

621.31  
996  
4.3

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ  
ОБРАЗОВАНИЕ

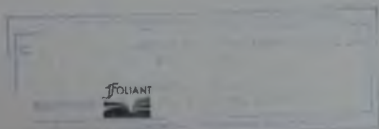


В. ЯШКОВ

# НАЛАДКА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

*Справочник*

Рекомендован Министерством образования и науки  
Республики Казахстан для организаций технического  
и профессионального образования



Издательство «Фоллиант»  
Астана-2010

УДК 621.31 (035)  
ББК 31.279 я 2  
Я 96

Рецензент:

Касимова Б.Р. – кандидат технических наук,  
доцент

Яшков В.

Я 96 **Наладка электрооборудования: Справочник.** –  
Астана: Фолиант, 2010. – 216 с.

ISBN 978-601-292-220-2

В данном справочнике приведены сведения по электрическим приборам и измерениям, наладке электрических машин, трансформаторов и других элементов и устройств электротехнического назначения, изложены правила безопасности при испытательно-наладочных работах.

Справочник составлен с учетом СНиП, действующих стандартов, нормативных документов; имеется словарь основных терминов, использующихся в электроэнергетике, и русско-казахский терминологический словарь.

Справочник предназначен для учащихся начального и среднего профессионального образования, изучающих дисциплину «Эксплуатация, ремонт и наладка электрооборудования и электрических сетей», а также специалистов, занятых испытанием и наладкой электрооборудования.

УДК 621.31

ББК 31.279

599084



© Яшков В., 2010

ISBN 978-601-292-220-2 © Издательство «Фолиант», 2010

## ВВЕДЕНИЕ

Электротехникой принято называть науку, изучающую вопросы технического использования электрических явлений для промышленного производства и быта. Исключительное значение электротехники в наши дни объясняется тем, что средствами электротехники относительно просто решаются важнейшие проблемы во всех областях современной жизни (промышленности, быта, транспорта, передачи информации, медицины и т.д.) например, передача на дальние расстояния и преобразования больших количеств энергии и передача сигналов на практически неограниченные расстояния.

Испытания электрооборудования, измерения и проверка его параметров и характеристик являются составной частью наладочных работ. Высокое качество проведения этих работ во многом определяет готовность электрооборудования к включению его под напряжение и экономичная, надежная его эксплуатация.

Электроэнергетика Казахстана в последние годы функционирует достаточно устойчиво, идет стабильный рост объемов производства, из года в год продолжается тенденция значительного роста потребления электрической энергии во всех регионах страны.

Рост производительности труда, развитие энергоемких электротехнологических процессов, реализация мероприятий по охране окружающей среды, внедрение прогрессивных технологий привело к дальнейшему повышению энерговооруженности предприятий.

Рост энерговооруженности всех отраслей промышленности, ускоренное внедрение средств механизации и автоматизации играют решающую роль в увеличении производительности труда и обеспечивают повышение

технического уровня и качества выпускаемой промышленной продукции.

В этой связи все возрастающая потребность в электрооборудовании не может быть полностью удовлетворена без организации его ремонта на техническом уровне и в масштабах, обеспечивающих высокое качество и экономичность ремонтных работ.

Одним из наиболее действенных средств поддержания оборудования в должном техническом состоянии и продления его жизни является, как известно, своевременный и качественный ремонт.

Ремонт как комплекс работ по поддержанию ремонтоспособности является составной частью эксплуатации электрооборудования электрических сетей.. Высокое качество проведения ремонтных работ во многом определяет надежность и бесперебойную работу линий электропередач и электрооборудования.

Объем и нормы ремонтных работ линий электропередач и электрооборудования определяются ПУЭ, отраслевыми правилами, а также руководствами по эксплуатации и техническими описаниями электротехнических устройств.

В этих условиях правильная организация труда электромонтера и грамотное ведение им организации и технологии ремонта электрооборудования электрических сетей становится весьма сложным и ответственным делом.

От квалификации специалистов-ремонтников зависит качество ремонта, и поэтому этот персонал должен знать основные требования ПУЭ, ПТЭ и ПТБ, отраслевые правила безопасности труда при ремонте, а также устройство линий электропередач, электрических машин, электрооборудования электрических станций и подстанций, организацию и технологию их ремонта, материалы, инструмент, применяемые при ремонте.

В данном пособии сконцентрированы основные вопросы и характерные особенности организации и технологии наладки электрооборудования.

# ГЛАВА 1. ОРГАНИЗАЦИЯ НАЛАДОЧНЫХ РАБОТ

## 1.1. Общие вопросы организации наладочных работ

Наладочные работы занимают важнейшее место в эксплуатации электротехники, где являются завершающим в общем комплексе строительства и монтажа электроэнергетических объектов и электроустановок. От того, насколько они правильно организованы, зависит своевременность обеспечения электроэнергией объекта, где проводится наладка, а от качества наладки – надежность и эффективность вновь смонтированного электрооборудования. Объем и номенклатура наладочных работ определяются технологическими условиями работы электрооборудования и требованиями директивных документов, в частности, «Норм испытаний электрооборудования», ПУЭ, СНиП, ПТБ и ПТЭ.

Наладочные работы, как правило, специализированы, т.е. ведутся самостоятельными наладочными организациями, укомплектованными высококвалифицированными кадрами инженеров и техников и оснащенными парком необходимых приборов и испытательной аппаратуры. Так как наладка неразрывно связана с электромонтажными работами, наладочные организации чаще всего входят в состав электромонтажных хозяйствующих субъектов в виде самостоятельных управлений или отдельных участков комплексных монтажно-наладочных управлений. В пределах управлений или специализированных участков наладочные работы также специализируются по видам: общая наладка, наладка сложных релейных защит, наладка устройств тепловой автоматики, наладка приводов электрифицированной арматуры, наладка высокока-

стотных каналов связи и телемеханики, наладка воздушных выключателей, испытания изоляции, наладка синхронных машин и их устройств автоматики. В составе организации имеются центральная электроизмерительная лаборатория и мастерская, в которых хранится, ремонтируется и проверяется весь парк электроизмерительных приборов и испытательного оборудования. Работы на объектах производятся на основании договоров, заключаемых с заказчиками.

Перед заключением договора на объект направляется представитель наладочной организации, который на месте определяет объем работ на основе проектной документации, условия производства работ, сроки их выполнения. В договоре на наладочные работы определяются основные условия их выполнения: предоставление помещения для организации приобъектной лаборатории и мастерской, хранения приборов и испытательного оборудования, оформления документации; транспортировка тяжеловесного испытательного оборудования; передача заказчиком проектной и заводской документации; выделение жилья для персонала наладочной бригады и т.п.

Техническую документацию наладочные организации получают до выезда на объект для того, чтобы можно было значительную часть первого этапа работ – изучение и анализ проекта, внесение необходимых исправлений и согласование их с проектной организацией – выполнить заранее и в более благоприятных условиях.

Для сокращения общих сроков ввода оборудования и более рационального использования работников наладочных организаций на объектах составляются совмещенные графики строительно-монтажных и наладочных работ. В таких графиках учитываются обеспечение технологической последовательности опробования и ввода в эксплуатацию тепломеханического и электротехнического оборудования, постепенное предоставление фронта наладочных работ для равномерного и наиболее эффективного использования наладочного персонала.

Графики составляются с учетом установленных сроков ввода отдельных узлов и объекта в целом. В случае необходимости в зависимости от общего хода работ пусковая комиссия вносит в них коррективы. В практике наладочных работ широко применяются различные типы информационно-технологических графиков.

На проверку и испытания ответственного и сложного оборудования составляются специальные программы испытаний. Для удобства, экономии времени и соблюдения единой технологии наладочными организациями составляются типовые программы производства всех видов работ. Программы учитывают требования ПУЭ и норм, являющихся директивными документами, которыми обязаны руководствоваться при производстве работ по наладке всех видов электрооборудования. По отдельным видам защит и устройств автоматики работы ведутся в соответствии с действующими типовыми инструкциями.

Все работы на объекте распределяются между группами и звеньями по видам работ или оборудования, например:

1. Наладка средств релейной защиты и автоматики.
2. Наладка главной схемы.
3. Наладка высоковольтного электрооборудования.
4. Наладка трансформаторов.
5. Наладка электродвигателей и электроприводов.
6. Наладка устройств теплотехнических измерений, защит и автоматики.
7. Наладка систем автоматизации.
8. Производство испытаний повышенным напряжением.
9. Проверка контура заземления.
10. Наладка высокочастотной связи и телемеханики.

Возможно другое распределение с учетом особенностей данного объекта, хода строительно-монтажных работ, квалификации и количества персонала и т.д. Очень удобна в работе поточная организация работ, при кото-

рой звенья выполняют однотипную работу по всем присоединениям.

Работы на объекте начинаются с изучения проектной и заводской технической документации, которую заказчик обязан предоставить в распоряжение бригады до начала работ на объекте. Эту работу целесообразно начать до выезда на объект. По принципиальным и полным схемам выверяются монтажные чертежи, которые выдаются монтажникам для исполнения.

Параллельно должны выполняться работы по проверке и испытаниям электрооборудования и проверке релейной аппаратуры. По мере готовности монтажа присоединения в целом (вместе с вторичными цепями и устройствами) выполняются работы по наладке вторичных устройств, поузловое опробование и полные комплексные испытания.

В целях упорядочения перехода от монтажа к наладке, повышения качества монтажных работ передача оборудования из монтажа в наладку производится по специальным журналам, в которых окончание монтажных работ и возможность приема оборудования в наладку подтверждаются официальными подписями представителей монтажной и наладочной организации.

Окончание наладочных работ оформляется записью в специальном оперативном журнале.

В процессе работы ведется учет дефектов проекта, электрооборудования, монтажа, которые в дальнейшем обобщаются для предотвращения их повторения и устранения на последующих объектах; устранение дефектов и переделка монтажа должны выполняться немедленно.

Все результаты работ оформляются протоколами, представляемыми эксплуатационному персоналу при сдаче присоединений и перед включением последних в работу. В дальнейшем по этим присоединениям представляются исполнительные чертежи, т.е. монтажные и полные схемы, в которые вносились исправления перед



монтажом и уточнения при наладочных работах, учитывающие фактическое выполнение монтажа.

После окончания всех работ на объекте составляется и сдается отчет о наладочных работах, содержащий пояснительную записку, с выводами и рекомендациями, протоколы испытаний, графики, осциллограммы, копии исполнительных чертежей, паспорта и инструкции заводов-изготовителей электрооборудования. Отчет подписывается исполнителями, руководителем бригады и руководством наладочной организации.

## 1.2. Основные этапы пусконаладочных работ

В соответствии с объемом испытаний и практически условиями их выполнения, учитывающими необходимость максимального сокращения сроков монтажа и наладки, весь комплекс наладочных работ разделяется на следующие основные стадии:

1. Изучение и анализ проекта, исправление принципиальных и монтажных схем до начала монтажа с целью исключения монтажных переделок в последующем.

2. Предмонтажная проверка и испытания электрооборудования в электромонтажных мастерских и на объекте.

3. Проверка и испытание электрооборудования в процессе монтажа, проверка и настройка реле, приборов и аппаратуры вторичных устройств.

4. Проверка правильности монтажа первичных и вторичных соединений.

5. Поузловое опробование оборудования и вторичных устройств.

6. Комплексное опробование, пусковые испытания и включение электрооборудования в работу.

Оформление и сдача заказчику технической документации (исполнительных схем, протоколов проверок и испытаний, технических отчетов).

В зависимости от вида и объема наладочных работ число стадий может быть различное. Согласно СНиП 3.05.06-85, пусконаладочные работы по электротехническим устройствам осуществляются в четыре этапа (стадии).

На первом (подготовительном) этапе *пусконаладочная организация должна:*

- разработать (на основе проектной и эксплуатационной документации предприятий-изготовителей) рабочую программу и проект производства пусконаладочных работ, включающий мероприятия по технике безопасности;

- передать заказчику замечания по проекту, выявленные в процессе разработки рабочей программы и проекта производства работ;

- подготовить парк измерительной аппаратуры, испытательного оборудования и приспособлений.

*Заказчик должен обеспечить следующее на данном этапе:*

- выдать пусконаладочной организации два комплекта электротехнической и технологической частей проекта, утвержденного к производству работ, комплект эксплуатационной документации предприятий-изготовителей, установки релейной защиты, блокировок и автоматики, в необходимых случаях согласованные с энергосистемой;

- подать напряжение на рабочие места наладочного персонала от временных или постоянных сетей электроснабжения;

- назначить ответственных представителей по приемке пусконаладочных работ;

- согласовать с пусконаладочной организацией сроки выполнения работ, учтенные в общем графике строительства;

- выделить на объекте помещения для наладочного персонала и обеспечить охрану этих помещений.

На втором этапе должны быть произведены пусконаладочные работы, совмещенные с электромонтажными работами, с подачей напряжения по временной схеме. Совмещенные работы должны выполняться в соответствии с действующими правилами техники безопасности. Начало пусконаладочных работ на этом этапе определяется степенью готовности строительно-монтажных работ: в электротехнических помещениях должны быть закончены все строительные работы, включая и отделочные, закрыты все проемы, колодцы и кабельные каналы, выполнено освещение, отопление и вентиляция, закончена установка электрооборудования и выполнено его заземление.

На этом этапе *пусконаладочная организация* выполняет проверку смонтированного электрооборудования с подачей напряжения от испытательных схем на отдельные устройства и функциональные группы.

Подача напряжения на настраиваемое электрооборудование должна осуществляться только при отсутствии электромонтажного персонала в зоне наладки и при условии соблюдения мер безопасности в соответствии с требованиями действующих правил техники безопасности.

*Заказчик должен на втором этапе:*

- обеспечить временное электроснабжение в зоне производства пусконаладочных работ;
- обеспечить расконсервацию и при необходимости предмонтажную ревизию электрооборудования;
- согласовать с проектными организациями вопросы по замечаниям пусконаладочной организации, выявленным в процессе изучения проекта, а также обеспечить авторский надзор со стороны проектных организаций;
- обеспечить замену отбракованного и поставку недостающего электрооборудования;
- обеспечить поверку и ремонт электроизмерительных приборов;

– обеспечить устранение дефектов электрооборудования и монтажа, выявленных в процессе производства пусконаладочных работ.

По окончании второго этапа пусконаладочных работ и до начала индивидуальных испытаний пусконаладочная организация должна передать заказчику в одном экземпляре протоколы испытания электрооборудования повышенным напряжением, заземления и настройки защит, а также внести изменения в один экземпляр принципиальных электрических схем объектов электрооборудования, включаемых под напряжение.

Вопрос о целесообразности предварительной проверки и настройки отдельных устройств электрооборудования, функциональных групп и систем управления вне зоны монтажа с целью сокращения сроков ввода объекта в эксплуатацию должен решаться пусконаладочной организацией совместно с заказчиком, при этом заказчик должен обеспечить доставку электрооборудования к месту наладки и по окончании пусконаладочных работ – к месту его установки в монтажной зоне.

На третьем этапе пусконаладочных работ выполняются индивидуальные испытания электрооборудования. Началом данного этапа считается введение эксплуатационного режима на данной электроустановке, после чего пусконаладочные работы должны относиться к работам, производимым в действующих электроустановках.

На этом этапе *пусконаладочная организация* производит настройку параметров, установок защиты и характеристик электрооборудования, опробование схем управления, защиты и сигнализации, а также электрооборудования на холостом ходу для подготовки к индивидуальным испытаниям технологического оборудования.

Общие требования безопасности при совмещенном производстве электромонтажных и пусконаладочных работ в соответствии с действующими Правилами тех-

ники безопасности обеспечивает руководитель электро-монтажных работ на объекте. Ответственность за обеспечение необходимых мер безопасности, за их выполнение непосредственно в зоне производимых пусконаладочных работ несет руководитель наладочного персонала.

При производстве пусконаладочных работ по совмещенному графику на отдельных устройствах и функциональных группах электроустановки должна быть точно определена рабочая зона производства работ и согласована с руководителем электромонтажных работ. Рабочей зоной следует считать пространство, где находится испытательная схема и электрооборудование, на которое может быть подано напряжение от испытательной схемы. Лицам, не имеющим отношения к производству пусконаладочных работ, запрещается доступ в рабочую зону.

В случае выполнения совмещенных работ электро-монтажная и пусконаладочная организации совместно разрабатывают план мероприятий по обеспечению безопасности при производстве работ и график совмещенного производства работ.

Обслуживание электрооборудования должно осуществляться заказчиком, который обеспечивает расстановку эксплуатационного персонала, сборку и разборку электрических схем, а также осуществляет технический надзор за состоянием электротехнического и технологического оборудования.

С введением эксплуатационного режима обеспечение требований безопасности, оформление нарядов и допуска к производству пусконаладочных работ должны осуществляться заказчиком.

После окончания индивидуальных испытаний электрооборудования производятся индивидуальные испытания технологического оборудования. Пусконаладочная организация в этот период уточняет параметры, характеристики и установки защит электроустановок.

После проведения индивидуальных испытаний электрооборудование считается принятым в эксплуатацию. При этом пусконаладочная организация передает заказчику протоколы испытаний электрооборудования повышенным напряжением, проверки устройств заземления и зануления, а также исполнительные принципиальные электрические схемы, необходимые для эксплуатации электрооборудования. Остальные протоколы наладки электрооборудования передаются в одном экземпляре заказчику в двухмесячный срок до четырех месяцев после приемки объекта в эксплуатацию.

Окончание пусконаладочных работ на третьем этапе оформляется актом технической готовности электрооборудования для комплексного опробования.

На четвертом этапе пусконаладочных работ производится комплексное опробование электрооборудования по утвержденным программам.

На этом этапе должны выполняться пусконаладочные работы по настройке взаимодействия электрических схем и систем электрооборудования в различных режимах. В состав указанных работ входят:

- обеспечение взаимных связей, регулировка и настройка характеристик и параметров отдельных устройств и функциональных групп электроустановки с целью обеспечения на ней заданных режимов работы;
- опробование электроустановки по полной схеме на холостом ходу и под нагрузкой во всех режимах работы для подготовки к комплексному опробованию технологического оборудования.

В период комплексного опробования обслуживание электрооборудования осуществляется заказчиком.

Пусконаладочные работы на четвертом этапе считаются законченными после получения на электрооборудовании предусмотренных проектом электрических параметров и режимов, обеспечивающих устойчивый технологический процесс выпуска первой партии про-

дукции в объеме, установленном на начальный период освоения проектной мощности объекта.

Работа пусконаладочной организации считается выполненной при условии подписания акта приемки пусконаладочных работ.

В качестве примера в приложении 1 приведено содержание производственной документации, оформляемой при монтаже и наладке систем автоматизации, в приложении 2 – форма акта приемки в эксплуатацию систем автоматизации.

## ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ПО ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ

### 2.1. Общие сведения

Таблица 2.1

Значения электрических величин

Обозначение электрических величин	Формула	Пояснение
$U$ – напряжение, В	$1 \text{ В} = 1 \text{ Дж} / 1 \text{ Кл}$	Напряжение – физическая величина, характеризующая электрическое поле, которое является причиной возникновения тока. 1В – это такое напряжение, при котором на участке цепи совершается работа, равная 1Дж, когда по этому участку проходит 1 Кл электричества
$R$ – активное сопротивление, Ом	$R = U/I$	За единицу принимают сопротивление такого проводника, в котором при напряжении на его концах 1В сила тока равна 1А
$X_L$ – реактивное сопротивление индуктивности, Ом	$X_L = 2\pi fL$	$\pi$ – постоянная, равная 3,14; $f$ – частота переменного тока, Гц; $L$ – индуктивность, Гн
$X_C$ – реактивное сопротивление емкости, Ом	$X_C = 1/2\pi fC$	$C$ – электрическая емкость, Ф
$Z$ – полное сопротивление, Ом	$Z = \sqrt{R_2 + (X_L - X_C)^2}$	Для переменного тока



$R_t$ - активное сопротивление проводника при нагревании, Ом	$R_t = R(1 + \alpha \tau)$	$\alpha$ - температурный коэффициент сопротивления, равный $1/273 \text{ K}^{-1}$ для металлов; $\tau$ - температура проводника
$I$ - сила тока, А	$I = U/R$ (закон Ома)	Сила тока в участке цепи прямо пропорциональна напряжению на концах этого участка и обратно пропорциональна его сопротивлению
$R$ - сопротивление, Ом	$R = \rho \frac{l}{S}$	Сопротивление проводника прямо пропорционально его длине $l$ (м), обратно пропорционально площади поперечного сечения $S$ ( $\text{мм}^2$ ) и зависит от материала проводника ( $\rho$ - удельное сопротивление, Ом $\cdot$ $\text{мм}^2/\text{м}$ )
$\Sigma R$ - сопротивление последовательно соединенных проводников	$\Sigma R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$	Общее сопротивление цепи при последовательном соединении равно сумме сопротивлений всех включенных в цепь проводников
$\Sigma 1/R$ - проводимость параллельно соединенных проводников	$\Sigma 1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \dots + 1/R_n$	Общее сопротивление цепи при последовательном соединении равно сумме сопротивлений всех включенных в цепь проводников
$A$ - работа	$A = UI t$	Работа электрического тока на участке цепи равна произведению напряжения на концах этого участка, умноженному на силу тока и на время $t$ , в течение которого совершается эта работа
$P$ - мощность, Вт	$P = UI$	Мощность постоянного электрического тока равна произведению напряжения и силы тока

Университет ПМУ-дн  
 Академия С.Бойсенбаева  
 Алматы, Казахстан

599084 КИТАПХАНАСЫ

$P_a$ – активная мощность, Вт	$P_a = UI \cos\varphi$	Для однофазного переменного тока $\cos\alpha$ – коэффициент мощности; $\alpha$ – угол сдвига фаз между током и напряжением
$Q$ – реактивная мощность, Вт $S$ – кажущаяся мощность, В.А	$Q = UI \sin\varphi$ $S = UI =$ $= \sqrt{P^2 + Q^2}$	Для однофазного переменного тока
$P_a$ – активная мощность, Вт $Q$ – реактивная мощность $S$ – полная мощность, В.А	$P_a = \sqrt{3}U \cos\varphi$ $Q = \sqrt{3}U \sin\varphi$ $S = \sqrt{3}U$	Для трехфазного переменного тока

Таблица 2.2

Свойства электроизоляционных материалов

Материал	Электрическая прочность, кВ/мм	Относительная диэлектрическая проницаемость	Тангенс угла диэлектрических потерь, $\operatorname{tg}\delta$ при 50 Гц и 20 °С	Удельное электрическое сопротивление при 20 °С, Ом.см	Допустимая рабочая температура, °С
Асбест	2-5	-	0,7	106	450
Асфальт	13-16	2-4	1-5	1014	-
Бумага кабельная	6-9	2,3-3,5	10	1013	-
То же, пропитанная маслом	10-25	3,4-3,7	-	-	-
Воздух при температуре 20 °С и давлении 760 мм.рт.ст.	3-4	1	-	-	-
Воск пчелиный	8-15	2,8-2,9	-	1013	-

Гетинакс	10-15	7-8	4-10	109	150
Древесно-стружечная плита	5-10	5-6	3,5	1011	200
Дуб парафинированный	4-7	4,5-5	-	1012	-
Бук сухой	5-6	3-3,5	-	1011	-
Береза сухая	3-5	2-3	-	1010	-
Карболит	10-12	3-5	-	1011	120
Лакоткань	30-40	3,5-5	-	1011	105
Масло-трансформаторное	5-18	2-2,5	0,2-1	1012	95
Миканит	15-30	4,6-6	-	1015	-
Мрамор	3,5-5,5	8-10	0,5-10	109	100-200
Оргстекло	17-18	3,2-3,6	5	1013	60
Парафин	15-30	2,2-2,3	-	1015	-
Полихлорвинил листовой	45	3,1-3,5	1,5-2	1012	65
Резина листовая	10-15	2,6-3,5	0,5-2	1014	-
Слюда мусковит	120-200	6-7	0,01-0,02	1014	500
Слюда флогопит	60-120	4-5,5	0,1-0,2	1012	900
Стеатит	20-30	5,5-6,5	0,2	1015	-
Стекло	10-40	5,5-10	0,1-0,5	1011	-
Текстолит	2-6	-	-	1010	120-130
Фарфор	18-25	5-7,5	0,7-2,5	1014	-
Эбонит	8-10	2,44,5	1-2	1017	60
Электрокартон	8-10	2,5-4	-	109	90

## Свойства проводниковых материалов

Материал	Удельное электрическое сопротивление при 200 С, Ом . мм <sup>2</sup> /м	Температурный коэффициент электрического сопротивления, Ом . град <sup>-1</sup>	Температура плавления, °С	Плотность, г/см <sup>3</sup>
Алдрей	0,031-0,035	0,004	1000	2,8
Алюминий	0,029	0,004	659	2,7
Бронза	0,6021-0,04	0,004	900	8,8-8,9
Вольфрам	0,056	0,0046	3500	18,7
Висмут	1,2	0,004	271	9,8
Графит	13,5	0,008	-	1,9.-2,3
Кадмий	0,076	0,004	321	8,6
Константан	0,4-0,51	0,00005	1200	8,8
Латунь	0,05	0,002	960	8,4-8,7
Медь	0,0175	0,004	1083	8,8
Магний	0,04	0,0038	650	1,74
Манганин	0,42	0,000015	960	8,14
Никель	0,09-0,12	0,006	1452	8,8
Никелин	0,4-0,44	0,0003	1060	11,2
Нихром	1,1	0,0003	1375	8,2
Олово	0,12	0,0044	232	7,3
Платина	0,09-0,11	0,00247	1770	21,2
Ртуть	0,95	0,0027	-38,9	13,8
Серебро	0,016	0,004	961	10,5
Сталь	0,13-0,3	0,005	1500	7,85
Свинец	0,217	0,00411	327	11,3
Сурьма	0,41	0,0037	630	6,67
Фехраль	1,2	0,002	1450	7,6
Хромель	1,3	0,00004	1500	7,1
Цинк	0,06	0,0039	419	7,1
Чугун	0,5	0,000	1200	7,2

**Классификация электроустановок по мерам  
электробезопасности**

Номинальное напряжение электроустановок	Режим нейтрали	Классификация электроустановок
До 1 кВ	Заземленная нейтраль	Электроустановка до 1 кВ с изолированной нейтралью.
Выше 1 кВ	Изолированная нейтраль	Электроустановка до 1 кВ с изолированной нейтралью.
	Эффективно заземленная нейтраль	Электроустановка выше 1 кВ в сетях с эффективно заземленной нейтралью
	Изолированная нейтраль	Электроустановка выше 1 кВ с изолированной нейтралью

## Характеристика степеней защиты персонала и электрооборудования

Обозначение степеней защиты	Характеристика степеней защиты	
	Защита персонала от соприкосновения с частями, движущимися или токоведущими, и попадания в оболочку твердых посторонних тел	Защита от проникновения и вредного действия воды на оборудование внутри оболочки
0	Отсутствует	Отсутствует
1	От преднамеренного доступа внутрь оболочки и попадания предметов диаметром не менее 50 мм	От вертикально падающих конденсирующих капель
2	От соприкосновения пальцами и попадания предметов диаметром не менее 12 мм	От капель, попадающих на оболочку, наклоненную под углом не более 15° к вертикали
3	От соприкосновения с инструментом или проволокой и попадания предметов диаметром не менее 2,5 мм	От дождя, падающего на оболочку, наклоненную под углом не более 60° к вертикали
4	Не менее 1	От брызг в любом направлении
5	Полная защита от соприкосновения и вредных отложений пыли	От струй, выбрасываемых на оболочку через наконечник в любом направлении, при условиях, указанных в соответствующих ГОСТ или ТУ
6	Полная защита от соприкосновения и проникновения пыли	От воздействий, характерных для палубы корабля, при условиях по стандартам или ТУ
7	-	Защита при погружении в воду. Вода не должна проникать в оболочку при давлении и времени, указанных в стандартах или ТУ на отдельные виды электрооборудования
8	-	Защита при неограниченно длительном погружении в воду при давлении, указанном в стандарте или ТУ на отдельные виды электрооборудования. Вода не должна проникать внутрь оболочки



## 2.2. Климат и его классификация

Электрооборудование (ЭО) или электротехническое устройство считается климатостойким, если оно способно выдерживать без заметных нарушений нормальных эксплуатационных характеристик климат той местности, для работы в которой оно предназначено.

Для всех видов ЭО и изделий установлены исполнения для эксплуатации их в различных макроклиматических районах (табл. 2.6).

Таблица 2.6

*Исполнение изделий, предназначенных для эксплуатации в соответствующих макроклиматических районах*

Буквенное обозначение исполнения		Макроклимат
Русское	Латинское	
<i>На суше, реках и озерах</i>		
У	N	Умеренный
ХЛ	P	Холодный
УХЛ	NF	Умеренный и холодный
ТВ	TH	Влажный тропический
ТС	TA	Тропический, но сухой
Т	T	Тропический, но влажный и сухой
О	O	Все, кроме очень холодного
<i>На морях и океанах</i>		
М	M	Умеренно холодный, морской
ТМ	MT	Морской, но тропический
ОМ	MU	Морской, но тропический и умеренно холодный
В	W	Все климаты на суше и на море

### 2.3. Степени защиты электрооборудования от влияния внешней среды

В выпускаемом промышленностью ЭО учитываются климатические условия и производственные факторы, для работы в которых оно предназначено. Это выражается в конструктивных исполнениях деталей оборудования, оболочек, изоляции, покрытий, обеспечивающих необходимую защиту его от вредного влияния окружающей среды. По степени защиты как от соприкосновения с токоведущими частями персонала, так и от попадания внутрь оболочек посторонних тел, пыли и воды электрические аппараты, машины, светильники характеризуются соответствующими условными обозначениями в соответствии с общепринятой системой международной электротехнической комиссии МЭК. Условные обозначения степеней защиты состоят из двух букв *IP* – первые буквы слов *International Protection*, двух цифр, первая из которых означает степень защиты от соприкосновения и попадания внутрь посторонних тел, вторая – от проникновения воды (табл. 2.7).

Требования, указанные в табл. 2.7, не распространяются на оболочки ЭО, работающего во взрывоопасной среде, тропиках, а также на оболочки электробытовых приборов, провода, кабели.

Например, условное обозначение *IP 23* расшифровывается так: оболочка электрического оборудования, предохраняющая персонал от возможности прикосновения пальцами к токоведущим или движущимся частям оборудования, предохраняющая оборудование от попадания твердых тел диаметром не менее 12,5 мм и от дождя, падающего на оболочку под углом не более 60° к вертикали.

Если для изделия нет необходимости в одном из видов защиты, в условном обозначении допускается пропускать знак *X* вместо обозначения того вида защиты, который в данном изделии не требуется или испытание которого не производится, например, *IXP2*.



Условные обозначения степеней защиты наносят на оболочку изделия или на табличку с паспортными данными, или в местах, указанных в стандартах или ТУ на отдельные виды электрооборудования. Если изделие состоит из электрооборудования, заключенного в различные оболочки, условные обозначения степеней защиты должны быть нанесены на каждую из них.

Таблица 2.7

Условные обозначения степеней защиты оболочек электрического оборудования напряжением до 1 кВ

Степень защиты от проникновения воды внутрь оболочки	Степень защиты от соприкосновения с движущимися частями и попадания посторонних тел						
	0	1	2	3	4	5	6
1	IP 00	IP 10	IP 20	IP 30	IP 40	IP 50	IP 60
2	IP 01	IP 11	IP 21	IP 31	IP 41	IP 51	-
3	-	IP 12	IP 22	IP 32	IP 42	-	-
4	-	IP 13	IP 23	IP 33	IP 43	-	-
5	-	-	-	IP 34	IP 44	IP 54	-
6	-	-	-	-	-	IP 55	IP 65
7	-	-	-	-	-	IP 56	IP 66
8	-	-	-	-	-	-	IP 67 IP 68

Условные обозначения степени защиты следующие: IP (*International Protection*); цифры – степень защиты персонала от соприкосновения с движущимися частями оборудования и от попадания внутрь оболочки твердых посторонних тел; 1-8 – степень защиты оборудования от проникновения внутрь оболочки воды.

## 2.4. Классификация помещений и зон

*Помещение* – пространство, огражденное со всех сторон стенами (в том числе с окнами и дверями), с покрытием (перекрытием) и полом. Не являются помещениями пространства под навесом и пространства, ограниченные сетчатыми и решетчатыми ограждающими конструкциями.

*Электропомещение* – помещение или отгороженные, например, сетками части помещения, доступные только для квалифицированного персонала, в которых расположены ЭО и ЭУ. Классификация помещений по характеру окружающей среды и по опасности поражения электрическим током приведена в табл. 2.8.

Таблица 2.8

### Классификация помещений по характеру окружающей среды

Категория	Характеристика
Сухие	Относительная влажность воздуха не превышает 60%
Влажные	Пары или конденсирующая влага выделяются лишь временно и при том в небольших количествах
Сырые	Относительная влажность воздуха не превышает 75%
Особо сырые	Относительная влажность воздуха близка к 75% (длительное время)
Пыльные	Относительная влажность воздуха близка к 100% Элементы помещения покрыты влагой
С химически активной средой	Условия производства характеризуются выделением такого количества технологической пыли, при котором она оседает на провода, проникает внутрь машин, аппаратов и т.п. Разделяются на помещения с проводящей и непроводящей пылью
Жаркие	Условия производства характеризуются содержанием постоянных или длительных паров и отложений, разрушающе действующих на изоляцию и токоведущие части электрооборудования Температура длительно превышает 30 °С

### Классификация помещений по опасности поражения электрическим током

Класс помещения	Среда	Характеристика среды
Без повышенной опасности	Нормальная	Сухой воздух, отсутствуют признаки, свойственные жарким, пыльным, химически и биологически активным средам. Относительная влажность воздуха не превышает 60%
С повышенной опасностью	Сырая	Относительная влажность воздуха длительное время превышает 75%
	Жаркая	Температура воздуха длительное время превышает плюс 35°С
	Пыльная	По условиям производства в воздух выделяется технологическая пыль в таком количестве, что может оседать на проводах, проникать внутрь машин, аппаратов и т.д. Пыль подразделяется на проводящую и непроводящую
Особо опасные	Химически активная и биологическая	По условиям производства в воздухе содержатся (постоянно и длительно) пары или образуются отложения, действующие разрушающе на изоляцию и токоведущие части электрооборудования
	Особо сырая	Относительная влажность близка к 100% (потолок, стены, пол и предметы, находящиеся в помещении, покрыты влагой)

## 2.5. Взрывоопасные и пожароопасные помещения и зоны

### 2.5.1. Пожароопасные и взрывоопасные смеси

Пары горючих жидкостей, смешиваясь с воздухом или другими окислителями – кислородом, хлором, образуют паровоздушные смеси, которые могут быть

взрывоопасными или пожароопасными. Смесь паров горючей жидкости, горючих газов с воздухом, которая способна взорваться от искр, открытого пламени, электрической дуги или нагрева, называется взрывоопасной смесью. Пары горючих жидкостей с температурой вспышки  $61^{\circ}\text{C}$  и ниже относятся к взрывоопасным, а сами жидкости называются легко воспламеняющимися (ЛВЖ). Пары горючих жидкостей с температурой вспышки выше  $61^{\circ}\text{C}$  относятся к пожароопасным. Пары же этих жидкостей, нагретые в условиях производства до температуры выше температуры вспышки, относятся к взрывоопасным. Горючие газы при любой температуре окружающей среды относятся к взрывоопасным. Все твердые, жидкие, пластичные, волокнистые горючие вещества, как, например, дерево, ткани, битум, жидкие и вязкие масла, смазочные материалы, воспламенение которых ограничивается горением, но не взрывом, относятся к пожароопасным. Взрывоопасность и пожароопасность парогазовоздушных смесей зависят от физических свойств входящих в смесь паров, газов и характеризуются следующими основными физико-химическими свойствами: плотностью, температурой вспышки, температурой воспламенения.

