

А. П. Алексеев
С. В. Хавроничев

МОНТАЖ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Лабораторный практикум



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАМЫШИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)
ВОЛГОГРАДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

А. П. Алексеев
С. В. Хавроничев

МОНТАЖ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Лабораторный практикум

РПК «Политехник»
Волгоград
2006

УДК 621. 31. 002. 72 (076.5)

А 47

Рецензенты: Г. П. Ерошенко, Г. Г. Угаров

Алексеев А. П., Хавроничев С. В. МОНТАЖ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК: Лабораторный практикум / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. – 116 с.

ISBN 5-230-04721-6

Содержит организационно-методические указания по выполнению лабораторных работ и правила техники безопасности.

В каждой лабораторной работе даны краткие теоретические сведения и порядок выполнения работы. Изложение иллюстрируется рисунками и таблицами.

Предназначен для студентов ВПО очной, сокращённой очной и очно-заочной форм обучения (направление «Электроэнергетика»), а также для студентов СПО (специальность 1004 (140212) «Электроснабжение (по отраслям)»).

Ил. 40. Табл. 30. Библ.: 11 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Волгоградского государственного технического университета

ISBN 5-230-04721-6

© Волгоградский
государственный
технический
университет, 2006

Александр Павлович Алексеев
Сергей Викторович Хавроничев

МОНТАЖ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Лабораторный практикум

Под редакцией авторов
Темплан 2006 г., поз. № 14.
Лицензия ИД № 04790 от 18 мая 2001 г.
Подписано в печать 16. 05. 2006 г. Формат 60×84 ¹/₁₆.
Бумага листовая. Гарнитура "Times".
Усл. печ. л. 7,25. Усл. авт. л. 7,06.
Тираж 100 экз. Заказ

Волгоградский государственный технический университет
400131 Волгоград, просп. им. В. И. Ленина, 28.
РПК «Политехник»
Волгоградского государственного технического университета
400131 Волгоград, ул. Советская, 35.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Электротехническая промышленность играет важную роль в решении задач электрификации, технического перевооружения всех отраслей народного хозяйства, механизации, автоматизации и интенсификации производственных процессов.

Объем производства электроэнергии в России к 2005 году превысит 1 трлн кВт/ч. Установленная электрическая мощность отдельных предприятий достигнет 3 млн кВт, а количество электрических машин на них 100 тыс. шт. Годовое потребление электроэнергии уже сегодня превышает 5 млрд кВт/ч. За каждые 10 лет производство и потребление электроэнергии в мире увеличивается примерно в два раза. Рост производительности труда, развитие энергоемких электротехнологических процессов, реализация мероприятий по охране окружающей среды, внедрение прогрессивных технологий приведут в период 2005-2015 гг. к дальнейшему повышению электровооруженности предприятий.

Важную роль в обеспечении надежной работы и увеличении эффективности использования электрического и электромеханического оборудования предприятий играет его правильная эксплуатация, составными частями которой являются, в частности, хранение, монтаж, техническое обслуживание и ремонты.

Учебное пособие составлено с учетом требований ПУЭ (7-издание) и Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей (рег. № 4145 от 22.01.03).

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Лабораторные работы могут быть проведены качественно и активно только при условии хорошей предварительной подготовки каждого студента к очередной работе. Эта подготовка включает изучение теоретического материала, относящегося к данной лабораторной работе, ее программы, описание аппаратуры, применяемой в работе, правил обслуживания аппаратуры и правил техники безопасности. Каждый студент должен иметь рабочую тетрадь, в которой при подготовке записываются следующие данные: электрическая схема работы, перечень необходимых измерительных приборов и аппаратуры, таблицы для записи опытных и расчетных данных.

В начале занятия руководитель путем ознакомления с рабочей тетрадью и опроса по существу и характеру работы проверяет подготовленность каждого студента. Неподготовленные студенты к работе не допускаются.

Для проведения работ студенты разбиваются на группы по три-четыре человека в каждой. Выполнение работы необходимо начинать с ознакомления с измерительными приборами, аппаратами и электрическими схемами. Номинальные данные приборов, приведенные в паспортах, записываются в рабочую тетрадь. Сборка схемы должна производиться так, чтобы соединительные проводники имели минимальное количество взаимных пересечений и свободно располагались на рабочем месте. Проводники, находящиеся под высоким напряжением, должны быть надежно закреплены и удалены на достаточное расстояние друг от друга, а также от заземленных частей.

Особое внимание при сборке схемы надлежит обратить на достаточную плотность контактов в цепях как низкого, так и высокого напряжений. Все измерительные приборы перед включением схемы должны быть установлены на максимальные пределы измерения. Следует проверить, чтобы стрелки приборов были установлены на нулевое значение шкалы и приборы отрегулированы по уровню. Движки лабораторных автотрансформаторов (ЛАТР) необходимо установить на нулевое положение.

По окончании сборки схема должна быть проверена студентами и только после этого она предъявляется руководителю работ для проверки. Включение схемы под напряжение разрешается только с ведома руководителя работ.

Каждый студент обязан во время лабораторной работы вести запись наблюдений в рабочей тетради. После окончания очередного опыта необходимо проанализировать полученные результаты, выполнить кон-

трольные расчеты и на основании этого убедиться в правильности проведения опыта.

Разборка схемы разрешается с ведома руководителя работ на основании анализа полученных результатов опыта. По выполненной работе к следующему занятию представляется отчет, который оформляется самостоятельно на специальном бланке. В некоторых работах по указанию руководителя отчет может быть заменен составлением протокола испытаний или измерений.

В отчете должны содержаться следующие основные данные:

1. Перечень приборов, аппаратов и машин, применяемых в данной работе, с указанием наименования, системы или типа, заводского номера и номинальных данных (по табличке или паспорту).

2. Схема работы и схема аппаратуры - принципиальная или принципиально-монтажная.

3. Таблицы опытных и расчетных данных и основные расчетные формулы, а также данные о температуре и давлении воздуха, его влажности и др.

4. Графические материалы в виде графиков и эскизов, снятых в процессе эксперимента (опыта).

5. Выводы и заключения по работе.

Отчет должен быть аккуратно оформлен, написан чернилами, все схемы, графики и диаграммы необходимо выполнять в карандаше с соблюдением требований ГОСТ в отношении условных графических и буквенных обозначений с применением линейки, циркуля и лекала.

Графики строятся на миллиметровой бумаге путем нанесения масштабной сетки, обозначения и указания размерности величин, отложенных по осям. Размеры графиков часто выбираются в пределах 10x10 см. В начале оси абсцисс и ординат, как правило, должны быть нулевые значения откладываемых величин. Переменная величина обычно откладывается по оси абсцисс. Все графики зависимостей от одной и той же переменной величины строятся в одной системе координат. Для различных кривых возможно применение различных масштабов.

Масштаб построения кривых выбирается так, чтобы число единиц измерения в единице длины, отложенной по оси, выражалось целыми числами. Для большей наглядности рекомендуется различные кривые оформлять различными цветами. Каждый отчет должен быть подписан исполнителем.

Отчет по лабораторной работе представляется руководителю на очередном занятии в лаборатории и считается принятым и зачтенным лишь в том случае, если результаты опытных данных правильны, если студент может теоретически обосновать данные опыта, обнаруживает знание принципов действия и конструкций измерительных приборов и аппара-

туры, правил их обслуживания и техники безопасности. Студент, не представивший отчета, к очередной лабораторной работе не допускается.

ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Соблюдение настоящих правил при наличии высокого напряжения на приборах и аппаратах, применяющихся при выполнении лабораторных работ, имеет особо важное значение, так как нарушение их может привести к серьезным случаям электротравматизма, вплоть до смертельных.

Для предотвращения случаев травматизма *перед началом выполнения лабораторной работы необходимо:*

1. Изучить и в дальнейшем выполнять настоящие правила.
2. Изучить особые правила по безопасному обслуживанию аппаратов и приборов, изложенные в их описаниях.
3. Убедиться в наличии и исправности заземляющего провода у аппаратов и приборов, на которые будет поступать высокое напряжение, а также блокировочных устройств и сигнальных ламп.
4. Проверить наличие на каждом рабочем месте исправных и испытанных защитных средств: перчаток, ковриков и др.

При монтаже схемы:

1. Приборы и аппараты, на которые будет поступать высокое напряжение, а также соединительные провода следует размещать так, чтобы не могли получаться пробой воздушного промежутка или замыкание на землю.
2. Приборы и аппараты необходимо надежно соединить имеющимися концами проводов, чтобы исключить обрывы в цепи во время работы.
3. Без разрешения руководителя нельзя включать под напряжение собранную схему.

При выполнении лабораторной работы:

1. Получив разрешение руководителя на включение схемы под напряжение, включающий должен предупредить работающих с ним, громко произнося слово «Включаю», после чего включить схему под напряжение. Остальные студенты при этом должны находиться на своих местах, не перемещаться по лаборатории и держать под наблюдением аппараты и приборы, а также соединительные провода схемы.
2. После подачи напряжения на аппараты и приборы нельзя касаться каких-либо проводов, из которых собрана схема, даже если эти провода имеют изоляцию, а также металлических корпусов оборудования и защитных ограждений.

3. Напряжение на испытуемый объект или схему необходимо подавать с нуля и плавно повышать его со скоростью 1-2 кВ/с. В отдельных случаях руководитель имеет право разрешить подавать на схему или объект испытания напряжение значительной величины. Отключение схемы от напряжения производится после того, как напряжение будет снижено до нуля. Во избежание возникновения опасных перенапряжений включать или отключать схему при большой величине напряжения запрещается.

4. Вход за ограждения средней части установок, находящихся под высоким напряжением, изменение или переключение в схеме, переход на новые пределы измерения приборов следует производить только после отключения схемы от напряжения способом, указанным в п.3 и снятия остаточного заряда с испытуемого объекта.

Для снятия остаточного заряда с испытуемого объекта необходимо проверить присоединение заземляющей штанги к заземляющему контуру лаборатории, прикоснуться концом штанги к испытуемому объекту, прибору или аппарату. Накладывающий заземление должен быть одет в защитные средства по указанию руководителя.

5. При обнаружении неисправностей или каких-либо отклонений в режиме работы приборов, аппаратов, схемы или исчезновения напряжения в питающей сети необходимо отключить их, как указано в п.3, и доложить об этом руководителю.

6. Категорически запрещается студентам производить какие-либо включения или переключения на общих распределительных щитах лаборатории, замену предохранителей или проверку наличия напряжения.

7. За нарушение безопасности при выполнении лабораторных работ студенты несут ответственность в соответствии с общими требованиями техники безопасности.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Цель работы:

1. Закрепить теоретические знания об устройстве защитного заземления электроустановок,
2. Получить практические навыки по измерению сопротивления заземляющих устройств.

1. Краткие сведения из теории

Для защиты людей от поражения электрическим током в нормальном режиме работы электроустановок должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты от прямого прикосновения:

- основная изоляция токоведущих частей;
- ограждения и оболочки;
- установка барьеров;
- размещение вне зоны досягаемости;
- применение сверхнизкого (малого) напряжения.

Для дополнительной защиты от прямого прикосновения в электроустановках до 1 кВ следует применять устройства защитного отключения (УЗО) с номинальным отключающим дифференциальным током не более 30 мА.

В случае повреждения изоляции должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты при косвенном прикосновении:

- защитное заземление;
- автоматическое отключение питания;
- уравнивание потенциалов;
- двойная или усиленная изоляция;
- сверхнизкое (малое) напряжение;
- защитное электрическое разделение цепей;
- изолирующие (непроводящие) помещения, зоны, площадки.

