопротивление для будущего электрода длиной l , забитого в дно траншеи глубиной t , находят по следующим выражениям:

$$a = 0,5 \cdot l + t, h = a / 3. \quad (4)$$

Удельное сопротивление ρ_m многослойной земли определяется методом *ступенчатого зондирования* (его также называют методом послойного зондирования) или методом ступенчатого погружения электрода, или методом погружаемого пробного электрода. Контрольный зонд погружают в землю в несколько приемов ступенями через 0,5-1,5м, каждый раз измеряют сопротивление по методу пробного электрода и рассчитывают по формуле (1) удельное сопротивление ρ_n слоя земли от поверхности до глубины погружения l_n электрода в данном случае. Удельное сопротивление той или иной ступени ρ_n рассчитывают по формуле (5).

$$\rho_n = h_n / [(I_n / \rho_n) - (I_n / \rho_{n-1})]. \quad (5)$$

Полученные удельные сопротивления корректируют умножением на коэффициент сезона, представленный в таблице 3. Если рассчитываемая ступень располагается глубже условной толщины слоя сезонных изменений данной зоны, то корректировка не вносится.

Удельное сопротивление многослойной земли можно привести к двухслойному, что облегчает дальнейшие расчеты сопротивлений заземлителей. Приведение выполняется по следующим выражениям:

$$\rho_v = (\eta_1 + \eta_2 + \dots + \eta_k) / [(\eta_1 / \rho_1) + (\eta_2 / \rho_2) + \dots + (\eta_k / \rho_k)], \quad (6)$$

$$\rho_n = (\eta_{k+1} + \eta_{k+2} + \dots + \eta_v) / [(\eta_{k+1} / \rho_{k+1}) + (\eta_{k+2} / \rho_{k+2}) + \dots + (\eta_v / \rho_v)], \quad (7)$$

Таблица 3. Коэффициент сезона для слоя сезонных изменений в многослойной земле

Климатическая зона	Условная толщина слоя сезонных изменений, м	Влажность земли во время измерения ее сопротивления		
		повышенная	нормальная	малая
11	1,8	5,0	2,7	1,9
111	1,6	4,0	2,0	1,5

где ρ_v и ρ_n - удельные сопротивления приведенного верхнего и нижнего слоев;

1, 2, ... , k – индексы слоев (ступеней), отнесенных к верхнему приведенному слою;

k+1, k+2, ... , n – индексы слоев (ступеней), отнесенных к нижнему приведенному слою;

η – толщина измеренных (приводимых) слоев.

К нижнему слою относят те ступени, у которых меньшие значения измеренных удельных сопротивлений, а к верхнему - большие. При этом поправка на сезонность по таблицевносится только на ступени (а не слои), относящиеся к условной толщине слоя сезонных изменений.

Приборы и оборудование

1. Стенд.
2. Прибор для замера сопротивления заземления М-416.

Стенд предназначен для подсоединения измерительных приборов к клеммам вертикального и горизонтального электродов при измерении методом пробного электрода, четырех электродов для измерений по методу Веннера и шести электродов для определения удельного сопротивления ступеней многослойной земли.

Прибор М-416 (рис.3) предназначен для измерения сопротивления заземляющих устройств, активных сопротивлений и удельных сопротивлений грунтов. На приборе расположены: стрелочный указатель с подвижной шкалой и

неподвижной нулевой отметкой, переключатель диапазонов измерений $\times 1$, $\times 5$, $\times 10$, $\times 100$, ручка РЕОХОРД, связанная с подвижной шкалой, клеммы 1, 2, 3, 4-я подсоединения прибора при измерениях, кнопка для кратковременного включения питания. Схема подключения прибора для измерений заземления показана на крышке (рис.4). Клеммы 1-я и 2-я перемыкаются, если не важна погрешность, вносимая сопротивлением соединительных проводов.

Для измерения удельного сопротивления методом Веннера перемычка снимается и используются все четыре клеммы, причем клеммы подсоединяются к электродам в порядке их расположения (рисунок 2). Electrodes забиваются в землю по прямой линии на расстоянии друг от друга. Глубина забивки стержней не должна превышать $1/20$ расстояния a .

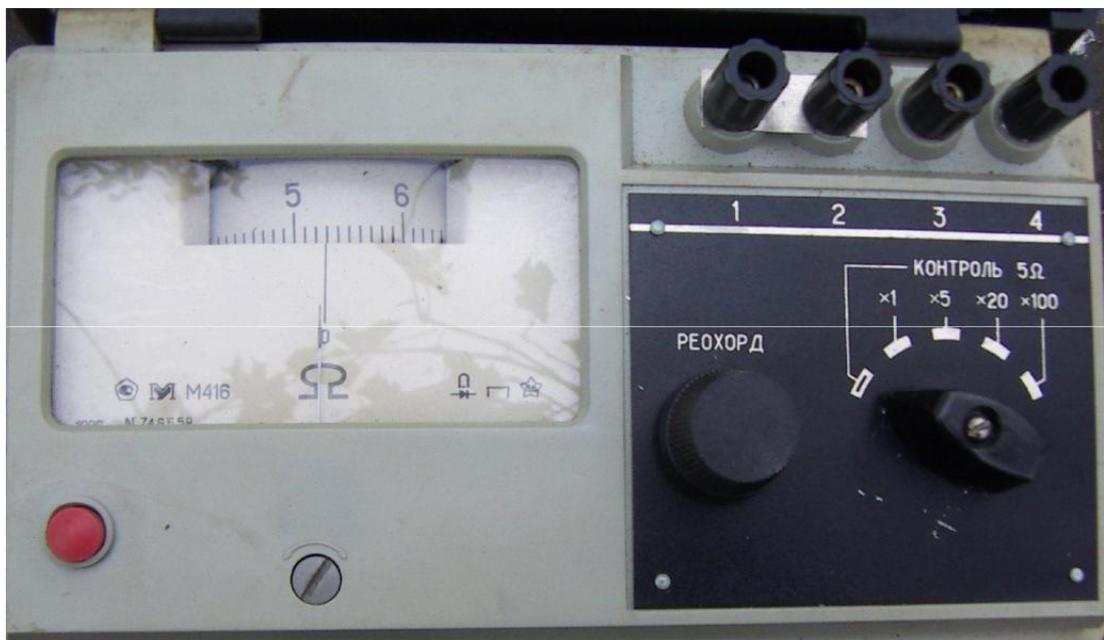


Рис. 3. Верхняя панель прибора М-416

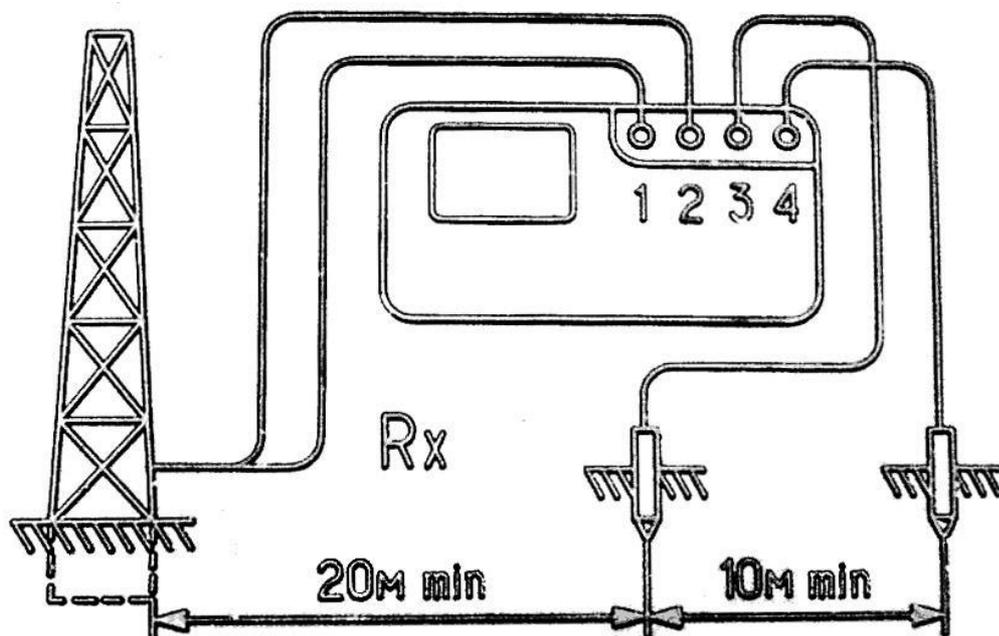


Рис. 4. Схема подключения прибора М-416 с компенсацией сопротивления проводов

Перед измерениями прибор проверяется на работоспособность установкой переключателя пределов в положение КОНТРОЛЬ 50м. Прибором можно пользоваться, если вращением ручки реохорды совместятся стрелка прибора, нулевая риска на неподвижной шкале и цифра $5 \pm 0,35$ подвижной шкалы. После подключения прибора к измерительной схеме устанавливают переключатель пределов в положение $\times 1$ и кратковременно нажимают кнопку питания. Если стрелка резко отклонилась влево, переключают прибор на следующий предел до отклонения стрелки вправо, а затем реохордом устанавливают ее на ноль. Если же стрелка на пределе $\times 1$ (или любом другом) отклонилась вправо, то ее реохордом устанавливают на 0 на этом же пределе. Значения сопротивления считывают с подвижной шкалы против неподвижной риски.

Задания

1. Рассчитайте удельное сопротивление земли, применив для измерений методом пробного горизонтального и вертикального электрода прибор М-416. Скорректируйте результаты коэффициентом сезона. Для корректировки считать, что измерения проводились в одном случае при повышенной влажности, а в другом – при нормальной. Результаты занесите в таблицу 4. Длина вертикального электрода – 4 м, горизонтального – 15 м.

Таблица 4. Данные определений удельных сопротивлений грунта методом пробного электрода

Влажность	Электрод	К оэф- ф и- ц иент се зона	Изме- рен- ное сопро- тивле- ние электро- да, Ом	Удельное со- про- тивление грунта, Ом·м	
				ра- счет- но е	рас- четное с уче- том се- зона
Повы- шен- ная	Вертикаль- ный				
	Горизонталь- ный				
Нор- мальная	Вертикаль- ный				

	Горизонтальный				
--	----------------	--	--	--	--

2. Измерьте удельное сопротивление земли методом Веннера и скорректируйте полученные результаты коэффициентом сезона, считая, что измерения проводились в одном случае при нормальной, а в другом – при малой влажности. Данные занесите в таблицу 5.

Таблица 5. Результаты определения удельного сопротивления земли по методу Венера

Влажность	Коэффициент сезона	Удельное сопротивление, Ом·м	
		измеренное	расчетное с учетом сезона
Нормальная			
Малая			

3. Измерьте и рассчитайте удельное сопротивление многослойной (шести-слойной) земли. Результаты представьте в виде таблицы 6.

Таблица 6. Результаты измерения удельного сопротивления многослойной земли

№ электрода (ступени)	Длина электрода, м	Толщина ступени, м	Сопротивление электрода, Ом	Удельное сопротивление, Ом·м		
				расчетное по электроду	ступени	с учетом сезонности
1	1	1				
2	2	1				
3	3	1				
4	4	1				
5	5	1				
6	6	1				

Контрольные вопросы

1. Что такое удельное сопротивление земли?
2. В чем заключается метод пробного электрода?
3. Как определяется удельное сопротивление земли методом Веннера?
4. Когда применяется метод ступенчатого зондирования?
5. В чем заключается метод ступенчатого зондирования?
6. Какие приборы применяются для определения удельного сопротивления земли?

Практическая работа №3

«Исследование элементов искусственных заземлителей»

Цель работы: ознакомиться с влиянием параметров заземлителей на величину их сопротивления и в электроустановках до 1000В научиться измерять эти сопротивления.

Общие сведения

Правила устройства электроустановок (ПУЭ) определяют понятия, связанные с заземлением и его применением. Так, само понятие *заземление* означает преднамеренное электрическое соединение электроустановки с заземляющим устройством. В свою очередь, *заземляющим устройством* называется совокупность заземляющих проводников и заземлителя. *Заземлитель* – это проводник (электрод) или совокупность соединенных между собой проводников, находящихся в соприкосновении с землей.

Заземление различают защитное и рабочее. *Рабочее заземление* – заземление, необходимое для обеспечения работы электроустановки (соединение с землей какой-либо точки токоведущей части электроустановки). *Защитное заземление* – заземление частей электроустановки для обеспечения электробезопасности.

Заземлители различают искусственные и естественные, соответственно выполненные специально или используемые для целей заземления различные коммуникации и устройства, находящиеся в соприкосновении с землей (расположенные в земле железобетонные фундаменты, коммуникационные и другие сооружения, не изолированные от земли). Естественные заземлители выполняют из труб, прутка, уголка, швеллера, сетки и другого металла достаточной толщины для длительной эксплуатации и введения на большую глубину.

Проводник, соединяющий заземляемые части с заземлителем, называется заземляющим, а проводник с двумя или более ответвлениями называется магистралью заземления.

Сопротивлением заземляющего устройства называется отношение напряжения на заземляющем устройстве к току, стекающему с него в землю. Напряжение на заземляющем устройстве – это возникающая при стекании тока с заземлителя разность потенциалов между точкой ввода тока и зоной нулевого потенциала земли.

Сопротивление одного заземлителя-электрода растеканию тока зависит от удельного сопротивления грунта, размеров электрода, площади соприкосновения с землей, глубины заложения электрода, т.е. расстояния от поверхности до его середины. Сопротивление многоэлектродного заземляющего устройства зависит, кроме того, от количества электродов и отношения расстояния между ними к длине электрода, а также от формы заземляющего устройства. Электрод мешает стеканию тока с другого электрода, если он рас-

положен ближе 20 м. Чтобы учесть это влияние при расчетах, вводят коэффициент экранирования ($\eta_э$, его называют также коэффициентом использования заземлителей), значения которого изменяются от 1 в сторону нуля. Коэффициент $\eta_э$ представляет собой отношение расчетного значения R_p параллельно соединенных электродов к реальному (измеренному) их значению R , т.е.

$$\eta_э = R_p / R. (1)$$

Так, для двух электродов сопротивлением R_1 и R_2 :

$$R_p = R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2) \text{ и } \eta_э = R_1 \cdot R_2 / R (R_1 + R_2);$$

для n электродов

$$R_p = R_1 \cdot R_2 \dots R_n / (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \text{ и}$$

$$\eta_э = R_1 \cdot R_2 \dots R_n / R (R_1 + R_2 + \dots + R_n). (2)$$

Сопротивления заземляющих устройств нормируются ПУЭ и имеют различные значения в зависимости от напряжения и вида электроустановки (таблица 1). Допускается увеличивать указанные нормы в 0,01 раз, если 100 Ом·м, но не более чем в 10 раз.

Таблица 1. Максимальное допустимое сопротивление R_d заземляющего устройства электроустановок до 1000 В

№ стр оки	Электроустановка	д, М
1	2	
	Заземлитесь, к которому непосредственно подсоединена нейтраль генератора или трансформатора: трехфазного тока с линейным напряжением, В	
1	660	5
2	380	0
3	220	0
	однофазного тока напряжением, В	
4	380	5
5	220	0
6	127	0
	Общее сопротивление растеканию тока со всех повторных заземлений нулевого рабочего провода каждой воздушной линии: трехфазного тока с линейным напряжением, В	
7	660	

8		380	0
9	однофазного тока напряжением, В	220	0
10		380	0
11		220	0
12		127	0
1	2		
13	При этом сопротивление каждого из повторных заземлений не должно превышать на линии: трехфазного тока с линейным напряжением, В однофазного тока напряжением, В	660	5
14		380	0
15		220	0
16		380	5
17		220	0
18		127	0
19		Общее сопротивление заземляющего устройства (вместе с повторными заземлителями), к которому подсоединена нейтраль генератора или трансформатора: трехфазного тока с линейным напряжением, В	660
20	380		
21	220		
22	380		
23	220		
24	127		

25	Заземляющее устройство корпусов электроустановок с изолированной нейтралью: в общем случае	
26	при мощности отдельных генераторов и трансформаторов или их суммарной мощности 100 кВА и менее	0
27	Заземляющее устройство воздушной линии электропередачи от перенапряжения в сетях с изолированной нейтралью для крюков и штырей фазных проводов	0

Сопротивление заземляющих устройств подстанций потребителей проверяется после монтажа, капитального ремонта, в конце первого года эксплуатации и периодически не реже 1 раза в 3 года. Сопротивление цеховых электроустановок проверяется после установки, ремонта и периодически 1 раз в год. Измерение сопротивления заземления выполняется методом вольтметра-амперметра или аналогичным методом, но с использованием приборов М-416 или Ф 4103-М1.

Метод амперметра-вольтметра заключается в том, что собирается схема последовательного соединения контролируемого заземлителя, источника переменного тока и токового электрода. Для замера падения напряжения на заземлителе дополнительно подключают к нему вольтметр, вторую клемму которого соединяют с землей с помощью потенциального электрода. Сопротивление растеканию тока с контура заземлителя получают по закону Ома делением показаний вольтметра на показания амперметра. Результат измерения существенно зависит от размещения токового и потенциального электродов относительно заземлителя. Потенциальный электрод всегда располагают от заземлителя на расстоянии 20 м, то есть на расстоянии, на котором потенциал от растекания тока с заземлителя практически равен нулю. При измерении сопротивления растеканию тока с заземлителя методом амперметра-вольтметра электроды рекомендуют размещать в соответствии с рисунком 1. В приборах М-416 или Ф4103 применен компенсационный метод измерения с встроенным в прибор делителем. На стрелочном указателе считывается непосредственно сопротивление заземлителя.

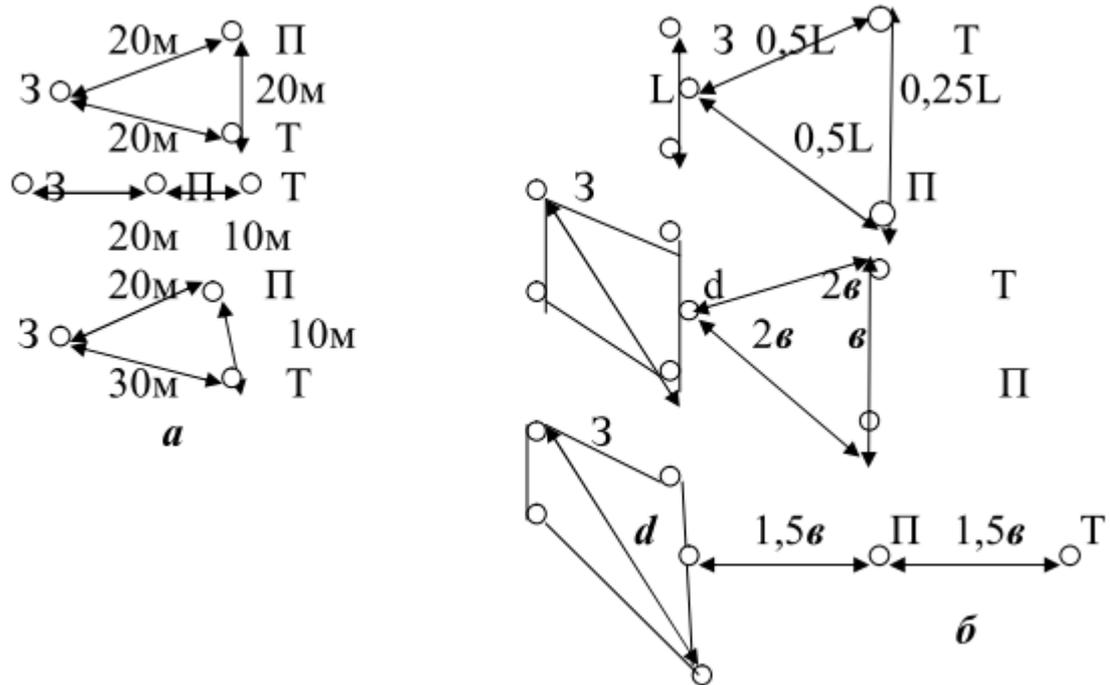


Рис. 1. Схемы размещения токового (Т) и потенциального (П) электродов при измерении сопротивления растеканию тока заземлителя одиночного З (схемы а) или сложного (схемы б).

где L – длина заземлителя, расположенного на одной линии; d – наибольшая диагональ заземлителя

На рисунке 2 представлены схемы подключения прибора М416 (Ф4103-М1) по четырехзажимной схеме к сложному (контурному) заземлителю. Схема применяется при измерении сопротивлений менее 5 Ом.

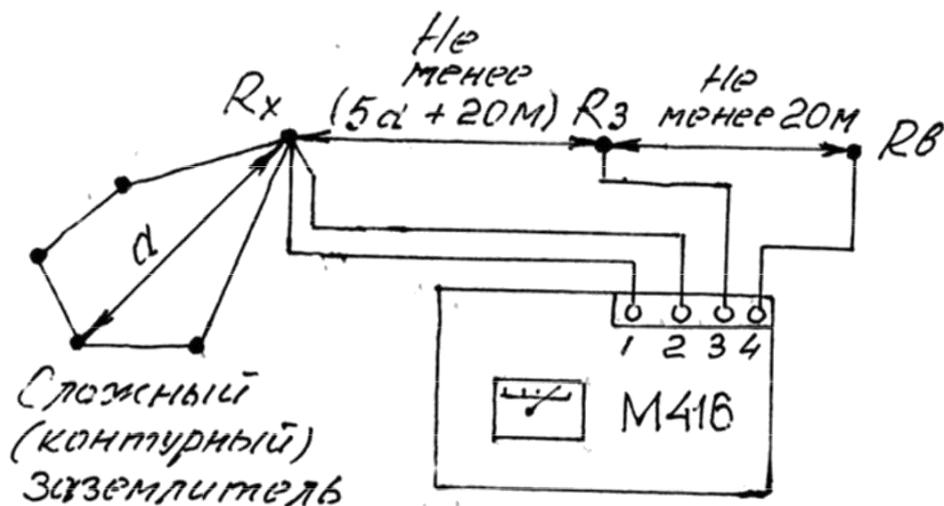


Рис. 2. Схемы подключения прибора М416 (Ф4103-М1) по четырехзажимной схеме к сложному (контурному) заземлителю

где R_x – заземлитель; R_v – вспомогательный электрод; R_z – потенциальный электрод; d – расстояние между двумя наиболее удаленными заземлителями контура

Приборы и оборудование

1. Приборы М-416 или Ф4103-М1 (рисунок 3)
2. Стенд с выводами от одиночных горизонтальных и вертикальных заземлителей, а также от токового и потенциального электродов.

Прибор Ф4103-М1 (описание прибора М-416 см. в работе 2) предназначен для измерения сопротивления заземления, удельного сопротивления грунта и напряжения прикосновения. На лицевой панели прибора размещены: стрелочный указатель сопротивления; ручки ПРЕДЕЛЫ Ω , РОД РАБОТ, УСТАН. 0, КАЛИБР, ПОДСТР. f ; клеммы Т1, П1, Т2, П2; кнопка ИЗМ. для кратковременного включения прибора на режим измерения; светодиодные индикаторы подключения питания КП и КП_м; гнездо -12В для подключения внешнего источника питания. На крышке приведены схемы подключения прибора. Перед измерением прибор настраивают: шунтируют клеммы Т1 и Т2, переключатель РОД РАБОТ устанавливают на предел 0,3 и ручкой УСТАН. 0 ставят стрелку указательного прибора на нуль шкалы. Затем нажимают кнопку ИЗМЕР. и ручкой КАЛИБР устанавливают стрелку на максимальный предел шкалы (0,3). Подключение приборов Ф4103-М1 и М-416 к заземлителю одинаково и показано на рисунке 2.

Стенд имеет выводы (клеммы) от заземлителей: четыре горизонтальных разного диаметра; четыре вертикальных разной длины и заглубленных с поверхности земли; пять заземлителей одинаковой длины, заглубленных верхними концами на 0,8 м. Одинаковые заземлители расположены на разном расстоянии друг от друга. От них выведены клеммы для параллельного соединения и определения коэффициента экранирования между первым и последующими заземлителями в зависимости от расстояния между ними.



Рис. 3. Общий вид прибора Ф4103-М1(вверху) и крышки прибора – вид изнутри (внизу)

Задания

1. Измерьте приборами М-416 и Ф4103-М1 сопротивление горизонтальных и вертикальных электродов. Результаты занесите в таблицу 2. Постройте графики изменения сопротивления электродов от диаметра и длины. Сделайте выводы о влиянии диаметра и длины электродов на сопротивление растеканию тока с них.

2. Определите коэффициенты экранирования между первым и остальными электродами. Результаты занесите в таблицу 3. Постройте график изменения этого коэффициента от отношения длины электродов к расстоянию между ними.

Таблица 2. Результаты измерения сопротивления заземлителей

Прибор	Вид заземлителя	Номер заземлителя на стенде и его сопротивление				
		1	2	3	4	5
M-416	Горизонтальный заглубленный					
	Вертикальный, заглубленный на 0,8 м					
	Вертикальный вровень с землей					
Ф4103-М1	Горизонтальный заглубленный					
	Вертикальный, заглубленный на 0,8 м					
	Вертикальный вровень с землей					

Таблица 3. Результаты определения коэффициента экранирования

Номера электродов, между которыми определяется коэффициент	1-2	1-3	1-4	1-5
Значения коэффициента экранирования				

Контрольные вопросы

1. Что такое коэффициент экранирования?
2. Какой документ регламентирует величину сопротивления заземления?
3. Во сколько раз можно увеличить допустимое сопротивление заземляющего устройства при удельном сопротивлении земли более 100 Ом·м?
4. Какова допустимая величина сопротивления заземления заземляющего устройства корпусов электроустановок с изолированной нейтралью при мощности отдельных генераторов и трансформаторов до 100 кВА?
5. Какова допустимая величина общего сопротивления заземляющего устройства (вместе с повторными заземлителями), к которому подсоединена нейтраль трансформатора трехфазного тока с линейным напряжением 380 В?
6. Приведите максимальную допустимую величину общего сопротивления растеканию тока со всех повторных заземлений нулевого рабочего провода воздушной линии трехфазного тока с линейным напряжением 380 В.

7. Приведите максимальную допустимую величину каждого из повторных заземлений нулевого рабочего провода на линии трехфазного тока с линейным напряжением 380 В.

8. Приведите максимальную допустимую величину каждого из повторных заземлений нулевого рабочего провода на линии однофазного тока напряжением 220 В.

Практическая работа №4 «Оценка работоспособности петли «ФАЗА-НОЛЬ»

Цель работы: научиться практически определять сопротивление петли «фаза-ноль» и выбрать защиту электрооборудования в этой петле.

Общие сведения

Одним из недостатков зануления является появление напряжения на всех электроустановках при замыкании фазы на корпус поврежденного оборудования. Это напряжение ниже фазного напряжения из-за падения напряжения на вторичной обмотке питающего трансформатора и фазном проводе. Однако если до поврежденного оборудования произойдет обрыв нулевого защитного проводника, то на всех электропотребителях, соединенных с нулевым проводом за точкой обрыва, окажется напряжение близкое к фазному из-за связи через оставшийся кусок нулевого защитного проводника. Чтобы не допустить этого, следует делать все для надежности защитного проводника и регулярно или непрерывно осуществлять контроль целостности этих проводников.

Одним из методов контроля является периодическое измерения сопротивление петли «фаза-ноль».

Проектирование участка электрической цепи сопровождается выбором сечения проводов для питания электроустройства заданной мощности. Одновременно сечение проводов подбирается исходя из необходимого сопротивления петли «фаза-ноль» для надежного и быстрого срабатывания защиты (или для выбора защиты). Быстрота срабатывания снижает вероятность гибели людей и возникновения пожара. Время автоматического отключения питания в электрической сети с глухозаземленной нейтралью и подсоединенными к этому заземлению открытыми проводящими частями оборудования (TN-система) не должно превышать величин, указанных в таблице 1, причем приведенное время отключения обеспечивает безопасность, в том числе в групповых цепях, питающих передвижные и переносные электропотребители и ручной электрифицированный инструмент класса 1.

Таблица 6.1. Допустимое время автоматического отключения питания в электрической сети с глухозаземленной нейтралью

Номинальное фазное напряжение, В	Время отключения, с
127	0,8
220	0,4
380	0,2
Более 380	0,1

Примечания 1. В цепях, питающих распределительные, групповые, этажные и другие щиты и щитки, время отключения не должно превышать 5 с.

2. Допускается время отключения более указанного в таблице (но не более 5 с) в цепях, питающих только стационарные электроприемники от распределительных щитов или щитков при выполнении одного из следующих условий: а) полное сопротивление защитного проводника между главной заземляющей шиной и распределительным щитом или щитком не превышает значения $50Z_n/U_o$ Ом (где 50 – падение напряжения на участке защитного проводника между главной заземляющей шиной и распределительным щитом или щитком, Z_n – полное сопротивление петли «фаза-ноль», Ом, U_o – номинальное фазное напряжение, В); б) к защитной шине (РЕ) распределительного щитка или щита подсоединена дополнительная система уравнивания потенциалов, охватывающая те же сторонние проводящие части, что и основная система уравнивания потенциалов.

При замыкании фазы на корпус по цепи пойдет ток пропорциональный напряжению и обратно пропорциональный сопротивлению петли «фаза-ноль». Надежное отключение поврежденного участка считается обеспеченным, если ток однофазного замыкания на корпус или нулевой провод $I_{кз}$ отвечает условию

$$I_{кз} > K \cdot I_n,$$

где I_n – номинальный ток плавкой вставки или ток уставки расцепителя автоматического выключателя;

K – коэффициент, соответствующий (в зависимости от вида защиты) требованиям ПУЭ (таблица 2).

Таблица 6.2. Коэффициент K

Защитный аппарат	Элемент, отключающий ток короткого замыкания	Среда взрывоопасная	Среда взрывоопасная
Предохранители	Плавкая вставка	3	4
Установочные автоматы только с тепловым расцепителем	Тепловой элемент расцепителя	3	6
Установочные автоматы А-3100 с комбинированным или только электромагнитным расцепителем	Электромагнитный расцепитель мгновенного действия (отсечка) Тепловой расцепитель	1,43-1,27 3	1,43-1,27 6
Воздушные автоматы АВ, Н, С (неселективные и селективные) и исполнения О только мгновенной отсечкой	Максимальный расцепитель мгновенного (отсечка) и замедленного срабатывания	1,25	1,25

Определение $I_{кз}$ может быть выполнено двумя способами: расчетом полного сопротивления цепи однофазного замыкания на корпус или нулевой провод при полном напряжении сети; измерением сопротивления цепи однофазного замыкания на корпус или нулевой провод при полном напряжении сети.

Ток однофазного короткого замыкания $I_{кз}$ на землю (корпус) в сети с напряжением до 1000В с глухозаземленной нейтралью в цепи «фаза-ноль» может быть определен по формуле

$$I_{кз} = U_{\phi} / (Z_{\text{ц}} + Z_{\text{т}}/3),$$

где U_{ϕ} – фазное напряжение сети, В;

$Z_{\text{ц}}$ – полное сопротивление цепи фазный провод – нулевой провод, Ом;

$Z_{\text{т}}$ – полное сопротивление обмотки трансформатора, Ом.

Учитывая фиксированное фазное напряжение в сети, ток замыкания в основном будет зависеть от полного (активного и реактивного) сопротивления петли «фаза-ноль». Это сопротивление состоит из сопротивления одной ветви вторичной обмотки питающего трансформатора $Z_{\text{т}}/3$ и сопротивления проводов петли «фаза-ноль». Сопротивление обмоток трансформатора приводится в справочных или в паспортных данных (таблица 3) или приближенно может быть рассчитано по выражению

$$Z_{\text{т}}/3 \approx k/S_{\text{н}},$$

где $S_{\text{н}}$ – номинальная мощность трансформатора, кВ·А;

k – коэффициент, определяемый по таблице 4 для трансформаторов с трехпроводной первичной стороной и четырехпроводной вторичной сетью.

Сопротивление проводов рассчитывается по формуле

$$Z_{\text{н}} = \sum L \sqrt{[(R_{\phi} + R_{\text{н}})^2 + (X_{\phi} + X_{\text{н}} + X_{\text{н}})^2]},$$

где Σ – знак суммирования всех участков электрической линии;

L – длина участка линии, км;

R_{ϕ} и R_n – удельные активные сопротивления фазного и нулевого проводников, Ом/км;

X_{ϕ} и X_n – удельные значения внутренних индуктивных сопротивлений фазного и нулевого проводов, Ом/км;

X_n – удельное внешнее индуктивное сопротивление проводников петли «фаза-ноль».

R_{ϕ} и R_n можно определить, зная металл и его сечение (таблица 5); X_{ϕ} и X_n для проводов из цветных металлов можно принять за нуль; $X_n = 0,6$ Ом/км для проводки на изо-ляторах внутри помещений. Для проводки на роликах $X_n = 0,4$ Ом/км и $0,15$ Ом/км для проводки в трубах, а также для кабелей.

Сопротивление петли «фаза-ноль» контролируют перед приемкой в эксплуатацию новой электроустановки и после ремонта зануленных электроприемников, а в сроки предусмотренные плановым предупредительным ремонтом, но не реже 1 раза в 3 года на силовых кабельных линиях, 1 раза в 6 лет на электропроводах до 1000В, 1 раза в 2 года в линиях для электродвигателей переменного тока, 2 раза в год в линиях для электродных котлов. Если электроустановки, находящиеся в одном помещении присоединены к одной групповой сети, то допускается измерять сопротивление петли только у одного, самого удаленного от источника питания электропотребителя или штепсельной розетки для переносного потребителя. Аналогично допускается осуществлять контроль петли только у самого удаленного светильника наружного освещения. Для остальных электроприемников, розеток, светильников допускается не проверять сопротивление петли, если сопротивление между этими зануленными элементами и нулевым защитным проводником не более 0,1 Ом.