Плотность газов и паров ЛВЖ выражается отвлеченным числом, не имеющим размерности, и определяется по отношению к сухому воздуху, плотность которого при температуре  $20^{\circ}\text{C}$  и давлении 1 кПа принимается за единицу. По плотности газы и пары ЛВЖ делятся на легкие и тяжелые. Тяжелые газы и пары ЛВЖ располагаются, как правило, в нижней зоне помещений, где обычно находится основная масса электродвигателя (ЭД) и электрических аппаратов. Легкие – свободно поднимаются и могут скапливаться под перекрытием помещения, т.е. в зоне расположения элементов осветительной сети, ЭО кранов, вентиляторов.

Температурой вспышки называется наименьшая температура ЛВЖ, при которой смесь над ее поверхно-

стью способна вспыхнуть от источника зажигания. После сгорания смеси горение прекращается.

Температурой воспламенения называется температура, при которой после воспламенения вещества от источника зажигания возникает ее устойчивое горение. Температура самовоспламенения – наименьшая температура вещества, при которой за счет резкого увеличения скорости экзотермических реакций возникает устойчивое горение. В зависимости от температуры самовоспламенения парогазовоздушные смеси делятся на шесть групп, для которых установлена предельно допустимая температура наружных и внутренних частей ЭО.

Таблица 2.10

### Классификация парогазовоздушных смесей

Группа взрывоопасных смесей	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Температура воспламенения смеси, °С	Выше 430	300- 450	200- 300	135- 200	100- 135	85- 100

Смеси делятся также на категории, устанавливающие безопасный экспериментальный максимальный зазор между фланцевыми соединениями взрывозащищенного ЭО, через которые из оболочки в окружающую среду при любой концентрации горючего в воздухе не происходит передачи взрыва. Высота зазора для медленногорящих смесей больше, чем для быстрогорящих.

Категории и группы взрывоопасных горючих веществ, газов и смесей приведены в табл. 2.11.

**Категории и группы взрывоопасности  
горючих веществ, газов и смесей**

Категория	Группа				
	T1	T2	T3	T4	T5
I	Метан рудничный	-	-	-	-
II A	Аммиак Метан промышленный Сольвент нефтяной	Бензин В95/130 Бутан Спирты: бутиловый, метиловый, этиловый	Бензины: А-66, А-72 А-76, Б-70 Нефть	-	-
II B	-	Окись пропилена	Сероводород	Эфир	-
II C	Водород	Ацетилен	Трихлорсилан	-	Сероуглерод

**2.5.2. Характеристика взрывозащищенного электрооборудования и взрывоопасных зон**

**Взрывозащищенное ЭО** – оборудование, в котором предусмотрены конструктивные меры по устранению или затруднению возможности воспламенения окружающей его взрывоопасной среды.

**Взрывоопасная зона** – помещение или ограниченное пространство в помещении или наружной установке, в котором имеются или могут образоваться взрывоопасные смеси.

Взрывозащищенное ЭО подразделяется по уровням взрывозащиты (табл. 2.12), видам взрывозащиты (табл. 2.13), группам и температурным классам (табл. 2.14, 2.15).



Таблица 2.12

## Уровни взрывозащитного электрооборудования

Знак уровня	Уровень взрывозащиты ЭО
2	ЭО повышенной надежности против взрыва
1	Взрывобезопасное ЭО
0	Особовзрывобезопасное ЭО

Таблица 2.13

## Виды взрывозащиты электрооборудования, их характеристика и обозначение

Вид взрывозащиты	Характеристика	Обозначение
Взрывонепроницаемая оболочка	Защитная оболочка выдерживает давление внутри нее и предотвращает распространение взрыва из оболочки в окружающую среду	<i>d</i>
Заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением защитным газом	Токоведущие части ЭО, встроенные в оболочку, продуваются чистым воздухом или инертным газом под избыточным давлением	<i>p</i>
Искробезопасная электрическая цепь	Искробезопасные электрические цепи выполняются так, что электрическая искра-разряд не может воспламенить взрывоопасную среду	<i>i</i>
Кварцевое заполнение оболочки с токоведущими частями	Встроенные в оболочку токоведущие части ЭО находятся под защитным слоем кварцевого песка	<i>q</i>
Масляное наполнение оболочки с токоведущими частями	Электрические части ЭО, встроенные в оболочку, находятся под защитным слоем жидкого диэлектрика или минерального масла	<i>o</i>
Специальный вид взрывозащиты	Заключение токоведущих частей в оболочку с избыточным давлением воздуха или инертного газа без продувки, залитие их изолирующими смолами и др.	<i>s</i>

Защита вида e	В ЭО или его части, не имеющих нормальноискрящих частей, принимаются дополнительные меры по предотвращению появления опасных нагревов, искр и др.	e
---------------	---	---

Таблица 2.14

**Подгруппы электрооборудования группы II с видами взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка» и (или) «искробезопасная электрическая цепь»**

Знак подгруппы электрооборудования	Категории взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищенным
II	IIA, IIB и IIC
IIA	IIA
IIB	IIA и IIB
IIC	IIF, IIB и IIC

**Примечание:** знак применяется для ЭО, не подразделяющегося на подгруппы.

В зависимости от области применения взрывозащищенное ЭО подразделяется на две группы. К группе I относится рудничное ЭО, предназначенное для шахт и рудников, к группе II – взрывозащищенное ЭО для внутренней и наружной установки. ЭО группы II, имеющее виды взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка» и (или) «искробезопасная электрическая цепь», подразделяются на подгруппы ( табл. 2.14).

В зависимости от значения предельной температуры (наибольшая безопасная в отношении взрыва температура поверхностей ЭО) ЭО группы II подразделяется на температурные классы (табл. 2.15).

Взрывозащищенное ЭО группы II в зависимости от вида взрывозащиты имеет маркировку, которая содержит обозначения в следующей последовательности:



1. Знак уровня взрывозащиты (табл. 2.12); 2. Знак Ex, указывающий, что ЭО соответствует настоящему стандарту; 3. Знак вида взрывозащиты (табл. 2.13); 4. Знак группы или подгруппы ЭО: II, IIA, IIB, IIC (табл. 14); 5. Знак температурного класса ЭО (табл. 2.15).

Таблица 2.15

**Температурные классы электрооборудования группы II**

Знак температурного класса электрооборудования	Пределная температура, °С	Группы взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищенным	Знак температурного класса электрооборудования	Пределная температура, °С	Группы взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищенным
T1	450	T1	T4	135	T1-T4
T2	300	T1-T2	T5	100	T1-T5
T3	200	T1-T3	T6	85	T1-T6

Маркировки взрывозащищенного ЭО должны соответствовать ГОСТу. Маркировка взрывозащиты выполняется одной строкой, в виде цельного, не разделенного на части, знака, маркировка по ранее действующим Правилам изготовления взрывозащищенного и рудничного ЭО ПИВРЭ ОАА.684.053-67 выполняется русскими буквами в прямоугольной и круглой рамках. Так, например, ЭО с уровнем «повышенной надежности против взрыва» и видом взрывозащиты e, группы II, температурного класса T5 по ГОСТу 12.2020-76 обозначается 2ExePT5, а по ПИВРЭ – H4T5-H.

Согласно ПУЭ взрывоопасные зоны помещений и наружных установок подразделяются на шесть классов.

Взрывоопасные зоны нефтяной промышленности характеризуются четырьмя классами *B-I*, *B-Ia*, *B-Iб* и *B-Iг* (табл. 2.16).

К зонам класса *B-I* относятся газонаполнительные станции; *B-Ia* – помещения насосных сырой, горячей и товарной нефти, дожимных насосных станций, компрессорные залы компрессорных станций, закрытые газораспределительные пункты; *B-Iб* – кустовые насосные станции по закачке сточных вод (после установок комплексной подготовки нефти), помещения для анализа нефтепродуктов химлабораторий, канализационные насосные.

## Классификация взрывоопасных зон

Класс взрывоопасной зоны	Характеристика зоны
В-1	Зоны, в которых взрывоопасные смеси могут образоваться при нормальных режимах работы, например, при загрузке или разгрузке технологических аппаратов, хранении или переливании ЛВЖ, находящихся в открытых сосудах.
В-Ia	Зоны, в которых взрывоопасные смеси могут образовываться только при авариях и неисправностях.
В-Iб	Зоны класса В-1, но горючие газы в них обладают высоким нижним пределом взрываемости (5% и более) и резким запахом при предельно допустимых по санитарным нормам концентрациях. К классу В-Iб относятся также зоны лабораторных и других помещений, в которых горючие газы и ЛВЖ имеются в таком количестве, которое недостаточно для образования взрывоопасной смеси в объеме, превышающем 5% свободного объема помещения, и в которых работа с горючими газами и ЛВЖ производится без применения открытого огня. Эти зоны не относятся к взрывоопасным, если работа с горючими газами и ЛВЖ производится в вытяжных шкафах или под вытяжными зонтами.
В-Iг	Пространства у наружных установок, технологических установок, содержащих горючие и ЛВЖ.
В-II	Зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли или волокна в таком количестве и с такими свойствами, что они способны образовать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы (например, при загрузке и разгрузке технологических аппаратов).
В-IIa	Зоны, расположенные в помещениях, в которых опасные состояния, характеризующие класс В-II, не имеют места при нормальной эксплуатации, а возможны только в результате аварий или неисправностей.

### 2.5.3. Характеристика пожароопасных зон

Пожароопасной зоной называется пространство внутри и вне помещений, в пределах которого постоянно или периодически обращаются горючие (сгораемые) вещества. Пожароопасные зоны подразделяют на следующие классы:

– зоны класса П-1 – зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше  $61\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

– зоны класса П-II – зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие пыль или волокна с нижним концентрационным пределом воспламенения более  $65\text{ г/м}^3$  к объему воздуха;

– зоны класса П-IIa – зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества;

– зоны класса П-III – расположенные вне помещения зоны, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки паров выше  $61\text{ }^{\circ}\text{C}$  или твердые горючие вещества.

Минимальные допустимые степени защиты оболочек электрических машин в зависимости от класса пожароопасной зоны приведены в табл. 2.17.

В пожароопасных зонах любого класса допускается применять электрические машины на напряжение до  $10\text{ кВ}$  при условии, что их оболочки имеют степень защиты согласно табл. 2.17.

**Минимальные допустимые степени защиты оболочек электрических машин, устанавливаемых в пожароопасных зонах**

Вид установки и условия работы	Степень защиты оболочки для пожароопасной зоны класса			
	П-I	П-II	П-IIa	П-III
Стационарно установленные машины, искрящие или с искрящими частями по условиям работы	IP 44	IP 54	IP 44	IP 44
Стационарно установленные машины, не искрящие и без искрящих частей по условиям работы	IP 44	IP 44	IP 44	IP 44
Машины с частями искрящими по условиям работы, установленные на передвижных механизмах и установках	IP 44	IP 54	IP 44	IP 44

При наладке электроустановок могут выполняться работы, связанные с опасностью загорания горючих материалов (древесина, бумага, хлопок, пластмассы и т.п.), а также на объектах электроснабжения (изоляционные материалы, машины и аппараты, провода и кабели и др.). К таким работам относятся газовая и электрическая сварка и резка металлов, пайка соединений проводников и электрическая сварка и резка металлов, пайка соединений проводников, разогревание пропиточных лаков и заливочных мастик, сушка изоляции обмоток электрических машин и аппаратов и т.п.

Особенно опасны в пожарном отношении так называемые огневые работы – сварка и резка металла, поскольку пламя электрической дуги и газовой горелки может быть причиной поджигания горючих веществ и материалов, находящихся в зоне работ.

Основные меры пожарной безопасности при электросварке следующие:

а) во избежание загорания изоляции проводов и сварочного электрооборудования не допускается их перегрузка током;

б) в пожароопасных помещениях обратный провод сварочной цепи должен быть изолирован так же, как и прямой;

в) расстояние от сварочных проводов до трубопроводов горячей воды и баллонов с кислородом должно быть не менее 0,5 м, до баллонов и трубопроводов с горючими газами – не менее 1 м;

д) при электросварочных работах в производственных помещениях рабочие места должны быть отделены от смежных рабочих мест и проходов несгораемыми ширмами или щитами (шифер, металл) высотой не менее 1,8 м, обеспечивающими защиту от искр и частиц раскаленного металла.

## 2.6. Электрические схемы

*Схема* – конструкторский документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними. При выполнении схем используются следующие термины.

*Элемент схемы* – составная часть схемы, которая выполняет определенную функцию в изделии и не может быть разделена на части, имеющие самостоятельное назначение (резисторы, трансформаторы, диоды, транзисторы и т.п.).

*Устройство* – совокупность элементов, представляющая единую конструкцию (блок, плата, шкаф, панель и т.п.). Устройство может не иметь в изделии определенного функционального назначения.

*Функциональная группа* – совокупность элементов, выполняющих в изделии определенную функцию и не объединенных в единую конструкцию (панель синхронизации главного канала и др.).

**Функциональная часть** – элемент, функциональная группа, а также устройство, выполняющее определенную функцию (усилитель, фильтр).

**Функциональная цепь** – линия, канал, тракт определенного назначения (канал звука, видеоканал, тракт СВЧ и т.п.).

**Линия взаимосвязи** – отрезок прямой, указывающий на наличие электрической связи между элементами и устройствами.

Виды схем определяются в зависимости от видов элементов и связей, входящих в состав изделия, и обозначаются буквами русского алфавита. Различают десять видов схем: электрическая – Э, гидравлическая – Г, пневматическая – П, газовая – Х, кинематическая – К, вакуумная – В, оптическая – Л, энергетическая – Р, деления – Е, комбинированная – С.

Схемы в зависимости от назначения подразделяют на типы и обозначают арабскими цифрами. Установлено восемь типов схем: структурная – 1, функциональная – 2, принципиальная (полная) – 3, соединений (монтажная) – 4, подключения – 5, общая – 6, расположения – 7, объединенная – 8.

**Схемы структурные** определяют основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязи и служат для общего ознакомления с изделием. На структурной схеме раскрывается не принцип работы отдельных функциональных частей изделия, а только взаимодействие между ними. Поэтому составные части изделия изображают упрощенно в виде прямоугольников произвольной формы.

**Схемы функциональные** разъясняют определенные процессы, протекающие в отдельных функциональных цепях изделия или в изделии в целом. Этими схемами пользуются для изучения принципов работы изделия, а также при их наладке, контроле, ремонте.



Функциональная схема по сравнению со структурной более подробно раскрывает функции отдельных элементов и устройств.

*Схемы электрические принципиальные* определяют полный состав элементов изделия и дают детальное представление о принципе работы изделия. Принципиальная схема служит основой для разработки других конструкторских документов – схемы соединений и расположения, чертежей конструкции изделия – и является наиболее полным документом для изучения принципа работы изделия. На принципиальной схеме изображают все электрические элементы и устройства, необходимые для осуществления и контроля в изделии заданных электрических процессов, все электрические связи между ними, а также электрические элементы, которыми заканчиваются входные и выходные цепи (разъемы, зажимы и т.п.).

*Схема соединений* показывает соединения составных частей изделия между собой и определяет провода, жгуты, кабели, которыми осуществляются эти соединения, а также места их присоединения и ввода (зажимы, соединители).

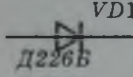
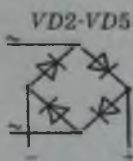
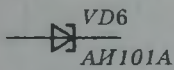
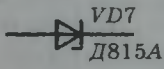

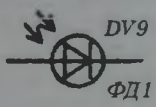
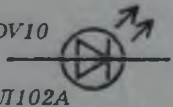
*Схемы подключения* показывают внешние подключения изделия. На схеме изображается изделие, его входные и выходные элементы (разъемы, зажимы и т.п.) и подводимые к ним концы проводов и кабелей внешнего монтажа, указываются данные о подключении изделия.

*Схемы общие* определяют составные части комплекса, и соединения их между собой используются при монтаже и наладке.


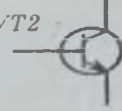
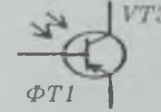
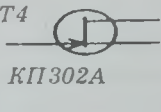
В табл. 2.18, 2.19 даны условные обозначения некоторых элементов на схемах.



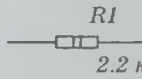
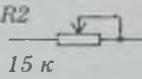
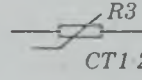
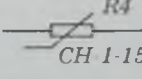
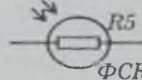
Условные обозначения некоторых элементов  
и устройств на электрических схемах

Наименование	Обозначение на схеме	Расшифровка
Полупроводниковые приборы		
Диод		Плоскостной кремниевый
Мост выпрямительный		Из четырех диодов
Диод туннельный		Туннельный эффект – движение электронов через барьер, превышающий энергию электрона
Стабилитрон		Работа прибора на обратной ветви вольт-амперной характеристики
Варикап		Изменение емкости р-п перехода прибора при изменении обратного напряжения
Фотодиод		Изменение сопротивления р-п перехода прибора при изменении освещения
Светодиод		Излучение света при прохождении тока через р-п переход прибора

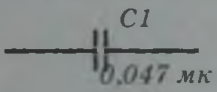
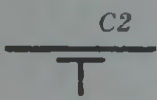
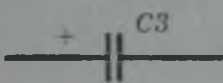
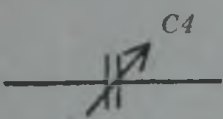
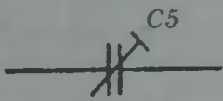
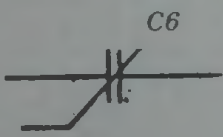
## Транзисторы

<p>Биполярный</p>	<p>VT1 ГТ3096</p> 	<p>Германиевый малой мощности типа p-n-p</p>
<p>Фототранзистор</p>	<p>VT2</p> 	<p>Управляется освещением</p>
<p>Полевой</p>	<p>VT3 ФТ1</p> 	<p>Кремниевый с p-n переходом и каналом n-типа</p>
<p>Тиристор</p>	<p>VT4 КП302А</p> 	<p>С каналом p-типа</p>


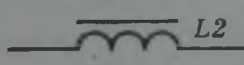
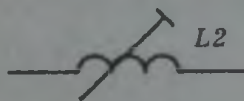
## Резисторы




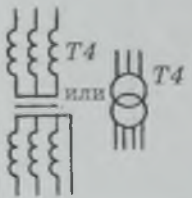
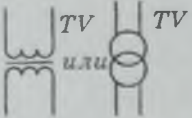
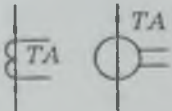


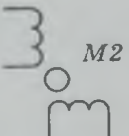

<p>Постоянный</p>	<p>R1 2.2 к</p> 	<p>Тип МЛТ, мощность рассеяния 2 Вт, 2,2 кОм, номер на схеме 1, отклонение сопротивления 5%</p>
<p>Переменный</p>	<p>R2 15 к</p> 	<p>Тип СП-Зв, 0,25 Вт, 15 кОм, функциональная характеристика В</p>
<p>Терморезистор</p>	<p>R3 СТ1 21</p> 	<p>Сопротивление термочувствительное, кобальто-марганцевое</p>
<p>Варистор</p>	<p>R4 СН 1-1500</p> 	<p>Сопротивление нелинейное, величина зависит от приложенного напряжения</p>
<p>Фотосопротивление</p>	<p>R5 ФСК-Г1</p> 	<p>Величина зависит от освещенности</p>

### Конденсаторы



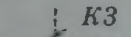
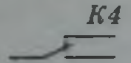
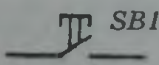
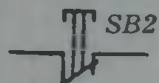
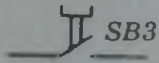
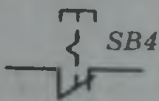
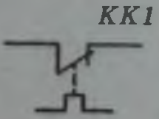


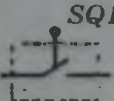
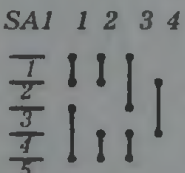
Посто- янной емкости	 <p style="text-align: center;"><math>C1</math> 0,047 мк</p>	<p>К-конденсатор, 40-бумажный с фольговыми обкладками, П – для постоянного тока, 2а – конструктивное исполнение, отклонение емкости 10%, напряжение 400 В</p>
Проход- ной	 <p style="text-align: center;"><math>C2</math></p>	<p>Керамический подстроечный</p>
Полярный (электро- литиче- ский)	 <p style="text-align: center;"><math>C3</math></p>	<p>Величина емкости зависит от напря- жения</p>
Перемен- ной емко- сти	 <p style="text-align: center;"><math>C4</math></p>	
Подстро- ечный	 <p style="text-align: center;"><math>C5</math></p>	
Вариконд	 <p style="text-align: center;"><math>C6</math></p>	

### Катушки индуктивности

Без сер- дечника	 <p style="text-align: center;"><math>L1</math></p>	
С сердеч- ником или дроссель	 <p style="text-align: center;"><math>L2</math></p>	
Подстро- ечная	 <p style="text-align: center;"><math>L2</math></p>	

Трансформаторы		
Без сердечника		100 кВА, соединение обмоток звезда-звезда с нулем
С сердечником		
С подстройкой		
Силовой трехфазный		
Измерительные		
Напряжения		С заземлением-выводом первичной обмотки, однофазный масляный
Трансформатор тока		
Генератор		Переменного тока
Электродвигатель асинхронный с короткозамкнутой ротором		
Двигатель постоянного тока		
		
		Трехфазный: 4А-серия, Х-алюминиевая станина и чугунные щиты, 80 – высота оси вращения, мм; А – длина сердечника, мм; 4 – число полюсов
		Однофазный: АД – асинхронный двигатель, 180 Вт, 4 полюса, 71 – высота оси вращения
		4П – серия, О – обдуваемый, 80 – высота оси вращения, мм

Контакты в цепях управления







Пускателя или реле	 <i>K1</i>  <i>K2</i>  <i>K3</i>  <i>K4</i>	Замыкающий  Размыкающий  С механической связью с другим контактом
Контакты переключателя	 <i>SB1</i>	Замыкающий
Контакты кнопочные с самовозвратом	 <i>SB2</i>  <i>SB3</i>	Размыкающий  Возврат вытягиванием кнопки
Контакты кнопочные без самовозврата	 <i>SB4</i>  <i>KK1</i>	Возврат повторным нажатием
Контакт теплового реле		С выдержкой времени при замыкании
Контакты реле времени		С выдержкой времени при замыкании
Выключатель конечный	 <i>SQ1</i>	Точки в каждом положении означают соединение в разрывах горизонтальных линий
Переключатель на четыре положения	 <i>SA1 1 2 3 4</i>	Вертикальные линии с точками в каждом положении означают соединение горизонтальных линий слева

То же		Точки в каждом положении означают соединение в разрывах горизонтальных линий
Содинитель		Соединение разработано
То же		Соединение собрано
Вставка переключатель		В данном положении детали XP2 соединяются линиями 1 и 2, 3 и 4





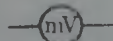
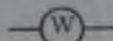
### Выключатели трехфазные


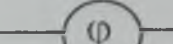
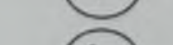
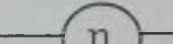




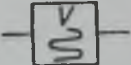
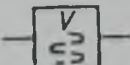
Неавтоматический		Неавтоматический (разъединитель), РПБ – рубильник с боковым рычажным приводом
Автоматический		$QF$ – автоматический защита $I>$ – максимальная токовая $T>$ – тепловая
Пускатель		KM- катушка пускателя
Катушка пускателя или реле		
Элемент теплового реле		
Муфта электромагнитная		При включении передает вращение от одного вала к другому
Рязрядник		



Предохранитель		
Лампа осветительная		
Лампа сигнальная		
Звонок		
выключатель		Обозначение на планах проводки
Розетка		

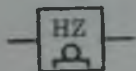
Измерительные приборы

Приборы для измерения силы тока		Амперметр
		Миллиамперметр
		Микроамперметр
Приборы для измерения напряжения		Вольтметр
		Милливольтметр
		Ваттметр
Прибор для измерения мощности		

<p>Прибор для измерения частоты переменного напряжения</p>	  	<p>Герцметр</p> <p>Омметр</p> <p>Мегаомметр</p>
<p>Приборы для измерения сопротивления</p>	  	<p>Фазометр</p> <p>Волномер</p> <p>Тахометр</p>
<p>Прибор для измерения угла сдвига фаз</p>		<p>Угол между стрелками 60°</p>
<p>Прибор для измерения длины волны колебания</p>		<p>В круге три нуля</p>
<p>Прибор для измерения частоты вращения вала</p>	 	<p>Непрерывная запись</p> <p>Запись с точечной регистрацией</p>



Стрелка прибора может отклоняться в обе стороны от нулевой отметки, находящейся в середине шкалы



Печать с цифровой регистрацией

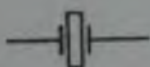
То же

Гальванометр

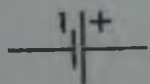
Прибор с цифровым отсчетом измеряемой величины

Измерительные регистрирующие приборы

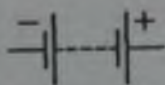
Пьезоэлемент







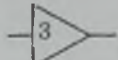
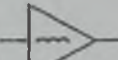

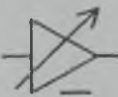

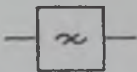
Электрический элемент питания














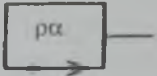
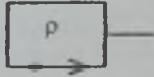
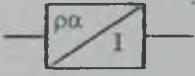
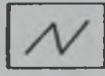
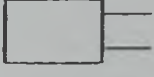

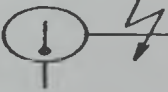




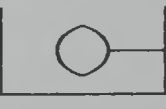
Батарея элементов питания



**Условные графические обозначения  
на структурных и функциональных схемах**

Наименование устройства	Обозначения	Примечание
Генератор		Генератор другой формы сигналов имеет в обозначении изображение другой формы сигнала
Генератор синусоидальный		
Усилитель	 или 	
Усилитель с тремя каскадами усиления		В обозначении может быть другая цифра в соответствии с числом каскадов усиления
Усилитель магнитный		
Усилитель регулируемый		
Усилитель, регулируемый постоянным током		
Усилитель двухтактный		
Фильтр частотный		

<p>Фильтр нижних частот</p>		<p>В обозначении фильтра верхних частот перечеркнута нижняя синусоида</p>
<p>Преобразователь переменного тока в постоянный</p>		<p>В обозначениях возможны другие символы в соответствии с формой преобразующих сигналов</p>
<p>Преобразователь постоянного тока в переменный</p>		
<p>Преобразователь параметров</p>		<p>X и Y – первичный и вторичный параметры</p>
<p>Преобразователь частоты</p>		
<p>Умножитель частоты</p>		
<p>Делитель частоты</p>		
<p>Прибор импульсной световой сигнализации</p>	 	
<p>Датчик измеряемой неэлектрической величины</p>		
<p>Датчик температуры</p>	<p>или</p> 	

Датчик давления	 или 	Давление преобразуется в электрический ток
То же		
Осциллограф		Общее обозначение
Двигатель		
Термометр		
Термометр электроконтактный		
Термопреобразователь бесконтактный		
Термопреобразователь контактный		
Измеритель уровня жидкости		
Поплавок		
Указатель уровня жидкости		

## ГЛАВА 3. ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

### 3.1. Общие сведения об электрических измерениях и электроизмерительной аппаратуре

#### 3.1.1. Основные понятия и определения

*Измерением* называется нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств.

*Результат измерения* есть значение физической величины, найденной путем ее измерения.

Измерения основаны на некоторой совокупности физических явлений, представляющих собой принцип измерений. Они осуществляются при помощи технических средств измерений, используемых при измерениях и имеющих нормированные метрологические параметры.

*Мера* – средство измерений, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера (например, единицы измерения, ее дробного или кратного значения).

*Измерительный преобразователь* – средство измерений для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и (или) хранения, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем.

*Измерительный прибор* – средство измерений, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем.

*Измерительная установка* – совокупность функционально объединенных средств измерений, предназначенная для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для непосредственного восприятия наблюдателем и расположенная в одном месте. Измерительная установка может содержать в своем составе меры, измерительные приборы, а также различные вспомогательные устройства.

*Измерительная система* – это совокупность средств измерений (мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей) и вспомогательных устройств, соединенных между собой каналами связи, предназначенная для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для автоматической обработки, передачи и (или) использования в автоматических системах управления.

*Измерительная информация* – это количественная оценка состояния материального объекта, получаемая экспериментально, путем сравнения параметров объекта с мерой (овеществленной единицей измерения).

### 3.1.2. Виды и методы измерений

По виду различают прямые, косвенные, совокупные и совместные измерения.

*Прямым* называется измерение, при котором искомое значение величины находят непосредственно из опытных данных. Иными словами, здесь измеряется непосредственно та величина, значение которой необходимо определить (измерение тока амперметром, массы на весах и т.п.)

*При косвенном измерении* искомое значение величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, подвергаемыми прямым измерениям (измерение мощности постоянного тока амперметром и вольтметром с использованием зависимости, связывающей мощность постоянного тока с током и напряжением и т.п.)

При косвенном измерении искомое значение величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, подвергаемыми прямым измерениям (измерение мощности постоянного тока амперметром и вольтметром с использованием зависимости, связывающей мощность постоянного тока с током и напряжением и т.п.).

**Совокупные измерения** производятся одновременно над несколькими одноименными величинами, причем искомые значения величин находят решением системы уравнений, получаемых при прямых измерениях различных сочетаний этих величин. Примером совокупных измерений является нахождение сопротивлений двух резисторов по результатам измерения сопротивлений последовательного и параллельного соединения этих резисторов. Искомые значения сопротивлений находят из системы двух уравнений.

**Совместные измерения** производятся одновременно над двумя или несколькими неоднородными величинами для нахождения зависимости между ними. Например, прямые измерения значений сопротивления терморезистора при двух коэффициентах в уравнении, определяющем зависимость сопротивления этого терморезистора от температуры. В этом примере результатом совместного измерения является определение двух упомянутых коэффициентов.

Совокупность приемов использования принципов и средств измерений называется **методом измерений**.

Методы измерения подразделяют на метод непосредственной оценки и метод сравнения.

Метод **непосредственной оценки** характеризуется тем, что отсчет значения измеряемой величины производится непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора. Так, измерение сопротивления омметром является примером прямого измерения методом непосредственной оценки.



*Метод сравнения* предполагает операцию сравнения измеряемой величины с мерой в каждом из актов измерения.

Достоинством метода сравнения является высокая точность измерений, а недостатком – сложность. Метод непосредственной оценки, наоборот, отличается простотой и малым временем измерения. Поэтому, несмотря на сравнительно малую точность, он получил наибольшее распространение в производственной практике, в то время как метод сравнения используется в основном при лабораторных измерениях. Однако в связи с интенсивным развитием автоматизации измерений метод сравнения будет находить все большее применение и на производстве.

### 3.1.3. Погрешности измерения

Результат любого измерения отличается от истинного значения измеряемой величины на некоторое значение, зависящее от точности средств и метода измерения, квалификации оператора, условий, при которых производится измерение. Отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины называется *погрешностью измерения*. Различают абсолютные погрешности измерения, которые выражаются в единицах измеряемой величины, и относительные погрешности измерения, определяемые как отношение абсолютной погрешности измерения к истинному значению измеряемой величины:

$$\Delta = x - x_{и};$$

$$\delta = \Delta / x_{и},$$

где  $\Delta$  – абсолютная погрешность измерения;  $x$  – значение, полученное при измерении;  $x_{и}$  – истинное значение измеряемой величины;  $\delta$  – относительная погрешность измерения.

Относительную погрешность часто выражают в процентах истинного значения измеряемой величины:

$$\delta\% = (\Delta / x_{и} ) \cdot 100\%$$

### 3.1.4. Общая характеристика приборов

По степени точности электроизмерительные приборы делятся на классы: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0, а вспомогательные части к приборам: 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0.

Класс прибора – величина наибольшей допустимой основной погрешности, выраженная в процентах, определяемая отношением абсолютной погрешности к конечному значению рабочей части односторонней шкалы или к сумме конечных значений рабочей части двусторонней шкалы, или к разности конечного и начального значения рабочей части безнулевой шкалы прибора при нормальных рабочих условиях.

Лабораторные приборы – приборы классов 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; технические приборы – приборы классов 1,0; 1,5; 2,5.

Электроизмерительные приборы прежде всего разделяются на системы. Система прибора определяет принцип его действия в зависимости от того, какое электрическое явление используется в приборе для измерений данной электрической величины или нескольких величин.

Система прибора имеет графическое обозначение, которое изображается на его шкале наряду с другими обозначениями. Поэтому по шкале прибора можно определить его принцип действия и назначение, достоинства и недостатки, правила обращения.

В табл. 3.1 приведены графические символы систем приборов и некоторые другие обозначения на шкалах приборов.

Обозначение большинства электроизмерительных приборов состоит из буквы, характеризующей их принцип действия (систему), и цифр, определяющих вид и тип прибора.

Системы приборов обозначаются следующими буквами: М – магнитоэлектрическая; Э – электромагнитная; Д – электродинамическая; И – индукционная; С – элек-





тростатическая; Т – тепловая; Н – самопишущие приборы; Ф – электронные, фотоэлектронные, фотокомпенсационные; Р – меры и измерительные преобразователи и другие.

Электроизмерительные приборы разделяются по виду в зависимости от того, какую электрическую величину можно ими измерить. Название прибора чаще всего происходит от названия единиц измеряемых величин – амперметр, вольтметр и т.д.

По исполнению в зависимости от условий эксплуатации приборы разделяются на группы: А – для работы в закрытых сухих помещениях; Б – для работы в сухих неотапливаемых помещениях; В – для работы в полевых или морских условиях; Т – для работы в тропическом климате.

Таблица 3.1

### Условные обозначения на шкалах электроизмерительных приборов

Условное обозначение	Наименование
	Прибор магнитоэлектрический с подвижным составом
	Логометр магнитоэлектрический с подвижным составом
	Прибор электромагнитный
	Прибор электромагнитный поляризованный



Логометр электромагнитный



Логометр электродинамический



Прибор ферродинамический



Логометр электродинамический



Логометр ферродинамический



Напряжение испытательное выше 500 В (2 кв)



Прибор не подлежит испытанию прочности изоляции

1,5

Обозначение класса точности (1,5) при нормировании пределов допускаемых погрешностей в процентах от нормируемого значения, определенного в единицах измеряемой величины, за исключением случая, когда нормируемое значение равно длине шкалы





















Обозначение класса точности (1,0) при нормировании пределов допускаемых погрешностей в процентах от нормируемого значения, когда нормируемое значение равно длине шкалы





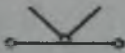










0,2

Обозначение класса точности (0,2) при нормировании пределов допускаемых погрешностей в процентах от действительного значения



Ссылка на соответствующий документ к прибору

	Обозначение, указывающее на ориентирование прибора во внешнем магнитном поле
	Ток постоянный
	Ток переменный однофазный
	Ток постоянный и переменный
	Ток трехфазный переменный. Общее обозначение
	Ток трехфазный переменный при неравномерной нагрузке фаз. Общее обозначение
	Прибор с одним измерительным механизмом для трехпроводной сети
	Прибор с одним измерительным механизмом для четырехпроводной сети
	Прибор с двумя измерительными механизмами для трехпроводной сети при неравномерной нагрузке фаз
	Прибор с двумя измерительными механизмами для четырехпроводной сети при неравномерной нагрузке фаз
	Прибор с тремя измерительными механизмами для четырехпроводной сети при неравномерной нагрузке фаз
	Прибор индукционный
	Логометр индукционный
	Прибор тепловой с нагреваемой нитью
	Прибор биметаллический
	Прибор вибрационный
	Прибор электростатический
	Прибор астатический

	Прибор или вспомогательная часть под высоким напряжением
	Прибор применять при вертикальном положении шкалы
	Прибор применять при горизонтальном положении шкалы
	Прибор применять при наклонном положении шкалы относительно горизонтальной плоскости, например, под углом 60 °С
	Термопреобразователь неизолированный
	Термопреобразователь изолированный
	Преобразователь электронный в измерительной цепи
	Преобразователь электронный во вспомогательной цепи
	Экран электростатический
	Экран магнитный
	Магнитная индукция, выраженная в миллитеслах (2 кВ/м), вызывающая изменение показаний, соответствующее обозначению класса точности
	Электрическое поле, выраженное в киловаттах на метр (10 м Т), вызывающая изменение показаний, соответствующее обозначению класса точности
	Корректор
	Зажим для заземления
	Напряжение испытательное 500 В

## 3.2. Электроизмерительные приборы

### 3.2.1. Общие сведения

*Измерительными приборами* называются приборы, показания которых являются непрерывной функцией изменений измеряемой величины. Важным классом аналоговых приборов являются электромеханические показывающие приборы прямого действия. Они просты, надежны, удобны в эксплуатации. Их разнообразие и точностные характеристики удовлетворяют требованиям широкого круга технических измерений.

