

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Институт повышения квалификации
и переподготовки

Кафедра «Электроснабжение»

В. Д. Елкин

НАЛАДКА И ИСПЫТАНИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

ПОСОБИЕ

**для слушателей специальности переподготовки
1-43 01 78 «Диагностика и техническое обслуживание
энергооборудования организаций»
заочной формы обучения**

Гомель 2023

УДК 658.28.621.315(075.8)
ББК 31.281.1я73
Е51

*Рекомендовано кафедрой «Электроснабжение»
ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 16 от 27.06.2023 г.)*

Рецензент: доц. каф. «Автоматизированный электропривод» ГГТУ им. П. О. Сухого
канд. техн. наук, доц. *Л. В. Веннер*

Елкин, В. Д.

Е51

Наладка и испытание электротехнического оборудования : пособие для слушателей специальности переподготовки 1-43 01 78 «Диагностика и техническое обслуживание энергооборудования организаций» заоч. формы обучения / В. Д. Елкин. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2023. – 98 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Пособие состоит из восьми разделов теоретической части, составленных по программе дисциплины.

Теоретический материал основывается на современных нормативных документах в области устройства и наладки электротехнического оборудования.

Для слушателей специальности переподготовки 1-43 01 78 «Диагностика и техническое обслуживание энергооборудования организаций» ИПКиП.

УДК 658.28.621.315(075.8)
ББК 31.281.1я73

© Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», 2023

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Методические подходы и нормативные документы по организации наладки и испытаний электротехнического оборудования...	6
2 Организация наладочных работ.....	10
3 Электрические схемы и элементы схем.....	17
4 Измерения при производстве наладочных работ.....	24
5 Проверка и испытания электроустановок.....	35
6 Особенности наладки электродвигателей и трансформаторов.....	50
7 Исполнение и условные обозначения электрического оборудования и электрических аппаратов.....	68
8 Организация безопасных условий труда при наладочных работах	75
ЛИТЕРАТУРА.....	98

ВВЕДЕНИЕ

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 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 [1] и [2], 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 современных нормативных документов, 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.

1 МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ И НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ ПО ОРГАНИЗАЦИИ НАЛАДКИ И ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Испытания электрооборудования должны проводиться с соблюдением требований техники безопасности [3].

Измерение изоляционных характеристик электрооборудования под рабочим напряжением разрешается осуществлять при условии использования устройств, обеспечивающих безопасность работ и защиту нормально заземляемого низкопотенциального вывода контролируемого объекта от появления на нем опасного напряжения при нарушении связи с землей.

Все испытания должны проводиться в нормальных климатических условиях.

Допускается проводить испытания электрооборудования с отклонением от нормальных климатических условий с последующим пересчетом к нормальным климатическим условиям по методике пересчета, установленной в ТНПА на это электрооборудование.

Электрические испытания изоляции электрооборудования и отбор пробы трансформаторного масла для испытаний необходимо проводить при температуре изоляции не ниже плюс 5°C, кроме оговоренных в разделе 4[1] случаев, когда измерения следует проводить при более высокой температуре.

При испытаниях класс точности средств измерений должен быть не ниже, а погрешности измерений параметров и характеристик не выше значений, указанных в ТНПА на конкретные виды аппаратов.

Средства измерений, используемые при испытаниях, должны быть сертифицированы, а их точность подтверждена, они должны подвергаться периодической поверке или калибровке в соответствии с указаниями ТНПА на них.

При приемо-сдаточных и профилактических испытаниях по решению технического руководителя организации измерения тангенса угла диэлектрических потерь, сопротивления изоляции и другие измерения на электрооборудовании на напряжение до 35 кВ могут проводиться при более низкой температуре.

Измерения электрических характеристик изоляции, проведенные при отрицательных температурах, должны быть повторены в возможно более короткие сроки при температуре изоляции не ниже 5°C.

Сравнение характеристик изоляции должно проводиться при одной и той же температуре изоляции или близких ее значениях (расхождение – не более 5°C). Если это невозможно, должен применяться температур-

ный пересчет в соответствии с технической документацией по эксплуатации конкретных видов электрооборудования.

При измерении сопротивления изоляции отсчет показаний мегаомметра проводится через 60 с после начала измерений. Если в соответствии с [1] требуется определить коэффициент абсорбции. При измерении отсчет проводится дважды через 15 и 60 с после начала измерений.

Испытанию повышенным напряжением должны предшествовать тщательный осмотр и оценка состояния изоляции другими методами.

Перед проведением испытаний изоляции электрооборудования наружная поверхность изоляции должна быть очищена от пыли и грязи.

Испытание изоляции обмоток вращающихся машин, трансформаторов и реакторов повышенным приложенным напряжением частотой 50 Гц должно проводиться поочередно для каждой электрически независимой цепи или параллельной ветви (в последнем случае при наличии полной изоляции между ветвями). При этом вывод испытательного устройства, который будет находиться под напряжением, соединяется с выводом испытуемой обмотки, а другой с заземленным корпусом испытуемого электрооборудования, с которым на все время испытаний данной обмотки электрически соединяются все другие обмотки.

Обмотки, соединенные между собой наглухо и не имеющие выведенных обоих концов каждой фазы или ветви, должны испытываться относительно корпуса без их разъединения.

При испытаниях электрооборудования повышенным напряжением частотой 50 Гц, а также при измерении тока и потерь холостого хода силовых и измерительных трансформаторов необходимо использовать линейное напряжение питающей сети.

Напряжение должно подниматься плавно со скоростью, допускающей визуальный контроль по измерительным приборам, и по достижении установленного значения поддерживаться неизменным в течение всего времени испытания.

После требуемой выдержки напряжение плавно снижается до значения не более одной трети испытательного и отключается. Под продолжительностью испытания подразумевается время приложения полного испытательного напряжения, установленного [1].

До и после испытания изоляции повышенным напряжением 50 Гц или выпрямленным напряжением следует измерять сопротивление изоляции.

Испытание изоляции повышенным напряжением должно проводиться до испытания повышенным напряжением частотой 50 Гц. Обратный порядок допускается только для генераторов с водяным охлаждением.

Нормы по тангенсу угла диэлектрических потерь основной изоляции, $\text{tg } \delta$, сопротивлению изоляции, $R_{\text{из}}$, и току проводимости разрядников приведены для измерений, проведенных при температуре 20 °С.

Тангенс угла диэлектрических потерь основной изоляции, $\text{tg } \delta$, измеряется при напряжении 10 кВ у электрооборудования с номинальным напряжением 10 кВ и выше и при напряжении, равном номинальному, у остального электрооборудования.

Температура изоляции электрооборудования определяется следующим образом:

за температуру изоляции силового трансформатора, не подвергавшегося нагреву, принимается температура верхних слоев масла, измеренная термосигнализатором;

за температуру изоляции силового трансформатора, подвергавшегося нагреву, принимается средняя температура обмотки высшего напряжения, для трехфазных трансформаторов фазы «В» – определяемая по ее сопротивлению постоянному току;

за температуру изоляции электрических машин, находящихся практически в холодном состоянии, принимается температура окружающей среды;

за температуру изоляции электрических машин, подвергавшихся нагреву, принимается средняя температура обмотки, определяемая по ее сопротивлению постоянному току.

Электрооборудование, забракованное при внешнем осмотре, независимо от результатов испытаний должно быть заменено или отремонтировано.

Отбраковка электрооборудования по состоянию изоляции должна проводиться только на основании рассмотрения всего комплекса измерений, а также с учетом указаний, приведенных в соответствующих разделах настоящего [1].

Приемосдаточные мероприятия

Электрооборудование до 750 кВ, вновь вводимое в эксплуатацию, должно быть подвергнуто приемосдаточным испытаниям в соответствии с требованиями [1] в зависимости от типа вводимого электрооборудования. При проведении приемосдаточных испытаний электрооборудования, не охваченного ТКП, следует руководствоваться технической документацией изготовителей [1].

Устройства релейной защиты и электроавтоматики проверяются в объеме и по нормам, приведенным в действующих ТНПА.

Кроме испытаний, предусмотренных ТКП 339, все электрооборудование должно соответствовать требованиям технической документации по его монтажу и эксплуатации.

В [1] приводятся перечень испытаний и предельно допустимые значения контролируемых параметров. Значения, полученные при испытаниях, во всех случаях должны быть сопоставлены с результатами измерений на других фазах электрооборудования и на однотипном электрооборудовании. Главным критерием при этом является сопоставление измеренных при испытаниях значений параметров электрооборудования с их исходными значениями и оценка имеющих место различий по указанным в подразделе 4.4 настоящего [1] допустимым изменениям.

Выход значений параметров за установленные границы (предельные значения) следует рассматривать как признак наличия дефектов, которые могут привести к отказу электрооборудования.

В качестве исходных значений контролируемых параметров при вводе в эксплуатацию нового электрооборудования принимают значения, указанные в технической документации изготовителя: паспорте или протоколе испытаний. После реконструкции, выполненной специализированной ремонтной организацией, в качестве исходных для контроля в процессе дальнейшей эксплуатации принимаются значения, полученные по окончании реконструкции.

Электрооборудование производства иностранных фирм, сертифицированное в Республике Беларусь на соответствие требованиям безопасности и функциональным признакам, должно контролироваться в соответствии с требованиями подраздела 4.4 настоящего [1] с учетом указаний изготовителя электрооборудования и (или) по согласованным между изготовителем и потребителем объемам и методам испытаний.

Испытание повышенным напряжением частотой 50 Гц обязательно для электрооборудования на напряжение до 35 кВ включительно, за исключением элегазовых выключателей 35 кВ.

При отсутствии необходимой испытательной аппаратуры переменного тока допускается испытывать электрооборудование распределительных устройств напряжением до 20 кВ повышенным выпрямленным напряжением, которое должно быть равно полуторакратному значению испытательного напряжения частотой 50 Гц.

Испытание повышенным напряжением изоляторов и трансформаторов тока, соединенных с силовыми кабелями 6–10 кВ, может проводиться вместе с кабелями.

Электрооборудование и изоляторы на номинальное напряжение, превышающее номинальное напряжение электроустановки, в которой они эксплуатируются, могут испытываться приложенным к ним напряжени-

ем, установленным для класса изоляции данной электроустановки. Если испытание выпрямленным напряжением или напряжением частотой 50 Гц проводится без отсоединения ошиновки электрооборудования распределительного устройства, то значение испытательного напряжения принимается по нормам для электрооборудования с самым низким уровнем испытательного напряжения.

В случаях выхода значений параметров, определяемых при испытаниях, за установленные пределы для выявления причин отклонений, а также при необходимости более полной оценки состояния электрооборудования в целом и (или) его отдельных узлов рекомендуется использовать дополнительные испытания и измерения, указанные в [1]. Допускается также применять испытания и измерения, не предусмотренные [1], при условии, что уровень испытательных воздействий не превысит указанный [1].

Все измерения, испытания и опробования в соответствии с ТНПА, технической документацией изготовителей [1], проведенные персоналом монтажных наладочных организаций непосредственно перед вводом электрооборудования в эксплуатацию, должны быть оформлены соответствующими актами и (или) протоколами.

Требования безопасности при проведении электрических испытаний и измерений должны соответствовать нормативным правовым актам.

2 ОРГАНИЗАЦИЯ 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 в соответствии с соблюдением современных требований нормативных документов».

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 высокочастотных 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 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 [1] и [2] 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 которой 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 под-

тверждаются 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.

Основные этапы пусконаладочных работ

В соответствии с объемом испытаний и практическими 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 различным. Согласно СНиПЗ.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, отопле-

ние 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 наладиваемое 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 электроснабжения, 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 техники безопасности обеспечивает руководитель электромонтажных 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 электромонтажная 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 продукции в объеме, установленном на начальный период освоения проектной мощности объекта.

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

3 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ И ЭЛЕМЕНТЫ СХЕМ

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:

- Э – электрическая;
- Г – гидравлическая;
- П – пневматическая;
- Х – газовая;
- К – кинематическая;
- В – Вакуумная;
- Л – оптическая;
- Р – энергетическая;
- Е – деления;
- С – комбинированная.

Схемы в зависимости от назначения подразделяют на типы и обозначают арабскими цифрами.

Установлено восемь типов схем:

- 1 – структурная;
- 2 – функциональная;
- 3 – принципиальная (полная);
- 4 – соединений (монтажная);
- 5 – подключения;
- 6 – общая;
- 7 – расположения;
- 8 – объединенная.

Схемы структурные определяют основные функциональные части изделия, их назначение, 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).

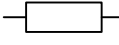


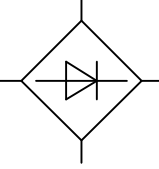
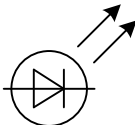
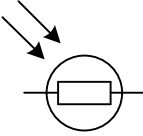
Схемы подключения показывают внешние подключения изделия. На схеме изображается изделие, его входные и выходные элементы (разъемы, зажимы и т.п.) и подводимые к ним концы проводов и кабелей внешнего монтажа, указываются данные о подключении изделия.

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

Ниже приведены условные обозначения некоторых элементов на схемах.

Условные обозначения некоторых элементов в схемах

	—	контакт вида замыкающий
	—	контакт вида размыкающий
	—	контакт вида переключающий
	—	контакт замыкающий кнопки «ПУСК»
	—	контакт замыкающий кнопки «СТОП»
	—	плавкий предохранитель
	—	автоматический выключатель
	—	контакт теплового реле
	—	гальванический элемент
	—	катушка
	—	катушка токовая
	—	катушка индуктивности
	—	катушка дросселя
	—	катушка индуктивности с сердечником (дроссель)
	—	трансформатор

	—	резистор
	—	полупроводниковый прибор
	—	тиристор
	—	диодный мост
	—	светодиод
	—	фотосопротивление

Кроме графического обозначения элементов электрических аппаратов, оборудования и элементов проставляется и буквенное и цифровое. Буквенный код проставляется над графическим символом. Буквенный код состоит из одной, двух или нескольких букв латинского алфавита.

Буквенные коды видов элементов в электрических схемах представлены в таблице 3.1.