Таблица 3. Значения Z_n трансформатора с соединением обмоток «звезда-звезда с нулевой точкой»

Трансформатор	Мощность, кВА	Сопротивление, Z_n
ТМ-20	20	1,452
ТМ-25	25	1,203
ТМ-30	30	1,110
ТМ-40	40	0,862
ТМ-50	50	0,722
ТМ-63	63	0,544
ТМ-100	100	0,358
ТМ-160	160	0,233
ТМ-250	250	0,144
ТМ-400	400	0,106
ТМ-630	630	0,082
ТМ-1000	1000	0,042

--	--	--

Таблица 6.4. Значения k для трансформаторов с соединением обмоток «звезда-звезда с нулевой точкой»

Номинальное напряжение первичной обмотки, кВ	k при номинальном напряжении вторичной обмотки, В	
	400/230	230/130
6-35	26	8,7
6-10	7,5	2,5
20-35	10	3,3

Таблица 6.5. Удельное активное сопротивление алюминиевых и сталеалюминиевых проводов

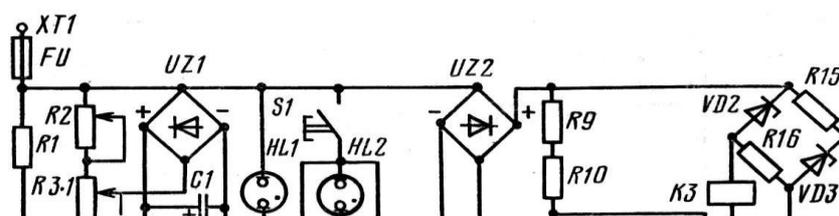
Провод	Удельное сопротивление, при сечении, мм								
	10	16	25	35	50	70	95	120	150
А	-	1,98	1,28	0,92	0,64	0,46	0,34	0,27	0,21
Ас	3,12	2,06	1,38	0,85	0,65	0,46	0,33	0,27	0,21

Приборы и оборудование

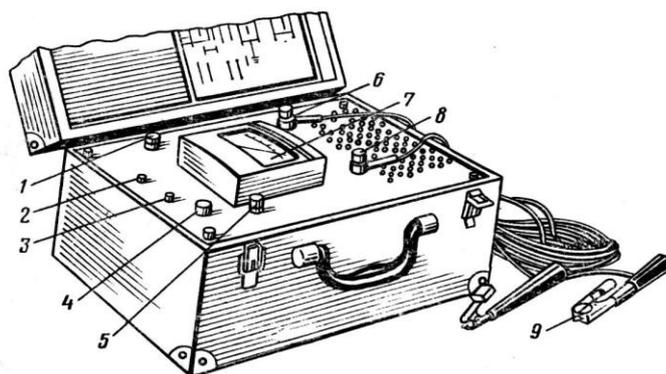
1. Прибор М-417 (рисунок 1).
2. Местная электросеть на 220 В, оканчивающаяся розеткой.

Прибор М-417 предназначен для контроля сопротивления петли «фаза-ноль» в сети напряжением 380/220 В. На панели управления прибора размещены стрелочный указатель, кнопки «Измерение» и «Проверка калибровки», ручка резистора «Калибровка», лампочки $Z \neq \infty$ и $Z > 2$ Ом, клеммы для присоединения к контролируемой петле. Над стрелочным указателем (за подсоединительными клеммами) панель имеет несколько вентиляционных отверстий для охлаждения нагрузочного (для петли «фаза-ноль») резистора.

Прибор работает следующим образом. Петля «фаза-ноль» нагружается резистором R_1 , падение напряжения на котором является разностью между фазным напряжением и падением напряжения в цепи фаза-ноль. При постоянном значении сопротивления резистора R_1 и напряжения сети падение напряжения на R_1 зависит от сопротивления петли «фаза-ноль». Это падение напряжения измеряется стрелочным указателем Р, проградуированным в Омах. Поскольку напряжение в сети может меняться, то перед измерением прибор калибруется резистором R_3-1 с помощью цепочки дополнительных резисторов R_2 и R_4 .



а)



б)

Рис. 1 – Принципиальная электрическая схема (а) и общий вид (б) прибора М-417

1 – лампа $Z \neq \infty$ (HL 1); 2 – кнопка «Измерение» (S1); 3 кнопка «Про-верка калибровки» (S2); 4 – ручка «Калибровка» (резисторы R3-1 и R3-2); 5 – лампа $Z > 2$ Ом (HL2); 6 и 8 – зажимы для присоединения проводов к фазе и нулю (или корпусу); 7 – стрелочный указатель (P); 9 – пружинные соединительные зажимы (XT1, XT2)

Работа выполняется одним или двумя операторами. Порядок работы с прибором следующий. Установить ручку «Калибровка» в крайнее левое положение. Подключить клемму прибора XT2 к корпусу электрического устройства (или к ну-левому проводу сети), у которого требуется измерить сопротивление подходящей петли «фаза-ноль». Клемму XT1 следует подключить в щите к фазному проводу обесточенной сети (если работают двое – можно необесточенной) или к розетке. Подается напряжение. На приборе загорится сигнальная лампа HL1 « $Z \neq \infty$ » (это произойдет, если в нулевой цепи контролируемого устройства обрыв). Одновременно с загоранием лампы « $Z \neq \infty$ » начинает заряжаться конденсатор C_3 от выпрямителя UZ2 через R9, R10, R13 и нормально замкнутые контакты 6, 5 кнопки S2. Затем оператор нажимает кнопку S2 «Проверка калибровки». Ее контакты 5 и 4 замыкают цепь разряда конденсатора C_3 . В эту цепь входит резистор R12, нормально замкнутые контакты K3:1 реле K3 и обмотка реле K2. Реле K2 срабатывает, самоблокируется контактами K2:4, включает контактами K2:1 цепь калибровки прибора, контактами K2:3 подготавливает реле K1 к работе, а контактами K2:2 шунтирует сигнальную лампу HL2 « $Z > 2$ Ом».

Оператор проводит калибровку, поворачивая ручку «Калибровка» резистора R3-1 и устанавливая стрелку прибора на ноль. Одновременно корректируется резистором R3-2 (ручки R3-1 и R3-2 механически связаны) порог срабатывания защитного реле К3. Реле К3 предназначено для автоматического размыкания измерительной цепи при появлении на корпусе объекта напряжения более 36 В. Это возможно при со-противлении петли «фаза-ноль» более 2 Ом, о чем начнет сигнализировать лампа HL1 «Z>2 Ом». Реле К3 обесточивает измерительную цепь следующим образом: контакты К3:1 шунтируют К2, контакты которого обесточивают К1, а последнее реле контактами К1:1 и К1:2 отключает R1 от измеряемой петли.

После калибровки отпускается кнопка S2 «Проверка калибровки» и нажимается кнопка S1 «Измерение». Срабатывает реле К1 и замыкает своими контактами последовательно со-единенные фазу сети и нагрузочный резистор R1 с нулевым проводом. Падение напряжения на резисторе R1 поступает на измерительную схему, а также на выпрямитель UZ2, питающую схему защиты от появления на корпусе контролируемого объекта опасного напряжения. Если такое напряжение на корпусе появилось (т.е. $Z > 2$ Ом), то ток через резистор R1 и падение напряжения на нем уменьшается по сравнению с этими параметрами при $Z < 2$ Ом. От этого в диагонали моста из ста-билитронов VD2, VD3 и резисторов R15 и R16 появится напряжение, которое приведет к срабатыванию поляризованного реле К3 и по цепи, описанной выше, отключит нагрузочный резистор R1 от контролируемой петли «фаза-ноль».

Задания

1. Изучите принцип работы и устройство прибора М-417.
2. Измерьте сопротивление петли «фаза-ноль», подходящей к одной из электрических розеток в лаборатории.
3. Рассчитайте по одному из вариантов таблицы 6 ток короткого замыкания в линии. Подберите тепловую и/или электромагнитную защиту для этой линии (таблица 7). Задайтесь недостающими данными.

Таблица 6. Варианты задания 3

Ва-ри-ант	Транс-форматор	Дли-на на ЛЭП, км	П ро-в од	Сече-ние, мм	Условия работы
1	ТМ-20	5	А	10	Взрывоопасные
2	ТМ-25	4,5	С	16	Невзрывоопасные
3	ТМ-30	6	А	25	Взрывоопасные
4	ТМ-40	7	с	10	Невзрывоопасные
5	ТМ-50	8	с	16	Взрывоопасные

6	ТМ-63	9	A	25	Невзрывоопасные
7	ТМ-100	10	с	35	Взрывоопасные
8	ТМ-160	3	A	50	Невзрывоопасные
9	ТМ-250	2	с	70	Взрывоопасные
10	ТМ-400	4	A	75	Невзрывоопасные
11	ТМ-630	10,5	с	120	Взрывоопасные
12	ТМ-1000	11	A	150	Невзрывоопасные
13	ТМ-20	12	с	25	Взрывоопасные
14	ТМ-25	13	A	10	Невзрывоопасные
15	ТМ-30	14	с	16	Взрывоопасные

Таблица 7. Характеристика автоматических выключателей

Тип выключателя	Номинальный ток, А	Номинальный ток максимальных расцепителей тока, А
ВА51-31	100	6,3; 8,0; 10,0; 12,5; 16,0; 20,0; 25,0; 31,5; 40,0; 50,0; 63,0; 80,0; 100,0;
АЕ20	16	0,3; 0,4; 0,5; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5;
	100	3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,6; 10,0; 12,5; 16,0; 10,0; 12,5; 16,0; 20,0; 25,0; 31,5; 40,0; 50,0; 63,0; 80,0; 100,0
АП50Б	63	1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 10,0; 16,0; 25,0; 40,0; 50,0; 63,0
АП50Б2МН	16	1,6; 2,5; 4,0
АП50Б3МТ	16	6,3; 10,0; 16,0
АП50Б2М3ТО	63	16,0; 25,0; 40,0; 50,0; 63,0

АП50Б2М ЗТН	63	25,0; 40,0; 50,0; 63,0
----------------	----	------------------------

Структура условного обозначения выключателей приведенных в таблице 7:

ВА51-31-X400100-XXXX

ВА51 серия выключателя; «-» – разделительный знак - выключатель для защиты электрических сетей; 31 – номинальный ток 100 А;

«-» – разделительный знак; X – число полюсов: 1,3;

4 – максимальные расцепители тока: тепловой и электромагнитный; 00 – без дополнительных расцепителей и свободных контактов;

1 – ручной привод, стационарное исполнение;

0 – дополнительные механизмы отсутствуют;

0 – без регулировки номинального тока теплового расцепителя; «-» – разделительный знак;

XX – степень защиты выключателя по ГОСТ14254-80: IP00, 1P20;

XX – климатическое исполнение и категория размещения: УЗ; УХЛ4.

АЕ20XXX-XXX-XXX3-X

АЕ20 – серия выключателя;

X – номинальный ток: 2-16 А; 4-63 А; 5-1000 А:

X – число полюсов в комбинации с максимальными расцепителями тока:

3 – трехполюсные с электромагнитными максимальными расцепителями тока; 4 – однополюсные с электромагнитными и тепловыми максимальными расцепителями тока; 6 – трехполюсные с электромагнитными и тепловыми максимальными расцепителями тока;

X – наличие буквы: М – модернизированные (для выключателей АЕ2040М и Е2050МП); П – выключатели с повышенной предельной и одноразовой коммутационной способностью (для выключателей АЕ2050МП); «-» – разделительный знак;

X – наличие или отсутствие свободных контактов: 1 – без свободных контактов; 2 – один замыкающий свободный контакт; 3 – один размыкающий свободный контакт; 4 – один замыкающий и 1 размыкающий свободные контакты;

X – дополнительные расцепители: 0 – без дополнительных расцепителей; 2 – независимый расцепитель;

X – наличие температурной компенсации и регулировки номинального тока теплового расцепителя: Р – регулировка номинального тока тепловых расцепителей и температурная компенсация; Н – регулировка номинального тока тепловых расцепителей без температурной компенсации; Б – без регулировки номинального тока тепловых расцепителей и температурной компенсации для пунктов распределительных с уменьшенными габаритными размерами: О – без регулировки номинального тока тепловых расцепителей и температурной компенсации; « - » – разделительный знак;

XX – степень защиты по ГОСТ 14254-80; 00- 1P00. 20-1P20;

ХЗ – климатическое исполнение (У, Т) и категория размещения(3) по ГОСТ 15150-69; «←» – разделительный знак;

Х – класс износостойкости: А – первый; Б – второй.

АП50БХХХХХХХ

АП50Б – серия выключателя;

Х – количество максимальных расцепителей тока: 2,3;

ХХ – максимальные расцепители тока: МТ – электромагнитные и тепловые (вид расцепителя проставляется после количества расцепителей; М- электромагнитные; Т – тепловые; Х – дополнительные расцепители: Н – минимальный расцепитель напряжения; Д – независимый расцепительнапряжения; О- максимальный расцепитель тока в нулевом проводе; ХХ – климатическое исполнение и категория размещения выключателей: в пластмассовой оболочке – УЗ, ТЗ, ХЛ5; в металлической оболочке со степенью защиты IP54 по ГОСТ14255-69 – У2, Т2, ХЛ5;

Х – номинальный ток максимальных расцепителей тока: 1 – 1,6; 2,5; 4,0 А; 2 – 6,3; 10,0; 16,0 А; 3 – 25,0; 40,0; 50,0; 63,0 А.

Порядок работы

Предупредите преподавателя, что приступаете к работе с прибором, и получите задание.

Установите ручку «Калибровка» в крайнее левое положение.

Подключите под контролем преподавателя прибор к розетке и убедитесь, что горит сигнальная лампа « $Z \neq \infty$ ».

Нажмите кнопку «Проверка калибровки» и, удерживая ее, установите стрелку указательного прибора на ноль ручкой «Калибровка». Отпустите кнопку.

Кратковременно нажмите кнопку «Калибровка», быстро зафиксируйте значение сопротивления по стрелочному прибору и отпустите кнопку.

Подберите тепловую и электромагнитную защиту, используя данные, приведенные в таблице 7.

Контрольные вопросы

1. Как рассчитывается сопротивление петли «фаза-ноль»?
2. Каково время автоматического отключения питания в электрической сети с глухозаземленнойнейтралью напряжением 220 В?
3. Когда измеряется сопротивление петли «фаза-ноль»?
4. Что необходимо знать для расчета тока однофазного короткого замыкания?
5. Зачем определяется сопротивление петли «фаза-ноль»?

Практическая работа № 5 «Контроль сопротивления электрической изоляции»

Цель работы: изучить требования к сопротивлению изоляции различных потребителей электроэнергии и научиться ее измерять.

Общие сведения

Применение электричества невозможно без изоляции. Величина сопротивления изоляции обуславливает утечки электроэнергии и безопасность обслуживающего персонала, а также посторонних лиц.

Сопротивление изоляции контролируется мегомметрами. Приборы выпускают с автономным питанием от встроенного генератора, сетевые и батарейно-сетевые. Напряжение на выходных клеммах мегомметров в зависимости от модификации прибора может иметь одно фиксированное значение в диапазоне от 100 до 2500 В, может несколько изменяться в одном приборе с помощью переключателя. Как правило, приборы не имеют защиты от напряжения на испытуемом объекте, поэтому обязательно перед измерениями необходимо убедиться в его отсутствии. «Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации электроустановок» предусматривают измерение сопротивления изоляции мегомметрами на отключенных токоведущих частях, с которых предварительно снят заряд путем их заземления. Заземлитель снимается только после подключения прибора к объекту. Подключение осуществляется с помощью изолированных держателей (штанг). В электроустановках свыше

1000 В подключающий персонал должен пользоваться диэлектрическими перчатками. Запрещается прикасаться к токоведущим частям, к которым подсоединен мегомметр во избежание поражения электрическим током. Подключают мегомметр следующим образом: клемма «-» подсоединяется к токоведущей жиле испытуемого кабеля или обмотке электродвигателя, а вторая клемма – к броне кабеля, к корпусу электродвигателя или другого электрооборудования. После окончания измерения необходимо снять с проверяемого объекта остаточный заряд путем кратковременного заземления. Работать с прибором может один человек, имеющий квалификационную группу III по технике безопасности. Если это измерение входит в содержание выполняемых работ, оговаривать его в наряде или распоряжении не требуется.

Изоляция силовой или осветительной электропроводки считается достаточной, если ее сопротивление между проводом каждой фазы и землей или между разными фазами на участке, ограниченном последовательно включенными установочными автоматами (или плавкими предохранителями), или за последним предохранителем составляет не менее 0,5 МОм. Сопротивление измеряют мегомметром, рассчитанным на напряжение 1000В. При этом вывинчивают лампы из патронов. Проверку делают не реже одного раза в два года, а в помещениях сырых, пожароопасных, взрывоопасных и в помещениях с химически активными парами, вредно действующими на изоляцию, ее проверяют ежегодно. Если сопротивление изоляции окажется меньше нормы, то ее испытывают в течение 1 мин переменным напряжением 1000 В, и если она не пробивается, участок проводки может быть оставлен в работе до плановой замены.

У вновь смонтированных электродвигателей переменного тока до 1000 В сопротивление изоляции обмоток статора должно быть не менее 0,5 МОм при температуре 10-30°C, у обмоток ротора синхронных и асинхронных с фазным ротором двигателей – 0,2 МОм (причем статор проверяют мегомметром на 1000 В, а ротор – на 500 В). В процессе эксплуатации сопротивление изоляции статоров электродвигателей напряжением до 660В должно быть 1 МОм в холодном состоянии или 0,5 МОм при +60°C. Для обмоток ротора нормы не установлены.

Сопротивление изоляции ручного электрифицированного инструмента, ручных светильников, трансформаторов, ка-белей, удлинителей, преобразователей частоты после капитального ремонта при измерении мегомметром на 500 В должно быть не менее 2 МОм для рабочей, 5 МОм для дополнительной (защитной) и 7 МОм для усиленной изоляции. В эксплуатации должно быть не менее 0,5 МОм (для рабочей изоляции) и 2 МОм для оборудования, имеющего у всех доступных прикосновению частей двойную или усиленную изоляцию относительно частей, нормально находящихся под напряжением и не имеющих элементов для заземления. Усиленной называется такая однослойная изоляция, которая обеспечивает ту же степень защиты, что и двойная. Применяют ее там, где затруднительно применить двойную изоляцию.

Двойной изоляцией называется совокупность рабочей и дополнительной (защитной) изоляции, при которой доступные прикосновению части электроприемника не приобретают опасного потенциала при повреждении рабочей или защитной изоляции. Например, рукоятка у ручного переносного светильника сделана из диэлектрического материала с таким расчетом, чтобы обеспечивалась надежная изоляция при повреждении рабочей изоляции проводов внутри рукоятки. Сама же рукоятка является дополнительной (защитной) изоляцией. С двойной изоляцией изготавливают некоторые типы ручного электрифицированного инструмента (дрели, гайковерты и др.). Металлические корпуса такого инструмента занулять или заземлять запрещено. На наличие двойной изоляции указывает значок на этикетке или на корпусе в виде квадрата в квадрате.

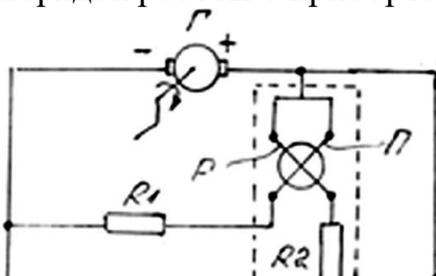
Приборы и оборудование

1. Мегомметры М1101М (на 500 и 1000 В), Ф4101, Ф4103-М1, М4100/3, М4100/4, М4100/5.

2. Стенд с набором электропотребителей.

Мегомметры типа М1101М (рисунок 1) являются переносными приборами и предназначены для измерения сопротивления изоляции сетей, обмоток машин, трансформаторов и других электроустановок относительно земли и между собой. Применяются приборы при температуре окружающей среды от 30 до +40°C и относительной влажности воздуха до 90%. Три модификации мегомметров рассчитаны на измерение сопротивлений на пределах 0,01-100, 0-500 и 0,2-1000 МОм в зависимости от модификации. При этом выбирается мегомметр, вырабатывающий напряжение соответственно 100, 500 и 1000 В. Напряжение на клеммах приборов зависит от подключенной нагрузки. Оно изменяется на пределе «МОм» от 10% номинального значения (при сопротивлении, близком к нулю) до 95% и выше (при сопротивлении 6% и выше от максимального предела шкалы). На пределе «кОм» напряжение изменяется в пределах 10-45% от номинального при увеличении нагрузки от 10 до 100%. Погрешность приборов в рабочей части шкалы не превышает 1% от ее длины, изменение горизонтального положения шкалы прибора на 30° приводит к возрастанию погрешности до 2%, увеличение постоянного однородного внешнего магнитного поля до напряженности 400В/м повышает погрешность до 2,5%.

На лицевой панели мегомметра размещены шкала стрелочного прибора, две клеммы и переключатель пределов к и М. Для получения измерительного напряжения на торце прибора имеется ручка, связанная через редуктор с якорем генератора. На шкале прибора (рисунок 1в) нанесены собственно две шкалы для измерения сопротивления в килоомах и мегаомах, марка прибора, год выпуска, напряжение, вырабатываемое прибором. На крышке шкалы приведен порядок работы с прибором.





в)

Рис.1. Мегомметр

б)

М1101М

а) схема прибо

а; б) общий вид прибора; в) шкала стрелочного указателя

На рисунке 1а представлена принципиальная электрическая схема мегомметра М 1101М с логометрическим исполнительным механизмом. На схеме приняты следующие обозначения: Г – генератор напряжения с ручным приводом; R_1 - R_3 – резисторы; SA – переключатель двух диапазонов измерений; P – рабочая рамка; П – противодействующая рамка; З (земля), Л (линия), Э (экран) – зажимы. Дополнительный зажим Э используется при измерениях с экранированием от токов утечек. К этому же зажиму подключен внутренний экран прибора, экранирующий логометрический измеритель. Генератор снабжен центробежным регулятором для уменьшения напряжения при превышении частоты вращения генератора. Измеряемое сопротивление $K_{\text{ч}}$ включается между зажимами З и Л. На рисунке 2 даны варианты схем включения прибора М 1101М.

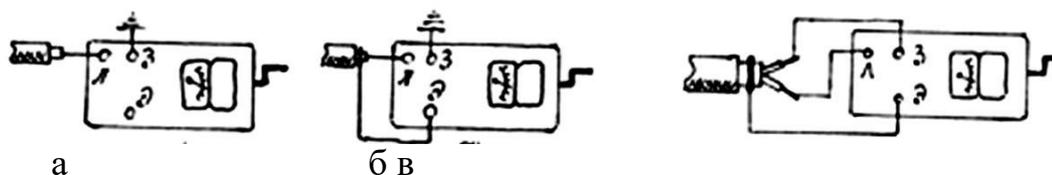


Рис. 10.2 – Варианты схем измерения сопротивления изоляции кабеля:

а – относительно земли без защиты от тока утечки; б – относительно земли с защитой от утечки; в – между двумя жилами с защитой от утечки

На рисунке 3 представлена принципиальная электрическая схема измерения сопротивления изоляции кабеля при использовании мегомметра с зажимом Э. Из рисунка видно, что в схеме измерительный механизм шунтируется током утечки. Ток проводимости J_x проходит через рамку мегомметра, а ток поверхностной утечки J_y , величина которого определяется поверхностным сопротивлением изоляции между зажимами З и Э, через рамки логометра не проходит. Это исключает влияние поверхностных токов утечки на показания прибора.

Мегомметры М 4100 (рисунок 4) предназначены для измерений сопротивлений электрических цепей, не находящихся под напряжением, при температуре окружающей среды от -30 до $+40^\circ\text{C}$ и относительной влажности до 90% (при $+30^\circ\text{C}$).

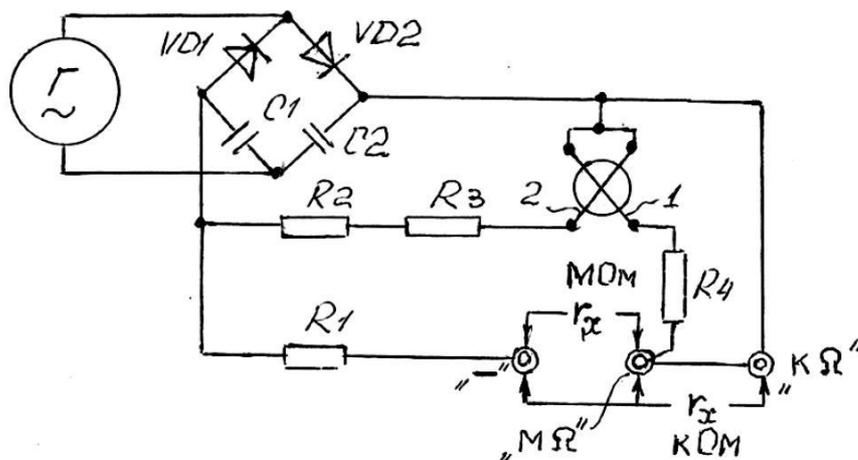
Пять модификаций прибора позволяют измерять сопротивления на диапазонах $\text{k}\Omega$ и $\text{M}\Omega$ в пределах $0-0,2$ и $0-20 \text{ M}\Omega$ (М4100/1), $0-0,5$ и $0-50 \text{ M}\Omega$ (М4100/2), $0-1$ и $0-100 \text{ M}\Omega$ (М4100/3), $0-1$ и $0-200 \text{ M}\Omega$ (М4100/4), $0-2$ и $0-1000 \text{ M}\Omega$ (М4100/5). Выходные напряжения, вырабатываемые приборами модификации 1, 2, 3, 4, 5, соответственно $100, 250, 500, 1000$ и 2500 В с погрешностью 10%.

Эти напряжения достигаются при нагрузке по сопротивлению, превышающей 10% от максимального предела шкалы. Основная погрешность измерений 1% от длины шкалы. На панели прибора размещены стрелочный указатель и три клеммы «М», «R» и «Э», а также переключатель. В прибор встроен генератор, ручка которого выведена сбоку прибора и вращается работником с частотой 120 об/мин. Мегомметр М-4100/5 имеет более сложную схему выпрямления напряжения и четвертую клемму Э. Испытуемое оборудование подключается к клеммам «-» и М или к в зависимости от предполагаемого сопротивления. В последнем случае клеммы «-» и М закорачиваются переключкой. Чтобы результат измерения не искажался поверхностными токами утечки проверяемого объекта, на изоляцию последнего накладывается токоотводящий электрод, который подсоединяется к клемме Э прибора. В случае измерения сопротивления изоляции между цепями, изолированными от земли и находящимися в экране (броне), к клемме Э подсоединяется экран.

Рис. 3. Принципиальная схема измерения сопротивления изоляции, исключая влияние поверхностных токов утечки

Работа с прибором начинается с проверки напряжения на испытуемом объекте и проверки исправности прибора. Прибор исправен, если на пределе М при вращении рукоятки генератора указательная стрелка показывает на бесконечность, а после установки переключки – на ноль шкалы мегомов.

Мегомметр Ф4102/1-1М предназначен для измерения сопротивления изоляции различных электроустройств, не находящихся под напряжением. Прибор создает измерительное напряжение 100, 500, 1000В с точностью 5%. Пределы измерений при этих напряжениях соответственно 0-30 и 0-2000, 0-150 и 0-10000, 0-300 и 0-20000 МОм. Если требуется погрешность не более 30%, то измерения в указанных диапазонах выполняют в пределах 0,03-30 и 30-1000, 0,15 -150 и 150-5000, 0,3-300 и 300-10000 МОм. Питание к мегомметру подается от электрической сети или от встраиваемых химических источников постоянного тока. На лицевой панели прибора имеется стрелочный электроизмерительный указатель сопротивления, измерительные клеммы, переключатель измерительных напряжений, индикатор подачи на измерительные клеммы высокого напряжения (ВН), индикатор контроля питания (КП), кнопки ИЗМЕРЕНИЕ I и ИЗМЕРЕНИЕ II, ручки резисторов УСТАН.0 и УСТАН. (бесконечности). К прибору прилагается ремень для переноски, комплект проводов и запасных приспособлений.



Г – генератор с ручкой для его принудительного вращения; R_1 - R_4 – резисторы;

VD_1 – VD_4 – диоды для выпрямления напряжения; C_1 , C_2 – конденса-

Рис. 4. Принципиальная электрическая схема и лицевая панель мегомметров М 4100/1-4 (над шкалой показана схема подключения)

Перед измерением проверяют отсутствие напряжения на испытуемой электроустановке, подключают прибор к источнику питания и приступают к его регулировке. Свечение индикатора КП свидетельствует о необходимости замены химических источников питания (при питании от сети на возможное свечение индикатора КП обращать внимания не стоит). Нажимают кнопку ИЗМЕРЕНИЕ I, устанавливают ручкой УСТАН. стрелку прибора на последнюю отметку шкалы. Затем замыкают клеммы «-» и « r_x », нажимают кнопку ИЗМЕРЕНИЕ I и устанавливают стрелку на нуль ручкой УСТАН.0. Не отпуская кнопку, нажимают ИЗМЕРЕНИЕ II и вновь регулируют стрелку на 0 или на наибольшее приближение к нулю. Подключают измеряемый объект к клеммам «-» и « r_x », а для уменьшения влияния токов утечки к клемме «Э» подсоединяют экран этого объекта. Далее устанавливают необходимый предел измерения (необходимое напряжение), нажимают кнопку ИЗМЕРЕНИЕ I, подав тем самым высокое напряжение на измерение (засветится индикатор ВН), и делают отсчет.

Мегомметр Ф4101 предназначен для работы от сети. На лицевой панели (рисунок 5) размещены стрелочный указатель значения сопротивления с тремя шкалами, две ручки резисторов установки стрелки прибора на ноль УСТ.0. и на бесконечность УСТ., клеммы « r_x » и «Э» для подсоединения измеряемого сопротивления и его экрана, кнопки подачи напряжения от сети на прибор ВКЛ. и от прибора к измеряемому объекту ИЗМЕР., кнопки выбора измерительного напряжения и масштаба шкалы 100V/ 1, 500V/ 5, 1000V/ 10, кнопки выбора шкалы и ее масштаба I/ 1, II/ 1, III/ 10, III/ 10², III/ 10³.

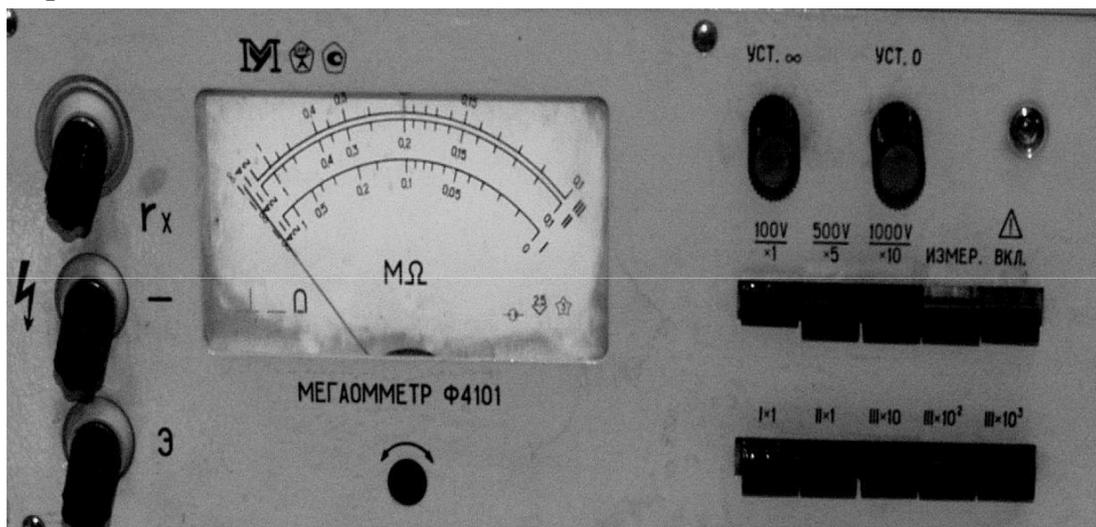


Рис. 5. Лицевая панель мегомметра Ф4101

При включении прибора в сеть на панели загорается красный индикатор. Затем выбирают измерительное напряжение и предполагаемую шкалу, включают их соответствующими кнопками, нажимают ИЗМЕР. и ручкой УСТ. регулируют стрелку на бесконечность, переключают клеммы «г_x», нажимают ИЗМЕР. и ручкой УСТ.0. перемещают стрелку на нуль выбранной шкалы. Далее подсоединяют прибор к измеряемому объекту, нажимают кнопку ИЗМЕР. и снимают показания с соответствующей шкалы, умножая их на 5 или 10, или 100, или 1000 в зависимости от выбранного масштаба.

Задания

1. Изучить и записать в тетрадь меры безопасности при измерениях.
2. Подобрать мегомметр и измерить сопротивление изоляции электрооборудования, размещенного на стенде. Если подходят несколько приборов, измерить всеми и отметить наиболее точное значение. Результаты занести в табл.1.

Таблица 1. Результаты контроля изоляции

Электропотребитель	Испытательное напряжение, В	Прибор	Сопротивление, МОм
Электродвигатель: обмотки статора: 1-2 2-3 1-3			
Светильник: между проводами провод 1-корпус провод 1-корпус			
Трансформатор: обмотки: 1-2 1-3 обмотка 1-корпус обмотка 2-корпус			
Ротор синхронного двигателя: обмотка-корпус			

Контрольные вопросы

1. Какой должно быть сопротивление изоляции электропроводки?
2. Регламентируется ли напряжение мегомметра, выбираемого для измерения сопротивления изоляции электрооборудования?
3. Что такое двойная и усиленная изоляция?
4. Какие параметры регламентируют применение мегомметров?
5. Меры безопасности при работе с мегомметром?
6. В какую сторону и с какой частотой следует вращать ручку мегомметра с собственным генератором?
7. Какую квалификационную группу по электробезопасности должен иметь специалист, работающий с мегомметром, и какие требования к знаниям и стажу работы для ее получения?
8. Какая изоляция называется усиленной?

Практическая работа №6 «Электрозашитные средства»

Цель работы: изучить виды электрозашитных средств, общие правила их применения и испытания.