Электромеханические приборы строятся по структурной схеме, представленной на рис. 3.1. Они состоят из измерительной цепи, измерительного механизма и отсчетного устройства. Измерительная цепь осуществляет количественное или качественное преобразование измеряемой величины  $X$  в электрическую  $X'$ , удобную для измерения. Измерительный механизм преобразует электрическую величину  $X'$  в механическое перемещение (угловое или линейное)  $\alpha$ , значение которого отсчитывается по шкале отсчетного устройства, обычно проградуированной в единицах измеряемой величины.

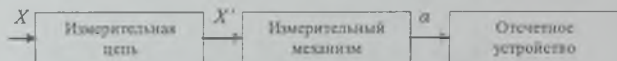


Рис. 3.1. Структурная схема электроизмерительного прибора

Измерительная цепь содержит резисторы и другие элементы, необходимые для требуемого преобразования измеряемой величины.

Измерительный механизм состоит из подвижной и неподвижной частей. В зависимости от принципа преобразования электромагнитной энергии в энергию движения подвижной части механизма различают магнитоэлек-



трические, электромагнитные, электродинамические, электростатические и индукционные приборы. Кроме того, имеются выпрямительные, термоэлектрические и электронные приборы, которые используют магнитоэлектрические механизмы с соответствующими преобразователями рода тока.

### *3.2.2. Приборы магнитоэлектрической системы*

Принцип действия приборов магнитоэлектрической системы основан на взаимодействии проводников с измеряемым током и полем постоянного магнита. Приборы применяются в цепях постоянного тока для измерения токов и напряжений. Они имеют равномерную шкалу, высокую чувствительность и точность, небольшую потребляемую мощность, устойчивость к перегрузкам. Внешние магнитные поля и изменение температуры окружающего воздуха мало влияют на их показания.

Приборы данной системы чувствительны к перегрузкам.

При включении прибора в цепь измерения необходимо соблюдать полярность: ток должен входить в зажим « + » и выходить из зажима « - ».

#### *Основные приборы магнитоэлектрической системы*

*Прибор комбинированный 43201* предназначен для измерения силы и напряжения постоянного тока, среднеквадратичных значений силы и напряжения переменного тока, сопротивления постоянному току, емкости, абсолютного уровня сигнала по напряжению.

Прибор имеет магнитоэлектрический измерительный механизм, электронный усилитель в измерительной цепи, устройство защиты от электрических перегрузок. Прибор имеет высокую чувствительность, прост в эксплуатации и надежен, и может применяться в производственных и лабораторных условиях.

*Омметр М 371* предназначен для измерения активных сопротивлений на постоянном токе с отсчетом по шкале.

*Измеритель сопротивления заземления М 416* предназначен для измерения сопротивлений заземляющих устройств, активных сопротивлений и для определения удельного сопротивления грунта.

Измерение сопротивления заземления основано на компенсационном методе с применением вспомогательного заземлителя и потенциального электрода – зонда.

Прибор состоит из источника постоянного напряжения, преобразователя постоянного тока в переменный (генератора) и измерительного устройства.

*Мегаомметры М4100, М4100/1, М4100/5* предназначены для измерения сопротивления изоляции электрических цепей, не находящихся под напряжением.

*Ампервольтметр* – испытатель транзисторов ТЛ-4М, предназначен для измерения постоянного тока и напряжения, переменного синусоидального тока и напряжения частотой 50 Гц, переменного синусоидального напряжения частотой 40-15000 Гц, сопротивления постоянному току и параметров транзисторов малой мощности:

$I_{КО}$  – обратного тока коллекторного перехода;

$I_{ЭО}$  – обратного тока эмиттерного перехода;

$I_{КН}$  – начального тока коллектора;

$\beta$  – статического коэффициента усиления по току, определяемого расчетным путем:

$$\beta = \frac{\Delta I_k}{\Delta I_B}$$

Приборы магнитоэлектрической системы с преобразователями переменного тока в постоянный применяются для измерения переменных токов и напряжений частотой от низких (0-50 Гц) до высоких ( $10^4$  -  $10^5$  Гц) частот.

В зависимости от вида преобразователя различают выпрямительные, термоэлектрические и электронные приборы.

### *3.2.3. Приборы электромагнитной системы*

Принцип действия таких приборов основан на взаимодействии магнитного поля, создаваемого током в неподвижной катушке с подвижным ферромагнитным сердечником. Приборы данной системы пригодны для измерения постоянных и переменных напряжений и токов и могут изготавливаться на большой ток для непосредственного включения.

Для расширения пределов измерения амперметров электромагнитной системы в цепях переменного тока используются измерительные трансформаторы тока для вольтметров – трансформаторы напряжения.

*Миллиамперметры, амперметры и вольтметры типа Э316* применяются для измерений в цепях постоянного и переменного токов.

*Вольтметры Э531, Э534, Э543, Э546* предназначены для измерений в цепях постоянного и переменного токов. Приборы снабжены пермалловым экраном для уменьшения влияния внешних магнитных полей.

*Миллиамперметры Э535, Э536 и амперметры Э537, Э542* предназначены для измерений в цепях постоянного и переменного токов. В приборах имеется пермалловый экран для уменьшения влияния внешних магнитных полей.

Приборы применяются на промышленных предприятиях, в научно-исследовательских институтах, в учебных заведениях и при пусконаладочных работах.

Другими приборами электромагнитной системы могут быть фазометры, частотометры, фарадометры и другие.

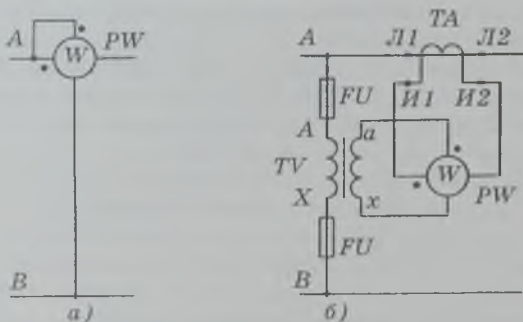
### *3.2.4. Приборы электродинамической системы*

Принцип действия электродинамических приборов основан на взаимодействии магнитных полей двух катушек, по которым протекает ток. Приборы этой системы применяются для измерения тока, напряжения, мощ-

ности и других электрических величин в цепях переменного и постоянного токов.

Расширение пределов измерения электродинамических вольтметров достигается применением добавочных сопротивлений на постоянном токе и измерительных трансформаторов напряжения на переменном токе, расширение пределов электродинамических амперметров – секционированием их неподвижной обмотки, применение шунтов при измерениях на постоянном токе и измерительных трансформаторов тока на переменном токе.

На рис. 3.2 приведена схема присоединения электродинамического ваттметра.



**Рис. 3.2.** Схемы присоединения ваттметров.  
 а) прямые включения; б) через измерительные трансформаторы тока и напряжения

Расширение пределов у электродинамических ваттметров по току и напряжению осуществляется как у электродинамических амперметров и вольтметров.

Ферродинамические приборы аналогичны приборам электродинамической системы и отличаются от них более сильным магнитным полем неподвижной обмотки за счет применения магнитопровода из ферромагнитно-

го материала, что способствует увеличению вращающего момента, повышению чувствительности и уменьшению потребляемой мощности.

*Примеры приборов электродинамической системы*

*Вольтамперметры Д128, Д128/1* предназначены для измерения напряжения и тока в сетях переменного тока.

*Вольтметры Д5081, Д5082* – для измерения напряжения в цепях постоянного и переменного токов и для проверки менее точных приборов.

*Амперметры Д5078-Д5080, Д5090.*

*Миллиамперметры Д5075-Д5077* – для измерения силы постоянного и переменного токов и для поверки менее точных приборов.

*Ваттметр ферродинамический Д124* – для измерения активной мощности переменного тока при равномерной и неравномерной нагрузке фаз.

*Ваттметры однофазные Д5061-Д5067* – для измерения активной мощности в цепях постоянного и переменного токов.

*Частотомеры Д126, Д126/1* – для измерения частоты в электрических цепях. Приборы относятся к ферродинамической системе, стрелочные.

### *3.2.5. Приборы индукционной системы*

Принцип действия приборов индукционной системы основан на взаимодействии вращающегося магнитного поля, возбуждаемого переменными токами, протекающими в неподвижных обмотках прибора, с токами, индуцируемыми в подвижной части измерительного устройства, которая при этом приходит в движение.

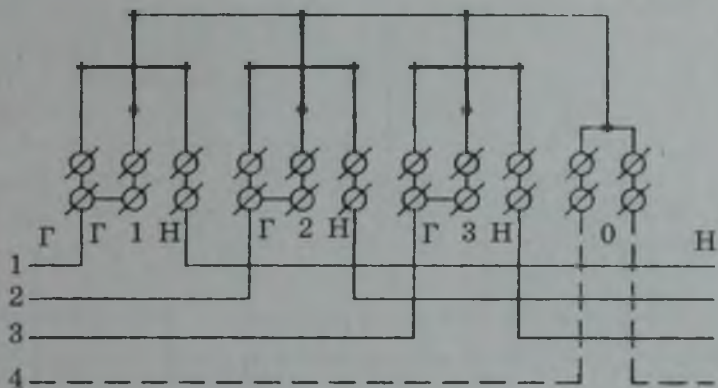
Приборы применяются в цепях переменного тока, имеют большой вращающий момент, большую стойкость к перегрузкам, малую зависимость показаний от внешних магнитных полей.

Индукционные приборы используются в качестве счетчиков активной и реактивной энергии (табл. 3.2, 3.3). Схемы включения счетчиков представлены на рис. 3.3-3.6.

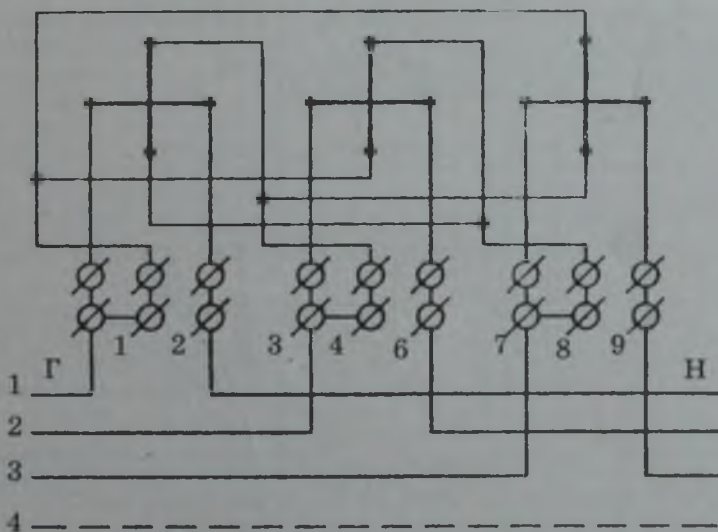
Таблица 3.2

*Технические данные некоторых трехфазных счетчиков электрической активной энергии*

Тип счетчика	Класс точности	Присоединение	Номинальный ток, А	Номинальное линейное напряжение, В
САЗ-И6700М	2,0	Непосредственное Через трансформаторы тока и напряжения	5; 10 Первичный 5; 10; 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000; 1500; 2000 Вторичный	127; 220; 380 Первичное 500; 660; 3000; 6000; 10000; 35000 Вторичное 100
		Через трансформаторы тока	То же	127; 220; 380
САЗУ-И670М	2,0	Через любые трансформаторы тока и напряжения	1; 5	100; 127; 220; 380
СА 4У-И682	1,0	Через любые трансформаторы тока	5	220; 380
САЗ-И684	2,0	Непосредственное	5; 10	127; 220; 380
СА4-И685	2,0	Непосредственное	5; 10	220; 380



**Рис. 3.3.** Счетчик типов СА4-И678 и Са4-И 685 непосредственного включения



**Рис. 3.4.** Счетчик типа SP4-И673М непосредственного включения в 3- и 4-проводную сеть



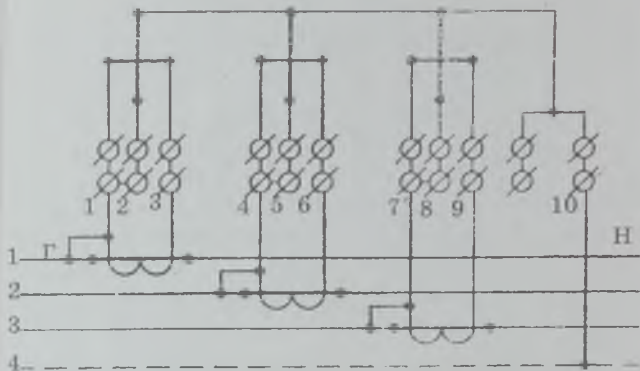


Рис. 3.5. Счетчики типов СА4-И672М, СА4У-И672М, СА4-И682 и СА4У-И682 для включения с трансформаторами тока в 4-проводную сеть

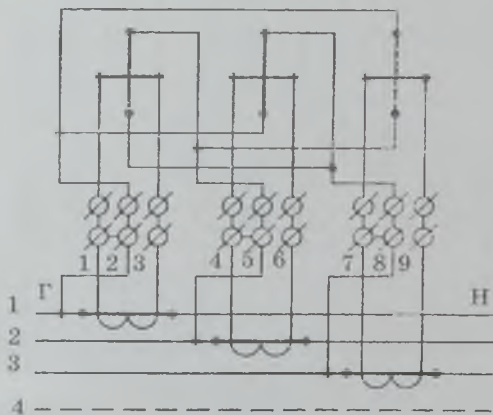


Рис. 3.6. Счетчики типов СР4-И673М, СР4У-И673М, СР4-И689 и СР4У-И689 для включения с трансформаторами тока в 4-проводную сеть

В табл. 3.3 приведены сведения о некоторых электронных счетчиках электроэнергии региональных сетевых компаний промышленности и коммунальной энергетики. Счетчики сертифицированы согласно международным стандартам и номенклатура приборов внесена в Госреестр средств измерений Казахстана.

Счетчики предназначены для измерения активной и реактивной энергии в трехфазных трех- и четырехпроводных цепях переменного тока автономно и в составе информационно-измерительных систем.

Таблица 3.3

*Электронные счетчики активной энергии*

Тип	ЦЭ 6803 В	ЦЭ 6808 В	ЦЭ 68700 В	ЦЭ 6804 В	ЦЭ 6805 В
Класс точности	2,0	0,25	1,0	1,0; 0,2	0,55
Коммунальный (максимальный) ток, А	1(1,5); 5(7,5); 5(50); 10(100)	1 (1,2); 5 (6)	1(1,5); 5(7,5); 5(50); 10 (100)	1(2); 5(10); 10(50)	1(1,5); 5(7,5)

Таблица 3.4

*Электронные счетчики реактивной энергии*

Тип	ЦЭ 6811	ЦЭ 6812
Класс точности активной (реактивной) энергии	1,0	0,55 (0,5); 1,0 (1,0); 2,0 (2,0)
Номинальный (максимальный) ток (А)	1 (1,5); 5 (7,5)	1 (1,5); 5 (7,5); 5 (50); 10 (100)

### 3.2.6. Приборы электростатической системы

Принцип действия приборов электростатической системы основан на взаимодействии изолированных друг от друга электрически заряженных неподвижного и подвижного электродов, при этом подвижный электрод

перемещает стрелку прибора. Отклонение стрелки прибора зависит только от величины напряжения, подведенного к зажимам прибора. Поэтому такие приборы могут использоваться только как вольтметры постоянного и переменного напряжения частотой до 40 МГц.

Электростатические вольтметры позволяют измерять большие напряжения переменного тока без применения измерительных трансформаторов.

### 3.2.7. Приборы вибрационной системы

Принцип действия приборов вибрационной системы основан на применении чувствительных элементов в виде стальных пластинок с различным периодом собственных колебаний, что дает возможность измерять частоту переменного напряжения. Это возможно благодаря резонансу механических колебаний пластинок с колебаниями, возбуждаемыми переменным током измеряемой частоты.

Вибрационный (резонансный) частотомер предназначен для контроля частот 50 и 400 Гц.

### 3.2.8. Приборы электронной системы

В приборах таких систем конструктивно объединены электронный преобразователь и магнитоэлектрический измерительный механизм.

Электронные вольтметры постоянного тока выполняются по схеме, представленной на рис. 3.7. Входным устройством является многопредельный высокоомный делитель на резисторах.

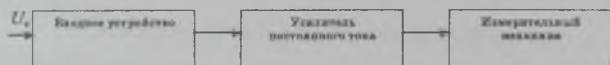


Рис. 3.7. Схема электронного вольтметра постоянного тока

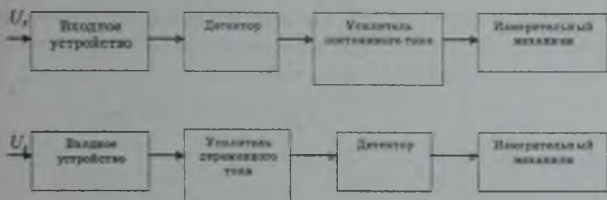


Рис. 3.8. Схемы электронного вольтметра переменного тока

Электронные вольтметры переменного тока выполняются по двум структурным схемам, представленным на рис. 3.8. В первой из этих схем измеряемое переменное напряжение сначала преобразуется в постоянное при помощи детектора, а затем усиливается усилителем постоянного тока и воздействует на измерительный механизм. Во второй схеме усиление производится на переменном токе (для этого служит усилитель переменного тока), и лишь затем предварительно усиленный сигнал выпрямляется детектором и отклоняет стрелку измерительного механизма.

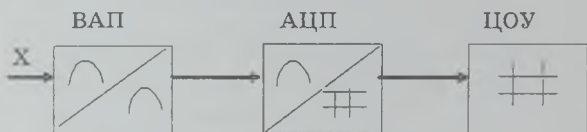
На практике применяют приборы электронной системы – мегаомметры Ф4102/1, Ф4102/2, Ф 4108/1, Ф 4108/2:

- измерители сопротивления заземления Ф 4103-1М;
- прибор комбинированный Ф 4318 для измерения силы тока и напряжения в целях постоянного и переменного тока, сопротивления постоянному току, емкости;
- частотомер электронно-счетный Ф 5035.

### 3.2.9. Цифровые приборы

Цифровые приборы в процессе измерения осуществляют автоматическое преобразование непрерывной измеряемой величины в дискретную с последующей

индикацией результата измерений на цифровом измерительном устройстве или регистрации его при помощи начатого устройства. (рис. 3.9).



**Рис. 3.9.** *Функциональная схема цифрового прибора: ВАП – входной аналоговый преобразователь; АЦП – аналоговый цифровой преобразователь; ЦОУ – цифровое отчетное устройство*

### 3.3. Электрические измерения

#### 3.3.1. Измерения напряжения и тока

Напряжения и токи, измеряемые при наладке, могут различаться по роду – постоянные и переменные, по величине, иногда – по частоте.

Могут быть различные требования к точности измерений, измерения могут производиться в различных условиях.

Все это предъявляет определенные требования к приборам, применяемым при измерениях.

Для измерений в цепях постоянного тока используются, в основном, приборы магнитоэлектрической системы, в цепях переменного тока промышленной частоты – приборы электромагнитной и электродинамической систем для измерения тока и напряжения.

При измерениях в выпрямительных схемах приборы магнитоэлектрической системы показывают среднее значение величины, а приборы электромагнитной системы – эффективное значение.

При обычных измерениях, не требующих высокой точности, можно использовать приборы классов точности 1-2,5.

При наладке релейных защит используются приборы класса 0,5.

При наладке генераторов, крупных силовых трансформаторов и электродвигателей – приборы классов 0,2-0,5.

Для расширения пределов при измерении напряжений многоопределенными приборами могут применяться добавочные сопротивления, а также трансформаторы напряжения.

Изменение постоянного тока производится амперметрами, а в многопредельных приборах – милливольтметром и шунтом.

Для расширения пределов измерения амперметров переменного тока и при измерениях тока высокого напряжения используются трансформаторы тока.

Величину переменного тока можно измерить также с помощью токоизмерительных клещей, когда позволяют условия.

### *3.3.2. Измерение мощности*

Измерение мощности в электрических цепях производится ваттметрами электродинамической и индукционной системы, последние – только в цепях переменного тока.

Показания ваттметра в цепи однофазного переменного тока или постоянного пропорциональны току в его токовой обмотке, напряжению на обмотке напряжения и коэффициенту мощности (при измерении активной мощности):

$$P = CUI \cos\varphi ,$$

где  $C$  – постоянная ваттметра.

При определении мощности косвенным методом путем определения напряжения и тока в цепи постоянного тока и дополнительно – коэффициента мощности в цепи переменного тока мощность определяется по формулам:

– для постоянного тока:

$$P=UI;$$

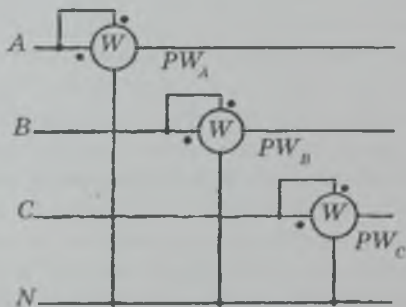
– для переменного тока:

$$P=UI \cos\varphi .$$

Для расширения пределов измерения ваттметра по току и напряжению могут применяться шунты, добавочные сопротивления, а также измерительные трансформаторы.

Активную мощность в однофазных цепях измеряют однофазными ваттметрами.

В четырехпроводных сетях активную мощность можно измерить тремя однофазными ваттметрами, включенными в разные фазы (рис. 3.10).



На рис. 3.10. Схема измерения активной мощности тремя ваттметрами в четырехпроводной сети

Активная мощность трехфазной системы:

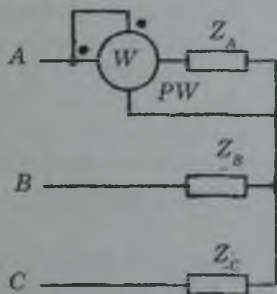
$$P = P_A + P_B + P_C.$$



В трехпроводных сетях (без нулевого провода) при равномерной нагрузке фаз мощность может быть определена по схеме с одним ваттметром, включенным на напряжение и ток одной и той же фазы. В качестве нулевой точки используется нейтраль приемника при ее доступности (рис.3.11).

Активная мощность  $P$  всех трех фаз:

$$P = 3P_A.$$



На рис. 3.11. Схема измерения активной мощности одним ваттметром при соединении приемника звездой

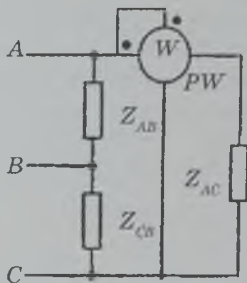
На рис. 3.12 приведена схема для определения мощности в одной фазе при соединении приемника треугольником.

Реактивную мощность можно определить косвенным методом, измерив напряжение, ток и активную мощность.

Реактивная мощность:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2},$$

где  $S = 3U_\phi I_\phi$ .



На рис. 3.12. Схема измерения активной мощности одним ваттметром при соединении приемника звездой

### 3.3.3. Измерение угла сдвига фаз и коэффициента мощности ( $\cos\varphi$ )

Непосредственное определение угла сдвига фаз между векторами тока и напряжения в электрической цепи можно произвести фазометрами.

Возможен косвенный метод определения коэффициента мощности после измерения соответствующих величин по формулам:

– для однофазной сети:

$$\cos\varphi = \frac{P}{UI}$$

где  $P$ ,  $U$ ,  $I$  – активная мощность, напряжение и ток на участке сети;

– для трехфазной сети:

$$\cos\varphi = \frac{P}{\sqrt{3}U_L I_L}$$

где  $P$  – активная мощность трех фаз нагрузки;  $U_L$ ,  $I_L$  – значения линейных величин напряжения и тока.

### *3.3.4. Измерение частоты переменного тока*

Частоту, близкую к 50 Гц, в стационарных установках измеряют щитовыми показывающими и регистрирующими частотомерами.

Частота может быть также измерена переносными частотомерами.

### *3.3.5. Измерение сопротивления постоянному току*

В практике наладочных работ необходимо измерять сопротивления от десятков микроом – переходные сопротивления контактов, до тысяч мегаом – сопротивление изоляции.

В зависимости от величины измеряемого сопротивления и точности измерения могут применяться приборы: микроомметры, омметры, мегаомметры; вольтметр и амперметр; одинарный мост; двойной мост; потенциометр.

При измерении сопротивлений менее 1 Ом необходимо учитывать сопротивление соединительных проводов и переходные сопротивления контактов.

### *3.3.6. Измерение сопротивлений с помощью омметра*

Измерение сопротивления с помощью омметра является непосредственным и наименее точным методом измерения сопротивления.

Омметры применяются при предварительных измерениях сопротивления с целью сравнения с известным сопротивлением при проверке целости цепей коммутации.

### *3.3.7. Измерение сопротивления с помощью амперметра*

Данный метод измерения является косвенным и основан на измерении тока, протекающего через сопро-

тивление, и измерении падения напряжения на этом сопротивлении.

На рис. 3.13 даны варианты в сущности одинаковой схемы измерений при данном методе.

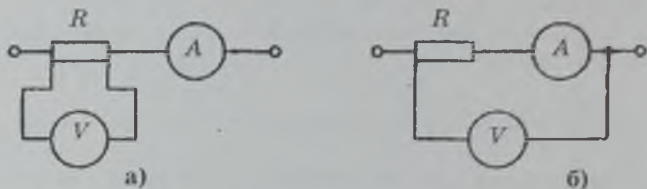


Рис. 3.13. Схемы присоединения амперметра и вольтметра для вычисления малых (а) и больших (б) сопротивлений

Вариант а) применяют при измерении малых сопротивлений, при котором включение вольтметра, параллельное сопротивлению, мало влияет на величину тока, измеряемого амперметром.

При этом измеряемое сопротивление равно:

$$R = \frac{U}{I - \frac{U}{R_B}}$$

где  $R_B$  — сопротивление вольтметра.

Вариант схемы б) применяется при измерении больших сопротивлений, при этом измеряемое сопротивление вычисляется по формуле:

$$R = \frac{U - IR_A}{I}$$

где  $R_A$  — сопротивление амперметра.

При измерениях данным методом приборы должны быть расположены рядом, показания снимаются одновременно и после этого сопротивление должно отключаться во избежание его перегрева. По этой же причине

ток через сопротивление не должен превышать 20% номинального.

При этом сопротивление рассчитывается по формуле:

$$R = R_B \left( \frac{U_2}{U_1} - 1 \right),$$

где  $R_B$  – сопротивление вольтметра (одного из двух одинаковых).

При наличии индуктивности в измеряемой цепи отсчет нужно осуществлять при установившихся показаниях приборов. Для предотвращения повреждения вольтметра от ЭДС самоиндукции объекта измерения вольтметр следует подключать при установившемся токе в цепи, а отключать до разрыва цепи.

При измерении сопротивления обмоток они могут быть повреждены при отключении больших токов в результате пробоя их изоляции. Для предотвращения этого ток при измерении нужно снизить до 5% номинального тока данной обмотки.

Вычислить сопротивление можно при помощи двух вольтметров (рис. 3.14).

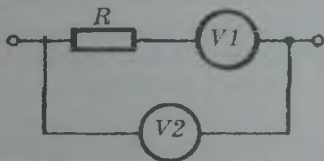


Рис. 3.14. Схемы присоединения двух вольтметров для вычисления сопротивления

### 3.3.8. Измерение сопротивления с помощью одинарного моста

На рис. 3.15 приведена принципиальная схема одинарного моста. Для одинарного моста имеется соотношение:

$$R_x = R_3 \frac{R_1}{R_2}$$

где  $R_x$  — измеряемое сопротивление;  $R_1, R_2, R_3$  — сопротивления плеч моста, при которых наступает его равновесие (стрелка на нуле).

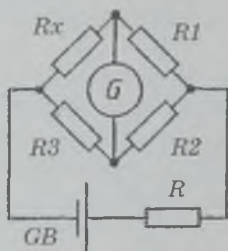


Рис. 3.15. Принципиальная электрическая схема одинарного моста

Плечи моста  $R_2$  и  $R_3$  могут быть выполнены из калиброванной проволоки (реохорда), по которым перемещается движок, соединенный с гальванометром.

### 3.3.9. Измерение сопротивления с помощью двойного моста

Применение двойного моста дает более точный результат, чем с помощью одинарного моста, где сопротивления соединительных проводов и переходных контактов, особенно при измерении сопротивлений меньше 1 Ом, влияют на результат измерения.

На рис. 3.16 приведена схема двойного моста. Изменением сопротивлений  $R1, R2, R11, R22$  гальванометр устанавливается на нуль.

При  $R1 - R11, R2 - R22$  уравнение равновесия моста:

$$R_x = R_N \frac{R1}{R2}$$

где:  $R_x$  – измеряемое сопротивление;  $R_v$  – образцовое сопротивление, часть моста.

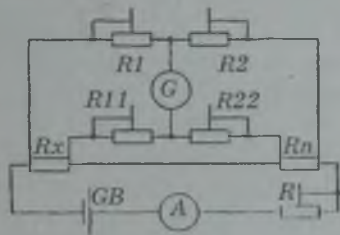


Рис. 3.16. Принципиальная электрическая схема двойного моста

При измерениях в цепях с индуктивностью измерения производятся при установившемся токе, а отключение гальванометра – до разрыва цепи тока.

### 3.3.10. Измерение сопротивлений переменному току, индуктивности, взаимной индуктивности и емкости

Индуктивность и емкость зависят от частоты тока, величины тока и напряжения, и формы их кривой. Поэтому для индуктивных и емкостных сопротивлений можно снять вольтамперную характеристику сопротивления, т. е. зависимость тока через сопротивление от величины подводимого к нему напряжения:

$$I = f(U).$$

Тогда величину полного сопротивления можно вычислить по формуле:

$$Z = \frac{U}{I}$$

при нескольких значениях тока.



Индуктивность и емкость можно измерить измерителем сопротивления, емкости и индуктивности, мостами переменного тока.

При известных этих величинах реактивные сопротивления можно вычислить по формулам:

– индуктивное:

$$X_L = \omega L = 2\pi fL ;$$

– емкостное:

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC} ,$$

где  $f$  – частота тока в измеряемой цепи.

Взаимная индуктивность может быть определена по схеме, изображенной на рис. 3.17. В первичной цепи измеряется ток  $I$ , во вторичной – ЭДС  $E$ . При этом взаимная индуктивность равна:

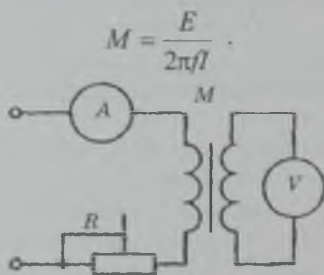


Рис. 3.17. Схема для определения взаимной индуктивности

Для уменьшения погрешности измерения вольтметр должен иметь возможно большее внутреннее сопротивление.

### 3.3.11. Определение чередования фаз

Определение чередования фаз может потребоваться при фазировке, наладке вращающихся электрических

машин, задаются условия при их измерении релейной защиты, проверке правильности включения измерительных приборов. Для определения чередования фаз используют фазоуказатель.

### *3.3.12. Измерение температуры*

Измерение температуры может потребоваться при испытании нагревательных устройств, измерении сопротивления постоянному току, проверке состояния изоляции и т.д.

Температура может быть измерена с помощью жидкостно-стеклянных термометров, термопреобразователей сопротивления, термоэлектрических преобразователей, манометрических термометров и т.д.

Жидкостно-стеклянные термометры могут быть заполнены ртутью или спиртом. Спиртовые термометры предпочтительнее в зоне действия сильных магнитных полей.

Термопреобразователи сопротивления (термометры сопротивления) применяются для дистанционного измерения температуры.

Принцип работы прибора основан на свойстве металлов изменять удельное сопротивление при изменении температуры.

Термоэлектрические преобразователи (термопары) служат также для дистанционного измерения температуры.

Принцип действия основан на использовании ЭДС, получаемой от двух спаянных концов проволоки разного металла, если их спай и свободные концы находятся при разных температурах.

Термоэлектрические преобразователи обозначаются в зависимости от применяемых сплавов: хромель-копаль – ТХК; хромель-алюмель – ТХА; платинородий-платина – ТПП; платинородий (30% родия)-платинородий (6% родия) – ТПР.

## Данные компенсационных проводов

Обозначение провода	Рацветка изоляции	Материал проводов		Тип термопреобразования
		положительного	отрицательного	
М	Красная Коричневая	Медь	Константан	Хромель ТХА
П	Красная Зеленая	Медь	Сплав ТП	Платино-родий-платина ТПП
ХК	Фиолетовая желтая	Хромель	Копель	Хромель-копель ТХК

*Манометрические термометры* применяются для дистанционного измерения температуры.

Их принцип действия основан на зависимости между температурой и давлением жидкости или газа при постоянном объеме.

*Терморезисторы* меняют свое сопротивление при изменении температуры и применяются в устройствах автоматики.

*Биметаллические элементы* являются датчиками температуры.

Их принцип действия основан на свойстве пластинки, сваренной из двух разных металлов, изгибаться из-за разного удлинения этих металлов при нагревании.

### 3.3.13. Измерение частоты вращения

При наладке электрических машин может потребоваться измерение частоты вращения их роторов, для чего могут быть изменены следующие приборы.

*Тахометр ручной магнитный* предназначен для измерения частоты вращения валов различных машин. Принцип его действия основан на использовании вращающего момента, возникающего при вращении посто-

янного магнита в полем алюминиевом колпачке, в котором при этом возникают вихревые токи.

Диапазоны измерения частот вращения: 30-300, 300-3000, 3000-30000 об./мин.

*Счетчик оборотов и пружинный секундомер*, где средняя частота вращения определяется как частное от деления числа оборотов на время.

Тахоскоп – прибор, объединяющий в себе счетчик оборотов и секундомер.

## ГЛАВА 4. ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

### 4.1. Виды испытаний отдельных частей электроустановок

Испытания электрооборудования производятся с целью проверки его комплектности, наличия или отсутствия дефектов, соответствия требуемым техническим характеристикам, изучения его работы.

*Приемосдаточные испытания* – испытания ЭО по окончании его монтажа для оценки пригодности его к эксплуатации; испытаниям подвергается все вводимое в эксплуатацию ЭО.

*Эксплуатационные испытания* – испытания ЭО, находящегося в эксплуатации, в том числе вышедшего из ремонта, с целью проверки его исправности. К этим испытаниям относятся профилактические испытания, а также испытания при капитальных и текущих ремонтах. Объем и нормы приемосдаточных испытаний определяются ПУЭ. Эксплуатационные испытания производятся в соответствии с «Объемами и нормами» и «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей».

При проведении приемосдаточных и эксплуатационных испытаний необходимо соблюдать требования заводских инструкций на отдельные виды ЭО.

### 4.2. Проверка схем электрических соединений

К данной проверке относятся следующие работы: ознакомление с электрическими принципиальными и монтажными схемами и кабельным журналом электроустановок:

- проверка соответствия установленного ЭО проекту;
- проверка соответствия установленных проводов и кабелей проекту;
- проверка маркировки на концах проводов и жил кабелей, ее соответствия маркировке на клеммниках щитов и пультов;
- проверка качества монтажа – прокладка и крепление проводов и кабелей, надежность зажимов присоединения проводов и жил кабелей;
- проверка наличия электрических цепей в соответствии со схемами прозвонка; проверка электрических цепей под напряжением.

#### **4.3. Проверка наличия электрических цепей в соответствии со схемами (прозвонка)**

При наладке может потребоваться проверка наличия электрических цепей в соответствии со схемами, т.е. правильности монтажа (прозвонка).

Правильность монтажа в пределах одной панели, щита, шкафа, аппарата может быть проверена визуально прослеживанием проводов, особенно, когда провода имеют расцветку.

В остальных случаях правильность монтажа определяется прозвонкой.

В пределах доступности с одного места прозвонка проводов может быть проведена с помощью простейшего прозвоночного устройства – электрического щупа.