Буквенные коды видов элементов в электрических схемах

Первая буква кода	Группа видов элементов	Примеры видов элементов	Буквенный код
1	2	3	4
А	Устройства (общее обозначение)	Усилители, приборы телеуправления	
В	Преобразователи неэлектрических величин в электрические (кроме генераторов и источников питания) или наоборот, аналоговые или многозарядные преобразователи или датчики для указания или измерения	Громкоговоритель Многострикционный элемент Детектор ионизирующих излучений Сельсин –приемник Телефон (капсюль) Сельсин-датчик Тепловой датчик Фотоэлемент Микрофон Датчик давления Пьезоэлемент Датчик частоты вращения (тахогенератор) Звукосниматель Датчик скорости	ВА ВВ ВД ВЕ ВF ВC ВK ВL ВM ВP ВQ ВR BS BV
С	Конденсаторы		
Д	Схемы интегральные, микросборки	Схема интегральная аналоговая Схема интегральная цифровая, логический элемент Устройства хранения информации Устройства задержки	DA DD DS DT
Е	Элементы разные (осветительные устройства, нагревательные элементы)	Нагревательный элемент Лампа осветительная Пиропатрон	EK EL ET
F	Разрядники, предохранители, устройства защитные	Дискретный элемент защиты по току мгновенного действия Тоже инерционного действия Предохранитель плавкий Дискретный элемент защиты по напряжению, Разрядник	FA FP FU FV
Г	Генераторы, источники питания, кварцевые осцилляторы	Батарея	GB
Н	Устройства индикационные и сигнальные	Прибор звуковой сигнализации Индикатор символьный Прибор световой сигнализации	HA HG HL

Продолжение таблицы 3.1

К	Реле, контакторы, пускатели	Реле токовое Реле указательное Реле электротепловое Контактор, магнитный пускатель Реле времени Реле напряжения	КА КН КК КМ КТ КV
L	Катушки индуктивности, дроссели	Дроссель люминесцентного освещения	LL
М	Двигатели постоянного и переменного тока		
Р	Приборы, измерительное оборудование	Амперметр Счетчик импульсов Частотомер Счетчик активной энергии Счетчик реактивной энергии Омметр Регистрирующий прибор Секундомер, часы, измеритель времени действия Вольтметр Ваттметр	РА РС РF РI РK РR РS РT РV РW
Q	Выключатели и разъединители в силовых цепях	Выключатель автоматический Короткозамыкатель Разъединитель	QF QK QS
R	Резисторы	Терморезистор Потенциометр Шунт измерительный Вариатор	RK RP RS RU
	Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительных	Выключатель или переключатель Выключатель кнопочный Выключатель автоматический Выключатели, срабатывающие от различных воздействий: уровня; давления; положения (путевой); частоты вращения; температуры	SA SB SF SL SP SQ SR SK
T	Трансформаторы, автотрансформаторы	Трансформатор тока Электромагнитный стабилизатор Трансформатор напряжения	ТА ТS ТV
U	Устройства связи Преобразователи электрических величин в электрические	Модулятор Демодулятор Дискриминатор Преобразователь частотный инвертор, генератор частоты, выпрямитель	UB UR UI UZ

Продолжение таблицы 3.1

V	Приборы электровакуумные и полупроводниковые	Диод, стабилитрон Прибор электровакуумный Транзистор Тиристор	VD VL VT VS
W	Линии и элементы СВЧ	ЛЭП Антенна Отделитель Короткозамыкатель Вентиль	W WA WE WK WS
X	Соединения контактные	Токосъемник, контакт скользящий Накладка, переключатель Соединение неразборное Штырь Гнездо Соединение разборное Соединитель высокочастотный	XA XB XN XP XS XT XW
Y	Устройства механические с электромагнитным приводом	Электромагнит Замок блокировки (электрический) Электромагнит включения Тормоз с электромагнитным приводом Муфта с электромагнитным приводом Электромагнитный плита	YA YAB YAC YB YC YH
Z	Устройства оконечные, фильтры. Ограничители	Фильтр тока Фильтр частотный Фильтр напряжения Ограничитель Фильтр кварцевый	ZA ZF ZV ZL ZQ

4 ИЗМЕРЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ НАЛАДОЧНЫХ РАБОТ

Общие сведения об электрических измерениях и электроизмерительной аппаратуре

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).

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 не одноименными 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.

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:

$$\Delta = X - X_{и}, \quad (4.1)$$

$$\delta = \frac{\Delta}{X_{и}}, \quad (4.2)$$

где Δ – абсолютная погрешность измерения; X – значение, полученное при измерении; $X_{и}$ – истинное значение измеряемой величины; δ – относительная погрешность измерения.

Относительную погрешность часто выражают в процентах истинного значения измеряемой величины:

$$\delta = \left(\frac{\Delta}{X_{и}}\right)100\%. \quad (4.3)$$

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

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.

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 – электростатическая;

Т – тепловая;

Н – самопишущие приборы;

Ф – электронные, фотоэлектронные, фотокомпенсационные;

Р – меры и измерительные преобразователи и другие.

Электроизмерительные приборы подразделяются 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 неотопливаемых помещениях;

В – для работы в полевых или морских условиях;

Т – для работы в тропическом климате.

Электроизмерительные приборы

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 характеристики удовлетворяют требованиям широкого круга технических измерений.

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

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

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 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 предназначен для измерения активных сопротивлений на постоянном токе с отсчетом по шкале.

Измеритель сопротивления заземления 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 предназначены для измерения сопротивления изоляции электрических цепей не находящихся под напряжением.

Ампервольтметр - испытатель транзисторов, 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.

Приборы магнитоэлектрической системы с преобразователями переменного тока в постоянный применяются для измерения переменных токов и напряжений частотой от низких (0 – 50 Гц) до высоких (104 – 105 Гц) частот.

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

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.

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, мощности 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.

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 ферромагнитного 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.

Приборы индукционной системы

Принцип действия приборов индукционной системы основан на взаимодействии вращающегося магнитного поля, возбуждаемого переменными токами, протекающими в неподвижных обмотках прибора, с то-

ками, 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.

Приборы учета электрической энергии

Основной целью учета электроэнергии является получение достоверной информации о количестве произведенной электрической энергии и мощности, о ее передаче, распределении и потреблении на оптовом и розничном рынке для решения технико-экономических задач:

- финансовых расчетов за электроэнергию и мощность;
- управления режимами электропотребления;
- определения и прогнозирования всех составляющих баланса электроэнергии;
- определения стоимости и себестоимости электроэнергии и мощности;
- контроля технического состояния.

Учет электрической энергии производится специальными измерительными приборами – электросчетчиками.

Счетчик электрический – электроизмерительный прибор для учета расхода (потребления) электроэнергии в сетях переменного или постоянного тока за определенный промежуток времени. Эти счетчики имеют две разновидности:

- механический (индукционный);
- электронный.

В индукционных электрических счетчиках (рис. 4.1) подвижная часть вращается во время потребления электроэнергии, расход которой (в кВт·ч) определяется по показаниям счетного механизма.

На рисунках 4.1, 4.2 приведены схемы однофазного индукционного электрического счетчика.

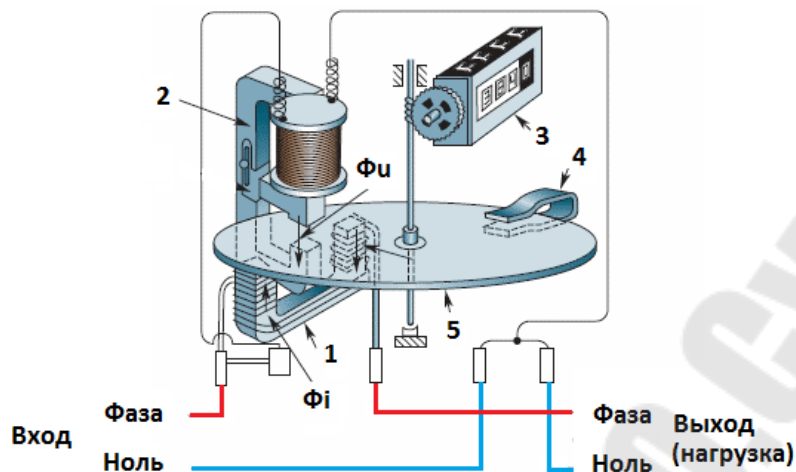


Рис. 4.1. Схема однофазного индукционного счетчика: 1– токовая обмотка; 2– катушка напряжения; 3– счетный механизм; 4 – стабилизатор; 5– алюминиевый диск.

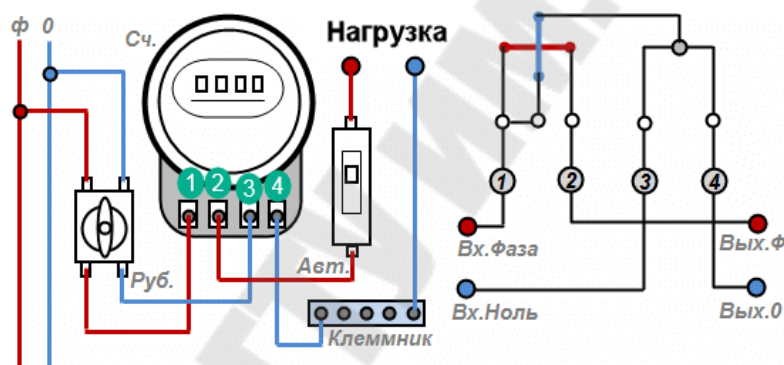


Рис. 4.2. Схема подключения однофазного индукционного счетчика
 На рисунках 4.3 приведена схема однофазного индукционного электрического счетчика.

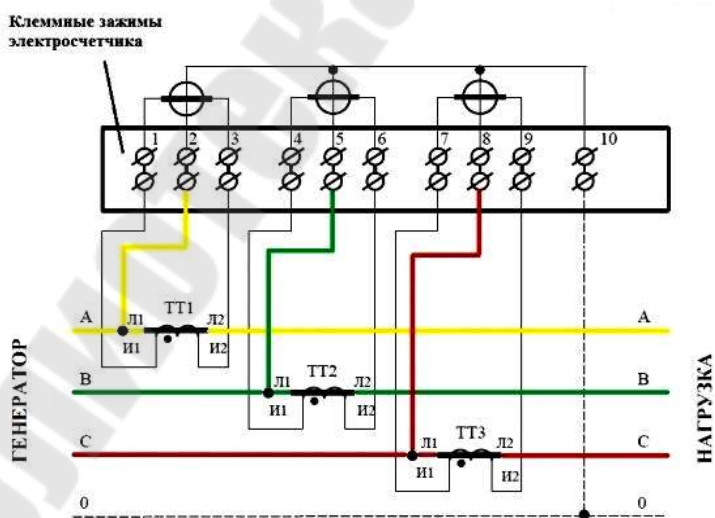


Рис. 4.3. Схема трехфазного индукционного счетчика

Электронный счетчик представляет собой преобразователь аналогового сигнала в частоту следования импульсов, подсчет которых дает количество потребляемой энергии. Главными преимуществами электронных счетчиков по сравнению с индукционными являются:

- отсутствие вращающихся элементов;
- срок службы составляет в среднем 30 лет;
- позволяют легко организовать многотарифные системы учета;
- возможность перепрограммирования;
- имеют режим ретроспективы, т. е. позволяют посмотреть количество потребленной энергии за определенный период;
- измеряют потребляемую мощность.

На рисунке 4.4 приведена схема однофазного электронного счетчика электрической энергии.

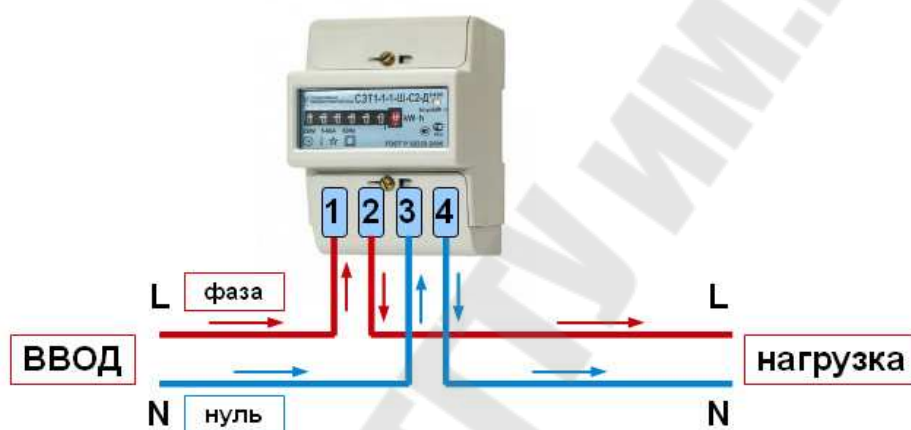


Рис. 4.4. Схема однофазного электронного счетчика

На рисунке 4.5 приведена схема трехфазного электронного счетчика электрической энергии.

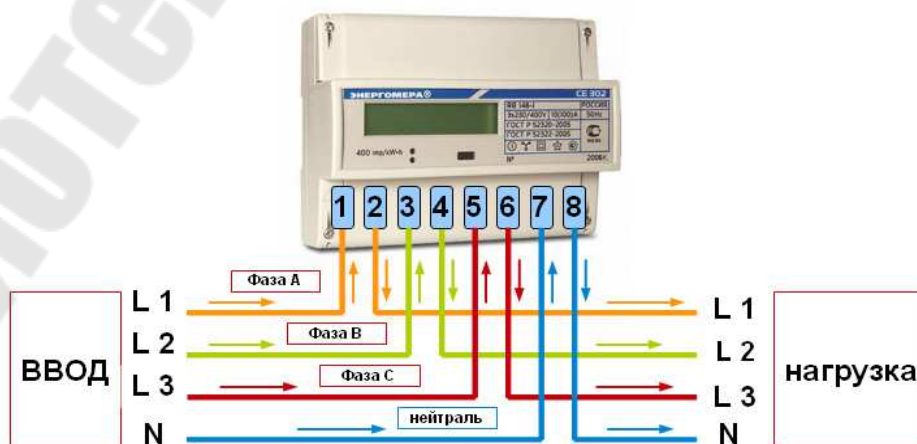


Рис. 4.5. Схема трехфазного электронного счетчика

Электронный счетчик легко вписывается в конфигурацию систем АСКУЭ (автоматизированная система контроля и учета энергоресурсов) обладают еще многими дополнительными сервисными функциями.

5 ПРОВЕРКА И ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

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.

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.

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.

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.

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.

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 проводимости (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

Измерение сопротивления изоляции производится после приложения напряжения мегомметра через R_{60}/R_{15} .

$K_{аб} = 1,3 \dots 2$ для неувлажненной обмотки при температуре $10 \dots 30$ °С; 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_T/C_X равен $1,05 \dots 1,1$, где C_T – 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 ΔC за 1 с за счет абсорбционной емкости, которая успевает проявиться за 1с у влажной изоляции и не успевает у сухой.

Отношение характеризует степень увлажненности изоляции обмоток трансформатора. Измерения производятся при температуре не ниже +10 °С специальным прибором.

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.

Измерение тангенса диэлектрических потерь $tg\delta$ применяется для определения состояния изоляции трансформаторов и вводов высокого напряжения. Величина $tg\delta$ зависит от величины прикладываемого к изоляции напряжения и ее температуры, поэтому $tg\delta$ нужно измерять при температуре не ниже +10 °С.

Для измерения $tg\delta$ при наладке применяются мосты.

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

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 испытуемый объект нужно так, чтобы разрядный ток не проходил через измерительный прибор.

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

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

Испытание изоляции аппаратов, вторичных цепей (управления, защиты, автоматики, сигнализации) и электропроводок с номинальным напряжением до 1000 В. Согласно [1], 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 [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 испытуемых 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 мегомметром сопротивление изоляции не уменьшилось.

Заземляющие устройства

Проверка выполнения элементов заземляющего устройства

Проверка конструктивного выполнения заземляющего устройства проводится после монтажа до засыпки грунта и присоединения естественных заземлителей и заземляемых элементов (оборудования, конструкций, сооружений).

Проверка заземляющих устройств на ВЛ проводится у всех опор заземлителями.

Сечения и проводимости элементов заземляющего устройства должны соответствовать нормам.

Проверка соединений между заземлителями и заземляемыми элементами

Проверка состояния цепей и контактных соединений между заземлителями и заземляемыми элементами, а также соединений естественных заземлителей с заземляющим устройством проводится путем осмотра для выявления обрывов и других дефектов.

Кроме того, может проводиться измерение переходных сопротивлений (при исправном состоянии контактного соединения сопротивление не превышает 0,05 Ом).

Надежность сварки проверяется простукиванием мест соединений молотком.

Проверка выноса потенциала

Проверка (расчетная) напряжения на заземляющем устройстве при стекании с него тока замыкания на землю проводится после монтажа, переустройства для электроустановок напряжением выше 1 кВ в сети с эффективно заземленной нейтралью.

Напряжение на заземляющем устройстве:

не ограничивается для электроустановок, с которых исключен вынос потенциалов за пределы зданий и внешних ограждений электроустановки;

не более 10 кВ, если предусмотрены меры по защите изоляции отходящих кабелей связи и телемеханики и по предотвращению выноса потенциалов;

не более 5 кВ во всех остальных случаях.

Проверка состояния пробивных предохранителей в электроустановках до 1 кВ

Пробивные предохранители должны быть исправны и соответствовать номинальному напряжению электроустановки.