Общие сведения

Электрозашитные средства применяются для защиты людей от поражения электрическим током. В соответствии с документом «Инструкция по применению и испытанию средств защиты, используемых в электроустановках» (в дальнейшем Инструкция), к электрозашитным средствам относятся: указатели и бесконтактные сигнализаторы наличия напряжения; клещи измерительные и изолирующие; диэлектрические галоши, боты, сапоги, перчатки (рисунок 1), ковры, изолирующие подставки; изолированный инструмент (рисунок 2); защитные ограждения в виде ширм, изолирующих накладок, колпаков; переносные защитные заземления; плакаты и знаки безопасности; указатели напряжения для проверки совпадения фаз; устройства для прокола кабелей, другие устройства и приспособления для обеспечения безопасности труда при проведении испытаний и измерений в электроустановках; средства защиты, изолирующие устройства и приспособления для ремонтных работ под напряжением 110кВ и выше, а также в электросетях до 1000В, такие как полимерные и гибкие изоляторы, изолирующие лестницы, канаты, вставки телескопических вышек и подъемников, штанги для переноса и выравнивания потенциалов, гибкие изолирующие покрытия и прочее оборудование.



Рис. 1. Диэлектрические перчатки, галоша, бот



Рис. 2. Изолирующий инструмент: пассатижи, клещи, кусачки

Изолирующие электрозащитные средства делятся на основные и дополнительные (рисунок 3). *К основным средствам* относятся такие, у которых изоляция выдерживает рабочее напряжение, на которое они рассчитаны, и потому в них можно работать на токоведущих частях, находящихся под напряжением. *Дополнительные* же защитные средства не позволяют в полной мере обеспечить защиту при данном напряжении, но дополняют основное средство защиты для большей надежности и, кроме того, обеспечивают защиту от напряжения прикосновения и шага. Используя основные средства защиты, достаточно применить одно дополнительное, однако иногда оговаривается применение нескольких дополнительных средств.

Основные и дополнительные средства защиты в соответствии с Инструкцией применяют в закрытых электроустановках, а в открытых – только в сухую погоду. Во влажных условиях и в изморозь на открытом воздухе работают в специальных средствах защиты, о чем говорится в их паспортных данных. Электрозащитные средства используют только в том случае, если они подверглись эксплуатационным периодическим (или внеочередным) испытаниям. О проведенных испытаниях на выдержавших их средствах защиты ставят штамп с указанием срока следующего испытания. Важным в эксплуатации является не пропустить срок следующего испытания, а точнее – не применять просроченные средства защиты.

На средства защиты, такие как диэлектрические боты, галоши и т.п., применение которых не зависит от напряжения электроустановки, ставится штамп, указанный на рис. 4а, на другие же средства – штамп формы, представленной на рис. 4б. В электроустановках разрешают использовать перчатки

только с маркировкой по защитным свойствам \mathcal{E}_H (для защиты от электрического тока напряжением до 1000 В) и \mathcal{E}_B (для защиты от тока напряжением свыше 1000 В).

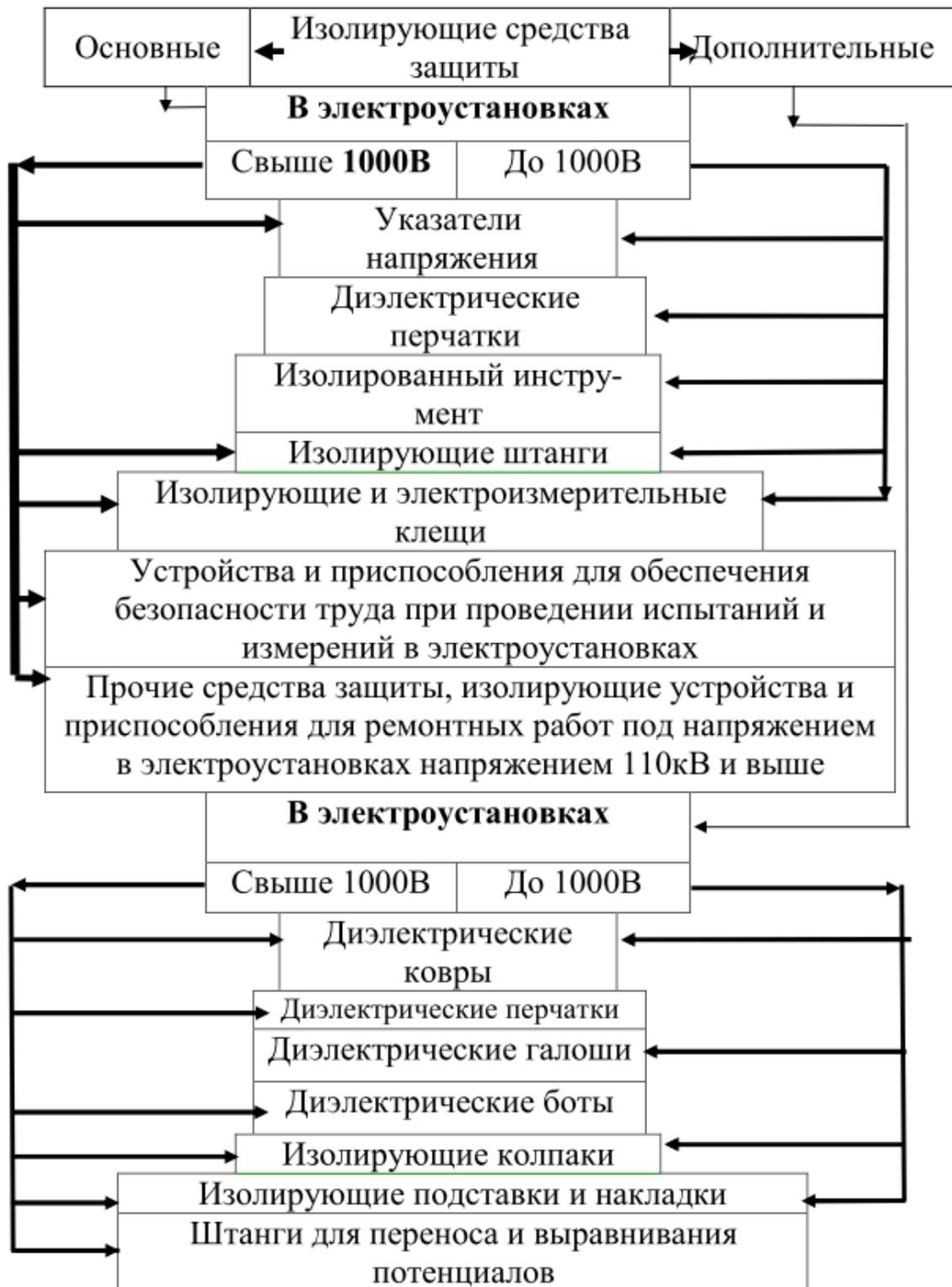


Рис. 3. Классификация электроз защитных средств

Перед каждым применением средств защиты персонал обязан проверить срок годности по штампу, отсутствие внешних повреждений, загрязнений и их исправность. Средства защиты с истекшим сроком годности из эксплуатации

изымаются до их испытания; на средствах защиты, не выдержавших испытание, штамп перечеркивается красной краской. Для штампа и его перечеркивания применяется несмываемая краска.

№ _____ Дата следующего испытания _____ _____ (наименование лаборатории)	№ _____ Годен до _____ кВ Дата следующего испытания _____ _____ (наименование лаборатории)
а)	б)

Рис. 4. Формы штампов на средствах защиты, прошедших испытания: а) для средств защиты, применение которых не зависит от напряжения электроустановки; б) для остальных средств защиты

Штамп может также наклеиваться на изолирующей части (около ограничительного кольца изолирующих электрозащитных средств или устройств для работ под напряжением) или у края резиновых изделий и предохранительных приспособлений.

Испытанию средств защиты уделяется самое серьезное внимание. Испытывают на соответствие механическим и электрическим характеристикам, причем механические испытания всегда предшествуют электрическим. Нормы и сроки эксплуатационных испытаний представлены в табл. 1 и 3. В соответствии с этими нормами проводятся и внеочередные испытания, то есть испытания из-за наличия признаков неисправности, после замены деталей или ремонта.

Таблица 1. Нормы эксплуатационных механических испытаний средств защиты

Наименование средств защиты	Испытание статической нагрузкой	Нагрузка, Н (кгс)
Специальные полимерные изоляторы	На разрыв	$1,25 P_n$
Изолирующие канаты	На разрыв	$25\% P_p$ $1,25 P_n$
Гибкие изоляторы	На разрыв	
Гибкая изолирующая лестница: тетива ступенька	На растяжение	2000 (200) 1250 (125)
Жесткая изолирующая лестница тетива ступенька	На растяжение На растяжение На изгиб	2000 (200) 1250 (125) 1250 (125)
Изолирующие вставки телескопических вышек	На сжатие На изгиб	2200 (220) 250 (25)
Предохранительные монтерские пояса и страховочные канаты	На разрыв	4000 (400)

Примечания: 1. Периодичность испытания предохранительных монтерских поясов 1 раз в 6 месяцев с продолжительностью приложения нагрузки 5 мин, остальных средств защиты – 1 раз в 12 месяцев при продолжительности 1 мин.

2. P_n и P_p – соответственно номинальная нагрузка при растяжении и разрывная нагрузка.

3. Значения P_n для полимерных изоляторов (гирлянд).

4. Значения P_p для изолирующих канатов представлены в таблице 2.

Таблица 2. Разрывная нагрузка, кН, полипропиленовых канатов

Диаметр каната, мм	12,74	15, 92	22, 29	25, 47	31,8 4
Разрывная нагрузка при растяжении	15	23	40	50	72

Таблица 3. Нормы и сроки эксплуатационных электрических испытаний средств защиты

Средство защиты	$U_{э}$, кВ	$U_{и}$, кВ	T, мин	J,мА, не бо- лее	Перио- дич- ность испыта- ний
1	2	3	4	5	6
Штанги изолирующие (кроме измерительных)	До 1 До 35	2 $3U_{л}$, но не <40	5 5	- -	1 раз в 24 ме- сяца
	110 и>	$3U_{ф}$	5	-	
Изолирующая часть штанг переносных за- землителей с метал- лическими звеньями	110-220	50	5	-	1 раз в 24 ме- сяца
	330-500	100	5	-	
	750	150	5	-	
	1150	200	5	-	
Изолирующие гибкие элементы заземления бесштанговой конст- рукции	500	100	5	-	1 раз в 24 ме- сяца
	750	150	5	-	
	1150	200	5	-	
Измерительные штанги	До 35	$3 U_{л}$, но не<40	5	-	1 раз в 12 ме- сяцев
	110 и выше	$3U_{ф}$	5	-	

Продолжение табл.3

1	2	3	4	5	6
Головки измерительных штанг	35-500	30	5	-	1 раз в 12 месяцев
Продольные и поперечные планки ползунковых головок и изолирующий капроновый канатик измерительных штанг	220-500	2,5 на 1 см	5	-	1 раз в 12 месяцев
Изолирующие клещи	До 1 6-10	2 3U _л , но не <40	5 5	-	1 раз в 24 месяца
	35	3U _л	5	-	
Устройство определения разности напряжений в транзите: рабочая часть изолирующая часть соединительный провод	6 и 10	10	1	-	1 раз в 2 месяца
	6 и 10	40	5	-	
	6 и 10	20	1	-	
Устройства для прокола кабеля – изолирующая часть	до 10	40	5	-	1 раз в 2 месяца
Прочие средства защиты, изолирующие устройства для ремонтных работ под напряжением в электроустановках 110кВ и выше	110-1150	2,5 на 1 см	1	0,5	1 раз в 2 месяца

Обозначения:

U_э – максимальное напряжение эксплуатации, на которое рассчитано средство защиты; U_н – напряжение, прикладываемое к средству защиты при испытании; T – длительность приложения U_н; J – допустимый ток через средство защиты во время приложения U_н; U_л, U_ф – линейное и фазное напряжение соответственно.

Электрозащитными средствами, а в принципе любыми средствами защиты, следует пользоваться по их прямому назначению с учетом напряжения электроустановки и напряжения, на которое рассчитаны эти средства защиты. Для учета, контроля за состоянием и испытаниями эксплуатирующихся средств защиты они нумеруются предприятием-владельцем. Инвентарный номер наносится на средство защиты либо краской, либо выбиванием на металлическом элементе, иногда наносится на бирку, прикрепляемую к средству за-

щиты. Номер средства защиты, состоящего из нескольких отдельных элементов, наносится на каждом из этих элементов. Заводится журнал учета и содержания средств защиты, рекомендуемая форма которого представлена в таблице 4. В журнале отображаются даты испытания и периодического осмотра, состояние средства защиты и его движение. Состояние средства защиты проверяется осмотром не реже одного раза в полгода. Для этого на предприятии назначается лицо, ответственное за состояние средств защиты. Новые средства защиты, полученные от изготовителя или со склада, перед введением в эксплуатацию проверяются по нормам эксплуатационных испытаний.

Таблица 4. Журнал учета и содержания средств защиты (рекомендуемая форма)

Инв. №	Дата испытания	Дата следующего испытания	Дата периодического осмотра	Результаты периодического осмотра	Подпись лица, проводившего осмотр	Местонахождение СИЗ	Дата выдачи в индивидуальное пользование	Подпись получившего СИЗ в пользование

Инвентарные номера можно не присваивать диэлектрическим коврам, изолирующим подставкам, защитным ограждениям, штангам для переноса и выравнивания потенциалов, плакатам и знакам безопасности. Можно не проверять новые или полученные со склада диэлектрические ковры, изолирующие подставки, защитные ограждения, переносные заземления, плакаты и знаки безопасности.

Хранить и эксплуатировать защитные средства следует так, чтобы не было механических повреждений, увлажнений и загрязнений, чтобы они не подвергались воздействию нефтепродуктов, кислот, щелочей и других агрессивных веществ, чтобы не нарушалась их работоспособность. Средства защиты, находящиеся в помещениях электроустановок в качестве инвентарных, содержат в специально отведенных местах на щитах управления или у выхода из помещения. Для штанг, изолирующих клещей, переносных заземлений, плакатов и знаков безопасности устанавливают крючки и кронштейны, для резиновых средств защиты, подставок, предохранительных поясов, канатов, указателей напряжения и т.п. – стеллажи или шкафы. Средства защиты для мобильных бригад содержат в специально для них предназначенных сумках, чехлах, ящиках. Электрозащитные средства хранят отдельно от экранирующих.

Помещения электроустановок, выездные бригады, передвижные лаборатории обеспечиваются средствами защиты в соответствии с системой организации эксплуатации, местными условиями и нормами комплектования. Персонал обязан уметь пользоваться и обязательно пользоваться средствами защиты

при выполнении работ с целью обеспечения безопасности, предотвращения травматизма и заболеваний.

Испытанию средств защиты уделяется самое серьезное внимание. Их испытывают на соответствие механическим и электрическим характеристикам.

На рисунке 5 представлена схема испытания диэлектрических перчаток, бот и галош. При испытании перчатки погружают в металлический сосуд с водой, которая наливается также внутрь этих перчаток. Уровень воды в перчатках на 50 мм ниже верхнего края. Выступающие края перчаток должны быть сухими. При установке переключателей SA_1 и SA_2 в позицию А определяют по сигнальным лампам отсутствие или наличие пробоя. При установке переключателей в позицию Б измеряют ток, проходящий через каждую из перчаток. Испытания проводят один раз в 6 месяцев при напряжении 6 кВ в течение 1 минуты. Ток через перчатку не должен превышать 6 мА.

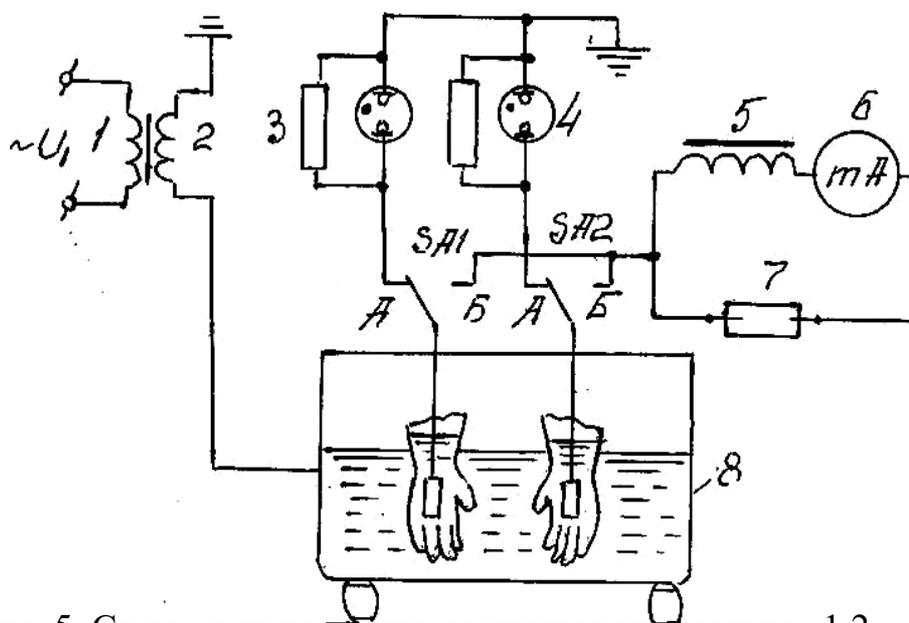


Рис. 5. Схема испытания диэлектрических перчаток 1,2 – обмотки трансформатора; 3 – резисторы; 4 – газоразрядные лампы; 5 – дроссель; 6 – миллиамперметр; 7 – разрядник; 8 – ванна с водой; SA_1 и SA_2 – переключатели с позициями А и Б

На рисунке 6 дана схема испытания изолирующих покрытий. Покрытие или накладку помещают между двумя плотно прилегающими к ним электродами, края которых не должны доходить до края покрытия или накладки на 15мм. При напряжении 6кВ в течение 1 минуты ток не должен превышать 1мА на 1дм² площади контакта.

Ответственность за своевременное обеспечение испытанными средствами защиты персонала и электроустановок, организацию надлежащего хранения и создание необходимого запаса, своевременное производство периодических осмотров и испытаний, изъятие непригодных средств и за организацию их учета Инструкция возлагает на начальника цеха, службы, под-станции,

участка сети, мастера участка, в ведении которого находятся электроустановки или рабочие места, а в целом по предприятию – на главного инженера или лицо, ответственное за электрохозяйство. Инструкция допускает при необходимости назначение письменным распоряжением одного лица с группой по электробезопасности IV или V, ответственного за учет, обеспечение, организацию своевременного осмотра, испытание и хранение средств защиты в подразделении, что, однако, не освобождает мастеров, допускающих и производителей работ по наряду от контроля за наличием необходимых средств защиты и их состоянием на рабочих местах.

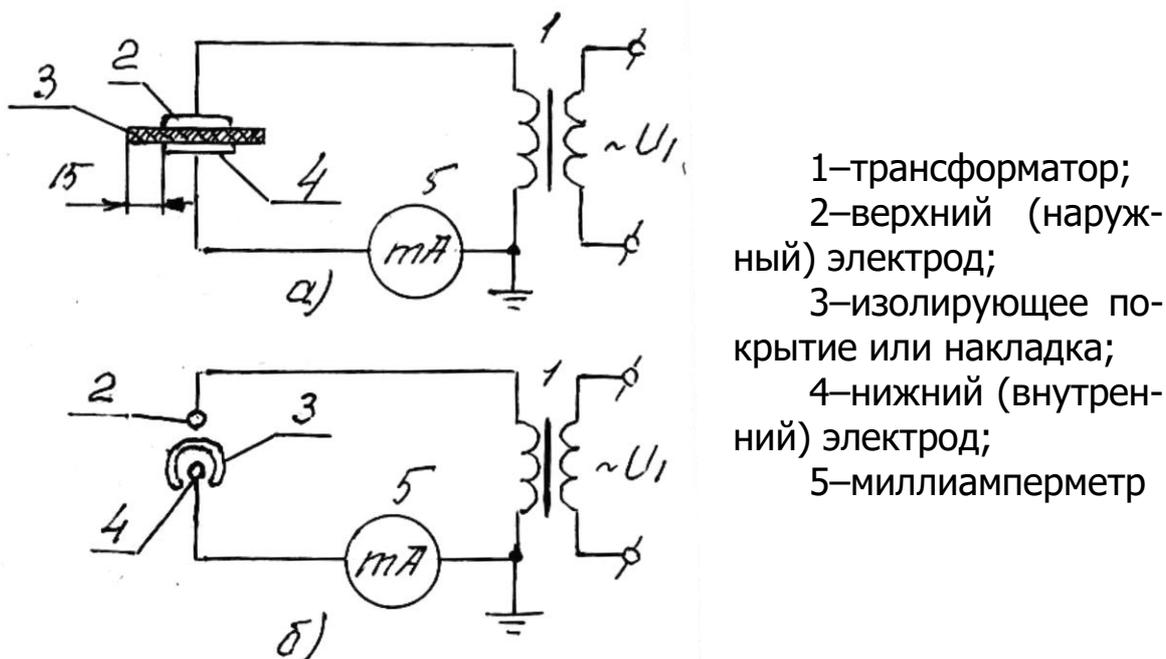


Рис. 6. Схема испытаний гибкого покрытия (а) и гибкой накладки (б)

Ответственность за правильную эксплуатацию и своевременную отбраковку средств защиты, находящихся в индивидуальном пользовании, несут лица, эксплуатирующие эти средства.

Средства защиты

1. Диэлектрические резиновые перчатки, боты, галоши, коврик.
2. Изолирующие колпаки, покрытия, накладки.
3. Штанги изолирующие (рисунок 7).
4. Изолированный инструмент.



Рис. 7. Штанги изолирующие ШЗЛ-10 (вверху) и ШЗЛ-10У1

Задания

1. Ознакомьтесь с устройством средств защиты, имеющихся на рабочем месте, и проведите их осмотр, о чем сделайте запись в журнале регистрации.
2. Разработайте порядок хранения и применения средства защиты по одному из вариантов таблицы 5 с установкой сроков испытания, осмотров, с регистрацией этого средства.

Таблица 5. Варианты задания

Вариант	Средство защиты
1	Галоши диэлектрические
2	Перчатки диэлектрические
3	Боты диэлектрические
4	Пассатижи изолирующие с однослойной изоляцией
5	Покрытие гибкое изолирующее
6	Клещи изолирующие до 1кВ
7	Штанга изолирующая до 35кВ
8	Штанга изолирующая на 110кВ
9	Клещи изолирующие на 6-10кВ
10	Головка измерительной штанги на 35кВ

Контрольные вопросы

1. Какие средства относятся к электрозащитным?
2. Какие средства электрозащиты относятся к основным, какие к дополнительным?
3. Что проверяется персоналом на средствах защиты перед каждым их применением?
4. Каким электрозащитным средствам можно не присваивать инвентарные номера?

Практическая работа №7

«Защитные ограждения, изолированный инструмент и средства защиты из диэлектрической резины»

Цель работы: изучить назначение, порядок испытания электротехнических средств (таких как ограждения, изолированный инструмент и изделия из диэлектрической резины) и правила пользования ими.

Общие сведения

Рассматриваемые электротехнические средства относятся к основным или дополнительным. Общие правила их применения и испытания изложены в документе «Инструкция по применению и испытанию средств защиты, используемых в электроустановках».

Основное изолирующее электротехническое средство - изолирующее электротехническое средство, изоляция которого длительно выдерживает рабочее напряжение электроустановки и которое позволяет работать на токоведущих частях, находящихся под напряжением.

Дополнительное изолирующее электротехническое средство - изолирующее электротехническое средство, которое само по себе не может при данном напряжении обеспечить защиту от поражения электрическим током, но дополняет основное средство защиты, а также служит для защиты от напряжения прикосновения и напряжения шага.

Нормы и сроки их эксплуатационных испытаний представлены в табл.1.

Таблица 1. Нормы и сроки эксплуатационных электрических испытаний средств защиты

Средство защиты	U_z , кВ	U_n , кВ	T, мин	J, мА, не более	Периодичность испытаний
1	2	3	4	5	6
Перчатки резиновые диэлектрические	Все напряжения	6	1	6	1 раз в 6 месяцев
Боты диэлектрические	Все напряжения	15	1	7,5	1 раз в 36 месяцев
Галоши диэлектрические	До 1	3,5	1	2	1 раз в 12 месяцев
Изолирующие колпаки на жилы отключенных кабелей	До 10	20	1	-	1 раз в 12 месяца

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6
Изолирующие накладки: жесткие	До 0,5	1	5	-	1 раз в 24 месяца
	>0,5 до 1	2	5	-	
гибкие из полимерных материалов	>1 до 10	20	5	-	
	15	30	5	-	
	20	40	5	-	
	До 0,5	1	1	6	
	>0,5 до 1	2	1	6	
Изолированный инструмент с однослойной изоляцией	До 1	2	1	-	1 раз в 12 месяцев
Для работ под напряжением в электроустановках до 1000В:					1 раз в 12 месяцев
гибкие изолирующие покрытия	До 1	6	1	1 мА/дм ²	
гибкие изолирующие накладки	До 1	6	1	-	

Обозначения: U_0 – максимальное напряжение эксплуатации, на которое рассчитано средство защиты; $U_{и}$ – напряжение, прикладываемое к средству защиты при испытании; T – длительность приложения $U_{и}$; J – допустимый ток через средство защиты во время приложения $U_{и}$.

Средства защиты

1. Средства защиты из диэлектрической резины: галоши, боты, перчатки, коврик (рисунок 1).
2. Защитные ограждения: щит или ширма, изолирующая подставка (рисунок 1), изолирующая накладка, изолирующий колпак.
3. Инструмент: отвертки, пассатижи, клещи изолирующие.

Диэлектрические перчатки в электроустановках до 1000В предназначены для защиты в качестве основных, а свыше 1000В – в качестве дополнительных электроразличительных средств. Перчатки изготавливают бесшовные из натурального каучука и из листовой резины со швом. В электроустановках разрешается использовать перчатки только с маркировкой по защитным свойствам $\mathcal{E}_н$ (для защиты от электрического тока напряжением до 1000В) и $\mathcal{E}_в$ (для защиты от тока напряжением свыше 1000В).



Рис. 12.1. Подставка изолирующая

Перчатки должны иметь ширину нижнего края, позволяющую надевать их на рукава верхней одежды, а длину – не меньше 350 мм. Перчатки применяют двупалые и пятипалые. Следят, чтобы они были без повреждения и сухие. Обязательно перед применением перчаток проверяют их на отсутствие проколов путем скручивания в сторону пальцев. Запрещается подвертывать края перчаток при работе. От механических повреждений разрешается сверху надевать кожаные или брезентовые перчатки (рукавицы), от загрязнений периодически дезинфицировать мыльным или содовым раствором.

Перчатки один раз в полгода необходимо испытывать напряжением 6кВ в течение 1мин, и ток через перчатку при этом не должен превышать 6мА. Испытания проводят погружением перчатки, наполненной водой, в металлический сосуд с водой. Вода не должна доходить на 50мм до верхнего края перчатки и иметь температуру 25⁰С. Выступающие края перчаток должны быть сухими. Испытательное напряжение подводится к сосуду, второй электрод заземляется и подводится внутрь перчатки. Вначале проверяют отсутствие замыкания, затем подают испытательное напряжение и замеряют ток. Если ток превышает норму или происходят его резкие колебания, то перчатка бракуется. По окончании испытаний перчатки сушат.

Диэлектрическая обувь выпускается в соответствии с существующими стандартами в качестве дополнительных средств защиты для работы в закрытых электроустановках или на открытом воздухе в сухую погоду при напряжении до 1000 В (галoши, боты) и свыше 1000В (боты). Соответственно по защитным свойствам резиновые клееные галоши маркируются Э_н, а резиновые клеевые и формовые боты – Э_в. Высота бот должна быть не менее 160 мм. Диэлектрическая обувь должна иметь цвет, отличный от обычной резиновой обуви.

Перед применением диэлектрическая обувь обязательно осматривается на предмет отсутствия повреждений: затяжек, отслоений, посторонних твердых включений, выступания серы, разрывов подкладки, механических повреждений резиновой части. В электроустановках должна быть обувь нескольких размеров.

Защитная обувь испытывается в течение 1 мин напряжением 3,5 кВ (галoши) и 15 кВ (боты). При этом токи через изделия соответственно не должны превышать 2 мА и 7,5 мА. Испытания проводят аналогично перчаткам, причем уровень воды внутри и снаружи галош не должен превышать 20 мм от верха галош и 50 мм от края спущенных отворотов бот.

Ковры резиновые диэлектрические и изолирующие подставки применяются в качестве дополнительных электро-защитных средств в электроустановках до и выше 1000В. Ковры изготавливают двух групп исполнения: обычного – 1-я группа и маслoбензостойкие – 2-я группа для работы в закрытых электроустановках всех напряжений (кроме особо сырых помещений) и в открытых электроустановках в сухую погоду. Ковры выпускают одноцветные с рифленой поверхностью и толщиной 6 ± 1 мм. Ковры изготавливают разной длины и ширины, но рекомендуется применять их размером не менее 50×100 см.

Изолирующие подставки состоят из настила размером не менее 500×500 мм, укрепляемого на опорных изоляторах высотой не менее 70 мм. Настил делают из хорошо высушенных деревянных планок без сучков и косослоя, с зазором между ними не более 30 мм. Сплошным настил не делают, так как это затрудняет осмотр изоляторов. Для устойчивости края настила не должны выступать за опорную поверхность изоляторов. Настил красят со всех сторон.

Перед применением ковры и подставки высушивают, очищают от грязи и осматривают. Ковры после хранения при отрицательной температуре перед применением выдерживают не менее 24 ч. в упакованном виде при температуре $20 \pm 5^\circ\text{C}$. Ковры, имеющие трещины, проколы, надрывы и т.п., отбраковывают при осмотрах, проводимых не реже 1 раза в 6 месяцев, и перед применением. Подставки же осматривают один раз в 3 года и отбраковывают при нарушении целостности опорных изоляторов, изломов, ослаблении крепления отдельных деталей. После устранения указанных недостатков подставки испытывают по нормам приемо-сдаточных испытаний. Испытанию в эксплуатации ковры и подставки не подвергаются.

Изолирующие подставки подвергают механическим и электрическим приемо-сдаточным испытаниям. Механические испытания проводят в течение 1 мин на сжатие равномерно распределенной нагрузкой 3500 Н/м^2 и на устойчивость нагрузкой 800Н, приложенной на краю подставки.

Защитные ограждения выполняют в виде щитов(ширм), изолирующих накладок, изолирующих колпаков. Применяют для предотвращения случайного приближения на опасное расстояние и прикосновения к частям, находящимся под напряжением, расположенным вблизи места работы. Щитами и

ширмами временно огораживают токоведущие части, находящиеся под напряжением до и свыше 1000 В. В тех случаях, когда нет возможности применить щит в электроустановках до 20кВ для предотвращения случайного прикосновения, используют жесткие изолирующие накладки из стеклопластика, гетинакса и другого электроизоляционного материала. В электроустановках до 1000В накладки применяют также для предупреждения ошибочного включения рубильников. Выпускают гибкие накладки из диэлектрической резины, используемые в электроустановках до 1000В для закрытия токоведущих частей при работах без снятия напряжения. В электроустановках до 10 кВ, конструкция которых по условиям электробезопасности исключает возможность наложения переносных заземлений при проведении ремонтов, испытаний и определении мест повреждения, применяют изолирующие колпаки.

Щиты изготавливают из прочного электроизоляционного материала или сухого дерева, пропитанного олифой и покрытого бесцветным лаком, но без металлических крепежных материалов. Щиты делают сплошными (для предотвращения случайного прикосновения) или решетчатыми (для ограждения проходов, входов в камеры и т.п.), но прочными и удобными для переноса одним человеком. Конструкция щита должна исключать коробление и опрокидывание; высота – не менее 1,7 м, а расстояние от нижней кромки до пола – не более 0,1 м.

Щиты должны устанавливаться надежно, но не препятствовать эвакуации персонала в чрезвычайной ситуации. Соприкосновение их с электрооборудованием, находящимся под напряжением, не допускается. Расстояние между щитом и токоведущими частями под напряжением не должно быть меньше нормативного. Допускается в электроустановках 6-10 кВ при необходимости это расстояние уменьшать до 0,35 м. На щите устанавливаются предупреждающие плакаты «СТОЙ! НАПРЯЖЕНИЕ» или наносятся соответствующие надписи. Ограждения, установленные при подготовке рабочего места, запрещается убирать или переставлять до полного окончания работ.

Накладки перед применением очищают от грязи, просушивают (если необходимо) и проверяют на отсутствие на-рушений лакового покрытия, трещин, разрывов и других механических повреждений. На токоведущие части напряжением выше 1000В установка накладок производится двумя работниками с применением диэлектрических перчаток и изолирующих штанг либо клещей.

Колпаки для электроустановок до 10кВ изготавливают из диэлектрической резины, пластмассы, стеклопластика или другого материала с устойчивыми диэлектрическими свойствами. Конструктивно их выполняют для установки на следующих элементах отключенных электроустановок: жилах кабелей, расположенных вблизи токоведущих частей под напряжением; ножах однополюсных разъединителей на сборках с вертикальным расположением фаз; однополюсных или трехполюсных разъединителях. На торцевой стороне кол-

пака предусматривают монтаж хомута для фиксации колпака на пальце оперативной штанги при его установке. Перед установкой колпака проверяется отсутствие напряжения на устанавливаемых элементах электрооборудования. Устанавливают (или снимают) два работника с применением диэлектрических перчаток, оперативной штанги и диэлектрического ковра или изолирующей подставки. Последовательность установки снизу вверх, снятия – сверху вниз.

Защитные ограждения подвергают или только электрическим испытаниям (колпаки для установки на жилах отключенных кабелей и изолирующие накладки), или только осмотрам (щиты, колпаки для установки на отключенных ножах разъединителей). Осмотр щитов проводят перед использованием с целью проверки прочности соединения отдельных частей, устойчивости и прочности деталей крепления щитов при установке, наличия плакатов и знаков безопасности. Осмотр колпаков для установки на отключенных ножах разъединителей выполняют один раз в 12 месяцев, чтобы убедиться в отсутствии трещин, разрывов, других механических повреждений. Колпаки для установки на жилах отключенных кабелей подвергают электрическим испытаниям 1 раз в 12 месяцев напряжением 20кВ в течение одной минуты по методике испытаний перчаток.

Изолирующие накладки подвергают испытанию напряжением, в 2 раза превышающим максимальное рабочее, в течение 5 мин. – жесткие накладки и 1 мин. – гибкие. Так, жесткие накладки для электроустановок 3-10 кВ или до 15 кВ, или до 20 кВ испытывают соответственно напряжением 20 или 30, или 40 кВ. Гибкие накладки для электроустановок до 500 В и свыше 500 до 1000В испытывают напряжением соответственно 1 и 2 кВ, причем ток через накладки из диэлектрической резины не должен превышать 6мА, ток через жесткие накладки не регламентируется.