Требования защиты при косвенном прикосновении распространяются на:

- 1) корпуса электрических машин, трансформаторов, аппаратов, светильников и т. п.;
- 2) приводы электрических аппаратов;
- 3) каркасы распределительных щитов, щитов управления, щитков и шкафов, а также съемных или открывающихся частей, если на последних

установлено электрооборудование напряжением выше 50 В переменного или 120 В постоянного тока;

4) металлические конструкции распределительных устройств, кабельные конструкции, кабельные муфты, оболочки и броню контрольных и силовых кабелей, оболочки проводов, рукава и трубы электропроводки, оболочки и опорные конструкции шинопроводов (токопроводов), лотки, короба, струны, тросы и полосы, на которых укреплены кабели и провода (кроме струн, тросов и полос, по которым проложены кабели с зануленной или заземленной металлической оболочкой или броней), а также другие металлические конструкции, на которых устанавливается электрооборудование;

5) металлические оболочки и броню контрольных и силовых кабелей и проводов на напряжения, не превышающие 50 В переменного или 120 В постоянного тока, проложенные на общих металлических конструкциях, в том числе в общих трубах, коробах, лотках и т. п., с кабелями и проводами на более высокие напряжения;

6) металлические корпуса передвижных и переносных электроприемников;

7) электрооборудование, установленное на движущихся частях станков, машин и механизмов.

Заземлением называется преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки сети, электроустановки или оборудования с заземляющим устройством.

Защитным заземлением называется заземление, выполняемое в целях электробезопасности.

Заземляющее устройство представляет собой совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

Заземлителем называется проводящая часть или совокупность соединенных между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду. Заземлители бывают искусственные и естественные.

Искусственный заземлитель - заземлитель, специально выполняемый для целей заземления.

Естественный заземлитель - сторонняя проводящая часть, находящаяся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду, используемая для целей заземления.

Заземляющим проводником называется проводник, соединяющий заземляемую часть (точку) с заземлителем.

Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей определены наибольшие допустимые значения сопротивлений заземляющих устройств в период эксплуатации в зависимости от напряжения электроустановки и режима работы ее нейтрали (таблица 1.1).

Таблица 1.1. Наибольшие допустимые значения сопротивлений заземляющих устройств электроустановок и опор воздушных линий электропередач

Характеристика электроустановки	Удельное сопротивление грунта ρ , Ом·м	Сопротивление, Ом
Электроустановки напряжением 110 кВ и выше сетей с эффективным заземлением нейтрали	до 500 более 500	0,5 $0,002 \div 0,5\rho$
Электроустановки напряжением 3÷35 кВ сетей с изолированной нейтралью	до 500 более 500	$250/I_p^*$, но не более 10 Ом $0,002\rho \cdot 250/I_p^*$
Электроустановки напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью напряжением, В 660/380 380/220 220/127	до 100 (> 100) до 100 (> 100) до 100 (> 100)	15** (15·0,01ρ) 30** (30·0,01ρ) 60** (60·0,01ρ)
Электроустановки напряжением до 1 кВ с изолированной нейтралью при мощности источника питания более 100 кВА при мощности источника питания более 100 кВА	до 500 более 500	$50/I_p^*$, но не более 4 Ом $50/I_p^*$, но не более 10 Ом
Воздушные линии электропередачи напряжением до 1 кВ***		
опоры ВЛ с устройством грозозащиты	-	30
опоры с повторными заземлителями нулевого провода при напряжении источника питания: 660/380 380/220 220/127	- - -	15 30 60

Окончание табл. 1.1.

Характеристика электроустановки	Удельное сопротивление грунта ρ , Ом·м	Сопротивление, Ом
Воздушные линии электропередачи напряжением выше 1 кВ		
опоры, имеющие грозозащитный трос или другое устройство грозозащиты, металлические и железобетонные опоры ВЛ 35 кВ и такие же опоры ВЛ 3÷20 кВ в населенной местности, заземлители оборудования на опорах 110 кВ и выше	до 100 > 100 до 500 > 500 до 1000 > 1000 до 5000 > 5000	10*** 15*** 20*** 30*** 0,006 ρ ***
электрооборудование, установленное на опорах ВЛ 3÷35 кВ	-	250/ I_p^* , но не более 10 Ом
металлические и железобетонные опоры ВЛ 3÷20 кВ в ненаселенной местности	до 100 более 100	30 0,3 ρ
трубчатые разрядники на подходах к подстанциям с вращающимися машинами, вентильные разрядники на кабельных вставках подходов к подстанциям с вращающимися машинами	-	5
вентильные разрядники и нелинейные ограничители перенапряжений на подходах линий к подстанциям с вращающимися машинами	-	3
опоры с тросом на подходах линий к подстанциям с вращающимися машинами	-	10

I_p^* - расчетный ток замыкания на землю, в качестве которого принимается:

в сетях без компенсации емкостного тока замыкания на землю – ток замыкания на землю;

в сетях с компенсацией емкостного тока замыкания на землю:

для электроустановок, к которым присоединены компенсирующие аппараты, - ток, равный 125% номинального тока наиболее мощного из этих аппаратов;

для электроустановок, к которым не присоединены компенсирующие аппараты, - ток замыкания на землю, проходящий в данной сети при отключении наиболее мощного из компенсирующих аппаратов.

** сопротивление заземляющего устройства с учетом повторных заземлений нулевого провода должно быть не более 2, 4, 8 Ом при линейных напряжениях соответственно 660, 380, 220 В источника трехфазного тока и напряжениях 380, 220 и 127 В источника однофазного тока.

*** для опор высотой более 40 м на участках ВЛ, защищенных тросом, сопротивление заземлителей должно быть в 2 раза меньше указанных в таблице.

В соответствии с действующими Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей измерение сопротивления заземляющих устройств должно производиться:

после реконструкции и ремонта заземляющих устройств;

при обнаружении разрушения или перекрытия изоляторов ВЛ электрической дугой;

у опор воздушных линий электропередачи после ремонтов, но не реже 1 раза в 6 лет для ВЛ напряжением до 1000 В и 12 лет для ВЛ выше 1000 В на опорах с разрядниками и другим электрооборудованием и выборочно у 2 % железобетонных и металлических опор в населенной местности.

Измерения должны выполняться в период наибольшего высыхания грунта (для районов вечной мерзлоты - в период наибольшего промерзания грунта).

Для измерения сопротивления заземлителей создается искусственная цепь тока через испытываемый заземлитель. Для этого на некотором расстоянии от испытываемого заземлителя располагается вспомогательный заземлитель, подключаемый вместе с испытываемым заземлителем к источнику питания. Для измерения падения напряжения в сопротивлении испытываемого заземлителя при прохождении через него тока в зоне нулевого потенциала располагается зонд.

В качестве вспомогательного заземлителя и зонда могут применяться стальные неокрашенные электроды диаметром 10-20 мм, длиной 0,8-1 м.

Электроды следует забивать в плотный естественный (не насыпной) грунт на глубину не менее 0,5 м.

Для измерения сопротивления заземляющих устройств должен применяться переменный ток, так как при постоянном токе в земле возникают ЭДС поляризации, искажающие результат измерения.

Измерение сопротивления заземляющих устройств производят:

- методом амперметра и вольтметра;
- с помощью специальных приборов (М 416, МС-08).

2. Измерение сопротивления заземляющих устройств методом амперметра и вольтметра

Измерения выполняют по схеме, приведенной на рис. 1.1. Питание схемы непосредственно от сети недопустимо из-за влияния проводимости изоляции сети на результат измерения. Для питания схемы могут быть использованы сварочные, нагрузочные и котельные трансформаторы.

Амперметр и вольтметр к испытываемому заземлителю следует подключать отдельными проводами, так как иначе при случайном отсоединении от заземлителя соединенных вместе проводов вольтметр окажется под полным напряжением и может быть поврежден.

Сущность метода заключается в измерении тока I_x , проходящего через испытываемый заземлитель, и напряжения U_x между заземлителем и зондом. Сопротивление испытываемого заземлителя $R_x = U_x/I_x$, Ом.

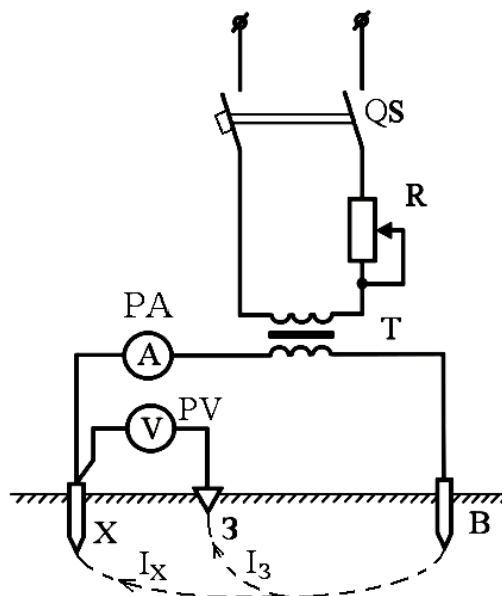


Рис. 1.1. Схема измерения сопротивления заземлителей с помощью амперметра и вольтметра

Перед измерением при отключенной схеме необходимо убедиться по вольтметру в отсутствии посторонних токов в земле. Если же есть значительные напряжения от посторонних токов в земле, то необходимо их устранить (например, отключить электросварку) либо, когда устранение невозможно, изменить место расположения зонда.

Влияние посторонних токов можно снизить увеличением тока в испытательной цепи. Измерения проводят только тогда, когда нет постороннего напряжения либо оно незначительно. При измерении малых сопротивлений достаточным является ток 20-25 А. Исходя из условий тех-

ники безопасности, желательно при измерении применять как можно меньшее напряжение.

3. Измерение сопротивления заземляющих устройств прибором МС-08

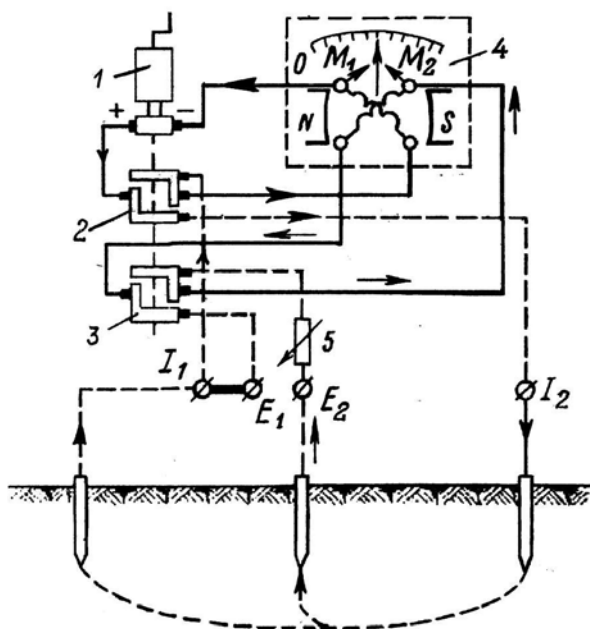


Рис. 1.2. Упрощенная схема измерителя заземления типа МС-08, где: 1 – генератор постоянного тока с ручным приводом; 2 – прерыватель тока; 3 – выпрямитель; 4 – логометр; 5 – регулируемое сопротивление.

В измерителе заземления МС-08 использован метод амперметра-вольтметра с применением вспомогательного заземлителя и потенциального электрода (зонда), удаленных на достаточное расстояние от испытуемого заземлителя (рис. 1.3.).

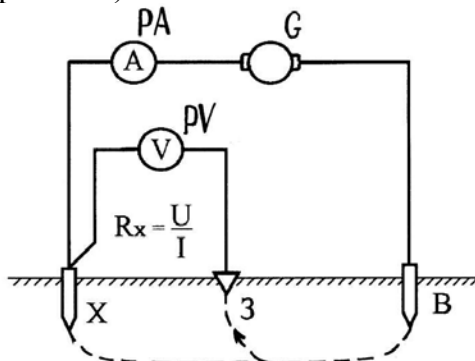


Рис. 1.3. Принципиальная схема измерения сопротивления растеканию тока заземления R_x по методу амперметра-вольтметра.

Источником тока служит генератор постоянного тока с ручным приводом через редуктор, встроенный в прибор. Конструктивно амперметр и вольтметр выполнены в виде магнитоэлектрического логометра.

Постоянный ток генератора, проходя через токовую обмотку логометра, преобразуется прерывателем в переменный и подается во внешнюю цепь через вспомогательный (В) и испытываемый (Х) заземлители.

На потенциальную обмотку логометра подается переменное напряжение, снимаемое с испытываемого заземлителя и зонда (3) и выпрямленное посредством выпрямителя. Показания логометра пропорциональны отношению токов в его обмотках и, следовательно, отношению напряжения, снимаемого с испытываемого заземлителя и зонда, к току, проходящему через испытываемый заземлитель. Таким образом, показания логометра пропорциональны сопротивлению испытываемого заземлителя, поэтому шкала логометра проградуирована в Омах.