Проверка цепи фаза-ноль в электроустановках до 1 кВ с системой TN

Проверка проводится одним из следующих способов:

непосредственным измерением тока однофазного замыкания – на корпус или нулевой защитный проводник с помощью специальных приборов;

измерением полного сопротивления цепи фаза – нулевой защитный проводник с последующим вычислением тока однофазного замыкания.

Ток однофазного замыкания на корпус или нулевой провод должен обеспечивать надежное срабатывание защиты с учетом требований, указанных в [1].

Измерение сопротивления заземляющих устройств

Значения сопротивления заземляющих устройств с подсоединенными естественными заземлителями должны удовлетворять значениям, приведенным в соответствующих разделах настоящего [1].

Измерение напряжения прикосновения

Измерение напряжения прикосновения в электроустановках, выполненных по нормам на напряжение прикосновения, указанным в ТКП 339, проводится при присоединенных естественных заземлителях.

Напряжение прикосновения измеряется на рабочих местах, а также в контрольных точках, в которых эти значения определены расчетом при проектировании в соответствии с нормами [1].

Под длительностью воздействия напряжения понимается суммарное время действия релейной щиты и собственного времени отключения выключателя. За продолжительность воздействия принимается для рабочих мест время отключения ОКЗ резервными защитами, а для остальной территории – основными защитами.

Силовые кабельные линии

Методы испытаний силовых кабельных линий должны соответствовать требованиям ГОСТ 23286, ГОСТ 18410, ГОСТ 16442 и ГОСТ 433.

Измерение емкости кабелей проводят по ГОСТ 12179 одновременно с измерением тангенса угла диэлектрических потерь, $\text{tg}\delta$.

Измерение электрических характеристик проб масла, взятого из кабеля, – по ГОСТ 6581.

Измерение электрического сопротивления жилы постоянному току – по ГОСТ 7229.

При испытаниях силовых кабельных линий из сшитого полиэтилена должны соблюдаться требования, указанные в [1].

Измерение температуры кабелей, контроль состояния антикоррозионного покрытия трубопроводов кабелей высокого давления, испытание

подпитывающих агрегатов и устройств автоматического подогрева концевых муфт проводятся в соответствии с инструкциями изготовителя.

Проверка целостности жил кабелей и фазировка кабельных линий

Осуществляется после окончания монтажа, ремонта муфт или отсоединения жил кабеля.

Проверяются целостность и совпадение обозначений фаз подключаемых жил кабеля.

Измерение сопротивления изоляции

Проводится мегомметром на напряжение 2500 В. У силовых кабелей на напряжение до 1 кВ сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 МОм. У силовых кабелей на напряжение выше 1 кВ сопротивление изоляции не нормируется. Измерение следует проводить до и после испытания кабеля повышенным напряжением.

Испытание повышенным напряжением выпрямленного тока

Для кабелей на напряжение до 35 кВ с бумажной и пластмассовой изоляцией длительность приложения полного испытательного напряжения при приемо-сдаточных испытаниях составляет 10 мин.

Не допускается проводить испытание повышенным напряжением выпрямленного тока кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена из-за возникновения необратимых процессов в изоляции кабеля, ведущих к потере изоляционной стойкости.

Для кабелей с резиновой изоляцией на напряжение 3...10 кВ длительность приложения полного испытательного напряжения – 5 мин.

Кабели с резиновой изоляцией на напряжение до 1 кВ испытаниям повышенным напряжением не подвергаются.

Для кабелей на напряжение 110 кВ и выше длительность приложения полного испытательного напряжения при приемо-сдаточных испытаниях составляет 15 мин.

При смешанной прокладке кабелей в качестве испытательного напряжения для всей кабельной линии следует принимать наименьшее из испытательных напряжений.

При проведении испытаний кабелей 2–35 кВ необходимо обращать внимание на характер изменения токов утечки и асимметрии их по фазам. Абсолютное значение тока утечки и коэффициент асимметрии не являются браковочными показателями, но должны учитываться при оценке состояния изоляции, увеличении времени испытаний, сокращении периодичности.

Кабели с удовлетворительной изоляцией имеют стабильные значения тока утечки. Коэффициент асимметрии равен 2...3.

Испытание пластмассовой оболочки (шланга) кабелей на напряжение 10 кВ и выше повышенным выпрямленным напряжением

При этих испытаниях выпрямленное напряжение 10 кВ прикладывается между металлической оболочкой (экраном) и землей в течение 10 мин.

Испытание напряжением переменного тока частотой 50 Гц

Испытание допускается для кабельных линий на напряжение 6 кВ и выше с изоляцией из сшитого полиэтилена; на напряжение 110 кВ и выше с бумажной изоляцией и на напряжение 110 кВ с пластмассовой изоляцией взамен испытания выпрямленным напряжением.

Испытание проводится напряжением $1,00 - 1,73 U_{\text{ном}}$.

Допускается проводить испытания путем включения кабельной линии на номинальное напряжение $U_{\text{ном}}$ при отсутствии испытательной установки необходимой мощности.

Длительность испытания кабелей, если иное не указано изготовителем:

с бумажной и пластмассовой изоляцией – в течение 15 мин; – с изоляцией из сшитого полиэтилена – в течение 5 мин.

Испытание кабелей с использованием сверхнизкой частоты 0,1 Гц.

Испытание кабелей с использованием сверхнизкой частоты проводится повышенным напряжением частотой 0,1 Гц в течение 15 мин.

При отсутствии установок для испытаний кабельных линий переменным напряжением частотой 0,1 Гц допускается проведение испытаний напряжением переменного тока частотой 50 Гц.

Определение сопротивления жил кабеля

Проводится для линий на напряжение 20 кВ и выше. Сопротивление жил кабельной линии постоянному току, приведенное к удельному значению (на 1 мм^2 сечения, 1 м длины и температуре $+20 \text{ }^\circ\text{C}$), должно быть не более 0,01793 Ом для медной жилы и не более 0,0294 Ом для алюминиевой жилы. Измеренное сопротивление, приведенное к удельному значению, может отличаться от указанных значений не более чем на 5 %.

Определение электрической рабочей емкости кабелей

Проводится для линий на напряжение 20 кВ и выше. Измеренная емкость, приведенная к удельному значению (на 1 м длины), должна отличаться от результатов испытаний изготовителем не более чем на 5 %.

Измерение токораспределения по одножильным кабелям

Неравномерность распределения токов по токопроводящим жилам и оболочкам (экранам) кабелей не должна быть более 10 %.

Воздушные линии электропередачи напряжением выше 1 кВ

В процессе выполнения профилактических работ проводятся проверка и контроль правильного выполнения следующих операций:

установки опор (отклонение опоры от вертикальной оси вдоль и поперек линии, выход опоры из створа линии, уклон и разворот траверс и др.);

монтаж проводов и тросов (габариты ВЛ от поверхности земли инженерных сооружений, регулировка стрел провеса, соединение и крепление проводов и тросов и др.);

заземления опор (параметры элементов заземляющих устройств.

Требования к заземляющим устройствам, проверка пробивных предохранителей, испытание цепи фаза-нуль для ВЛИ аналогичны требованиям к воздушным линиям и выполняются в соответствии с пунктом 4.4.28 настоящего [1].

Контроль расположения элементов опор

Проводятся измерение (выборочно) заглубления железобетонных опор в грунте, определение расположения фундаментов металлических опор и железобетонных опор на оттяжках, а также заложения ригелей и расположения анкеров оттяжек.

Измеренные значения на ВЛ напряжением 35...750 кВ не должны превышать допусков, приведенных в проектах конкретных ВЛ. Измерения выполняются на 2...3 % общего количества установленных опор.

Испытание изоляторов

Испытания установленных на ВЛ стеклянных подвесных изоляторов, изоляторов всех типов для подвески грозозащитного троса и полимерных изоляторов не проводятся; их контроль осуществляется внешним осмотром.

Измерение сопротивления изоляторов

Измерение сопротивления фарфоровых подвесных изоляторов проводится мегаомметром на напряжение 2500 В только при положительной температуре окружающего воздуха. При монтаже изоляторов сопротивление изоляции измеряется непосредственно перед установкой изоляторов.

Сопротивление каждого подвесного изолятора должно быть не менее 300 МОм.

Контроль соединений проводов и грозозащитных тросов

Проводится согласно [1].

Измерение сопротивления заземления опор, их оттяжек и тросов

Проводится в соответствии с указаниями [1].

Воздушные линии напряжением 0,4 кВ с изолированными проводами (ВЛИ)

Измерение сопротивления изоляции.

Сопротивление изоляции жил, изоляции их соединений и ответвлений от них должно быть не менее 0,5 МОм при напряжении мегаомметра 1000 В.

Сопротивление измеряется между фазными проводами; проводами (жилами) фазными и уличного освещения; проводами фазными, уличного освещения и нулевым.

Испытание повышенным напряжением

Испытание повышенным напряжением проводится мегаомметром на напряжение 2500 В. Измерение сопротивления изоляции в этом случае не проводится.

Проверка соединений жил

Проверка проводится путем внешнего осмотра и измерения падения напряжения или электрического сопротивления.

Соединения жил фазных, уличного освещения и нулевой несущей бракуются, если:

кривизна отпрессованного зажима превышает 3 % его длины;

на поверхности соединительного зажима имеются трещины и следы механических повреждений;

падение напряжения или электрическое сопротивление на участке соединения или ответвления более чем в 1,2 раза превышает падение напряжения или электрическое сопротивление на участке жил той же длины.

Проверка проводится выборочно на 2-5 % от общего количества соединений и ответвлений.

Контактные соединения проводов, грозозащитных тросов (тросов), сборных и соединительных шин

При проведении контроля контактных соединений, выполненных опрессовкой, контроля качества швов сварных и паяных соединений, имеющих гальваническое покрытие, следует руководствоваться нормативных документов.

Контроль отпрессованных контактных соединений

Контролируются геометрические размеры и состояние контактных соединений проводов и грозозащитных тросов (тросов) ВЛ и шин распределительных устройств.

Геометрические размеры (длина и диаметр спрессованной части корпуса зажима) не должны отличаться от предусмотренных технологическими указаниями по монтажу контактных соединений.

Стальной сердечник опрессованного соединительного зажима не должен быть смещен относительно симметрического положения более чем на 15 % длины прессуемой части провода. На поверхности зажима не должно быть трещин, коррозии, механических повреждений.

При приемке в эксплуатацию выборочно контролируется не менее 3 % установленных зажимов каждого типоразмера (марки).

Контроль контактных соединений, выполненных с применением овальных соединительных зажимов

Проверяются геометрические размеры и состояние КС проводов и грозозащитных тросов.

Геометрические размеры соединительных зажимов после монтажа не должны отличаться от предусмотренных технологическими указаниями по монтажу зажимов. На поверхности зажима не должно быть трещин, коррозии (на стальных соединительных зажимах), механических повреждений.

Число витков скрутки скручиваемых зажимов на сталеалюминиевых, алюминиевых и медных проводах не должно составлять менее 4 и более 4,5, а зажимов типа СОАС-95-3 при соединении проводов марки АЖС 70/39 – менее 5 и более 5,5 витков.

При приемке в эксплуатацию ВЛ контролируется выборочно не менее 2 % установленных зажимов каждого типоразмера.

Контроль затяжки болтов контактных соединений

Проверяется затяжка болтов контактных соединений, выполненных с применением соединительных плашечных, петлевых переходных, соединительных переходных, ответвительных, аппаратных зажимов.

Проверка проводится в соответствии с инструкцией по их монтажу.

Контроль сварных контактных соединений выполненных с применением термитных патронов.

Контролируются контактные соединения проводов ВЛ и сборных соединительных шин РУ, выполненных с применением термитных патронов. В сварном соединении не должно быть:

пережогов наружного повива провода или нарушения сварки при перегибе сваренных концов провода;

усадочных раковин в месте сварки глубиной более 1/3 диаметра провода из алюминия, сплавов или меди, глубиной более 6 мм – сталеалюминиевого провода сечением 150–600 мм²; жестких сборных и соединительных шин РУ.

В сварном соединении не должно быть трещин, прожогов, кратеров, непроваров сварного шва более 10 % его длины при глубине более 15 % толщины свариваемого металла; суммарное значение непроваров, подрезов, газовых пор и вольфрамовых включений в швах свариваемых алюминиевых шин должно быть не более 15 % толщины свариваемого металла в каждом рассматриваемом сечении.

Системы возбуждения синхронных генераторов и синхронных компенсаторов

Приводятся объем, нормы и периодичность испытаний основных устройств и аппаратов в составе систем возбуждения следующих типов:

- систем тиристорного независимого возбуждения;
- систем тиристорного самовозбуждения, в том числе резервных возбуждителей;
- систем бесщеточного возбуждения;
- систем полупроводникового высокочастотного возбуждения;
- систем с электромашинным коллекторным возбуждителем, в том числе резервных возбуждителей.

Проверку и испытания автоматического регулятора возбуждения, резервного регулятора возбуждения, систем управления возбуждением, устройств защиты, диагностики, измерений и сигнализации следует выполнять в соответствии с технической документацией изготовителя и типовыми методическими указаниями по наладке и испытаниям системы возбуждения.

Контроль основных параметров и характеристик СВ проводится согласно указаниям [1] и технической документации изготовителя на конкретные СВ и отдельные устройства, входящие в состав СВ.

Измерение сопротивления и испытания электрической прочности изоляции

Перед проверкой состояния изоляции вторичной коммутации функциональных узлов системы возбуждения, а также силовой части тиристорных преобразователей (далее – ТП) панели и блоки с микроэлектронной аппаратурой должны быть выдвинуты из разъемов, а все не отсоединенные элементы, которые не рассчитаны на испытательное напряжение, – закорочены.

Все высоковольтные испытания, как правило, проводятся после очистки от пыли и продувки сжатым воздухом, в соответствии с методикой испытаний изготовителя и с применением заводских испытательных приспособлений для закорачивания цепей, не рассчитанных на данные испытания.

Нормы, объемы испытаний и критерии оценки состояния изоляции оборудования каждого типа СВ приведены в [1].

Состояние изоляции оценивается по величине сопротивления, измеряемого при температуре плюс 10...30°C, а также по способности выдерживать приложенное испытательное напряжение частотой 50 Гц в течение 1 мин.

Испытания силового оборудования СВ повышенным напряжением частотой 50 Гц выполняются только при приемо-сдаточных испытаниях.

Проверка наличия цепи защитного заземления

Наличие цепи защитного заземления корпусов всех шкафов, панелей, блоков, защитных экранов, кожухов и ограждений элементов СВ проверяется омметром.

Величина сопротивления связи с контуром заземления, R , не нормируется, но не должна превышать 0,05 Ом.

Проверяются целостность проводников, соединяющих аппаратуру с контуром заземления, надежность болтовых соединений.

Измерение сопротивления постоянному току

Измеряется сопротивление постоянному току обмоток трансформаторов и электрических машин в системах возбуждения. Измерения проводятся при установившейся температуре, близкой к температуре окружающей среды. Измеренное сопротивление для сравнения его с данными измерений изготовителем приводится к соответствующей температуре.