Гибкие изолирующие покрытия (оболочки) и накладки для работ под напряжением в сетях до 1000В применяются как прочие средства защиты. Они используются для предупреждения коротких замыканий и для защиты работающих от случайного прикосновения к воздушным линиям, находящимся под другим потенциалом. Выпускают их в виде спецформы или рулона с последующей нарезкой пластин нужных размеров. Покрытия изготавливают бесшовным способом из диэлектрической резины, латекса или различных эластомерных соединений, накладки – из эластомера или пластика. Толщина определяется необходимой прочностью и гибкостью. Покрытие при проколе должно выдерживать усилие в 10 Н на 1 мм толщины. Накладка при растяжении должна иметь условную прочность не менее 450 Н/см², а от-носительное удлинение при разрыве – не менее 200%. Однако в эксплуатации механические испытания этих устройств не проводят; электрические испытания проводят напряжением 6 кВ в течение 1 мин, при этом ток через 1 дм² покрытия или накладки не должен превышать 1 мА. Перед применением эти защитные средства обязательно проверяют на отсутствие проколов, порезов, трещин, выступов, следов зажима; допускаются на поверхности небольшие неровности в виде выступов или углублений с закрепленными краями, следы формовки

(складки в эластомере). Грязь смывают водой с мылом, но не растворителями. Устанавливают оболочки и накладки на токоведущие части с применением основных защитных средств.

Изолированный инструмент применяется в качестве основного защитного средства для работ под напряжением до 1000В. К нему относится слесарно-монтажный инструмент с однослойной или многослойной изоляцией на рукоятках. Однослойное изолирующее покрытие не должно быть толще 1мм, многослойное – 2 мм. Оно должно иметь форму и рифление, обеспечивающие удобство при пользовании, не быть скользким. Изоляция выполняется разноцветными слоями. Изоляция должна иметь длину не менее 100 мм до середины ограничительного упора и плотно облегать рукоятку инструмента. Упор должен быть выполнен гладким, без острых кромок и граней, иметь длину не менее 10 мм, а толщину – не менее 3 мм; на отвертке высота упора – не менее 5 мм. Стержень отвертки изолируется. Изоляция должна оканчиваться на расстоянии не далее 10мм от конца лезвия.

Правила пользования инструментом предусматривают перед каждым его применением осмотр на предмет проверки прочности посадки изоляции на рукоятках, отсутствия их взаимного продольного и поперечного перемещения, отсутствия раковин, трещин, сколов, вздутий и других дефектов, приводящих к снижению механической и электрической прочности.

Инструмент с однослойной изоляцией в процессе эксплуатации 1 раз в 12 месяцев испытывают напряжением 2 кВ в течение 1 мин., а с многослойной изоляцией подвергают осмотру.

Задания

1. Ознакомьтесь с устройством бот, галош, перчаток, ковров, инструмента, ограждений.
2. Проведите осмотр с измерением ограниченных геометрических размеров и дайте заключение о пригодности электрозащитных средств к эксплуатации с указанием замеченных недостатков и занесением результатов в табл.2.

Таблица 2. Результаты осмотра средств защиты

Средство защиты	Оценочный параметр	Результат осмотра	Пригодность: да / нет

Контрольные вопросы

1. Требования к эксплуатации диэлектрических перчаток.
2. Ковры резиновые диэлектрические в электроустановках до 1000 В относятся к основным или дополнительным средствам защиты?
3. К каким средствам защиты относится изолированный инструмент в электроустановках до 1000 В?

Практическая работа №8 «Указатели напряжения до 1000В»

Цель работы: изучить назначение, устройство, принцип работы указателей напряжения, научиться ими пользоваться.

Общие сведения

Указатели напряжения относятся к основным средствам защиты и предназначены для определения с помощью световой или звуковой индикации наличия напряжения на токоведущих частях электрооборудования. Выпускают указатели на напряжение до и свыше 1000 В. Принцип действия простейших указателей основан на свечении газоразрядной лампы при протекании через нее емкостного или активного тока. Применение ламп накаливания в качестве индикаторов напряжения запрещено из-за возможного взрыва лампы и травмирования работника. Однако и такие индикаторы встречаются, но выполненные со специальной защитой. В последнее время начали выпуск электронных указателей на микросхемах. Индикаторы до 1000В выпускают одно- и двухполюсные. Встречаются также индукционные указатели, сигнализирующие о наличии напряжения при введении их в зону сильных электрических полей, а при касании этим указателем устройства, находящегося под напряжением, он индицирует величину напряжения.

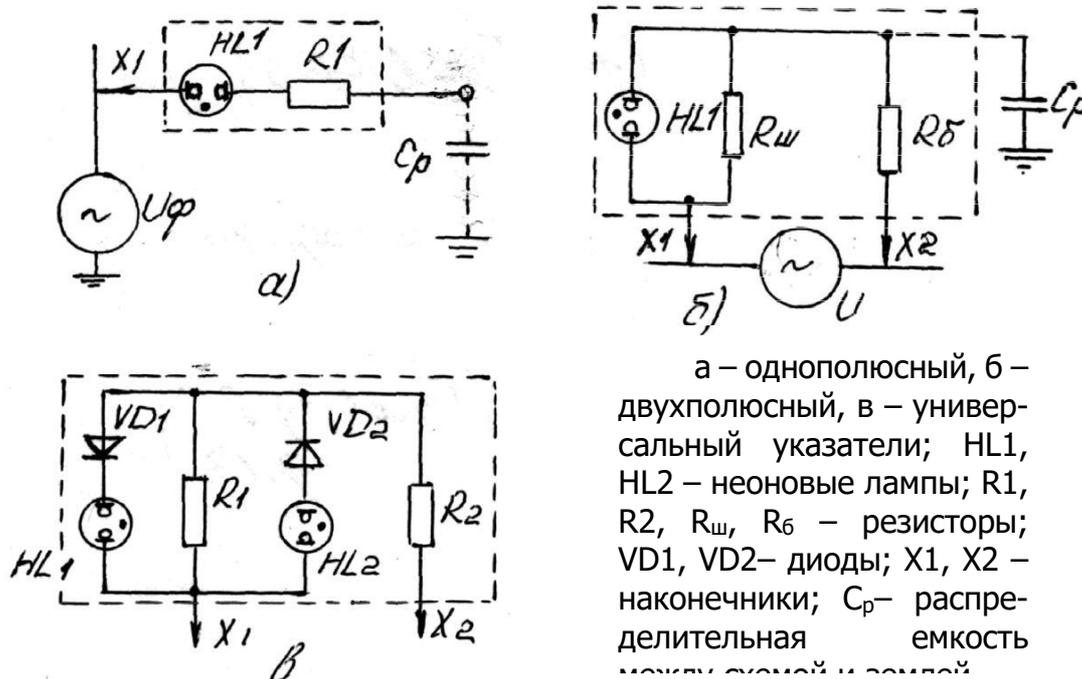
Требования к указателям напряжения контактного типа изложены в Государственном стандарте. Рабочая часть и рукоятка указателя напряжения свыше 1000 В должны иметь определенные размеры в зависимости от напряжения, для указателей до 1000В эти размеры не нормируются.

Указатели напряжения до 1000 В должны выполняться двухполюсными и однополюсными, работающими соответственно от активного и емкостного тока. Двухполюсные указатели предназначены для электроустановок переменного и постоянного тока, а однополюсные – переменного. Двухполюсные указатели состоят из двух корпусов с вмонтированными в них элементами электрической схемы и гибкого соединительного провода длиной не менее 1 м, не теряющего эластичности при отрицательных температурах. Однополюсный указатель монтируется в одном корпусе. Стандарт требует в двухполюсных указателях предусматривать визуальную, акустическую или визуальную-акустическую индикацию напряжения с непрерывным или прерывистым сигналом. Электрическая схема может содержать прибор стрелочного типа или цифровую знаковую индикацию.

Однополюсный указатель напряжения должен содержать элемент индикации с добавочным резистором, контакт-наконечник для подсоединения к измеряемому объекту и контакт для касания руки человека.

На рисунке 1 представлены принципиальные электрические схемы наиболее распространенных указателей напряжения до 1 кВ. Однополюсный

указатель (рисунок 1 а) предназначен для определения фазного провода (наличие фазового напряжения) в электроустановках с глухозаземленной нейтралью. Такой указатель подвержен воздействию наведенного напряжения.



а – однополюсный, б – двухполюсный, в – универсальный указатели; HL1, HL2 – неоновые лампы; R1, R2, Rш, Rб – резисторы; VD1, VD2 – диоды; X1, X2 – наконечники; Cp – распределительная емкость между схемой и землей

Рис. 1. Принципиальные электрические схемы указателей напряжения до 1кВ

Двухполюсный указатель (рисунок 1 б) удобен тем, что может измерять линейные напряжения (напряжение между двумя линейными проводами питающей сети). Очень часто они работоспособны и в цепях постоянного тока. Шунтирующий резистор Rш при разрыве цепи в месте контакта наконечника X2 исключает протекание емкостного тока (он обусловлен распределительной емкостью Cp между схемой и землей) через неоновую лампу, что исключает индицирование наличия напряжения с одновременным указателем полярности. При подключении указателя к цепи переменного напряжения горят обе лампы. При проверке постоянного напряжения каждая из двух ламп горит только при соответствующей полярности проверяемого напряжения. Отметим, что напряжение горения неоновой лампы составляет около 30-60 В при токе 0,2-2 мА.

Универсальный указатель (рисунок 1 в) предназначен для проверки наличия или отсутствия напряжения. «Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации электроустановок», «Правила применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках, технические требования к ним» регламентируют поведение при работе с указателями напряжения. Они предписывают перед применением проверять указатели с помощью специально предназначенных для этих целей приспособлений или приближением к оборудованию, заведомо находящемуся под напряжением. В электроустановках до 1000 В при работе с указателями напряжения использование диэлектрических перчаток не предусматривается. Более того, однополюсные указатели,

как правило, работают от тока, проходящего через человека, поэтому запрещается производить измерения в диэлектрических перчатках. В этом случае из-за большого сопротивления указатель не сработает, то есть укажет на отсутствие напряжения при его наличии.

Однополюсные указатели напряжения до 1000 В рекомендуется применять при определении фазного провода для подключения патронов, розеток, счетчиков, предохранителей и тому подобное. Следует помнить, что газоразрядная лампа может зажечься из-за наведения напряжения от соседнего объекта, находящегося под напряжением.

Работая на воздушных линиях, начинают измерения с ближайшего провода при горизонтальной подвеске проводов или снизу вверх при их расположении на разных уровнях. При пользовании указателями напряжения (равно как и другими приборами и инструментом) следят, чтобы соблюдались безопасные, минимально допустимые расстояния от токоведущих частей (таблица 1). Отсутствие напряжения в электроустановках подстанций и в распределительных установках напряжением до 1000В допускается проверять одному человеку из оперативного или оперативно-ремонтного персонала с III квалификационной группой по электробезопасности, а на воздушных линиях – двум работникам с группой не ниже III.

Таблица 1. Допустимые расстояния (м) до токоведущих частей, находящихся под напряжением ниже 1000 В

Место работы	Расстояния от людей и инструмента в их руках	Расстояния от грузоподъемных устройств и грузов
На воздушных линиях	0,6	1,0
В остальных электроустановках	Не нормируется	1,0

Указатели напряжения периодически испытывают. Механические испытания в эксплуатации не проводят. Электрические эксплуатационные испытания проводят 1 раз в 12 месяцев (таблица 2), и они заключаются в прикладывании повышенного напряжения отдельно к рабочей и изолирующей частям.

Таблица 2. Нормы эксплуатационных электрических испытаний указателей напряжения до 1000В

Наименование	Uэ, кВ	Uи, кВ	t, мин	J, мА
Напряжение индикации	До 1	He>0,09	-	-
Изолирующая часть	До 0,5	1	1	-
	>0,5 до 1	2	1	-
Проверка исправности схемы:				
	однополюсные указатели	До 1	He<1,1 Uр	1
двухполюсные указатели	До 1	He<1,1 Uр	1	10

Примечания. Все указатели напряжения осматриваются и проверяются перед применением независимо от сроков периодических осмотров.

Обозначения: U_0 – напряжение, до которого допускается использовать указатель; $U_{и}$ – испытательное напряжение; t – продолжительность испытания; J – ток, протекающий через изделие; U_p – рабочее напряжение указателя.

На рисунке 2 представлена принципиальная электрическая схема испытания электрической прочности изоляции указателя напряжения. Испытания можно проводить на установке для испытания диэлектрических перчаток и бот. При двухполюсном указателе обе рукоятки обертывают фольгой, а соединительный провод опускают в заземленную ванну с водой так, чтобы вода не доходила до рукояток на 9-10 мм. Один провод вторичной обмотки трансформатора 2 подсоединяют к наконечникам, а второй заземляют и подключают параллельно к фольге через миллиамперметр. Длительность испытания 1 мин, напряжение 1 кВ (для указателей до 500 В) и 2 кВ (для указателей свыше 500 В). Значение тока не должно превышать 0,6 мА для однополюсных и 10 мА для двухполюсных указателей напряжения.

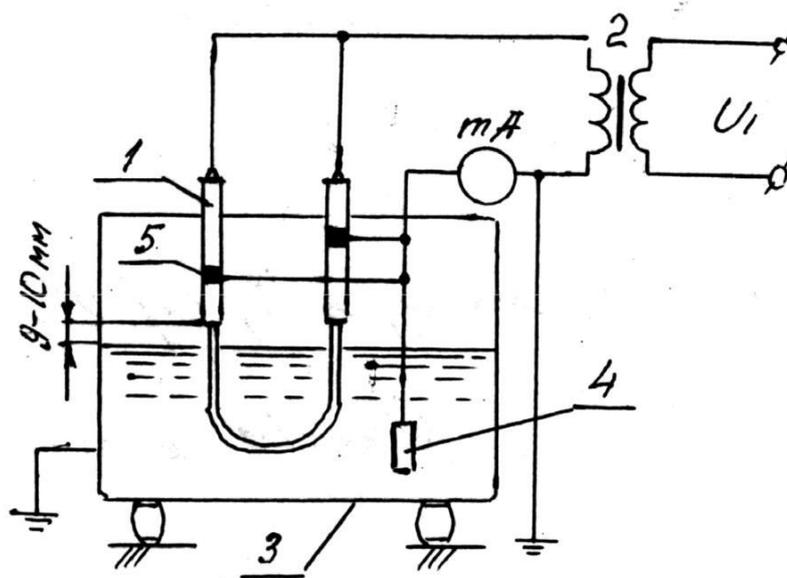


Рис. 2. Схема испытания электрической прочности изоляции рукояток и провода указателя напряжения

1 – испытываемый указатель; 2 – трансформатор; 3 – ванна с водой; 4 – электрод; 5 – фольга

При испытании однополюсных указателей один провод вторичной обмотки подключают к наконечнику, а второй, заземленный, к фольге, намотанной на корпус рукоятки.

Приборы и оборудование

1. Указатели напряжения до 1000В: УН-1М, УНН 40-660В, УННУ 110-700В, МИН1, УН 500-2, УННЛ-1, ПИН-90, ИН-91, ЭЛИН-1, РАТ PENTING, SGC88-2, ламповый Мос-энерго (рисунок 3, 4 и 5).

2. Универсальный пробник УП-71 (рисунок 5).
3. Стенд.
4. Диэлектрические перчатки.

Индикатор напряжения–отвертка ИИ-91 – однополюсный, предназначен для проверки наличия переменного тока промышленной частоты напряжением 127-380 В при температуре воздуха 50°С и относительной влажности до 80%. Щуп индикатора выполнен в виде отвертки для проведения мелких работ. Принцип работы прибора основан на протекании активного тока через газоразрядную лампу, соединенную последовательно с добавочным резистором и человеком. Напряжение зажигания лампы не более 90 В.

Указатель РАТ PENTING имеет следующее назначение: проверка полярности при напряжении от 1,2 до 36 В; контактное (70-250 В) и бесконтактное (70-10000 В) тестирование переменного напряжения; тестирование постоянного напряжения (до 250 В); контроль целостности цепи; тестирование своего функционирования; обнаружение утечек в микроволновых печах (более 5 мВт/см²). Конструктивно указатель выполнен в виде отвертки, в рукоятку которой вмонтирован светодиод, соединенный с источником постоянного напряжения (химический элемент или аккумулятор). Указатель сигнализирует о наличии напряжения за счет электростатической и электромагнитной индукции при поднесении его к оборудованию, находящемуся под напряжением, а также при подаче на лезвие отвертки напряжения и прикосновении человека к противоположной металлической стороне (пробке) указателя. Наличие электрической цепи, не находящейся под напряжением, проверяется прикосновением человека к одному концу цепи одной рукой, а ко второму – отверткой указателя, находящегося в другой руке. Рука должна касаться металлической пробки указателя. Перед применением указатель проверяют касанием левой и правой рукой противоположных концов указателя. Если светодиод заработает, то указателем можно пользоваться.

Указатель SGC88-2 позволяет индицировать наличие напряжения промышленной частоты, постоянного и статического поднесением указателя к объекту и нажатием на кнопку-сенсор Induktionbreakpointtest. Дисплей высвечивает характерный зигзаг-молнию при наличии напряжения. Касание щупом-отверткой объекта под напряжением и нажатие на вторую кнопку-сенсор directtest позволяют ступенчато измерять величину напряжения до 12, 36, 110, 220 В, высвечивающуюся на дисплее. Дисплей указывает все напряжения до фактического значения на установке, за действительное же берется большая величина. Указатель предназначен для работы от 12 до 250 В.

TESTER модели 6885-48 предназначен для индикации переменного, постоянного и статического напряжения бесконтактным и контактным способами, для определения полярности батарей напряжением от 1,5 до 50 вольт, проверки плохого соединения ручного инструмента с электросетью, проверки заземления и целостности цепи.



Рис. 3. Указатели напряжения

Переменное напряжение индицируется от 70 до 250 В контактным методом и от 70 до 10 000 В – бесконтактным, постоянное – до 250 В.

TESTER имеет два сигнальных световых индикатора, звуковой индикатор и переключатель трех положений чувствительности. Щуп-отвертка служит для контактного и бесконтактного контроля. Сбоку имеется контакт-сенсор. Перед применением проверяется работоспособность тестера установкой переключателя пределов в положение «О» (очень низкая чувствительность) и касанием человека к щупу и сенсору. Загорится красный сигнал при исправном приборе. Если при этом переключатель поставить в позицию L (низкая чувствительность) или H (высокая чувствительность), то загорится зеленый индикатор. Проверка наличия напряжения контактным методом осуществляется при переключателе, установленном в положение «О». Касание сенсора не рекомендуется, хотя и безопасно. Свечение красного индикатора свидетельствует о наличии напряжения. Бесконтактный метод (переключатель в положении L или H) позволяет свидетельствовать о наличии напряжения свечением зеленого индикатора и звучанием сигнала. Для определения фазы следует аккуратно провести по проводу щупом. Зеленый индикатор и звуковой сигнал свидетельствуют о напряжении, прерывистый звуковой сигнал указывает на обрыв в проводе. Если чувствительность очень высокая, следует взяться рукой за провод (изолированный, конечно), если низкая – коснуться сенсора. При определении полярности загорается световой индикатор на плюсе батареи, если батарея неисправна, – и на «+» и на «-». Проверка заземления заключается в поднесении прибора к проверяемому объекту (переключатель в положении L или H): звуковой сигнал без светового свидетельствует об отсутствии заземления. Аналогично проверяется наличие плохого контакта в соединении оборудования с электросетью: вилка от оборудования в розетке, выключатель отключен, тестер поднесен к оборудованию и подает только звуковой сигнал. Наличие цепи с сопротивлением до 5МОм, до 50МОм и до 100МОм соответственно при положении переключателя «0», «L» и «H» отмечается светящимся индикатором.

Указатель напряжения УННЛ-1 (рисунок3) предназначен для проверки напряжения в сетях постоянного и переменного тока напряжением 127-700 В при температуре воздуха $\pm 50^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности до 80%. Указатель состоит из двух корпусов, соединенных изолированным проводом. На щупы, вмонтированные в корпуса, навинчиваются съемные изолированные удлиненные до 500 мм электроды. Газоразрядная лампа, шунтирующий ее резистор и добавочный резистор вмонтированы в корпуса. Напряжение зажигания лампы не более 90В.

Указатель напряжения УН-1М (рисунок3) предназначен для повторнократковременной индикации и измерения напряжения переменного тока промышленной частоты в электрических сетях напряжением 127-500 В при температуре воздуха $25 \pm 10^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности до 75%. Принцип работы основан на способности линейного аналогового индикатора изменять

длину светящегося столба вдоль стержневого катода пропорционально протекающему току. Напряжение зажигания индикатора не более 90В.

Электронный индикатор напряжения ЭЛИН-1 предназначен для индикации о наличии напряжения постоянного тока 25-400 В или переменного 127, 220 или 380 В, а также о наличии фазы. Прибор выполнен в двух корпусах, соединенных проводом. Корпуса оканчиваются щупами. В одном корпусе размещена электронная схема для индикации переменного тока со светодиодом – указателем наличия фазы и сенсором, а также светодиодами индикации величины напряжения, в другом – электронная схема и светодиод наличия постоянного напряжения. Если щупом корпуса для переменного тока коснуться оборудования, находящегося под напряжением, а рукой – сенсора, то индикатор ФАЗА начнет мигать, указывая на наличие напряжения. Если же одновременно вторым щупом коснуться фазы или нуля и засветятся индикаторы 127 и 220, это будет свидетельствовать о наличии между данными точками напряжения 220 В. Аналогично свечение индикаторов 127 или 127, 220, 380 свидетельствует о наличии напряжения 127 или 380 В. При индикации переменного тока воспроизводится звуковой сигнал и одновременно мигает индикатор постоянного напряжения. В случае наличия постоянного напряжения от 25 до 400 В светится только индикатор на корпусе указателя постоянного напряжения, но звуковой сигнал отсутствует и не работают индикаторы переменного тока. Если щуп постоянного тока касается плюса, то индикатор светится красным светом, если минуса – зеленым.

Переносной индикатор напряжения ПИН-90 двухполюсный, предназначен для проверки наличия напряжения в электроустановках переменного и постоянного тока с индикацией напряжения соответственно 65-750 и 75-750 Вв обычной и во взрывоопасной среде при температуре окружающей среды -40÷+50°C, относительной влажности до 95% и запыленности воздуха до 1г/м³. Принцип работы основан на свечении газоразрядной лампы (напряжение зажигания ее не более 50 В) от проходящего через нее активного тока. Пользоваться индикатором можно в повторно-кратковременном режиме. Конструктивно индикатор выполнен в двух пыле- и влагонепроницаемых корпусах, соединенных проводом с двойной изоляцией. В корпусах индикатора смонтированы газоразрядная лампа и добавочный резистор в 1 МОм.

Модернизированный индикатор напряжения МИН-1 (рисунок 4) двухполюсный, предназначен для проверки напряжения в электроустановках напряжением 110-500 В промышленной частоты при температуре окружающей среды -50÷+45°C и относительной влажности до 80%. Режим работы индикатора повторно-кратковременный и основан на свечении газоразрядной лампы (с напряжением зажигания не более 90 В) от активного тока, проходящего через нее и шунтирующий резистор, человека, добавочный резистор. Лампа и резисторы смонтированы в двух корпусах, соединенных изолированным проводом. В корпусах смонтированы контактные штырьки (щупы).

Указатель напряжения на лампе накаливания (рисунок 4) двухполюсный и предназначен для работы в электроустановках с напряжением до 220 В.

Он выполнен из двух корпусов с ручками для держания указателя и щупами. Ручки соединены изолированным проводом. Внутри одного из корпусов вмонтирована лампа накаливания.

Указатель напряжения УН-500-2 (рисунок 5) выполнен на стрелочном электроизмерительном приборе со шкалой, проградуированной до 500 вольт. Состоит из корпуса с контактным штырьком (щупом) и выносного щупа. На лицевой панели расположен электроизмерительный прибор, электрод сенсора и газоразрядная лампа. Подключая оба щупа к сети, замеряют напряжение в ней. Касанием рукой сенсора, а щупом корпуса провода определяют фазу. При этом мигает лампа и звучит сигнал.

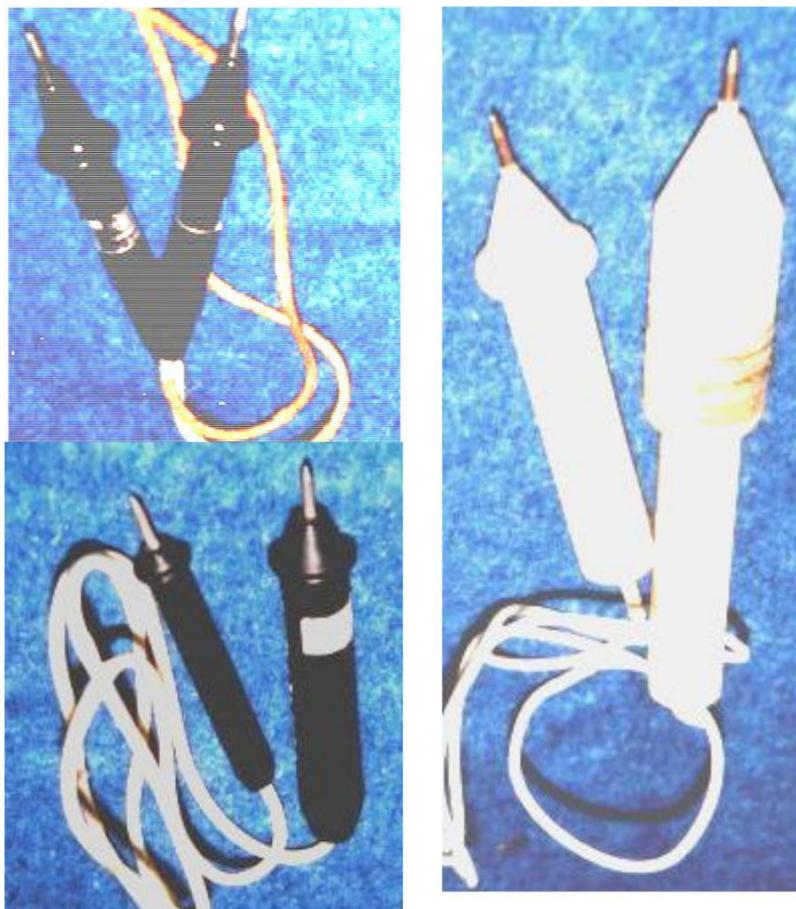


Рис. 4. Указатели напряжения до 1000 В

Универсальный пробник УП-71 (рисунок 5) предназначен для проверки целостности электрических цепей в электроустановках до 220 В и сигнализации о наличии напряжения в контролируемой цепи. Состоит из корпуса со щупом-выключателем питания прибора, двух ламп, сигнализирующих о наличии цепи (белая) и о наличии цепи сопротивлением менее 10 Ом (красная), щупа на гибком проводе, кнопки проверки наличия цепи. Прибор включают откидыванием щупа-выключателя, подключают его к проверяемой цепи этим щупом и щупом на гибком проводе. Если в цепи имеется напряжение свыше 30 и до 220 В, загорается красная лампочка. При отсутствии напряжения можно проверить

цепь, нажав кнопку: загорание красной лампы свидетельствует о наличии сопротивления в цепи до 10 Ом, а белой – о наличии в цепи большего сопротивления.



УН-500-2

УП-71

Рис. 5. Указатели напряжения до 1000 В

Стенд предназначен для создания постоянного и регулируемого переменного напряжения.

Диэлектрические перчатки служат по прямому назначению – для изоляции студента.

Задания

1. Изучите и занесите в тетрадь меры безопасной работы с указателями напряжения. Ознакомьтесь с устройством и проведите осмотр на предмет отсутствия повреждения изоляции указателей напряжения. Оцените возможность их применения на производстве. Результаты занесите в таблицу 3.

Таблица 13.3. Оценка возможности применения указателей

Указатель	Результаты осмотра	Возможность применения

2. Определите на стенде напряжение зажигания двухполюсных указателей напряжения, для чего вставьте щупы указателя в розетку стенда и медленно, увеличивая напряжение, добейтесь четкого свечения индикатора. Результаты занесите в тетрадь.

3. Проверьте работоспособность однополюсных указателей, подсоединяя их поочередно к розетке стенда. Убедитесь в достаточности различения светового сигнала.

4. Наденьте диэлектрические перчатки и повторите работу по пункту 3. Объясните, почему одни указатели не сигнализируют о имеющемся в сети напряжении, а другие сигнализируют.

5. Указателем ЭЛИН-1 проверьте величину напряжения в сети переменного тока. Изменяя напряжение на стенде, определите диапазон напряжений, при которых сигнализируют индикаторы 127 и 220. Каждый диапазон определяется напряжением зажигания индикаторов 127 и 220, 220 и 380. Подсоединяя индикатор к клеммам с постоянным напряжением на стенде, определите плюсовую клемму.

6. Импортными указателями определите местонахождение скрытой электропроводки, наличие заземления стенда, целостность одного из проводов (по указанию преподавателя).

Контрольные вопросы

1. У каких указателей и какие размеры регламентируются?
2. Какие принципы заложены в работу указателей низкого напряжения?
3. Каков порядок работы с указателем на воздушной линии?
4. Периодичность проведения электрических испытаний указателей низкого напряжения.
5. Приведите допустимые расстояния от воздушных линий, находящихся под напряжением, до людей и инструмента в их руках.
6. Какую сигнализацию в двухполюсных указателях требует предусматривать стандарт?
7. Как называется документ, регламентирующий испытания средств защиты, используемых в электроустановках?
8. Какую группу по электробезопасности должен иметь оперативно-ремонтного персонал, проверяющий отсутствие напряжения в электроустановках до 1000В?
9. Какую группу по электробезопасности должен иметь оперативный персонал, проверяющий отсутствие напряжения на воздушных линиях?
10. Каким испытательным напряжением испытывают изолирующая часть указателей напряжения, рассчитанных на эксплуатационное напряжение до 500 В?

Практическая работа №9

“Электроизмерительные клещи и меры безопасной работы с ними”

Цель работы: научиться безопасному пользованию электроизмерительными клещами.

Общие сведения

Измерения тока в цепи возможно выполнять с ее разрывом для установки амперметра или без разрыва, что более удобно, не требует остановки электрооборудования и больших затрат времени.

В качестве приборов для кратковременного измерения тока, напряжения и мощности в электрических цепях до 10 кВ без разрыва их целостности применяются электроизмерительные клещи. Они представляют собой сочетание трансформатора тока и электроизмерительного прибора. Трансформатор выполнен с разъемным магнитопроводом для размещения внутри него проводника с измеряемым током. Проводник выполняет функцию первичной обмотки трансформатора. Вторичная обмотка трансформатора размещена на магнитопроводе. Измеряемый ток наводит магнитный поток в магнитопроводе, который во вторичной обмотке индуцирует ток, фиксируемый электроизмерительным прибором. Магнитопровод имеет изоляцию для безопасного измерения тока в неизолированных проводах. Токоизмерительные клещи выпускают на напряжение до 600 В и 10 кВ. В целом можно сказать, что клещи для работы в электроустановках до 10 кВ состоят из рабочей, изолирующей частей и рукоятки. Рабочая часть – это магнитопровод, обмотка и съемный или встроенный измерительный прибор. Корпус электроизмерительного прибора пластмассовый. Магнитопровод выполнен из электротехнической стали. Изоляционная часть с упором и рукоятка выполняются из электроизоляционного материала. Минимальная длина изолирующей части – 380 мм, а рукоятки – 130 мм. Клещи для электроустановок до 1000 В состоят из рабочей части (разъемный магнитопровод, обмотка и измерительный механизм) и корпуса, являющегося одновременно изолирующей частью с упором и рукояткой.

Клещи, как правило, рассчитаны на сравнительно большие токи, но, учитывая наличие в них трансформатора тока, возможно измерение небольших токов. Для этого проводник с измеряемым током наматывают на магнитопровод, а показания прибора уменьшают на число намотанных витков.

Электроизмерительные клещи относятся к основным средствам защиты в электроустановках до и свыше 1000 В, поэтому их один раз в полгода осматривают и один раз в год испытывают. Напряжение испытания должно быть не менее трехкратного линейного рабочего напряжения, но не менее 40 кВ и не менее 2 кВ соответственно для клещей на рабочее напряжение до 10 кВ и 600 В. Продолжительность испытания под напряжением – 5 мин. Напряжение при-

кладывают к магнитопроводу и электродам из фольги (или проволочным бандажам) у ограничительного кольца со стороны изолирующей части (для клещей до 10кВ) или у основания рукоятки (для клещей до 1000В).

Меры безопасной работы с клещами изложены в документе “Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации электроустановок” (МПОТ). МПОТ допускают выполнять работу в электроустановках до 1000В одному человеку, имеющему по электробезопасности группу III. При этом пользоваться диэлектрическими перчатками не предусматривается. На опоре воздушной линии пользоваться электроизмерительными клещами запрещено.

Группа III присваивается административно-техническому персоналу, дежурному, оперативно-ремонтному и ремонтному персоналу, проработавшему не менее трех месяцев с предыдущей группой. Для получения группы III персонал должен иметь четкое представление об опасности, связанной с работой в обслуживаемых электроустановках, знать и уметь применять на практике МПОТ, другие правила безопасности, устройство и оборудование электроустановок в объеме, необходимом для безопасного выполнения работы. Персонал должен уметь оказывать первую помощь при несчастном случае, применять искусственное дыхание и непрямой массаж сердца.

В электроустановках напряжением свыше 1000 В работу электроизмерительными клещами выполняют два человека по распоряжению и наряду. Один из работников должен иметь группу по электробезопасности IV, а второй – III. Во время измерений запрещается наклоняться к указательному прибору на клещах для снятия показаний, так как возможно касание головой оборудования, находящегося под напряжением. Запрещается применять выносные приборы, а также переключать пределы измерений, не снимая клещей с токоведущих частей. Работа выполняется в диэлектрических перчатках. Нельзя при измерениях опирать клещи о какие-либо конструкции. Их необходимо держать на весу. Измерять можно лишь на участках, исключая пробой между фазами или между фазами и землей из-за уменьшения изоляционных воздушных промежутков за счет рабочей части клещей. Измерение нагрузки на жилах кабелей напряжением до 10 кВ допускается лишь в тех случаях, когда расстояние между жилами не менее 25 см и они находятся в изоляции. Измерения на высоте выполняют с прочных подмостей. Работа на высоте выполняется в сухую погоду. Запрещается работать с клещами на напряжении свыше 1 кВ при тумане, дожде, мокром снегопаде.