Могут быть использованы также простейший омметр или мегомметр. В случае нахождения концов искомой жилы приборы покажут нуль Ом.

#### **4.4. Проверка под напряжением схем управления, автоматики, сигнализации**

Проверка данных схем под напряжением проводится после проверки правильности их монтажа, проверки

работы аппаратов этих схем без напряжения и проверки сопротивления изоляции цепей, проверки надежности всех зажимов в схемах шатанием руками и отверткой. Проверка схем производится при снятом напряжении силовой цепи, чтобы не включались электроприемники. После подачи напряжения в схему проверяется работа всех ее аппаратов при всех режимах работы, предусмотренных схемой.

Возможна имитация аварийных режимов работы схемы путем замыкания контактов реле защиты, технологических датчиков для проверки работы защиты, сигнализации и автоматики.

При проверке электрических схем под напряжением возможны отказы в работе отдельных элементов схем и блоков.

Эти отказы очень многообразны, и методы наладки в таких случаях зависят от особенностей схемы.

#### 4.5. Измерение сопротивления изоляции электрооборудования

Сопротивление изоляции является одним из важных показателей состояния изоляции электрооборудования и электропроводки.

Измерение сопротивления изоляции проводится специальным прибором – мегомметром. Сопротивление изоляции мегомметром измеряется присоединением проводов, идущих от его зажимов, между токоведущими частями, между токоведущей частью и корпусом оборудования (т.е. землей, если оборудование заземлено или занулено), для электрических машин между их обмотками, между обмоткой и корпусом оборудования и т.д.

Измерение производится на обесточенных оборудовании или электрических цепях. Во время измерения нельзя касаться зажимов прибора.

Электрические цепи, содержащие емкость, после отсоединения от напряжения должны быть разряжены



замыканием на корпус, то же должно быть сделано после измерения.

#### 4.6. Определение степени увлажненности изоляции

Степень увлажненности изоляции определяется для решения вопроса о необходимости сушки изоляции трансформаторов и электрических машин с *гигроскопической изоляцией*.

Определение степени увлажненности изоляции основывается на физических процессах, происходящих в изоляции во время приложения к ней напряжения. Емкость изоляции может быть представлена суммой емкостей геометрической и абсорбционной.

Геометрическая емкость определяется геометрическими размерами изоляции, абсорбционная – неоднородностями в толще изоляции изоляционного материала, включениями в виде воздушных промежутков, влаги и загрязнений.

Во время приложения напряжения к изоляции в первый момент через нее проходит ток заряда геометрической емкости, который быстро прекращается в связи с зарядкой этой емкости.

Абсорбционная емкость проявляется не сразу после приложения напряжения к диэлектрику, а спустя некоторое время после заряда геометрической емкости.

Абсорбционная емкость является результатом перераспределения зарядов в толще диэлектрика и накопления их на границах отдельных слоев диэлектрика, при этом появляется как бы цепочка последовательно включенных емкостей. Такое явление называется *поляризацией*.

Ток абсорбции в изоляции является следствием поляризации диэлектрика.

После заряда абсорбционной емкости и прекращения поляризации ток абсорбции становится равным нулю. Через изоляцию продолжает идти ток сквозной прово-

димости (ток утечки), величина которого определяется сопротивлением изоляции постоянному току.

Один из методов определения степени увлажненности изоляции – определение увлажненности по коэффициенту абсорбции, основан на сравнении показаний мегомметра, снятых через разные промежутки времени после приложения напряжения.

Коэффициент абсорбции:

$$K_{AB} = \frac{R_{60}}{R_{15}},$$

где  $R_{60}$  и  $R_{15}$  – сопротивления изоляции, измеренные после приложения напряжения мегомметра через 60 и 15 с.

$K_{AB} = 1,3-2$  для неувлажненной обмотки при температуре 10-30 °С;  $K_{AB}$  для увлажненной обмотки близок к единице.

Это явление объясняется различной длительностью заряда абсорбционной емкости у сухой и влажной изоляции.

Коэффициент абсорбции измеряется при температуре не ниже +10 °С.

*Определение увлажненности изоляции по емкости и частоте.* Применяется в основном при испытании силовых трансформаторов. Метод основан на свойстве емкости неувлажненной изоляции при изменении частоты изменяться меньше, чем емкость увлажненной изоляции. При этом емкость изоляции измеряется при двух частотах – 2 и 50 Гц.

При измерениях температура должна быть не ниже 10 °С.

При измерении емкости изоляции на частоте 50 Гц успевает проявиться только геометрическая емкость, одинаковая у сухой и влажной изоляции.

При измерении емкости на частоте 2 Гц успевает проявиться абсорбционная емкость влажной изоляции, а у сухой изоляции эта емкость меньше и заряжается медленно.

Отношение  $C_{2}/C_{50}$  емкости, измеренной при частоте 2 Гц, к емкости, измеренной при частоте 50 Гц, для увлажненной изоляции близко к 2, а для неувлажненной изоляции близко к 1. Измерения осуществляют специальным прибором.

*Определение увлажненности изоляции силовых трансформаторов по емкости и температуре.* Метод основан на изменении емкости изоляции, измеренной при разных температурах.

Критерий неувлажненности:

$$C_r C_x = 1,05 \dots 1,1,$$

где  $C_r$  – емкость «горячей» изоляции, измеренная при температуре 70 °С и выше, т.е. при верхнем пределе температуры изоляции;  $C_x$  – емкость «холодной» изоляции, измеренная при температуре 20 °С, т.е. при нижнем пределе температуры изоляции.

Емкость обмоток можно измерить с помощью моста.

*Определение увлажненности изоляции силовых трансформаторов по приросту емкости за 1 с.* Метод основан на заряде емкости изоляции и ее разрядке и измерении ее емкости  $C$  и прироста емкости  $\Delta C$  за 1 с за счет абсорбционной емкости, которая успевает проявиться за 1 с у влажной изоляции и не успевает у сухой.

Отношение  $\Delta C/C$  характеризует степень увлажненности изоляции обмоток трансформатора. Измерения производятся при температуре не ниже +10 °С.

Отношение  $C/C$  измеряется специальным прибором.

#### **4.7. Измерение диэлектрических потерь изоляции**

Диэлектрические потери являются одной из основных характеристик состояния изоляции. По их величине можно судить о надежности изоляции по отношению к тепловому прибору, о старении и увлажненности изоляции.

На рис. 4.1 приведена векторная диаграмма напряжения и токов в диэлектрике. Вектор тока  $I$  опережает вектор напряжения  $U$  в диэлектрике на угол  $\varphi$ , так как диэлектрик имеет емкостную составляющую сопротивления. Вектор тока  $I$  можно представить двумя векторами: вектор  $IR$  активной составляющей и вектор  $IC$  емкостной составляющей, которая опережает вектор тока  $I$  на угол  $\delta$ .

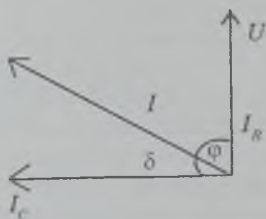


Рис. 4.1. Векторная диаграмма напряжения и токов в диэлектрике

Потери в диэлектрике можно представить формулой:

$$P = UI_R = UI_C \operatorname{tg} \delta,$$

где  $P$  – потери мощности;  $U$  – напряжение, под которым находится диэлектрик;  $I_R$  – активная составляющая тока через диэлектрик,  $I_R = I \operatorname{tg} \delta$ , как катет прямоугольного треугольника, где  $I_C$  – емкостная составляющая тока через диэлектрик:

$$I_C = \frac{U}{\frac{1}{\omega C}} = \omega CU,$$

где  $\frac{1}{\omega C}$  – емкостное сопротивление диэлектрика;

$\omega$  – угловая частота тока в диэлектрике. Тогда:

$$P = \omega CU^2 \operatorname{tg} \delta.$$

Из этого выражения видно, что потери в диэлектрике пропорциональны тангенсу угла  $\delta$ , который называется углом диэлектрических потерь.

Измерение  $\text{tg}\delta$  применяется для определения состояния изоляции трансформаторов и вводов высокого напряжения. Величина  $\text{tg}\delta$  зависит от величины прикладываемого к изоляции напряжения и ее температуры, поэтому  $\text{tg}\delta$  нужно измерять при температуре не ниже  $+10^\circ\text{C}$

Для измерения  $\text{tg}\delta$  при наладке применяются мосты.

Величину  $\text{tg}\delta$  измеряют при напряжении не выше 10 кВ у электрооборудования с номинальным напряжением 10 кВ и выше и при напряжении, равном номинальному у остального электрооборудования.

#### 4.8. Испытание изоляции повышенным напряжением

Испытание изоляции повышенным напряжением производится с целью выявить скрытые дефекты изоляции и убедиться в ее надежности.

Перед испытанием изоляции повышенным напряжением производится измерение ее сопротивления постоянному току, определение увлажненности, измерение диэлектрических потерь изоляции, производится ее тщательный осмотр. Испытание изоляции повышенным напряжением производится при положительных результатах этих проверок.

Величина испытательного напряжения для каждого вида электрооборудования устанавливается соответствующими нормами, которые приведены в соответствующих частях данного справочника.

Испытание повышенным напряжением обязательно для электрооборудования напряжением 35 кВ и ниже, а при наличии соответствующих устройств – и для электрооборудования выше 35 кВ.

Электрооборудование с номинальным напряжением выше номинального напряжения электроустановки, где оно применяется, может испытываться напряжением, установленным для изоляции этой установки.

Изоляция считается выдержавшей испытание, если не было пробоя, частичных разрядов по поверхности, выделений газа или дыма, снижения испытательного напряжения и увеличения тока через изоляцию, разогрева изоляции.

Изоляция может быть испытана повышенным напряжением, переменным или выпрямленным в зависимости от вида электрооборудования и характера испытаний.

Если изоляция испытывается двумя видами напряжения, то испытание переменным напряжением должно предшествовать испытанию выпрямленным напряжением.

### *Испытание изоляции переменным повышенным напряжением*

В качестве испытательного обычно используется напряжение промышленной частоты. Время приложения испытательного напряжения – 1 мин для главной изоляции и 5 мин – для межвитковой.

Скорость повышения испытательного напряжения произвольная до одной трети величины испытательного напряжения, плавная в дальнейшем, так, чтобы было можно отсчитывать величины на измерительных приборах. При испытании изоляции электрических машин время повышения напряжения от половины до полного его значения должно быть не менее 10 с.

Продолжительность испытания соответствует времени приложения полного испытательного напряжения.

После достижения установленной продолжительности испытания напряжение плавно снижается до величины, не превышающей одной трети испытательного, и отключается.

Величину испытательного напряжения измеряют на стороне низкого напряжения, за исключением ответственных испытаний, когда эту величину измеряют на высокой стороне испытательного трансформатора с помощью трансформаторов напряжения.



Для защиты электрооборудования при испытании от случайного опасного повышения напряжения параллельно испытываемому объекту включаются шаровые разрядники с пробивным напряжением, равным 110% испытательного, через сопротивление 2-5 Ом на 1 В испытательного напряжения.

### *Испытание изоляции выпрямленным напряжением*

Преимущества применения выпрямленного испытательного напряжения заключаются в том, что при этом уменьшается мощность испытательной установки и возможно испытание объектов с большой емкостью, например, кабелей, конденсаторов, возможно контролировать состояние изоляции по измеряемым токам утечки.

Время приложения выпрямленного напряжения более продолжительно и в зависимости от испытываемого оборудования составляет 10-15 мин. При испытании применяются схемы однополупериодного выпрямления.

Измерение величины испытательного напряжения осуществляется вольтметром на стороне низкого напряжения испытательного трансформатора. Так как испытательное напряжение определяется амплитудным значением, показания вольтметра, измеряющего эффективные значения напряжения, необходимо умножить на  $\sqrt{2}$ .

При испытании ответственных объектов также рекомендуется включать разрядник.

Испытание изоляции повышенным напряжением проводят с помощью специальных испытательных аппаратов.

При испытаниях объектов с большой емкостью (силовые кабели, конденсаторы, обмотки крупных электрических машин) заряженная при испытании емкость объекта имеет большой запас энергии, мгновенный разряд которой может вывести из строя аппаратуру испытательной установки, поэтому разряжать испытываемый объект нужно так, чтобы разрядный ток не проходил через измерительный прибор.



Для снятия заряда с испытываемых объектов используются заземляющие штанги, в цепь которых включается сопротивление в пределах 5-50 кОм.

После того, как испытываемый объект разряжен с помощью разрядного устройства, он должен быть наглухо заземлен.

#### **4.9. Испытание изоляции аппаратов, вторичных цепей (управления, защиты, автоматики, сигнализации) и электропроводок с номинальным напряжением до 1000 В**

Согласно ПУЭ, у всех электрических аппаратов, вторичных цепей и электропроводок с номинальным напряжением до 1000 В должно быть измерено сопротивление изоляции и проведено испытание повышенным напряжением. При этом минимальные допустимые величины сопротивления изоляции приведены в табл. 4.1.

Перед испытанием снимаются все заземления, отсоединяются вторичные обмотки трансформаторов напряжения, аккумуляторные батареи и вся аппаратура, изоляция которой не допускает испытания повышенным напряжением.

При испытании шунтируются конденсаторы, полупроводниковые элементы, катушки аппаратов с большой индуктивностью.

Обмотки напряжения и тока, изоляция между которыми рассчитана на испытательное напряжение 500 В, должны быть соединены перемычками между собой и отсоединены от испытываемых цепей.

Изоляция вторичных цепей считается выдержавшей испытания, если при испытании не наблюдались скользящие разряды, пробой изоляции, резкие толчки тока и напряжения и если при повторной проверке мегаомметром сопротивление изоляции не уменьшилось.

**Наименьшие допустимые сопротивления  
изоляции аппаратов, вторичных цепей  
и электропроводки с номинальным  
напряжением до 1000 В**

Испытуемая изоляция	Напря- жение мега- омме- тра, В	Сопро- тив- ление изоля- ции.	МОм 0,5 Примечание
Вторичные цепи управ- ления, защиты, сиг- нализации в релейно- контакторных схемах электроустановок напря- жением до 1000 В	500- 1000	По дан- ным заво- да из- гото- вителя	Испытания проводятся со всеми присоеди- ненными аппаратами (магнитные пускатели, контакторы, катушки автоматов, реле, прибо- ры и т. д.)
Цепи бесконтактных схем, системы регули- рования и управления, а также присоединенные к ним элементы	500- 1000	1	Испытания осветитель- ных проводок проводят- ся при вывернутых лам- пах с подсоединением нулевого провода к кор- пусу светильника.
Цепи управления, за- щиты и возбуждения машин постоянного тока напряжением до 1100 В, присоединенные к цепям главного тока	1000	0,5	Изоляция измеряется между каждым прово- дом и землей (корпусом)
Силовые и осветительные электропроводки	500- 1000	0,5	Для каждой секции рас- пределительного устрой- ства
Распределительные устройства, щиты и токо- проводы напряжением до 1000 В 500-1000			

## ГЛАВА 5. ЧАСТНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

### 5.1. Электрические машины

#### 5.1.1. Обозначение выводов обмоток электрических машин

Для проверки правильности присоединения электрических машин (ЭМ) надо знать обозначения их выводов. Выводные концы ЭМ маркируются путем выбивания знаков на наконечниках выводных концов обмоток, а если наконечники малы – то на металлических кольцах у наконечников или надписями на пластмассовых кольцах у наконечников.

В табл. 5.1 приведена маркировка выводов электрических машин, в табл. 5.2 – их обозначения:

*Таблица 5.1*

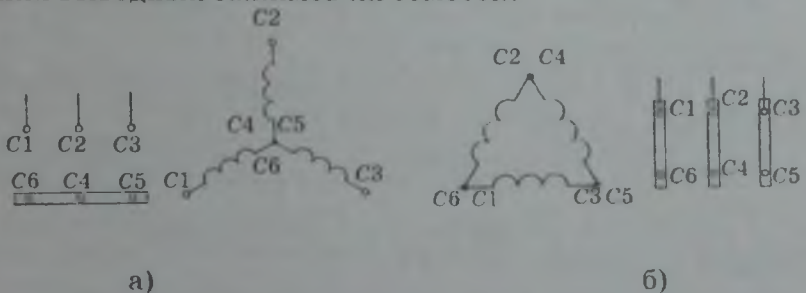
**Маркировка выводов обмоток трехфазных  
электрических машин**

Виды обмоток	Число обмоток	Название выводов	Обозначения выводов	
			начало	начало
Трехфазные машины Обмотка статора, открытая схема	6	фазы: первая вторая третья	C1 C2 C3	C4 C5 C6
Звезда	3 или 4	первая вторая третья нулевая точка	C1 C2 C3	0
Треугольник	3	зажиги: первый второй третий	C1 C2 C3	
Обмотки возбуждения индукторов синхронных машин	3 или 4	фазы: первая вторая третья нулевая точка	I1 P1 P2 P3	I2
Обмотки роторов трехфазных асинхронных двигателей				0

**Обозначения выводов обмоток однофазных электрических машин и машин постоянного тока**

Наименование обмотки	Число выводов	Обозначения выводов	
		начало	конец
Обмотки однофазных машин:			
статор синхронных машин	2	С1	С2
индуктор синхронных машин	2	И1	И2
Обмотка статора асинхронных двигателей:			
главная	2	С2	С2
вспомогательная	2	В2	З2
Обмотка машин постоянного тока:			
якоря	2	Я1	Я2
компенсационная	2	К1	К2
добавочных полюсов	2	Д1	Д2
последовательная возбуждения	2	С1	С2
параллельная возбуждения	2	Ш1	Ш2
пусковая	2	П1	П2
уравнительный провод и уравнительная обмотка	2	У1	У2
независимая возбуждения	2	Н1	Н2

На рис. 5.1. приведены схемы соединения обмоток трехфазных асинхронных двигателей и схемы соединения выводных зажимов их обмоток.



**Рис. 5.1. Схемы соединения обмоток трехфазного асинхронного двигателя и схемы соединения выводных зажимов обмоток: а) соединение звездой;**

## *б) соединение треугольником*

### *5.1.2. Объем испытаний*

Объемы и нормы испытаний электрических машин (ЭМ) приводятся в Правилах устройства электроустановок (ПУЭ), ГОСТах, различных инструкциях.

При наладочных работах производятся испытания, общие для машин всех типов:

- внешний осмотр и проверка механической части;
- измерение сопротивления изоляции обмоток;
- определение возможности включения электрической машины без сушки;
- испытание изоляции обмоток повышенным напряжением;
- измерение сопротивления обмоток постоянному току;
- измерение вибрации подшипников.

### *5.1.3. Внешний осмотр и проверка механической части*

При внешнем осмотре проверяются:

- отсутствие мусора и захламления в месте установки ЭМ;
- комплектность машины – наличие вентилятора и его кожуха, кольца для крюка подъема, клеммного и паспортного щитка и обозначений на них;
- соответствие паспортных данных машины проекту на данную электроустановку;
- наличие и содержание технической документации по ревизии или ремонту машины;
- заполнение подшипников смазкой и отсутствие его течи;
- отсутствие во внутренних частях машины посторонних предметов;
- соответствие предусмотренного заводом-изготовителем направления вращения ЭМ направлению вращения первичного двигателя или приводимого механизма (заводская метка на корпусе машины, указывающая

направление вращения, соответствует конструкции ее вентилятора, и при необходимости другого направления вращения машину нужно развернуть при наличии второго конца вала или переставить крыльчатку вентилятора);

- целостность изоляции и соединений видимых частей обмоток и выводов;

- надежность креплений и распорок лобовых частей обмоток, расстояние между неизолированными токоведущими частями и корпусом;

- состояние коллектора, щеткодержателей и щеток, соответствие их техническим условиям;

- состояние токоъемных колец;

- наличие и качество выполнения заземления (зануления) ЭМ;

- состояние соединительной муфты или ременной, цепной передачи и защитного кожуха.

#### *5.1.4. Измерение величины воздушных зазоров между статором и ротором*

Величина воздушных зазоров проверяется набором щупов – пластинок определенной толщины, которая на них обозначена.

Зазор проверяется под каждым полюсом у ЭМ с явно выраженными полюсами и не менее чем в четырех-восьми точках у неявнополюсных ЭМ.

Зазоры измеряются при нескольких положениях ротора. По величине воздушных зазоров можно определить форму наружной поверхности неявнополюсного ротора или равномерность посадки полюсов явнополюсного ротора. Определяя зазор в одной и той же точке ротора, можно определить форму расточки статора или форму полюсов.

При длине активной стали ЭМ до 300 мм зазор можно определить с одной стороны.

### *5.1.5. Проворачивание ротора*

Проворачивание ротора ЭМ проводится для проверки свободного вращения его и отсутствия заклинивания. Для небольших машин проворачивание производится вручную через соединительную муфту или крыльчатку вентилятора с предварительным снятием защитных кожухов.

У машин большой мощности проворачивание выполняется с помощью механизмов, например, крана.

Проворачивание ротора производится при первом пуске ЭМ или после ее длительной стоянки.

### *5.1.6. Проверка крепления машины и ее деталей*

Надежность крепления машины к станине или раме проверяется пробной затяжкой гаек или болтов крепления. Проверяется наличие пружинных шайб или контргаек против отвинчивания гаек или болтов крепления.

Проверяется крепление деталей, находящихся на роторе, наличие у них приспособлений против откручивания гаек или болтов крепления.

Проверяется плотность посадки катушек на полюсах и клиньев в пазах.

### *5.1.7. Испытание изоляции обмоток электрических машин*

*Измерение сопротивления изоляции электрических машин*

Сопротивление изоляции обмоток ЭМ напряжением до 1000 В измеряют с помощью мегаомметра на напряжение 500-1000 В.

Сопротивление изоляции обмоток ЭМ, имеющих шесть выводов, рекомендуется измерять пофазно, при этом обмотки фаз, на которых не измеряется сопротивление изоляции, присоединяются к корпусу ЭМ.



Величина сопротивления изоляции обмоток ЭМ напряжением не более 1000 В не нормируется.

Сопротивление изоляции обмоток ЭМ относительно ее корпуса и сопротивление изоляции между обмотками при рабочей температуре машины не должно быть ниже

$$R_{60} = \frac{U}{1000 + \frac{P}{100}},$$

где  $R_{60}$  – сопротивление изоляции, измеренное после приложения напряжения мегаомметра через 60 с, МОм;  $U$  – номинальное напряжение обмотки ЭМ, В;  $P$  – номинальная мощность машины, кВт.

При этом сопротивление изоляции обмоток ЭМ должно быть не менее 0,5 МОм.

Если измерение сопротивления изоляции происходит при температуре ниже рабочей, полученное из приведенного выражения сопротивление изоляции нужно удваивать на каждые 20 °С разности между рабочей температурой и температурой при измерении.

Сопротивление изоляции обмоток роторов ЭМ при температуре +10...-30 °С должно быть для генераторов и синхронных компенсаторов не менее 0,5 МОм, для электродвигателей – не менее 0,2 МОм.

Допускается ввод в эксплуатацию синхронных машин с неявнополюсными роторами, имеющими сопротивление изоляции не ниже 2 кОм при 75 °С или 20 кОм при 20 °С.

Измерение сопротивления изоляции обмоток роторов ЭМ производится мегаомметром на 1000 В (у синхронных генераторов и компенсаторов – 500 В).

Для безопасности по окончании измерения каждая обмотка соединяется с корпусом машины на время не менее 15 с при мощности машины до 1000 кВт и не менее 1 мин при большей мощности.

## *Испытание изоляции обмоток электрических машин повышенным напряжением*

Испытание изоляции обмоток электрических машин, имеющих шесть выводов, производится пофазно.

При испытании изоляции одной фазы две другие соединяются с корпусом.

Изоляция считается выдержавшей испытание, если не было ее пробоя. Появление короны или поверхностных скользящих разрядов при этом не принимается во внимание, но считается пробоем пробой по поверхности изоляции с ее повреждением.

## *Измерение сопротивления постоянному току обмоток электрических машин*

Измерение сопротивления обмоток постоянному току производится для выявления дефектов – некачественных соединений, витковых замыканий, а также ошибок в схеме соединений, уточнения параметров, используемых при расчетах.

Сопротивление измеряется или с помощью амперметра и вольтметра, или двойным мостом.

При сопротивлении более 1 Ом можно применить двойной мост.

Сопротивление постоянному току обмоток ЭМ с тремя выводами обмоток, когда соединение обмоток в звезду или треугольник выполнено внутри машины, производится между каждыми двумя выводами попарно. Сопротивление обмотки зависит от ее температуры, поэтому имеет большое значение правильное определение температуры обмотки. Для измерения температуры применяются заложенные температурные индикаторы или встраиваемые термометры или температурные индикаторы.

При измерении сопротивления обмоток постоянному току в холодном состоянии машины температура обмоток не должна отличаться от температуры окружающей среды более чем на  $\pm 3^\circ\text{C}$ .

Если невозможно измерить температуру обмоток машины, то она должна находиться в месте измерения сопротивления обмоток в нерабочем состоянии до тех пор, пока ее температура не примет температуру окружающей среды. При этом температурой обмоток является температура окружающей среды во время измерения сопротивления.

Измерение сопротивления повторяют несколько раз. Результаты измерения одного и того же сопротивления не должны отличаться от среднего более чем на  $\pm 0,5\%$ . За действительное сопротивление принимается среднее арифметическое результатов всех измерений, удовлетворяющих этому требованию.

### *5.1.8. Первый пуск электродвигателя*

Первый пробный пуск электродвигателя производится после окончания всех его испытаний при их положительных результатах.

Пуск двигателя производится наладчиками в присутствии представителей электромонтажной организации, монтажников технологического оборудования и представителей заказчика. При этом пускаются последовательно несколько электродвигателей, входящих в одну электроустановку.

Перед пуском двигателя необходимо проверить комплектность двигателя, его крепление, состояние передачи от двигателя к механизму, наличие ее кожуха и кожуха вентилятора двигателя, наличие смазки в подшипниках, устройство заземления (зануления). Все виды защит двигателя должны быть испытаны и поставлены на минимальные установки.

Перед пробным пуском двигателя нужно повернуть его вал и проверить свободный ход двигателя.

На случай отказа схемы управления двигателем при его отключении нужно предусмотреть аварийное снятие напряжения, например, ближайшим рубильником.

При двигателе большой мощности или протяженном механизме нужно расставить наблюдающих за работой двигателя и механизма.

Сначала двигатель пускается на 1-2 с. При этом проверяется направление вращения, работа механической части и поведение механизма.

При нормальном первом включении двигатель включается до разгона на полные обороты. При этом следят за током нагрузки по амперметру и поведению двигателя, за состоянием защиты, работой щеток при их наличии, по звуку определяют, нет ли задевания вращающихся частей за неподвижные, нет ли вибрации, нагрева подшипников.

При всех замеченных неполадках двигатель немедленно отключается без предупреждения.

При удовлетворительных результатах пробных пусков двигатель включается на более продолжительное время на обкатку. При этом проверяют нагрев подшипников, обмоток, стали магнитопровода.

При пробных пусках двигатель-генераторов необходимо разомкнуть цепь обмоток возбуждения генератора.

### *5.1.9. Измерение вибрации электрических машин*

Величина вибрации измеряется на всех подшипниках электрической машины в горизонтально-поперечном (перпендикулярно оси вала), горизонтально-осевом и вертикальном направлениях.

Измерение в двух первых направлениях производится на уровне оси вала, в вертикальном направлении – в наивысшей точке крышки подшипника.

Вибрация измеряется виброметрами.

Повышенная вибрация может быть вызвана электромагнитными или механическими причинами.

*Электромагнитные причины:*

– неправильное выполнение соединений отдельных частей или фаз обмоток;

- недостаточная жесткость корпуса статора, вследствие чего активная сталь якоря притягивается к полюсам индуктора и вибрирует;
- неудачное соотношение чисел зубцов магнитопровода статора и ротора;
- замыкания различного вида в обмотках ЭМ;
- обрывы одной или нескольких параллельных ветвей обмоток;
- неравномерный воздушный зазор между статором и ротором.

*Механические причины:*

- неправильная центровка ЭМ с рабочей машиной;
- неисправности в соединительной муфте (перекос полумуфт, износ соединительных пальцев);
- искривление вала;
- неуравновешенность вращающихся частей ЭМ или рабочей машины;
- ослабление крепления или посадки вращающихся частей.

### *5.1.10. Сушка электрических машин*

Если при измерении сопротивления изоляции обмоток электрической машины сопротивление изоляции ниже нормы (табл. 5.1), то ЭМ подлежит сушке.

Целью сушки является удаление влаги из обмоток машины. Существует несколько методов сушки электрических машин: внешним нагреванием, нагреванием током от постороннего источника, нагреванием током короткого замыкания, вентиляционными потерями, потерями в активной стали или потерями в корпусе машины.

При малой эффективности одного метода сушки можно применить два метода комбинированно.

Метод сушки выбирается в зависимости от имеющихся возможностей и степени увлажненности изоляции. Наиболее интенсивной сушкой сильно увлажнен-

ной изоляции является сушка током. При этом следует учесть, что сушка током сильно увлажненной изоляции может привести к ее вспучиванию.

Постоянный ток может оказать электрическое действие. Поэтому сушку сильно увлажненной изоляции рекомендуется производить другими методами, например, внешним нагревом.

Чтобы избежать излишней потери тепла, машину нужно защитить от внешнего воздуха во время сушки, но создать возможность вентиляции для удаления влаги.

Рекомендуется во время сушки измерять температуру обмоток и стали термометрами. При этом температура в наиболее горячем месте не должна превышать  $70^{\circ}\text{C}$ .

При сушке нагревать обмотку и сталь магнитопровода нужно постепенно, иначе при быстром нагреве температура внутренних частей может достичь опасной величины при нормальном нагреве наружных частей.

Кроме того, при разной степени расширения обмотки, магнитопровода и деталей машины возможны механические повреждения.

При сушке током необходимая плавность повышения температуры обмотки может быть достигнута временным его отключением.

В начале сушки машины ее сопротивление изоляции обычно понижается по мере нагревания, потом начинает возрастать, потом становится постоянным или немного меняется в процессе сушки.

Сопротивление изоляции машины в процессе сушки измеряется в нагретом состоянии. Наименьшая величина сопротивления изоляции, при которой машина может быть включена в сеть, составляет  $1\text{ кОм}$  на  $1\text{ Вт}$  номинального напряжения машины, но не ниже  $0,5\text{ МОм}$ .

*Сушка внешним нагревом* производится с разборкой машины. Разборка машины необходима как для улучшения сушки и сокращения ее времени, так и для полного удаления влаги и ржавчины из зазора машины при сильном ее увлажнении.



Простейшим способом сушки внешним нагревом является нагрев лампами накаливания, помещенными внутрь статора машины на лист асбеста.

Вместо ламп накаливания внешний нагрев может осуществляться также с помощью трубчатых электронагревателей (ТЭН) соответствующих размеров и мощности, устанавливаемых внутрь статора на теплостойкую подкладку.

Нагрев статора машины может осуществляться струей горячего воздуха от воздухонагревателя, например, электрокалорифера.

Нагрев также осуществляется в специальном сушильном шкафу или около источника тепла. Возможна сушка машины в жаркий день на солнце.

*Сушка током от посторонних источников возможна* тогда, когда изоляция машины не сильно увлажнена – нет капель влаги, и имеется источник низкого напряжения для получения нужного тока для сушки, Этот ток должен быть не больше 0,5 номинального тока машины.

*Сушка асинхронных двигателей.* При сушке асинхронного двигателя трехфазным током его ротор надежно затормаживают, а к статору подводят ток напряжением около 0,1 номинального напряжения двигателя. Обмотка фазного ротора замыкается накоротко.

Сушить таким способом двигатель можно при вынутом роторе.

Сушка двигателей с двойной клеткой на роторе производится при вынутом роторе во избежание перегрева обмотки ротора.

*Сушка синхронных машин.* Синхронные машины могут сушиться также трехфазным током, при этом ротор должен быть вынут во избежание перегрева его обмоток вращающимся полем статора от потерь в обмотках.

Величина необходимого напряжения находится в тех же пределах, что и для асинхронного двигателя.



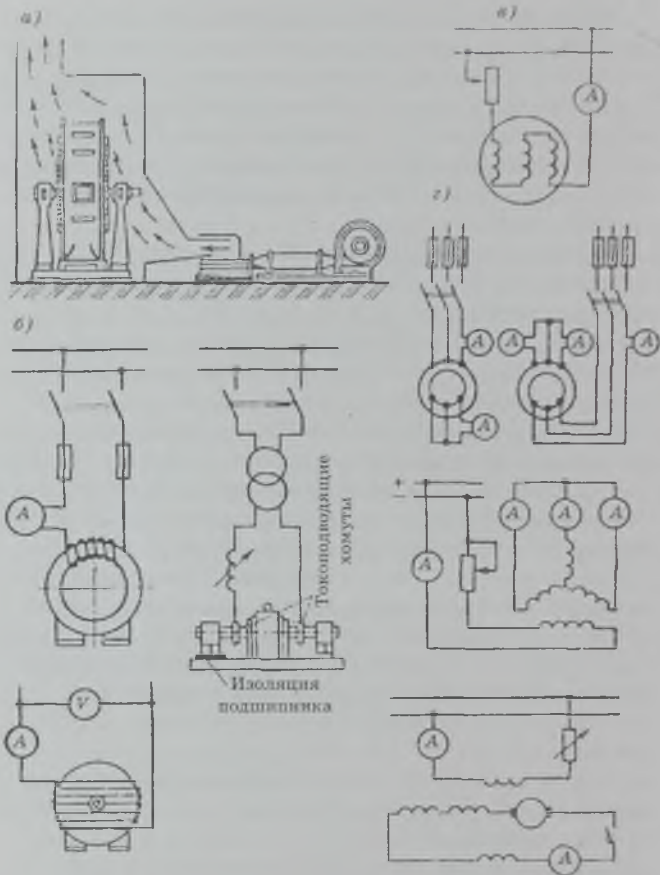


Рис. 5.2. Способы сушки электрических машин:  
 а – непосредственным нагревом теплым воздухом;  
 б – методом индукционных потерь; в – методом потерь в обмотках; г – методом короткого замыкания обмоток

Сушка может производиться без вышки ротора однофазным током, при этом обмотки статора должны быть включены по схеме разомкнутого треугольника. При таком соединении обмоток отсутствует трансформаторная связь с роторными обмотками. Необходимое напряжение при сушке находится в тех же пределах.

*Сушка машин постоянного тока.* При этом подается постоянный ток низкого напряжения в последовательную цепь машины, состоящую из обмоток якоря и добавочных полюсов.

Величину напряжения определяют по величине сопротивления всей цепи и необходимому току.

Якорь при сушке нужно периодически поворачивать для того, чтобы все катушки обмоток поочередно включались в цепь. Параллельную обмотку возбуждения можно сушить отдельно.

При сушке этим методом следует учитывать, что при незначительном сдвиге щеток с нейтрали машина может пойти в ход и развить опасную частоту вращения. Поэтому в случае необходимости машину нужно выключить постепенным снижением напряжения сушки.

### *5.1.11. Испытания асинхронных электродвигателей*

Согласно ПУЭ асинхронные электродвигатели (АД) напряжением до 1000 В испытываются в следующем объеме.

#### *Измерение сопротивления изоляции*

Величины сопротивления изоляции АД должны соответствовать нормам, приведенным в табл. 5.3.

#### *Измерение сопротивления постоянному току реостатов и пускорегулировочных сопротивлений*

Измеряется общее сопротивление и проверяется целостность отпаек. Величина сопротивления не должна отличаться от паспортных данных более чем на 10%.

### *Проверка работы АД на холостом ходу или с ненагруженным механизмом*

Проверка производится после пробных пусков двигателя и устранения всех замечаний. Продолжительность проверки составляет не менее 1 ч.

При этом могут выявиться механические и электромагнитные неполадки в двигателе, которые устраняются.