6 ОСОБЕННОСТИ НАЛАДКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН И ТРАНСФОРМАТОРОВ

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 таблице 6.1 приведена маркировка выводов электрических машин, в табл. 6.2 – их обозначения:

Таблица 6.1

Маркировка выводов обмоток трехфазных электрических машин

Выводы обмоток	Число выводов	Название выводов	Обозначение выводов	
			начало	конец
Трехфазные машины				
Обмотка статора	6	первая фаза	C1(U1)	C4(U2)
		вторая фаза	C2(V1)	C5(V2)
		третья фаза	C3(W1)	C6(W2)

Обозначение выводов обмоток машин постоянного тока

Наименование обмоток	Число выводов	Обозначения выводов	
		начало	конец
Машины постоянного тока			
якорь	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
уравнительная обмотка	2	У1	У2
независимая возбуждения	2	Н1	Н2

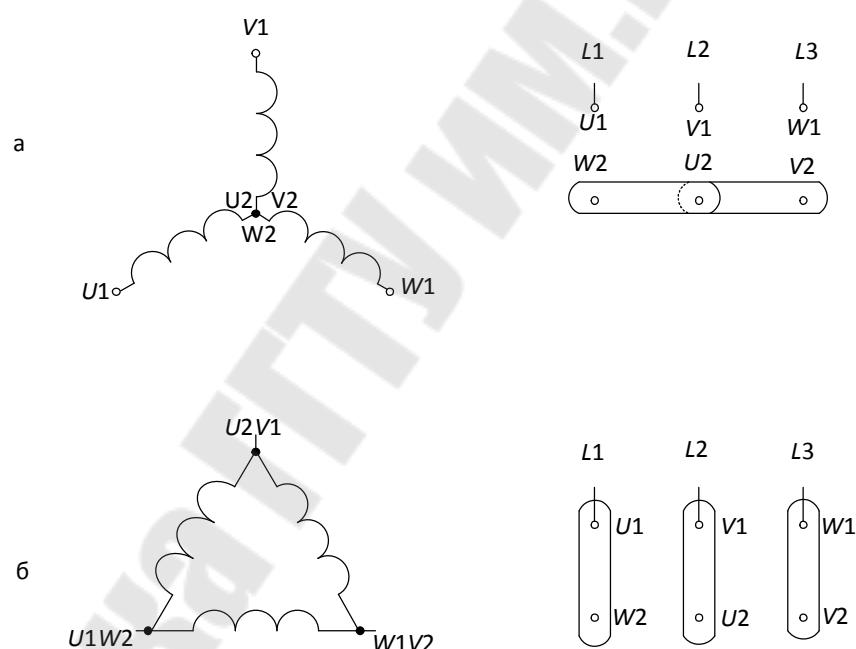


Рис. 6.1. Схемы соединения обмоток трехфазного асинхронного двигателя и схемы соединения выводных зажимов обмоток:

- а) соединение звездой;
 б) соединение треугольником

Объемы и нормы испытаний электрических машин (ЭМ) приводятся в Правилах устройства электроустановок [2], 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.

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 токосъемных колец;
- наличие и качество выполнения заземления (зануления) ЭМ;
- состояние соединительной муфты или ременной, цепной передачи и защитного кожуха.

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.

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 проворачиванием выполняется с помощью механизмов, например, крана.

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

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.

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.

Проворачивание ротора

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

$$R_{60} = \frac{U}{1000} + \frac{P}{100}, \quad (6.1)$$

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 парно.

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.

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 провернуть 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.

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.

Сушка электрических машин

Бели при измерении сопротивления изоляции обмоток электрической машины сопротивление изоляции ниже нормы ТКП 339, 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 увлажненной 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, машинунужно 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 °С.

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 кОм на 1 Вт номинального напряжения машины, но не ниже 0,5 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 избежа-

ние перегрева его обмоток вращающимся полем статора от потерь в обмотках.

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

Синхронные генераторы, компенсаторы и коллекторные возбуждители

Методы и условия проведения испытаний генераторов должны соответствовать требованиям ГОСТ 11828, ГОСТ 10169, ГОСТ 30458, технических условий на конкретные виды машин.

Общие требования к измерительным и испытательным устройствам.

Измерение всех электрических величин при испытании генераторов следует проводить электроизмерительными приборами класса точности не ниже 0,5, за исключением приборов для измерения сопротивления изоляции и мостов переменного тока, которые должны иметь класс точности не ниже 1,5.

Шунты, добавочные резисторы, измерительные трансформаторы тока и напряжения должны иметь класс точности, на один класс выше класса точности измерительных приборов.

Определение возможности включения без сушки генераторов выше 1 кВ.

Генераторы, вновь вводимые в эксплуатацию, включаются без сушки, если сопротивление изоляции и коэффициент абсорбции обмоток статоров.

Величина сопротивления изоляции и испытательное напряжение относятся к обмоткам генератора и концевым выводам.

Шинопроводы и трансформаторы напряжения в нуле генератора должны быть отключены.

Для генераторов с газовым (в том числе воздушным) охлаждением обмоток статоров, кроме того, должна приниматься во внимание зависимость токов утечки от приложенного напряжения. Если технической документацией изготовителя генератора предусматриваются дополнительные критерии проверки отсутствия увлажнения изоляции, то они также должны быть использованы.

Обмотки роторов генераторов, охлаждаемые газом (воздухом или водородом), не подвергаются сушке, если сопротивление изоляции обмотки имеет значение не ниже указанного в [1].

Включение в работу генераторов, обмотки роторов которых охлаждаются водой, проводится в соответствии с технической документацией изготовителя.

Измерение сопротивления изоляции

Сопротивление изоляции измеряется мегаомметром, напряжение которого выбирается в соответствии с [1].

Измерение должно проводиться с использованием вывода «Э» (экран) мегаомметра.

Сопротивление изоляции обмоток статора с водяным охлаждением измеряется без воды в обмотке, после продувки ее водяного тракта сжатым воздухом при соединенных с экраном мегаомметра водосборных коллекторах, изолированных от внешней системы охлаждения. Случаи, когда измерения проводятся с водой в обмотке, специально оговорены в ТКП 339.

Для более точного измерения величины сопротивления изоляции после продувки рекомендуется проводить вакуумную сушку водяного тракта обмотки статора.

Допустимые значения сопротивления изоляции и коэффициента абсорбции при температуре 10...30 °С приведены в [1].

Для температур выше 30 °С допустимое значение сопротивления изоляции снижается в два раза на каждые 20 °С разности между температурой, при которой выполняется измерение, и 30 °С. Во всех случаях сопротивление изоляции обмоток генераторов не должно быть менее 0,5 МОм.

Испытание изоляции обмотки статора повышенным выпрямленным напряжением с измерением тока утечки по фазам.

Испытанию подвергается каждая фаза или ветвь в отдельности при других фазах или ветвях, соединенных с корпусом. У генераторов с водяным охлаждением обмотки статора испытание проводится в случае, если возможность этого предусмотрена в конструкции генератора.

Значения испытательного напряжения приведены в [1].

Для турбогенераторов типа ТГВ-300 испытание следует проводить по ветвям.

Испытательное выпрямленное напряжение для генераторов типа ТГВ-200 и ТГВ-300 соответственно принимается 40 и 50 кВ.

Измерение токов утечки для построения кривых зависимости их от напряжения проводится не менее чем при пяти значениях выпрямленного напряжения – от $0,2 U_{\max}$ до U_{\max} равными ступенями. На каждой ступени напряжение выдерживается в течение 1 мин, при этом отсчет токов утечки проводится при 60с. Ступени должны быть близкими к $0,5U_{\text{ном}}$. Резкое возрастание тока утечки, непропорциональное росту приложенного напряжения, особенно на последних ступенях напряжения (перегиб в кривой зависимости токов утечки от напряжения), является признаком местного дефекта изоляции, если оно происходит при испытании каждой фазы.

Коэффициент нелинейности не учитывается тогда, когда токи утечки на всех ступенях напряжения не превосходят 60 мкА. Рост тока утечки во время одноступенчатой выдержки изоляции под напряжением на одной из ступеней является признаком дефекта (включая увлажнение изоляции) и в том случае, когда токи не превышают 50 мкА. Во избежание местных перегревов изоляции токами утечки выдержка напряжения на очередной ступени допускается лишь в том случае, если токи утечки не превышают следующих значений:

Кратность испытательного напряжения по отношению к $U_{ном}$ 0,5, 1,0, 1,5 и выше. Ток утечки, мкА 250, 500, 1000.

Силовые трансформаторы, автотрансформаторы, масляные реакторы и заземляющие дугогасящие реакторы (дугогасящие катушки)

Маслонаполненные трансформаторы мощностью более 1,6 МВ·А, а также трансформаторы собственных нужд электростанций независимо от мощности испытываются в полном объеме, предусмотренном ТКП 339.

Трансформаторы подлежат прогреву при несоблюдении требований по температуре обмоток в соответствии с требованиями настоящего ТКП и при проведении контрольной подсушки при длительном хранении трансформаторов вне схемы питания.

Методы испытаний (проверок) и измерений.

Методы испытаний электрической прочности изоляции должны соответствовать нормативным документам.

Определение условий включения трансформаторов

Проводится в соответствии с требованиями настоящего раздела и инструкций изготовителей.

Измерение характеристик изоляции

Измерение сопротивления изоляции обмоток.

Сопротивление изоляции обмоток измеряется мегаомметром на напряжение 2500 В.

Сопротивление изоляции измеряется по схемам, применяемым изготовителем, и дополнительно по зонам изоляции (например, ВН – корпус, НН – корпус, ВН – НН) с подсоединением вывода «экран» мегаомметра к свободной обмотке или баку.

Измерение сопротивления изоляции обмоток должно проводиться при температуре изоляции:

не ниже 10 °С – у трансформаторов напряжением до 110 кВ – включительно;

не ниже 20 °С – у трансформаторов напряжением 220...750 кВ;

отклоняющейся от температуры измерений изготовителя не более 5 °С у шунтирующих реакторов напряжением 750 кВ.

Сопротивление изоляции каждой обмотки трансформаторов, приведенное к температуре испытаний, при которых определялись исходные значения по [1] должно быть не менее 50% исходных значений.

Для трансформаторов и дугогасящих реакторов сопротивление изоляции обмоток должно быть не ниже следующих значений:

R60, МОм (35 кВ) 450; 300; 200; 130; 90; 60; 40. R60, МОм (110 кВ) 900; 600; 400; 260; 180; 120; 80.

Сопротивление изоляции сухих трансформаторов при температуре обмоток 20...30 °С должно быть для трансформаторов с номинальным напряжением:

до 1 кВ включительно не менее 100 МОм;
свыше 1 до 6 кВ включительно не менее 300 МОм;
свыше 6 кВ не менее 500 МОм.

Для остальных трансформаторов сопротивление изоляции, приведенное к температуре измерений изготовителя, должно составлять не менее 50 % исходного значения.

Измерение тангенса угла диэлектрических потерь ($\text{tg}\delta$) изоляции обмоток.

Значения $\text{tg}\delta$, приведенные к температуре измерений, не должны отличаться от исходных значений в сторону ухудшения более чем на 50 %.

Измеренные значения $\text{tg}\delta$ изоляции при температуре изоляции 20 °С и более, не превышающие 1%, считаются удовлетворительными, и их сравнение с исходными данными не требуется.

Тангенс угла диэлектрических потерь изоляции измеряется по схемам, применяемым изготовителем, и дополнительно по зонам изоляции (например, ВН – корпус, НН – корпус, ВН – НН) с подсоединением вывода «экран» измерительного моста к свободным обмоткам или баку. Измерение $\text{tg}\delta$ трансформаторов мощностью до 1600 кВА не обязательно.

Измерение $\text{tg}\delta$ обмоток должно проводиться при температуре изоляции:

не ниже 10 °С – у трансформаторов напряжением до 110 кВ – включительно;

не ниже 20 °С – у трансформаторов напряжением 220–750 кВ;
отклоняющейся от температуры измерений изготовителя не более 5 °С – у шунтирующих реакторов напряжением 750 кВ.

Испытание изоляции повышенным напряжением частотой 50 Гц

Испытание изоляции обмоток вместе с вводами.

Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения – 1 мин.

Испытание повышенным напряжением изоляции обмоток сухих трансформаторов обязательно и проводится по нормам [1] для электрооборудования с облегченной изоляцией.

Импортные трансформаторы разрешается испытывать напряжениями, лишь в тех случаях, если они не превышают напряжение, которым данный трансформатор был испытан изготовителем.

Испытательное напряжение заземляющих реакторов на напряжение до 35 кВ аналогично приведенным для трансформаторов соответствующего класса.

При реконструкции трансформатора значение испытательного напряжения равно 0,9 напряжения при испытаниях, проведенных изготовителем.

Испытание изоляции цепей защитной и контрольно-измерительной аппаратуры, установленной на трансформаторе.

Испытание проводится на полностью собранных трансформаторах. Испытывается изоляция (относительно заземленных частей и конструкций) цепей с присоединенными трансформаторами тока, газовыми и защитными реле, маслоуказателями, отсечным клапаном и датчиками температуры при отсоединенных разъемах манометрических термометров, цепи которых испытываются отдельно.

Значение испытательного напряжения – 1 кВ. Продолжительность испытания – 1 мин.

Значение испытательного напряжения при испытаниях манометрических термометров – 750 В. Продолжительность испытания – 1 мин.

Таблица 6.1

Испытательные напряжения частотой 50 Гц герметизированных силовых трансформаторов

Класс напряжения трансформатора, кВ	Испытательное напряжение, кВ	
	у изготовителя	При вводе в эксплуатацию
3	10	9,0
6	20	18,0
10	28	25,2
15	38	34,2
20	50	45

Измерение сопротивления обмоток постоянному току

Проводится на всех ответвлениях, если в паспорте трансформатора нет других указаний.

При наличии реверса или грубой ступени измерения проводится на оном положении реверса или грубой ступени плюс одно положение избирателя после срабатывания предизбирателя. Сопротивления обмоток трехфазных трансформаторов, измеренные на одинаковых ответвлениях разных фаз при одинаковой температуре, не должны отличаться более чем на 2 %. Если из-за конструктивных особенностей трансформатора это расхождение может быть большим и оно указано в технической документации изготовителя,

следует руководствоваться нормой на допустимое расхождение, приведенной в паспорте трансформатора.

Значение сопротивления обмоток однофазных трансформаторов после температурного перерасчета не должно отличаться более чем на 5 % от исходных значений.

Перед измерением сопротивления обмоток трансформаторов, снабженных устройствами регулирования напряжения, следует произвести не менее трех полных циклов переключения.

Проверка коэффициента трансформации

Проверка коэффициента трансформации проводится на всех ступенях переключения. Коэффициент трансформации должен отличаться не более чем на 2 % от значений, полученных на том же ответвлении на других фазах, или от данных изготовителя.

Для трансформаторов с РПН разница между коэффициентами трансформации не должна превышать значения ступени регулирования.

В случае невозможности измерения фазного коэффициента допускается измерение линейного коэффициента.

Проверка группы соединения обмоток трехфазных трансформаторов и полярности выводов однофазных трансформаторов

Проверка проводится, если отсутствуют паспортные данные или есть сомнения в достоверности этих данных. Группа соединений должна соответствовать паспортным данным трансформатора, а полярность выводов – обозначениям на крышке бака трансформатора.

Измерение потерь холостого хода

Измерение проводится у трансформаторов мощностью 1000 кВ·А и более при напряжении, подводимом к обмотке низшего напряжения, равном указанному в протоколе испытаний изготовителя (паспорте). У трехфазных трансформаторов потери холостого хода измеряются при однофазном возбуждении по схемам, применяемым изготовителем.

У трехфазных трансформаторов соотношение потерь на разных фазах не должно отличаться от соотношений, приведенных в протоколе испытаний изготовителя (паспорте), более чем на 5 %.

У однофазных трансформаторов отличие измеренных значений потерь от исходных не должно превышать 10 %. Если соотношение потерь не отличается более чем на 5 % по сравнению с данными изготовителя, разрешается не проводить размагничивание обмоток, в противном случае размагничивание обмоток обязательно.

Измерение сопротивления короткого замыкания (Z_k) трансформатора

Измерение проводится у трансформаторов мощностью 63 МВ·А и более.