Группа IV, так же как и группа III присваивается административно-техническому, дежурному, оперативно-ремонтному и ремонтному персоналу, проработавшему с группой III не менее 6 месяцев при отсутствии среднего образования, и не менее 3 месяцев, имеющему образование профессионально-техническое, среднее или высшее техническое. Этот персонал, кроме знаний, необходимых для группы III, должен знать компоновку электроустановок и уметь организовывать безопасное проведение работ.

Приборы и оборудование

1. Стенд.
2. Клещи электроизмерительные Ц 4505М, М266С, Ц 91, 2805, Ц 90 и образца 1953г.
3. Гигрометр ВИТ-2.
4. Указатель напряжения.

Стенд предназначен для создания тока, напряжения и сопротивления. Состоит из трех ламп накаливания и пятивитковой навивки одного из проводов питания этих ламп.

Клещи Ц 4505М (рисунок 1) предназначены для измерения тока, напряжения и сопротивления. Для измерения тока предусмотрены диапазоны до 10, 25, 100, 500 и 1000 А, напряжения – до 300 и 600В, сопротивления – до 2 кОм. На корпусе клещей установлен стрелочный электроизмерительный прибор, переключатель диапазонов и вида измерений, ручка переменного резистора установки стрелки прибора на нуль при измерении сопротивлений, рычаг (клавиша) для размыкания магнитопровода. На торце прибора расположено гнездо с пробкой для установки туда элемента (типа 316) питания в режиме омметра и гнездо для подсоединения шнура, используемого при измерении напряжения (индекс “U” на колодке) или сопротивления (индекс “R”). Шнур с колодкой для подсоединения к клещам, двумя проводами с двойной изоляцией и наконечниками (щупами) прилагается к клещам. Магнитопровод имеет усилие размыкания не более 60 Н и обеспечивает охват шины размером 50 20 мм, а круглого проводника диаметром до 35 мм. Применяют клещи при температуре от -30 до + 40°С и влажности до 90%.

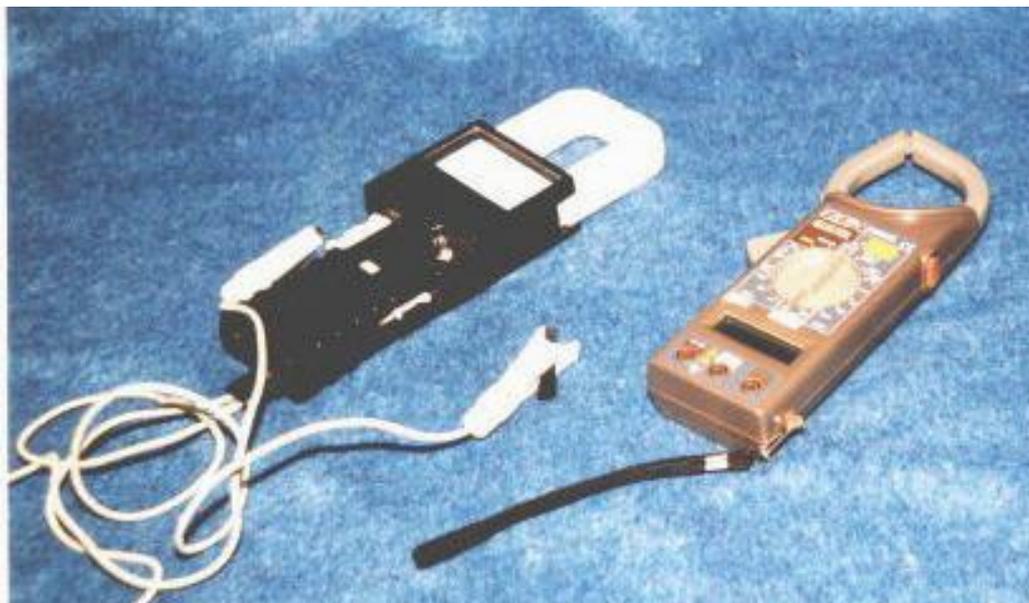


Рис. 1. Клещи токоизмерительные Ц 4505М, М266С

Измерения тока и напряжения начинают с максимального предела (если неизвестно ориентировочное их значение). Магнитопровод размыкают и протирают стыки чистой мягкой салфеткой (для ликвидации зазора от пыли и тем

самым снижением погрешности измерения, а также для предотвращения слипания во время измерений). Затем подходят к месту измерения, размыкают клавишей магнитопровод и охватывают им токопровод. Отсчет показаний производят непосредственно по шкале 0-10 на токовом пределе 10А или по шкале 0-25 для остальных пределов, умножая при этом значения на 40, 20, 4 или 1 соответственно для предела 1000, 500, 100 и 25А.

Для измерения напряжения шнур подсоединяют к клещам так, чтобы указатель-треугольник на корпусе клещей и знак U на колодочке шнура совпали. Устанавливают нужный предел измерения напряжения и, соблюдая осторожность, подключают щупы к местам измерения. На пределе 600 В показания, снятые со шкалы 0-300В, умножают на 2.

Режим измерения сопротивлений возможен только после установки в корпус клещей элемента питания типа 316 (или подобного по напряжению и размерам) и подсоединения колодочки шнура с индексом "R" в сторону указателя-треугольника на клещах. Перед измерением закорачивают щупы шнура и ручкой переменного резистора устанавливают стрелку указательного прибора на нуль. Если нуль не устанавливается, то заменяют элемент питания. Измеряют сопротивление. Параллельно соединенные сопротивления разъединяют, если необходимо знать величину только одного из них.

Клещи мультиметр модели 2805 (*sinometernewsnap 8 model2805*) предназначены для измерения переменного тока до 600А, переменного напряжения до 600В и электрического сопротивления до 2кОм (рисунок 2). Переменный ток частотой 50-400Гц измеряется бесконтактным методом с помощью клещей трансформатора тока на пределах от 0 до 6, 20, 60, 200 и 600А с точностью $\pm 3\%$ при 50-60Гц, $\pm 6\%$ при частоте до 400Гц (кроме предела 6А) и $\pm 10\%$ на пределе 0-6А при частоте до 400Гц. Максимальное напряжение при измерении тока допускается 0-2500 Вв течение 1мин между измеряемой цепью и кожухом клещей. Переменное напряжение и сопротивление измеряются с точностью $\pm 3\%$ на пределах до 600, 300 и 150 В. Проценты берутся от максимального предела шкалы и установлены для окружающей среды с температурой от +18 до +28°C и относительной влажностью до 80%. Изготовитель не рекомендует использовать клещи в цепях с напряжением свыше 600 В.



Рис. 2. Клещи мультиметр модели 2805

На лицевой стороне прибора расположены справа налево переключатель пределов измерений и рода работы, подвижные шкалы стрелочного указателя (под указателем размещены движок фиксатора показаний шкалы и винт механической установки нуля стрелки), гнезда (сверху вниз) Ohm, Com, Volt подключения щупов для измерения сопротивления (Ohm), напряжения (Ohm) и общего для этих измерений щупа (Com). На нижней, примыкающей к лицевой стороне боковине прибора размещена клавиша разъема магнитопровода трансформатора тока и ручка резистора установки стрелки прибора на нуль в режиме измерения сопротивления. Магнитопровод расположен в правой торцевой части корпуса прибора, имеет ширину разъема 34мм и предназначен для охвата проводника диаметром до 30мм. Переключатель рода работы и пределов измерений механически связан с подвижными шкалами стрелочного указателя. В окошке этого указателя при переключениях появляется шкала с указанием рода измерения. Дополнительно на шкале указан род измерений (или следующий предел измерений установленного рода работ), который будет при переключении влево или вправо. Шкалы для измерения напряжения имеют красный цвет, все остальные – черный. Измерения, как и на любом приборе, начинают с наибольшего предела, если неизвестен порядок измеряемой величины. При измерениях тока все щупы из гнезд вынимают. Показания прибора не точны, если стрелка отклонилась менее чем на треть шкалы. В таком случае переключаются на меньший предел. Используют показания прибора, если стрелка отклонилась более чем на половину шкалы.

Клещи токоизмерительные **Ц91** (рисунок3) используются в цепях с напряжением до 600В промышленной частоты. Измеряют ток от 0 до 500 А, имея для этого пределы 0-10, 0-25, 0-100, 0-250 и 0-500 А и две шкалы 0-10 и 0-500 А. Измеряют напряжение в пределах 0-300 и 0-500В по шкале 0-500 В. Измерения можно проводить при температуре окружающего воздуха 30 +40°C и влажности не более 90%. Пределы измерения устанавливаются рычажным переключателем. Провода для измерения напряжения подключаются к двум штыревым разъемам. Ток измеряется трансформатором тока с разъемным сердечником, охватывающим провод (или шину), в котором измеряется ток. Разъем сердечника осуществляется рычагом. Стрелочный указатель вмонтирован в корпус, сделанный в этом месте в виде рукоятки. Сбоку вделан рычаг разъема сердечника трансформатора. Рука охватывает стрелочный указатель, и при этом пальцам удобно нажимать на рычаг.

Прибор M266C (рисунок1) является универсальным электроизмерительным устройством для определения переменного тока до 1000 А, напряжения постоянного до 1000 В и переменного до 750 В, сопротивления электрическому току до 2 МОм, температуры от 0 до 750⁰С или от 32 до 1382⁰F. Кроме того, прибор позволяет проверять диоды и осуществлять звуковую прозвонку электрических цепей сопротивлением менее 50 Ом. Переменный ток измеряется с помощью клещей на диапазонах 20, 200, 1000А с разрешающей способностью на каждом диапазоне соответственно 10, 100, 1000 мА. Измерение среднеквадратичное для сигнала синусоидальной формы частотой 50-60 Гц.

Ширина раскрытия клещей 5 см. Для измерения переменного тока прибор защищен в течение 60с от тока 1200 А.

На корпусе прибора размещены дисплей, переключатель рода работ и пределов измерений, гнезда подключения к прибору шнуров со щупами (к гнезду СОМ подключается черный шнур, к гнезду V – красный) и колодки с термопарами, клавиша для разъема клещей и кнопка для фиксации результата измерений на дисплее.



Рис. 3. Клещи токоизмерительные Ц91

Работа с прибором осуществляется с соблюдением следующих мер безопасности: запрещается прикасаться к неиспользуемым гнездам прибора, если он подключен к электрической схеме; перед переключением пределов измерений щупы прибора следует отключить от измеряемой схемы; не следует превышать величины перегрузочной способности прибора; если неизвестна величина напряжения и тока, начинать измерение следует с наибольшего диапазона; никогда не измерять сопротивлений, находящихся под напряжением; всегда работать осторожно при напряжении более 60 В постоянного и 30 В переменного тока; при измерениях всегда держать пальцы рук за барьерной кромкой щупов. При перегрузке на дисплее прибора высвечивается 1.

Клещи Ц90 (рисунок 4 и 5) предназначены для измерения тока в сети переменного тока напряжением до 10 кВ промышленной частоты при температуре от -30 до +40 °С и относительной влажности до 90 %. Первичной обмоткой трансформатора ТА служит провод с измеряемым током J. Вторичная обмотка замкнута на измерительную схему, измеряющую индуктированный вторичный ток трансформатора. Клещи имеют съемный стрелочный измеритель с пластмассовым корпусом. На измерителе две шкалы: 0-15 и 0-30 А. Магнитопровод клещей выполнен из листовой электротехнической стали и имеет

Рис. 5. Принципиальная схема электроизмерительных клещей Ц 90

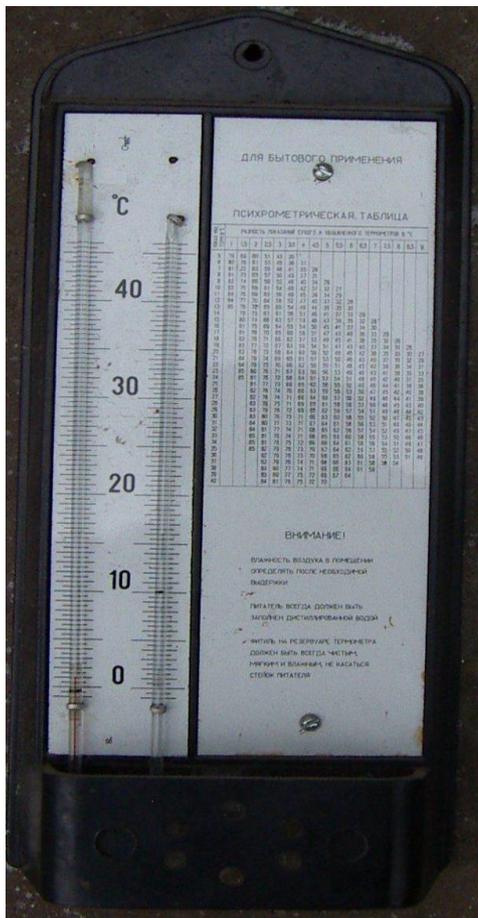


Рис. 6. Гигрометр ВИТ-2

Указатель напряжения УНН напряжения в сети путем создания эл. ичия ника. На индикаторе два контакта, один из которых подсоединяется к проверяемому оборудованию, а второй – к человеку. При этом через человека проходит ток в несколько раз меньший порогового по чувствительности человека к току. Образовавшаяся цепь состоит из последовательно соединенных сопротивления человека, добавочного резистора сопротивлением в несколько сот кОм и неоновой лампочки.

Гигрометр ВИТ-2 (рисункб)предназначен для измерения относительной влажности от 20 до 90% и температуры воздуха от 15 до 40 °С, состоит из двух одинаковых термометров, один из которых увлажнен с помощью фитиля, опущенного в колбу с дистиллированной водой. Влажность воздуха определяется в таблице на гигрометре по показаниям сухого термометра и разности показаний сухого и увлажненного. Принцип работы прибора заключается в том, что при испарении с увлажненного термометра вода отбирает тепло. Чем суше воздух, тем интенсивней идет испарение и тем ниже температуру будет показывать увлажненный термометр.

Задания

1. Изучите устройство клещей и меры безопасности при пользовании ими. Запишите эти меры в рабочую тетрадь.
2. Проведите осмотр клещей и удостоверьтесь в пригодности их к измерениям. Замеченные недостатки занесите в тетрадь.
3. Просмотрите видеофильм по безопасной работе с клещами.

4. Проведите тренировочные измерения клещами на стенде, отключенном от сети. Расскажите и покажите преподавателю порядок пользования клещами.

5. Измерьте температуру и влажность воздуха в помещении. Занесите в табл. 1 полученные данные и данные по климатическим ограничениям использования клещей и дайте заключение о возможности работы клещами при этих метеоусловиях.

Таблица 1. Сведения по микроклимату и использованию клещей в нем

Функция	Температура, °С	Влажность, %	Заключение о возможности работы
Измеренное значение			
Пределы для клещей: Ц4505М Ц90 Ц91 8505 М266С			

6. Измерьте клещами с соблюдением мер безопасности семь значений тока нагрузки на стенде, последовательно включая нагрузки I, II, III, I+ II, I+ III, II+ III, I+ II+ III. Результаты занесите в табл. 2 и 3. Для повышения точности измерения малых токов используйте пятивитковую навивку провода на стенде.

Таблица 2. Результаты измерения тока клещами без навивки

Тип клещей	Ток нагрузки (А) при включении ламп						
	I	I	I	I+	I+ III	II+ III	I+ II+
Ц90 Ц91 Ц4505М 8505 М266С							

Таблица 3. Результаты измерения тока клещами с навивкой

Тип клещей	Ток нагрузки (А) при включении ламп						
	I	I	I	I+	I+ III	II+ III	I+ II+
Ц90 Ц91 Ц4505М							

8505							
M266C							

Контрольные вопросы

1. Назначение электроизмерительных клещей.
2. Меры безопасности при работе с измерительными клещами.
3. В электроустановках до 1000В электроизмерительные клещи относятся к основным или дополнительным средствам защиты?
4. В каких условиях запрещается работа с электроизмерительными клещами?

Практическая работа №10

Изучение устройства и принципа действия мультиметров

Цель работы: Научиться правильно пользоваться мультиметром при измерении электрических величин

Устройство приборов

Исключительно всем необходимо уметь пользоваться измерительными приборами.

Вольтамперомметр - универсальный прибор (коротко-"тестер", от слова "тест"). Разновидностей данных приборов очень много. В данной работе рассмотрим марки DT-830B и M890G.

Мультиметр состоит из:

-дисплей ж/к

- переключатель многопозиционный
- гнезда для подключения щупов
- гнезда для подключения температурного щупа
- гнезда для измерения емкости
- панель для проверки транзисторов
- задняя крышка(будет нужна для замены элемента питания прибора, элемент типа "Крона" 9 вольт)

Положения переключателей разделены на сектора:

OFF/on-выключатель питания прибора. В приборе M890G питание включается посредством отдельной кнопки.

DCV(V-) - измерение напряжения постоянного тока(вольтметр)

ACV(V~) - измерение напряжения переменного тока(вольтметр)

hFe- сектор включения измерения транзисторов. На приборе M890G он не обозначен.

DCA(A-)- измерение постоянного тока (амперметр).

A~- измерение переменного тока (амперметр).

10A - сектор амперметра для измерения больших значений постоянного тока (по инструкции измерения проводятся в течение нескольких секунд).

-сектор для проверки диодов.

Ω -сектор измерения сопротивления (омметр).

CX – сектор измерения емкости.

$^{\circ}\text{C}$ – измерение температуры.

FREQ– измерение частоты.

Для подключения измерительных щупов имеются специальные гнезда. Гнездо «*COM*» общее для подключения щупов. Остальные гнезда подключаются в соответствии с надписями.

Сектор *DCV(V-)* разделен на 5 диапазонов. Проводятся измерения от 0 до 1000 вольт.

Этим прибором при больших напряжениях нужно работать крайне осторожно.

При включении DT-830B в положение "1000" вольт на экране в левом верхнем углу загорается предупреждение HV, о том, что включен самый верхний уровень измерения и при появлении больших значений, нужно быть предельно внимательным.



Обычно измерение напряжения ведется переключением больших положений диапазона на меньшие, если вы не знаете величину измеряемого напряжения. Например, перед измерением напряжения на аккумуляторной батарее сотового телефона или автомобиля, на которых написано максимальное напряжение 3 или 12 вольт, то необходимо ставить сектор в положение "20" вольт. Если поставить на меньший предел, например, на "200" милливольт прибор может выйти из строя. Если поставить на больший предел то показания прибора будут менее точными.

Когда вы не знаете величину измеряемого напряжения (в рамках бытового электрооборудования, где оно не превышает величин прибора), тогда выставляем на верхнее положение "1000" вольт и делаем замер. Грубо замерять, с точностью до одного вольта, можно на положении "1000" вольт.

Если требуется большая точность, переключите на нижнее положение, только чтобы величина измеряемого напряжения не превышала значения на положении выключателя прибора.

Этот прибор удобен в измерении именно напряжения постоянного тока в том, что не требует обязательного соблюдения полярности. Если полярность щупов ("+" - красный, "-" - черный) не будет совпадать с полярностью измеряемого напряжения, то в левой части экрана появится знак "-", а величина будет соответствовать измеряемой.

Сектор ACV(V~) имеет 2 положения для DT-830B) и 4 положения для M890G. Максимальный предел 750 Вольт.

С большой осторожностью обращайтесь с измерениями 220-380 вольт.

Порядок измерений и установки положений аналогичен сектору DCV(V-).

Сектор DCA(A-) является миллиамперметром постоянного тока и применяется для измерения маленьких токов, в основном в радиоэлектронных схемах.

Во избежание поломки прибора, не ставьте переключатель на этот сектор, если забудете и начнете измерять напряжение, то прибор выйдет из строя.

Пределы со знаком «m» позволяют измерять миллиамперы, со знаком «μ» – микроамперы.

Положение 10 А для измерения постоянного тока (амперметр). Измерения производятся с перестановкой провода из второго гнезда в гнездо 10 А. Измерение тока необходимо производить по возможности очень быстро.

В приборе M890G имеется сектор A~ (амперметр) для измерения переменного тока.

Сектором (Ω) измеряют сопротивление путем прикладывания щупов к двум точкам между которыми мы ходим измерить сопротивление.

Следует учесть, что китайский мультиметр не является точным прибором и погрешность его показаний довольно велика.

Во-вторых: непредсказуемая большая чувствительность при точных измерениях. В связи с этим, при замыкании щупов между собой, прибор указывает на сопротивление цепи, которой не следует пренебрегать, а считать её за

сопротивление провода на щупах, т.е. при измерении маленьких сопротивлений из результата нужно отнять значение, полученное при замыкании щупов.

Например: замеряем сопротивление лампы, т.к. лампа имеет маленькое сопротивление, ставим в положение 200 Ом.

Сначала замкнем щупы между собой. Прибор показал 0,9 Ом - это значит мы и отнимем, после измерения нужного нам сопротивления. Замеряем на лампе получаем $70,8 - 0,9 = 69,9$ Ом.

Необходимо учесть, что показания приблизительны, но в случаях с бытовыми электроприборами этого достаточно.

Работа вверх по диапазону сектора не представляет ничего сложного. Если у вас на экране слева показана единица, то сопротивление больше, чем установленное положение переключателя, а если единица на экране при положении выключателя на максимальном пределе, то можно считать цепь обрыванной. При появлении цифр имеет присутствие некое сопротивление в цепи. Сектор можно использовать для прозвонки проводов.

Сектор .

Одно положение для проверки диодов на пробой (на маленькое сопротивление) и на обрыв (бесконечное сопротивление). Принципы измерения основаны на работе Омметра. В приборе M890G имеется звуковая сигнализация. Сектор можно использовать для прозвонки проводников.

Сектор hFE.

Для измерения транзисторов имеется панелька с указанием в какое гнездо какую ножку транзистора помещать. Проверяются транзисторы обеих n - p - n и p - n - p проводимостей на пробой, обрыв и на большее отклонение от стандартных сопротивлений переходов.

Сектор CX служит для измерения емкости конденсаторов. Выводы конденсаторов подключаются к соответствующим гнездам. Пределы измерения изменяются путем переключения положения переключателя от 20μ (20 микроФарад) до 2000P (2000 пикоФарад).

Сектор °C служит для измерения температуры. Температурный датчик необходимо подсоединять к соответствующим гнездам с учетом полярности.

Сектор FREQ позволяет измерять частоту электрической сети.

Порядок выполнения работы

Запрещается производить переключения многопозиционным переключателем во время измерения!

1. Произвести измерение напряжения батарейки.
2. Произвести измерение напряжения электросети.
3. Произвести измерение напряжение бытовой электролампочки (Рисунок 1). Сравнить с показаниями вольтметра на стенде.

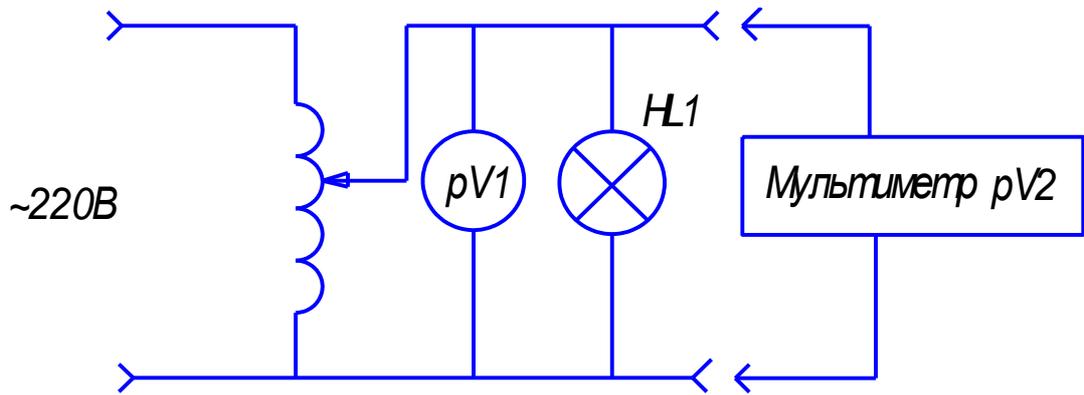


Рисунок 1 – Схема для измерения напряжения бытовой электролампочки
4. Произвести измерения тока лампы накаливания (Рисунок 2).
Сравнить с показаниями амперметра на стенде

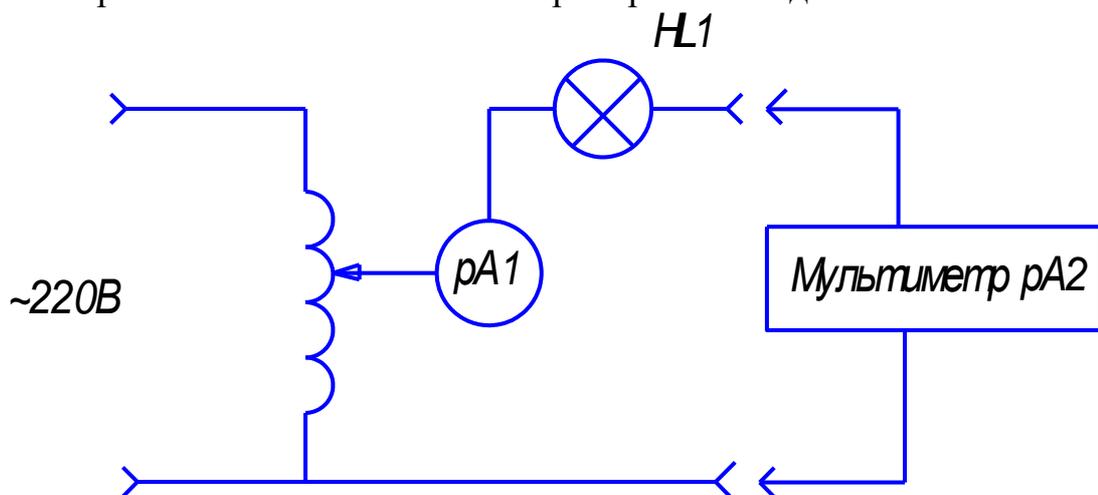


Рисунок 2 – Схема для измерения электрического тока бытовой электролампочки

5. Произвести измерение частоты электрической сети.
6. Произвести измерение температуры окружающей среды.
7. Произвести измерение сопротивления обмоток трансформатора, резистора.
8. Произвести измерение емкости конденсатора.
9. Определить начало и концы электрического кабеля.
10. Определить целостность электрической сети на примере электрического кабеля.

Данные измерений представить таблицей.

Таблица измерений

Наименование измерения	M890G	D-T830B
Напряжение батарейки, В		
Напряжение электрической сети, В		
Частота сети, Гц		
Температура воздуха, °С		
Сопротивление обмоток, Ом		
Сопротивление резистора, Ом		

Емкость конденсатора, Ф		
Ток лампочки, А		
Напряжение лампочки, В		



Рисунок 3 – Измерение напряжения батарейки



Рисунок 4 – Измерение напряжения электрической сети



Рисунок 5 – Измерение сопротивления

Контрольные вопросы

1. Назовите устройство мультиметров DT-830В и M890G.

2. Какие функции способны выполнять мультиметры DT-830B и M890G?
3. Как производить измерения при помощи мультиметров DT-830B и M890G?
4. Какие меры предосторожности необходимо соблюдать при проведении измерений?

Практическая работа №11 «Устройства защитного отключения»

Цель работы: освоить назначение и принцип работы устройств защитного отключения (УЗО).

Общие сведения

Электробезопасность людей обеспечивается следующими мерами: применением надлежащей, повышенной или двойной изоляции; закрытием, ограждением или соблюдением расстояний до токоведущих частей; применением блокировки аппаратов и ограждающих устройств для предотвращения ошибочных операций и доступа к токоведущим частям; заземлением или занулением корпусов электрооборудования, которые могут оказаться под напряжением вследствие повреждения изоляции; выравниванием потенциалов; применением разделительных трансформаторов, напряжений переменного тока

42 В и ниже, постоянного тока 110 В и ниже; применением предупреждающей сигнализации, надписей и плакатов, устройств, снижающих напряженность электрических полей; использованием средств защиты и приспособлений, в том числе для защиты от воздействия электрических полей; надежным и быстродействующим автоматическим отключением электрооборудования и поврежденных участков сети, оказавшихся под напряжением.

При выборе защитных мер учитывают, что ни одна из них не является универсальной. В каждом случае выбирают наиболее эффективные меры защиты.

Надежное и быстродействующее автоматическое отключение электрооборудования и поврежденных участков сети, оказавшихся под напряжением в настоящее время находит все более широкое применение. Для защиты людей от поражения, электрическим током применяются устройства защитного отключения (УЗО). В последнее время внедрение УЗО ведется весьма интенсивно. Ими оснащаются в обязательном порядке (в соответствии с ПУЭ-7) все вновь строящиеся и реконструируемые жилые здания, электрооборудование, эксплуатирующееся в особо опасных помещениях. Не допускаются к эксплуатации мобильные здания из металла или с металлическим каркасом для уличной торговли и бытового обслуживания населения без применения УЗО и т.п. Применение УЗО целесообразно и оправдано по экономическим и социальным причинам в электроустановках всех видов и различного назначения.

Защитным отключением в электроустановках до 1000 В правила устройства электроустановок называют автоматическое отключение всех фаз участка сети, обеспечивающее безопасные для человека сочетания тока и времени его прохождения при замыканиях на корпус или снижении уровня изоляции ниже определенного значения.

В настоящее время широко применяются УЗО, управляемые дифференциальным током. Дело в том, что сумма токов, проходящих в прямом и обратном направлении на исправном оборудовании, равна нулю. И если провода, по которым течет ток, использовать в качестве первичной обмотки трансформатора тока, то во вторичной обмотке не будет наводиться электродвижущая сила. Она появится при разбалансе токов в первичной обмотке. Это возможно при утечке тока в землю, минуя трансформатор тока, то есть при утечке через плохую изоляцию проводов или через человека, коснувшегося провода после трансформатора тока. Такой трансформатор называют дифференциальным трансформатором тока (ДТТ) и используют в качестве датчика УЗО.

Основными параметрами УЗО являются следующие: номинальное напряжение U_n ; номинальный ток I_n ; номинальный отключающий дифференциальный ток (уставка) $I_{\Delta n}$; номинальный неотключающий дифференциальный ток $I_{\Delta no}$; предельное значение неотключающего сверхтока I_{nm} ; сверхток; номинальная включающая и отключающая способность (коммутационная способность) I_m ; номинальная включающая и отключающая способность по дифференци-

альному току $I_{\Delta n}$; номинальный условный ток короткого замыкания I_{nc} ; номинальный условный дифференциальный ток короткого замыкания $I_{\Delta c}$; номинальное время отключения T_n .

В дальнейшем будем рассматривать два наиболее употребляемых параметра: **номинальный отключающий дифференциальный ток** (уставка) $I_{\Delta n}$ – значение дифференциального тока, которое вызывает отключение УЗО при заданных условиях эксплуатации (уставку $I_{\Delta n}$ выбирают из следующего ряда: 0,006; 0,01; 0,03; 0,1; 0,3; 0,5 А); **номинальное время отключения** T_n – промежуток времени между моментом внезапного возникновения отключающего дифференциального тока и моментом гашения дуги на всех полюсах.

Стандартные значения максимально допустимого времени отключения УЗО типа А и АС при любом номинальном токе нагрузки и заданных нормами значениях дифференциального тока не должны превышать приведенных в таблице 1. При этом испытания УЗО типа А проводят при значениях токов

$I_{\Delta n}$, $2 I_{\Delta n}$, $5 I_{\Delta n}$, и 500А с коэффициентом 1,4 (при $I_{\Delta n} > 0,01$ А) и с коэффициентом 2 (при $I_{\Delta n} \leq 0,01$ А).

Таблица 1

Время отключения T_n , с			
$I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$5 I_{\Delta n}$	500 А
0,3	0,15	0,04	0,04

Для УЗО типа S стандартные значения допустимого времени отключения и неотключения при номинальном токе нагрузки свыше 25 А и значениях номинального дифференциального тока свыше 0,03 А не должны превышать приведенных в таблице 2.

Таблица 2

Дифференциальный ток	$I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	5 $I_{\Delta n}$	500 А
	Максимальное время отключения, с	0,5	0,2	0,15
Минимальное время отключения, с	0,13	0,06	0,05	0,04

На практике **уставку УЗО** для каждого конкретного случая применения выбирают с учетом следующих факторов:

- значения существующего в данной электроустановке суммарного (с учетом присоединяемых стационарных и переносных электроприемников) тока утечки на землю – так называемого «фонового тока утечки»;

- значения допустимого тока через человека на основе критериев электробезопасности;

- реального значения отключающего дифференциального тока УЗО, которое в соответствии с требованиями ГОСТ Р 50807-94 находится в диапазоне $0,5 I_{\Delta n} - I_{\Delta n}$.

Согласно требованиям ПУЭ -7 номинальный дифференциальный отключающий ток УЗО (уставка) должен в три и более раза превышать суммарный ток утечки Защищаемой цепи электроустановки $I_{\Delta n} > 3 I$.

Суммарный ток утечки электроустановки замеряется специальными приборами или определяется расчетным путем. При отсутствии данных о фактических токах утечки в электроустановке ПУЭ предписывают принимать ток утечки электроприемников из расчета 0,4 мА на 1 А тока нагрузки, а ток утечки цепи из расчета 10 мкА на 1 м длины фазного проводника.

Рекомендуемые значения уставки $I_{\Delta n}$ для диапазона номинальных токов 16-100 А приведены в таблице 3.