*Таблица 5.3*

### *Допустимые значения сопротивления изоляции электродвигателей переменного тока*

Испытуемый объект	Напряжение мегомметра, В	Норма
Обмотка статора электродвигателя напряжением до 1000 В	1000-500	Величина сопротивления изоляции должна быть не менее 0,5 МОм при температуре +10...+30 °С
Обмотка ротора синхронных электродвигателей и электродвигателей с фазным ротором		Величина сопротивления и изоляции должна быть не менее 0,2 МОм при температуре +10...+30 °С. Допускается ввод в эксплуатацию неявнополюсных роторов, имеющих сопротивление изоляции не ниже 2 кОм при температуре +75 °С или 20 кОм при +20 °С

### *Проверка работы электродвигателя под нагрузкой*

Проверка производится после удовлетворительной проверки на холостом ходу. Проверка под нагрузкой производится при мощности, требуемой технологическим оборудованием к моменту сдачи в эксплуатацию. Для электродвигателей с регулируемой частотой вращения определяются пределы регулирования.

В табл. 5.4 приведены общие неисправности электрических машин и способы их устранения.

**Общие неисправности электрических машин и способы их устранения**

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
На коллекторе или контактных кольцах имеются пятна с матовым оттенком, что вызывает искрение щеток	Пятна образовались из-за длительного простоя машины.	Проточить коллектор (кольца).
Контактные кольца изнашиваются неравномерно	Перенос частиц металла с отрицательного кольца на щетку.	Проточить и отшлифовать кольцо. В дальнейшем 2 раза в год менять полярность контактных колец.
Коллектор и контактные кольца подвергаются повышенному нагреву и неравномерному износу	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Установлены слишком твердые щетки.</li> <li>2. Большое давление щеток на коллектор (контактные кольца).</li> <li>3. Щетки образуют на коллекторе кольцевые «дорожки».</li> <li>4. Образование кольцевых дорожек из-за применения различных щеток</li> <li>5. Вибрация якоря (ротора)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Установить щетки, рекомендуемые заводом-изготовителем.</li> <li>2. Установить давление в соответствии с данными завода-изготовителя.</li> <li>3. Расставить щетки одной пары соседних брикетов по одним кольцевым дорожкам коллектора, а щетки другой пары - по другим.</li> <li>4. Установить рекомендуемые заводом-изготовителем щетки или на каждый брикет установить щетки одной марки</li> </ol>

<p>Чрезмерный износ щеток</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Поверхность коллектора (контактных колец) стала неровной.</li> <li>2. Щетки сильно искрят вследствие плохой коммутации.</li> <li>3. Ток неравномерно распределяется между щетками.</li> <li>4. Коллектор (контактные кольца) загрязнен пылью.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Проточить и отшлифовать поверхность.</li> <li>2. Наладить коммутацию</li> <li>3. Проверить состояние всех контактов щеточного аппарата.</li> <li>4. Очистить и оградить машину от попадания пыли.</li> </ol>
<p>Пробой обмотки на корпус</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обмотки увлажнились.</li> <li>2. Машина загрязнена из-за образования пыли при чрезмерном износе щеток, коллекторов и контактных колец.</li> <li>3. Машина загрязнена из-за попадания загрязненного воздуха через неплотности с замкнутой или приточной вентиляцией.</li> <li>4. Неисправность воздушных фильтров.</li> <li>5. Недостаточный уход за машиной.</li> <li>6. Конструктивное исполнение машины не соответствует окружающей среде (кислотные или щелочные пары или газы).</li> <li>7. Из-за длительного перегрева обмотки изоляция машины становится хрупкой и гигроскопичной.</li> <li>8. Изоляция устарела.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Принять меры по предотвращению увлажнения.</li> <li>2. Уплотнить корпус машины.</li> <li>3. Уплотнить корпус машины и воздухопроводы.</li> <li>4. Отремонтировать воздушные фильтры.</li> <li>5. Соблюдать график ППР и осмотров.</li> <li>6. Применить машину соответствующей конструкции.</li> <li>7. Устранить перегрев машины.</li> <li>8. Заменить изоляцию.</li> </ol>

Нарушены пайки в обмотках (петушки в коллекторе, хомутики якорей)	1.Пайка выполнена недоброкачественно.  2.При пайке был выбран неподходящий припой	1.Провести перепайку и проверить качество пайки методом падения напряжения. 2.То же
Распаялись кабельные наконечники, межкатушечные соединения	Пайка выполнена недоброкачественно.	Провести пайку фосфористым припоем или контактной сваркой.
Распаялись проволочные бандажи	Использован слишком легкоплавкий припой.	Провести пайку припоем.
Сильно перегреты контактные болты	1. Недостаточно затянуты гайки контактных болтов. 2. Мала площадь сечения контактных болтов.	1.Подтянуть гайки.  2.Увеличить площадь сечения контактных болтов.
Перегреты подшипники скольжения	1.Недостаточная подача масла.  2.Загрязнено масло.  3.В масло попадает вода через неплотности в маслоохладителе. 4.Использовано масло несоответствующего сорта. 5.Материал заливки подшипника не соответствует условиям его работы. 6.Искривлен вал или его шейки.  7.Неправильная центровка 8.Велико радиальное давление на подшипник из-за слишком сильного натяжения ремня.	1.При кольцевой смазке проверить состояние смазочных колец. 2.Очистить и промыть всю масляную систему, сменить масло. 3.Ликвидировать неплотности в маслоохладителе.  4. Выбрать сорт масла в соответствии с заводом-изготовителем. 5.Перезалить вкладыш баббитом, соответствующим рекомендациям завода-изготовителя. 6.Устранить искривление вала специальной правкой. 7.Отцентровать вал.  8.Отрегулировать натяжение ремня.



<p>Из подшипника скольжения с принудительной смазкой вытекает масло</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Слишком большая подача масла.</li> <li>2. Слишком велико давление масла в напорном маслопроводе.</li> <li>3. Слишком мало отверстие для стока масла.</li> <li>4. Лабиринтные уплотнения плохо пригнаны или изношены.</li> <li>5. Число лабиринтных уплотнений недостаточно или плоха их конструкция.</li> <li>6. Повышенное давление масляных паров внутри подшипника.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отрегулировать подачу масла, уменьшив отверстие диафрагмы. напорного патрубка</li> <li>2. Понизить давление масла перед подшипником до 25-50 кПа.</li> <li>3. Увеличить отверстие для стока масла в нижнем вкладыше и сливном патрубке.</li> <li>4. Пригнать уплотнения по валу. При износе – заменить.</li> <li>5. Установить дополнительные уплотнения или заменить более совершенными.</li> <li>6. Отвести образующиеся пары, ввернув в верхнюю часть крышки трубку.</li> </ol>
<p>Из подшипника с кольцевой смазкой вытекает масло</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обильная смазка.</li> <li>2. Малы размеры для стока масла в нижней части вкладыша.</li> <li>3. Из-за сильного вентилирующего действия воздух продувается через подшипник и прогоняет масло по валу.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Установить уровень масла по маслоуказателю.</li> <li>2. Увеличить диаметр или число отверстий для стока масла.</li> <li>3. Установить дополнительные уплотнения.</li> </ol>
<p>Масло или масляные пары попадают внутрь машины</p>	<p>Масло или масляные пары засасываются из подшипников внутрь машины потоком воздуха, создаваемого вентилятором или ротором.</p>	<p>Устранить дефекты в подшипниках.</p>



<p>Подшипник качения перегревается</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Подшипник и смазка загрязнены. Велико трение между набивкой и валом.</li> <li>2. Избыток смазки в подшипнике вызывает потери на трение.</li> <li>3. Изношены или разрушены детали подшипника.</li> <li>4. Неправильно выбран подшипник</li> <li>5. Слишком велика нагрузка от передачи.</li> <li>6. Неточная центровка.</li> <li>7. Подшипник установлен неправильно.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Проверить правильность установки набивки. Заложить новую смазку.</li> <li>2. Уменьшить количество смазки.</li> <li>3. Заменить подшипник.</li> <li>4. Проверить соответствие подшипника заводским данным.</li> <li>5. Ослабить натяжение ремня.</li> <li>6. Проверить центровку.</li> <li>7. Проверить установку подшипника.</li> </ol>
<p>Из подшипников качения выбирается масло</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Выбрана смазка с низкой температурой каплепадения.</li> <li>2. Сработались уплотнения.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Сменить уплотняющий элемент или заменить уплотнение более совершенным.</li> </ol>
<p>Подшипник качения нагревается, слышен сильный шум</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Подшипник загрязнен.</li> <li>2. Подшипник сильно изношен.</li> <li>3. Сепаратор задевает за сопряженные с подшипником детали.</li> <li>4. Плохая центровка машины.</li> <li>5. Внутреннее кольцо подшипника неплотно сидит на валу.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Удалить старую смазку, промыть и заложить новую.</li> <li>2. Заменить подшипник.</li> <li>3. Вскрыть подшипник и устранить задевание.</li> <li>4. Проверить центровку.</li> <li>5. Заменить подшипник новым.</li> </ol>

<p>Вибрация машины</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Неуравновешены ротор, шкив, муфта, добавочные маховики.</li> <li>2. Сместилась обмотка ротора.</li> <li>3. Неправильная центровка.</li> <li>4. Имеются дефекты в зубчатых передачах.</li> <li>5. Неисправна соединительная муфта</li> <li>6. Лабиринтные уплотнения подшипников или маслоулавливающих колец задевают за вал.</li> <li>7. Недостаточно закреплены вращающиеся части на валу</li> <li>8. Вал искривлен, шейки вала имеют овальную форму.</li> <li>9. Недостаточная жесткость подшипниковых стояков отдельных частей фундамента</li> <li>10. Большой или малый зазор между шейками вала и вкладышами</li> <li>11. Недостаточное крепление.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отбалансировать.</li> <li>2. Укрепить обмотку, установив дополнительные бандажки.</li> <li>3. Проверить центровку валов и в случае надобности исправить ее.</li> <li>4. Отремонтировать или заменить зубчатую пару</li> <li>5. Проверить правильность посадки и устранить биение обеих полумуфт.</li> <li>6. Проверить уплотнения или кольца по валу, установив рекомендуемый зазор.</li> <li>7. Проверить крепление и надежно укрепить вращающиеся части</li> <li>8. Выявить биение вала и его шеек. Овальность исправить шлифовкой или проточкой. Вал выправить.</li> <li>9. Убедившись, что другие причины вибрации отсутствуют, наметить конструктивные мероприятия.</li> <li>10. Установить зазор между шейками вала и вкладышами в соответствии с данными завода-изготовителя.</li> <li>11. Проверить затяжку анкерных болтов и болтов крепления подшипниковых стояков. При необходимости установить дополнительные клинья и вновь залить фундаментальную плиту цементным раствором.</li> </ol>
------------------------	--	---

	<p>12. Неравномерная осадка фундамента или его колебание вследствие передачи вибрации от механизмов.</p> <p>13. Возникли ненормальные электромагнитные явления: катушки полюсов синхронных машин неправильно соединены между собой; обрыв в стержнях ротора короткозамкнутого асинхронного двигателя.</p> <p>Обрыв в демпферных стержнях синхронных машин, велика неравномерность зазора между ротором и статором.</p>	<p>12. Реконструировать фундамент.</p> <p>13. Проверить полярность и исправить неправильное соединение.</p> <p>Найти место обрыва, перепаять его или заменить лопнувший стержень новым.</p> <p>Отрегулировать зазор между ротором и статором.</p>
--	--	---

## 5.2. Трансформаторы

### 5.2.1. Объем испытаний

Для трансформаторов испытания проводят в следующем объеме:

1. Измерение характеристик изоляции;
2. Измерение сопротивления обмоток постоянному току;
3. Проверка работы переключающего устройства;
4. Испытание бака с радиаторами гидравлическим давлением;
5. Проверка состояния индикаторного силикагеля;
6. Фазировка трансформаторов;
7. Испытание трансформаторного масла;
8. Испытание включением толчком на номинальное напряжение.

### 5.2.2. Измерение сопротивления обмоток постоянному току

Измерение можно производить способом падения напряжения или при помощи моста. Величина постоянного тока при измерении – не более  $0,2I_n$  трансформатора.

При измерении сопротивления одной обмотки другие обмотки должны быть разомкнуты при всех положениях переключающего устройства.

При измерении линейных сопротивлений измеряется одно из фазных сопротивлений.

Источник питания при измерении – аккумуляторная батарея. Допустимо применение выпрямительного устройства с пульсацией напряжения не более 1%. Должны применяться приборы класса точности не менее 0,5. При измерении способом падения напряжения применяется одна из схем, приведенных на рис. 5.3.

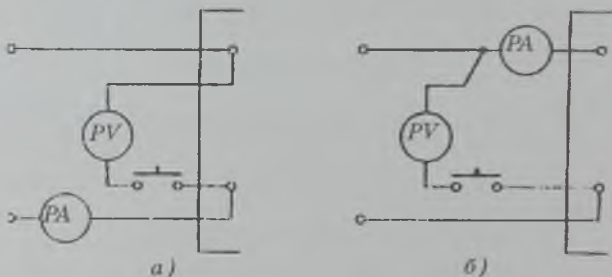


Рис. 5.3. Схемы измерения сопротивления обмоток трансформатора постоянному току:  
а) при сопротивлении меньше 10 Ом;  
б) при сопротивлении больше 10 Ом

Измерение при помощи моста производится в соответствии с инструкцией на измерительный мост постоянного тока.

Измерение сопротивления менее 0,0001 Ом производится с помощью двойного измерительного моста.

### 5.2.3. Измерение характеристик изоляции

К таким параметрам относятся сопротивление изоляции  $R_{из}$ , тангенс угла диэлектрических потерь  $tg\delta$  и емкость изоляции  $C$ .

Измерительные приборы:

1. Мегомметр постоянного напряжения не менее 2500 В. Допускается применение мегомметра на 1000 В для измерения сопротивления изоляции трансформатора с высшим напряжением до 10 кВ включительно.

2. Измерительный мост с питанием от источника переменного напряжения 50 Гц для измерения  $tg\delta$  и  $C$  обмоток. Температура обмотки при измерении не менее +10 С.

### 5.2.4. Измерение сопротивления изоляции обмотки и определение коэффициента адсорбции

При измерении сопротивления изоляции обмоток отсчет производится дважды: через 15 и 60 с. Действительное сопротивление изоляции – сопротивление, измеренное через 60 с.

Коэффициент адсорбции:

$$K_{ад} = \frac{R_{60}}{R_{15}},$$

где  $R_{60}$  – величина  $R_{из}$  при отсчете через 60 с после появления на трансформаторе напряжения, при котором производится измерение,  $R_{15}$  – то же, через 15 с.

Измерение  $tg\delta$  и  $C$  обмоток показано на рис. 5.4.

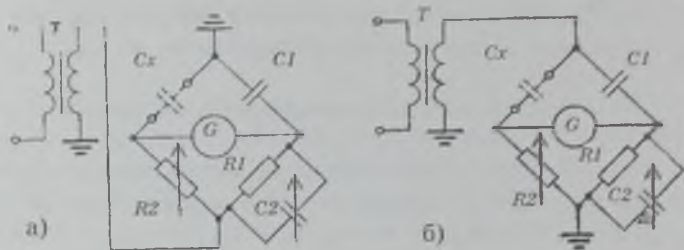


Рис. 5.4. Схемы измерения угла диэлектрических потерь и емкости изоляции обмоток трансформатора  $C$ : а) перевернутая схема; б) нормальная схема;

$T$  – питающий трансформатор;  $C1$  – образцовый конденсатор;  $R2$  – регулировочный резистор;

$C7$  – регулировочный конденсатор;

$Cx$  – испытуемый объект;  $G$  – гальванометр

### 5.2.5. Проверка работы переключающего устройства

Для проверки действия контактов переключающего устройства снимается зависимость моментов действия контактов от угла поворота вала привода переключающего устройства (ПУ).

Диаграммы следует снимать однократно в обоих направлениях переключения на заданных фиксированных положениях ПУ, для трехфазного ПУ одновременно для всех фаз.

При снятии диаграммы переключающего устройства отсчет углов поворота вала производится одним из следующих методов:

1. Визуально при управлении приводом вручную.

Углы поворота отсчитываются по положению указателя, установленного на валу привода, относительно неподвижно установленного лимба, моменты действия контактов фиксируются при помощи сигнальных ламп или измерительным прибором.

2. Осциллографированием моментов действия контактов и работы регистратора углов поворота вала при-

вода. В данном случае привод должен работать от электродвигателя.

### *5.2.6. Испытание бака с радиаторами гидравлическим давлением*

Испытание производится гидравлическим давлением столба масла, высота которого над уровнем заполненного расширителя принимается:

- для трубчатых и гладких баков – 0,6 м;
- для баков волнистых, радиаторных или с охладителями – 0,3 м.

Продолжительность испытания – 3 ч при температуре масла не ниже +10 С.

Целью испытаний является проверка бака на отсутствие течи масла.

### *5.2.7. Проверка состояния индикаторного силикагеля*

Силикагель должен иметь равномерную голубую окраску зерен. Изменение цвета зерен свидетельствует о его увлажнении.

### *5.2.8. Фазировка трансформаторов*

Фазировка трансформаторов проводится для включения их на параллельную работу.

Условия параллельной работы трансформаторов:

- тождественность групп соединений обмоток;
- равенство коэффициентов трансформации линейных напряжений при холостом ходе;
- равенство напряжений короткого замыкания.

Фазировка трансформаторов – проверка совпадения фаз вторичных напряжений у двух трансформаторов, включаемых на параллельную работу.

Как правило, фазировка выполняется на низшем напряжении трансформаторов. На обмотках напряжени-



ем до 1000 В фазировка проводится вольтметром на соответствующее напряжение.

Для получения замкнутого электрического контура при выполнении измерений фазуемые обмотки следует предварительно соединить в одной точке. У обмоток с заземленными нейтральями такой точкой является соединение нейтралей через землю (рис. 5.5).

У обмоток с изолированной нейтралью перед фазировкой соединяются любые два вывода фазуемых обмоток.

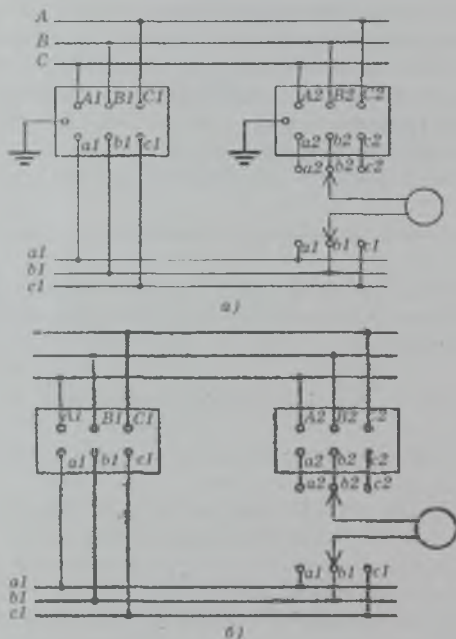


Рис. 5.5. Схемы фазировки трансформаторов:  
 а) с заземленными нейтральями вторичных обмоток; б) с изолированными нейтральями вторичных обмоток

### 5.2.9. Испытание трансформаторного масла

Свежее масло перед заливкой вновь вводимых трансформаторов, прибывающих без масла, должно быть испытано по показателям пп. 4-12 табл. 5.5.

Испытание масла, залитого в трансформатор, перед включением его под напряжение после монтажа производится по показателям пп.2-9 табл. 5.5.

Масло из трансформаторов I и II габаритов, прибывающих на монтаж заполненными маслом, при наличии удовлетворительных данных заводских испытаний, проведенных не более чем за 6 месяцев до включения трансформатора в работу, разрешается испытывать только по показателям пп. 1 и 2 табл. 5.5.

Таблица 5.5

#### Предельно допустимые величины показателей качества трансформаторного масла

№	Показатель качества масла	Различные ГОСТы и ТУ	
1	Минимальное пробивное напряжение масла кВ, определяемое в стандартном сосуде, для трансформаторов и изоляторов напряжением: до 15 кВ 15-35 кВ 330-500 кВ	30	25
		35	30
		45	40
		55	50
2	Содержание механических примесей	Отсутствие (визуальной)	
3	Содержание взвешенного угля: в трансформаторах в выключателях	Отсутствие Отсутствие	
4	Кислотное число, мг КОН на 1 г масла, не более	0,02;	0,02;
		0,03;	0,03;
		0,01	0,01

5	Реакция водной вытяжки	Нейтральная	
6	Температура вспышки, °С, не ниже	135-150	135-150
7	Вязкость кинематическая, $1 \cdot 10^6$ м <sup>2</sup> /с, не более: при +20 °С при +50 °С	28-30 9,0	- -
8	Температура застывания, °С, не выше	-45...-53	-
9	Натровая проба в баллах, не более	1	-
10	Прозрачность при +5 °С	прозрачно	
11	Общая стабильность против окисления Количество осадка после окисления, %, не более  Кислотное число окисленного масла, мг КОН на 1 г масла, не более	0,01; 0,03 или от- сутствие 0,1; 0,03	
12	Тангенс угла диэлектрических потерь, %, не более: при +20 °С при +70 °С при +90 °С	0,2; 0,05 1,5% 2; 0,7; 0,3 1,5; 0,5	0,4; 0,1 2; 2,5; 1; 0,5 2; 0,7

Общие неисправности трансформаторов и способы их устранения приведены в табл. 5.6.

Таблица 5.6

### Общие неисправности трансформаторов и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Перегрев трансформатора	1. Перегрузка трансформатора.	1. Разгрузить трансформатор, отключив менее ответственные потребители или включив еще один трансформатор. 2. Улучшить вентиляцию помещения. 3. Долить масло до нормального уровня.

	<p>2. Слишком высокая температура в трансформаторном помещении.</p> <p>3. Уровень масла в трансформаторное ниже допустимого.</p>	<p>2. Улучшить вентиляцию помещения.</p> <p>3. Долить масло до нормального уровня.</p>
Ненормальное гудение трансформатора	<p>1. Слабая опрессовка шихтованного магнитопровода.</p> <p>2. Вибрируют крайние листы магнитопровода.</p>	<p>1. Подтянуть прессующие болты.</p> <p>2. Расклинить листы электрокартоном.</p>
Потрескивание внутри трансформатора	Обрыв заземления внутри трансформатора.	Восстановить заземление в полном соответствии его с заводом-изготовителем.
Газовая защита сработала на сигнал	<p>1. Слабое газообразование из-за небольших внутренних повреждений.</p> <p>2. Понижение уровня масла из-за снижения температуры или вследствие утечки масла.</p>	<p>1. Выявить места повреждения.</p> <p>2. Долить масло. Отремонтировать место течи.</p>
Газовая защита сработала на отключение	<p>1. Произошло замыкание между витками первичной или вторичной обмотки трансформатора.</p> <p>2. Произошло междуфазовое короткое замыкание.</p> <p>3. Образовался короткозамкнутый контур из-за повреждения изоляции болтов, стягивающих активную сталь.</p>	<p>1. Отремонтировать обмотки. При необходимости заменить масло.</p> <p>2. То же.</p> <p>3. Восстановить изоляцию.</p>

	<p>4.Произошло замыкание между листами активной стали.</p> <p>5.Интенсивно выделяется воздух из масла вследствие резкого похолодания или после заливки (очистки) масла.</p> <p>6.Значительно снизился уровень масла.</p>	<p>4.То же.</p> <p>5.Выпустить воздух из реле.</p> <p>6.Отключив защиту, долить масло.</p>
Вторичные напряжения не одинаковы при нагрузке. Первичные напряжения одинаковы	<p>1. Плохой контакт в соединении одного из зажимов.</p> <p>2.Плохой контакт внутри обмотки одной из фаз.</p> <p>3.Обрыв в первичной обмотке при соединении треугольник-звезда или треугольник-треугольник</p>	<p>1.Отремонтировать обмотки.</p> <p>2.То же.</p> <p>3.То же.</p>
Вторичные напряжения не одинаковы при нагрузке и холостом ходе. Первичные напряжения одинаковы	<p>1.Перепутаны начало и конец обмотки одной из фаз вторичной обмотки при соединении звездой.</p> <p>2.Обрыв в первичной обмотке при соединении звезда-звезда.</p>	<p>1.То же.</p> <p>2.То же.</p>
Пробой обмоток	Ухудшение качества масла и понижение его уровня. Износ изоляции.	Отремонтировать или заменить обмотки или долить масло.
Утечка масла	<p>1.Неплотность сварных швов.</p> <p>2.Неплотность между крышкой и баком.</p> <p>3.Неплотность в местах установки вводов.</p>	<p>1.Места утечек подварить, слив масло и вынув сердечник.</p> <p>2.Подтянуть болты или установить новое уплотнение.</p> <p>3.Подтянуть болты или заменить прокладку.</p>

### *5.2.10. Испытание включением трансформатора толчком на номинальное напряжение*

Производится включение трансформатора толчком на номинальное напряжение 3 – 5 раз. При этом не должно быть явлений, указывающих на неудовлетворительное состояние трансформатора.

## **5.3. Электрические аппараты, вторичные цепи и электропроводки напряжением до 1000 В**

### *5.3.1. Объем испытаний*

Электрические аппараты и вторичные цепи схем защиты управления, сигнализации и измерения испытываются в объеме:

1. Измерение сопротивления изоляции.
2. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты.
3. Проверка действия максимальных, минимальных или независимых расцепителей автоматов.
4. Проверка работы автоматов и контакторов при пониженном и номинальном напряжениях оперативного тока.
5. Проверка релейной аппаратуры.
6. Проверка полностью собранных схем на правильность функционирования при различных значениях оперативного тока.

### *5.3.2. Измерение сопротивления изоляции*

Сопротивление изоляции должно быть не ниже величин, приведенных в табл. 5.7.

**Наименьшие допустимые сопротивления  
изоляции аппаратов, вторичных цепей  
и электропроводки напряжением до 1000В**

Испытание изоляции	Напряже- ние мегомме- тра, В	Сопро- тивление изоляции, МОм	Примечание
Вторичные цепи управ- ления, защиты, сиг- нализации в релейно- контакторных схемах установок напряжением до 1000В	500-1000	0,5	Испытания про- водятся со всеми присоединенны- ми аппаратами
Цепи бесконтактных схем систем регулирования и управления, а также при- соединенные к ним эле- менты		По данным завода- изгото- вителя	
Цепи управления, за- щиты и возбуждения машин постоянного тока напряжением до 1100 В, присоединенные к цепям главного тока	500-1000	1	
Силовые и осветительные электропроводки	500-1000	0,5	Испытания в осветительных сетях проводят- ся при вынутых лампах и нали- чии зануления металлического светильника. Сопротивление изоляции изме- ряется между проводами и от- носительно зем- ли



Распределительные устройства, щиты и токопроводы напряжением до 1000 В	500-1000	0,5	Для каждой секции распределенного устройства
--	----------	-----	--

### *5.3.3. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты*

Величина испытательного напряжения для вторичных цепей схем защиты, управления, сигнализации и измерения со всеми присоединенными аппаратами – катушки приводов, автоматов, магнитные пускатели, контакторы, реле и т.д. до 1000 В.

Продолжительность приложения испытательного напряжения – 1 мин.

### *5.3.4. Проверка действия расцепителей автоматов*

Проверка действия расцепителей производится у автоматов с номинальным током 200 А и более. Пределы срабатывания расцепителей должны соответствовать заводским данным.

В табл. 5.9 и 5.10 приведены общие неисправности электрических аппаратов и осветительных установок и способы их устранения.

### *5.3.5. Проверка работы автоматов и контакторов*

В табл. 5.8 приведены величины напряжения и количество операций при испытании автоматов и контакторов многократными включениями и отключениями.

**Испытания контакторов и автоматов  
многократными включениями и отключениями**

Операция	Напряжение оперативно-го тока, % номинального	Количество операций
Включение	90	5
Включение и отключение	100	5
Отключение	80	10

### 5.3.6. Проверка релейной аппаратуры

Проверка реле защиты, управления, автоматики и сигнализации и других аппаратов производится в соответствии с действующими инструкциями.

Таблица 5.9

**Общие неисправности электрических аппаратов  
и способы их устранения**

Неисправность	Причина	Устранение
Пускатели, автоматы, реле, рубильники, кнопки управления		
Нет напряжения на выходе аппарата	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Подвижные контакты не касаются неподвижных из-за мусора, грязи или неисправности.</li> <li>2. Сильное окисление контактов.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Разобрать аппарат, проверить состояние контактов и устранить неисправность.</li> <li>2. Почистить контакты напильником, надфилем, стеклянной наждачной бумагой, растворителем в зависимости от величины и состояния контактов.</li> </ol>
Аппарат не срабатывает. Обгорание одного или более зажимов при соединении проводов у пускателей и автоматов вместе с корпусом. Перегрев и окисление зажимов присоединения	<p>Заклинен механизм из-за поломки или мусора. Слабо закреплен неподвижный контакт и нельзя достичь плотного прилегания к не-му подвижного.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Слабое затягивание зажимов</li> <li>2. Малое сечение проводов</li> </ol>	<p>Проверить и устранить неисправность. Заменить автомат, съемную часть пускателя, у новых аппаратов проверять крепление контактов.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Перебрать зажимы.</li> <li>2. Заменить провода</li> </ol>

Пускатели		
<p>Пускатель отключается при нагрузке</p> <p>На выходе пускателя нет одной или более фаз</p>	<p>1. Установка защиты аппарата не соответствует току нагрузки.</p> <p>2. Перегрузка пусковым током двигателя при затяжном пуске.</p> <p>Сгорание тепловых элементов защиты</p>	<p>1. Отрегулировать защиту аппарата.</p> <p>2. Проверить двигатель и приводимый механизм для выявления источника торможения при пуске.</p> <p>Заменить тепловые элементы или при их отсутствии в запасе – весь аппарат</p>
<p>Пускатель не включается</p>	<p>Отсутствие напряжения в цепи катушки пускателя по следующим причинам:</p> <p>1. Нет напряжения в питающей сети.</p> <p>2. Нет напряжения в цепи управления пускателя по следующим причинам:</p> <p>а) сработала защита</p> <p>б) обрыв цепи управления</p> <p>3. Нет напряжения на катушке:</p> <p>а) нет выхода напряжения от кнопок «Ход» или «Стоп»</p> <p>б) то же, для других аппаратов в цепи управления</p>	<p>1. Выяснить и устранить причину.</p> <p>а) нет выхода напряжения от кнопок «Ход» или «Стоп»</p> <p>б) то же, для других аппаратов в цепи управления</p> <p>а) проверить исправность кнопок, отсутствие в них загрязнений</p> <p>б) проверить контакты этих аппаратов</p>

<p>Пускатель не включается при наличии напряжения на вводе</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Окисление зажимов или контактов на вводе в катушку.</li> <li>2. Слабое нажатие в зажимах или контактах.</li> <li>3. Обрыв в обмотке катушки.</li> <li>4. Сгорела изоляция обмотки катушки по следующим причинам: <ol style="list-style-type: none"> <li>а) ухудшение сопротивления изоляции обмотки</li> <li>б) ток в катушке больше номинального, так как она рассчитана на меньшее напряжение</li> <li>в) при слабом прилегании якоря электромагнита воздушный зазор увеличен, из-за чего индуктивное сопротивление обмотки катушки уменьшено, и ток увеличен</li> <li>г) при пуске мощного двигателя при малой мощности трансформатора подстанции или ее большом удалении происходит падение напряжения, якорь пускателя прилегает неплотно и вибрирует, что увеличивает ток в катушке</li> <li>д) частые пуски двигателя, когда его пытаются пустить в заклиненном положении, ведут к падению напряжения и перегреву катушки</li> </ol> </li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Зачистить зажимы или контакты.</li> <li>2. Устранить регулировкой контактов или затягиванием зажимов.</li> <li>3. Заменить катушку</li> </ol> <p>а) заменить катушку</p> <p>б) применить катушку на соответствующее напряжение</p> <p>в) устранить причину неплотного прилегания якоря электромагнита</p> <p>г) в данных условиях пускатель можно заменить автоматом</p> <p>д) не пускать в ход заклиненный двигатель</p>
--	---	---

<p>Пускатель не включается при наличии напряжения на катушке</p>	<p>Пускатель заклинен при замерзании влаги в его зазорах или по другим причинам. Уменьшение напряжения по следующим причинам:</p>	<p>Разобрать и собрать пускатель.</p>
<p>Вибрация и искрение пускателя</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Мала мощность трансформатора для данного двигателя.</li> <li>2. Большая удаленность подстанции при проводах малого сечения</li> <li>3. Несимметрия питающего напряжения.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Замена пускателя на автомат и контроль нагрева двигателя.</li> <li>2. Замена проводов на провода большего сечения</li> <li>3. Измерить напряжение и при наличии несимметрии устранить ее.</li> </ol>
<p>Пускатель включается, но двигатель не работает</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Пускатель заклинен.</li> <li>2. Ослабло крепление деталей пускателя.</li> <li>3. Окислились детали магнитопровода в зазоре.</li> <li>4. Неплотности контактов или зажимов в цепи управления.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Разобрать пускатель и устранить неисправности.</li> <li>2. Закрепить детали пускателя.</li> <li>3. Почистить детали магнитопровода.</li> <li>4. Проверить состояние контактов и зажимов</li> </ol>
<p>Пускатель ненормально гудит</p>	<p>Отпаялись контакты от контактных мостиков</p>	<p>Заменить контактные мостики</p>
<p>Пускатель не отключается</p>	<p>Неплотное прилегание якоря магнитопровода по нижеперечисленным причинам:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Кнопка «Ход» заклинена во включенном положении</li> </ol>	<p>Устранить неисправности</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Расширить гнездо хода толкателя кнопки.</li> </ol>

	<p>2. Контакты кнопки «Ход» шунтированы замыканием тока цепи управления по пластмассовому корпусу, в котором они закреплены.</p> <p>3. Замыкание в проводах цепи управления при их повреждении.</p> <p>4. Приварились контакты пускателя при длительном токе, большем номинального для данного пускателя.</p> <p>5. Пускатель заклинен из-за механических неисправностей.</p> <p>6. Залипание якоря магнитной системы, т.е. якорь не отпадает при отключении тока в катушке.</p> <p>7. Слаба пружина, возвращающая якорь в отключенное положение.</p>	<p>2. Заменить кнопочный элемент.</p> <p>3. Найти и устранить неисправность.</p> <p>4. Рассоединить и зачистить контакты. Если ток нельзя уменьшить, заменить пускатель.</p> <p>5. Устранить неисправности.</p> <p>6. Заменить линейное напряжение в цепи управления на фазное с заменой катушки на соответствующее напряжение.</p> <p>7. Заменить пружину.</p>
--	---	---

#### Автоматические выключатели

<p>Автомат не включается</p>	<p><i>Механические причины:</i></p> <p>1. Препятствие ходу назад включающей рукоятки при подготовке рычагов механизма к включению.</p> <p>2. Не входит в зацепление рычаг механизма свободного расцепления.</p>	<p>1. Расширить гнездо в крышке автомата, в котором ходит рукоятка. Отогнуть деталь, мешающую ее ходу.</p> <p>2. При невозможности ремонта заменить автомат.</p>
------------------------------	---	--



<p>Отключение автомата во время работы</p>	<p>3. Разрегулирован механизм тепловой защиты и отключает автомат при перегрузке.</p> <p>4. При включении выключателя при снятой крышке действует блокировка от такого включения при ее наличии.</p> <p><i>Электрические причины:</i> срабатывание от тока короткого замыкания или перегрузки</p> <p>1. Короткое замыкание или перегрузка.</p> <p>2. Нагрев жазимов проводов и передача тепла на тепловые элементы защиты.</p> <p>3. Несимметрия питающего напряжения, приводящая к увеличению тока, потребляемого двигателями.</p>	<p>3. Отрегулировать механизм.</p> <p>4. Не включать автомат при снятой крышке</p> <p>1. Найти причину неисправности в сети или в электроприемнике.</p> <p>2. Разобрать, зачистить и собрать зажимы.</p> <p>3. Устранить несимметрию напряжения.</p>
--	---	--

#### Кнопочные посты

<p>Кнопки не поддаются воздействию</p> <p>Кнопка «Ход» не включает</p>	<p>1. При низкой температуре вода застыла в зазорах.</p> <p>2. Застыла резина герметизации кнопочных постов при низкой температуре.</p> <p>Слой льда или пыли на контактах</p>	<p>1. Оттаивание факелом (при отсутствии пожарной опасности) или горячей водой.</p> <p>2. Оттаивание, в дальнейшем применять кнопочные посты с морозостойкой резиной.</p> <p>Чистка, в дальнейшем герметизация</p>
--	--	--



Кнопка «Стоп» не отключает	1. Неподвижные контакты кнопочного элемента замкнуты по пыли. 2. Пробой по пластмассе корпуса между теми же контактами. 3. Поломка кнопочных элементов.	1. Чистка от пыли. 2. Замена кнопочных элементов. 3. Замена кнопочных элементов.
----------------------------	---	--

Таблица 5.10

*Общие неисправности осветительных установок и способы их устранения*

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Розетки, выключатели, патроны		
Периодические отказы	1. Провод внутри корпуса изделия отсоединился от зажима и иногда его касается. 2. Слабо затянуты детали крепления внутри изделий. 3. Неплотное соединение деталей розетки и вилки, цоколя лампы и лепестков в патроне, подвижных и неподвижных контактов в выключателе.	1. Разобрать корпус и присоединить провод. 2. Затянуть соединения, при нарушении резьбы заменить детали. 3. Устранить неисправности или заменить изделия.
Сильный нагрев розеток и вилок	Окисление деталей розеток и вилок при ослаблении их соединений между собой или при слабом контакте в гнездах	Заменить детали или изделия

Установки с лампами накаливания

Освещение не включается	<p>1. Выключается автомат при включении по причинам:</p> <p>а) неисправен автомат</p> <p>б) замыкание в сети освещения или в светильнике.</p> <p>2. Лампа не касается контактов в патроне:</p> <p>а) контакты отогнулись</p> <p>б) обгорели или отломались контакты.</p> <p>3. Неисправна лампа.</p> <p>4. Неисправен выключатель, включающий одну или несколько ламп.</p> <p>5. Выскочили из зажимов или обгорели провода в патроне, выключателе, автомате, коробке.</p> <p>6. Обрыв в цепи в автомате</p>	<p>а) ремонт или замена автомата</p> <p>б) найти и устранить причину замыкания.</p> <p>а) подогнуть контакты</p> <p>б) заменить патрон.</p> <p>3. Заменить лампу.</p> <p>4. Заменить выключатель.</p> <p>5. Устранить неисправность.</p> <p>6. Заменить автомат.</p>
Срабатывает защита	<p>Наличие влаги и агрессивной среды, постепенное развитие замыкания по корпусу светильника, на которое не реагирует защита.</p>	
Загорание пластмассового корпуса светильника	<p>1. Изоляция двухжильного провода не соответствует условиям среды.</p> <p>2. Замыкание в светильнике или проводе при отсутствии защиты.</p>	<p>1. Замена светильника.</p> <p>2. Замена провода на провод.</p>
Загорание провода	<p>3. Провод не соответствует нагрузке</p>	<p>Применение защиты (предохранители, автоматы)</p> <p>Применить провод большего сечения</p>

## Установки с люминесцентными лампами

<p>Лампа не зажигается или работает с перерывами</p>	<p>1. Слабы или окислились зажимы в цепях до светильника, у дросселя, колодок лампы, у стартера, контакты ножек лампы и электродов стартера в гнездах</p> <p>2. Обрыв в дросселе или в конденсаторе балластного сопротивления</p> <p>3. Неисправен стартер</p> <p>4. Неисправна лампа</p> <p>Целость ее спиралей электродов можно проверить, взглянув на ее торец через стекло баллона</p> <p>Черный налет по концам трубки означает расхождение активного слоя катодов</p> <p>5. Влияние пониженной температуры воздуха</p> <p>Изменение состава люминофора при большом сроке службы лампы</p>	<p>Проверить заменой на новые</p> <p>Заменить стартер</p> <p>Заменить лампу</p>
<p>Лампа не зажигается или работает с перерывами</p> <p>Изменение цвета свечения лампы</p>	<p>Колебания пластин магнитопровода дросселя</p> <p>1. Пробой компенсирующего конденсатора на входе светильника параллельно питающей сети</p>	<p>То же</p> <p>Заменить дроссель</p>
<p>Гудение светильника</p>	<p>2. Замыкание в цепях осветительной установки</p>	<p>Заменить конденсатор</p>
<p>Срабатывание защиты при включении</p>		<p>Проверить цепи за автоматом</p>

Нагрев стораемых поверхностей, на которых укрепляется светильник		Под светильник подкладывать асбестовые подкладки или оставлять воздушный промежуток
--	--	---

#### 5.4. Силовые кабельные линии

Силовые кабельные линии на напряжение до 1000 В испытываются в следующем объеме:

##### 1. Проверка целостности и фазировки жил кабелей.

Проверяются целостность и совпадение наименования фаз присоединяемых кабелей. Целостность жил кабеля и нахождение их одноименных концов производится прозвонкой мегомметром.