Для трансформаторов с устройством регулирования напряжения под нагрузкой Z_k измеряется на основном и обоих крайних ответвлениях. Значения Z_k не должны превышать значение, определенное по напряжению КЗ трансформатора на основном ответвлении, более чем на 5 % или более чем на 3 % от данных изготовителя.

Проверка работы переключающего устройства

Проводится в соответствии с указаниями изготовителя.

Испытание бака на плотность

Испытаниям подвергаются все трансформаторы, кроме герметичных и не имеющих расширителя.

Испытание проводится:

у трансформаторов напряжением до 35 кВ включительно гидравлическим давлением столба масла, высота которого над уровнем заполненного расширителя составляет 0,6 м, за исключением трансформаторов с волнистыми баками и пластинчатыми радиаторами, для которых высота столба масла принимается равной 0,3 м;

у трансформаторов с пленочной защитой масла – созданием внутри гибкой оболочки избыточного давления воздуха 10 кПа;

у остальных трансформаторов – созданием избыточного давления азота или сухого воздуха 10 кПа в надмасляном пространстве расширителя.

Продолжительность испытания во всех случаях не менее 3 ч.

Температура масла в баке при испытаниях трансформаторов напряжением до 110 кВ включительно – не ниже 10°C, остальных не ниже 20 °C.

Трансформатор считается маслоплотным, если осмотром после испытания течь масла не обнаружена.

Проверка устройств охлаждения

Режим пуска и работы охлаждающих устройств должен соответствовать указаниям изготовителя.

Проверка устройств охлаждения проводится в соответствии с технической документацией по эксплуатации системы охлаждения, входящей в комплект технической документации изготовителя на данный трансформатор.

Проверка предохранительных устройств

Проверка предохранительного и отсечного клапанов, а также предохранительной (выхлопной) трубы проводится в соответствии с требованиями технической документации изготовителя.

Проверка и испытания газового реле, реле давления и струйного реле

Проверка и испытания проводятся в соответствии с технической документацией по эксплуатации соответствующих реле.

Проверка средств защиты масла от воздействия окружающего воздуха. Проверка воздухоосушителя, установок пленочной защиты масла, термосифонного или адсорбирующего фильтра проводится в соответствии с указаниями изготовителя. Влагосодержание силикагеля, подготовленного для термосифонных и адсорбирующих фильтров, должно быть не более 0,5% по массе.

Фазировка трансформаторов

Должно иметь место совпадение фаз вторичных напряжений у трансформаторов, включаемых на параллельную работу.

Испытание трансформаторного масла

Свежее масло перед заливкой вновь вводимых трансформаторов, прибывающих без масла, должно быть испытано по ТКП 339.

Из герметизированных трансформаторов проба масла не отбирается.

Для трансформаторов, поставляемых без масла, проводится испытание остатков масла (донная проба) в баке трансформаторов. При испытаниях проверяется пробивное напряжение и влагосодержание остатков масла. Пробивное напряжение должно быть не ниже 50 кВ, а влагосодержание не выше:

0,0025 % – у трансформаторов напряжением 110–330 кВ;

0,0020 % – у трансформаторов напряжением 750 кВ.

Объем испытаний трансформаторного масла силовых трансформаторов по прибытии, при хранении и вводе в эксплуатацию [1].

Результаты испытаний учитываются при комплексной оценке состояния трансформатора после транспортировки.

Испытание включением на номинальное напряжение

Включение трансформаторов проводится на время не менее 30 мин. В течение этого времени осуществляется прослушивание и наблюдение за состоянием трансформатора.

В процессе испытаний не должны наблюдаться явления, указывающие на неудовлетворительное состояние трансформатора. Трансформаторы, смонтированные по схеме блока с генератором, рекомендуется включать в сеть подьемом напряжения с нуля.

Измерительные трансформаторы тока

Дополнительные требования к испытаниям и проверкам для отдельных видов трансформаторов тока, связанных со спецификой их конструкции и назначения, устанавливаются ТНПА на трансформаторы тока конкретных типов.

Методы испытаний (проверок) и измерений.

При испытаниях следует учитывать требования стандарта и нормы приведенной в [1].

Измерение сопротивления изоляции

Измерение сопротивления основной изоляции трансформаторов тока, изоляции измерительного конденсатора и вывода последней обкладки бумажно-масляной изоляции конденсаторного типа проводится мегаомметром на 2500 В.

Измерение сопротивления вторичных обмоток и промежуточных обмоток каскадных трансформаторов тока относительно цоколя проводится мегаомметром на 1000 В.

Измеренные значения сопротивления изоляции должны быть не менее приведенных в таблице [1].

У каскадных трансформаторов тока сопротивление изоляции измеряется для трансформатора тока в целом. При неудовлетворительных результатах таких измерений сопротивление изоляции дополнительно измеряется по ступеням.

7 ИСПОЛНЕНИЕ И УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Степени защиты и климатическое исполнение аппаратов

Степень защиты персонала от прикосновения к токоведущим и движущимся частям, электрических аппаратов и электрооборудования, заключенного в оболочку от воздействия окружающей среды, обозначаются

буквами *IP* (международная система *International Protection*) и двумя цифрами. Например, *IP00*, *IP21* и т.п.

Если для изделия нет необходимости в одном из видов защиты, допускается в условном обозначении проставлять знак *X* вместо обозначения того вида защиты, который в данном изделии не требуется, или испытание которого не производится, например, *IPX2*.

Электрические аппараты и электрооборудование по условиям окружающей среды могут иметь следующие исполнения:

У1...У5 – для умеренного климата;

ХЛ1...ХЛ5 – для холодного климата;

УХЛ1...УХЛ5 – для холодного и умеренного климата;

Т1...Т5 – для тропического климата.

Таблица 7.1

Значения и расшифровка первой цифры обозначения степени защиты (ГОСТ 14254-80)

Цифра	Степень защиты	
	Краткое описание	Определение
0	Защита отсутствует	Специальная защита отсутствует
1	Защита от твердых тел размером более 50 мм	Защита от проникновения внутрь оболочки большого участка поверхности человеческого тела, например руки, и твердых тел размером свыше 50 мм
2	Защита от твердых тел размером более 12 мм	Защита от проникновения внутрь оболочки пальцев или предметов длиной не более 80 мм и твердых тел размером свыше 12 мм
3	Защита от твердых тел размером более 2,5 мм	Защита от проникновения внутрь оболочки инструментов, проволоки, и других предметов диаметром или толщиной более 2,5 мм и от проникновения твердых тел размером более 2,5 мм
4	Защита от твердых тел размером более 1 мм	Защита от проникновения внутрь оболочки проволоки и твердых тел размером более 1 мм
5	Защита от пыли	Проникновение внутрь оболочки пыли не предотвращено полностью. Однако пыль не может проникнуть в количестве, достаточном для нарушения работы изделия
6	Пыленепроницаемость	Проникновение пыли предотвращено полностью

**Значения и расшифровка второй цифры обозначения степени защиты
(ГОСТ 14254-80)**

Цифра	Степень защиты	
	Краткое описание	Определение
0	Защита отсутствует	Специальная защита отсутствует
1	Защита от капель воды	Капли воды, вертикально падающие на оболочку, не должны оказывать вредного воздействия на изделие
2	Защита от воды при наклоне до 15°	Капли воды, вертикально падающие на оболочку, не должны оказывать вредного воздействия на изделие при наклоне его оболочки на любой угол до 15°
3	Защита от дождя	Дождь, падающий на оболочку под углом 60° от вертикали, не должен оказывать вредного воздействия на изделие
4	Защита от брызг	Вода, разбрызгиваемая на оболочку в любом направлении, не должна оказывать вредного воздействия на изделие
5	Защита от водяных струй	Струя воды, выбрасываемая в любом направлении на оболочку, не должна оказывать вредного воздействия на изделие
6	Защита от волн воды	Вода при волнении не должна попадать внутрь оболочки в количестве, достаточном для повреждения изделия.
7	Защита при погружении в воду	Вода не должна проникать в оболочку, погруженную в воду, при определенных условиях давления и времени в количестве, достаточном для повреждения изделия
8	Защита при длительном погружении в воду	Изделия пригодны для длительного погружения в воду при условиях, установленных изготовителем. Для некоторых типов изделий допускается проникновение воды внутрь оболочки, но без нанесения вреда изделию

Категория размещения электрических аппаратов:

- 1 – для работы на открытом воздухе;
- 2 – для работы в помещениях, где колебания температуры и влажности воздуха несущественно отличаются от колебаний на открытом воздухе и имеется сравнительно свободный доступ;
- 3 – для работы в закрытых помещениях с естественной вентиляцией без искусственно регулируемых климатических условий, где колебания температуры и влажности воздуха, а также воздействие песка и пыли существенно меньше, чем на открытом воздухе;

4 – для работы в помещениях с искусственно регулируемым климатическими условиями (например, в закрытых отапливаемых и вентилируемых производственных и других помещениях);

5 – для работы в помещениях с повышенной влажностью (например, в неотопливаемых и невентилируемых подземных помещениях, в помещениях, в которых возможно длительное наличие воды или частая конденсация влаги на стенах и потолках).

Первая цифра обозначает степень защиты персонала от соприкосновения с находящимися под напряжением частями или приближения к ним и от соприкосновения с движущимися частями, а так же степень защиты изделия от попадания внутрь твердых посторонних тел (табл. 7.1).

Вторая цифра обозначает степень защиты изделия от попадания воды (табл. 7.2).

Условные обозначения электрических аппаратов в схемах и чертежах

Электрические аппараты и элементы в схемах электротехнических устройств изображают в виде условных графических обозначений, установленных стандартами ЕСКД или построенных на их основе. При необходимости применяют нестандартизованные условные графические обозначения. Стандартизованные или строящиеся на основе стандартизованных графические обозначения на схемах не поясняют; нестандартизованные обозначения должны быть пояснены на свободном поле схемы.

Если на условные обозначения установлено несколько допустимых вариантов выполнения, различающиеся геометрической формой и степенью детализации, то их применяют в зависимости от назначения и типа разрабатываемой схемы, а также количества информации, которую необходимо передать на схеме графическими средствами. При этом на всех схемах одного типа, входящих в комплект документации на изделие, применяют один выбранный вариант обозначения.

Кроме условных графических обозначений, на схемах соответствующих типов можно применять другие категории графических обозначений: прямоугольники произвольных размеров, содержащие пояснительный текст; внешние очертания, представляющие собой упрощенные конструктивные изображения изделий.

Стандартные условные графические обозначения электрических аппаратов и элементов выполняют по размерам, указанным в соответствующих стандартах. Если размеры стандартом не установлены, то графические обозначения на схеме должны иметь такие же размеры, как их изображения в стандартах. При выполнении иллюстративных схем на боль-

ших форматах можно все условные графические обозначения пропорционально увеличивать по сравнению с приведенными в стандартах.

Допускается на схеме увеличивать размеры обозначений отдельных элементов, если необходимо графически выделить особое или важное значение элемента, а также поместить внутри обозначения предусмотренные стандартами квалифицирующие символы или дополнительную информацию.

С целью повышения компактности схемы допускается размеры графических обозначений пропорционально уменьшать, учитывая при этом возможности использования техники репродуцирования и микрофильмирования.

Для обеспечения визуального восприятия схемы расстояние между двумя соседними линиями в любом графическом обозначении должно быть не менее 1,0 мм. Выбранные размеры и толщина линий графических обозначений должны быть выдержаны постоянными во всех схемах одного типа на данное изделие. Графические обозначения следует выполнять линиями той же толщины, что и линии связи.

Условные буквенно-цифровые обозначения в электрических схемах. Электрические аппараты и элементы в схемах электротехнических устройств могут иметь буквенные, буквенно-цифровые, или цифровые обозначения.

Буквенно-цифровые обозначения предназначены для записи в сокращенной форме сведений об электрических аппаратах и элементах в документации на изделие или нанесения непосредственно на изделие.

Типы условных буквенно-цифровых обозначений и правила их построения устанавливает стандарт.

Для построения обозначений используют прописные буквы латинского алфавита, арабские цифры.

Обозначение записывают в виде последовательности букв, цифр и знаков в одну строку без пробелов. Количество знаков в обозначении стандартом не устанавливается.

Обязательная часть буквенно-цифрового обозначения – вид и номер обозначения элемента (позиционного обозначения). Остальные части, в том числе и обозначение функции элемента, являются дополнительными.

В электрических схемах, как правило, проставляют только обязательную часть. Буквенная часть (код) позиционного обозначения может состоять из сочетания букв, число которых стандартом не устанавливается. Первая буква кода (обязательная) характеризует группу видов элементов, вторая – вид элемента, третья и последующие – конкретизацию вида элемента, например: *H* обозначает группу сигнальных элементов, *HL* – сигнальную лампу, а *HLG* – сигнальную лампу с зеленой линзой.

Если элемент содержит несколько частей, допускается добавлять (при разнесенном способе изображения) к номеру элемента условный номер изображения части элемента, отделяя его точкой. Например, у магнитного пускателя *КМ1* имеется несколько вспомогательных контактов, показанных в разных частях схемы, то их можно обозначать *КМ1.1*; *КМ1.2*; *КМ1.3* и т.п.

Позиционные обозначения на схеме проставляются рядом с графическим изображением прибора, аппарата или элемента с правой стороны или над ним. Все элементы устройства должны быть обозначены одинаково на всех электрических схемах: принципиальных, монтажных и в перечне элементов.

Монтажные символы. При составлении и вычерчивании монтажных схем применяют монтажные символы электрических аппаратов, элементов и приборов.

Монтажный символ – это электрическая схема внутренних соединений аппарата, элемента или прибора с таким относительным расположением зажимов (выводов), которое соответствует действительному расположению их на аппарате.

На монтажных символах элементы аппарата (катушка, контакты и т.п.) изображаются в виде условных графических обозначений в соответствии с действующими стандартами ЕСКД.

Выходные зажимы (выводы) всех аппаратов маркируются по определенной системе. Причем для аппаратов, имеющих собственную маркировку выводов, на символах показывается данная фактическая маркировка. Для аппаратов, не имеющих собственной маркировки выводов, на символах изображается условная маркировка, которая в действительности на аппарате отсутствует. Оба вида маркировок изображают одинаково – внутри зажимов.

Условная маркировка выполняется по определенной схеме:

1. Главные контакты аппаратов маркируются однозначными цифрами, начиная с единицы 1; 2; 3; 4; 5; 6. Причем к нечетным выводам подводится напряжение сети, а к четным подключается электроприемник.

2. Вспомогательные контакты маркируются двузначными числами, в которых первая цифра обозначает порядковый номер контакта в пределах одного аппарата (порядок независимо от вида контакта), а вторая цифра отражает вид контакта.

Принята следующая условность по видам контакта:

- 1 – 2 – размыкающий контакт;
- 3 – 4 – замыкающий контакт;

- 1 – 2 – 3 контакт переключающий;
- 5 – 6 – контакт размыкающий особый;
- 7 – 8 – контакт замыкающий особый;
- 5 – 6 – 7 контакт переключающий особый;
- 9 – 0 – контакт импульсный.

В главных и во вспомогательных контактах не четными числами маркируется вход (неподвижный контакт), четными – выход (подвижный контакт). Для контактов, не имеющих четко выраженного вывода подвижных контактов, например, мостиковых, разделение на четные и нечетные числа отсутствуют. В этом случае числа возрастают слева направо или сверху вниз.

Катушки аппаратов маркируются прописными буквами латинского алфавита:

- A – B* или (*A1–A2*) – включающая;
- C – D* – отключающая;
- Q – H* – защелки.

Если аппарат имеет количество контактов более 10, то порядковые номера контактам присваиваются по группам, а именно: в пределах группы замыкающих контактов, начиная с единицы, и в пределах группы размыкающих контактов, опять начиная с единицы.