Таблица 3

Номинальный ток в зоне защиты, А	6	5	40	3	80 -100
$I_{\Delta n}$ при работе в зоне защиты одиночного потребителя, мА	0	0	30	0	10 0
$I_{\Delta n}$ при работе в зоне защиты группы потребителей, мА	0	0	30(100)	00	30 0
$I_{\Delta n}$ УЗО противопожарного назначения ВРУ (ВРЩ), мА	00	00	300	00	50 0

В некоторых случаях для определенных потребителей значение уставки задается нормативными документами: в зданиях из металла или с металлическим каркасом значение уставки УЗО не должно превышать 30 мА (ГОСТ Р 50669-94); для сантехнических кабин, ванных и душевых, если на них выделена отдельная линия, уставка 10 мА; при использовании одной линии для сантехнической кабины, кухни и коридора допускается использовать УЗО с уставкой 30 мА; в индивидуальных жилых домах для групповых цепей, питающих штепсельные розетки внутри дома, включая подвалы, встроенные и пристроенные гаражи, а также в групповых сетях, питающих ванные комнаты, душевые и сауны УЗО с уставкой 30 мА; для штепсельных розеток, устанавливаемых снаружи, УЗО с уставкой 30 мА («Временные указания по применению устройств защитного отключения в электроустановках жилых зданий»); на вводе в квартиру, индивидуальный дом и тому подобное, для улучшения защиты от возгорания при замыканиях на заземленные части – уставка УЗО до 300 мА (ПУЭ-7); штепсельные розетки строительных площадок должны быть защищены УЗО с уставкой не более 30 мА (ГОСТ Р 50571.23-2000); для защиты от пожаров электрическая цепь должна быть предохранена УЗО с уставкой не превышающей 0,5 А (ГОСТ Р 50571.17-2000).

Предписываемые немецкими электротехническими нормами VDE значения уставок для различных объектов приведены в таблице 4.

Таблица 4. Рекомендуемые в Германии токи уставки в зависимости от назначения электроустановки

Назначение электроустановки	Ток уставка
-----------------------------	-------------

	ки, мА
Светильники, осветительные установки, ванные, душевые, крытые и открытые бассейны, розеточные однофазные цепи до 16 А на строительных площадках, розеточные цепи сельскохозяйственных электроустановок, помещения с электропроводящими стенами и ограниченными возможностями перемещения, пункты питания для мобильных фургонов, передвижные жилые фургоны, катера и яхты, системы электропитания кемпинговых площадок, учебные помещения с лабораторными стендами, сырые и влажные помещения, розеточные цепи до 32 А открытых электроустановок, фонтаны, дополнительная защита от прямого прикосновения в жилых помещениях, медицинские помещения при номинальном токе ≤ 63 А, электросварочные установки, оборудование дуговой сварки	≤ 30
Медицинские помещения при номинальном токе > 63 А,	≤ 300
Розеточные цепи строительных площадок (кроме однофазных с током до 16 А, общие цепи сельскохозяйственных электроустановок, пожароопасные производственные помещения, летающие объекты, жилые вагончики с сопротивлением заземления до 30 Ом, системы резервированного питания с сопротивлением заземления до 100 Ом, распределительные щиты на стройплощадках, устройства регулирования уличного движения, светофоры с	≤ 500

током до 25А	
Установки точечной сварки	Сво- бодный выбор

На рисунке 1 представлены области физиологического действия на человека переменного тока (50-60 Гц) и времятоковые характеристики выпускаемых УЗО. Ощутимые, но не вызывающие опасность фибрилляции сердца токи могут быть при работе УЗО с током уставки 30 мА и номинальным временем отключения $T_n = 0,5$ с. УЗО с током уставки 10 мА не достигает этой области даже при $T_n = 10$ с. Таким образом, можно сказать, применение УЗО исключает опасность поражения электрическим током.

В соответствии с ГОСТ 12.1.038-82 характеристики УЗО рекомендуется выбирать по рисунку 2.

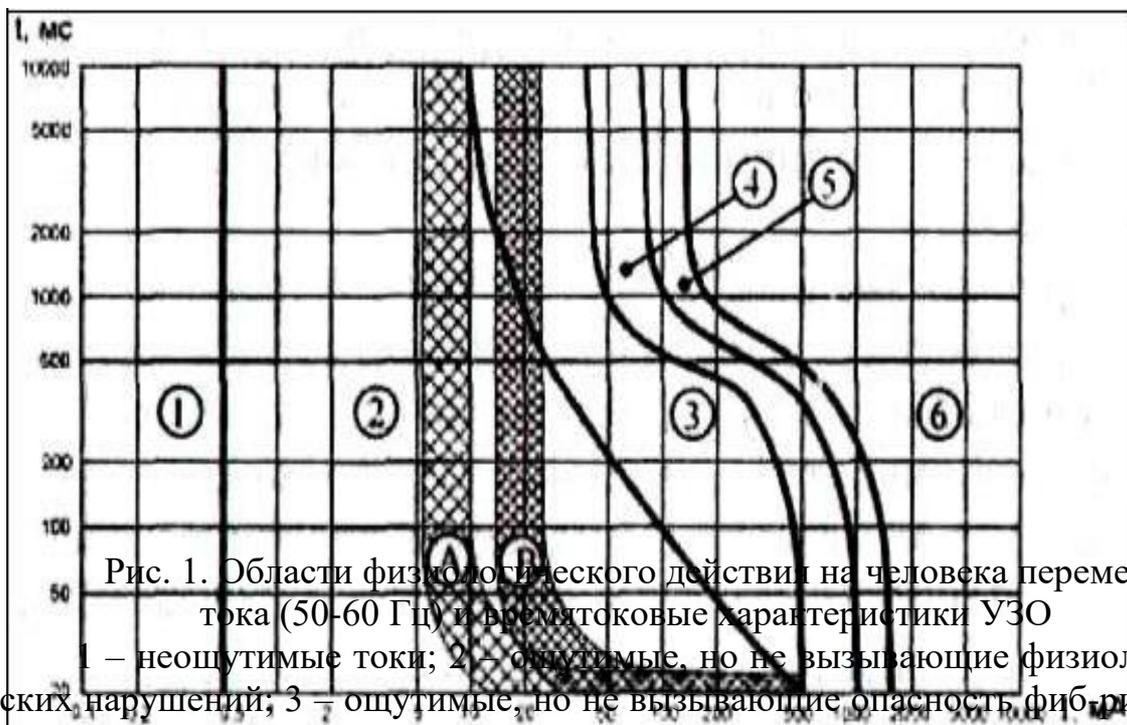
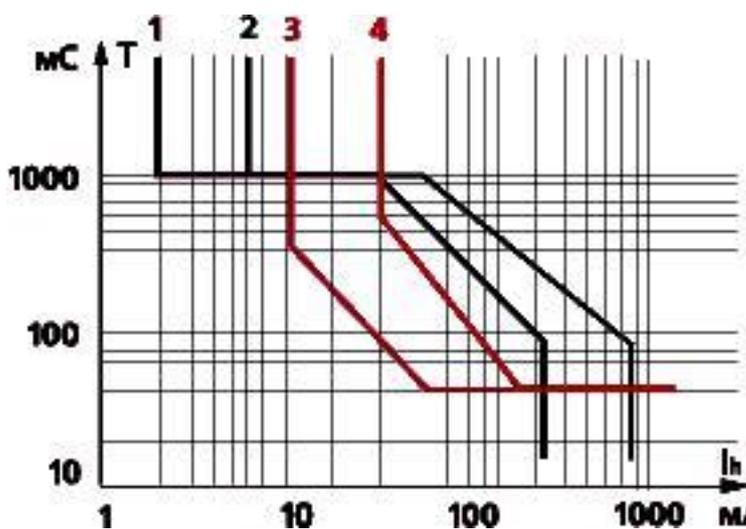


Рис. 1. Области физиологического действия на человека переменного тока (50-60 Гц) и времятоковые характеристики УЗО
 1 – неощутимые токи; 2 – ощутимые, но не вызывающие физиологических нарушений; 3 – ощутимые, но не вызывающие опасность фибрилляции сердца; 4,5,6 – ощутимые токи с опасностью фибрилляции сердца соответственно < 5%, < 50%, > 50%; А ($I_{\Delta n} = 10$ мА) и В ($I_{\Delta n} = 30$ мА) – времятоковые характеристики УЗО



1 и 2 – зависимости необходимого времени отключения тока через тело человека при аварийных режимах соответственно в бытовых и производственных электроустановках.

3 и 4 – токовременные характеристики УЗО с уставками 10 и 30 мА соответственно

Рис. 2. Выбор характеристик УЗО в соответствии с ГОСТ 12.1.038-82

Существуют различные виды УЗО. Их можно классифицировать по следующим признакам:

1. *По назначению:*

- УЗО без встроенной защиты от сверхтоков;
- УЗО со встроенной защитой от сверхтоков.

2. *По способу управления:*

- УЗО, функционально не зависящие от напряжения;
- УЗО, функционально зависящие от напряжения.

УЗО, функционально зависящие от напряжения, в свою очередь, подразделяются на устройства:

- автоматически размыкающие силовые контакты при исчезновении напряжения с выдержкой времени или без нее (при восстановлении напряжения одни модели этих устройств автоматически повторно замыкают контакты своей главной цепи, другие остаются в отключенном состоянии);

- неразмыкающие силовые контакты при исчезновении напряжения. Таких, не размыкающих контакты устройств, два варианта. В одном варианте при исчезновении напряжения устройство не размыкает свои контакты, но сохраняет способность разомкнуть силовую цепь при возникновении дифференциального тока. Во втором варианте, при отсутствии напряжения, устройства неспособны произвести отключение при возникновении дифференциального тока.

3. *По способу установки:*

- УЗО, применяемые для стационарной установки при неподвижной электропроводке;
- УЗО, используемые для подвижной установки (переносного типа) и шнурового присоединения.

4. *По числу полюсов и токовых путей:*

- двухполюсные с двумя защищенными полюсами;
- четырехполюсные с четырьмя защищенными полюсами.

5. *По условиям регулирования отключающего дифференциального тока:*

- УЗО с одним значением номинального отключающего дифференциального тока;
- УЗО с несколькими фиксированными значениями отключающего дифференциального тока.

6. *По условиям функционирования при наличии составляющей постоянного тока:*

- УЗО типа АС, реагирующие на синусоидальный переменный дифференциальный ток, медленно нарастающий либо возникающий скачком;

– УЗО типа А, реагирующие как на синусоидальный переменный дифференциальный ток, так и на пульсирующий постоянный дифференциальный ток, медленно нарастающий либо возникающий скачком.

– УЗО типа В – устройство защитного отключения, реагирующее на переменный, постоянный и выпрямленный дифференциальные токи

7. По наличию задержки по времени:

– УЗО без выдержки времени – тип общего применения;

– УЗО с выдержкой времени – тип S (селективный);

– УЗО типа S, но с меньшей выдержкой времени – типа G.

8. По способу защиты от внешних воздействий:

– УЗО защищенного исполнения, не требующие для своей эксплуатации защитной оболочки;

– УЗО незащищенного исполнения, для эксплуатации которых необходима защитная оболочка.

9. По способу монтажа на рабочее место:

– УЗО поверхностного монтажа;

– УЗО утопленного монтажа;

– УЗО панельно-щитового монтажа.

10. По характеристике мгновенного расцепления (для УЗО со встроенной защитой от сверхтоков):

– типа В;

– типа С;

– типа D.

Очень важно деление УЗО по способу технической реализации на следующие два типа:

– УЗО, функционально не зависящие от напряжения питания – электромеханические (источником энергии, необходимой для функционирования – выполнения защитных функций, включая операцию отключения, является для устройства сам сигнал – дифференциальный ток, на который оно реагирует);

– УЗО, функционально зависящие от напряжения питания, – электронные (их исполнительный механизм отключения нуждается в энергии, получаемой либо от контролируемой сети, либо от внешнего источника).

Применение устройств, функционально зависящих от напряжения питания несмотря на их относительную дешевизну, более ограничено в силу их меньшей надежности (вероятность выхода из строя какого-либо из большого количества электронных компонентов довольно высока), большей подверженности электронных схем воздействию внешних факторов и др. Однако основной причиной меньшего распространения таких устройств является их неработоспособность при часто встречающейся и наиболее опасной по условиям вероятности электропоражения неисправности электроустановки, а именно – при обрыве нулевого проводника в цепи до УЗО по направлению к источнику

питания. В этом случае «электронное» УЗО, не имея питания, не функционирует, а на электроустановку по фазному проводнику выносится опасный для жизни человека потенциал. Функция отключения от сети защищаемой электроустановки при исчезновении напряжения питания заложена с помощью электромагнитного реле, работающего в режиме самоудерживания. Только при протекании тока по обмотке реле силовые контакты находятся во включенном положении и отключаются при исчезновении напряжения на вводных зажимах устройства, так как реле обесточивается.

На междуфазные замыкания и перекос нагрузки в фазах УЗО не реагируют. Таким образом, от прикосновения к фазам без утечки тока в землю человек УЗО не защищается.

Конструктивно УЗО представляют из себя электронный модуль, реагирующий на дифференциальный ток, скомпонованный с автоматическим выключателем и управляющий этим выключателем.

Электронный модуль содержит в себе трансформатор тока, источник питания – выпрямитель, питающийся от контролируемой сети, электронный усилитель с пороговым устройством и исполнительное устройство – тиристор или реле. На рисунке 3 показано устройство такого электронного модуля УЗО «ЗОУП-25», несколько десятилетий выпускавшееся в нашей стране.



Рис. 3. Устройство ЗОУП-25

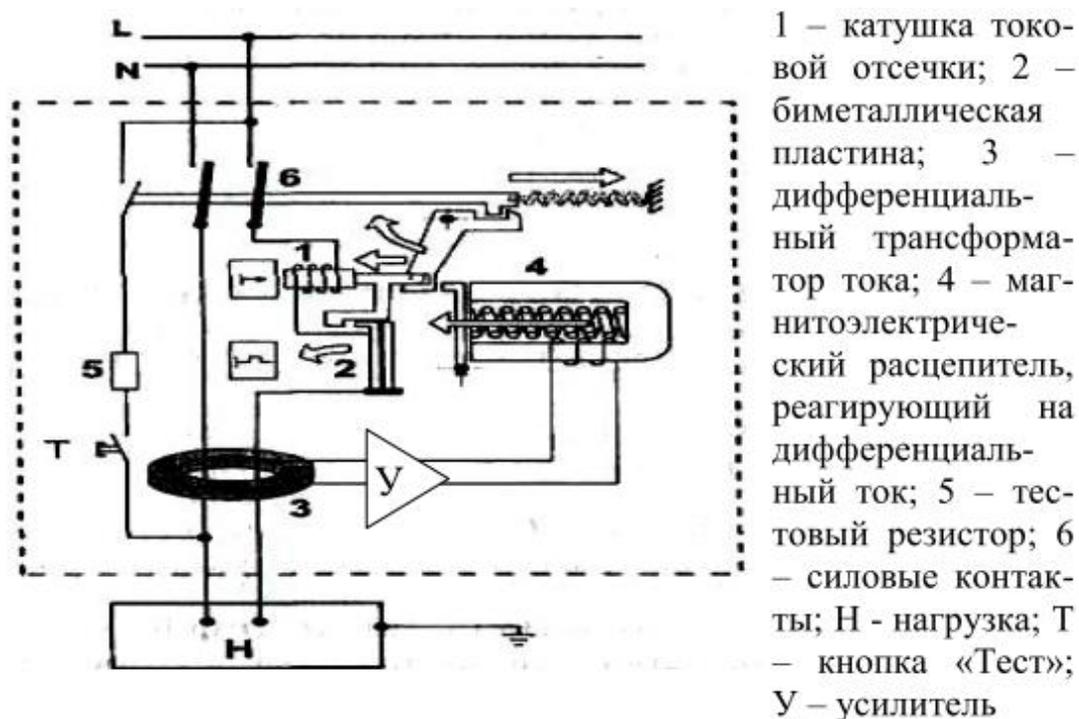


Рис. 4. Устройство УЗО со встроенной защитой от сверхтоков

Схематично на рисунке 4 показана взаимосвязь указанных элементов. Все УЗО имеют тестирующее устройство, создающее искусственно дифференциальный ток и состоящее из кнопки «Тест» и резистора.

В Германии, Австрии, Франции электротехнические нормы допускают применение УЗО, зависящие от напряжения питания только в качестве дополнительной защиты для конечных потребителей, например, для электроинструмента, нестационарных электроприемников и т.д. Во всех остальных случаях предписывают применение только УЗО, не зависящих от напряжения питания.

Электромеханические УЗО производят ведущие европейские фирмы – АВВ, АЕГ, АБЛ Sursum, Васо, Circutor, GE Power, Hager, Копр, Legrand, Merlin-Gerin, Siemens и др.

В России большое распространение получили электромеханические устройства – АСТРО*УЗО (ОПЗ МЭИ.), УЗО20 и УЗО22 (Ставропольского радиозавода, рисунок 5), УЗО ВД1-63, УЗО-М304 (Московского завод электроизмерительных приборов), УЗО-розетки (рисунок 7) УЗО фирмы SIMENS, УЗО концерна АВВ (рисунок 6) и другие.

УЗО22 выпускают на номинальный ток от 6,3 до 40 А, а токи уставки – 10 и 30 мА. Это зафиксировано в их обозначении: УЗО22-6,3-2-10 означает устройство серии УЗО22 с номинальным током 6,3 А, с двумя видами защиты и током уставки 10 мА. Эти УЗО имеют максимальное время отключения не более 0,4с при утечке тока, равной току уставки, а время отключения тока короткого замыкания, равного десятикратному значению номинального тока, – не более 0,1 с. УЗО предназначены для применения в однофазных сетях с глухозаземленной нейтралью напряжением 220 В.

УЗО20 выпускают для установки без щитков. Оно состоит из трех секций: электронный блок с датчиком тока нулевой последовательности; исполнительный механизм электронного блока; электромагнитный расцепитель (защита от токов короткого замыкания).



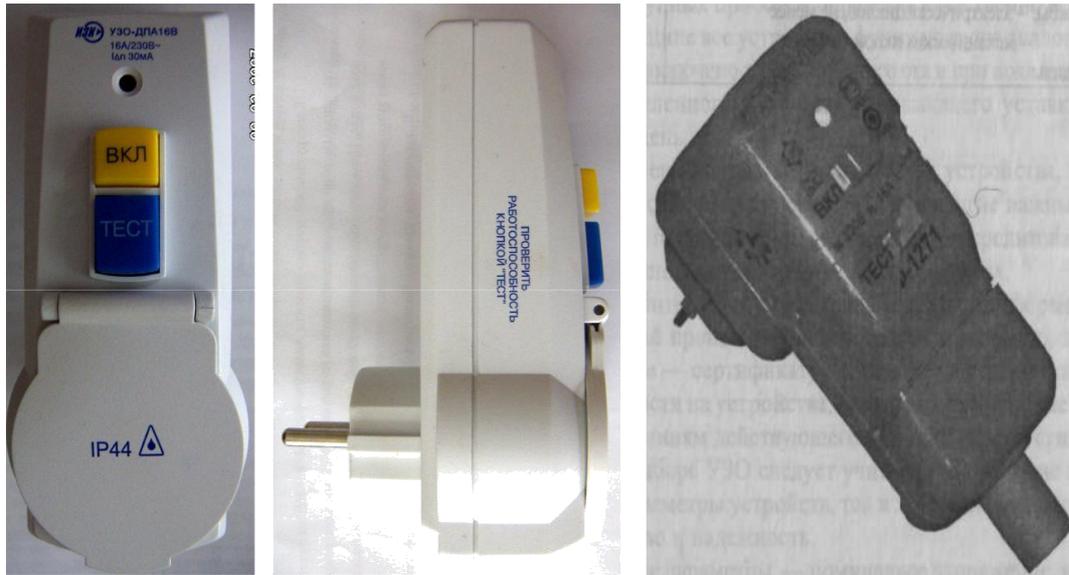
Рис. 5. Общий вид различных УЗО с тепловой и электромагнитной защитой от сверхтоков, УЗО20-2-25-030



Рис. 6. Отечественное УЗО ВД1-63 (вверху) и концерна АВВ (Италия) Исполнительный механизм и электромагнитный расцепительодинаковы по механическому устройству. Отличие их в количестве витков и диаметре провода катушки расцепителей.

Московский завод электроизмерительных приборов выпускает УЗО-М304 на номинальные токи 16, 25, 40, 63 А и токи уставки 10, 30, 300 мА.

УЗО-розетка ДПА-16В имеет вилку для подключения к розетке сети и на выходе – розетку для включения защищаемого объекта. АСРО*УЗО Ф-1271 подключается к розетке сети, а на выходе имеет устройство для подсоединения кабеля электроустановки.



а)

б)

Рис. 7. УЗО-розетки ДПА-16В (а) и АСПРО*УЗО Ф–1271 (б)

Зарубежные фирмы выпускают УЗО для переменного синусоидального тока, постоянного пульсирующего и сглаженного тока, двух- и четырехполюсные, селективные. Так, двухполюсное устройство ELETROSTOP F 362 (рисунок 5) выпускается на номинальные токи 16, 25, 40, 63, 80А, отключающееся при токах утечки 10, 30, 300, 500 мА, а четырехполюсные – ELETROSTOP F 364 – на номинальные токи 16, 25, 40, 63 А с токами утечки 30, 300, 500 мА. УЗО фирмы SIMENS имеют уставку от 10 до 1000 мА и являются конструктивной частью дифференциальных выключателей. Эта фирма выпускает также селективные УЗО, имеющие задержку по времени срабатывания. Концерн АBB выпускает, например, двухполюсные, трехполюсные (рисунок 6) и четырехполюсные автоматы.

Схема применения УЗО показана на рисунок 8, где совмещено применение двух- и четырехполюсных УЗО при смешанной одно- и трехфазной нагрузке. Применены АСПРО*УЗО двухполюсные и четырехполюсные с токами уставки 30 мА.

Приборы и оборудование

1. Устройства защитного отключения в разобранном виде для изучения их элементов.

2. Стенд с УЗО, секундомером, микроэлектродвигателем, миллиамперметром и регулятором величины тока утечки.

Стенд предназначен для определения величины тока уставки и быстродействия устройств защитного отключения ИЭ9801, ЗОУП-25, УЗО20-2-25-030, ELETROSTOP F 362. На выход каждого устройства подключается микроэлектродвигатель (для наглядности включения и отключения УЗО), резистор – регулятор тока утечки, миллиамперметр – регистратор величины тока

утечки, электрический секундомер – регистратор быстрого действия УЗО и тумблер включения секундомера в схему УЗО. **Резистор-регулятор** тока утечки увеличивает ток при повороте ручки по часовой стрелке. **Секундомер** имеет цену деления 0,01с и перед включением устанавливается на нуль с помощью имеющегося на нем рычажка.

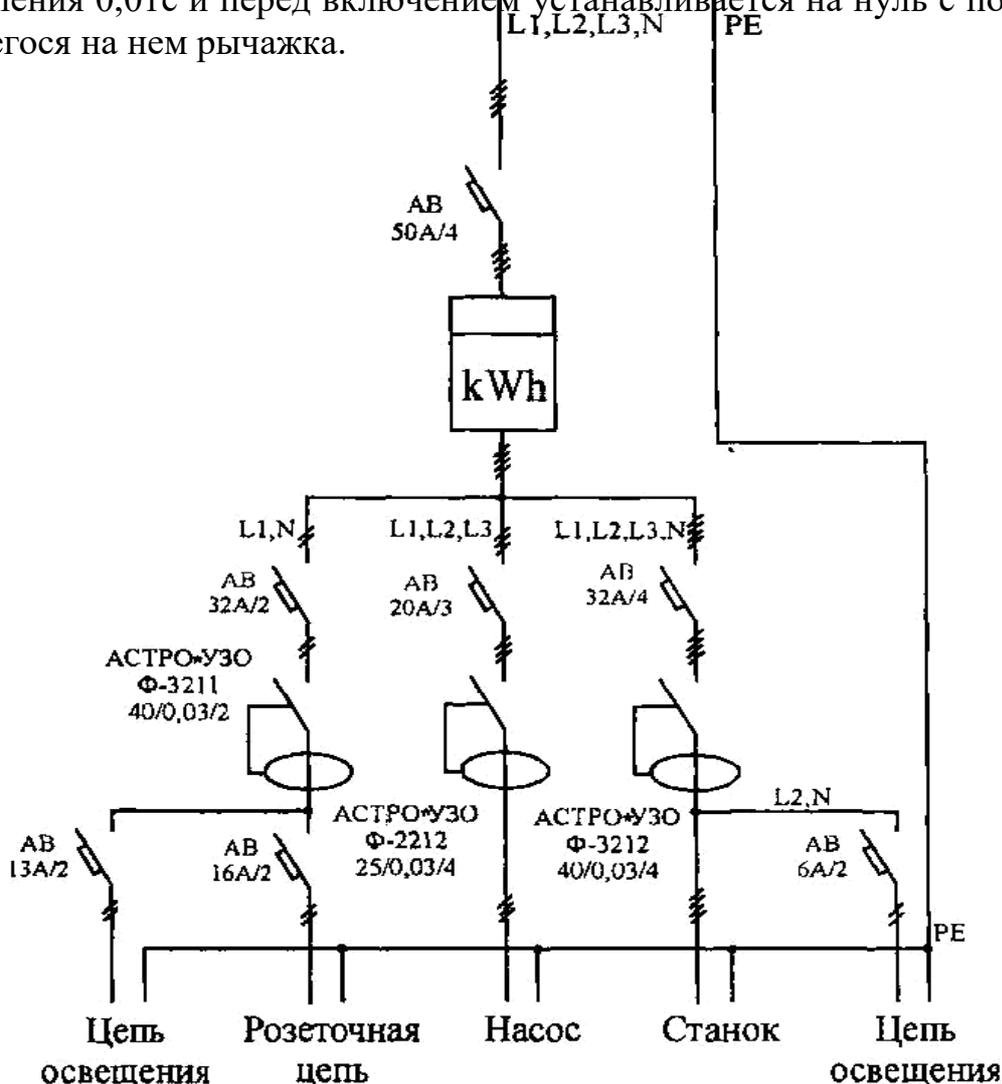


Рис. 8. Схема применения УЗО

На лицевой панели ИЭ9801 и ЗОП-25 имеются кнопки ПУСК, СТОП, КОНТРОЛЬ и сигнальная лампочка. Для того чтобы УЗО включить, необходимо нажать кнопку ПУСК, при этом электрооборудование оказывается под напряжением – и загорается сигнальная лампочка. Затем следует нажать кнопку КОНТРОЛЬ, при этом напряжение с электрооборудования снимается, а сигнальная лампочка гаснет. С помощью этой кнопки искусственно создается утечка тока, т.е. одна из фаз через определенное сопротивление соединяется с нулевым проводом.

После этого снова нажимается кнопка ПУСК, и ЗОУП-25 готово к работе. Если при нажатии кнопки КОНТРОЛЬ сигнальная лампочка не гаснет, то устройство неисправно и работать с ним нельзя.

УЗО предназначены для работы во взрывобезопасной среде, не содержащей значительного количества пыли, агрессивных газов и паров в концентрациях, разрушающих металлы и изоляцию, в среде, не насыщенной водяными парами. Место установки защищается от попадания воды, масла, эмульсии и т.п.

УЗО20-2-25-030 включается с помощью сдвоенного рычага установкой его в положение 1, а проверяется нажатием кнопки тест. Если УЗО выключится, то схема защиты по то-ку утечки работает. ELETROSTOP F 362 включается рычагом, а проверяется кнопкой «Т».

Задания

Внимание: перед выполнением задания предупредить преподавателя.

1. Определите ток уставки и быстродействие ЗОУП-25, ИЭ9801, УЗО20-2-25-030, ELETROSTOP F 362. Результаты занесите в табл. 5.

2. Ответьте письменно на контрольные вопросы.

Таблица 5. Определение основных параметров УЗО

Тип УЗО	Повторность измерения	Ток уставки, мА	Быстродействие, с	Оценка опасности
ЗОУП-25	1			
	2			
	3			
	Среднее			
УЗО20-2-25-030	1			
	2			
	3			
	Среднее			
ИЭ9801	1			
	2			
	3			
	Среднее			
ELETROSTOP F 362	1			
	2			
	3			
	Среднее			

УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЯ

Порядок работы следующий.

1. Включить УЗО и проконтролировать его работоспособность. Уменьшить ток утечки поворотом ручки регулятора против часовой стрелки (см. стенд на рабочем месте). Нажать кнопку контроля и, медленно вращая ручку

по часовой стрелке, следить за показаниями миллиамперметра: показание прибора в момент отключения УЗО соответствует уставке.

2. Выключить УЗО, подготовить к работе секундомер, включить тумблер и нажатием кнопки КОНТРОЛЬ отключить УЗО. Показания секундомера соответствуют быстродействию УЗО.

Работу по п.2 повторить трижды, затем найти средние значения и сравнить с паспортными данными. Переключиться на другое УЗО и повторить все сначала.

Контрольные вопросы

1. Какими мерами обеспечивается электробезопасность людей и персонала?
2. Принцип работы УЗО.
3. Чем отличаются УЗО типа В и УЗО типа А?
4. С учетом каких факторов выбирают на практике уставку УЗО?
5. Какой величины рекомендуется уставка для защиты одиночного потребителя с номинальным током 40 А?
6. Какой величины должна быть уставка на отдельной линии для ванной комнаты?
7. Какой величины рекомендуются в Германии токи уставки в жилых помещениях?
8. Как классифицируются УЗО по условиям регулирования отключающего дифференциального тока?
9. Как классифицируются УЗО по числу полюсов и токовых путей?
10. Как классифицируются УЗО по способу защиты от внешних воздействий?
11. Как классифицируются УЗО со встроенной защитой от сверхтоков по характеристике мгновенного расцепления?
12. Как делятся УЗО по способу технической реализации?
13. Расшифруйте обозначение УЗО20-2-25-030.

Практическая работа №12

«Исследование средств автоматики, предупреждающих перегрев и возгорание оборудования»

Цель работы: ознакомиться с принципом работы устройств, реагирующих на повышение температуры в электрооборудовании и отключающих их при превышении определенных значений.

Общие сведения

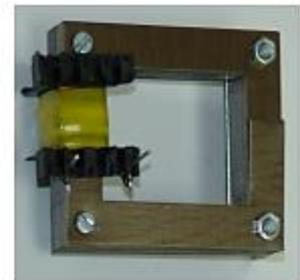
Известно, что электрический ток, проходя по проводнику, выделяет тепло, зависящее в квадрате от величины тока. Чрезмерная нагрузка на валу электродвигателя, перекос фаз, обрыв фаз приводят к резкому и значительному увеличению тока, а следовательно, перегреву и воспламенению изоляции. Предупредить возможное возгорание при этом вполне реально, для чего используются разработанные промышленностью различные автоматические устройства. Рассмотрим их работу.

Устройство защитного отключения трехфазных электродвигателей УЗОТЭ-2У (общий вид и схема подключения показаны на рис. 1), выпускаемое отечественной промышленностью, функционально состоит из четырех защитных каналов, каждый из которых может воздействовать на катушку КV выходного реле, встроенного в УЗО. Четыре канала соответственно обеспечивают команду на включение реле КV (а значит, размыкание цепи катушки пускателя КМ) при токовой перегрузке двигателя, обрыве или перекосе фаз, перегреве обмоток двигателя и при нарушении изоляции обмоток статора. Выключатель SA служит для включения УЗОТЭ.

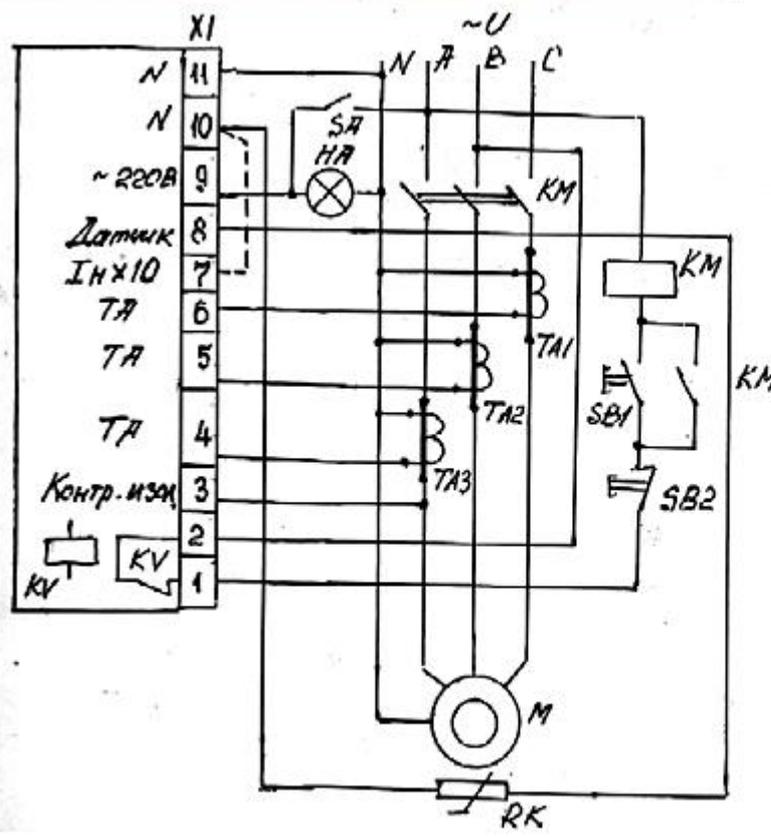
Канал защиты при нарушении изоляции исключает возможность запуска двигателя при нажатии кнопки SB1. При отключенном пускателе в схеме сопротивление изоляции обмоток статора является элементом делителя напряжения. При низкой изоляции сигнал этого канала включает реле КV, исключая пуск двигателя. В случае достаточной изоляции сигнал в этом канале мал, реле КV не включается, и размыкающий контакт КV подготавливает (разрешает) включение пускателя. Отметим, что в ходе работы двигателя этот канал блокируется и не влияет на работу пускателя, что можно считать некоторым недостатком данного УЗО.

Устройство встроенной температурной защиты (УВТЗ) предназначено для предотвращения чрезмерного перегрева статорных обмоток асинхронных электродвигателей, в том числе сельскохозяйственного назначения, работающих в закрытых и открытых помещениях совместно с магнитным пускателем в сетях с напряжением 380/220В, 220/127В при частоте питающей сети $f=50$ Гц.

Способность УВТЗ защищать двигатели от перегрева можно использовать для защиты от воспламенения двигателей, электроприводов, проводок и окружающего оборудования производственных участков.