##### 2. Измерение сопротивления изоляции.

Измерение проводится мегомметром на напряжение 2500 В. Величина сопротивления изоляции должна быть не менее 0,5 МОм.

##### 3. Измерение токораспределения по одножильным кабелям.

Замеряются токи в одножильных кабелях. Неравномерность в распределении токов на кабелях не должна быть больше 10%.

##### 4. Измерение сопротивления заземления.

Измерение сопротивления заземления производится для концевых заделок.

#### 5.5. Сборные и соединительные шины

Шины на напряжение до 1000 В испытываются в следующем объеме:

##### 1. Измерение сопротивления изоляции.

Измерение производится мегомметром на напряжение 1000 В. Сопротивление изоляции должно быть не менее 0,4 МОм.

##### 2. Проверка качества выполнения болтовых контактных соединений шин.

Производится выборочная проверка качества затяжки контактов и вскрытие 2-3% соединений. Измерение переходного сопротивления контактных соединений производится выборочно у сборных и соединительных шин на 1000 А и более на 2-3% соединений.

Величина падения напряжения или сопротивления на участке шины (0,7-0,8 м) в месте контактного соединения не должны превышать падение напряжения или сопротивление участка шин той же длины и того же сечения более чем в 1,2 раза.

3. Проверка качества выполнения спрессованных контактных соединений шин. Спрессованные контактные соединения бракуются при следующих условиях:

- их геометрические размеры (длина и диаметр спрессованной части) не соответствуют требованиям инструкции по монтажу соединений данного типа;

- на поверхности соединителя или зажима имеются трещины, следы значительной коррозии и механических повреждений;

- кривизна прессованного соединителя превышает 3% его длины;

- стальной сердечник прессованного соединителя расположен несимметрично.

Производится выборочное измерение переходного сопротивления 3-5% спрессованных контактных соединений.

Величина падения напряжения или сопротивление на участке соединения не должны превышать падение напряжения или сопротивление на участке провода той же длины более чем в 1,2 раза.

4. Контроль сварных контактных соединений. Сварные контактные соединения бракуются непосредственно после сварки при обнаружении:

- пережога провода наружного навива или нарушения сварки при перегибе соединенных проводов;

- усадочной раковины в месте сварки глубиной более 1/3 диаметра провода.

## ГЛАВА 6. ОРГАНИЗАЦИЯ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА ПРИ НАЛАДОЧНЫХ РАБОТАХ

### 6.1. Общие требования

Персонал пусконаладочного управления должен строго соблюдать установленные правила внутреннего распорядка на объекте производства наладочных работ и безоговорочно подчиняться установленному режиму, особенно на действующем предприятии. Перечень специальных работ, к производству которых допущен наладчик электроустановок, записывается в удостоверении ТБ в графе «Свидетельство на право производства специальных работ». Очередная проверка знаний правил производства специальных работ производится одновременно с общей проверкой знаний методики проведения наладочных работ и ПТБ. Персонал пусконаладочного управления обязан всегда иметь при себе на рабочем месте удостоверение по ТБ. Руководитель наладочных работ обязан на объекте до начала работ провести инструктаж по ТБ с наладочным персоналом, участвующим в наладке электрооборудования, в соответствии с полным технологическим процессом, а также с разъяснением характера и степени опасности, сложившейся на данном объекте.

При проведении инструктажа по ТБ на рабочем месте руководитель обязан:

- четко сформулировать задание по наладке электрооборудования, испытанию повышенным напряжением и электрическим измерениям;
- подробно рассказать о безопасных методах производства наладочных работ конкретно на данном объекте;
- определить условия производства работ;



— объяснить применение тех или иных защитных средств;

— ознакомить всех членов бригады наладчиков по чертежам и в натуре с электрической схемой объекта, расположением аппаратов и технологического оборудования и электроустановок;

— определить готовность монтажа электроустановки и достаточность мероприятий по ПТБ, обеспечивающих безопасность наладочных работ;

— определить с монтажной и эксплуатационной организациями порядок подачи напряжения в схему электроустановки для производства наладочных работ и для опробования схем;

— указать всем членам бригады место нахождения телефона и порядок вызова руководителей наладочного участка или управления.

Руководитель группы наладчиков перед началом производства наладочных работ на объекте должен потребовать от заказчика выполнения всех организационных и технических мероприятий, обеспечивающих общую безопасность рабочего места и безопасное ведение наладочных работ. Осуществление организационных и технических мероприятий согласно наряду производится только силами и средствами службы эксплуатации. Наладочному персоналу производить эту работу или участвовать в ней категорически запрещается.

Рабочей зоной наладчика считается пространство, огражденное предостерегающими знаками, внутри которого производятся наладочные работы на электротехнических устройствах и машинах с подачей электрического напряжения.

Рабочим местом наладчика считается место, где собрана испытательная схема электрооборудования, в которую может быть подано напряжение.

Лицам, не имеющим отношения к производству наладочных работ, доступ в рабочую зону наладчиков категорически запрещается.



Руководитель наладочных работ на объекте несет ответственность за безупречное выполнение всех мер безопасности наладочным персоналом на рабочих местах, для чего ежедневно перед началом работ и периодически в течение рабочего дня обязан проверять расстановку ограждений, предупредительных знаков, отсутствие опасного напряжения в местах работы персонала.

Исполнители-наладчики несут ответственность за соблюдение ими действующих правил и соответствующих инструкций. Руководитель наладочных работ несет ответственность за достаточность и полноту принятых на рабочем месте и в рабочей зоне мер, обеспечивающих безопасность как исполнителей, так и окружающих лиц. Наладочные работы, связанные с подачей напряжения, могут производиться только двумя лицами, при этом одно из них обязательно должно иметь квалификационную группу по ЭБ не ниже IV при работе в электроустановках выше 1 кВ и не ниже III – в электроустановках до 1 кВ. Наладочному персоналу категорически запрещается пользоваться защитными средствами, не отвечающими требованиям «Правил применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках», и в то же время запрещается выполнять наладочные работы с применением напряжения в помещениях без использования защитных средств. Персонал пусконаладочных участков, непосредственно занятый производством наладочных работ, должен быть обеспечен защитными средствами.

Остальные защитные средства должны выдаваться наладочному персоналу по мере надобности.

Временные электрические схемы, собираемые вблизи налаживаемого оборудования для измерения электрических параметров, осциллографирования и других целей должны выполняться на специальных столах достаточной прочности и устойчивости. Запрещается применять столы с металлической столешницей и металлическим обрамлением рабочей поверхности.

Временные питающие линии должны быть выполнены открыто проводом соответствующего сечения с изоляцией достаточной механической и электрической прочности, надежно закреплены и подвешены на высоте, обеспечивающую свободный проход людей и проезд транспорта. Питание временных схем должно выполняться через автоматический выключатель с защитой и ясным обозначением включенного и отключенного положений, а также иметь устройство (рубильник) для видимого разрыва электрической цепи. При снятии напряжения с испытательной схемы первым должен отключаться автоматический выключатель, а при подаче напряжения в схему первым включается устройство с видимым разрывом, а затем автоматический выключатель.

Запрещается производить сбор временных схем для электрических испытаний путем переключения проводов в зажимах, перестановки приборов и аппаратов в схеме без снятия напряжения с видимым разрывом в питающей сети. Запрещается пользоваться металлическими лестницами и подставками, а также производить замеры с них. Наладочные работы должны производиться только со специальных подмостей, сделанных из изоляционного материала. Металлические корпуса переносных приборов и аппаратов обязательно должны быть заземлены.

Опробование электрических схем с подачей рабочего напряжения на электрооборудование и электрические машины разрешается только после проверки взаимодействия аппаратов и приборов в схемах вторичных цепей оперативным током. Допускается временная подача напряжения от находящихся в эксплуатации РУ по постоянно проложенным кабелям на КТП и другие электротехнические устройства для проведения наладочных работ только при условии, если на данных электроустановках заказчиком введен эксплуатационный режим. Эксплуатационный режим заказчиком устанавливается на все время работы наладочного персонала для произ-

водства испытаний, измерений и проверки работы электрической аппаратуры с последующим комплексным опробованием электротехнического устройства.

Наладочному персоналу категорически запрещается принимать на себя даже временную эксплуатацию электроустановок. Обслуживание электротехнических устройств, находящихся в эксплуатационном режиме, должно производиться только оперативным персоналом заказчика.

Все наладочные работы, связанные с измерениями переносными приборами (токоизмерительными клещами, мегаомметром, амперметрами, вольтметрами и т.д.), в установках, где введен эксплуатационный режим, производятся при напряжении электроустановки выше 1 кВ по наряду двумя лицами, одно из которых должно иметь квалификационную группу по ЭБ не ниже IV.

Разрешение (наряд) на производство наладочных работ после введения эксплуатационного режима на электротехнических установках выдает служба эксплуатации.

## 6.2. Электрозащитные средства

Персонал, выполняющий наладку электрооборудования, должен быть снабжен всеми необходимыми электрозащитными средствами, обеспечивающими безопасность работ. Они служат для защиты от поражения электрическим током, от воздействий электрической дуги и электромагнитного поля. По характеру применения средства защиты подразделяют на две категории: средства коллективной защиты и средства индивидуальной защиты.

Электрозащитные средства подразделяют также на основные и дополнительные.

*К основным изолирующим защитным средствам электроустановок напряжением выше 1000 В относят: оперативные и измерительные штанги, изолирующие*

и токоизмерительные клещи, указатели напряжения, изолирующие устройства и приспособления для ремонтных работ, например, изолирующие лестницы, изолирующие площадки, изолирующие тяги, непосредственно соприкасающиеся с проводом щитовые габаритники, захваты для переноски гирлянд, изолирующие штанги для укрепления зажимов и для установки габаритников, изолирующие звенья телескопических вышек.

Основные защитные средства изготовляют из изоляционных материалов с достаточно устойчивыми диэлектрическими параметрами (фарфор, бакелит, эбонит, гетинакс, древесно-слоистые пластики, пластические материалы и т.п.).

*К дополнительным защитным изолирующим средствам*, применяемым в электроустановках напряжением выше 1000 В, относят: диэлектрические перчатки, боты, резиновые коврики, изолирующие подставки, переносные заземления, оградительные устройства, плакаты и знаки безопасности.

*К основным защитным изолирующим средствам*, применяемым в электроустановках напряжением до 1000 В, относят диэлектрические перчатки, инструмент с изолированными рукоятками, изолирующие клещи, указатели напряжения, изолирующие штанги.

Для проверки наличия напряжения в сети или электроустановках применяют специальные указатели напряжения, работающие по принципу протекания активного тока. Для проверки напряжения в электроустановках переменного тока напряжением до 500 В применяют специальные указатели напряжения.

*К дополнительным защитным изолирующим средствам*, применяемым в электроустановках напряжением до 1000 В, относят диэлектрические галоши, диэлектрические резиновые коврики, оградительные устройства, изолирующие подставки, переносные заземления, плакаты и знаки безопасности.

Электрозащитные средства нужно использовать по их прямому назначению в электроустановках напряжением не выше того, на которое защитные средства рассчитаны.

Средства защиты хранят и перевозят в условиях, обеспечивающих их исправность и пригодность к употреблению.

Нормы и сроки испытания защитных средств приведены в табл. 6.1.

К защитным средствам относятся специальные плакаты, служащие для:

- предупреждения об опасности приближения к частям, находящимся под напряжением;
- указания на подготовленность к работе места;
- напоминания о принятии мер безопасности;
- запрещения включения данного участка установки под напряжение.

По характеру применения плакаты бывают постоянные и переносные. По назначению различают предупреждающие, запрещающие, предписывающие, указательные плакаты (табл. 6.1).

Таблица 6.1

### Нормы и сроки испытания защитных средств

Защитные средства	Напряжение электроустановки	Сроки	
		периодических испытаний	периодических осмотров
Диэлектрические перчатки	Более 1000 В; до 1000 В	1 раз в 6 мес.	Перед употреблением
Диэлектрические боты	Для всех напряжений	1 раз в 3 года	1 раз в 6 мес.
Диэлектрические галоши	До 1000 В	1 раз в 1 год	То же

Коврики резиновые диэлектрические	До 1000 В	1 раз в 2 года	То же
Изолирующие подставки	До 10 кВ	-	1 раз в 3 года
Изолирующие штанги	110 кВ; 110-220 кВ	1 раз в 2 года	1 раз в 1 год
Измерительные штанги	110 кВ	В сезон измерений 1 раз в 3 мес., но не реже 1 раза в 1 год	-
Изолирующие клещи	1-35 кВ	1 раз в 2 года	1 раз в 1 год
Токоизмерительные клещи	До 10 кВ; До 600 В	1 раз в 1 год	1 раз в 6 мес.
Указатели напряжения: изолирующая часть указатель	110-220 кВ до 220 кВ	То же	То же
Трубки с дополнительным сопротивлением для фазировки	2-6 кВ; 10 кВ	То же	То же
Указатели напряжения, работающие по принципу протекания активного тока	До 500 В	То же	То же

### 6.3. Проведение работ по наряду в действующих электроустановках

*Наряд* – письменное задание на работу в электроустановках, определяющее место, время начала и окончания работы, условия ее безопасного проведения, состав бригады и лиц, ответственных за безопасность работ. По наряду проводят все работы по обслуживанию электроустановок, выполняемые со снятием напряжения, без снятия напряжения на токоведущих частях и вблизи них, без снятия напряжения вдали от токоведущих частей, находящихся под напряжением.

Наряд имеет единую форму.



### 6.3.1. Порядок выдачи наряда

Наряд выдается персоналу непосредственно перед началом подготовки рабочего места.

Наряд на работу выписывают в двух экземплярах и заполняют под копирку. Допускается передача наряда по телефону лицом, выдающим наряд, старшему лицу из оперативного персонала данного объекта или ответственному руководителю. При этом наряд заполняют в трех экземплярах: один экземпляр заполняет лицо, выдающее наряд, а два – лицо, принимающее его по телефону.

При работах в электроустановках без постоянного оперативного персонала и при совмещении лицом из оперативного или оперативно-ремонтного персонала обязанностей допускающего и ответственного руководителя выписывают два экземпляра наряда, один из которых передают производителю работ, другой остается у лица, выдавшего наряд.

При передаче наряда по телефону лицо, выдающее наряд, диктует его текст (в форме телефонограммы), а лицо, принимающее текст, заполняет бланки наряда с обратной проверкой. Вместо подписи лица, выдающего наряд, указывают его фамилию, подтверждая подписью принимающего текст.

Допуск к работе по наряду, переданному по телефону, производят в общем порядке.

Наряд выписывают на одного производителя работ (наблюдающего) с одной бригадой. Производителю работ выдают только один наряд. На однотипные работы, выполняемые без снятия напряжения одной бригадой, может быть выдан один общий наряд для поочередного производства работ на нескольких присоединениях, в одном или разных РУ, в разных помещениях подстанции. Оформление перевода с одного рабочего места на другое требуется только при переходе из одного РУ в другое, с одного этажа РУ на другой.



Число нарядов, выдаваемых одновременно на одного ответственного руководителя, определяет в каждом случае лицо, выдающее наряд.

В электроустановках, где напряжение снято со всех токоведущих частей, в том числе и с выводов ВЛ и КЛ, и заперт вход в соседние электроустановки, можно выдавать один наряд для одновременной работы на всех присоединениях.

### *6.3.2. Допуск по наряду, надзор и оформление перерывов в работе*

Ответственными за безопасность работ являются:

- лица, выдающие наряд или распоряжение (ответственный руководитель работ, работник оперативного персонала – допускающий к работе);
- производитель работ;
- наблюдающий;
- рабочие, входящие в состав бригады.

Право выдачи нарядов на производство работ в электроустановках предоставляется лицам электротехнического персонала предприятия (начальник электроцеха, начальник службы эксплуатации, мастер), уполномоченным на выдачу нарядов распоряжением главного энергетика. Эти лица должны иметь квалификационную группу V (в установках напряжением до 1 кВ – не ниже IV).

Право давать распоряжения на производство ряда работ, определяемых главным энергетиком предприятия, может быть предоставлено работникам оперативного персонала с квалификационной группой не ниже IV.

Работник, выдающий наряд и отдающий распоряжение на производство работ в электроустановках, отвечает за необходимость данной работы и возможность ее безопасного выполнения, достаточность квалификации ответственного руководителя, производителя работ или наблюдающего, а также членов бригады.

Допускающий – ответственный работник оперативного персонала – несет ответственность:

– за правильность выполнения необходимых для допуска и производства работ мер безопасности, их достаточность и соответствие характеру и месту работы;

– за правильность допуска к работе, приемку рабочего места по окончании работы с оформлением в наряде.

При возникновении сомнения в возможности безопасного выполнения работы по данному наряду, распоряжению или в достаточности и правильности указанных в наряде мер по подготовке рабочего места эта подготовка должна быть прекращена.

При работе в электроустановках напряжением выше 1000 В допускающий должен иметь группу по электробезопасности не ниже IV, а в установках до 1000 В – не ниже III.

Принимая рабочее место от допускающего или осуществляя допуск, ответственный руководитель отвечает наравне с допускающим за правильность подготовки рабочего места и достаточность выполненных мер безопасности для производства работ, в том числе и за достаточность мер, предусмотренных в графе наряда «Отдельные указания». Ответственный руководитель имеет V группу по электробезопасности. Если он не является одновременно производителем работ, то непосредственно работать по наряду он не должен. При работах по наряду в электроустановках напряжением до 1000 В назначать ответственного руководителя не требуется.

Производитель работ, принимая рабочее место от допускающего, отвечает за правильность его подготовки и выполнение необходимых для производства работ по мерам безопасности. Он инструктирует бригаду о мерах безопасности и обеспечивает их выполнение членами бригады. Производитель работ следит за исправностью инструмента, ремонтной оснастки, за тем, чтобы временные ограждения, плакаты, заземления не снимались и не переставлялись во время работы.

Наблюдающий назначается для надзора за бригадами строительных рабочих и других работников неэлектротехнического персонала при выполнении ими работ в электроустановках по нарядам или распоряжениям. Наблюдающий за электротехническим персоналом назначается в случаях проведения работ в электроустановках при особо опасных условиях. Наблюдающий контролирует наличие установленных на месте работы заземлений, ограждений, плакатов, запирающих устройств и отвечает за безопасность членов бригады от поражения электрическим током.

Наблюдающему запрещается совмещать надзор с выполнением какой-либо работы и оставлять бригаду без надзора во время работы. Наряд выдается оперативному персоналу непосредственно перед началом подготовки рабочего места – до начала работы бригады. Накануне проведения работ выдавать наряд не разрешается! На все работы в данном РУ, на данной подстанции, выполняемые с отключением напряжения, выдается один наряд.

При расширении рабочего места или изменении числа рабочих мест должен выдаваться новый наряд. Бригада, выполняющая работы по наряду, должна состоять не менее чем из двух человек.

Перед допуском к работе ответственный руководитель и производитель работ совместно с допускающим проверяют выполнение технических мероприятий по подготовке рабочего места. Проверив готовность рабочего места и проведя инструктаж бригады, ответственный руководитель работ расписывается в наряде. Если ответственный руководитель не назначается, то подготовку рабочего места проверяет производитель работ, который расписывается в наряде.

Допуск к работе по наряду производится непосредственно на рабочем месте. Допускающий, проверив состав бригады и квалификации включенных в наряд лиц, объясняет бригаде, где отключено напряжение, наложено заземление, какие части ремонтируются, какие

остались под напряжением, обращает внимание бригады на особые условия производства работ, границы рабочего места, убеждается, что все изложенное бригадой понято. В установках напряжением до 35 кВ допускающий подтверждает отсутствие напряжения сначала подключением указателя напряжения, а затем касанием руки. Допускающий и производитель работ расписываются в наряде. Один экземпляр оформленного наряда находится у производителя работ, второй экземпляр – у оперативного персонала в папке действующих нарядов.

Время допуска бригады и окончания работ с указанием номера наряда и содержания работы заносится в оперативный журнал. Если при получении наряда у сотрудников оперативного персонала или производителя работ возникает какое-либо сомнение, они обязаны потребовать разъяснения у ответственного руководителя или лица, выдавшего наряд.

Оперативный персонал не имеет права без ведома ответственного руководителя и производителя работ вносить изменения в схему установки, которые могут изменить условия выполнения работ по технике безопасности, за исключением аварийных случаев. На подстанциях и распределительных пунктах без постоянного оперативного персонала рабочие места для работы по нарядам в первый день готовит выездной оперативный или оперативно-ремонтный персонал, который допускает бригаду к работе в обычном порядке. Право вторичного допуска к работам в последующие дни по этим же нарядам предоставляется ответственным руководителям, а при их отсутствии – производителям работ.

С момента допуска бригады к работе надзор за ней в целях предупреждения нарушений требований техники безопасности возлагается на производителя работ или наблюдающего. Они все время должны находиться на участках с наиболее ответственной работой. Наблюдающий не может совмещать надзор с выполнением другой работы. Если на время необходимой отлучки

производителя его не могут заменить ни ответственный руководитель, ни работник оперативного персонала, то производитель работ обязан вывести бригаду из распределительного устройства и, заперев за собой дверь, оформить перерыв в наряде.

При замене производителя работ ответственным руководителем наряд передается ему на период отсутствия производителя работ. Изменения в составе бригады должен оформлять работник, выдавший наряд. При перерыве в работе на обед по условию производства работ бригада выводится из РУ. Наряд остается у производителя работ. Ни один из членов бригады не имеет права войти после перерыва в РУ в отсутствие производителя работ или наблюдающего. Допуск бригады после такого перерыва оперативным персоналом не производится. Производитель работ указывает бригаде место работы. На следующий день можно приступать к прерванной работе только после осмотра места работы и проверки выполнения мер безопасности допускающим или ответственным руководителем и производителем работ.

Не разрешается оставаться одному на месте работ, в том числе и производителю работ.

### *6.3.3. Выполнение работ по распоряжению и в порядке текущей эксплуатации*

Все работы, проводимые в электроустановках без наряда, выполняют по распоряжению уполномоченных лиц с оформлением в оперативном журнале или в порядке текущей эксплуатации с последующей записью в оперативном журнале. Распоряжение на производство работ имеет разовый характер и выдается только на одну работу. Распоряжение действует в течение одной смены. Если изменяются условия проведения работы, распоряжение отдается заново и снова оформляется в оперативном журнале. По распоряжению выполняют следующие работы:

– без отключения напряжения вдали от токоведущих частей, находящихся под напряжением, продолжительностью не более одной смены;

– внеплановые работы, вызванные производственной необходимостью, продолжительностью до 1 ч:

– с отключением электроустановок напряжением до 1000 В продолжительностью не более одной смены.

Организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность работ по распоряжению в электроустановках те же, что и при работах по наряду. Работы, производство которых предусмотрено по распоряжению, могут выполняться и по наряду. Сотрудник, отдающий распоряжение, назначает производителя работ (наблюдающего), определяет возможность безопасного проведения работ и указывает необходимые для этого технические и организационные мероприятия.

Устное распоряжение передается непосредственно или с помощью средств связи и записывается принимающим распоряжение в оперативный журнал. При этом должен быть указан работник, отдающий распоряжение, место и наименование работы, срок ее выполнения, фамилия, инициалы, квалификационная группа производителя работы и членов бригады. В журнале также делают отметку об окончании работы.

Оперативный персонал в случае производственной необходимости может выполнять небольшие по объему, кратковременные (продолжительностью до 1 ч) работы:

– со снятием напряжения, выполняемые с наложением заземлений (присоединение или отсоединение кабелей от электродвигателей, переключение ответвлений на силовом трансформаторе, подтяжка и зачистка единичных контактов на шинах и оборудовании, доливка масла в маслонеполненные вводы и устранение течи масла из них, доливка масла в отдельные аппараты);

– без снятия напряжения вблизи и на токоведущих частях, находящихся под напряжением, не требующие установки заземлений (чистка и мелкий ремонт арма-



туры кожуха, маслоуказательных стекол, определение штангой места вибрации шин, фазировка, смена предохранителей, единичные операции по контролю изоляторов и соединительных зажимов штангой и т.п.). Такие работы выполняют два работника, включая сотрудника оперативного персонала с квалификационной группой не ниже IV, который осуществляет постоянный контроль за работающим.

В порядке текущей эксплуатации могут производиться работы без отключения напряжения вдали от токоведущих частей, находящихся под напряжением, а также с отключением напряжения в электроустановках напряжением до 1000 В.

Организационными мероприятиями, обеспечивающими безопасность работ в порядке текущей эксплуатации в электроустановках, являются:

- составление лицом, ответственным за электрохозяйство, перечня работ;
- определение производителем необходимости работ и возможности безопасного их проведения.

Опыт эксплуатации электрооборудования и электросетей показывает, что целесообразно составлять единый перечень работ, выполняемых в электрохозяйстве конкретного предприятия. В перечне указывают категории работ, кем и по каким разрешениям они должны выполняться. Такие перечни существенно помогают в организации безопасного проведения работ в электрохозяйстве предприятия.

#### *6.3.4. Окончание работы, сдача-приемка рабочего места, закрытие наряда*

По окончании всех работ, зафиксированных в наряде, рабочее место должно быть убрано ремонтной бригадой и осмотрено ответственным руководителем, который после ухода бригады расписывается в наряде и сдает его оперативному персоналу.



Если ко времени полного окончания работ ответственного руководителя нет на месте, производитель работ с разрешения этого руководителя и оперативного персонала может, расписавшись в таблице наряда о выводе бригады и сдаче наряда, оставить его в папке действующих нарядов для последующего осмотра рабочего места ответственным руководителем. В этом случае ответственный руководитель по прибытии на электроустановку обязан до закрытия наряда оперативным персоналом осмотреть рабочее место и расписаться в наряде об окончании работы.

Наряд может быть закрыт оперативным персоналом лишь после осмотра оборудования и мест работы, проверки отсутствия людей, посторонних предметов, инструмента и при надлежащей чистоте места, где производились работы.

Наряд закрывают после:

- снятия заземлений с проверкой в соответствии с принятым порядком их учета;
- удаления временных ограждений и плакатов «Работать здесь», «Влезать здесь»;
- установки на место постоянных ограждений и снятия прочих вывешенных до начала работы плакатов.

Проверку изоляции отремонтированного оборудования непосредственно переключением проводят (если в этом есть необходимость) до удаления временных ограждений и плакатов сразу после снятия переносных заземлений.

Включение оборудования может быть произведено только после закрытия наряда.

Если на отключенном участке работы велись по нескольким нарядам, то включение его в работу может быть осуществлено только после закрытия всех нарядов. Действие наряда длится пять календарных суток. При перерывах в работе наряд остается действительным, если схема не восстанавливалась и условия производства работы остались неизменными.

Контроль за правильностью оформления нарядов должен проводиться лицами, выдавшими наряды, а также сотрудниками руководящего электротехнического персонала периодически в результате выборочной проверки. Все экземпляры закрытых нарядов хранятся в течение 30 дней, после чего могут быть уничтожены.

#### 6.4. Техника безопасности при производстве отдельных пусконаладочных работ

*Работа в цепях вторичных соединений.* Проверку цепей вторичных соединений разрешается производить только при помощи приборов с источниками безопасного напряжения. Перед проверкой вторичных цепей необходимо убедиться в том, что проверяемые цепи полностью обесточены.

Категорически запрещается разрывать цепи вторичной обмотки трансформаторов тока, находящихся под напряжением. При необходимости разрыва вторичных токовых цепей измерительных приборов и реле следует сначала замкнуть накоротко цепь вторичной обмотки трансформатора тока на специально предназначенных для этой цели зажимах, а затем производить разрыв цепи. Эту работу разрешается выполнять, стоя на резиновом диэлектрическом коврике, отверткой с изолированной рукояткой. Если на трансформаторе тока отсутствуют специальные зажимы для закорачивания вторичной обмотки, то разрывать вторичную цепь запрещается. Работа в цепях вторичных соединений трансформаторов напряжения должна выполняться в очках и с особой осторожностью, чтобы случайно не произошло закорачивание зажимов, находящихся под напряжением.

*Испытание изоляции сети и электрооборудования.* Испытание изоляции повышенным напряжением разрешается производить не менее чем двум лицам, из ко-

торых руководитель работ должен иметь квалификационную группу не ниже IV, остальные – не ниже III.

На каждой высоковольтной испытательной установке должен быть «Журнал производства испытаний повышенным напряжением». Список лиц, имеющих право давать задания на производство испытаний повышенным напряжением, оформляется приказом по пусконаладочной организации. Обеспечение всех мер безопасного производства высоковольтных испытаний электрооборудования и кабеля в монтажной зоне возлагается на руководителя наладочных работ и представителя электромонтажной организации. За точное выполнение мер безопасности в зоне испытаний отвечает руководитель высоковольтных испытаний.

Работы при проведении высоковольтных испытаний сети и электрооборудования с подачей напряжения на испытательный аппарат от постороннего источника тока оформляются только нарядом. При проведении испытаний в действующих электроустановках оформление нарядов на работу, отключение рабочего напряжения, проверка отсутствия напряжения, установка заземлений, вывешивание знаков безопасности, установка ограждений и допуск к работам осуществляются оперативным (дежурным) персоналом службы эксплуатации. При проведении испытаний в недействующих электроустановках оформление нарядов на работу, установку ограждений, вывешивание знаков безопасности и допуск к работам осуществляет пусконаладочная организация. До начала испытаний повышенным напряжением руководитель обязан оповестить всех работающих на данной электроустановке о времени, начале и порядке испытаний и получить от них извещение о выводе монтажного и наладочного персонала из опасных зон и рабочей зоны наладчика. После получения извещения руководитель обязан в опасных зонах выставить наблюдающих, имеющих квалификационную группу не ниже II.

Присоединение испытательного аппарата к сети напряжением 380/220 В должно производиться только через коммутационный аппарат с видимым разрывом цепи.

Наложение и снятие заземления заземляющей штангой с вывода высокого напряжения испытательной установки к испытываемому оборудованию или сети должны производиться одним и тем же лицом и выполняться в диэлектрических резиновых перчатках. Во время испытаний и при пересоединении проводов незаземленные части испытываемого оборудования должны рассматриваться как находящиеся под испытательным напряжением.

Провод, соединяющий испытательную установку с испытываемым оборудованием, а также место его присоединения на испытываемом оборудовании должны быть удалены от токоведущих частей, находящихся под напряжением, на расстояние не менее:

– 0,7 м для номинального напряжения до 15 кВ включительно;

– 1 м для номинального напряжения от 15 до 35 кВ включительно;

– 1,5 м для номинального напряжения от 35 до 110 кВ включительно;

– 2 м для номинального напряжения от 110 до 154 кВ включительно;

– 2,5 м для номинального напряжения от 154 до 220 кВ включительно.

Место высоковольтных испытаний должно быть ограждено. В качестве ограждений могут быть применены щиты или канаты с вывешенными на них предупредительными знаками безопасности. Противоположные концы испытываемых высоким напряжением жил кабеля, шин и проводов должны быть ограждены и находиться под выставленной охраной.

*Перед подачей испытательного напряжения необходимо:*

– удалить посторонних лиц из рабочей зоны наладчика;

– проверить нахождение на местах членов бригады;

– убедиться в отсутствии каких-либо препятствий для подачи испытательного напряжения;

– сделать заземление с высоковольтного вывода испытательной установки;

– подать напряжение включением коммутационного аппарата.

Подача испытательного напряжения производится руководителем бригады или по его личному распоряжению одним из членов бригады, ведущей испытания.

*По окончании испытаний необходимо:*

– снизить напряжение испытательной установки до нуля;

– отключить от сети коммутационный аппарат с видимым разрывом цепи;

– разрядить штангой и заземлить вывод испытательной установки;

– убедиться в отсутствии заряда в испытываемой сети или электрооборудовании;

– отсоединить провода, снять ограждения и сделать словесное предупреждение: «Напряжение снято».