Для измерения больших сопротивлений прибор включают по схеме, приведенной на рис. 1.43, малых сопротивлений по схеме на рис. 1.5.

Прибор имеет три предела измерения: $0 \div 1000$, $0 \div 100$, $0 \div 10$ Ом и соответственно рабочие шкалы $10 \dots 1000$, $1 \dots 100$ и $0,1 \dots 10$ Ом.

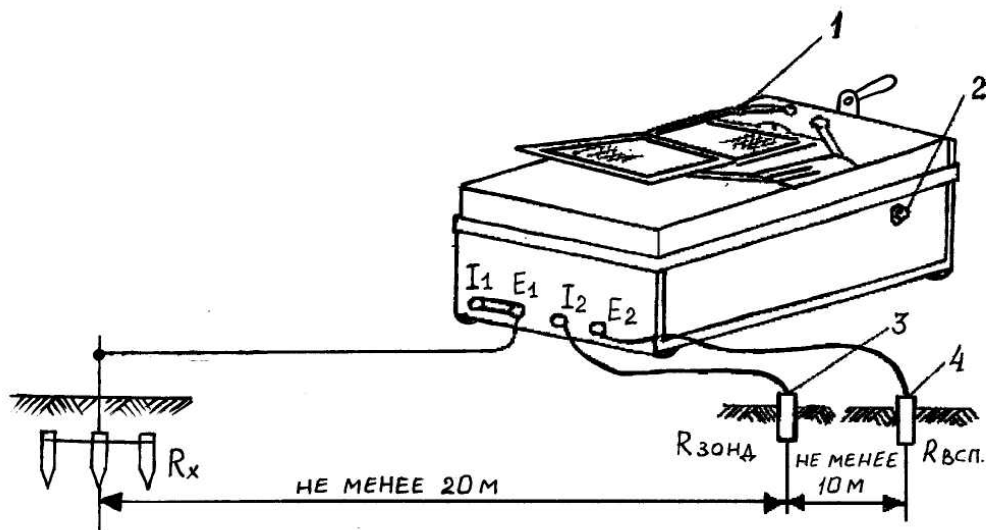


Рис. 1.4. Принципиальная схема включения измерителя заземления типа МС – 0,8 (трехпроводная схема, большие сопротивления):

- 1 - переключатель; 2 - реостат потенциальной цепи;
- 3 - потенциальный зонд; 4 - вспомогательный заземлитель;
- R_x – сопротивление испытываемого заземлителя.

Перед измерением после подключения к прибору испытуемого, вспомогательного и потенциального заземлителей, потенциальная цепь уравнивается по своему сопротивлению до величины, при которой про-

изводилась градуировка прибора (1000 Ом). Для этой цели служат реостат 2 потенциальной цепи и переключатель 1 (рис.1.3).

Для уравнивания величины сопротивления потенциальной цепи необходимо переключатель 1 поставить в положение «регулировка» и вращая рукоятку генератора со скоростью 120÷135 об/мин путем регулировки реостатом 2 добиться, чтобы стрелка прибора установилась на красной отметке шкалы (если не удастся, значит $R_{\text{зонд}} > 1000\text{Ом}$; $R_{\text{зонд}}$ тогда следует уменьшить).

После компенсации приступают к измерению. Для этого переключатель 1 переводят в положение «X1», что соответствует пределу 1000Ом. Если при частоте вращения генератора 120юю135 об/мин отклонение стрелки незначительно, нужно перейти на предел «X0,1» (шкала 100 Ом), затем «X0,01» (шкала 10Ом). При вращении генератора производится отсчет по шкале, который затем умножают на коэффициент. Указанный переключателем пределов.

Прибор имеет четыре зажима: два токовых, обозначенные буквами I_1 и I_2 и два потенциальных – E_1 и E_2 .

Для грубых измерений и измерений больших величин зажимы I_1 и E_1 соединяют перемычкой и присоединяют к измеряемому объекту, I_2 - к вспомогательному заземлителю, E_2 - к потенциальному зонду (рис. 1.3).

Наличие четырех зажимов позволяет при точных измерениях исключить ошибку, вносимую сопротивлениями соединительных проводов и контактов. При этом зажимы I_1 и E_1 соединяют каждый в отдельности с измеряемыми объектом, I_2 присоединяют к вспомогательному заземлителю, E_2 - к потенциальному зонду (рис. 1.4).

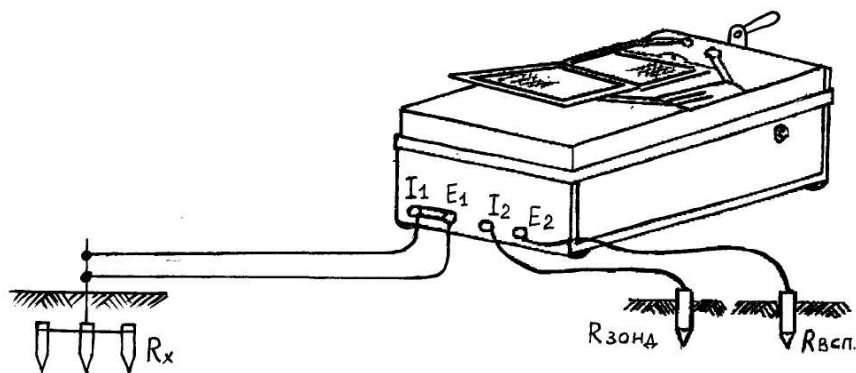


Рис. 1.5. Схема измерения сопротивления заземлителей измерителем заземления МС – 0,8 (четырёхпроводная схема - малые сопротивления)

4. Испытание заземляющей сети

Заземляющая сеть представляет собой совокупность разветвленной системы заземляющих проводников, связывающих заземляемое оборудование с заземлителями, и других элементов заземляющего устройства.

Состояние заземляющей сети, необходимо периодически контролировать путем испытаний. В объем испытаний заземляющей сети входит также проверка наличия цепи между заземлителем и заземляемыми элементами.

При обрыве цепи между заземлителем и заземляемым элементом, последний оказывается отключенным от заземляющего устройства и его дальнейшая эксплуатация в таком виде недопустима, опасным также является также и ненадежный контакт в цепи заземления.

Проверку производят внешним осмотром и измерением ее сопротивления, можно производить без отключения испытываемого оборудования, но предварительно убедиться при помощи вольтметра или указателя напряжения на корпусе испытываемого электрооборудования.

Величина сопротивления заземляющей проводке ПУЭ не нормируется (обычно невелика и составляет десятые доли Ома на ветвь).

Измерение сопротивления заземляющей проводки может выполняться при помощи измерителя заземления типа МС-08:

а) При малых расстояниях между заземленными элементами и магистралью заземления измерение производят по схеме рис. 16 элементами и магистралью заземления.

При обрыве цепи между заземлителем и заземляющим элементом, последний оказывается отключенным от заземляющего устройства и его дальнейшая эксплуатация в таком виде недопустима.

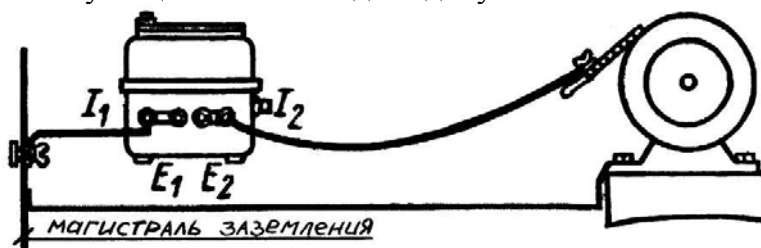


Рис. 1.6. Измерение сопротивления заземляющей проводки измерителем МС-08 при малых расстояниях между заземленными элементами и магистралью.

По этой схеме сопротивление соединительных проводников входит в измеряемую величину, и следовательно проводники должны быть короткими, сечением не менее 4 мм^2 . Прибор устанавливают как можно ближе к магистрали заземления, к защищенному месту на магистрали заземления закрепляют струбцину, соединенную коротким проводником с зажимами I_1 и E_1 . Зажимы I_2 и E_2 соединяют со щупом (напильником или др.).

До измерения необходимо скомпенсировать сопротивление соединительных проводников, т.е. на магистрали делается надпил вблизи струбцины и прижимается щуп. А на приборе проводится регулировка прибора компенсационным сопротивлением. После этого производят измерения, что и при измерении сопротивления заземлителей.

б) При большом расстоянии между испытуемым оборудованием и магистралью заземления измерение производят по схеме рис.1.7., при которой исключается влияние сопротивления соединительных проводников.

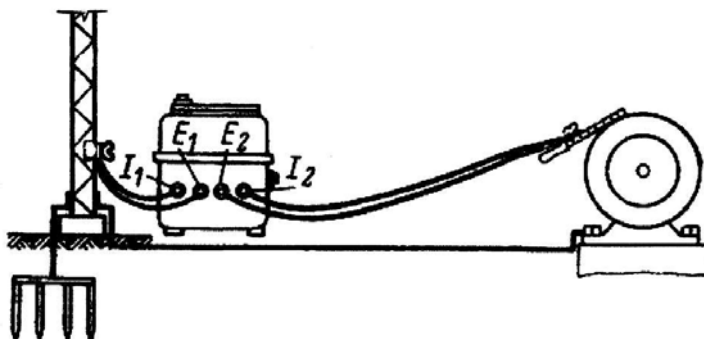


Рис. 1.7. Измерение сопротивления заземляющей проводки измерителем МС-08 при больших расстояниях между испытуемым оборудованием и магистралью

Измерение сопротивления заземляющих устройств прибором М 416

Измерение сопротивления заземления прибором М-416 основано на компенсационном методе с применением вспомогательного заземлителя и потенциального электрода (зонда).

Структурная схема прибора и его присоединения при измерении приведена на рис. 1.8. Переменный ток от преобразователя через первичную обмотку трансформатора Т, токовые зажимы 1 и 4 прибора поступает во внешнюю цепь. Вторичная обмотка трансформатора подключена к резистору R_1 , с помощью которого производится компенсация. При такой схеме включения на измерительное устройство (усилитель, детектор и индикатор Р) подается разность напряжений на резисторе R_1 и на измеряемом сопротивлении. В момент компенсации (равенства сравниваемых напряжений) ток в цепи индикатора будет равен нулю. Резистор R_1 снабжен шкалой, позволяющей непосредственно определить значение измеряемого сопротивления.

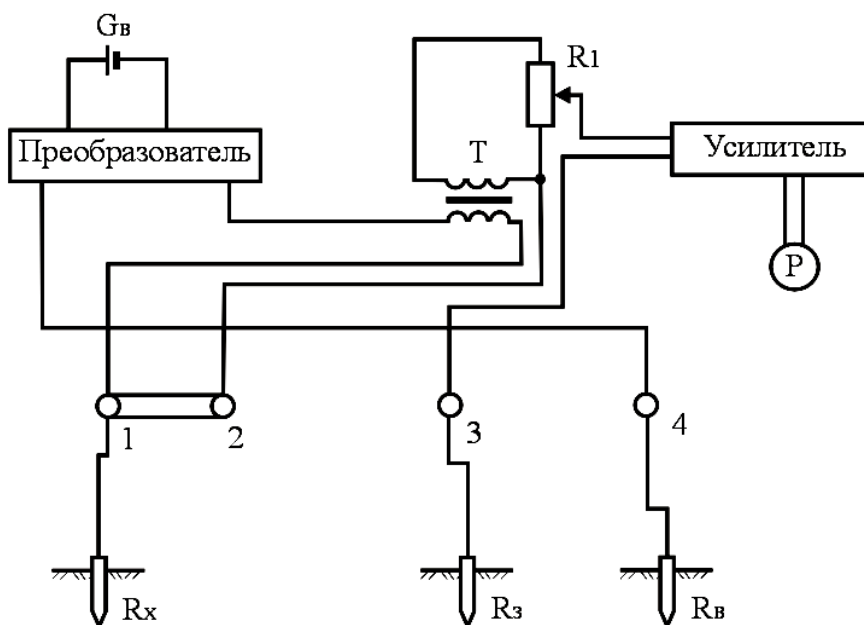


Рис. 1.8. Структурная схема измерителя заземления М 416.