б)



в)

X1 – клеммная колодка устройства;
 ТА1, ТА2, ТА3 – трансформаторы тока (входят в комплект устройства);
 KM – пускатель;
 SB1, SB2 – кнопочная станция;
 SA – выключатель;
 HA – сигнальная лампа; M – защищаемый двигатель;
 RK – термодатчик (входит в комплект устройства);
 KV – выходное реле, размещенное внутри устройства

Рис. 1. Общий вид (а), трансформатор тока (б) и схема подключения (в) устройства типа УЗОТЭ-2У

Отечественная промышленность выпускает несколько вариантов УВТЗ (УВТЗ-1, УВТЗ-4, УВТЗ-5 и др.). В данной работе изучается наиболее распространенный на сегодня вариант УВТЗ-1.

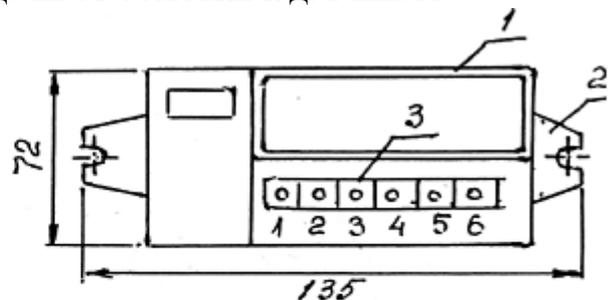
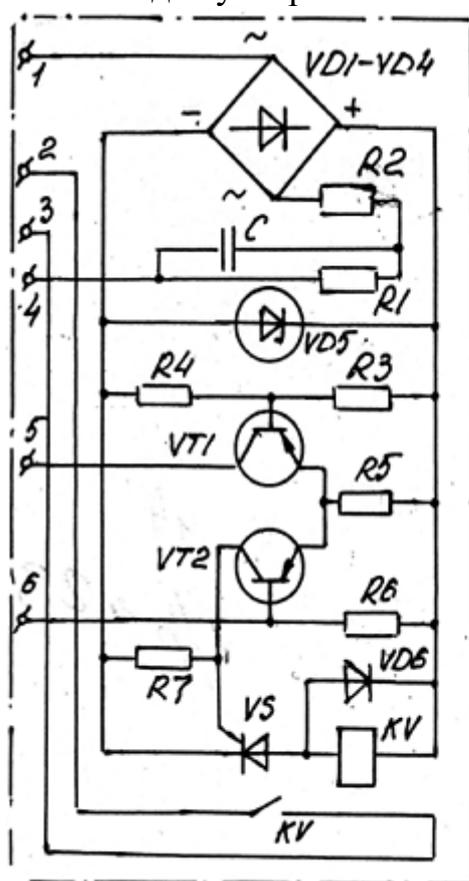
Некоторые технические данные УВТЗ-1:

- 1) напряжение питания 220В;
- 2) сопротивление срабатывания 2200 Ом;
- 3) основная погрешность срабатывания ± 200 Ом;
- 4) работа при окружающих температурах $\pm 40^\circ\text{C}$.

УВТЗ-1 (рисунке 2) выполнено в пластмассовом корпусе, имеет металлическое основание для крепления к панелям, съемные крышки для защиты элементов схемы от пыли и грязи. Схема устройства собрана на печатной плате.

Принципиальная электрическая схема УВТЗ – 1 приведена на рисунке 3. Схема включения устройства при использовании магнитного пускателя для управления электродвигателем дана на рисунке 4. В роли датчиков температуры используются обычно три позистора типа СТ14-1 или СТ14-1Б (это терморезисторы с положительным температурным коэффициентом, т.е. у них при определенной температуре резко возрастает сопротивление).

У позисторов СТ14-1А пороговая температура составляет 130°C , у СТ14-1Б – 105°C . Три датчика выполнены в виде дисков, их соединяют последовательно и приклеивают теплопроводящим клеем или компаундом поплотнее к обмоткам статора или лучше (при возможности) в пространстве между витками обмоток для ускорения теплопередачи от обмотки к датчикам.



1 – корпус; 2 – металлическое основание; 3 – клеммы выходные

Рис. 2 – Вид сверху на устройство УВТЗ-1 и цифровая маркировка выходных клемм

VD1-VD4 – диоды мостовой схемы; VD5 – стабилитрон; VD6 – диод; VS – тиристор;

C – конденсатор; KV – выходное реле устройства; VT1-VT2 – транзисторы; R1-R7 – резисторы; (1-6) – клеммы устройства

Рис. 3. Принципиальная схема устройства УВТЗ-1

Пороги срабатывания в 130°C (СТ14-1А) и 105°C (СТ14-1Б) следует учитывать при использовании УВТЗ–1 для защиты от воспламенения материалов. Отметим, что устройство можно считать довольно универсальным, т.е. оно способно вообще реагировать на температуру любых предметов и материалов, к которым можно приклеить датчики. Устройство необходимо устанавливать на вертикальной панели.

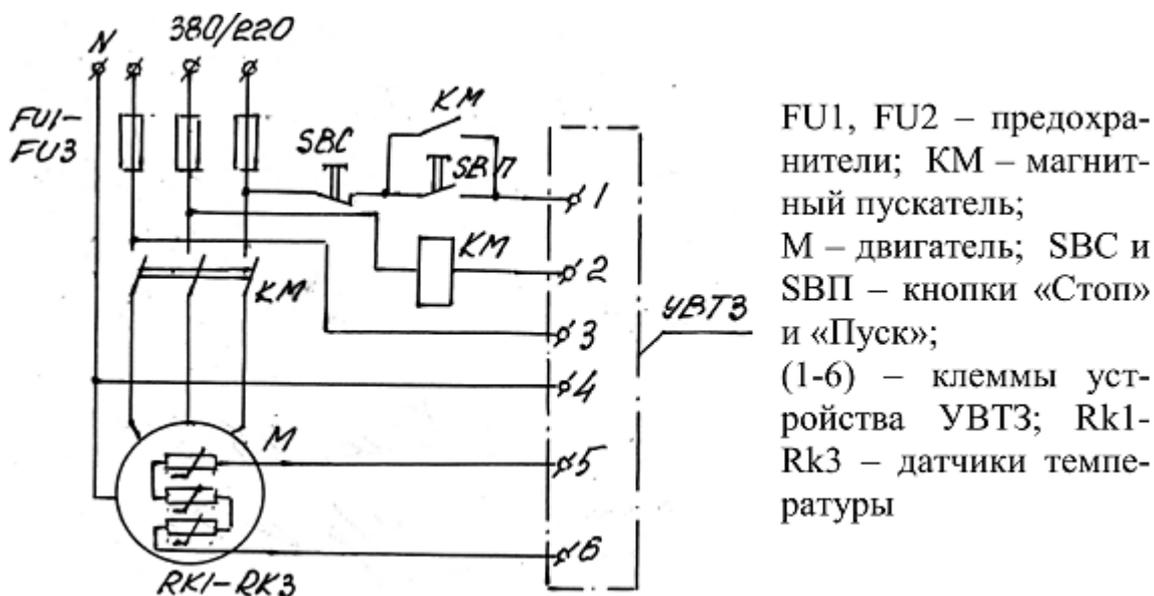


Рис. 4. Принципиальная схема включения защитного устройства УВТЗ-1 при использовании пускателя

Отметим, что в целом УВТЗ-1 запитано напряжением 220В (клеммы 1 и 4). Это напряжение выпрямляется мостовой схемой VD1-VD4 и подается после стабилизации на управляющую и усиливающую схемы (транзисторы VT1 и VT2, тиристор VS). При нажатии кнопки SBП (рисунок 4) и температуре обмоток ниже пороговой сопротивление датчиков сравнительно мало, поэтому управляющий сигнал отпирает тиристор VS, что приводит к включению реле KV и замыканию его контакта KV в цепи пускателя.

При перегреве управляющий сигнал с тиристора VS снимается, тиристор отключает реле KV. Контакт KV отключает пускатель, что и требовалось.

При проверке исправности УВТЗ-1 можно сделать или обрыв в цепи датчиков, или их закорачивание. При этом УВТЗ-1 должно отключить пускатель.

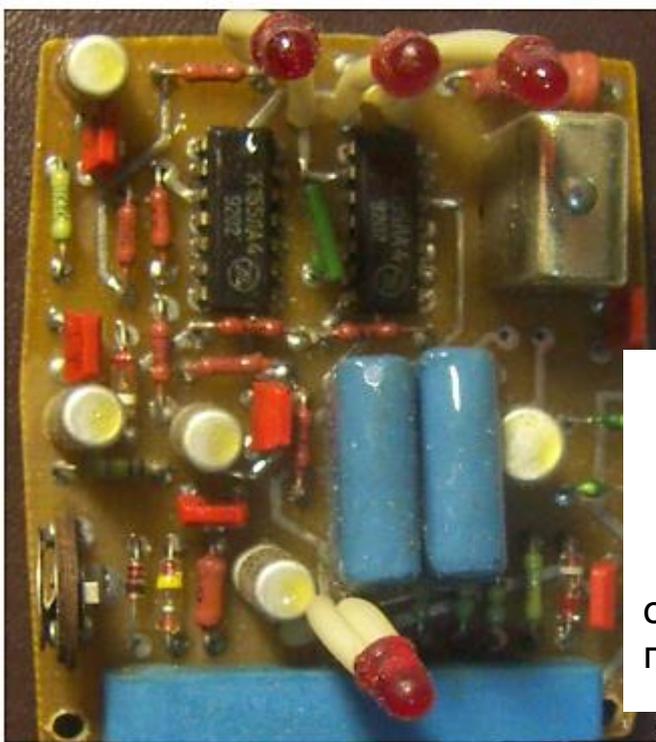
Также достаточно интересным является устройство защиты электродвигателей (УЗЭ, рисунок 5), предназначенное для автоматической защиты трехфазных асинхронных и синхронных электродвигателей напряжением 220/380 В переменного тока промышленной частоты (50 Гц) при перегрузках и обрыве (потере) любой из фаз питающей сети. Работает совместно с магнитными пускателями, имеющими напряжение цепей управления 380 или 220 В переменного тока. Применяют в электроустановках, эксплуатирующихся под навесом, в помещениях или в оболочке, исключающих прямое воздействие атмо-

сферных осадков, брызг воды и конденсацию влаги. Окружающая среда не-
взрывоопасная, не содержащая токопроводящей пыли, агрессивных газов и
паров в концентрациях, разрушающих металл и изоляцию.

а)



а) Внешний вид: светодиоды, сигнализирующие (слева направо) об обрыве фазы, перегрузке, перегреве (вверху), о включении устройства (внизу). Слева отверстие для регулирования времени нечувствительности к пусковым перегрузкам.



б) Вид на плату

Рисунок 5 – Устройство защиты электродвигателей

б)

Устройство защиты электродвигателей по защите человека от поражения электрическим током соответствует изделиям класса I по ГОСТ 12.2.007-75. Степень защиты от соприкосновения с находящимися под напряжением частями, расположенными внутри оболочек устройства защиты электродвигателей, а также от попадания влаги вовнутрь оболочек устройства, не ниже IP20 по ГОСТ 14254-96. Небаланс фазных напряжений, при котором происходит отключение электродвигателя, %, не менее - +15. Быстродействие устройства не более – 3 с . Потребляемая мощность не более – 8 В·А.

Устройство имеет три исполнения:

УЗЭ-1 – с диапазоном токов защиты 1,75-25 А (для электродвигателей с мощностью от 1 до 15 кВт);

УЗЭ-2 – с диапазоном токов защиты 12-150 А (для электродвигателей с мощностью от 7 до 90 кВт);

УЗЭ-3 – с диапазоном токов защиты 60-490 А (для электродвигателей с мощностью от 30 до 275 кВт).

Устройство функционально содержит реагирующий, исполнительный и контрольно-сигнальный органы. Датчики тока выполнены и включены по схеме трансформаторов тока. Автоматическое отключение электродвигателя от питающей сети происходит в двух случаях: при возникновении недопустимой не симметрии фазных напряжений или при обрыве любого из фазных проводов на участке "источник питания - магнитный пускатель"; при обрыве фазных проводов на участке "магнитный пускатель – электродвигатель". Диапазон регулирования времени нечувствительности к пусковым перегрузкам, не уже 4-30 с. В обоих случаях воздействие на схему сигнала о неисправности электродвигателя приводит к срабатыванию реле, которое размыкает свой контакт в цепи питания магнитного пускателя, что приводит к отключению электродвигателя от питающей сети.

Схема подключения устройства защиты электродвигателей к системе управления электродвигателем приведена на рисунке 6. Цепи подключения изображены на рисунках пунктирными линиями.

Приборы и оборудование

Лабораторный стенд с устройствами УВТЗ-1 и УЗОТЭ-2У, электронагревателем, защищаемым электродвигателем, лабораторным автотрансформатором, магнитным пускателем с кнопочной станцией, электрическим термометром ЭТП-М.

Лабораторный стенд предназначен для создания необходимых режимов работы для выполнения задания.

Задания

1. Изучить общие сведения, обратив внимание на возможности и назначение защитных устройств.

2. Изучить схемы включения защитных устройств для защиты электродвигателя от нагрева.

3. Найти вводной коммутационный аппарат на стенде, вводные клеммы источника напряжения. Найти и изучить защитные устройства на стенде, пускатель, защищаемый электродвигатель.

4. Определить параметры срабатывания УЗОТЭ-2У:

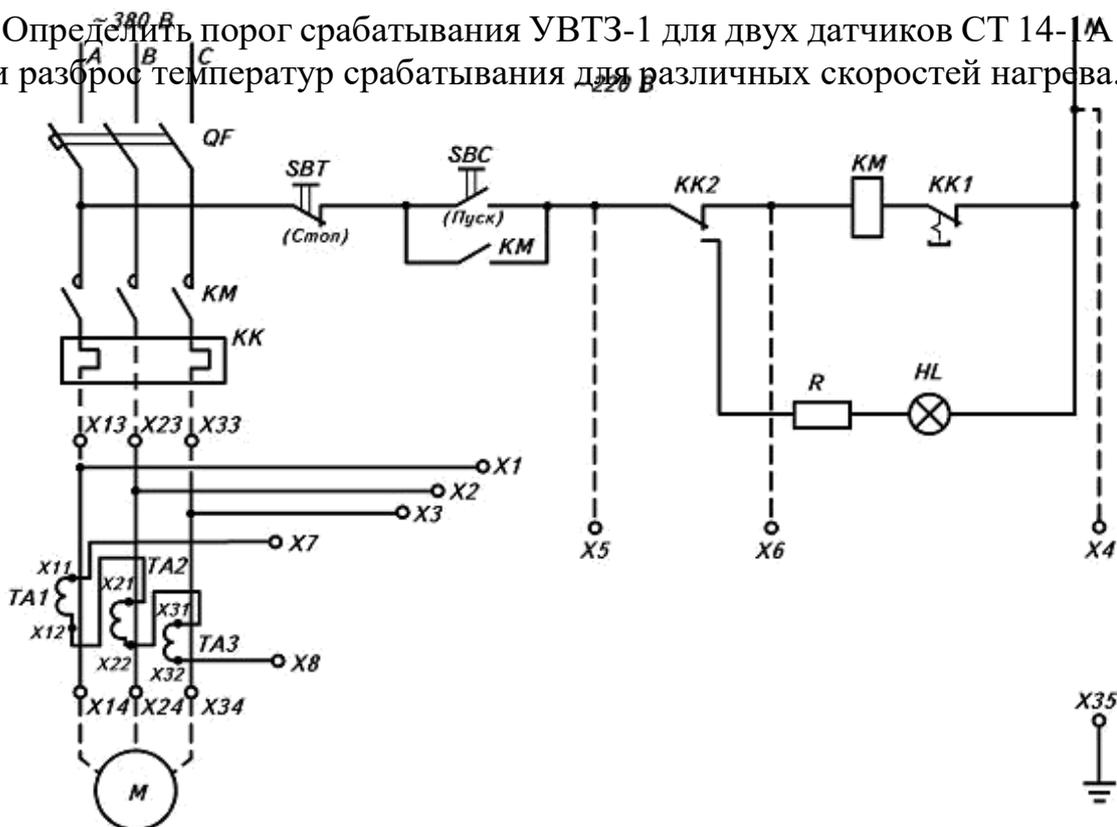
а) минимальный ток утечки;

б) перекос фаз (соотношение между токами);

в) длительность срабатывания при обрыве фазы;

г) температуру: значение температуры для трех датчиков и разброс температур срабатывания для разных скоростей нагрева.

5. Определить порог срабатывания УВТЗ-1 для двух датчиков СТ 14-1А и СТ 14-1Б и разброс температур срабатывания для различных скоростей нагрева.



N - нулевой провод; SBC и SBT - кнопочные выключатели; KM – магнитный пускатель; KK - тепловое реле; QF - автоматический выключатель; R - резистор; HL - прибор световой сигнализации; X1 - X35 - контактные соединения (X35 - для варианта с металлическим корпусом); TA1 - TA3 - трансформаторы тока; M - защищаемый электродвигатель

Рис. 6 – Схема подключения устройства УЗЭ-1 к системе управления электродвигателем (цепи управления на 220 В)

Порядок выполнения работы

1. Уяснить идею и процедуру ускоренного испытания защитного устройства путем использования дополнительного нагревательного элемента. Получить консультацию у преподавателя, учитывая особенность и пожароопасность эксперимента.

2. Провести испытание устройства УВТЗ:

- включить пускатель кнопкой SBП (рисунок 4) при холодном двигателе и убедиться в том, что контакт 2-3 УВТЗ замкнут, и поэтому после отключения кнопки SBП катушка пускателя KM остается включенной;

- подать на нагревательный элемент напряжение U_2 , имитируя нагрев обмотки статора двигателя, убедиться в срабатывании защитного устройства УВТЗ (отключении пускателя) после достижения температуры срабатывания;

- дать остыть нагревателю и резисторам;

- включая двигатель и подавая на нагреватель разные напряжения (величину напряжений задает преподаватель), убедиться в том, что время срабатывания защитного устройства зависит от скорости изменения температуры нагревателя;

- объяснить причину расхождения заводской температуры устройства и фактической (фактическую температуру каждый раз измерять термометром).

6. Провести такие же испытания устройства УЗОТЭ-2У, включая двигатель кнопкой SB1 (рис.4) и имитируя перегрузку двигателя условно нагревом электронагревателя, температура которого действует на датчик РК устройства.

7. Сравнить температурные пороги срабатывания защитного устройства УВТЗ-1 при одинаковом напряжении питания электронагревателя, а значит, при одинаковых скоростях изменения температуры нагревателя. При этом следует считать температуру помещения неизменной и начальную температуру нагревателя при каждом из экспериментов одинаковой.

Контрольные вопросы

1. Какие принципы защиты от возгораний заложены в существующих устройствах защиты?
2. По каким параметрам защищает устройство УЗОТЭ-2У?
3. По каким параметрам защищает устройство УВТЗ-1?
4. Чем отличается защита устройством УВТЗ от УЗОТЭ?

Практическая работа №13

Требования безопасности при эксплуатации холодильных установок

Цель работы: Ознакомиться и освоить основные приемы и методы безопасной эксплуатации холодильных установок с учетом их конструкции, месторасположения и условий применения.

Основные положения

Правила безопасности аммиачных холодильных установок (ПБ 09-592-03) и Правила устройства и безопасной эксплуатации холодильных систем (ПБ 09-595-03) устанавливают требования безопасности, направленные на устранение опасных и вредных производственных факторов связанных: с токсичностью и взрывоопасностью веществ, применяемых в качестве холодильных агентов; с возможностью разрушения элементов холодильных систем работающих как под избыточным давлением, так и при низких температурах.

Соответствие элементов холодильных систем, в части прочности, герметичности, оснащенности средствами защиты, изготовление и эксплуатация аппаратов (сосудов) холодильных систем, содержащих в рабочем состоянии холодильные агенты, должна осуществляться в соответствии с требованиями нормативно-технической документации к устройству и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением и вышеуказанных Правил.

Организация, эксплуатирующая холодильные системы, должна обеспечить: содержание систем в исправном состоянии и безопасные условия их работы; учет аппаратов, входящих в системы, периодическое обследование условий их эксплуатации и плановые технические их освидетельствования; периодическую проверку наличия и исправности действия предохранительной арматуры, приборов автоматической защиты, местного и дистанционного контроля рабочих параметров, а также запорной и регулирующей арматуры; аттестацию инженерно-технических работников по промышленной безопасности; выполнение инженерно-техническими работниками Правил ознакомления персонала с инструкциями по безопасности и контроль за их выполнением.

Персонал, допущенный к обслуживанию конкретной холодильной системы должен знать: устройство и принцип действия оборудования холодильной системы; схемы и натурное размещение трубопроводов хладагента; характеристики и свойства используемых хладагентов; инструкцию по обслуживанию холодильной системы; порядок заполнения и опорожнения системы хладагентом; порядок и приемы действия в аварийных ситуациях; приемы и способы оказания доврачебной (первой) помощи пострадавшим при отравлениях хладагентом или пораженных им частей тела и глаз.

По сочетанию различных свойств холодильных агентов они подразделяются на три группы: **группа 1.** Нетоксичные и невзрывоопасные холодильные

агенты (R 11, R 12, R 12B1, R 13, R 13B1, R 22, R 23, R 500, R 502); **группа 2.** Токсичные холодильные агенты и хладагенты, смеси паров которых с воздухом имеют нижнюю границу концентрационного предела распространения (НКПВ) пламени хладагента 3,5% и более (Аммиак, R160, R160); **группа 3.** Холодильные агенты, смеси паров которых с воздухом имеют (НКПВ) менее 3,5% (R170, R290, R600, R11 R1270).

Здания и помещения, которые обслуживаются холодильными системами, подразделяются на пять категорий (табл. 1).

Таблица 1 Характеристика категорий зданий и помещений

Категории	Определение	Здания и сооружения
А	Здания и помещения, в которых постоянно находятся лица с ограниченной возможностью самостоятельного передвижения	Больницы, госпитали, клиники, ясли, детские сады
В	Здания и помещения, в которых одновременно может находиться значительное количество людей: более одного человека на 1м ² , площади помещения размером 50 м ² и более	Музеи, театры, вокзалы, крытые стадионы, крупные торговые центры, рестораны
С	Здания и помещения, в которых люди регулярно находятся в состоянии покоя (сна)	Жилые дома, школы-интернаты, гостиницы, пансионаты, казармы
Д	Здания и помещения, в которых одновременно находится ограниченное количество людей, часть из которых компетентна в вопросах безопасной эксплуатации холодильных систем	Торговые залы небольших магазинов и кафе, ателье, лаборатории, отдельные мастерские
Е	Здания и помещения, в которых одновременно может находиться определенное количество людей, компетентных в вопросах безопасной эксплуатации холодильных систем или проинструктированных по технике безопасности на своих рабочих местах	Холодопотребляющие технологические установки и производства промышленных предприятий

При проектировании холодильных установок необходимо учитывать группы применяемых хладагентов, схемы холодоснабжения, категории зданий и помещений, а также величины наполнения единичных систем хладагентом по массе и размещение холодильного оборудования на холодопотребляющих объектах.

Последнее может быть выполнено по одному из следующих вариантов:

вариант 1 - машинное отделение отсутствует и все оборудование холодильной системы размещено в помещениях здания;

вариант 2 - холодильное оборудование размещено в машинном отделении, устроенном внутри здания отдельно от смежных помещений;

вариант 3 - машинное отделение устроено в обособленной пристройке к зданию или в отдельном стоящем здании или холодильное оборудование размещено на открытой площадке.

Для схем непосредственного охлаждения помещений категорий А, В, С, D допустимые наполнения единичных систем хладагентами группы 1 по массе должны определяться по приведенной ниже зависимости

$$m < c \cdot V,$$

где m - допустимое количество хладагента в единичной системе, кг;

c - практически допустимая концентрация паров хладагента при аварийных ситуациях в помещении, кг/м³;

V - строительный объем помещения, в котором размещена единичная холодильная система или любая ее часть, м³.

При размещении холодильного оборудования по варианту 1 в зданиях различных категорий допускается устанавливать его в помещениях, не создавая при этом препятствий свободному передвижению людей, при соблюдении следующих условий:

- в зданиях категорий А и С должны применяться холодильные системы (машины) блочного исполнения с бессальниковыми компрессорами;
- в зданиях категории В могут применяться холодильные системы (машины) агрегатированного разъемного исполнения с бессальниковыми компрессорами;
- в строениях категорий D и E исполнения холодильных систем и компрессоров не ограничиваются.

Разводки трубопроводов хладагентов группы 1 в помещениях категорий В и D должны выполняться минимальной протяженности и не мешать проходу персонала и проезду внутреннего транспорта. Трубопроводы и арматура, расположенные на высоте от пола менее 2,2 м, должны иметь защитные ограждения.

Установленное холодильное оборудование должно быть защищено от внешних механических повреждений ограждениями, выполненными из несгораемых материалов, не препятствующими естественной циркуляции воздуха и доступу к оборудованию для осмотра и ремонта.

Не допускается применение холодильных систем с хладагентами группы 3 в строениях и помещениях категорий А, В, С и D. В отдельных помещениях зданий категории D (лабораториях, мастерских) допускается размещать агрегатированные холодильные машины, работающие на хладагентах группы 3, при условии, что наполнения единичных холодильных систем по массе не превышают 2,5 кг хладагента. В таких помещениях необходимо применять электрооборудование и электроустройства во взрывозащищенном исполнении.

В зданиях и помещениях категории Е *не допускается* применение хладагентов группы 3 в холодильных системах кондиционирования воздуха. Для других целей применение хладагентов группы 3 допускается без ограничения массовых

наполнений хладагентов и схем холодоснабжения, но при условии размещения машинного отделения согласно варианту 3.

Прочность холодильных систем и их отдельных элементов, с учетом заполнения их хладагентами, рассчитывается по давлению P_p (расчетное), определяемому как максимально возможное избыточное рабочее давление.

Для защиты холодильного оборудования от превышения давления хладагентов сверх установленных значений, должны предусматриваться штатные электропневмогидравлические реле давления (блокировка), а также пружинные предохранительные клапаны, мембраны, разрушающиеся в сторону выброса, или плавкие пробки.

Контрольно-измерительные приборы и регулирующие устройства, подключаемые непосредственно к трубопроводам и аппаратам, заполненными холодильными агентами, должны быть изготовлены из материалов, стойких к рабочей и окружающей среде. Применение, в указанных выше целях, ртутных приборов и устройств не допускается. Применяемые манометры (мановакуумметры) должны иметь класс точности не ниже 2,5. Для контроля давления в системах смазки холодильного оборудования допускается использовать манометры класса точности не ниже 4. Замер температур должен осуществляться приборами с ценой деления их шкалы не более 2°С.

Исполнение электрооборудования и электроустройств, комплектующих холодильные системы (электродвигатели, пульты управления и защиты, стационарные и переносные светильники и электропроводки), должно соответствовать требованиям нормативно-технической документации к устройству электрооборудования.

Для холодильных систем, работающих на хладагентах группы 3, исполнение оборудования, по уровню его взрывозащиты должно соответствовать: зоне класса В-1а, для размещаемого в машинных отделениях холодильных систем; зоне класса В-1г для размещаемого на наружных площадках холодильных систем.

Над машинными отделениями холодильных систем не разрешается располагать помещения с постоянными рабочими местами, а также бытовые и административные помещения. Объемно-планировочные решения и конструктивные оформления строительных элементов машинных отделений холодильных систем должны выполняться с учетом требований строительных норм и правил, санитарных норм, норм технологического проектирования, требований нормативно-технической документации к устройству электроустановок и настоящих Правил.

Размещение оборудования должно обеспечивать свободные безопасные проходы и доступ ко всем его частям для обслуживания и ремонта: ширина центрального прохода для обслуживания оборудования должна быть не менее 1,5 м; проход шириной не менее 1,0 м допускается между выступающими частями аппаратов, сосудов, компрессорных агрегатов и блочных холодильных машин с электродвигателями мощностью не более 55 кВт и не менее 1,5 м - с электродвигателями мощностью более 55 кВт; при расположении машинного (аппаратного) отделения в помещении с внутренними колоннами расстояние от колонн до выступающих частей оборудования допускается 0,7 м.

Для постоянного обслуживания оборудования (арматуры) на уровне выше 1,8 м от пола должна быть устроена металлическая площадка с ограждением и лестницей. Допускается предусматривать переносные или откидные лестницы с приспособлениями для крепления их к площадкам. Высота поручней должна быть 1,0 м, бортов на площадках - не менее 0,15 м.

В случае аварийного вытекания хладагента под циркуляционными и защитными ресиверами и аммиачными насосами следует предусматривать поддоны или приемки. Глубина приемка должна быть не более 2,5 м. Приемки должны иметь не менее двух лестниц, а при глубине приемка более 2 м - выход непосредственно наружу. Линейные и дренажные ресиверы следует размещать в специальном поддоне. Линейные ресиверы должны быть защищены навесом от солнечных лучей и осадков и ограждены забором высотой не менее 1,5 м.

Машинные отделения холодильных установок, должны иметь не менее двух выходов, один из которых непосредственно наружу. Протяженность пути, по проходам, от любого места в машинном отделении до ближайшего выхода, должна быть не более 30 м. Для машинных отделений аммиачных холодильных установок, площадь помещения которых не превышает 40 м², допускается устройство одного выхода. Двери и окна машинных отделений должны открываться наружу. Двери из машинных отделений в смежные помещения и коридоры должны быть samozакрывающимися.

Коммуникации (трубопроводы, кабели, короба и другие), выходящие из машинных отделений в смежные помещения и коридоры, в местах их прохода через ограждения перекрытия, должны иметь газонепроницаемое уплотнение, выполненное из негорючих материалов.

Машинные отделения холодильных систем должны оборудоваться общеобменной вентиляцией, обеспечивающей отвод газовыделений и избыточного тепла, с кратностью воздухообмена не менее предусмотренной строительными нормами и правилами. Оборудование системы механической вытяжной и аварийной вентиляции должно изготавливаться из неискрящих материалов. В машинных отделениях холодильных систем должны устанавливаться сигнализаторы аварийной концентрации паров хладагента в воздухе рабочей зоны. Сигнализаторы должны оборудоваться световыми указателями состояния, выведенными на диспетчерский пункт и размещенными снаружи отделений (над входами) и иметь блокировку, обеспечивающую автоматическое включение аварийной вентиляции при достижении определенной концентрации паров хладагентов. В машинных отделениях углеводородных холодильных установок сигнализаторы хладагента должны включать в работу аварийную вентиляцию и отключать основные источники электроснабжения холодильного оборудования при концентрации хладагента 10000 мг/м³.

В аммиачных холодильных установках предусматривают два уровня контроля концентрации аммиака в воздухе: **I уровень.** Предельно допустимая концентрация (ПДК_{рз}) - в воздухе рабочей зоны помещений и вне помещений составляет 20 мг/м³; **II уровень.** Аварийная утечка аммиака - концентрация аммиака у мест установки датчиков равна 25 ПДК(рз) или 500 мг/м³.

Снаружи на стене у всех входов в машинное и аппаратное отделения устанавливаются кнопки ручного аварийного отключения электропитания и одновременно они должны включать в работу аварийную и общеобменную вытяжную вентиляцию, а также светозвуковую сигнализацию. Общеобменная и аварийная вентиляции должны иметь ручные пусковые устройства внутри вентилируемых помещений.

Машинные отделения холодильных систем должны оборудоваться следующими видами электроосвещения: рабочим, аварийным и ремонтным. Ремонтное освещение должно иметь напряжение не более 12 В.

Стационарные навесные грузоподъемные и транспортные средства, размещаемые в машинных отделениях холодильных систем, должны быть управляемые с пола, а их электрооборудование по уровню взрывозащиты должно соответствовать категориям и группе смеси, классу взрывоопасной зоны.

Холодильные камеры должны быть оборудованы ручной системой сигнализации "Человек в камере". Световой и звуковой сигналы "Человек в камере" должны поступать в помещение с постоянным дежурным персоналом (диспетчерская, операторская, проходная). Световое табло "Человек в камере" должно загораться снаружи над дверью камеры, в которой находится человек. У входа в охлаждаемые помещения (в коридоре, на эстакаде) должна быть вывешена инструкция по охране труда при проведении работ в камерах холодильника и защите охлаждающих батарей и трубопроводов от повреждений.

Машинные, аппаратные и конденсаторные отделения, относящиеся к помещениям с взрывоопасной зоной В-1б (аммиачные холодильные установки), должны иметь устройства молниезащиты зданий по II категории, в соответствии с инструкцией по устройству молниезащиты зданий и сооружений, а также защиту от вторичных проявлений молнии и защиту от заноса высокого потенциала по наземным и подземным коммуникациям. Внутри зданий большой площади (шириной более 100 м) необходимо выполнять мероприятия по выравниванию потенциала. Помещения машинных и аппаратных отделений, ТП, РУ, электрощитовые, диспетчерские пункты, операторские (помещение КИП и А) должны быть оборудованы автоматической пожарной сигнализацией.

В холодильных системах с хладагентами группы 3 сбросы от предохранительных клапанов должны направляться на "факел", используемый для сжигания углеводорода предприятия. Выпуск паров аммиака в атмосферу без очистки через предохранительные устройства должен быть выполнен с помощью трубы, выводимой на 3 м выше конька крыши наиболее высокого здания в радиусе 50 м. Вывод на рабочий режим при первоначальном пуске компрессоров по завершению монтажа, ремонта, длительной остановки холодильной системы и после срабатывания приборов их защиты осуществляется вручную.

Инструкции по обслуживанию конкретных холодильных систем должны детально излагать порядок действия персонала перед пуском, в период пуска и в условиях эксплуатации, в том числе порядок: проверки положения перед пуском запорной арматуры на нагнетательных линиях конечных и промежуточных ступеней компрессоров объемного сжатия и на напорных линиях насосов жидких хладагентов; проведения дренирования из участков, всасывающих и

нагнетательных линий возможных скоплений конденсата хладагента и смазочных масел; проверки положения запорной арматуры на линиях жидких хладагентов после остановки.

Температуры нагнетаемых компрессорами паров хладагентов, должны быть не менее, чем на 20°C ниже температур вспышки масел, используемых в рабочих полостях компрессоров. Вода, используемая для охлаждения корпусных частей и смазочного масла компрессоров, должна иметь на входе температуру не ниже 10°C . Хладоносители, на основе водных растворов солей (рассолы) или другие водорастворимые соединения, охлаждаемые внутри теплообменных труб испарительных аппаратов, должны иметь температуру замерзания не менее чем на 8°C ниже рабочих температур кипения хладагентов.