Передвижная испытательная установка высокого напряжения (автолаборатория) должна находиться в рабочей зоне наладчика. До начала испытаний кузов автолаборатории должен быть заземлен низким гибким проводом сечением не менее 10 мм<sup>2</sup> присоединением его к заземлителю.

Во время испытаний входить в автолабораторию или выходить из нее, а также прикасаться к кузову, стоя на земле, строго запрещается.

При проведении испытаний изоляции проводов и шин вторичных цепей повышенным напряжением, кроме выполнения общих требований правил испытаний необходимо:

– четко знать трассы всех цепей и месторасположение клеммных колодок и коммутационных аппаратов, которые будут подвергаться испытаниям;

– повесить предупреждающие знаки на всех панелях, пультах управления, ящиках, шкафах, приводах и в других местах, где находятся испытываемые цепи и аппараты;

– при наличии неогражденных токоведущих частей выставить наблюдающих.

Измерение электрического сопротивления изоляции мегаомметром может быть произведено только на электроустановке, отключенной со всех сторон от источников электрического тока. Перед производством измерений мегаомметром необходимо убедиться в отсутствии людей в той части электротехнической установки, где будут проводиться измерения. При измерении сопротивления изоляции жил кабеля и токопровода, обмоток электрических машин и трансформаторов необходимо перед присоединением к ним мегаомметра и после окончания измерения снять емкостный заряд с помощью специальной штанги.

#### *Испытания изоляции генераторов и мощных электрических машин*

Измерение сопротивления изоляции и испытания на электрическую прочность повышенным напряжением обмоток генераторов и электрических машин переменного и постоянного тока производятся по наряду или распоряжению руководителя наладочных работ наладочным персоналом в составе не менее двух лиц, из которых старший должен иметь квалификационную группу по ЭБ не ниже V, остальные – не ниже III.

При производстве работ по испытанию повышенным напряжением или замере сопротивления изоляции испытываемые выводы обмоток или жилы кабеля должны быть надежно заземлены. Измерения напряжения на валу и сопротивления изоляции ротора работающего генератора или электродвигателя должны производиться специально обученными лицами. Замену щеток и наблюдение за щетками вращающегося ротора электрической машины допускается производить при соблюдении следующих мер безопасности:



– наладчики должны быть особо внимательны, чтобы одежда и обтирочный материал не были захвачены вращающимся валом машины;

– работа должна производиться в налокотниках, плотно стягивающих руку у запястья;

– на ногах должны быть надеты диэлектрические каалоши;

– женщины должны выполнять эти работы в головных уборах и спецодежде (брюках);

– инструмент должен быть только с изолированными рукоятками.

Производство наладочных работ в цепях статора вращающегося генератора или синхронного компенсатора и в цепях его защиты разрешается при условии, что на его выводах будут установлены специальные закоротки. Перед установкой или снятием закороток необходимо снять возбуждение с машины, отключить автомат гашения поля и на выводы генератора (компенсатора) наложить переносное заземление

При работе в силовых цепях электродвигателей, генераторов, электромашинных усилителей и одноякорных преобразователей надлежит отключить их от источника питания и принять меры, препятствующие включению и ошибочной подаче напряжения к месту работы наладчиков. Перед началом работы на остановленных электродвигателях, которые могут получить вращение от приводимых ими в действие механизмов (центробежный насос может вращаться турбиной за счет давления водного столба, дымосос – за счет засоса холодного воздуха через трубу и т.п.), необходимо проверить, что соответствующие вентили или шиберы закрыты, заперты на замок и на них вывешены знаки «Не открывать. Работают люди».

Перед опробованием электропривода и приводимых им в действие механизмов необходимо потребовать от механомонтажной организации проворачивания электродвигателя совместно с механизмом вручную.



Наладку рабочих режимов электропривода совместно с механизмом необходимо выполнять вместе с механомонтажниками и представителем заказчика. Перед пуском многодвигательных агрегатов, электродвигателей поточных и транспортных линий должен быть подан сигнал, предупреждающий все участки прокрутки о включении двигателей. Для организации безопасного опробования и прокрутки механизмов вводится «Журнал заявок на прокрутку электроприводов совместно с механизмами». Механомонтажная, электромонтажная и наладочная организации выделяют ответственных лиц по каждой группе механизмов, которым поручается производить запись в вышеупомянутом журнале о готовности своей части работ к прокрутке агрегата. Это ответственное лицо одновременно отвечает за технику безопасности в зоне прокрутки механизмов на своем участке работ. Пробная прокрутка механизмов, агрегатов разрешается только при наличии всех соответствующих записей в журнале заявок на прокрутку.

*Испытание трансформаторов.* Работы по измерению и испытанию трансформаторов должны производиться бригадой наладчиков не менее чем из 2 человек, из которых старший должен иметь квалификационную группу по ЭБ не ниже V, остальные – не ниже III.

Все выводы силовых и измерительных трансформаторов на все время производства наладочных работ до подачи рабочего напряжения должны быть закорочены и надежно заземлены. Снимать закоротки и заземления поочередно с выводов трансформаторов разрешается только на период высоковольтных испытаний и электрических измерений. Предохранители в цепях контроля и управления трансформаторов на период производства наладочных работ должны быть сняты и храниться у наладчиков, а на месте установки предохранителей должен быть вывешен знак безопасности: «Не включать. Работают люди».

Неиспользуемые вторичные обмотки трансформаторов тока должны быть закорочены и заземлены. При производстве наладочных работ из многоамперных (свыше 6000/5 А) трансформаторах тока в их вторичных цепях должны соблюдаться следующие меры безопасности:

– шины первичных цепей не должны использоваться в качестве вспомогательных токопроводов для нужд монтажа и наладки;

– присоединение цепей измерений к зажимам трансформатора тока должно производиться после полного окончания монтажа вторичных цепей схемы;

– приборы при проверке полярности трансформатора должны быть подключены к зажимам вторичной обмотки до подачи импульса тока в первичную обмотку.

Проверку цепей трансформатора напряжения необходимо производить так, чтобы была исключена возможность прикосновения других лиц к трансформатору во время наладки.

*Наладка распределительных устройств.* Наладочные работы в РУ выше 1 кВ должны производиться бригадой не менее чем из 2 человек, из которых старший должен иметь квалификационную группу по ЭБ не ниже V, остальные – не ниже III. Питающие и отходящие линии к другим подстанциям должны быть отключены, закорочены и заземлены. Запрещается снимать закоротки с этих линий без письменного разрешения эксплуатирующей организации.

В РУ типа КРУ работа по проверке, испытанию и наладке на кабелях, трансформаторах тока и напряжения и другом оборудовании ячеек, установленном за выключателем в отсеках КРУ, должна производиться только при полностью выдвинутых тележках масляных выключателей. Наладочные работы по отдельным аппаратам и схемам должны выполняться только при отключенном рабочем напряжении в первичных и вторичных цепях. Для испытания и проверки релейной аппаратуры, схем защиты и управления, сигнализации и

блокировки необходимо применять специальные испытательные схемы с питанием их от временной сети постороннего источника тока с соблюдением требований правил подачи испытательного напряжения.

Категорически запрещается производить наладочные работы в цепях и коммутационных аппаратах с автоматическим приводом и дистанционным управлением, если:

- не вывешены знаки безопасности на ключах и кнопках дистанционного управления «Не включать. Работают люди», «Не открывать. Работают люди»;

- не сняты предохранители на обоих полюсах в цепях оперативного тока и силовых цепях приводов;

- не спущена пружина или груз у пружинно-грузовых приводов и не приняты меры, исключающие приведение их в рабочее положение.

Команду на производство операций выключателями имеет право подавать только руководитель наладочной бригады, при этом он должен убедиться, что все члены бригады удалены от выключателя на безопасное расстояние.

При наладке электрооборудования в РУ до 1 кВ состав бригады должен быть не менее 2 человек, из которых старший должен иметь квалификационную группу по ЭБ не ниже III, а второй – не ниже II.

Наладочные работы и работы по испытанию и измерениям на распределительных щитках, в шкафах, сетях должны выполняться только при отсутствии напряжения на аппаратах в первичных и вторичных цепях. Наладочные работы в РУ, не находящихся под напряжением, могут производиться:

- с наложением заземления;

- без наложения заземления, но с принятием мер, предотвращающих ошибочную подачу напряжения на место работы;

– когда приводы аппаратов заперты, предохранители сняты, изолирующие накладки вставлены в коммутационные аппараты.

После присоединения питающего кабеля к шинам РУ производство наладочных работ должно выполняться только по наряду. Подача напряжения на линию к объекту, где производятся наладочные работы, осуществляется эксплуатационным персоналом по заявке руководителя наладочных работ. В заявке на включение напряжения должны быть указаны:

- наименование, номер и шифр линии и объекта;
- время (месяц, число, часы) подачи напряжения;
- перечень выполненных наладчиками мероприятий, обеспечивающих безопасность подачи напряжения.

Снятие напряжения с линии контролируется руководителем наладочных работ ежедневно после окончания работы. В аварийных случаях снятие напряжения должно производиться немедленно по требованию любого лица.

Помещения магнитных станций, постов управления и щитовых, на которые подавалось напряжение, должны быть заперты на ключ, а ключи должны храниться у эксплуатационного персонала.

Все работы по комплексным испытаниям сложных электроприводов должны производиться по программе, согласованной со всеми смежными монтажными организациями и службой эксплуатации.

В программе, кроме технологических вопросов, должны быть рассмотрены вопросы техники безопасности при проведении комплексных испытаний. Доступ наладочного персонала в электроустановки, переданные службе эксплуатации, разрешается только по согласованию со службой эксплуатации, которая несет ответственность за обеспечение безопасных условий труда наладочного персонала.

*Измерения токоизмерительными клещами.* При производстве измерений в электроустановках напряжением

выше 1 кВ необходимо пользоваться токоизмерительными клещами только со встроенным амперметром, при этом измерение следует производить в предохранительных очках, диэлектрических перчатках и диэлектрических калошах. Рукоятки токоизмерительных клещей необходимо регулярно протирать досуха. При производстве измерений концы клещей, захватывающие провод, кабель или шину, не должны касаться каких-либо частей электроустановки. Если расстояние между шиной или жилами кабеля в электроустановке напряжением выше 1 кВ менее 300 мм, то производить измерения клещами строго запрещается.

Токоизмерительные клещи в процессе измерений необходимо держать на весу и ни в коем случае не опираться ими на какие-либо предметы или конструкции. Наладчик должен держать свое лицо от токоведущих частей на расстоянии длины клещей, и категорически запрещается сгибать корпус тела для чтения показаний прибора.

Измерения в электроустановках напряжением до 1 кВ следует производить с пола. При необходимости проведения замеров на высоте следует применять прочные изолированные подмости. При горизонтальном расположении шин во избежание КЗ при измерениях пофазно, необходимо перед производством измерений оградить каждую фазу резиновым ковриком, диэлектрическим картоном или другими изолирующими материалами.

*Наладка подъемно-транспортных механизмов.* Наладку электрооборудования грузоподъемных машин и механизмов разрешается производить бригаде наладчиков, состоящую не менее чем из 2 человек, при этом один должен иметь квалификационную группу по ЭБ не ниже IV, остальные – не ниже III.

До начала наладочных работ на подъемно-транспортных машинах и механизмах необходимо:

– проверить надежность их заземления;

- поставить мостовой кран в ремонтный тупик;
- отключить секционный рубильник между цеховыми троллеями и троллеями в ремонтном тупике;
- наложить на троллеи ремонтного тупика закоротку и заземлить троллеи;
- при отсутствии ремонтного тупика цеховых троллей против монтируемого крана закрыть прочной обшивкой по всей ширине моста крана плюс 1 м с каждой стороны;
- отключить рубильник в кабине крановщика и снять предохранители.

На рукоятке рубильника должен быть вывешен знак «Не включать. Работают люди». Перед опробованием кранового оборудования необходимо убедиться, что вблизи и над ним не ведут каких-либо работ. Подавать напряжение на цеховые троллеи должен персонал службы эксплуатации по заявке наладчиков, при этом на протяжении всей длины троллеев через каждые 15 м они обязаны вывесить знаки «Под напряжением. Опасно для жизни». Наладочный персонал обязан в письменной форме известить все смежные организации, работающие на данном объекте, о подаче напряжения на цеховые троллеи и опробовании электрооборудования.

*Наладка конденсаторов и аккумуляторных батарей.* Наладочные работы должны производиться бригадой в составе 2 человек. Старший должен иметь квалификационную группу по ЭБ не ниже V, второй – не ниже III. Если в помещении конденсаторов или аккумуляторной батареи введен эксплуатационный режим, то наладочные работы выполняются по наряду.

Перед началом наладочных работ в помещении аккумуляторной батареи должна быть обязательно включена приточно-вытяжная вентиляция. Наладчики должны работать в резиновых перчатках, фартуках, защитных очках. При работе в помещении конденсаторов необходимо ограждать сборные шины. Каждый конденсатор или группа их после испытания приложением напряже-



ния должны быть обязательно разряжены. Контрольный разряд конденсаторов производится:

- в батареях с индивидуальной защитой конденсаторов – каждого конденсатора в отдельности;

- в батареях при групповой защите – каждой группы конденсаторов;

- в батареях при одной общей защите – всей батарее в целом.

Разряд конденсаторов производится специальным разрядным металлическим стержнем сечением не менее  $25 \text{ мм}^2$  и длиной не более 250 мм, который должен быть заземлен и надежно закреплен на изолирующей штанге. Размер штанги должен быть таким же, как и размер изолирующей штанги для оперативных переключений в электроустановках того же напряжения, что и конденсаторная батарея. Разрядка конденсаторов должна производиться перед началом наладочных работ.



## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1

#### *Производственная документация, оформляемая при монтаже и наладке систем автоматизации*

Наименование	Содержание	Примечание
1. Акт передачи рабочей документации для производства работ	Комплектность документов в соответствии с СН 202-81, ВСН 281-75 и стандартами системы проектной документации для строительства: - пригодность к проведению монтажных работ с применением комплектно-блочного и узлового методов производства работ; - наличие разрешения к производству работ; дата приемки документации и подписи представителей заказчика, генподрядчика и монтажной организации.	
2. Акт готовности объекта к производству работ по монтажу систем автоматизации	Содержание устанавливается ВСН в соответствии со СНиП 3.01.01-85	В акте следует особо отметить правильность установки закладных конструкций и первичных приборов на технологическом оборудовании, аппаратах и трубопроводах в соответствии с п. 2.12.

3. Акт перерыва монтажных работ	Форма произвольная	
4. Акт освидетельствования скрытых работ	По форме акта освидетельствования скрытых работ СНиП 3.01.01-85	
5. Акт испытания трубных проводок на прочность и плотность	Содержание устанавливается ВСН	
6. Акт пневматических испытаний трубных проводок на плотность с определением падения давления за время испытаний	То же	Составляется на трубные проводки, заполняемые горючими, токсичными и сжиженными газами (кроме газопроводов с давлением до 0,1 МПа); трубные проводки, заполняемые кислородом; трубные проводки на давление св. 10 МПа и на абсолютное давление от 0,001 до 0,095 МПа
7. Акт на обезжиривание арматуры, соединений и труб	Содержание устанавливается ВСН	Составляется на трубные проводки, заполняемые кислородом
8. Документы на трубные проводки давлением св. 10 МПа	То же	Составляется на трубные проводки давлением св. 10 МПа
9. Журнал сварочных работ		Составляется для трубных проводок I и II категорий и на давление св. 10 МПа
10. Протокол измерения сопротивления изоляции		
11. Протокол прогрева кабелей на барабанах		Составляется только при прокладке при низких температурах
12. Документы по электропроводкам во взрывоопасных зонах	Виды документов устанавливаются ВСН	Составляются только для взрывоопасных зон

13. Акт по электропроводкам в пожароопасных зонах	То же	Составляются только для пожароопасных зон
14. Акт проверки приборов и средств автоматизации	Форма произвольная	
15. Разрешение на монтаж приборов средств автоматизации	Содержание устанавливается ВСН	
16. Ведомость смонтированных приборов и средств автоматизации	Форма произвольная	
17. Акт о приемке оборудования после индивидуального испытания	По форме акта прил. 1 СНиП III-3-81	
18. Разрешение на внесение изменений	Форма по ГОСТ 21201-78	
19. Акт приемки в эксплуатацию систем автоматизации	Форма прилагается	Оформляется при сдаче в эксплуатацию по отдельным налаженным системам
20. Акт о приемке систем автоматизации	По форме акта прил. 2 СНиП III-3-81	В объеме, предусмотренном проектом

Акт приемки в эксплуатацию систем автоматизации

УТВЕРЖДАЮ

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(заказчик)

АКТ

№ \_\_\_\_\_

г. \_\_\_\_\_

приемки в эксплуатацию  
систем автоматизации

Основание: предъявление к сдаче в эксплуатацию систем автоматизации \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(наименование пусконаладочной организации)

Составлен комиссией \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(представитель заказчика, фамилия, и.о., должность)

\_\_\_\_\_

(представители пусконаладочной организации, фамилии, и.о., должности)

Комиссией проведена работа по определению пригодности систем автоматизации к эксплуатации \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(наименование систем автоматизации)

Установлено, что вышеперечисленные системы автоматизации:

1. Обеспечили бесперебойную работу технологического оборудования в заданном режиме в период комплексного опробования в течение \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(времени)

с положительным результатом.

2. Соответствуют техническим  
требованиям \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(наименование нормативного документа, проекта)

Основываясь на полученных данных, комиссия считает:

1. Принять в эксплуатацию представленные к сдаче системы авто-  
матизации.

2. Пусконаладочные работы выполнены с оценкой

К акту прилагаются: 1. \_\_\_\_\_  
2. \_\_\_\_\_  
3. \_\_\_\_\_

Заказчик

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Пусконаладочная организация

\_\_\_\_\_  
(подпись)

*Извлечения из правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок Республики Казахстан (Приказ Министерства энергетики и минеральных ресурсов РК от 26.08.2004 г. № 190)*

## ГЛАВА БЗ.7. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ ОБОРУДОВАНИЙ И ИЗМЕРЕНИЙ

### Испытания с подачей с повышенного напряжения от постороннего источника тока

БЗ.7.1. Испытания проводятся бригадами в составе не менее 2 человек, из которых производитель работ должен иметь группу по электробезопасности не ниже IV, а остальные – не ниже III.

Испытания может выполнять лишь персонал, прошедший специальную подготовку и проверку знаний схем испытаний и правил в объеме данной главы и имеющий опыт проведения испытаний в условиях действующих электроустановок, полученный в период обучения за 1 мес.

Указанная проверка производится одновременно с общей проверкой знаний настоящих Правил в те же сроки и в той же комиссии с включением в ее состав специалиста по испытаниям оборудования, имеющего группу по электробезопасности не ниже V.

Лица, допущенные к проведению испытаний, должны иметь отметку об этом в удостоверении.

БЗ.7.2. Испытания в установках напряжением выше 1000 В производятся по наряду. Испытания электродвигателей напряжением выше 1000 В, от которых отсоединены питающие кабели и концы их заземлены, могут выполняться по распоряжению.

БЗ.7.3. Допуск по нарядам, выданным на проведение испытаний и подготовительных работ к ним, произво-



дится только после удаления с рабочих мест бригад, работающих на подлежащем испытанию оборудовании, и сдачи ими нарядов.

**Б3.7.4.** В состав бригады, проводящей испытания, могут быть включены лица из ремонтного персонала с группой по электробезопасности не ниже II для выполнения подготовительных работ, охраны испытываемого оборудования, а также для разъединения и соединения шин. До начала испытаний производитель работ должен проинструктировать этих работников о мерах безопасности при испытаниях.

В состав бригады, осуществляющей ремонт или монтаж оборудования, для проведения испытаний могут быть включены лица из персонала наладочных организаций или электролаборатории. В этом случае испытаниями руководит производитель работ либо по его указанию старшее лицо с группой по электробезопасности не ниже IV из персонала лаборатории или наладочной организации.

Проведение испытаний в процессе монтажа или ремонта оговаривается в наряде в строке «Поручается».

**Б3.7.5.** Массовые испытания изоляционных материалов и изделий (средств защиты, различных изоляционных деталей и т.п.), проводимые вне электроустановок напряжением выше 1000 В с использованием стендов, у которых токоведущие части закрыты сплошными или сетчатыми ограждениями, а двери снабжены блокировкой, может выполнять лицо с группой по электробезопасности не ниже III единолично в порядке текущей эксплуатации.

**Б3.7.6.** При сборке испытательной цепи прежде всего выполняются защитное и рабочее заземления испытательной установки и, если требуется, защитное заземление корпуса испытываемого оборудования. Перед присоединением испытательной установки к сети 380/220 В на вывод высокого напряжения установки накладывает



ся заземление. Сечение медного провода, с помощью которого заземляется вывод, должно быть не менее  $4 \text{ мм}^2$ .

Сборку цепи испытания оборудования производит персонал бригады, проводящей испытания.

Производитель работ перед испытаниями обязан проверить правильность сборки цепи и надежность рабочих и защитных заземлений.

**Б3.7.7.** Снимать наложенные в электроустановке заземления, препятствующие проведению испытаний, и накладывать их снова можно только по указанию лица, руководящего испытанием.

**Б3.7.8.** Место испытаний, а также соединительные провода, которые при испытании находятся под испытательным напряжением, ограждаются, и у места испытания выставляется наблюдающий. Обязанности наблюдающего может выполнять лицо, производящее присоединение измерительной схемы к испытываемому оборудованию. Ограждение выполняется персоналом бригады, производящей испытания. В качестве ограждений могут применяться щиты, барьеры, канаты с подвешенными на них плакатами «Испытания. Опасно для жизни» или световыми табло с такой же надписью. Если соединительные провода, находящиеся под испытательным напряжением, расположены вне помещения электроустановки напряжением выше  $1000 \text{ В}$  (в коридорах, на лестницах, в проходах, на территории), наряду с ограждением выставляется охрана из одного или нескольких проинструктированных и введенных в наряд лиц с группой по электробезопасности не ниже II. Члены бригады, несущие охрану, размещаются вне ограждения.

Лица, выставленные для охраны испытываемого оборудования, должны считать это оборудование находящимся под напряжением.

Производитель работ должен убедиться в том, что лица, назначенные для охраны, находятся на посту и

извещены о начале испытаний. Покинуть пост эти лица могут только по разрешению производителя работ.

**БЗ.7.9.** При размещении испытательной установки и испытываемого оборудования в разных помещениях или на разных участках РУ разрешается пребывание членов бригады с группой по электробезопасности не ниже III, ведущих наблюдение за состоянием изоляции, отдельно от производителя работ. Эти члены бригады должны получить перед началом испытаний необходимый инструктаж от производителя работ и располагаться вне ограждения.

**БЗ.7.10.** При испытаниях кабеля, если противоположный конец его расположен в запертой камере, ячейке РУ или в помещении, на дверях или ограждении вывешивается плакат «Испытание. Опасно для жизни». Если эти двери и ограждения не заперты либо испытанию подвергается ремонтируемый кабель с разделанными на трассе концами, то, помимо вывешивания плакатов на дверях, ограждениях и у разделанных концов кабеля, выставляется охрана из включенных в наряд лиц с группой по электробезопасности не ниже II.

**БЗ.7.11.** Присоединение испытательной установки к сети напряжением 380/220 В производится через коммутационный аппарат с видимым разрывом цепи или через штепсельную вилку, расположенные на месте управления установкой.

Коммутационный аппарат оборудуется стопорными устройствами, или между подвижными и неподвижными контактами аппарата устанавливается изолирующая накладка.

**БЗ.7.12.** Присоединять соединительный провод к фазе, полюсу испытываемого оборудования или к жиле кабеля и отсоединять его разрешается по указанию лица, руководящего испытанием, и только после их заземления.

**Б3.7.13.** Перед подачей испытательного напряжения на испытательную установку производитель работ обязан:

– проверить, все ли члены бригады находятся на указанных им местах, удалены ли посторонние лица, можно ли подавать испытательное напряжение на оборудование;

– предупредить бригаду о подаче напряжения и, убедившись, что предупреждение услышано всеми членами бригады, снять заземление с вывода испытательной установки, после чего и подать на нее напряжение 380/220 В.

С момента снятия заземления вся испытательная установка, включая испытываемое оборудование и соединительные провода, считается находящейся под напряжением, и производить какие-либо пересоединения в испытательной схеме и на испытываемом оборудовании запрещается.

**Б3.7.14.** После окончания испытаний производитель работ должен снизить напряжение испытательной установки до нуля, отключить ее от сети 380/220 В, заземлить (или дать распоряжение о заземлении) вывод установки и сообщить об этом бригаде. Только после этого можно пересоединять провода от испытательной установки или в случае полного окончания испытания отсоединять их и снимать ограждения. До испытания изоляции КЛ и ВЛ, а также после него необходимо разрядить кабель и линию на землю через добавочное сопротивление, наложить заземление и убедиться в полном отсутствии заряда. Только после этого разрешается снять плакаты. Лицо, производящее разрядку, должно пользоваться диэлектрическими перчатками, защитными очками и стоять на изолирующем основании.

**Б3.7.15.** На рабочем месте оператора выполняется раздельная световая сигнализация о включении напряжения до и выше 1000 В.

**БЗ.7.16.** Передвижные лаборатории оснащаются световой сигнализацией, действующей, когда вывод высокого напряжения находится под напряжением.

**БЗ.7.17.** Измерения мегаомметром разрешается выполнять обученным лицам из электротехнического персонала. В установках напряжением выше 1000 В измерения производят по наряду два лица, одно из которых должно иметь группу по электробезопасности не ниже IV. В установках напряжением до 1000 В измерения выполняют по распоряжению два лица, одно из которых должно иметь группу не ниже III. Исключение составляют испытания, указанные в п. БЗ.7.20.

**БЗ.7.18.** Испытания изоляции линии, могущей получить напряжение с двух сторон, разрешается проводить только в том случае, если от ответственного лица электроустановки, которая присоединена к другому концу этой линии, получено сообщение по телефону, с нарочным и т.п. (с обратной проверкой) о том, что линейные разъединители и выключатель отключены и вывешен плакат «Не включать. Работают люди».

**БЗ.7.19.** Перед началом испытаний необходимо убедиться в отсутствии людей, работающих на той части электроустановки, к которой присоединен испытательный прибор, запретить находящимся вблизи него лицам прикасаться к токоведущим частям и, если нужно, выставить охрану.

**БЗ.7.20.** Для контроля состояния изоляции электрических машин в соответствии с методическими указаниями или программами измерения мегаомметром на остановленной или вращающейся, но не возбужденной машине могут проводиться оперативным персоналом или по его распоряжению в порядке текущей эксплуатации работниками электролаборатории. Под наблюдением оперативного персонала эти измерения могут выполняться и ремонтным персоналом. Испытания изоляции роторов, якорей и цепей возбуждения может проводить одно лицо с группой по электро-

безопасности не ниже III, испытания изоляции статора – не менее чем два лица, одно из которых должно иметь группу не ниже IV, а второе – не ниже III.

**Б3.7.21.** При работе с мегаомметром прикасаться к токоведущим частям, к которым он присоединен, запрещается. После окончания работы необходимо снять остаточный заряд с проверяемого оборудования посредством его кратковременного заземления.

**Б3.7.22.** Производство измерений мегаомметром запрещается: на одной цепи двухцепных линий напряжением выше 1000 В, в то время когда другая цепь находится под напряжением; на одноцепной линии, если она идет параллельно с работающей линией напряжением выше 1000 В; во время грозы или при ее приближении.

### **Работа с электроизмерительными клещами и измерительными штангами**

**Б3.7.23.** Измерения электроизмерительными клещами и измерительными штангами в установках напряжением выше 1000 В должны производить два лица, одно из которых должно иметь группу по электробезопасности не ниже IV, а второе – не ниже III. Ремонтным персоналом измерения выполняются по наряду, оперативным – по распоряжению. В электроустановках напряжением до 1000 В измерения электроизмерительными клещами может производить одно лицо с группой не ниже III.

**Б3.7.24.** Для измерений применяются клещи с амперметром, установленным на их рабочей части. Использование клещей с вынесенным амперметром не допускается. Во время измерений запрещается нагибаться к амперметру для отсчета показаний, касаться приборов, проводов и измерительных трансформаторов. Измерения в электроустановках напряжением выше 1000 В следует выполнять в диэлектрических перчатках, защитных очках, стоя на изолирующем основании.

**Б3.7.25.** Измерения можно производить лишь на участках шин, конструктивное выполнение которых, а также расстояние между токоведущими частями разных фаз и между ними и заземленными частями исключают возможность электрического пробоя между фазами или на землю из-за уменьшения изоляционных расстояний за счет рабочей части клещей.

**Б3.7.26.** На кабелях напряжением выше 1000 В пользоваться для измерения электроизмерительными клещами разрешается лишь в тех случаях, когда жилы кабеля изолированы и расстояние между ними не менее 250 мм.

**Б3.7.27.** Измерения электроизмерительными клещами на шинах напряжением до 1000 В следует выполнять, стоя на полу или специальных подмостях.

**Б3.7.28.** При измерениях клещами пофазно токов в установках напряжением до 1000 В при горизонтальном расположении фаз необходимо перед производством измерений оградить каждую фазу изолирующей прокладкой. Указанные операции производятся в диэлектрических перчатках.

**Б3.7.29.** Подниматься на конструкцию или телескопическую вышку для проведения работ следует без штанги. Поднимать штангу необходимо с помощью каната, удерживая ее в вертикальном положении рабочей частью вверх. Применять металлические канаты для подъема штанги запрещается. При подъеме не допускается раскачивать штангу и ударять ею о твердые предметы. В случае подъема на незначительную высоту разрешается передача штанги из рук в руки.

**Б3.7.30.** Запрещается проводить работы с измерительными штангами в грозу, при тумане, дожде или мокром снеге.

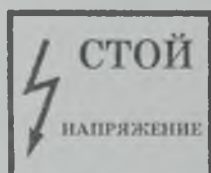
**Б3.7.31.** При работе со штангой должны соблюдаться расстояния от работающего до токоведущих частей, указанные в табл. Б2.1.1.



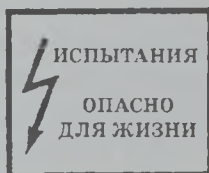
БЗ.7.32. Измерения на опорах ВЛ напряжением до 1000 В можно производить, стоя на когтях (лазах) и закрепившись поясом за опору. Выполнять измерения на ВЛ, стоя на лестнице, запрещается.

БЗ.7.33. Проведение измерений на воздушных линиях сопор, имеющих заземляющие спуски, запрещается.

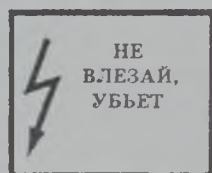
#### ПРЕДУПРЕЖДАЮЩИЕ ПЛАКАТЫ



1

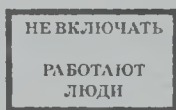


2

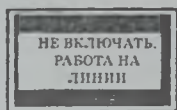


3

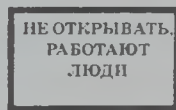
#### ЗАПРЕЩАЮЩИЕ ПЛАКАТЫ



4



5



6

#### ПРЕДПИСЫВАЮЩИЕ ПЛАКАТЫ

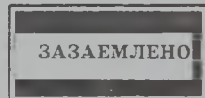


7



8

#### УКАЗАТЕЛЬНЫЙ ПЛАКАТ



9

#### ПРЕДУПРЕЖДАЮЩИЕ ЗНАКИ



10



11

Рис.10.5. Плакаты и знаки



## Опасность поражения человека электрическим током

### Краткая характеристика производственного электротравматизма

Анализ современного состояния производственного электротравматизма и рекомендации по его предупреждению основываются на изучении сведений о количестве и причинах несчастных случаев на производстве, поступающих ежегодно от предприятий.

Наибольший электротравматизм наблюдается в электроэнергетике, поскольку большинство работников этой отрасли непосредственно занято обслуживанием электроустановок. Электробезопасность в химической, угольной и некоторых других отраслях промышленности, а также в строительстве немногим лучше.

Распределение случаев производственного электротравматизма по видам электроустановок приведено в табл. 5.1.

Из анализа данных (табл. 5.1) следует, что больше половины всех несчастных случаев приходится на воздушные линии (ВЛ), трансформаторные подстанции (ТП) и распределительные устройства (РУ). Из них 75% происходит при напряжении 6 и 10 кВ. Наибольшую опасность представляют ВЛ, расположенные на территории предприятий истроек. Примерно 60% травм на линиях электропередачи обусловлено соприкосновением с ними автокранов, буровых вышек, лестниц и других крупногабаритных объектов, т.е. фактически не связано с обслуживанием линий. Случаи поражения шаговым напряжением наиболее характерны под контактными сетями (в 8 раз выше среднего уровня). Из установок напряжением 380 и 220 В наиболее опасны передвижные машины с электроприводом – насосы, транспортеры, погрузчики,

бетономешалки, электрифицированные экскаваторы и др. От 43 до 77% несчастных случаев на передвижных установках и на ручных электрифицированных машинах происходит вследствие появления напряжения на корпусе машины, но в среднем по всем установкам этой причиной обусловлено лишь 13% травм.

*Таблица 5.1*

**Производственный электротравматизм  
по видам электроустановок**

Вид электроустановки	Электротравматизм, %	Вид электроустановки	Электротравматизм, %
ВЛ (всего)	33,4	Машины электрифицированные (всего)	14,8
Из них: линии электропередач	28,6	Из них: передвижные	12,0
контактные сети	2,9	переносные и ручные	2,8
линии связи	1,9	Установки сварочные (всего)	5,8
ТП и РУ (всего)	22,7	Из них ручные дуговые	5,3
Из них:		Установки нагревательные	3,3
КТП и КРУ	8,3	Светильники (всего)	4
ЗРУ	7,6	Из них стационарные	2,5
Щиты, шкафы	4,5	Электроподъемники	3,9
Прочие	12,1		

О большой опасности электросварочных установок, а также передвижных машин с электроприводом и электрифицированных агрегатов можно судить и по приведенному ниже соотношению частоты электротравм, в относительных единицах, на некоторых установках, применяемых в промышленности:

Электродвигатели.....	1
Трансформаторы силовые.....	26
Электронасосы.....	22
Установки электросварочные:	
ручные.....	180
контактные.....	50
Машины зерноочистительные и зерносушильные.....	150
Электрокраны.....	5
Бетономешалки.....	4
Комбайны угольные, горнопроходческие, завалочные.....	680
Буровые установки (только касание ВЛ).....	50
Автомобильные краны (только касание ВЛ).....	22

Статистика электротравматизма показывает, что чем моложе работники, тем выше частота электротравматизма. Каждую третью травму получают работники моложе 20 лет при работе на оборудовании с электроприводом, каждую четвертую – при обслуживании воздушных линий, каждую шестую – при выполнении операций на электропроводах и светильниках, а также в трансформаторной подстанции, при работе с распределительным устройством, распределительными шкафами и щитами (работники в возрасте 50 лет и старше – примерно 9% электротравм).

Максимум травм приходится на персонал со стажем свыше 10 лет и с IV квалификационной группой по технике безопасности.

### Виды электротравм

В процессе выполнения работ по обслуживанию, ремонту и испытаниям электроустановок и электросетей промышленных предприятий возникает вероятность попадания человека под напряжение, т.е. прикосновения к точке, потенциал которой отличается от по-

тенциала земли, или к двум точкам электроустановки с различными потенциалами. Так как работы на электрических сетях и электрифицированном оборудовании выполняются рабочими не только электротехнических, но и других профессий, вопросы электробезопасности труда становятся исключительно актуальными. Опасное и вредное воздействие на обслуживающий персонал электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей проявляется в виде электротравм и профессиональных заболеваний.

До момента соприкосновения с частями конструкций, находящихся под напряжением, электрический ток не воздействует на органы чувств. При соприкосновении электрический ток, протекая через тело человека, может вызвать термическое, электрическое или биологическое воздействие на организм. Первое воздействие характеризуется нагреванием тканей, вплоть до ожогов, второе – разложением жидкостей и крови в организме человека, а третье сопровождается разрушением и возбуждением тканей и сокращением мышц.