Пределы измерения прибора М 416 – от 0,1 до 1000 Ом.

Для подключения измеряемого сопротивления, вспомогательного заземлителя и зонда на приборе имеется четыре зажима, обозначенных цифрами 1, 2, 3, 4.

Для грубых измерений сопротивления заземления и измерений больших сопротивлений (более 5 Ом) зажимы 1 и 2 соединяют перемычкой и прибор подключают к измеряемому объекту по трехзажимной схеме (рис. 1.9).

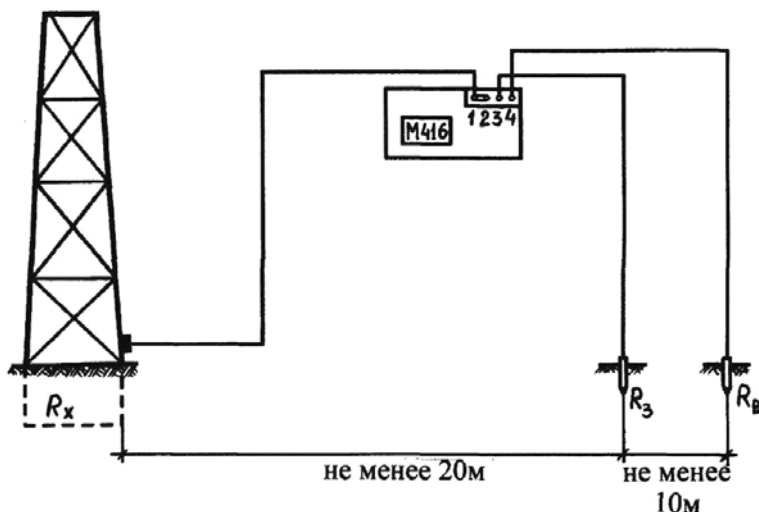


Рис. 1.9. Подключение прибора по трехзажимной схеме

При точных измерениях снимают перемычку с зажимов 1 и 2 и прибор подключают к измеряемому объекту по четырехзажимной схеме (рис. 1.10). Это позволяет исключить погрешность, вносимую сопротивлением соединительных проводов и контактов рис.1.10.

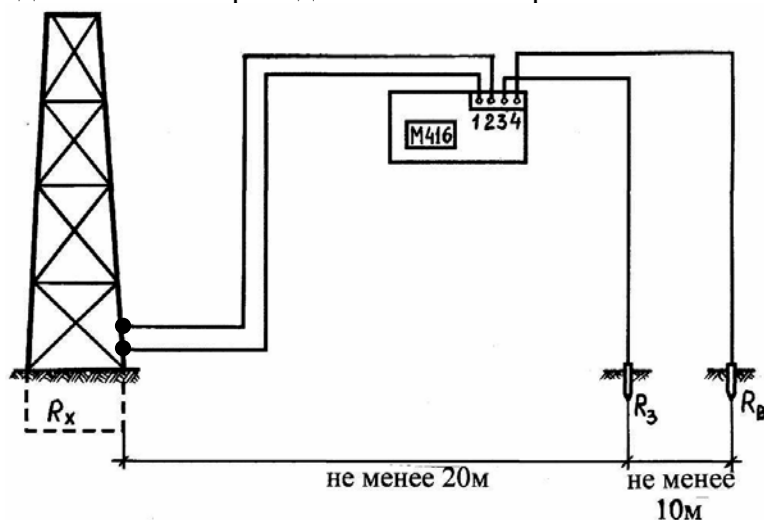


Рис. 1.10. Подключение прибора по четырехзажимной схеме.

5. Оборудование рабочего места

1. Заземляющее устройство аудитории.
2. Макет заземляющего устройства металлической опоры ВЛЭП.
3. Измеритель сопротивления заземления М 416.
4. Измеритель заземления МС-08.
5. Потенциальный зонд и вспомогательный заземлитель.
6. Соединительные проводники.
7. Струбина.
8. Напильник с ручкой.
9. Оборудование лаборатории.

6. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с оборудованием рабочего места.
2. Подготовить прибор М 416 к работе:
установить прибор на ровной поверхности и открыть крышку;
установить переключатель в положение «КОНТРОЛЬ 5 Ом», нажать кнопку и вращением ручки «РЕОХОРД» добиться установления стрелки индикатора на нулевую отметку; на шкале реохорда при этом должно быть показание $5 \div 0,3$ Ом.
3. Подключить прибор М 416 к заземляющему устройству, потенциальному зонду и вспомогательному заземлителю макета металлической опоры.
4. Произвести измерение сопротивления заземляющего устройства:
переключатель диапазонов установить в положение «x1»;

нажать кнопку и, вращая ручку «РЕОХОРД», добиться максимального приближения стрелки индикатора к нулю; если измеряемое сопротивление окажется больше 10 Ом, необходимо переключатель установить на следующий диапазон измерений;

записать результат измерения, который равен произведению показания шкалы реохорда на множитель диапазона.

5. Если полученный результат менее 5 Ом, то необходимо повторить измерение, но уже по четырехзажимной схеме.

6. Диалогичным образом выполнить при помощи прибора М 416 измерение сопротивления внешнего контура заземляющего устройства аудитории и записать полученный результат.

7. Подключить прибор МС-08 по трехзажимной схеме к макету заземляющего устройства опоры ВЛЭП.

8. Произвести компенсацию сопротивления зонда, для чего переключатель, расположенный на крышке прибора, установить в положение «регулировка» и, вращая рукоятку генератора со скоростью около 135 об/мин путем поворота головки реостата установить стрелку прибора на «красную» отметку шкалы.

9. Установить переключатель в положение «измерение $\times 1$ », т.е. на предел 1000 Ом, и произвести замер, вращая ручку генератора со скоростью около 135 об/мин. При незначительном отклонении стрелки прибора последовательно перейти на шкалу 100 Ом (« $\times 0,1$ ») или на шкалу 10 Ом (« $\times 0,01$ »). Произвести отсчет по шкале с учетом выбранного коэффициента измерения и записать полученный результат.

10. Подключить прибор МС-08 по трехзажимной схеме к заземляющему устройству аудитории, потенциальному зонду и вспомогательному заземлителю.

11. Произвести компенсацию сопротивления зонда согласно п.8.

Если при повороте головки реостата установить стрелку на «красную» отметку шкалы не удастся, необходимо принять меры к уменьшению сопротивления зонда путем увлажнения почвы вокруг зонда и вспомогательного заземлителя.

12. Измерить сопротивление заземляющего устройства аудитории согласно п.9 и записать полученный результат.

13. Проверить наличие заземляющей сети между заземлителями и заземленным электрооборудованием лаборатории (по указанию преподавателя) прибором МС-08.

14. Составить протоколы произведенных измерений (Примечание).

7. Оформление отчета по лабораторной работе

В отчете должны быть представлены следующие материалы:

1. Цель работы, сведения из теории.
2. Схемы произведенных измерений (рис. 1.3, 1.4, 1.6, 1.7).
3. Протоколы измерений сопротивления заземляющих устройств.
4. Выводы по работе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ПРОГРЕВ КАБЕЛЯ НА БАРАБАНЕ

Цель работы:

1. Закрепить теоретические знания о прокладке кабелей при низких температурах.
2. Получить практические навыки по прогреву кабеля на барабане с помощью трансформатора ТСПК - 20 А.

1. Краткие сведения из теории

В соответствии с требованиями СНиП 3.05.06-85 «Электротехнические устройства» прокладка кабелей в холодное время года без предварительного подогрева допускается только в тех случаях, когда температура воздуха в течение 24 ч. до начала работ не снижалась, хотя бы временно, ниже:

0°С - для силовых бронированных и небронированных кабелей с бумажной изоляцией (вязкой, нестекающей и обедненно пропитанной) в свинцовой или алюминиевой оболочке;

минус 5°С - для маслонаполненных кабелей низкого и высокого давления;

минус 7°С - для контрольных и силовых кабелей напряжением до 35 кВ с пластмассовой или резиновой изоляцией и оболочкой с волокнистыми материалами в защитном покрове, а также с броней из стальных лент или проволоки;

минус 15°С - для контрольных и силовых кабелей напряжением до 10 кВ с поливинилхлоридной или резиновой изоляцией и оболочкой без волокнистых материалов в защитном покрове, а также с броней из профилированной стальной оцинкованной ленты;

минус 20°С - для небронированных контрольных и силовых кабелей с полиэтиленовой изоляцией и оболочкой без волокнистых материалов в защитном покрове, а также с резиновой изоляцией в свинцовой оболочке.

Кратковременные в течение 2-3 ч. понижения температуры (ночные заморозки) не должны приниматься во внимание при условии положительной температуры в предыдущий период времени.

При температуре воздуха ниже указанной кабели должны предварительно подогреваться и укладываться в следующие сроки:

не более 1ч	от 0 до минус 10°С;
не более 40 мин	от минус 10 до минус 20°С;
не более 30 мин	от минус 20°С и ниже.

При температуре окружающего воздуха ниже минус 40°С прокладка кабелей не допускается.

Необходимость прогрева обуславливается тем, что при отрицательной температуре маслोकанифольный состав, которым пропитана бумажная изоляция кабеля, застывает, теряет свою вязкость и смазывающую способность. Застывшая масса склеивает слои лент бумажной изоляции, в результате чего при изгибе кабеля в процессе прокладки происходит разрыв бумажных лент, что ведет к снижению электрической прочности изоляции и пробую ее в процессе эксплуатации.

Прогрев кабелей с пластмассовой или резиновой изоляцией или оболочками необходимо выполнять для предупреждения растрескивания пластмассы и резины в процессе прокладки, что также может привести к выходу кабеля из строя.

Прогрев кабеля производится на барабане, с которого предварительно удаляется обшивка. Существующие способы прогрева кабелей, их преимущества и недостатки, а также рекомендуемая область применения приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1. Способы прогрева кабелей

Способ прогрева	Преимущества	Недостатки	Рекомендуемая область применения
Электрическим трехфазным током при теплоизоляции барабанов войлочно-брезентовым капотом.	Равномерный и достаточный прогрев по всему сечению. Возможность одновременного прогрева нескольких барабанов в короткое время.		Во всех случаях монтажа и особенно протяженных линий при низкой температуре воздуха.
То же однофазным или постоянным током с бифилярным соединением двух жил с параллельным подключением к одной из них третьей жилы.	Неравномерный, но достаточный прогрев кабеля	Более длительное время прогрева, неравномерность прогрева изоляции отдельных жил.	Во всех случаях при невозможности применения первого способа.
Внутри помещений с температурой до 40°C.	Не требует специального оборудования	Незначительность температуры прогрева и большая продолжительность его, ограниченная область применения.	При наличии обогреваемых помещений вблизи места прокладки. Температуры наружного воздуха не ниже - 20°C и длине линий не более одной - двух строительных длин кабеля..

Окончание табл. 2.1.

Способ прогрева	Преимущества	Недостатки	Рекомендуемая область применения
В тепляке или палатке с батареей парового отопления, печами или с обогревом воздуховодкой (при температуре до 40°C).		Повышенная пожарная опасность в случае применения угольных и подобных печей, значительная продолжительность и малая производительность.	Для протяженных одиночных линий в случае невозможности прогрева электрическим током.

Наиболее совершенным методом прогрева кабеля на барабанах является прогрев переменным электрическим током. В качестве источника тока могут быть применены сварочные трансформаторы или специальный трехфазный трансформатор типа ТСПК-20 А для прогрева кабеля.

Трансформатор ТСПК-20 А предназначен для прогрева трехфазным током кабелей длиной до 600 м и сечением до 185 мм² перед их прокладкой в зимних условиях.

Трехфазный понижающий трансформатор ТСПК-20 А имеет мощность 20 кВА и дает возможность получения ряда напряжений в пределах от 10 до 100 В, необходимых для прогрева кабелей.

Первичная обмотка трансформатора выведена к шести зажимам и в зависимости от способа соединения (в «звезду» или «треугольник») может включаться в сеть с напряжением 380 или 220 В.