Выполняется и условная маркировка зажимов (выводов), которая дает возможность заменить схемы соединений таблицами. В этом случае адреса проводов, соединяющих аппараты, указываются только по маркировке зажима аппарата.

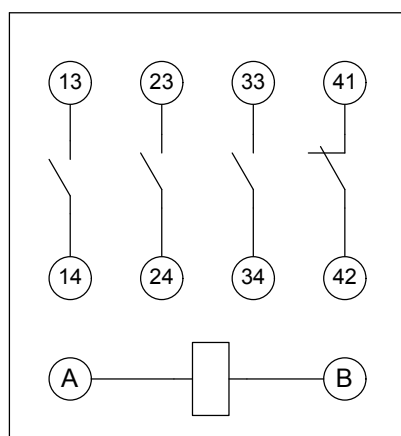
На каждый аппарат имеется два символа полный и краткий (упрощенный). Полный символ применяется для составления монтажных схем соединений, а краткий (упрощенный) для таблиц соединений и выполнения схем на ЭВМ.

Пример выполнения монтажных символов вспомогательных контактов разного вида приведен на рис. 7.1.



Рис. 7.1. Пример маркировки вспомогательных контактов разного вида: *a* – контакт размыкающий, *б* – контакт замыкающий

Пример выполнения монтажных символов электрических аппаратов приведен на рис. 7.2.



a

13	23	33	41
14	24	34	42
A			B

б

Рис. 7.2. Пример выполнения монтажных символов электрических аппаратов: *a* – монтажный символ электрического аппарата; *б* – монтажный символ упрощенный для выполнения схем на ЭВМ

8 ОРГАНИЗАЦИЯ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА ПРИ НАЛАДОЧНЫХ РАБОТАХ

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 ПТВ. 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 [3], 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 электробезопасности не ниже IV при работе в электроустановках выше 1 кВ и не ниже III – в электроустановках до 1кВ.

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 высоту, 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 производства 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.

Защитные меры электробезопасности

Контроль изоляции токоведущих частей. Контроль изоляции в сетях до 1 кВ производится мегомметром на напряжение 1000 В, в сетях свыше 1 кВ мегомметром на напряжение 2500 В.

Норма сопротивления изоляции для проводов, кабелей, обмоток статоров электродвигателей электрической проводки силовых сетей, осветительных сетей, электрических аппаратов должна быть не менее 0,5 МОм (ПУЭ).

Применение двойной изоляции. Для открытой и скрытой изоляции под штукатуркой применять провода и кабели с двойной изоляцией.

Оградительные устройства. Применяют для того, чтобы исключить даже случайные прикосновения к токоведущим частям электроустановки.

Применение безопасного напряжения. Безопасное напряжение менее 50 В. В опасных помещениях напряжение – 24 или 42 В, а в особо опасных – 12 В.

Электрическое разделение сети. Применение разделительных трансформаторов (гальваническая развязка).

Устройство защитного отключения. Для однофазных приемников отключение 2-полюсное (фаза и ноль), для 3-фазных – 4-полюсное. Выпускаются двух типов:

- дифференциальный выключатель (УЗО);
- дифференциальный автомат.

Время срабатывания для – однофазных УЗО – 0,4 с, 3-фазных – 0,2 с;

Защитное заземление.

Зануление.

Выравнивание потенциалов. Это метод снижения напряжения прикосновения и шага между точками электрической цепи, к которым возможно одновременное прикосновение или на которых может одновременно стоять человек. Для выравнивания потенциала используют контурное заземление или укладывают стальные полосы в виде сетки по всей площадке, занятой оборудованием.

Компенсация токов замыкания на землю. Заключается в установке между нейтралью и землей компенсационной катушки. Этот вид защиты используют одновременно с защитным заземлением или отключением.

Блокировки.

Предупредительная сигнализация. Может быть световой и звуковой.

Электрозащитные средства.

Случаи поражения человека электрическим током

Все случаи поражения человека током в результате электрического удара возможны лишь при замыкании электрической цепи через тело человека или, при прикосновении человека не менее чем к двум точкам цепи, между которыми существует некоторое напряжение.

Опасность такого прикосновения, оцениваемая значением тока, проходящего через тело человека, или же напряжением прикосновения, зависит от ряда факторов:

- схемы замыкания цепи через тело человека;
- напряжения сети;
- режима нейтрали сети (нейтраль изолирована, или заземлена);
- сопротивления тела человека;
- степени изоляции токоведущих частей от земли;
- значения емкости токоведущих частей относительно земли.

Следовательно, в одних случаях замыкание цепи тока через тело человека будет сопровождаться прохождением через него малых токов или окажется неопасным, в других – токи могут достигать больших значений, способных вызвать смертельное поражение человека.

Наиболее типичными являются два случая замыкания цепи через тело человека:

касание одновременно двух проводов сети (двухфазное прикосновение);

касание одного провода (однофазное прикосновение).

Двухфазное прикосновение (рис. 8.1) более опасно, поскольку к телу человека прикладывается наибольшее в данной сети напряжение – линейное и поэтому через человека пойдет больший ток, А:

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\text{л}}}{R_{\text{ч}}}, \quad (8.1)$$

где $U_{\text{л}}$ – линейное напряжение, В; $R_{\text{ч}}$ – сопротивление тела человека (в расчетах принимается 1000 Ом).

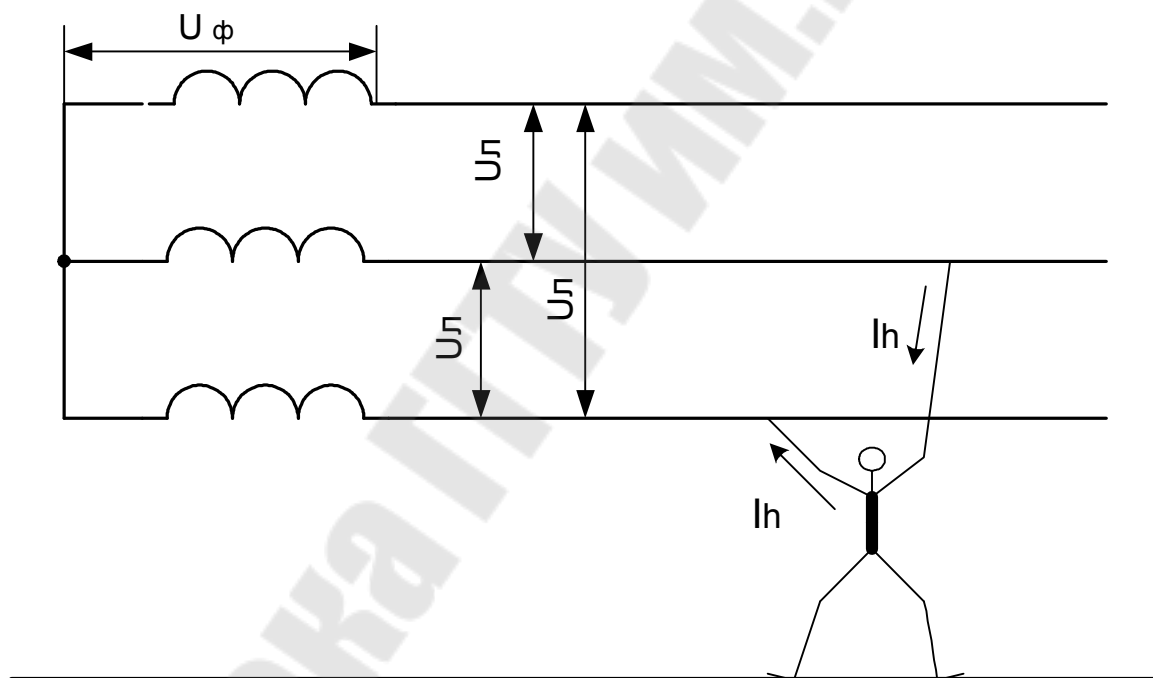


Рис. 8.1. Прикосновение человека к двум фазам

При двухфазном прикосновении ток, проходящий через тело человека, практически не зависит от режима нейтрали сети, следовательно, двухфазное прикосновение является одинаково опасным как в сети с изолированной, так и заземленной нейтралью. При двухфазном прикосновении опасность поражения не уменьшится и в случае, если человек будет надежно изолирован от земли, т.е. иметь на ногах диэлектрические галоши или боты либо будет стоять на изолирующем полу или диэлектрическом ковре.

Однофазное прикосновение

В сети с заземленной нейтралью (рис.8.2) цепь тока, проходящего через человека, включает: сопротивление тела человека; сопротивление обуви; сопротивление пола; сопротивление заземления нейтрали источника тока (генератора или трансформатора). Все эти сопротивления включены последовательно.

Ток, проходящий через человека, определяется по формуле

$$I_h = \frac{U_\phi}{R_h + R_{\text{обуви}} + R_{\text{пола}} + R_o}, \quad (8.2)$$

где U_ϕ – фазное напряжение, В; R_h , $R_{\text{обуви}}$, $R_{\text{пола}}$, R_o – сопротивление тела человека, обуви, пола, заземления нейтрали, Ом

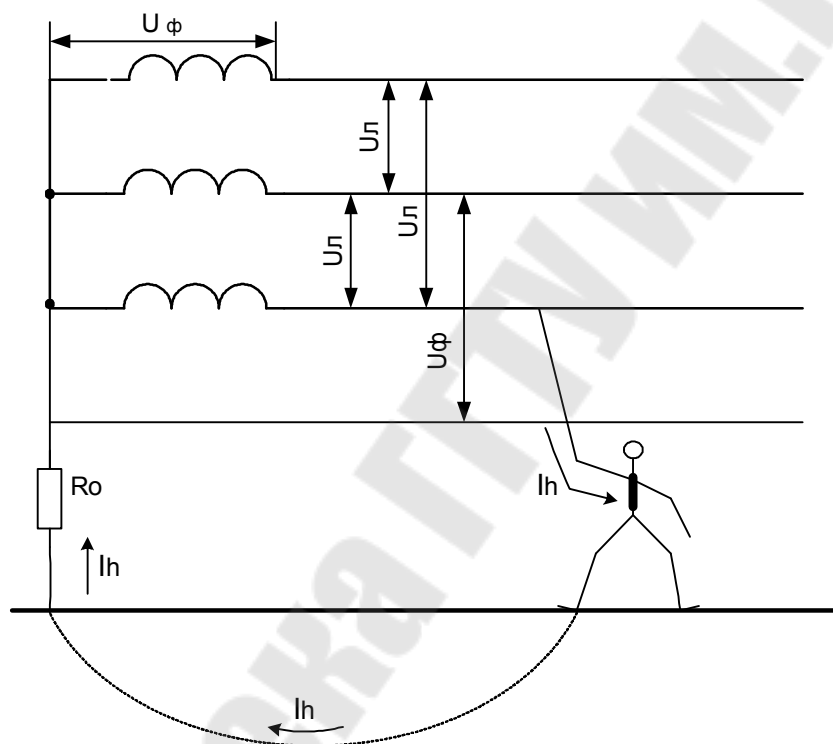


Рис. 8.2. Прикосновение человека к одной фазе трехфазной сети с заземленной нейтралью

В сети с изолированной нейтралью (рис. 8.3) ток, проходящий через тело человека в землю, возвращается к источнику тока через изоляцию проводов сети, которая в исправном состоянии обладает большим сопротивлением.

Ток, проходящий через человека для этого случая, определяется по формуле

$$I_h = \frac{U_\phi}{R_h + R_{\text{обуви}} + R_{\text{пола}} + \left(\frac{R_{\text{изол}}}{3}\right)}, \quad (8.3)$$

где $R_{\text{изол}}$ – сопротивление изоляции проводов (кабелей), Ом

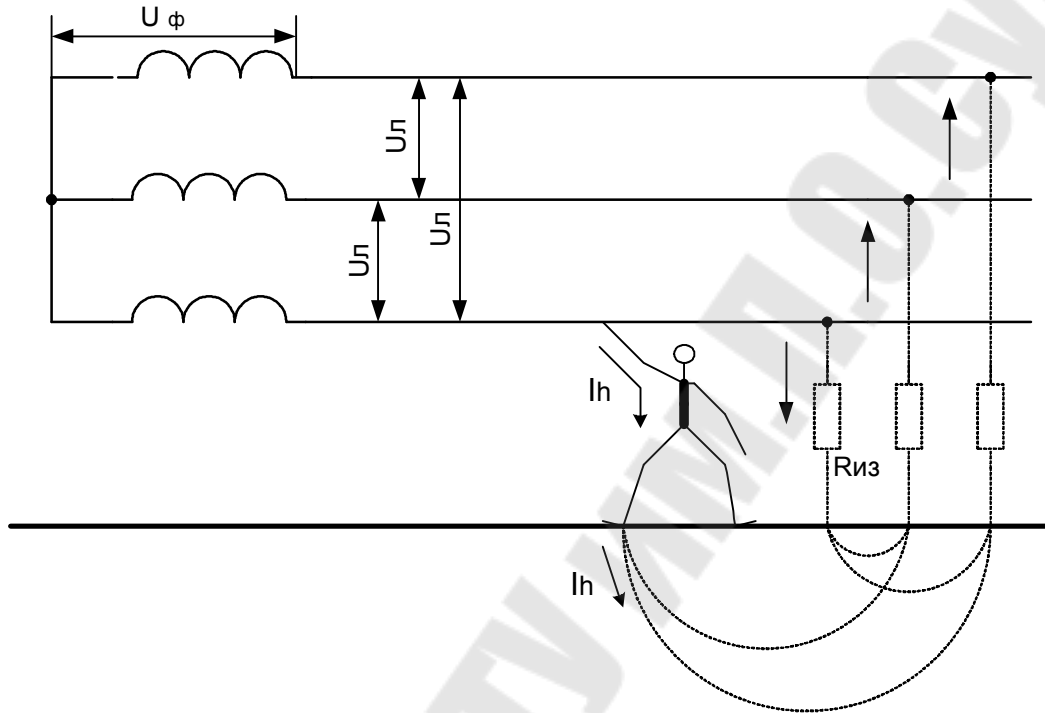


Рис. 8.3. Прикосновение человека к одной фазе трехфазной сети с изолированной нейтралью

Защитное заземление

Защитным заземлением называется преднамеренное электрическое соединение с землей или эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением вследствие замыкания на корпус.

Задача защитного заземления – устранение опасности поражения током в случае прикосновения к корпусу и другим нетоковедущим металлическим частям электроустановки, оказавшейся под напряжением.

Принцип действия заземления – снижение напряжения между корпусом, оказавшимся под напряжением, и землей до безопасного значения.

Рассмотрим два случая:

Если корпус электрооборудования не заземлен, то прикосновение человека к корпусу, который оказался в контакте с фазой равносильно прикосновению к фазе. В этом случае ток, проходящий через человека, определяется по формуле 8.3.