Охлаждение и прогрев аппаратов при пусках холодильных систем, после их длительного останова, должен осуществляться со скоростью снижения или подъема температуры их стенок не более 30°C . Вскрывать стальные аппараты, освобожденные от хладагента, допускается при температуре их стенок не ниже минус 35°C . На заполнение (пополнение) холодильных систем хладагентом из специальных транспортных средств (цистерн или контейнеров) должна разрабатываться инструкция с учетом местных условий и вида поставки хладагента, утверждаемая техническим руководителем организации.

Для обнаружения мест утечек хладагентов используются специальные индикаторные средства - химические индикаторы, галоидные течеискатели и другие. Составные части холодильных систем (компрессоры, аппараты, трубопроводы и другие), работающие с использованием хладагентов группы 3, до начала их очередного освидетельствования или внепланового осмотра (ремонта) должны быть подвергнуты внутренней дегазации, а смежные с ними части, содержащие хладагент, отсоединены и надежно отглушены.

Аппараты холодильных систем, в ходе эксплуатации, следует подвергать техническому освидетельствованию (табл. 2).

Таблица 2 Сроки проведения технического освидетельствования

Группа холоди- ного агента	Наружный и внут- ренний осмотр	Гидравлическое ис- пытание на прочность
1 и 2	Не реже одного раза в два года	Не реже одного раза в восемь лет
3	Не реже одного раза в 12 месяцев	Не реже одного раза в четыре года

Значения давлений при испытании на прочность принимают равными не менее $1,3 P$ расчетного давления. При пневматических испытаниях аппарат должен находиться под пробным давлением в течение 5 мин. Холодильные аппараты, выдержавшие испытания на прочность, должны испытываться на герметичность пневматическим давлением, равным расчетному давлению аппарата. Допускается совмещать испытания аппаратов на герметичность с подобными испытаниями всей холодильной системы в сборе.

Предохранительные устройства, приборы защиты и контроля должны проходить проверку технического состояния с периодичностью не реже одного раза в

12 месяцев для самодействующих предохранительных устройств и не реже одного раза в 6 месяцев для приборов защиты и контроля.

На компрессорах и насосах, работающих в автоматическом режиме, должны быть на видном месте вывешены таблички: "Осторожно! Пускается автоматически".

Эксплуатацию включенного в холодильную схему аммиачного насоса следует осуществлять в соответствии с требованиями инструкции завода-изготовителя. Насос должен быть немедленно остановлен, если: упало давление напора или разность давлений напора и всасывания (при отсутствии или отказе приборов автоматики); появились утечки аммиака через неплотности агрегата; обнаружены неисправности манометров, обратных клапанов, средств автоматики.

Профилактические работы на аммиачном насосе проводятся после полной остановки агрегата, отключения электропитания, вывешивания соответствующих табличек на пусковых устройствах и вентилях, записи в суточном журнале работы компрессорного цеха. Неисправности насосов, связанные с утечкой аммиака, должны устраняться немедленно.

Дежурный обслуживающий персонал в течение смены должен записывать в суточный журнал основные параметры работы холодильной установки по показателям приборов, замечания о работе холодильного оборудования и вентиляционных устройств, причины остановки компрессоров, информацию о работе вентиляционных систем, меры, принятые для устранения недостатков в работе оборудования и другие замечания.

Аппарат (сосуд) должен быть выведен из работы в случае:

- повышения давления в сосуде выше разрешенного, несмотря на соблюдение всех требований, указанных в инструкции;
- неисправности предохранительных клапанов;
- обнаружения в основных элементах сосуда трещин, выпучин, значительного утончения стенок, пропусков или потения в сварных швах, течи в соединениях;
- возникновения пожара, непосредственно угрожающего сосуду под давлением;
- неисправности манометра и невозможности определить давление по другим приборам;
- неисправности крепежных деталей крышек и люков;
- неисправности указателя уровня жидкости;
- неисправности предусмотренных проектом контрольно-измерительных приборов и средств автоматики;
- утечки аммиака из системы, подключенной к данному аппарату.

После ремонта и профилактики отдельного холодильного оборудования, а также после вынужденной остановки компрессора, вызванной серьезными нарушениями в его работе, пуск его в эксплуатацию можно осуществлять только после письменного разрешения работодателя.

Задания

1. Ознакомьтесь с правилами безопасности аммиачных холодильных установок и правилами устройства и безопасной эксплуатации холодильных систем.

2. Выберите необходимый тип холодильных систем и разработайте требования к их проектированию и монтажу по одному из вариантов таблицы 3 с установкой сроков их испытания и осмотров.

Таблица 3. Варианты задания

Вариант	Помещение, которое обслуживается холодильными системами
1	Больница
2	Торговый центр
3	Гостиница
4	Кафе
5	Промышленное предприятие
6	Детский сад
7	Магазин
8	Пансионат
9	Музей
10	Вокзал

Контрольные вопросы

1. Основные обязанности организаций, эксплуатирующих холодильные системы, связанные с безопасностью их эксплуатации.
2. Требования безопасности к персоналу, обслуживающему холодильные системы.
3. На какие группы подразделяются холодильные агенты в зависимости от их свойств?
4. Требования, предъявляемые к контрольно-измерительным приборам и регулирующим устройствам.
5. Требования безопасности при размещении холодильных систем.
6. Уровни контроля концентрации аммиака в воздухе.
7. Какие устройства безопасности предусматриваются при эксплуатации холодильных систем?
8. При каких условиях необходим вывод аппаратов (сосудов) из работы?

Практическая работа №14 Расчет шагового напряжения

Рассчитать напряжения шага в точках: $x=0$, $x=1$ м, $x=5$ м, $x=10$ м, $x=20$ м.

Исходные данные для расчета:

- ток замыкания I_3 , А;
- вид грунта. Удельные сопротивления грунтов ρ , Ом·м (таблица 1);
- вид заземлителя;
- длина заземлителя L , м;
- диаметр заземлителя d , м;
- заглубление заземлителя H , м;
- ширина шага a , м. Принять $a=0,8$ м.

Таблица 1- Варианты заданий

Вариант	Ток I_3 , А	Грунт	Размеры заземлителей		Заглубление H , м
			Длина, м	Диаметр, м	
1	3	Песок	-	0,4	0
2	4	Супесок	3	0,04	0
3	5	Суглинок	3	0,04	0,7
4	6	Садовая земля	-	0,3	0
5	7	Глина	5	0,06	0
6	8	Чернозем	5	0,06	0,8
7	9	Торф	-	0,24	0
8	10	Глина	7	0,08	0
9	2	Песок	7	0,08	0,75
0	1	Супесок	5	0,12	

Вид заземлителя:

- для вариантов 1, 4, 7 – полусферический;
- для вариантов 2, 5, 8, 0 - вертикальный трубчатый, расположенный у поверхности грунта;
- для вариантов 3, 6, 9 - заземлитель вертикальный трубчатый, заглубленный в грунте.

Для расчета напряжения шага выполнить поясняющую схему.

Порядок расчёта

Определить величину удельного сопротивления грунта $\rho_{гр}$ по таблице 2.

Определить сопротивление одиночного заземлителя R_p .

Определить потенциал заземлителя ϕ_3 .

Определить потенциал в точке, находящейся на расстоянии « x ».

Определить потенциал в точке, находящейся на расстоянии « $x+a$ ».

Определить напряжение шага.

Пояснения к решению задачи

Явления при стекании тока в землю

Электрическим замыканием на землю называется случайное соединение находящихся под напряжением частей электроустановки непосредственно с землей или с металлическими нетоковедущими частями, имеющими контакт с землей.

Замыкание на землю может произойти вследствие появления контакта между токоведущими частями и заземленным корпусом или конструктивными частями оборудования, при падении на землю оборванного провода, при пробое изоляции оборудования высокого напряжения и т. п. Во всех этих случаях ток от частей, находящихся под напряжением, проходит в землю через электрод, который осуществляет контакт с грунтом. Специальный металлический электрод принято называть заземлителем.

Рассмотрим стекание тока в землю через одиночный электрод полусферической формы и характер распределения потенциала на поверхности земли.

Ток на земле будет растекаться во все стороны по радиусам полусферы. В объеме земли, где проходит ток, возникает "поле растекания тока", которое характеризуется наличием потенциала грунта в любой точке, то есть в пределах поля растекания тока потенциал земли отличен от нуля. Теоретически оно простирается бесконечно. Однако, в реальных условиях уже на расстоянии 20 м от заземлителя площадь полусферы, по которой растекается ток, становится столь большой, что сопротивление земли можно считать близким к нулю. Следовательно, и потенциал земли на расстоянии 20 м практически равен нулю.

Потенциал заземлителя определяется выражением:

$$\varphi_3 = I_3 \cdot R_p$$

где φ_3 - потенциал заземлителя;

I_3 - ток, стекающий на землю;

R_p -сопротивление заземлителя растеканию тока, которое определяется как суммарное сопротивление самого электрода, переходного сопротивления от электрода к грунту и сопротивления грунта от заземлителя до точки с нулевым потенциалом.

Напряжение шага

Человек, находящийся в поле растекания тока заземлителя оказывается под напряжением шага, если его ноги находятся в точках с разными потенциалами.

Напряжением шага называется напряжение между двумя точками цепитока, находящимися одна от другой на расстоянии шага, на которых одновременно стоит человек.

Если человек находится на расстоянии «X» от заземлителя, а длина шага равна «a» (рисунок 1), напряжение шага определяется как разность потенциалов между правой и левой ногами, находящимися в точках с координатами (x) и (x+a).

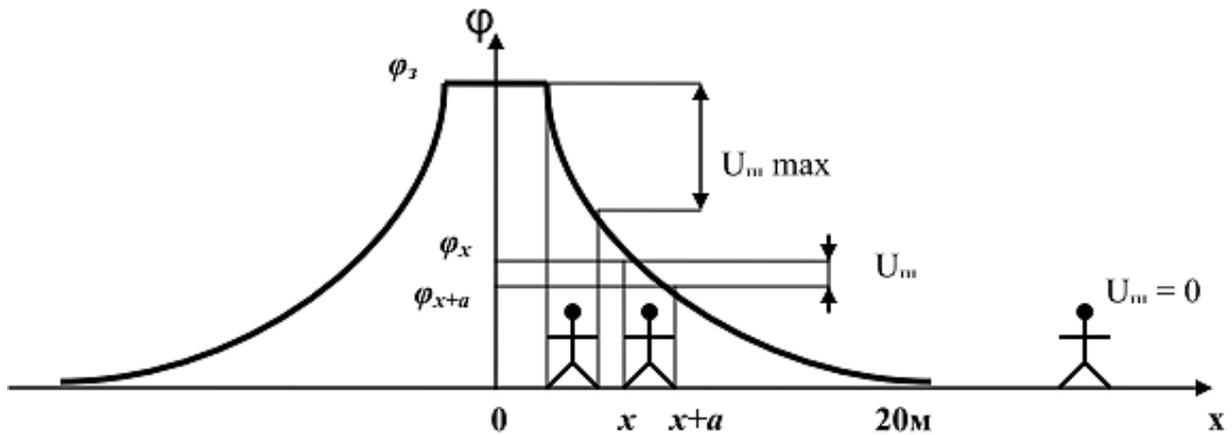


Рисунок 1 - Напряжение шага

Формула для определения напряжения шага будет иметь вид:

$$U_{ш} = \varphi_x - \varphi_{x+a}$$

Потенциал этих точек определяется как:

$$\varphi_x = \varphi_z \cdot \frac{r}{x},$$

$$\varphi_{x+a} = \varphi_z \cdot \frac{r}{x+a}.$$

Для расчета сопротивления заземлителей применяются следующие формулы:

- полусферический заземлитель:

$$R_p = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot r},$$

где ρ - удельное сопротивление, Ом·м;

r – радиус полусферы, м;

- заземлитель вертикальный трубчатый, расположенный у поверхности грунта:

$$R_{тп} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \ln \frac{4 \cdot L}{d},$$

где L - длина заземлителя, м (дана в задании);

d - наружный диаметр заземлителя, м (дан в задании);

- заземлитель вертикальный трубчатый, заглубленный в грунте:

$$R_{тп} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \left(\ln \frac{2 \cdot L}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot H + L}{4 \cdot H - L} \right),$$

где L – длина заземлителя, м;

d - наружный диаметр заземлителя, м;

H - глубина заложения заземлителя, м.

$$H = H_0 + \frac{L}{2},$$

где H_0 – величина заглубления.

Таблица 2 -Значения удельных сопротивлений грунтов

Грунт	Удельное сопротивление ρ , Ом·м
Песок	100-700
Супесок	150-400
Суглинок	40-150
Садовая земля	20-60
Глина	8-70
Чернозем	9-53
Торф	10-30

Результаты расчетов представить в виде таблицы 3:

Таблица 3 - Результаты расчетов

Расстояние от заземлителя x , м	0	1	5	10	20
φ_x					
φ_{x+a}					
Напряжение шага $U_{ш}$, В					

Практическая работа №15 Расчет защитного заземления

1. Общие теоретические сведения о защитном заземлении

В различных частях электрических установок возможны пробой изоляции и замыкания на металлические корпуса двигателей, пускателей, светильников, оболочек кабелей, стальных труб проводки и т.п.

Вследствие этого металлические нетоковедущие части оборудования, не находящиеся под напряжением могут оказаться под током и представлять опасность в случае прикосновения к ним людей.

Средством защиты от поражения током при переходе напряжения на нетоковедущие части электроустановок (3) рисунок 1 является защитное заземление.

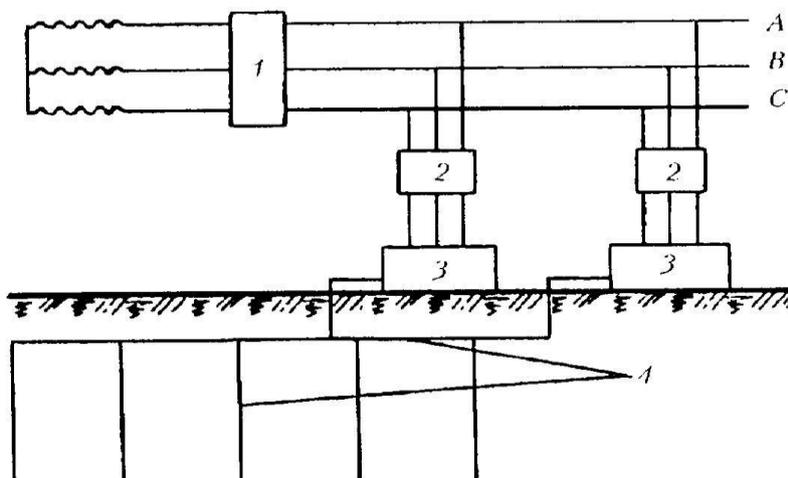


Рис. 1. Схема защитного заземления:

- А, В, С – фазы электросети;
- 1 – устройство защитного отключения;
- 2 – автоматические выключатели;
- 3 – электрооборудование;
- 4 – заземляющий проводник;
- 5 – заземлитель.

Защитное заземление – это заземление частей электроустановок с целью обеспечения электробезопасности. Защитное заземление применяют в электроустановках до 1 кВ переменного тока с изолированной нейтралью в трёхфазных трёхпроводных сетях с изолированным выводом однофазного тока, а также в электроустановках постоянного тока с изолированной средней точкой при повышенных требованиях безопасности (сырые помещения, передвижные установки,

торфяные разработки, подземные работы и др.). В таких электроустановках применяют защитное заземление в сочетании с контролем изоляции сети и защитным отключением.

Питание электроустановок в таких условиях рекомендуют выполнять короткими кабельными или воздушными линиями, для которых емкостные токи незначительны. В соответствии с «Правилами устройств электроустановок» /1/ сопротивление заземляющего устройства (совокупность заземлителя и заземляющих проводников) должно быть:

- в установках до 1000 В с изолированной нейтралью – 4 Ом. При номинальных мощностях трансформаторов 100 кВ*А и менее – не более 10 Ом;

- в установках до 1000 В с глухозаземленной нейтралью выполняется рабочее заземление – 2, 4 и 8 Ом соответственно при линейных напряжениях 660, 380 и 220 В. При удельном сопротивлении грунта ρ более 10 Ом · м указанные значения сопротивлений увеличивают в отношении $\rho/100$, но не более десятикратного.

Различают два вида заземляющих устройств: контурное и выносное. Контурное устройство в виде отдельных заземлителей, размещаемых по периметру (контур) площадки с заземляемым оборудованием, применяется на открытых подстанциях и других установках напряжением свыше 1000 В.

Выносное заземление состоит из заземлителя 1 (рис.2) и магистрали (заземляющих проводников) 2. Заземляемое оборудование 3 находится вне поля растекания электрического тока, так как заземлитель 1 вынесен за пределы площадки с оборудованием 3.

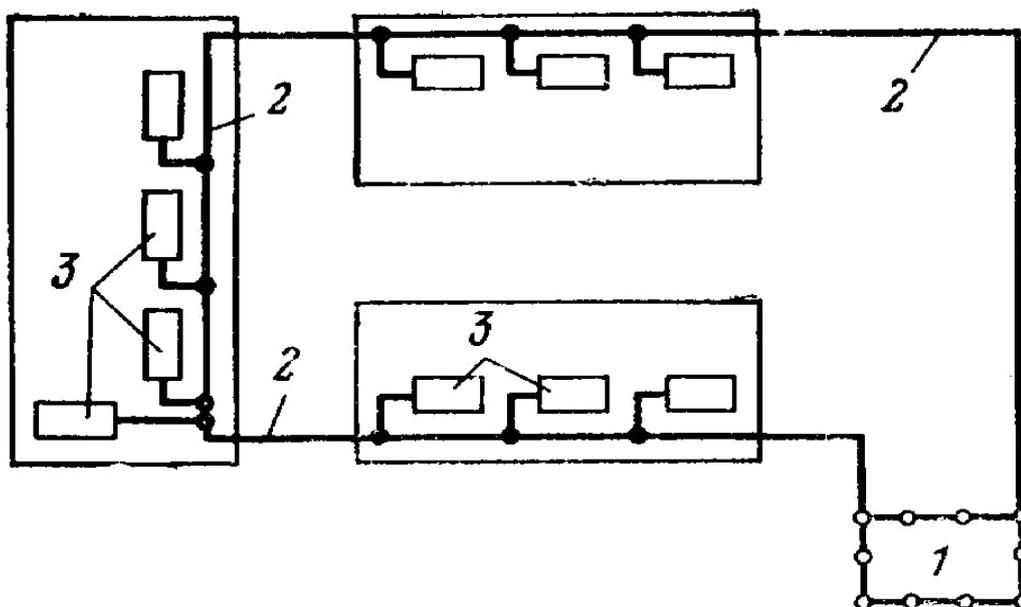


Рис. 2. Схема выносного заземления

В качестве искусственных заземлителей применяют стальные уголки, забиваемые в землю вертикально, или стальные некондиционные трубы, толщина стенок не менее 3,5 мм и длина 2,5 – 3 м. Их забивают вертикально в землю на расстоянии 2,5 – 3 м друг от друга и более. Диаметр трубы не оказывает особого

влияния на величину сопротивления растеканию; чаще всего берут трубы с наружным диаметром 6 см (рис. 3).

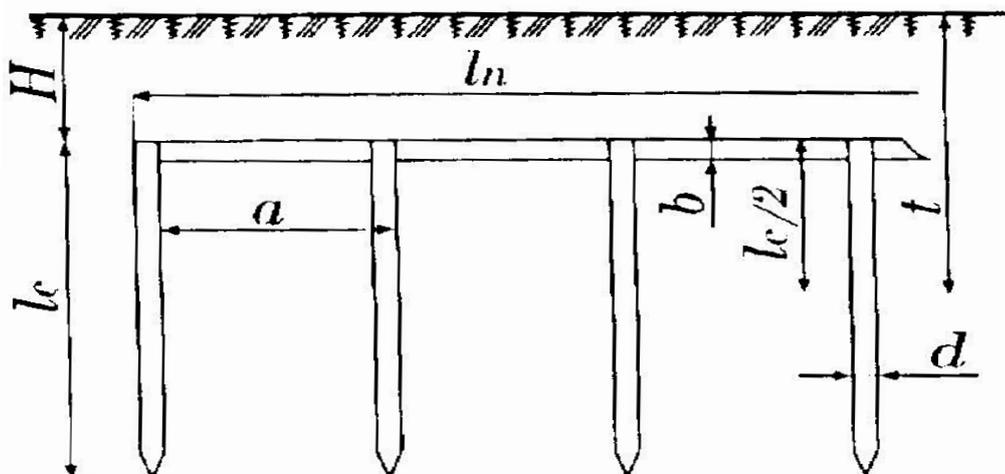


Рис. 3. Схема заземляющего устройства

Широкое применение находят углубленные прутковые заземлители из круглой стали диаметром 12 – 14 мм, длиной до 5 м и более, ввертываемые в грунт с помощью электрифицированного ручного заглубителя. При использовании углубленных прутковых заземлителей снижают расход металла и затраты труда по устройству заземления.

Прутковые заземлители, а также отрезки стальных уголков, используемые для заземления, наиболее выгодны, так как с их помощью можно достичь более глубоких слоев земли при значительно меньшем объеме земляных работ. Глубокая же закладка необходима для создания контакта со слоями почвы, не подверженными промерзанию или высыханию.

Для связи уголков и труб между собой применяют стальные полосы (ленты). Толщина их должна быть не менее 4 мм, а площадь поперечного сечения не менее 48 мм² для установок до 1000 В и 100 мм² – для установок выше 1000 В.

Наименьшие размеры заземлителей и заземляющих проводников приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Наименьшие размеры стальных заземлителей и заземляющих проводников

Наименование и форма	В зданиях	В наружных установках	В земле
Круглые диаметром, мм	5	6	10
Прямоугольные:			
сечение, мм ²	24	48	100
толщина, мм	3	4	4
Угловая сталь, толщина полок, мм	2	2,5	4

Газопроводныетрубы, толщинасте- нок, мм	2,5	2,5	3,5
---	-----	-----	-----

2 Расчет заземления

Расчет заземления производим следующим образом:

по экспериментальным данным определяем характер грунта, в котором предполагается заложить заземляющее устройство, и удельное сопротивление грунта (табл. 2).

Таблица 2 - Электрическое сопротивление грунтов

Видгрунта	Удельное электрическое сопротивление, Ом · м	
	Пределыколебаний	Привлажности 10 – 20 %
Глина	8 – 70	40
Суглинок	40 – 150	100
Песок	400 – 700	700
Супесок	150 – 400	300
Торф	10 – 30	20
Чернозем	9 – 53	20
Каменистый	500 – 800	–

Сопротивление грунта с учетом коэффициента сезонности (табл. 3,4) для вертикальных стержней, Ом · м,

$$\rho_{o.c.} = \psi_B \cdot \rho_o,$$

где ψ_B – коэффициент сезонности; ρ_o – удельное сопротивление грунта;

задаемся длиной вертикальных электродов (стержней) из условия: для ручной забивки до 3 м, для виброзабивки – до 5 м;

сопротивление растеканию тока одиночного стержня, Ом, (см. рис. 3),

$$R_c = (\rho_{o.c.} / 2 \cdot \pi l_c) \{ \ln(2 \cdot l_c / d) + 0,5 \ln[(4 \cdot t + l_c) / (4 \cdot t - l_c)] \},$$

где l_c – длина стержня, м; d – диаметр стержня из труб или приведенный диаметр для стержней из другого проката, м; $t = H + (1/2) \cdot l_c$ – расстояние от поверхности земли до середины стержня, м; H – расстояние от поверхности земли до верха стержня (глубина заложения стержня), м;

предварительное количество заземлителей, шт.,

$$n_{np} \cdot \eta_c = R_c / R_3,$$

где R_3 – сопротивление растеканию тока заземляющего устройства в соответствии с ПУЭ /1/; η_c – коэффициент использования вертикальных стержней; ис-

ходя из условия заложения заземляющего устройства (размеры площадки, размещение стержней по контуру или в ряд) находим длину соединительной полосы, м.:

при расположении в ряд

$$l_n = 1,05 \cdot (n-1) \cdot \alpha ;$$

при расположении по контуру

$$l_n = 1,5 \cdot n \cdot \alpha ,$$

где α – расстояние между стержнями;

удельное сопротивление грунта с учетом сезонности для соединительной полосы (табл. 3), Ом·м ,

$$\rho_{с.п.} = \psi_{г.} \cdot \rho_0$$

Таблица 3 - Коэффициент сезонности

Климатическая зона	Значения коэффициентов сезонности при влажности		
	повышенной	нормальной	малой
Вертикальный электрод длиной до 3 м			
1	1,9	1,7	1,5
2	1,7	1,5	1,3
3	1,5	1,3	1,2
4	1,3	1,1	1,0
Вертикальный электрод длиной 4 – 5 м			
1	1,5	1,4	1,3
2	1,4	1,3	1,2
3	1,3	1,2	1,1
4	1,2	1,1	1,0
Горизонтальный электрод длиной до 50 м			
1	7,2	4,5	3,6
2	4,8	3,0	2,4
3	3,2	2,0	1,6
4	2,2	1,4	1,12

Таблица 4- Признаки климатических зон для определения коэффициентов сезонности ψ

Характеристики климатических зон	Климатические зоны			
	I	II	III	IV
Средняя многолетняя низшая температура (январь), °С	От -20 до -15	От -14 до -10	От -10 до 0	От 0 до +5

я	Средняя многолетняя высшая температура (июль), °С	От +16 до +18	От +18 до +22	От +22 до +24	От +24 до +26
	Среднегодовое количество осадков, см	~ 40	~ 50	~ 50	30-50
а-	Продолжительность заморозков, дни	190-170	~ 150	~ 100	0

Сопротивление растеканию тока соединительной полосы, Ом,

$$R_{II} = (\rho_{с.н.} / 2 \cdot \pi \cdot l_n) [l_n (2 \cdot l_n^2) / (b \cdot H)],$$

где l_n – длина полосы, м; b – ширина полосы, м;

по табл. 5 определим коэффициент использования (взаимного экранирования) вертикальных стержней (η_c) и по табл. 6 – коэффициент использования соединительной полосы (η_{II});

Таблица 5 - Коэффициенты использования вертикальных стержней

Число стержней	Отношение расстояния между заземлителями к их длине (α / l_c) при размещении					
	1	2	3	1	2	3
	в ряд			по контуру		
2	0,85	0,91	0,94	-	-	-
4	0,73	0,83	0,89	0,69	0,78	0,85
6	0,65	0,77	0,85	0,61	0,73	0,8
10	0,59	0,74	0,81	0,55	0,68	0,76
20	0,48	0,67	0,76	0,47	0,63	0,71
40				0,41	0,58	0,66
60				0,39	0,55	0,64
100				0,36	0,52	0,62

Таблица 6 - Коэффициенты использования горизонтальных полосовых заземлителей

Отношение	Число стержневых заземлителей
-----------	-------------------------------

α / l_c	2	4	6	10	20	40	60	100
Стержни размещены в ряд								
1	0,8 5	0 ,77	0,7 2	0,6 2	0,4 2			
2	0,9 4	0 ,89	0,8 4	0,7 5	0,5 6			
3	0,9 6	0 ,92	0,8 8	0,8 2	0,6 8			
Стержни размещены по контуру								
1	–	0 ,45	0,4 4	0,3 7	0,2 22	0, 2	0,2 9	0,1 9
2	–	0 ,55	0,4 8	0,4 2	0,3 29	0, 6	0,2 3	0,2 3
3	–	0 ,7	0,6 4	0,5 6	0,4 5	0, 39	0,3 6	0,3 3

результатирующее сопротивление заземляющего устройства, Ом,

$$R_{з.у.} = (R_c \cdot R_n) / [(R_c \cdot \eta_n) + (R_n \cdot n_{np} \cdot \eta_c)] \leq R_3$$

Если это условие соблюдается, то уточним количество стержней $n =$

$= (n_{np} \cdot \eta_c) / \eta_c$, коэффициенты использования стержней и полосы и окончательно определим результатирующее сопротивление заземляющего устройства $R_{з.у.}$. Более экономичный расчет дает метод, по которому выполняются расчеты по пп. 1–8 (см. пример задачи ниже), а затем определяют требуемое сопротивление группы стержней за вычетом сопротивления соединительной полосы по формуле:

$$R_{з.с.} = R_3 \cdot R_{п.} / (R_{п.} - R_3 \cdot \eta_c),$$

где $R_{з.с.}$ – требуемое сопротивление группы стержней, Ом.

Тогда количество стержней, шт.,

$$n = R_c / (R_{з.с.} \cdot \eta_c).$$

Расстояние от системы заземления до здания $L = 0,6 \cdot R_{з.у.}$

Задача № 1

Произвести расчет заземляющего устройства для электроустановок напряжением 380 В. Грунт – суглинок. Стержни можно разместить по контуру цеха, имеющего в плане размеры 24×60 м. Глубина заложения стержней от поверхности земли $H = 0,5$ м.

Решение:

1. Примем в качестве заземлителей стержни длиной $l_c = 3$ м из стальных труб $d = 50$ мм. Соединение заземлителей произведем на сварке стальной полосой шириной $b = 40$ мм.

2. Удельное сопротивление грунта с учетом сезонных колебаний влажности для вертикальных стержней, Ом·м,

$$\rho_{o.c.} = \psi_B \cdot \rho_0 = 1,5 \cdot 100 = 150;$$

$$\psi_B = 1,5 \text{ (табл.3)}$$

$$\rho_0 = 100 \text{ Ом}\cdot\text{м (табл.2)}$$

3. Сопротивление растеканию тока одиночного стержня, Ом,

$$R_c = (\rho_{o.c.} / 2 \cdot \pi \cdot l_c) \cdot \{ \ln(2 \cdot l_c / d) + 0,5 \ln[(4 \cdot t + l_c) / (4 \cdot t - l_c)] \} =$$

$$= (150 / 2 \cdot \pi \cdot 3) \cdot \{ \ln(2 \cdot 3 / 0,05) + 0,5 \ln[(4 \cdot 2 + 3) / (4 \cdot 2 - 3)] \} =$$

$$= 7,96 \cdot (4,79 + 0,39) = 41,2$$

$$t = 0,5 + 3 / 2 = 0,5 + 1,5 = 2 \text{ м}$$

4. Предварительное количество заземлителей

$$\eta_{np} \eta_c = R_c / R_3 = 41,2 / 4 = 10,$$

где $R_3 = 4$ Ом по ПУЭ.

5. Длина соединительной полосы по длине контура цеха, м,

$$l_{п} = 2 \cdot 24 + 2 \cdot 60 = 168,$$

$$\alpha = 168 / 10 = 16,8;$$

$$\alpha / l_c = 16,8 / 3 = 5,6$$

6. Удельное сопротивление грунта для соединительной полосы, Ом·м,

$$\rho_{c.n.} = \psi_{Г} \cdot \rho_0 = 3 \cdot 100 = 300,$$

$$\psi_{Г} = 3 \text{ (табл. 3)}$$

7. Сопротивление растеканию тока соединительной полосы, Ом,

$$R_{п} = (\rho_{c.n.} / 2 \cdot \pi \cdot l_{п}) \cdot \ln[(2 \cdot l_{п}^2) / (b \cdot H)] = (300 / 2 \cdot \pi \cdot 168) \cdot \ln[(2 \cdot 168^2) / (0,04 \cdot 0,5)]$$

$$= 0,28 \cdot 14,85 = 4,2$$

8. По табл. 5 примем $\eta_c = 0,76$, по табл. 6 $\eta_n = 0,56$.

9. Результирующее сопротивление заземляющего устройства, Ом,

$$R_{з.у.} = (R_c \cdot R_n) / [(R_c \cdot \eta_n) + (R_n \cdot n_{np} \cdot \eta_c)] = (41,2 \cdot 4,2) / [(41,2 \cdot 0,56) + (4,2 \cdot 10 \cdot 0,76)] = 3,15$$

Поскольку $R_{з.у.} < R_3$, условие соблюдается.

Уточним количество стержней, шт.:

$$n = (n_{np} \cdot \eta_c) / \eta_c = 10 / 0,76 = 13,16$$

Размещаем стержни по периметру цеха через 13 м.

10. Расстояние от системы заземления до здания

$$L = 0,6 \cdot R_{з.у.} = 0,6 \cdot 3,15 = 1,89 \approx 2 \text{ м}$$

Задача № 2

Для условий предыдущей задачи произвести расчет заземляющего устройства экономичным методом.

Решение:

1. $l_c=3 \text{ м}; d = 0,05 \text{ м}; b = 0,04 \text{ м}.$

2. $\rho_{o.c.}= 150 \text{ Ом}\cdot\text{м}.$

3. $R_c=41,2 \text{ Ом}.$

4. $n_{np}\eta_c=10 \text{ шт}.$

5. $l_n=168 \text{ м}, \alpha=16,8 \text{ м}; \alpha/l_c=5,6$

6. $\rho_{c.n.}=300 \text{ Ом}\cdot\text{м}.$

7. $R_{II}=4,2 \text{ Ом}$

8. $\eta_c =0,76, \eta_n =0,56.$

9. Требуемое сопротивление группы стержней, Ом,

$$R_{z.c.}=R_z \cdot R_n / (R_n - R_z \cdot \eta_c) = 4 \cdot 4,2 / (4,2 - 4 \cdot 0,56) = 16,8 / 1,96 = 8,57.$$

Необходимое количество стержней, шт.,

$$n = R_c / R_{z.c.} \cdot \eta_c = 41,2 / 8,57 \cdot 0,76 = 6,3$$

По конструктивным соображениям принимаем 8 стержней (по 4 вдоль каждой длинной стороны здания цеха).

Перечень использованных информационных ресурсов

1. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок ПОТ- 2021 (приказ №903н от 15 декабря 2020 года), Москва, Мини-Тайп, 2021. -216с.
2. Менумеров Р. М., Электробезопасность: Учебное пособие для ВУЗов, 5-е изд., - Санкт-Петербург, Лань, 2021, -196 с.
3. Дробов А. В. , Галушко В. Н. Электробезопасность: учебное пособие, РИПО, 2020, -205 с.
4. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей, Кодексы. Законы. Нормы, Москва, Норматика, 2021, -188с.