Вторичная обмотка имеет в каждой фазе по 6 пронумерованных отводов, от которых можно получить следующие напряжения холостого хода (таблица 2.2).

Таблица 2.2. Напряжение холостого тока и максимальный ток вторичной обмотки трансформатора ТСПК-20 А

Номер отвода	1	2	3	4	5	6
Напряжение холостого хода, В	12,6	25,3	38,0	50,6	76,0	101,3
Максимальный ток, А	480	320	320	240	160	120

Подключая перекидную перемычку «звезда» к тем или иным отводам вторичной обмотки, можно получить такую силу тока, которая необходима для прогрева кабелей различной длины и сечения. Три выводные шины вторичной обмотки соединяются с жилами прогреваемого кабеля. Электрическая схема трансформатора и подключения кабеля показана на рис. 2.1.

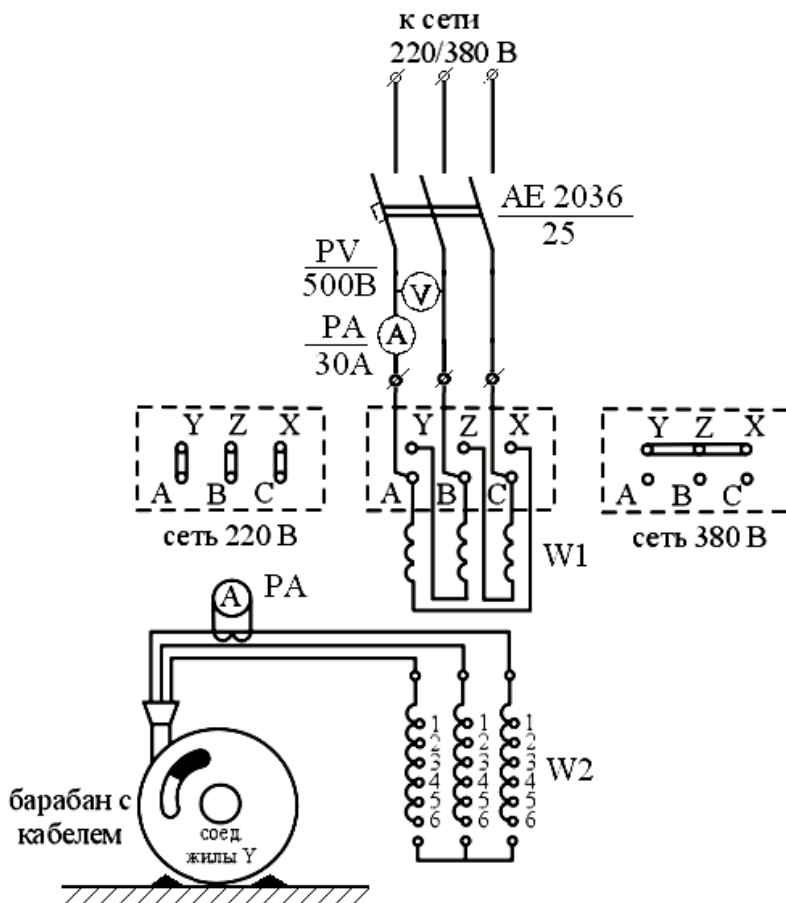


Рис. 2.1. Схема подключения трансформатора для прогрева кабеля

При помощи трансформатора ТСПК-20 А можно в течение 2-4 часов произвести одновременно нагревание всех трех жил кабеля до необходимой температуры.

Прогреву подвергается вся изоляция кабеля, начиная с внутренних ее слоев. При этом происходит уменьшение вязкости массы, которой пропитана изоляция кабеля.

Барабан с кабелем, подлежащим прогреву, следует поместить в утепленную палатку, расположенную вблизи места прокладки кабеля.

При этом подлежащий прогреву барабан с кабелем устанавливают на домкраты, козлы или специальную тележку с таким расчетом, чтобы по окончании прогрева кабель можно было размотать и уложить в течение времени установленного СНиП-3-05-06-85.

Нагретый кабель интенсивно впитывает влагу из воздуха, поэтому концы прогреваемого кабеля должны герметически заделываться. У конца кабеля, выведенного через щеку барабана, все три жилы после разделки закорачивают и напаяют свинцовый колпачок. Жилы второго конца

кабеля разделявают, заключают в воронку и подключают их к выводным шинам вторичной обмотки трансформатора.

Необходимую для прогрева кабеля величину напряжения рекомендуется подбирать по таблице 2-3. В этой же таблице указаны время прогрева кабеля, сила тока и температура, до которой должна быть прогрета броня кабеля. Сила тока, потребляемого для нагрева кабеля, контролируется при помощи электроизмерительных клещей. Температура наружного покрова измеряется термометром, нижний конец которого приводится в плотное соприкосновение с наружным джутом одного из средних верхних витков кабеля на барабане. Место соприкосновения термометра с джутом утепляется снаружи войлоком.

2. Оборудование рабочего места

1. Силовой кабель на барабане.
2. Трансформатор ТСПК - 20 А.
3. Электроизмерительные клещи Ц - 91.
4. Термометр электрический.
5. Электромонтажный инструмент.
6. Мегомметр М 4100.

3. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с оборудованием рабочего места.
2. Определить марку и сечение силового кабеля.
3. При помощи мегаомметра определить состояние изоляции обмоток трансформатора ТСПК-20А как между собой, так и относительно корпуса (земли).

Таблица 2.3. Прогревание трехжильных кабелей на барабанах для прокладки при температуре воздуха ниже + 5°С

Сечение жил кабеля, мм ²	Максимально допустимый ток для прогрева, А	Необходимое время прогрева в минутах при температуре окружающего воздуха, °С			Необходимое напряжение на зажимах трансформатора при длине кабеля				
		0	-10	-20	100	200	300	400	500
3x10	72	59	76	97	23	46	69	92	110
3x16	102	56	73	94	19	39	58	77	97
3x25	130	71	88	106	16	32	48	64	80
3x35	160	74	93	112	14	28	42	56	70
3x50	190	90	112	134	123	23	34	46	58
3x70	230	97	122	149	10	20	30	40	50
3x95	285	99	124	151	9	18	27	36	45
3x120	330	111	138	170	8	17	25	34	42
3x150	375	124	150	185	7	15	23	31	38
3x185	425	134	167	208	6	12	17	23	29

Примечание: Кабель следует держать под током до тех пор, пока температура наружной джутовой оплетки не достигнет 20°C при температуре прокладки не ниже - 10°C и 30°C при температуре прокладки не ниже - 20°C.

4. Проверить наличие заземления корпуса трансформатора.
5. Определить необходимую для прогрева кабеля величину напряжения и проверить правильность подключения перемычки к отводам вторичной обмотки.
6. Подключить прогреваемый кабель к выводным шинам вторичной обмотки, а первичную обмотку трансформатора к сети.
7. Снять показания электрического термометра.
8. Подать напряжение на трансформатор.
9. При помощи электроизмерительных клещей измерить силу тока прогрева кабеля и проверить соблюдение нагрузочного режима:
при пользовании отводом № 1 сила тока не должна превышать 480А, а № 2,3,4,5,6 - соответственно 320,320,240,160,120А.
10. Прогреть кабель в течение 10-15 мин., снять в конце прогрева показания электрического термометра и отключить трансформатор от сети.

11. Определить скорость прогрева кабеля:

$$V = \Delta t^\circ / t,$$

где V - скорость прогрева (°C/мин.);

Δt° - разность в показании термометра, °C;

t - время прогрева (мин.).

4. Оформление отчёта по лабораторной работе

В отчёте должны быть представлены следующие материалы:

1. Требования СНиП 3-05-06-35 к прокладке кабелей при низких температурах.
2. Способы прогрева кабелей (табл. 2-1).
3. Схема подключения трансформатора ТСПК-20А для прогрева кабеля (рис. 2.1).
4. Данные, полученные при измерениях и вычислениях.
5. Выводы по работе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ПРИЕМОДАТОЧНЫЕ ИСПЫТАНИЯ СИЛОВЫХ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

Цель работы:

1. Ознакомиться с объемом испытаний.
2. Закрепить теоретические знания об испытаниях силовых кабелей.
3. Изучить аппаратуру, необходимую при испытании, усвоить методику испытания и изучить меры безопасности при проведении испытаний.
4. Получить практические навыки по проведению испытания силового кабеля.

1. Краткие сведения из теории

Вводимые в эксплуатацию силовые кабельные линии напряжением до 35кВ, согласно ПУЭ (глава 1.8.) подвергаются испытаниям в следующем объеме:

1. Проверка целостности и фазировка жил кабеля.
2. Измерение сопротивления изоляции.
3. Испытание повышенным напряжением выпрямительного тока.
4. Определение электрической рабочей емкости жил.

Производится для кабелей 35кВ и выше. Измеренная емкость, приведенная к удельным значениям, не должно отличаться от результатов заводских испытаний более, чем на 5%.

5. Измерение распределения тока по одножильным кабелям. Неравномерность в распределении токов на кабелях не должна быть более 10%.

6. Проверка защиты от блуждающих токов.

Производится проверка действия установленных антикоррозионных защит.

7. Измерение сопротивления заземления.

Производится для концевых заделок. Силовые кабельные линии напряжением до 1 кВ испытываются по п.п. 1; 2; 5; 7.

1.1. Проверка целостности и фазовка жил кабеля

Целость жил и соответствие фаз кабеля проверяют прозвонкой (с помощью телефонных трубок, мегаомметра и т.п.), проверяют до подачи напряжения. Убеждаются в том, что нет коротких замыканий между фазами, что подключение кабелей к ошиновке выполнено в соответствии с маркировкой или расцветкой шин, что очень важно при параллельно включенных под одни зажимы кабелях.

Проверка целостности и фазировка жил кабеля в лаборатории производится с помощью мегомметра по схеме, представленной на рис. 3.1.

При фазировке с помощью мегомметра необходимо на одном конце кабеля соединить с землей одну жилу кабеля. Для отыскания этой жилы на другом конце кабеля присоединяют мегомметр, у которого заземлен один зажим. Проверяемая жила дает нулевое показание мегомметра, остальные – бесконечность (нет цепи тока).

1.2. Измерение сопротивления изоляции.

Производится мегомметром на 2500В до и после испытания кабеля повышенным напряжением. Для силовых кабелей напряжением до 1000В значение сопротивления изоляции должно быть не менее 0,5 МОм. Для силовых кабелей напряжением выше 1000В значение сопротивления изоляции не нормируется.

У трехжильных кабелей испытанию подвергается изоляция каждой жилы относительно металлической оболочки и других заземленных жил.

У кабелей однофазных или с отдельно свинцованными жилами испытывается изоляция жилы относительно металлической оболочки.

Напряжение мегомметра прикладывается между испытываемой жилой кабеля и землей при остальных заземленных жилах (рис.3.2). Отсчет по шкале мегомметра должен производиться через одинаковые промежутки времени (60с после приложения напряжения).

Сопротивление изоляции кабельной линии не нормируется, однако согласно заводским данным величина сопротивления изоляции трехжильных кабелей с поясной изоляцией напряжением 6 и 10 кВ составляет 250 - 300 МОм.

1.3. Испытание повышенным напряжением выпрямленного тока.

Испытание изоляции повышенным напряжением выпрямленного тока позволяет убедиться в наличии необходимого запаса прочности изоляции, отсутствии местных и общих дефектов, не обнаруживаемых другими способами. Испытанию изоляции повышенным напряжением должны предшествовать тщательный осмотр и оценка состояния изоляции другими методами (п.п. 1.1; 1.2), т.е. только при положительных результатах проверок.

Испытание повышенным напряжением обязательно для электрооборудования напряжением 35кВ и ниже, а при наличии испытательных устройств – и для оборудования напряжением выше 35кВ, за исключением случаев, оговоренных нормами.

Изоляция считается выдержавшей испытания повышенным напряжением в том случае, если не было пробоев, частичных разрядов, выделе-

ний газа и дыма, резкого снижения напряжения и возрастания тока через изоляцию, местного нагрева изоляции.

В зависимости от вида оборудования и характера испытания изоляции может быть испытана приложением повышенного напряжения переменного тока или выпрямленного напряжения. При испытании силовых кабелей повышенного напряжения промышленной частоты.