Если корпус заземлен (рис. 8.4), то ток, проходящий через человека при $R_{об} + R_{пола} = 0$, можно определить по выражению

$$I_h = \frac{3U_{\phi}}{R_h R_{из}} R_3. \quad (8.4)$$

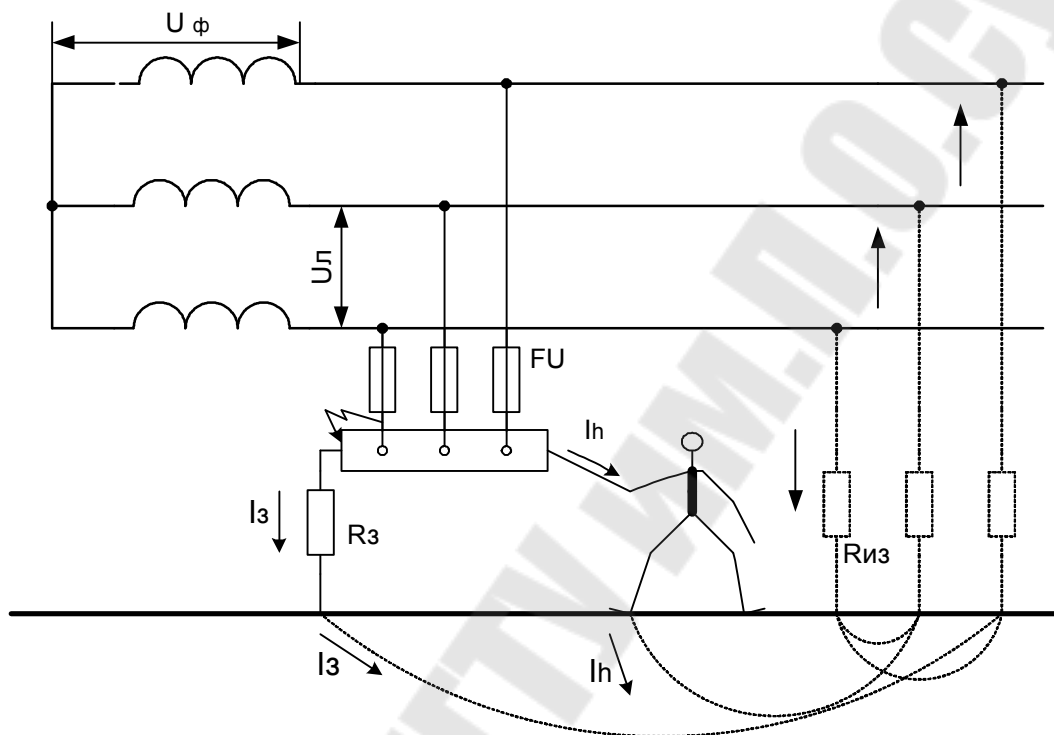


Рис. 8.4. Корпус электроприемника заземлен

Зануление

Занулением называется преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением вследствие замыкания на корпус и по другим причинам.

Принцип действия зануления – превращение замыкания на корпус в однофазное короткое замыкание (замыкание между фазным и нулевым проводниками) с целью вызвать большой ток, способный обеспечить срабатывание защиты и тем самым автоматически отключить поврежденную установку от питающей сети.

Для эффективного срабатывания зануления необходимо, чтобы

$$I_k \leq KI_y, \quad (8.5)$$

где K – коэффициент кратности тока (чувствительность защиты) зависит от вида и характеристик отключающего аппарата защиты;

I_y – ток уставки отключающего аппарата.

$K = 3$ для предохранителей и автоматических выключателей с зависимой защитной характеристикой (с тепловым расцепителем).

$K = 4$ для предохранителей во взрывоопасных помещениях.

$K = 1,4$ – для автоматических выключателей с независимой характеристикой (с электромагнитным расцепителем) при токе уставки $I_y \leq 100$ А.

$K = 1,25$ – для автоматических выключателей с независимым электромагнитным расцепителем при токе уставки $I_y > 100$ А.

Зануление требует наличия в сети нулевого защитного проводника, заземления нейтрали источника тока и повторного заземления нулевого защитного проводника.

Назначение нулевого защитного проводника. Различают нулевой защитный РЕ и нулевой рабочий проводники N .

Нулевым защитным проводником называется проводник, соединяющий зануляемые части с глухозаземленной нейтральной точкой обмотки источника тока (генератора или трансформатора).

Нулевым рабочим проводником называется проводник, служащий для питания током электроприемников и соединенный с глухозаземленной нейтральной точкой обмотки источника тока (генератора или трансформатора).

При замыкании фазы на корпус (рис. 8.5) по цепи, образовавшейся через землю, будет проходить ток:

$$I_3 = \frac{U_\phi}{R_o + R_3}, \quad (8.6)$$

на корпусе относительно земли возникает напряжение

$$U_k = I_3 R_3 = \frac{U_\phi R_3}{R_o + R_3}, \quad (8.7)$$

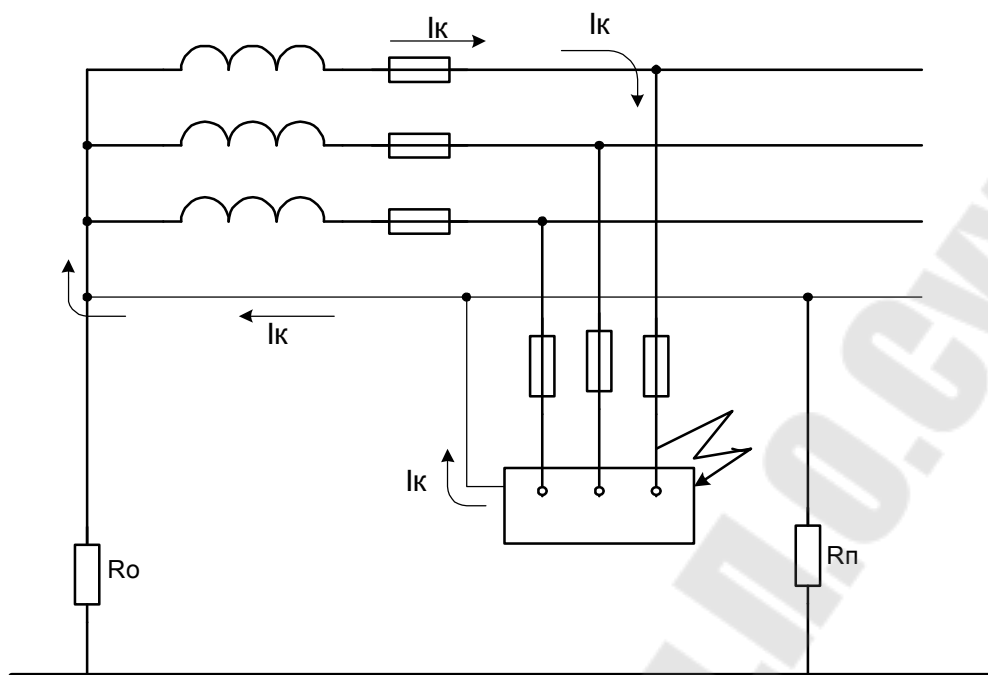


Рис. 8.5. Принципиальная схема зануления

Назначение заземления нейтрали – снижение до безопасного значения напряжения относительно земли нулевого защитного провода.

Назначение повторного заземления нулевого защитного провода – уменьшение опасности поражения людей электрическим током, возникающей при обрыве нулевого защитного провода и замыкания фазы на корпус за местом обрыва. (Повторное заземление нулевого провода сети устраивается на ВЛ напряжением 0,4 кВ). При кабельном вводе ПУЭ не требует повторного заземления нулевого провода.

Если нулевой защитный проводник будет иметь повторное заземление, то при его обрыве сохранится цепь тока I_3 через землю (рис. 8.6) , благодаря чему напряжение зануленных корпусов относительно земли, находящихся за местом обрыва, снизится до значения:

$$U = I_3 R_{\Pi} = \frac{U_{\phi} R_{\Pi}}{R_o + R_{\Pi}}. \quad (8.8)$$

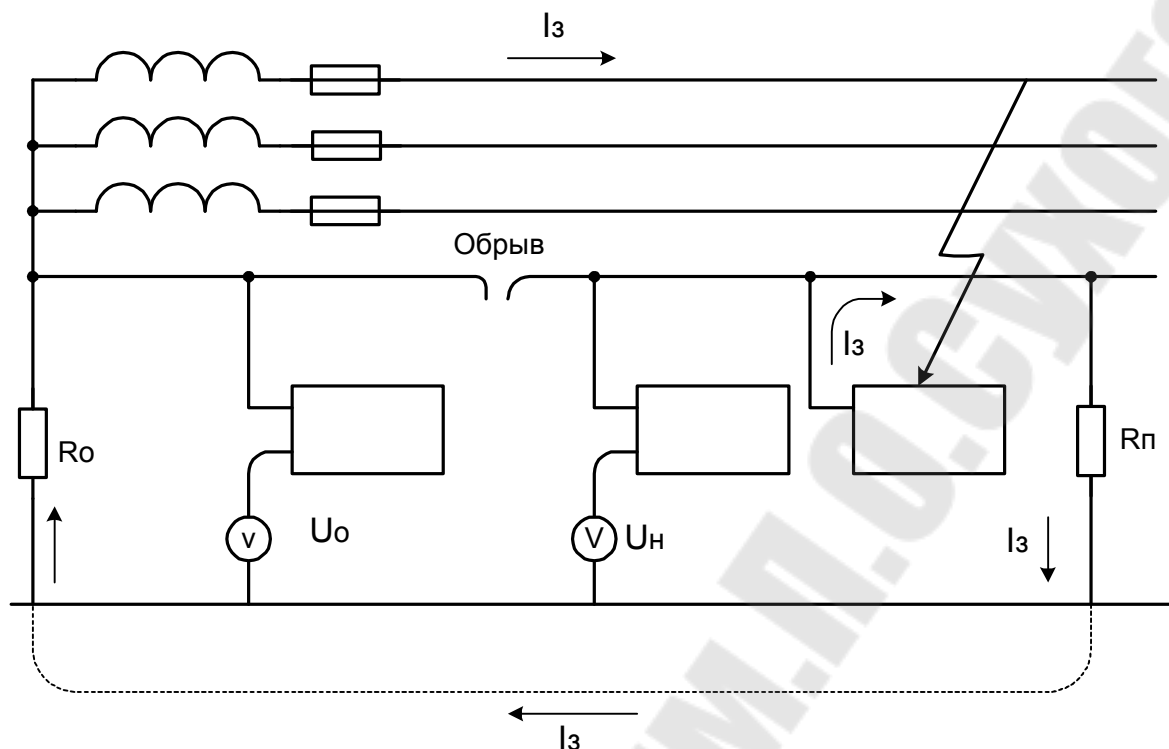


Рис. 8.6. Замыкание фазы на корпус при обрыве нулевого защитного проводника

Физические явления при растекании тока в землю

Стеkanie тока в землю происходит только через проводник, находящийся в непосредственном контакте с землей. Такой контакт может быть случайным или преднамеренным.

В последнем случае проводник или группа соединенных между собой проводников, находящихся в контакте с землей, называется заземлителем. Кроме того, одиночный проводник, находящийся в контакте с землей, называется также одиночным заземлителем, или заземляющим электродом, или просто электродом, а заземлитель, состоящий из нескольких параллельно соединенных электродов, называется также групповым или сложным заземлителем.

Стеkanie тока в землю сопровождается возникновением на заземлителе, в земле вокруг заземлителя и на поверхности земли некоторых потенциалов.

В объеме земли, где проходит ток, возникает так называемое *поле растекания тока*. Теоретически оно простирается до бесконечности. Однако в действительных условиях уже на расстоянии 20 м от заземлителя сечение слоя земли, через который проходит ток, оказывается столь большим, что плотность тока здесь практически равна нулю. Следовательно, при шаровом заземлителе малого радиуса, поле растекания можно считать ограниченным объемом сферы радиусом примерно 20 м.

При малых расстояниях между электродами группового заземлителя (менее 40 м) поля растекания токов как бы накладываются одно на другое,

а потенциальные кривые электродов взаимно пересекаются и, складываясь, образуют непрерывную суммарную потенциальную кривую группового заземлителя.

В результате поверхность земли на участках между электродами приобретает некоторый потенциал. При этом форма суммарной потенциальной кривой зависит от расстояния между электродами, их взаимного расположения, числа, формы и размеров.

Напряжение шага

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

Напряжение шага при одиночном заземлителе. Напряжение шага зависит от формы потенциальной кривой, т. е. от типа заземлителя, и изменяется от некоторого максимального значения до нуля с изменением расстояния от заземлителя (рис. 8.7).

Максимальные значения $U_{ш}$ будет при наименьшем расстоянии от заземлителя, когда человек одной ногой стоит непосредственно на заземлителе, а другой на расстоянии шага от него. Объясняется это тем, что потенциал вокруг заземлителей распределяется по вогнутым кривым и, следовательно, наибольший перепад оказывается, как правило, в начале кривой.

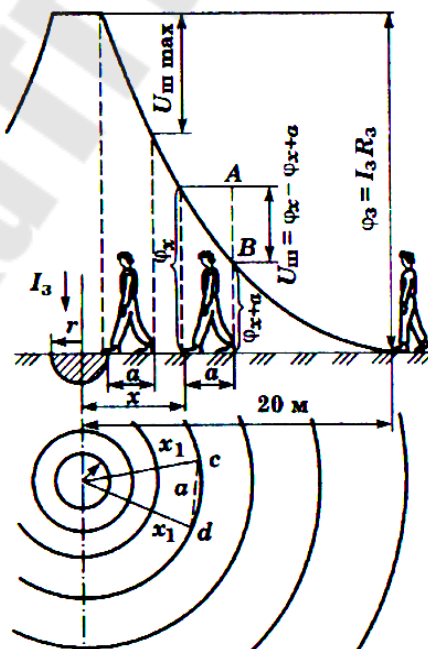


Рис. 8.7. Шаговое напряжение при одиночном заземлителе

Наименьшие значения $U_{ш}$ будет при бесконечно большом удалении от заземлителя, а практически за пределами поля растекания тока, т. е. даль-

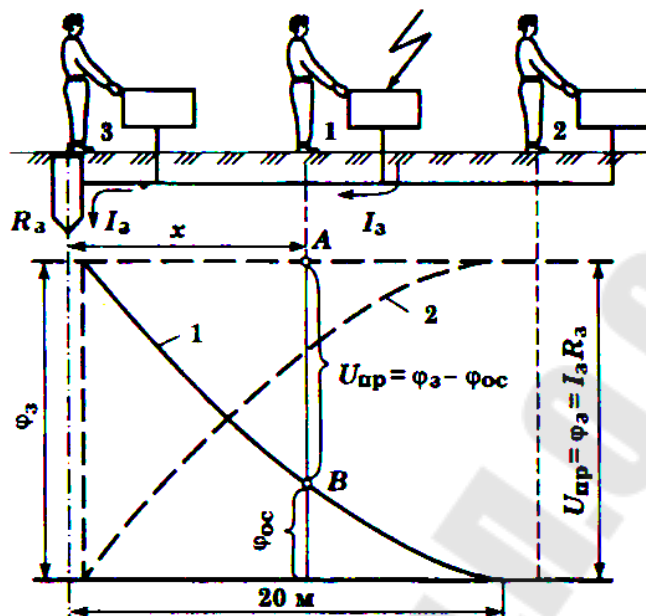


Рис. 8.9. Напряжение прикосновения при одиночном заземлителе:
 1 — потенциальная кривая; 2 — кривая, характеризующая изменение $U_{\text{пр}}$
 при изменении x

При замыкании на корпус одного из этих двигателей на заземлителе и на всех присоединенных к нему металлических частях, в том числе на корпусах двигателей, появится потенциал $U_{\text{пр}}$. Поверхность земли вокруг заземлителя также будет иметь потенциал, изменяющийся по кривой, зависящей от формы и размеров заземлителя (электрода).

Напряжение прикосновения для человека, касающегося заземленного корпуса двигателя и стоящего на земле (см. случай 1 на рис. 8.9), характеризуется отрезком AB и зависит от формы потенциальной кривой и расстояния (x) между человеком и заземлителем: чем дальше от заземлителя находится человек, тем больше $U_{\text{пр}}$ и наоборот.

Так, при наибольшем расстоянии, т. е. при $x = \infty$, а практически при $x = 20$ м (случай 2 на рис. 8.9) напряжение прикосновения имеет наибольшее значение: $U_{\text{пр}} = \varphi_3$. Это наиболее опасный случай прикосновения.

При наименьших значениях, т. е. когда человек стоит непосредственно на заземлителе (случай 3 на рис. 8.9), $U_{\text{пр}} = 0$.