Различают три вида электротравм:

- местные, при которых появляются местные ожоги, повреждения;
- общие, когда поражаются жизненно важные органы человека (такой вид поражения называют электрическим ударом);
- смешанные.

*Местные* электротравмы характеризуются такими поражениями, как металлизация кожи, появление электрических знаков, механические повреждения и электроофтальмия (воспаление наружных оболочек глаз в результате воздействия ультрафиолетовых лучей от дуговой электросварки).

Общие электротравмы представляют собой результат электрического удара, возбуждающего живые ткани до состояния судорожных сокращений. Общие электротравмы разделяют на:

- вызывающие сокращение мышц без потери сознания;
- приводящие к судорожному сокращению мышц с потерей сознания, но работающем сердце и системе дыхания;
- с потерей сознания и нарушением сердечной деятельности и дыхания;
- электрические удары, вызывающие клиническую смерть пострадавшего.

Под *клинической смертью* понимают переходное состояние пострадавшего от жизни к смерти. Состояние клинической смерти длится 6-7 мин. Если за это время пострадавшему не удалось оказать помощь, которая привела бы его в жизнеспособное состояние, то наступают необратимые процессы. Причинами смерти являются: прекращение дыхания, работы сердца, электрический шок.

### **Факторы, влияющие на исход поражения человека током**

Основными факторами, влияющими на степень поражения электрическим током, являются: путь тока в теле человека (рис. 5.1), сила тока, вид тока (постоянный или переменный), а также время его прохождения. Наиболее опасными направлениями прохождения тока считают «голова – руки», «голова – ноги», наиболее распространенные случаи – петли «рука – нога», «рука – рука», так как при этом ток поражает органы сердца и дыхания.

Силу электрического тока, проходящего через тело человека, можно определить по закону Ома, как отношение приложенного напряжения к сопротивлению тела человека. Сопротивление тела человека существенно зависит от состояния поверхности кожи в месте соприкосновения, общего физиологического и психологического состояния организма и др. Оно может изменяться от не-

скольких сотен до десятков тысяч Ом. Если кожа потная, смочена эмульсией или другими растворами, засорена токопроводящей пылью, то сопротивление резко снижается. Наиболее опасен ток промышленной частоты (50 Гц). Токи высокой частоты обычно не вызывают электрического шока, но при длительном воздействии могут привести к ожогу отдельных частей тела или их перегреву.

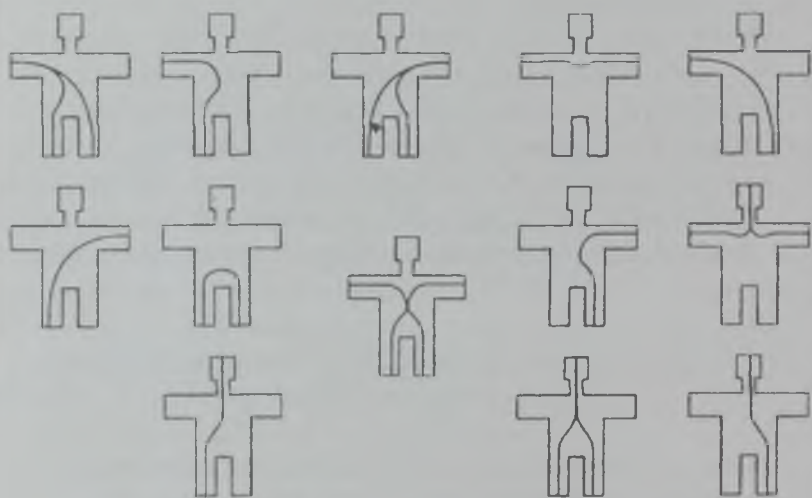


Рис. 5.1. Пути прохождения тока в теле человека

Раздражающее действие переменного тока промышленной частоты человек начинает ощущать при токе 1,0-1,5 мА и постоянном токе 5-7 мА. Эти токи называют *пороговыми ощутимыми*. Серьезной опасности для человека они не представляют – человек может самостоятельно отделиться от цепи. Если переменный ток достигает 5-10 мА, то раздражающее усилие становится более ощутимым. Появляется боль в мышцах, которая может привести к судорогам. При переменных токах 10-15 мА и постоянных токах 50-80 мА боль и судороги мышц рук и ног становятся такими сильными, что человек не в состоянии разжать руку, отбросить от себя

провод, отойти от мест поражения. Эти токи называют **пороговыми неотпускающими**. При переменном токе промышленной частоты величиной 25 мА и выше происходит судорожное сокращение мышц не только рук и ног, но и грудной клетки.

При токе 50 мА частотой 50 Гц работа органов дыхания очень затрудняется, а при токе 100 мА и выше и при постоянном токе 300 мА за время 1-2 с поражается сердце. Это проявляется в его фибрилляции.

Токи эти называют **фибрилляционными**. Сердце при фибрилляции, как орган перекачки крови, не выполняет свои функции, в организм поступает недостаточное количество кислорода. Происходит острое кислородное голодание, сопровождающееся остановкой дыхания и наступлением клинической смерти, которая переходит в биологическую, если пострадавшему не оказана своевременно первая помощь.

Длительность воздействия тока на человека является очень важным фактором, влияющим на исход поражения.

Защиту от поражения электрическим током рассчитывают с учетом данных, приведенных ниже.

Ток, мА.....	2	6	50	75	100	250
Длительность воздействия, с.....	более 10					
не более 10	1,0	0,7	0,5	0,2		

При расчетах учитывают, что сопротивление тела человека зависит от пола и возраста людей; у женщин это сопротивление меньше, чем у мужчин, у детей меньше, чем у взрослых, у молодых людей меньше, чем у пожилых. Объясняется это толщиной и степенью огрубения верхнего слоя кожи. Кратковременное (на несколько минут) снижение сопротивления тела человека (на 20 – 50%) вызывают внешние, неожиданно возникающие, физические раздражения: болевые (удары, уколы), световые и звуковые. Так как сопротивление тела человека электрическому току нелинейно и нестабильно и вести



расчеты с такими сопротивлениями сложно, принято условно считать, что сопротивление тела человека стабильно, линейно, активно, и составляет 1000 Ом.

## Приложение 5

### *Первая помощь пострадавшим от электрического тока и при других несчастных случаях*

#### Общие положения

Первая помощь – комплекс мероприятий, направленных на восстановление или сохранение жизни и здоровья пострадавшего, осуществляемых немедицинскими работниками (взаимопомощь) или самим пострадавшим (самопомощь). Важным моментом в оказании первой помощи является ее срочность.

Должны быть одинаковыми требования к оказанию первой помощи и к профессиональным навыкам.

*Оказывающий помощь должен знать:*

- основные признаки нарушения жизненно важных функций человека;
- общие принципы оказания первой помощи и ее приемы применительно к полученному повреждению;
- основные способы переноски и эвакуации пострадавших.

*Оказывающий помощь должен уметь:*

- оценивать состояние пострадавшего и определять, в какой помощи он нуждается в первую очередь;
- обеспечивать свободную проходимость верхних дыхательных путей;
- выполнять искусственное дыхание методом «изо рта в рот» («изо рта в нос») и закрытый массаж сердца и оценивать их эффективность;

– временно останавливать кровотечение путем наложения жгута, давящей повязки, прижатия сосуда пальцем;

– накладывать повязку при различных повреждениях (ранении, ожоге, отморожении, ушибе);

– иммобилизовать (создать неподвижность, покой) поврежденную часть тела при переломах, тяжелом ушибе, термическом поражении;

– оказывать помощь при тепловом и солнечном ударах, утоплении, остром отравлении, рвоте, бессознательном состоянии;

– использовать подручные средства при переноске, погрузке и транспортировке пострадавших;

– решать о возможности вывоза пострадавшего машиной скорой помощи или попутным транспортом;

– пользоваться аптечкой первой помощи.

Последовательность оказания первой помощи:

1) устранить воздействие на организм пострадавшего повреждающих факторов (освободить от действия электрического тока, вынести из зараженной атмосферы, погасить горящую одежду, извлечь из воды т.д.), оценить состояние пострадавшего;

2) определить тяжесть травмы, наибольшую угрозу жизни пострадавшего и последовательность мероприятий по его спасению;

3) провести необходимые мероприятия по спасению пострадавшего в порядке срочности (восстановить проходимость дыхательных путей, провести искусственное дыхание, наружный массаж сердца, остановить кровотечение, иммобилизовать места перелома, наложить повязку и т.п.);

4) поддерживать основные жизненные функции пострадавшего до прибытия медицинского работника;

5) вызвать скорую медицинскую помощь или врача или принять меры для транспортировки пострадавшего в ближайшее лечебное учреждение.

Спасение пострадавшего от действия электрического тока часто зависит от быстроты освобождения его от тока и быстроты оказания ему помощи.

Никогда не следует отказываться от оказания помощи пострадавшему, считая его мертвым, при отсутствии дыхания, сердцебиения, пульса, так как при поражении электрическим током смерть часто бывает клинической («мнимой»). Только врач имеет право дать заключение о смерти пострадавшего.

На электроустановках в местах постоянного дежурства персонала должны иметься:

– набор (аптечка) необходимых приспособлений и средств для оказания первой помощи (табл. 5.2);

– плакаты, посвященные правилам оказания первой помощи, выполнения искусственного дыхания и наружного массажа сердца, строгому ежегодному контролю за правильностью оказания первой помощи, а также за состоянием и своевременным пополнением аптечек и сумок.

Помощь пострадавшему, оказываемая немедицинскими работниками, должна оказываться лишь до прибытия врача; она должна ограничиваться строго определенными видами (мероприятия по оживлению при «мнимой» смерти, временная остановка кровотечения, перевязка, иммобилизация перелома, переноска и перевозка пострадавшего).

### Освобождение от действия электрического тока

Прикосновение к токоведущим и нетоковедущим частям электрооборудования, находящимся под напряжением, вызывает обычно произвольное судорожное сокращение мышц и общее возбуждение, которое может привести к нарушению и прекращению деятельности органов дыхания и кровообращения.

Если пострадавший держит токоведущую часть или другую деталь, находящиеся под напряжением, руками, то его пальцы сильно сжимаются, и освободить его руку бывает невозможно.

**Список медикаментов и медицинских средств,  
которые должны храниться в аптечке или в сумке  
первой помощи**

Медикаменты и медицинские средства	Назначение	Количе- ство
Индивидуаль- ные перевязоч- ные асептиче- ские пакеты. Бинты. Вата. В а т н о - м а р л е в ы й бинт.	Наложение повязок. То же.  Для бинтования при переломах.	По 5 шт 5 шт
Жгут. Шины.	Для остановки кровотечения.	5 пачек по 50 г
Резиновый пу- зырь для льда. Стакан.	Для укрепления конечностей при пере- ломах и вывихах.	3 шт
Чайная ложка. Настойка йода (5%).	Для охлаждения поврежденного места при ушибах, вывихах и переломах.	1 шт 3-4 шт
Нашатырный спирт.	Для приема лекарств, промывания глаз и желудка и приготовления растворов.	1 шт
Борная кисло- та.	Для приготовления растворов. Для смазывания тканей вокруг ран, све- жих ссадин, царапин на коже и т.д.	1 шт
Сода питьевая.	Для применения при обморочных со- стояниях	1 флакон с притер- той проб- кой (25 мл)
Раствор пере- киси водорода (3%).	Для приготовления растворов для про- мывания глаз и кожи, полоскания рта при ожогах щелочью, для примочек на глаза при ожоге их сварочной дугой.	1 флакон (30 мл)
Настойка вале- рианы.	Для приготовления растворов для про- мывания глаз и кожи, полоскания рта при ожогах кислотой.	1 пакет (25)
Нитроглице- рин.	Для остановки кровотечения из носа. Успокоительное средство.	1 пакет (25)
	Для приема при сильных болях в обла- сти сердца и за грудиной.	1 флакон (50 мл)
		1 флакон (30 мл)
		1 тубик

Поэтому первым действием оказывающего помощь должно быть отключение той части электроустановки, которой касается пострадавший. Отключение производится с помощью отключающих аппаратов, штепсельных разъемов, путем снятия или вывертывания предохранителей.

Если пострадавший находится на высоте, то нужно принять меры против его падения после отключения тока.

При отключении напряжения может отключиться и освещение, поэтому при отсутствии дневного света нужно заранее позаботиться о резервном освещении (аварийное освещение, аккумуляторные фонарики и т.п.).

При невозможности быстрого отключения напряжения нужно принять меры к освобождению пострадавшего от действия тока. При этом нельзя касаться частей тела пострадавшего и нужно остерегаться касания частей, находящихся под напряжением.

### **Освобождение пострадавшего при напряжении до 1000 В**

Для отделения пострадавшего от частей, находящихся под напряжением, можно применить палку, доску или другой сухой предмет, не проводящий ток. Можно также оттянуть пострадавшего за одежду, если она сухая (за полы, воротник), избегая при этом касания частей тела пострадавшего.

При оттаскивании пострадавшего за ноги не нужно касаться его обуви или одежды без хорошей изоляции своих рук, так как обувь или одежда могут быть сырыми.

Для изоляции рук оказывающий помощь должен надеть диэлектрические перчатки, обмотать руку шарфом, надеть на нее фуражку, натянуть рукав пиджака или пальто, накинуть на пострадавшего резиновый коврик, плащ или сухую материю.

Можно изолировать себя, встав на резиновый коврик, сухую доску или непроводящую подстилку, сверток одежды и т.п.

При отделении пострадавшего от частей, находящихся под напряжением, нужно действовать одной рукой, держа другую сзади или в кармане.

При прохождении электрического тока через пострадавшего в землю, когда он судорожно сжимает токоведущую часть рукой, проще его отделить от земли, подсунув под него сухую доску, оттянув ноги от земли веревкой или оттащив за одежду. Можно перерубить провода топором с сухой деревянной рукояткой или перекусить инструментом с изолированными рукоятками. При этом перерубать или перекусывать провода нужно пофазно, т.е. каждый провод в отдельности, стоять на сухих досках, деревянный лестнице и т.п.

### Освобождение пострадавшего при напряжении выше 1000 В

При освобождении пострадавшего следует надеть диэлектрические перчатки и боты и действовать штангой или изолирующими клещами, рассчитанными на соответствующее напряжение.

Нужно помнить об опасности напряжения шага, если токоведущая часть (провод и т.п.) лежит на земле, и после освобождения пострадавшего нужно вынести его из опасной зоны.

Отключение на линии электропередачи, когда нельзя быстро выключить ее из пункта питания, можно делать набрасыванием неизолированного провода на провода линии.

При этом провод должен иметь достаточное сечение, чтобы он не перегорел при прохождении через него тока короткого замыкания, и защита линии может не сработать. Перед набросом провода один его конец нужно за-



землить присоединением к телу опоры, заземляющему спуску и т.д.

Для удобства наброса на свободный конец набрасываемого провода желательно прикрепить груз.

## Первая помощь пострадавшему от электрического тока

Необходимо оценить состояние пострадавшего после освобождения его от электрического тока.

Признаки, по которым можно определить состояние пострадавшего:

1) сознание: ясное, отсутствует, нарушено (пострадавший заторможен или возбужден). Об утрате сознания судят визуально, и для убедительности можно обратиться к пострадавшему с вопросом о самочувствии;

2) цвет кожных покровов и видимых слизистых (губ, глаз): розовые, синюшные, бледные. Цвет кожных покровов оценивают визуально;

3) дыхание: нормальное, отсутствует, нарушено (неправильное, поверхностное, хрипящее). Наличие дыхания оценивается визуально по подъему и опусканию грудной клетки;

4) пульс на сонных артериях: хорошо определяется (ритм правильный или неправильный), плохо определяется, отсутствует. Пульс на сонной артерии прощупывается подушечками второго, третьего и четвертого пальцев руки, при расположении их вдоль шеи между кадыком и кивательной мышцей с прижатием в сторону позвоночника;

5) зрачки: узкие, широкие. При определении ширины зрачков при закрытых глазах подушечки указательных пальцев кладут на верхние веки обоих глаз и, слегка придавливая их к главному яблоку, поднимают вверх. При открывании глазной щели на белом фоне глазного яблока видна округлая радужка, а в центре ее округлой формы – черные зрачки. Ширину зрачков оценивают по занимаемой ими площади радужки.



При отсутствии у пострадавшего сознания, дыхания, пульса, синюшном кожном покрове, широких зрачков (0,5 см в диаметре) можно считать, что он находится в состоянии клинической смерти, и нужно немедленно приступать к оживлению с помощью искусственного дыхания и наружного массажа сердца.

Если пострадавший дышит редко и судорожно, но у него прощупывается пульс, необходимо сразу начать искусственное дыхание. При этом необязательно, чтобы пострадавший находился в горизонтальном положении. Приступив к оживлению, нужно вызвать врача или скорую медицинскую помощь, и это должен сделать другой, не оказывающий помощь.

Если пострадавший в сознании, но до этого был в бессознательном состоянии, с сохранившимся устойчивым дыханием и пульсом, его следует уложить на подстилку из одежды, расстегнуть одежду, стесняющую дыхание; создать приток свежего воздуха; согреть, если холодно, и обеспечить прохладу, если жарко; создать полный покой, непрерывно наблюдая за пульсом и дыханием; удалить лишних людей.

При бессознательном состоянии пострадавшего необходимо наблюдать за его дыханием и в случае нарушения дыхания из-за западания языка надо выдвинуть челюсть вперед, взявшись пальцами за ее углы, и поддерживать ее в таком положении, пока не прекратится западание языка.

При возникновении у пострадавшего рвоты необходимо повернуть его голову и плечи налево для удаления рвотных масс. Нельзя позволять пострадавшему двигаться, так как отсутствие внешних тяжелых повреждений не означает, что его состояние не может ухудшиться. Переносить пострадавшего на другое место следует только в тех случаях, когда пострадавшему или оказывающему помощь угрожает опасность или когда невозможно оказание помощи на данном месте. Нельзя ни в коем случае зарывать пострадавшего в землю.

При поражении молнией оказывается та же помощь, что и при поражении электрическим током. При невозможности вызова врача на место необходимо обеспечить транспортировку пострадавшего в ближайшее лечебное учреждение. Перевозка пострадавшего возможна только при удовлетворительном дыхании и устойчивом пульсе.

## Способы оживления при клинической смерти

### *Искусственное дыхание*

Искусственное дыхание проводится тогда, когда пострадавший не дышит или дышит очень плохо (редко, судорожно, как бы со всхлипыванием), или его дыхание ухудшается независимо от причин: электрический ток, отравление, утопление и т. д.

Наиболее эффективный способ искусственного дыхания — «изо рта в рот» или «изо рта в нос», так как при нем обеспечивается поступление достаточного количества воздуха в легкие пострадавшего. Вдувание воздуха можно производить через марлю, платок, специальное приспособление — «воздуховод».

Данный способ позволяет контролировать поступление воздуха в легкие пострадавшего по расширению грудной клетки при вдувании и спадению ее в результате пассивного выдоха. Для проведения искусственного дыхания пострадавшего нужно уложить на спину и растянуть стесняющую дыхание одежду. До проведения искусственного дыхания нужно в первую очередь обеспечить проходимость дыхательных путей, которые в положении пострадавшего на спине в бессознательном состоянии закрыты запавшим языком.

В полости рта могут быть другие необычные части (рвотные массы, соскользнувшие протезы, песок, ил, трава, если человек был в воде, и т. п.), которые необходимо удалить пальцем, обернутым платком (тканью) или бинтом. После этой подготовки полости рта оказы-

вающий помощь располагается сбоку от головы пострадавшего, одну руку подсовывает под его шею, а другой рукой надавливает на его лоб, максимально запрокидывая голову. При этом корень языка поднимается, освобождая вход в гортань, рот открывается.

Оказывающий помощь наклоняется к лицу пострадавшего, делает глубокий вдох открытым ртом, плотно охватывает губами полностью открытый рот пострадавшего с накинутым платком или куском ткани, и делает энергичный выдох, с некоторым усилием вдувая воздух в его рот; одновременно закрывает нос пострадавшего щекой или пальцем руки, находящейся на лбу. Как только грудная клетка поднялась, нагнетание воздуха приостанавливается, оказывающий помощь поворачивает лицо в сторону, у пострадавшего происходит пассивный выдох.

Если у пострадавшего есть пульс и необходимо только искусственное дыхание, то интервал между искусственными вдохами должен составлять 5 с.

Показателями эффективности искусственного дыхания могут быть порозовение кожных покровов и слизистых, выход больного из бессознательного состояния и появление у него самостоятельного дыхания.

При проведении искусственного дыхания воздух не должен попадать в желудок пострадавшего. О попадании воздуха в желудок свидетельствует вздутие живота под «ложечкой». При этом нужно надавить ладонью на живот между грудиной и пупком. При возникновении рвоты при надавливании необходимо повернуть голову и плечи пострадавшего на бок, чтобы очистить его рот и глотку.

Если после вдувания воздуха грудная клетка не расширяется, нужно выдвинуть нижнюю челюсть пострадавшего вперед. Для этого оказывающий помощь становится со стороны головы пострадавшего и четырьмя пальцами каждой руки захватывает нижнюю челюсть сзади за углы и, упираясь большими пальцами рук в ее край ниже углов рта, оттягивает и выдвигает челюсть вперед так, чтобы нижние зубы стояли впереди верхних.

Если не удастся открыть рот пострадавшего, следует провести искусственное дыхание «изо рта в нос». При наличии пульса искусственное дыхание можно выполнять в положении сидя или в вертикальном положении, если несчастный случай произошел в неудобных местах (опора, мачта). При этом нужно как можно выше запрокинуть голову пострадавшего назад или выдвинуть вперед нижнюю челюсть.

Маленьким детям вдывают воздух одновременно в рот и в нос, охватывая ртом оказывающего помощь рот и нос ребенка. Чем меньше ребенок, тем меньше нужно ему воздуха для вдоха и тем чаще следует производить вдывание по сравнению со взрослым (до 15-18 раз в мин.). Вдывание должно быть неполным и менее резким, чтобы не повредить дыхательные пути ребенка.

Искусственное дыхание прекращают после восстановления у пострадавшего глубокого и ритмичного самостоятельного дыхания. При отсутствии не только дыхания, но и пульса на сонной артерии делают подряд два искусственных вдоха и приступают к наружному массажу сердца.

### Наружный массаж сердца

При положении человека на спине на твердом основании позвоночник является жестким основанием, а грудина (подвижная плоская кость спереди грудной клетки) может двигаться в сторону позвоночника и от него. Если надавливать на грудину, то сердце будет сжиматься между грудиной и позвоночником и кровь будет выжиматься из его полостей в кровеносные сосуды. При надавливании толчкообразными движениями кровь будет выталкиваться из полостей сердца почти так же, как это происходит при его естественном сокращении.

При сочетании искусственного дыхания и наружного массажа сердца имитируются функции дыхания и кровообращения. Комплекс данных мероприятий называется

ся реанимацией (оживлением). Показанием к проведению реанимации является остановка сердечной деятельности, при которой наблюдается сочетание признаков: появление бледности или синюшности кожных покровов, потеря сознания, отсутствие пульса на сонной артерии, прекращение дыхания или судорожные, неправильные вдохи. При остановке сердца пострадавшего нужно быстро уложить на твердое основание: скамью, пол или подложить под спину доску (не нужно подкладывать валики под плечи и шею). При оказании помощи одним человеком он располагается сбоку от пострадавшего, наклонившись, делает два быстрых энергичных вдувания (способом «изо рта в рот» или «изо рта в нос»), потом поднимается, оставаясь на той же стороне от пострадавшего, ладонь одной своей руки кладет на нижнюю половину грудины пострадавшего (на два пальца выше от ее нижнего края), а пальцы приподнимает. Ладонь второй руки он кладет поверх первой и надавливает, помогая наклоном своего корпуса. При надавливании руки должны быть выпрямлены в локтевых суставах.

Надавливание производится быстрыми толчками, чтобы смещать грудину на 4-5 см, продолжительность одного надавливания не более 0,5 с, интервал между отдельными надавливаниями 0,5 с. Между надавливаниями рук с грудины не снимают, пальцы остаются прямыми, руки выпрямлены в локтевых суставах.

При проведении оживления одним человеком он делает на каждые два вдувания 15 надавливаний. За 1 мин нужно сделать не менее 60 надавливаний и 12 вдуваний, т.е. 72 манипуляции, поэтому темп реанимационных мероприятий должен быть высоким.

Так как наибольшее время теряется при проведении искусственного дыхания, то нельзя затягивать вдувание и нужно прекращать его при расширении грудной клетки пострадавшего.

При участии в оживлении двух человек тот, кто делает массаж сердца, надавливание не производит во время искусственного вдоха пострадавшего, так как усилия

при надавливании больше, чем при вдувании, и мероприятия по оживлению оказываются бесполезными.

После восстановления сердечной деятельности и хорошего определения пульса массаж сердца немедленно прекращают, продолжая искусственное дыхание при слабом дыхании пострадавшего, стремясь к тому, чтобы естественный и искусственный вдохи совпали.

При эффективности реанимационных мероприятий, но недостаточном восстановлении сердечной деятельности или дыхания, оживление можно прекратить только при передаче пострадавшего в руки медицинского работника.

При неэффективности мероприятий по оживлению их прекращают через 30 мин.

Детям от года до 12 лет массаж сердца производят одной рукой, в минуту делают от 70 до 100 надавливаний в зависимости от возраста, детям до года – от 100 до 120 надавливаний в минуту двумя пальцами на середину грудины.



# РУССКО-КАЗАХСКИЙ ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ

авария	апат
авария лавинная	таскынды апат
авария системная	жүйелік апат
выключить	ажыратқыш
выключить масляный	майлы ажыратқыш
выключить межсекционный	секцияаралық ажыратқыш
выключить многообъемный масля- ный	үлкен көлемді майлы ажыратқыш
выключить предохранитель нагрузки	жүктеме сақтандырғышы ажыратқышы
дефицит мощности	куат жеткіліксіздігі
зависимость энергетической	энергетикалық тәуелділік
загрязнение изоляции	оқшауламаньң ластануы
заземление	жермен қосу, жерлендіру
замыкание	тұйықталу
замыкание междуфазное	фазааралық тұйықталу
замыкание на землю	жерге тұйықталу
замыкание однофазное	бір фазалық тұйықталу
замыкание на корпус	корпусқа тұйықталу
зануление	нөлдеу / нөлдік санға қосу /
защита релейная	релейлік қорғаныс
изолятор	оқшаулатқыш
категория	Тұтынушылар категориясы
качество электрической энергии	электр энергиясының сапасы
контакт электрический	электрлік тұйыспе
короткое замыкание	қысқа тұйықталу
короткозамыкатель	қысқа тұйықтауыш
коэффициент загрузки	жүктелу коэффициенті
лавина напряжения	корнеу таскыны
линия высоковольтная	жоғары вольтты желі



линия кабельная	кабель желісі
линия электрическая	электр желісі
линия электрическая, воздушная	әуе, электр желісі
линия электрическая, двухцепная / одноцепная/	екі /бір/ тізбекті электр желісі
линия электрическая, магистральная	күре электр желісі, магистральді электр желісі
линия электропередачи	электр берілісі желісі
линия электропередачи, воздушная / кабельная/	әуе /кабель/ электр берілісі желісі
линия электропередачи, межсистем- ная	жүйеаралық электр берілісі жүйесі
мощность	куат
мощность активная	активті куат
мощность полная	толық куат
нагрузка	жүктеме
нагрузка активная	активті жүктеме
нагрузка электрическая	электрлік жүктеме
надежность эксплуатационная	қажетке жарату сенімділігі
напряжение повышенное	жоғарылатылған кернеу
недоотпуск электроэнергии	электр энергиясын жеткіліксіз беру
нейтраль глухозаземленная	тікелей жерлендірілген бейта- раптама
нейтраль компенсированная	қарымталанған бейтараптама
норма качества электрической энер- гии	электр энергиясы сапасының нормасы
норма на качество напряжения	кернеу сапасының нормасы
опора двухцепная	екі тізбекті тірек
опора железобетонная	темірбетон тірек
падение напряжения	кернеу түсуі
перегрузка	асқын жүктеме
перегрузка аварийная	апаттық асқын жүктеме
передача энергии	энергияны жеткізіп беру
перенапряжение	асқын кернеу
перепад напряжения	кернеу құламасы

персонал обслуживающий	қызметшілер, қызмет етушілер
персонал оперативный	оперативті қызметкерлер
персонал ремонтный	жөндеуші қызметкерлер
подстанция	қосалқы станция
подстанция глубокого ввода	терең кірмелі қосалқы станция
подстанция повышающая	жоғарылатқыш қосалқы станция
подстанция понижающая	төмендеткіш қосалқы станция
подстанция транзитная	транзитті /өткен/ қосалқы станция
подстанция трансформаторная	трансформаторлы қосалқы станция
подстанция трансформаторная, комплексная	трансформаторлы жинақы қосалқы станция
подстанция тупиковая	түпкі қосалқы станция
подстанция тяговая	тартымдық қосалқы станция
подстанция узловая	түйіндік қосалқы станция
показатель качества электрической энергии	электр энергиясы сапасының көрсеткіші
потеря мощности	қуат шығыны
потеря энергии	энергия шығыны
потребитель неответственный	жауапкер емес тұтынушы
потребитель ответственный	жауапкер тұтынушы
потребитель электрической энергии /тепла/	электр энергиясын /жылуды/ тұтынушы
правила устройства электроустановок	электр қондырғыларын құру ережелері
разрядник	разрядтауыш
разъединитель	айырғыш, айырғы
реактор электрический	электрлік реактор
режим короткого замыкания	қысқа тұйықталу режимі
режим нормальный	қалыпты режим
режим послеаварийный	апаттан кейінгі режим
резерв мощности нагрузочный	жүктемелік қуат резерві
ремонт планово-предупредительный	жоспарлы ескертпе жөндеу

рынок электроэнергетических	электроэнергетикалық рынок
сеть электрическая	электр торабы
сеть электрическая, замкнутая	тұйық электр торабы
сеть электрическая, воздушная	әуе электр торабы
сеть электрическая, кабельная	кабельдік электр торабы
сеть электрическая, местная	жергілікті электр торабы
сеть электрическая, радиальная	радиаль электр торабы
сеть электрическая, районная	аудандық электр торабы
сеть электрическая, распределительная	тарату электр торабы
сеть электрическая, магистральная	магистральді электр торабы
система электроэнергетическая	энергетикалық жүйе
система энергоснабжения	энергиямен жабдықтау жүйесі
схема функциональная	қызметтік сұлба
схема электрическая	электрлік сұлба, электр сұлбасы
схема электрическая, главная	бас электр сұлбасы
схема электрическая, принципиальная	принциптік электр сұлбасы
трансформатор силовой	күштік трансформатор
электрификация	электрлендіру
электрооборудование	электржабдық
электрооборудование наружной установки	сыртта орнатылатын электржабдық
электропередачи	электр берілісі
электроснабжение децентрализованное	орталықтандырылмаған электрмен жабдықтау
электроснабжение централизованное	орталықтандырылған электрмен жабдықтау
электростанция	электр станциясы
электроустановка	электр қондырғысы
энергетика	энергетика
энергосистема объединенная	біріктірілген энергетикалық жүйе
энергосистема районная	аудандық энергетикалық жүйе
энергоснабжение /электроснабжение/	энергиямен /электрмен/ жабдықтау
Энергоустановка	энергетикалық қондырғы

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гемке Р.Г. Неисправности электрических машин / Под ред. Р.Б. Уманцева. 9-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат, 1989.

2. Карнилович О.П. Техника безопасности при электро-монтажных и наладочных работах. – М.: Энергоатомиздат, 1987.

3. Кисаримов Р.А. Наладка электрооборудования. Справочник. – М.: ИП Радиософт, 2003.

4. Кисаримов Р.А. Справочник электрика. – М.: ИП Радиософт, 1999.

5. Кузин П.В., Якобеон И.А. Наладка газового оборудования. – М.: Энергоатомиздат, 1990.

6. Мовсесов Н.С., Храмушин А.М. Справочник по наладке электрооборудования промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1983.

7. Мусаэлян Э.С. Наладка и испытание электрооборудования электростанций и подстанций: Учебник для техникумов. 3-е изд., перераб и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1986.

8. Нормы испытания электрооборудования и аппаратов электроустановок потребителей. – М.: Энергоиздат, 1982.

9. Сибикин Ю.Д. Электробезопасность при эксплуатации электроустановок промышленных предприятий: Учебник для НПО /Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. 2-е изд. испр и доп. – М.: Изд.центр «Академия», 2003.

10. Сибикин Ю.Д., Яшков В.А. Монтаж, техническое обслуживание и ремонт электроустановок предприятий нефтяной промышленности: Справочник. – М.: Недра, 1985.

11. СНиП 3.05.06-85 Электротехнические устройства. – М., 1986.

12. Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий Республики Казахстан. – Астана, 2004.

13. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей Республики Казахстан. – Астана, 2004.

14. Правила устройства электроустановок Республики Казахстан. – Астана, 2003.

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	3
<b>Глава 1. Организация наладочных работ</b>	
1.1. Общие вопросы организации наладочных работ .....	5
1.2. Основные этапы пусконаладочных работ .....	9
<b>Глава 2. Теоретические вопросы по электротехнике</b>	
2.1. Общие сведения .....	16
2.2. Климат и его классификация .....	23
2.3. Степени защиты электрооборудования от влияния внешней среды .....	24
2.4. Классификация помещений и зон .....	26
2.5. Взрывоопасные и пожароопасные помещения и зоны .....	27
2.6. Электрические схемы .....	38
<b>Глава 3. Электроизмерительные приборы и электрические измерения</b>	
3.1. Общие сведения об электрических измерениях и электроизмерительной аппаратуре.....	53
3.2. Электроизмерительные приборы .....	62
3.3. Электрические измерения .....	74
<b>Глава 4. Испытания электроустановок</b>	
4.1. Виды испытаний отдельных частей электроустановок.....	88
4.2. Проверка схем электрических соединений .....	88
4.3. Проверка наличия электрических цепей в соответствии со схемами (прозвонка).....	89
4.4. Проверка под напряжением схем управления, автоматики, сигнализации .....	89
4.5. Измерение сопротивления изоляции электрооборудования .....	90
4.6. Определение степени увлажненности изоляции ....	91
4.7. Измерение диэлектрических потерь изоляции .....	93
4.8. Испытание изоляции повышенным напряжением.....	95

4.9. Испытание изоляции аппаратов, вторичных цепей (управления, защиты, автоматики,.....)	98
<b>Глава 5. Частные испытания электрооборудования</b>	
5.1. Электрические машины .....	100
5.2. Трансформаторы.....	121
5.3. Электрические аппараты, вторичные цепи и электропроводки напряжением до 1000 В .....	131
5.4. Силовые кабельные линии.....	143
5.5. Сборные и соединительные шины .....	144
<b>Глава 6. Организация безопасных условий труда при наладочных работах</b>	
6.1. Общие требования .....	145
6.2. Электрозащитные средства.....	149
6.3. Проведение работ по наряду в действующих электроустановках .....	152
6.4. Техника безопасности при производстве отдельных пу-сконаладочных работ.....	162
Приложение 1. Производственная документация, оформляемая при монтаже и наладке систем автоматизации.....	175
Приложение 2. Акт приемки в эксплуатацию систем автоматизации.....	178
Приложение 3. Извлечения из правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок Республики Казахстан.....	180
Приложение 4. Опасность поражения человека электрическим током.....	189
Приложение 5. Первая помощь пострадавшим от электрического тока и при других несчастных случаях.....	196
Русско-казахский терминологический словарь.....	209
Литература.....	213

*Серия «Профессиональное образование»*

**Яшков Владимир Александрович**

## **НАЛАДКА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ**

*(Справочник)*

*Редактор А.Сураганова*

*Технический редактор Р. Турлынова*

*Художественный редактор Ж. Казанкапов*

*Художник-дизайнер Ж. Какенулы*

*Корректор Р. Жагипарова*

*Компьютерная верстка А. Скакова*

Подписано к печати 02.10.2010.

Формат 84x108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. п.л.11,34. Тираж 1000 экз. Заказ №287\*.

Издательство «Фолиант»

010000, г. Астана, ул. Ш. Айманова, 13

тел./факс: 39-60-70, 39-54-59, 39-72-49

Отпечатано в типографии ТОО «Издательство «Фолиант»