В изоляции могут развиваться частичные разряды и ионизационные процессы при действии переменного тока, которые являются опасными для изоляции кабеля. Поэтому испытание кабеля повышенным напряжением промышленной частоты является неприемлемым. При испытаниях промышленным выпрямленным напряжением в изоляции отсутствуют диэлектрические потери и не могут развиваться ионизационные процессы и частичные разряды. Этим исключается опасность развития нежелательных процессов в ходе самих испытаний. Испытание выпрямленным напряжением характеризуется некоторой избирательностью его действия. Распределение напряжений по слоям изоляции в этом случае происходит обратно пропорционально проводимости слоев, поэтому большая часть напряжения прикладывается к неувлажненным слоям и тем самым эффективность отыскивания слабых мест повышается;

Согласно «Правилам технической эксплуатации электроустановок потребителей» изоляция силовых кабельных линий подвергается испытанию повышенным выпрямленным напряжением.

Периодичность испытаний:

кабелей напряжением до 35 кВ: 1 раз в год в первые 5 лет эксплуатации, далее 1 раз в 2 года, а для кабелей, проложенных на территории ТП, РУ, заводов – 1 раз в 3 года;

кабелей напряжением 110÷220 кВ: через 3 года после ввода в эксплуатацию и затем 1 раз в 5 лет.

Величина испытательных выпрямленных напряжений приведена в таблице 3.1.

Длительность приложенного импульса:

- кабелей на напряжение до 35 кВ с бумажной и пластмассовой изоляцией при прямо-сдаточных испытаниях – 10 мин, в процессе эксплуатации 5 мин;

- кабелей на напряжение 3÷10 кВ с резиновой изоляцией – 5 мин;

- кабелей на напряжение 110÷220 кВ – 15 мин.

Допустимые токи утечки приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.1. Испытательное выпрямленное напряжение силовых кабелей

Ном. U, кВ	0,66	1	2	3	6	10	20	35	110	220
Кабели с бумажной изоляцией										
Уисп., кВ	2,5	2,5	10- 17	15- 25	36	60	100	175	285	510
Кабели с пластмассовой изоляцией										
Уисп., кВ	-	2,5*	-	7,5	36	60	-	-	285	-
Кабели с резиновой изоляцией**										
Уисп., кВ	-	-	-	6	12	20	-	-	-	-

Примечания:

* - испытания выпрямленным напряжением одножильных кабелей с пластмассовой изоляцией без брони, проложенных на воздухе не производится;

** - после перемонтажа (ремонта) испытание повышенным напряжением не производится.

Таблица 3.2. Допустимые токи утечки для силовых кабелей

Кабель на U, кВ	Испытательное U, кВ	Допустимый ток утечки, мА	Дополнительный коэффициент несимметрии (I_{max}, I_{min})
6	36	0,2	2
	45	0,3	2
10	50	0,5	3
	60	0,5	3
20	100	1,5	3
	150	2,0	3
35	140	1,8	3
	175	2,5	3
110	285	не нормируется	
220	510	не нормируется	

Могут не производиться испытания:

- двух параллельных кабелей длиной до 60 м;
- кабелей со сроком эксплуатации более 15 лет и подлежащих выводу из эксплуатации в ближайшие 5 лет;
- кабелей с резиновой изоляцией напряжением до 1 кВ.

Кабели напряжением 1000 В и ниже испытываются мегомметром на напряжение 2500 В. Продолжительность испытания 1 мин. Сопротивление изоляции должно быть не ниже 0,5 Мом.

Высоковольтные кабели считаются выдержавшими испытания, если не произошло пробоя, не было скользящих разрядов и толчков тока или его нарастания после того, как он достиг установившейся величины.

У кабеля с нарушенной изоляцией ток утечки с течением времени скачкообразно возрастает и достигает значительных величин, если не наступает пробой изоляции, сопровождающийся также увеличением тока утечки. При этом автомат кенотронной установки отключается.

Для испытания кабеля повышенным напряжением в лабораторной работе в качестве источника выпрямленного напряжения применяется кенотронная установка АИИ - 70. Испытательное напряжение плавно поднимается с нуля до заданной величины. При этом наблюдают за показаниями киловольтметра и миллиамперметра (испытательное напряжение и токи утечки).

Испытание электрической прочности изоляции кабелей производится повышенным напряжением по схеме, изображенной на рис.3.3. При этом напряжение подводится в зависимости от вида кабеля:

для одножильных кабелей и кабелей с отдельно свинцованными жилами между жилой и свинцовой оболочкой этой жилы;

для многожильных кабелей с поясной изоляцией - между каждой жилой и остальными жилами, соединенными со свинцовой оболочкой, при - одновременном заземлении других жил и свинцовой оболочки кабеля.

После испытания кабеля напряжение плавно снижается до нуля, испытанная жила отключается и с нее снимается заряд путем замыкания ее на землю с помощью разрядного устройства – заземляющей штанги, наглухо заземленной. Аналогично производится испытание изоляции других фаз.

Результаты испытаний повышенным напряжением считаются удовлетворительными, если при приложении полного испытательного напряжения не наблюдалось скользящих разрядов, толчков тока утечки или плавного нарастания тока утечки, пробоев или перекрытий изоляции, и если сопротивление изоляции, измеренное мегаомметром, после испытания осталось прежним. Если характеристики изоляции резко ухудшилось или близки к браковочной норме, то должна быть выяснена причина ухудшения изоляции и приняты меры по ее устранению.

Результаты испытания заносятся в протокол испытания силового кабеля, и делается заключение о пригодности кабеля к дальнейшей эксплуатации.

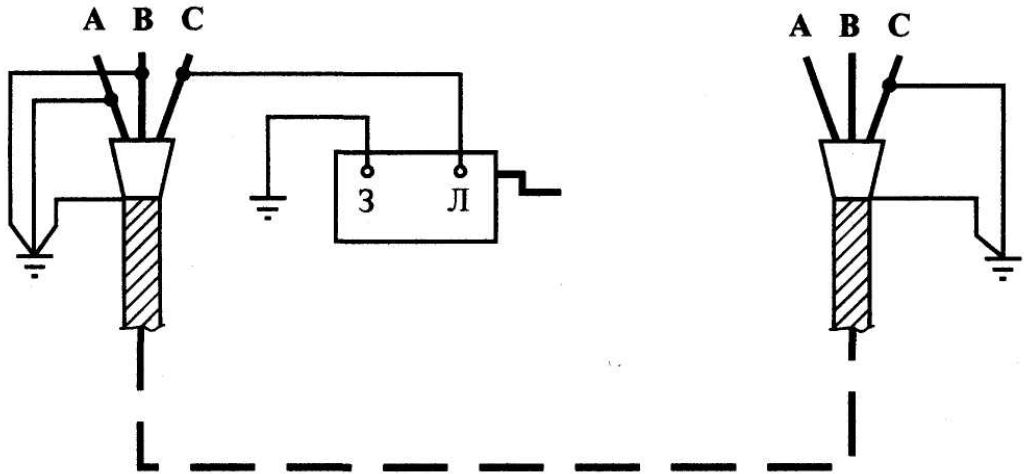


Рис. 3.1. Проверка фазировки жил кабеля.

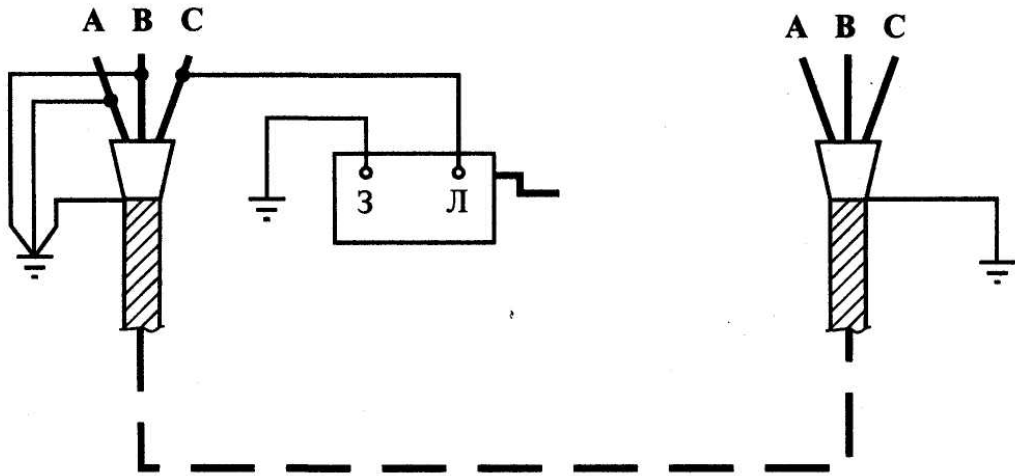


Рис. 3.2. Измерение сопротивления изоляции силового кабеля.

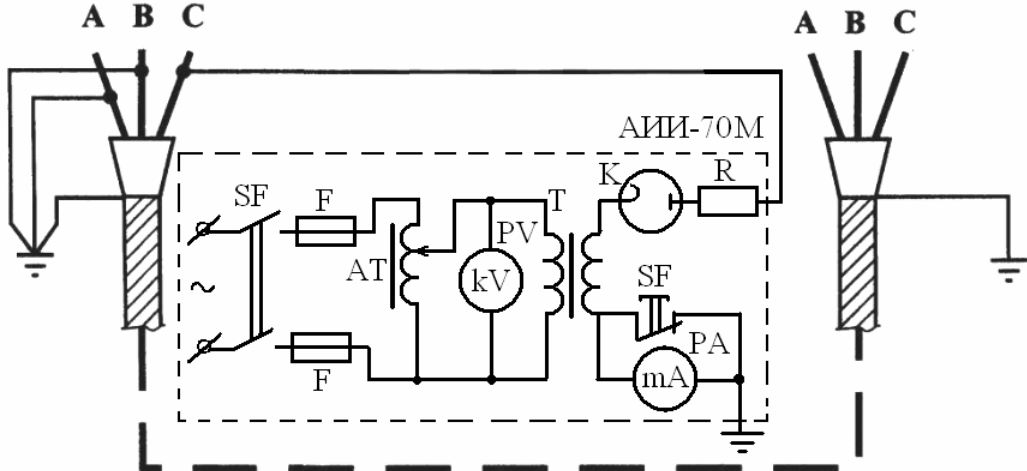


Рис. 3.3. Испытание кабеля повышенным выпрямленным напряжением

2. Программа работы.

1. Проверка целостности и фазировка жил кабеля.
2. Измерение сопротивления изоляции.
3. Испытание повышенным напряжением выпрямленного тока.
4. Заполнить протоколы испытания кабеля.

3. Оборудование рабочего места.

1. Силовой кабель.
2. Мегаомметр на 1000В.
3. Мегаомметр на 2500В.
4. Аппарат АИИ-70М.
5. Электрозащитные средства.
6. Соединительные провода.

4. Оформление отчета по лабораторной работе

В отчете должны быть представлены следующие материалы:

1. Цель работы, краткие сведения из теории.
2. Протокол фазировки кабелей (Приложение 1).
3. Протокол измерения сопротивления изоляции кабеля (Приложение 2).
4. Протокол испытания изоляции повышенным напряжением (Приложение 3).
5. Схемы испытаний, рис. 3.1; 3.2; 3.3.
6. Нормы испытаний.
7. Выводы по работе.

ПРОТОКОЛ
измерения сопротивления изоляции проводов и кабелей

Заказчик _____ Объект _____

Город _____ «__» _____ 200__ г.

Электромонтажные работы выполнены _____

1. Измерение произведено меггером типа _____ на _____
фабричный № _____

2. Ф.И.О. и должность лица, производившего измерения _____

3. Данные измерений _____

№ п/п	Наименование фидера и № фидера обознач. по кабельному журналу	Марка	Кол-во жил и сечение, мм ²	Рабочее напряжение, кВ	Длина, м	Сопротивление изоляции, МОм						Примечание
						A-B	A-C	B-C	A-0	B-0	C-0	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Председатель монтажной организации _____

Представитель заказчика _____

Приложение №3

ПРОТОКОЛ испытания изоляции повышенным напряжением

Заказчик _____ объект _____

Город _____ «__» _____ 200__ г.