Это безопасный случай — человек не подвергается воздействию напряжения, хотя он и находится под потенциалом заземлителя φ_3 .

При других значениях в пределах от 0 до 20 м (случай 1) $U_{\text{пр}}$ плавно возрастает от 0 до φ_3 .

Напряжение прикосновения при групповом заземлителе. Известно, что если поля растекания токов электродов группового заземлителя

накладываются одно на другое, то все точки поверхности земли на участке между электродами имеют потенциалы, отличные от нуля. Поэтому в любом месте этого участка $U_{пр} < \varphi_3$.

Как и в случае одиночного заземлителя, $U_{пр} = 0$ тогда, когда человек, касаясь заземленного предмета, стоит непосредственно на электроде, входящем в состав группового заземлителя. Наибольшие значения $U_{пр}$ будет иметь на определенном расстоянии от электродов, зависящем от их формы и взаимного расположения (рис. 8.10).

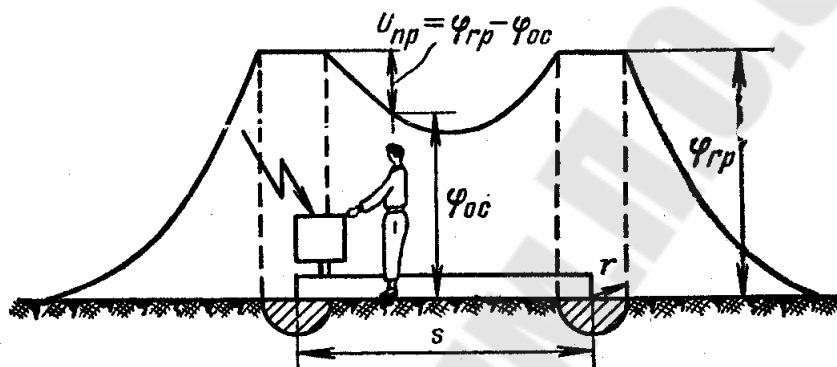


Рис. 8.10. Напряжение прикосновения при групповом заземлителе

Электрозщитные средства

Персонал, выполняющий наладку электрооборудования, должен быть снабжен всеми необходимыми электрозщитными 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;
- средства индивидуальной защиты.

Электрозщитные 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 изготавливают 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.

Электрозщитные 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.

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. 8.1).

Первая помощь пострадавшему от электрического ток

Освобождение пострадавшего от действия электрического тока

При поражении электрическим током необходимо как можно скорее освободить от действия тока, так как от продолжительности действия электрического тока зависит тяжесть электротравмы. Прикосновение к токоведущим частям, находящимся под напряжением вызывает в большинстве случаев судорожное сокращение мышц и общее возбуждение которое может привести к нарушению и даже полному прекращению деятельности органов дыхания и кровообращения. Если пострадавший держит провод руками, его пальцы так сильно сжимается, что освободиться очень затруднительно, поэтому первым действием оказывающим первую помощь должно быть немедленное отключение от той части электроустановки, которой касается пострадавший. Отключение производится с помощью выключателей, рубильников, и других коммутационных аппаратов, а также путем снятия или вывертывания предохранителя, разъема штепсельного соединения. А если пострадавший находится на высоте, то отключение установки, а тем самым освобождение от тока может вызвать его падение – в этом случае необходимо принять меры предупреждающие падение пострадавшего или обеспечивающего его безопасность.



Рис. 8.11. Освобождение пострадавшего от действия электрического тока в электроустановках да 1000 В

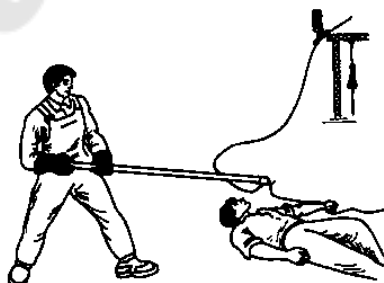


Рис. 8.12. Освобождение пострадавшего от действия электрического тока в электроустановках свыше 1000 В

Первая помощь пострадавшему от электрического тока

После освобождения пострадавшего от электрического тока необходимо оценить его состояние.

Признаки, по которым можно быстро определить состояние пострадавшего, следующие:

а) сознание: ясное, отсутствует, нарушено (пострадавший заторможен), возбужден;

б) цвет кожных покровов и видимых слизистых (губ, глаз): розовые, синюшные, бледные;

в) дыхание: нормальное, отсутствует, нарушено (неправильное, поверхностное, хрипящее);

г) пульс на сонных артериях: хорошо определяется (ритм правильный или неправильный), плохо определяется, отсутствует;

д) зрачки: узкие, широкие.

При определенных навыках, владея собой, оказывающий помощь в течении 1 минуты способен оценить состояние пострадавшего и решить, в каком объеме и порядке следует оказывать ему помощь.

Цвет кожных покровов и наличие дыхания (по подъему и опусканию грудной клетки) оценивают визуально. Нельзя тратить драгоценное время на прикладывание ко рту и носу зеркала, блестящих металлических предметов. Об утрате сознания также, как правило, судят визуально, и чтобы окончательно убедиться в его состоянии, можно обратиться к пострадавшему с вопросом о самочувствии.

Пульс на сонной артерии прощупывают подушечками второго, третьего и четвертого пальцев руки, располагая их вдоль шеи между кадыком (адамово яблоко) и кивательной мышцей и слегка прижимая к позвоночнику. Приемы определения пульса на сонной артерии очень легко отработать на себе или своих близких.

Ширину зрачков при закрытых глазах определяют следующим образом:

Подушечки указательных пальцев кладут на верхние веки обоих глаз и, слегка придавливая их к глазному яблоку, поднимают вверх. При этом глазная щель открывается и на белом фоне видна округлая радужка, а в центре ее округлой формы черные зрачки, состояние которых (узкие или широкие) оценивают по тому, какую площадь радужки они занимают.

Как правило, степень нарушения сознания, цвет кожных покровов и состояние дыхания можно оценить одновременно с прощупыванием пульса, что отнимает не более 1 мин. Осмотр зрачков удастся провести за несколько секунд.

Если у пострадавшего отсутствует сознание, дыхание, пульс, кожный покров синюшный, а зрачки широкие (0,5 см в диаметре), можно считать,

что он находится в состоянии клинической смерти. Следует немедленно приступить к оживлению организма с помощью искусственного дыхания по способу «изо рта в рот» или «изо рта в нос» и наружного массажа сердца. Не следует раздевать пострадавшего, теряя драгоценные секунды.

Если пострадавший дышит очень редко и судорожно, но у него прощупывается пульс, необходимо сразу же начать делать искусственное дыхание. Не обязательно, чтобы при проведении искусственного дыхания пострадавший находился в горизонтальном положении.

Приступив к оживлению, нужно позаботиться о вызове врача или скорой медицинской помощи. Это должен сделать не оказывающий помощь, который не может прервать ее оказание, а кто-то другой.

Если пострадавший в сознании, но до этого был в обмороке или находился в бессознательном состоянии, но с сохранившимся устойчивым дыханием и пульсом, его следует уложить на подстилку, например из одежды; расстегнуть одежду, стесняющую дыхание; создать приток свежего воздуха; согреть тело, если холодно; обеспечить прохладу, если жарко; создать полный покой, непрерывно наблюдая за пульсом и дыханием; удалить лишних людей.

Если пострадавший находится в бессознательном состоянии, необходимо наблюдать за его дыханием и в случае нарушения дыхания из-за западания языка выдвинуть нижнюю 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.

Ни в коем случае нельзя позволять пострадавшему двигаться, а тем более продолжать работу, так как отсутствие видимых тяжелых повреждений от электрического тока или других причин (падения и т.п.) еще не исключает возможности последующего ухудшения его состояния. Только врач может решить вопрос о состоянии здоровья пострадавшего.

При поражении молнией оказывается та же помощь, что и при поражении электрическим током.

Способы оживления организма при клинической смерти

Искусственное дыхание

Искусственное дыхание проводится в тех случаях, когда пострадавший не дышит или дышит очень плохо (редко судорожно, как бы со всхлипыванием), а так же, если его дыхание постоянно ухудшается независимо от того, чем это вызвано: поражением электрическим током, утоплением и т.д.

Наиболее эффективным способом искусственного дыхания является способ «изо рта в рот», или «изо рта в нос» т.к. при этом происходит достаточное поступление воздуха пострадавшему.

Способы «изо рта в рот» или «изо рта в нос» относятся к способам искусственного дыхания по методу вдувания, при котором выдыхаемый оказывающим помощь воздух, насильно подается в дыхательные пути пострадавшего. Установлено, что выдыхаемый человеком воздух физиологически пригоден для дыхания пострадавшего в течении длительного времени. Вдувание воздуха можно проводить через марлю, платок, специальное приспособление «воздуховод».



Рис. 8.13. Положение головы пострадавшего при проведении искусственного дыхания

Этот способ дыхания позволяет контролировать поступление воздуха в легкие пострадавшего по расширению грудной клетки после вдувания. Для проведения искусственного дыхания пострадавшего следует уложить на спину, расстегнуть стесняющую одежду.



Рис. 8.14. Выполнение искусственного дыхания

Прежде чем начать искусственное дыхание – необходимо в первую очередь обеспечить проходимость верхних дыхательных путей, которые в

положении на спине в бессознательном состоянии всегда закрыты запавшим языком. Кроме того, в полости рта может находиться инородное тело (рвотные массы, соскользнувшие протезы песок, ил, трава) которые необходимо удалить пальцем, обернутым платком.

После этого оказывающий помощь располагается сбоку от головы, одну руку подсовывается под шею пострадавшего, а ладонью другой руки надавливает на его лоб, максимально запрокидывая лоб назад. При этом корень языка поднимается и освобождается вход в гортань, а рот пострадавшего открывается. Оказывающий помощь наклоняется к лицу пострадавшей, делает глубокий вдох открытым ртом, полностью охватывает губами открытый рот пострадавшей и делает энергичный выдох с некоторым усилием выдувая воздух в ее рот.

Одновременно он закрывает нос пострадавшей щекой или пальцами руки при этом обязательно надо наблюдать за грудной клеткой пострадавшей. Как только грудная клетка поднялась – нагнетание воздуха останавливают.

Происходит пассивный выдох у пострадавшего. Интервал между искусственными вдохами должен составлять 5 секунд (12 дыхательных циклов в минуту). Кроме расширения грудной клетки хорошим показателем эффективности искусственного дыхания может служить порозовение кожных покровов, а так же выход больного из бессознательного состояния и появление у него самостоятельного дыхания.

При проведении искусственного дыхания оказывающий искусственное дыхание должен следить за тем, чтобы воздух не попадал в желудок пострадавшего. При попадании воздуха в желудок, о чем свидетельствует вздутие живота, необходимо осторожно надавливать ладонью на живот между грудиной и пупком.

Прекращают искусственное дыхание после восстановления у пострадавшего достаточно глубокого и ритмичного самостоятельного дыхания. В случае отсутствия не только дыхания, но и пульса на сонной артерии делают подряд 2 искусственных вдоха и приступают к наружному массажу сердца.

Наружный массаж сердца

При поражении электрическим током может наступить не только остановка дыхания, но и прекратиться кровообращение.

Сила тока, проходящая через тело человека выше 100 мА вызывает, остановку сердца, а следовательно, и остановку кровообращения. В этом случае – одного искусственного дыхания при оказании помощи – недостаточно, т. к. кислород из легких не может переноситься кровью к другим органам и тканям. Необходимо восстановить кровообращение искус-

венным путем. Сердце у человека расположено в грудной клетке между грудиной и позвоночником. Грудина – подвижная плоская кость. В положении человека на спине (на твердой поверхности) позвоночник является жестким неподвижным основанием и если надавливать на грудину, то сердце будет сжиматься между грудиной и позвоночником и из полости сердца кровь, будет выжиматься в кровеносные сосуды.

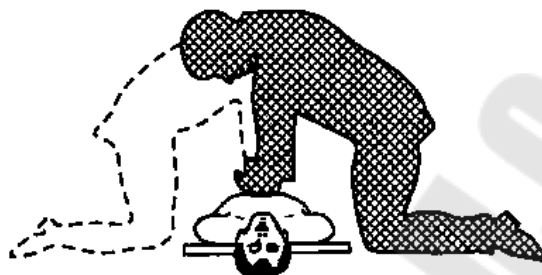


Рис. 8.15. Положение оказывающего помощь при проведении наружного масса сердца

Если надавливать на грудину толчкообразными движениями, то кровь будет выталкиваться из полости сердца почти так же, как это происходит при его естественном сокращении.

Этот метод называется наружным, не прямым, закрытым массажем сердца,

при сочетании искусственного дыхания при котором искусственно восстанавливается кровообращение. Таким образом, с наружным массажем сердца имитируются функции дыхания и кровообращения

Комплекс этих мероприятий называется реанимация, т.е. оживление.

Показание к проведению реанимационных мероприятий является остановка сердечной деятельности, для которой характерна сочетание следующих признаков:

появление бледности или синюшности кожных покровов;

отсутствие пульса на сонных артериях;

прекращение дыхания или судорожные не правильные вдохи.

При остановке сердца не теряя не секунды пострадавшего надо положить на ровное жёсткое основание, доску и т.п. Если помощь оказывает один человек он располагается рядом с потерпевшим и наклонившись делает два быстрых энергичных дыхания по способу изо рта в рот или в нос, затем поднимается оставаясь на той же стороне от пострадавшего, ладонь одной руки кладёт на нижнюю половину грудины, отступив на два пальца ниже её края. Ладонь второй руки он кладет поперек и надавливает, помогая наклоном своего туловища. Руки при надавливании должны быть выпрямлены в локтевых суставах.

Надавливание следует производить быстрыми толчками, так что бы смещать грудину на 4-5 см. продолжительность надавливания не более 0.5 с. Интервал между отдельными надавливаниями тоже 0.5 с. На каждые два вдувания производят 15 надавливаний на грудину, т.е. за одну минуту необходимо сделать 60 надавливаний и 12 вдуваний, т.е. выполнить 72 манипуляции. Поэтому темп реанимационных операций должен быть высоким.

Опыт показывает, что наибольшее количество времени затрачивается при выполнении искусственного дыхания. Не стоит затягивать вдувания, как только грудная клетка расширилась – сразу прекратить вдувание. Когда вдвоём тогда 1 к 5.

ЛИТЕРАТУРА

1. ТКП 339 Технический кодекс установившейся практики / Министерство Республики Беларусь. – Минск, 2011. – 592 с.
2. Правила устройства электроустановок / Министерство топлива и энергетики РФ. – 6-е изд. доп. и перераб. – М.: Главгосэнергоиздат России, 1998. – 608 с.
3. ТКП 427 Технический кодекс установившейся практики. Министерство энергетики Республики Беларусь. - Минск, 2012. – 82 с.
4. Правила устройства электроустановок / Министерство топлива и энергетики РФ. – 7-е изд. доп. и перераб. – М. : Главгосэнергоиздат России, 2002. – 608 с.
5. ТКП 181 Технический кодекс установившейся практики. Министерство энергетики Республики Беларусь. – Минск, 2009. – 323 с.
6. Мусаэлян Э.С. Наладка и испытание электрооборудования электростанций и подстанций. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 503 с.
7. Наладка электроустановок : учеб. пособие для ПТУ / В. В.Солдаткин, Ю. В. Дурницын ; под ред. А. Н. Трафимова. – М. : Высш. шк., 1990. – 93 с.

Елкин Валерий Дмитриевич

**НАЛАДКА И ИСПЫТАНИЕ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Пособие

**для слушателей специальности переподготовки
1-43 01 78 «Диагностика и техническое обслуживание
энергооборудования организаций»
заочной формы обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 26.09.23.

Пер. № 148Е.

<http://www.gstu.by>