Электромонтажные работы выполнены _____

1. Испытания произведены аппаратом _____
_____ фабричный № _____ и меггером на _____
_____ фабричный № _____
2. Ф.И.О. , должность лица, производящего измерения _____
3. Данные испытаний _____

№ п/п	Наименование объекта	Наименование фазы	Результаты испытания				Примечание
			Меггером	Кенотроном			
			Сопротивление изо- ляции, МГОм	Напряжение, кВ	Ток утечки, мА	Сопротивление изо- ляции, МГОм-км	
1	2	3	4	5	6	7	8
		А					
		В					
		С					
		А-В					
		А-С					
		В-С					

Представители монтажной организации _____

Представитель заказчика _____

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ НА КАБЕЛЬНОЙ ЛИНИИ МЕТОДОМ ПЕТЛИ

Цель работы:

1. Закрепить теоретические знания об определении мест повреждения на кабельной линии методом петли.
2. Получить практические навыки по определению мест повреждения на кабельной линии методом петли с помощью моста постоянного тока Р 333.

1. Краткие сведения из теории

Метод петли для определения мест повреждения на кабельных линиях основан на сравнении сопротивления целой и поврежденной (но не оборванной) жилы кабеля. Величины сопротивлений при одинаковом сечении жил пропорциональны длинам целой жилы и участка жилы до места повреждения.

Метод петли применяется на кабельных линиях любых напряжений, выполненных кабелями любых марок при замыкании одной или нескольких жил между собой и на землю в одном месте при одной неповрежденной жиле. При этом переходное сопротивление в месте повреждения должно быть не более 40 Ом и поврежденная жила кабеля не иметь обрыва.

Определение места повреждения на кабельных линиях методом петли производят с помощью универсального моста сопротивлений типа МВУ-49, специального кабельного моста типа Р 334 или моста постоянного тока типа Р 333.

Например, мост постоянного тока Р 333 позволяет определить место повреждения кабеля посредством петли Варлея (в линиях с малым собственным сопротивлением) или петли Муррея (в линиях с большим собственным сопротивлением), а также производить измерения электрического сопротивления по схеме одинарного моста и асимметрии проводов.

На крышке моста с внутренней стороны прикреплена табличка со схемой и краткой инструкцией по эксплуатации прибора. На лицевой панели моста расположены:

1. Кнопки включения мостовой схемы - МВ; петли Муррея - ПМ и петли Варлея - ПВ; кнопка МВ служит также для возвращения кнопок ПМ и ПВ в исходное состояние;
2. Четыре ручки переключателей сравнительного плеча и одна - плеча отношений;
3. Кнопка ЭНИ включения электронного нуля – индикатора (баланса);

4. Кнопка ПИТ для включения напряжения питания моста. Лимбы рычажных переключателей сравнительного плеча имеют цифры, а под лимбом находится стрелка с множителем данной декады. Произведение цифры на множитель дает величину включенного на данной декаде сопротивления;

5. Зажим Г для присоединения внешнего нулевого индикатора;

6. Зажимы ± Б для присоединения внешнего источника питания.

7. Зажимы М и К для проверки сопротивлений схемы моста;

8. Зажимы R_x для измерений по схемам петли Варлея, Муррея и асимметрии проводов.

На лимбе переключателя плеч отношений находится точка, а на панели нанесены цифры обозначающие множитель, соответствующий величине отношения плеч

$$n = \frac{R_1}{R_2} \cdot (10^{-4} \dots 10^2) \quad \text{и} \quad m = \frac{R_1}{R_2} \cdot (10 \dots 10^3)$$

При измерении низкоомных сопротивлений по четырехзажимной схеме включения применено раздельное исключение элементов моста к измеряемому сопротивлению (рис. 4.1).

При таком включении сопротивления двух соединительных проводников входят в сопротивление плеч моста, а сопротивление двух других соединительных проводников входят в цепь гальванометра и источника питания, чем практически исключается влияние этих проводников на погрешность измерения.

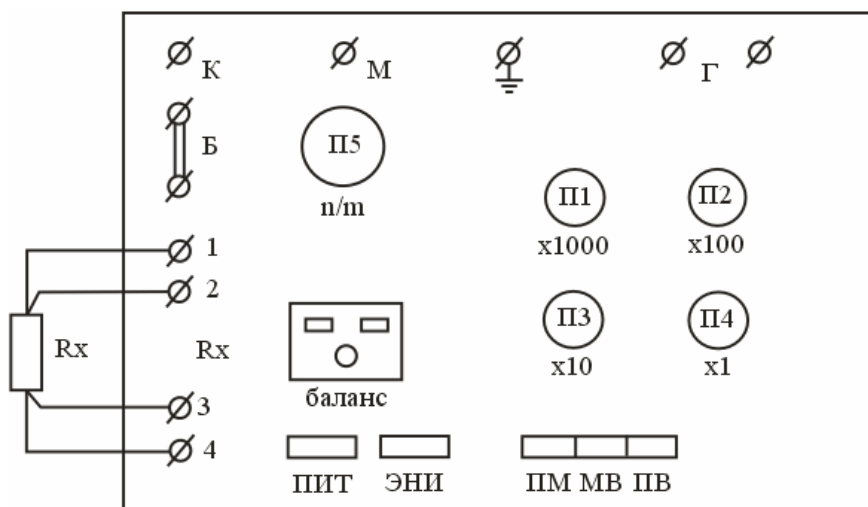


Рис. 4.1. Измерение сопротивлений от 0,005 до 9,999 Ом

При измерении высокоомных сопротивлений по двухзажимной схеме включения работа моста осуществляется по схеме, приведенной на рис. 4.2.

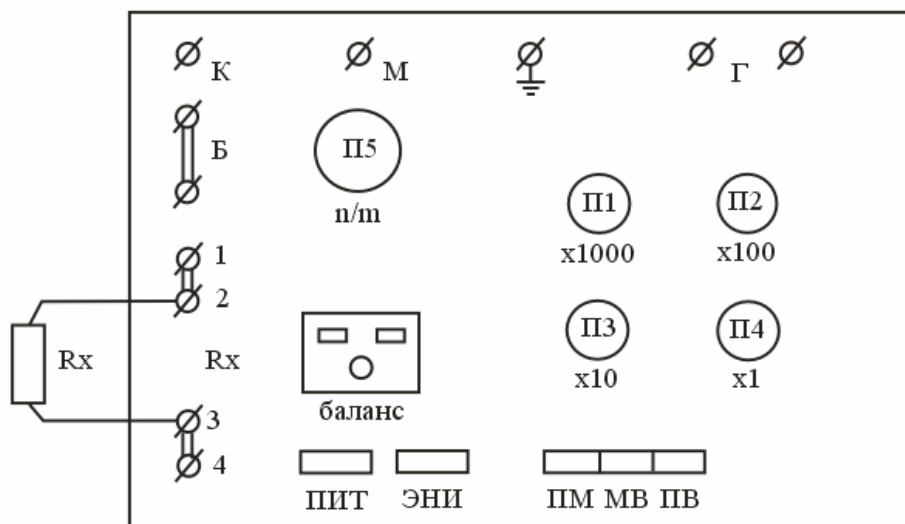


Рис. 4.2. Измерение сопротивлений от 10 до 999900 Ом

Определение места повреждения кабеля по схеме петли Варлея.

Метод петли Варлея для определения места повреждения кабеля представляет мостовую схему (рис. 4.3).

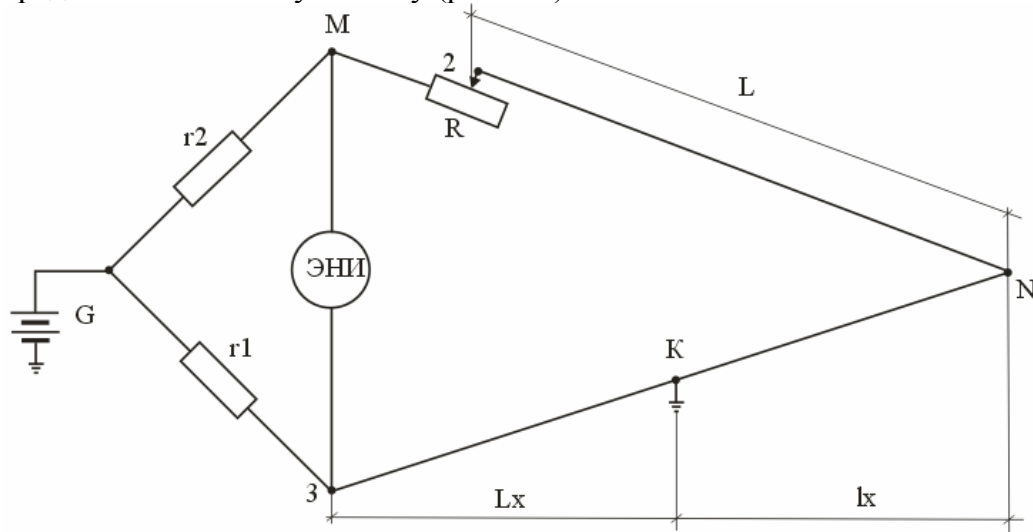


Рис. 4.3. Схема определения места повреждения кабеля методом петли Варлея

Схема моста состоит из двух сопротивлений плеч отношений r_1 и r_2 входящих в плечи моста, два других плеча составляют измерительную петлю, состоящую из поврежденной (L_x+l_x) и исправной (L) жил кабеля и сопротивления плеча сравнения R , входящих также в плечо моста.

Сопротивление до места повреждения (К) определяется по формуле

$$r_x = \frac{n(R+r)}{1+n} \quad (4.1)$$

$$n = \frac{r_1}{r_2}$$

где r_2 - множитель на декаде П5;

r – сопротивление двух жил кабеля ($L+L_x+l_x$), Ом;

R – сопротивление плеча сравнения П₁ ... П₄. Ом.

Расстояние до места повреждения кабеля определяется по формуле

$$L_x = \frac{r_x \cdot S}{\rho}, \text{ м} \quad (4.2)$$

где S – сечение жилы, мм²;

ρ - удельное сопротивление материала жилы кабеля, $\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$
(алюминий $\rho = 0,027$; медь $\rho = 0,017$).

Определение места повреждения кабеля по схеме петли Муррея.

Схема петли Муррея представляет собой мостовую схему (рис. 4.4), где два плеча состояются из исправной (L) и поврежденной (L_x+l_x) жил кабеля, соединенных вместе на удаленном конце в точке «N».

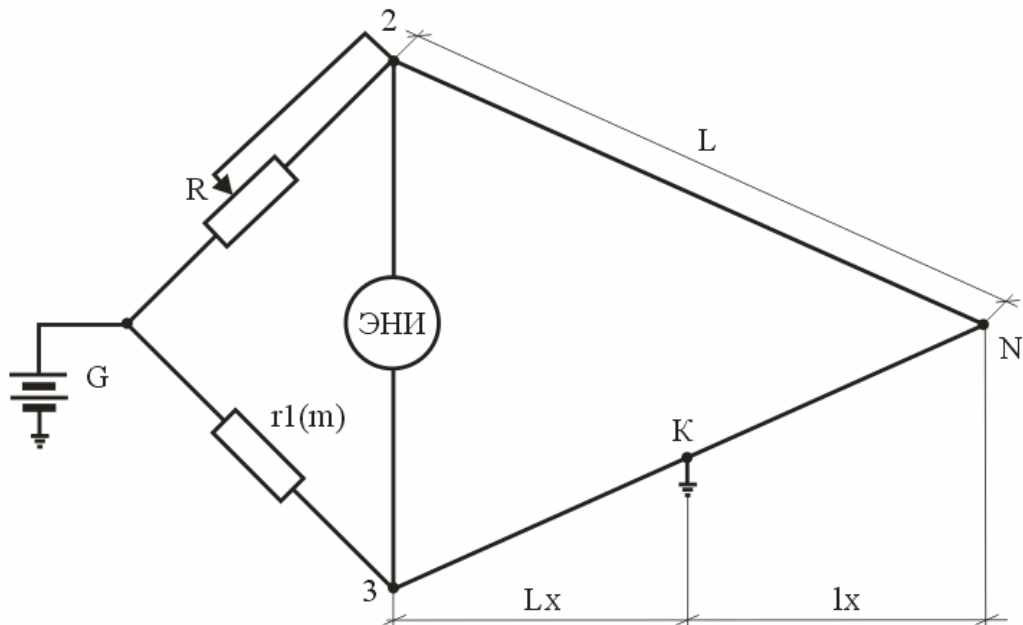


Рис. 4.4. Схема определения места повреждения кабеля методом петли Муррея

Место повреждения «К» разделяет петлю на две части, эти две части в схеме моста образуют два плеча, а два других плеча образуются из сопротивлений, имеющих в самом приборе ($r_1(m)$ и R).

Сопротивление отрезка жилы кабеля до места повреждения находится по формуле

$$R_x = \frac{m \cdot r}{R + m}, \text{М} \quad (4.3)$$

где r – сопротивление двух жил кабеля $(L + L_x + l_x)$, Ом;

R – сопротивление плеча сравнения $\Pi_1 \dots \Pi_4$, Ом;

m - множитель на переключателе плеч отношений (декаде Π_5), он может иметь значения $m 1000$; $m 100$; $m 10$.

В формулу (4.3) подставляется численное значение множителя $m 1000$, $m 100$ и $m 10$. Расстояние от места измерения до места повреждения кабеля определяется по формуле (4-4)

$$L_x = \frac{R_x \cdot S}{\rho}, \text{М} \quad (4.4)$$

Измерение необходимо производить дважды, меняя местами концы жил кабеля, подключенные к зажимам моста «2» и «3». В результате двух замеров определяется расстояние от места измерения до места повреждения по формулам (4.5) и (4.6)

$$R_{x1} = \frac{m_1 \cdot r}{R_1 + m_1}; \quad L_{x1} = \frac{R_{x1} \cdot S}{\rho}, \text{М} \quad (4.5)$$

$$R_{x2} = \frac{m_2 \cdot r}{R_2 + m_2}; \quad L_{x2} = (L + l_x) = \frac{R_{x2} \cdot S}{\rho}, \text{М} \quad (4.6)$$

где m_1 ; m_2 - множитель на декаде плеч отношений Π_5 ;

R_1 ; R_2 - множитель на декаде $\Pi_1 \dots \Pi_4$.

Если сумма $L_x + l_x + L$ значительно отличается от двойной длины кабеля ($2L$), то измерения сделаны неправильно и их следует повторить.

Для уточнения места повреждения кабеля следует (по возможности) произвести измерения с противоположного конца кабеля.

2. Оборудование рабочего места

1. Макет кабельной линии
2. Мост постоянного тока измерительный Р 333
3. Соединительные проводники.

3. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с оборудованием рабочего места.
2. Измерить мостом Р 333 сопротивление двух жил кабеля и определить длину кабеля:
 - подключить к зажимам R_x две исправные жилы кабеля, соединив их на противоположном конце;
 - нажать кнопку «МВ»;
 - декадным переключателем Π_5 установить множитель «n» по

таблице 4.1;

Таблица 4.1. Выбор множителя «n» в зависимости от величины, измеряемого сопротивления

Измеряемое сопротивление, R_x , Ом	Рекомендуемые множители «n»	Напряжение источника питания моста, В		Схема включения
		внутренняя батарея	наружная батарея	
$5 \cdot 10^{-3} \div 0,0999$	0,0001	-	1,5	4-зажим.
$1 \cdot 10^{-1} \div 0,999$	0,0001	-	1,5	4-зажим.
$1 \div 9,999$	0,001	1,5	$1 \div 1,5$	4-зажим.
$10 \div 99,99$	0,01	1,5	$1,5 \div 3$	2-зажим.
$100 \div 999,9$	0,1	1,5	$3 \div 10$	2-зажим.
$1000 \div 9999$	1	1,5	$3 \div 10$	2-зажим.
$10000 \div 50000$	10	1,5	$10 \div 16$	2-зажим.
$10^5 \div 999,9 \cdot 10^3$	100	-	$10 \div 16$	2-зажим.

переключателями «П₁ ... П₄» установить ожидаемое значение R_x ;

нажать кнопку «ЭНИ» и вращением ручки «Баланс» добиться одновременного свечения светодиодов;

нажать кнопку «ПИТ»;

уравновесить мост вращением переключателей «П₁ ... П₄», добиваясь одновременного свечения светодиодов;

вычислить сопротивление по формуле: $R_x = n \cdot R$, Ом,

где n – множитель декады «П₅»,

R – сопротивление плеча сравнения «П₁ ... П₄», Ом;

определить длину двух жил кабеля

$$2L = (L + l_x + L_x) = \frac{R_x \times S}{\rho}, \text{ м}$$

где R_x – сопротивление двух жил кабеля, Ом,

S – сечение жилы кабеля, мм²,

ρ - удельное сопротивление материала жилы кабеля, Ом·мм²/м.

3. Создать искусственное повреждение на макете кабельной линии.

4. Измерить сопротивление жилы кабеля до места повреждения по схеме петли Варлея и определить расстояние до места повреждения кабеля:

нажать кнопку «ПВ»;

подключить к зажимам « R_x » исправную и поврежденную жилы кабеля, соединенные перемычкой на противоположном конце;

подключить заземление к заземляющему зажиму прибора;

установить на декаде «П₅» первоначально $n = 1$;

нажать кнопку «ЭНИ» и вращением ручки «Баланс» добиться одновременного свечения светодиодов;

нажать кнопку «ПИТ»;

уравновесить мост вращением переключателей «П₁ ... П₄», добиваясь одновременного свечения светодиодов;

определить сопротивление до места повреждения кабеля по формуле (4-1);

определить расстояние до места повреждения кабеля по формуле (4-2).

5. Измерить сопротивление жилы кабеля до места повреждения по схеме петли Муррея:

нажать кнопку «ПМ»;

подключить к зажимам «R_x» исправную и поврежденную жилы кабеля, соединенные перемычкой на противоположном конце (если сопротивление двух жил кабеля $r < 400$ Ом, то измерения производятся по четырехзажимной схеме);

подключить заземление к заземляющему зажиму прибора;

установить на декаде «П₅» установить на m1000, m100 или m10;

нажать кнопку «ЭНИ» и вращением ручки «Баланс» добиться одновременного свечения светодиодов;

нажать кнопку «ПИТ»;

уравновесить мост вращением переключателей «П₁ ... П₄», добиваясь одновременного свечения светодиодов;

определить сопротивление до места повреждения кабеля по формуле (4-3);

определить расстояние до места повреждения кабеля по формуле (4-4).

Примечание: измерения необходимо произвести дважды, меняя местами концы жил кабеля, подключенные к зажимам моста «2» и «3», при этом дважды определяется расстояние до места повреждения кабеля: L_x и $L+l_x$.

6. Полученные при измерениях и вычислениях результаты занести в таблицы 4.2, 4.3, 4.4.

Таблица 4.2. Определение длины кабельной линии

n	R, Ом	r, Ом	$L+l_x+l_x=2L$, м

Таблица 4.3. Определение места повреждения по схеме петли Варлея

n	R, Ом	r _x , Ом	L _x , м

Таблица 4.4. Определение места повреждения по схеме петли Муррея

m ₁	R ₁ , Ом	R _{x1} , Ом	L _x , м	m ₂	R ₂ , Ом	R _{x2} , Ом	$L+l_x$, м	L _x , м	$L+l_x+L_x$, м	2L, м

4. Оформление отчета по лабораторной работе

В отчете должны быть представлены следующие материалы:

1. Схемы произведенных измерений (рис. 4.3, 4.4).
2. Заполненные таблицы 4.2, 4.3, 4.4.
3. Выводы по работе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ НА КАБЕЛЬНОЙ ЛИНИИ МЕТОДОМ КОЛЕБАТЕЛЬНОГО РАЗРЯДА

Цель работы:

1. Закрепить теоретические знания об определении мест повреждения на кабельной линии методом колебательного разряда.
2. Получить практические навыки по определению мест повреждения на кабельной линии методом колебательного разряда с помощью измерителя расстояния до места повреждения кабеля Щ 4120.

1. Краткие сведения из теории

Метод колебательного разряда применяется на кабельных линиях, выполненных кабелями с бумажной изоляцией в металлической оболочке, напряжением до 35 кВ. При помощи этого метода можно определить пробой изоляции между жилами или жилами и заземленной оболочкой, в случае если переходное сопротивление в месте повреждения имеет переменное значение. Такой характер повреждения изоляции называется заплывающим пробоем.

Заплывающий пробой в кабеле проявляется в виде короткого замыкания (пробоя) при высоком напряжении и исчезает (заплывает) при низком. Заплывающие пробои в подавляющем большинстве случаев происходят в соединительных муфтах и выявляются при профилактических испытаниях кабелей выпрямленным напряжением.

Для определения места повреждения на кабельных линиях методом колебательного разряда применяются электронный микросекундомер ЭМКС-58 М или измеритель расстояния до места повреждения кабеля Щ 4120.

Измеритель расстояния до места повреждения кабеля Щ 4120 предназначен для определения расстояния до места заплывающего пробоя изоляции в силовых электрических высоковольтных кабелях с бумаго-масляной изоляцией типа СБ, АСБ, ОСБ с номинальным напряжением 6-35 кВ, при испытательном напряжении от 15 до 50 кВ и скоростью распространения электромагнитной волны равной 160 м/мкс.

Прибор позволяет измерить расстояние до места повреждения кабеля в пределах от 40 до 40000 м.

Максимальное значение напряжения, подаваемого на присоединительное устройство, не должно превышать 50 кВ постоянного тока.

Для исключения ложных замеров прибор имеет устройство задержки импульса помехи. Диапазоны регулировки задержки приведены в табли-

це 5.1.

Таблица 5.1. Диапазоны регулировки задержки прибора Щ4120.

Диапазоны регулирования задержки, м	Показание прибора в положении ручки «ЗАДЕРЖКА ПЛАВНО», м	
	минимальное, не более	максимальное, не менее
0	0	0
60÷250	60	270
250÷1500	230	1580
1500÷7500	1420	7880
7500÷40000	7120	42000

Отсчетное устройство прибора обеспечивает:

- а) пятизначную цифровую индикацию;
- б) независимость этих показаний от последующих импульсов, поступающих на вход прибора;
- в) индикацию переполнения счетчика.

Сброс производится вручную, нажатием кнопки «СБРОС». Основная погрешность прибора не превышает ± 30 м.

Суммарная погрешность измерения расстояния до места повреждения кабеля не более значения, определяемого по формуле:

$$\Delta = \pm(30 + 0,025L_x), \quad (5.1)$$

где: 30 - основная погрешность прибора в метрах;

L_x - измеряемое расстояние до места повреждения в метрах.

Устройство и работа прибора.

Определение расстояния до места пробоя в кабеле производится методом колебательного разряда, в основу которого положено измерение времени полупериода колебательного электромагнитного процесса, возникшего при пробое изоляции заряженного кабеля.

Для подавляющего большинства высоковольтных кабелей с бумаго-масляной изоляцией с рабочим напряжением 3-10 кВ и 35 кВ скорость распространения электромагнитной волны равна 160 м/мкс и практически не зависит от типа и сечения кабеля.

Расстояние до места повреждения определяется по формуле:

$$L_x = \frac{V \times T}{2}, \quad (5.2)$$

где: T - время половины периода колебаний, измеренное прибором, мкс;

V - скорость распространения электромагнитной волны в кабеле, м/мкс.

Для скорости распространения электромагнитной волны, равной 160 м/мкс расстояние до места повреждения будет определяться по формуле:

$$L_x = 80T, \quad (5.3)$$

Таким образом, шкала прибора, измеряющего интервал времени, может быть градуирована непосредственно в метрах. Такая градуировка выполнена в приборе Щ 4120.

При измерении расстояния до места пробоя в кабельной линии (рис. 5.1) напряжение заряда плавно поднимают до пробоя в кабеле.

Для исключения влияния внутреннего сопротивления высоковольтной установки на колебательный процесс включается резистор R , сопротивление которого выбирается значительно выше волнового сопротивления кабельной линии (0,5 - 10 кОм).

При наличии дефекта в изоляции кабельной линии происходит пробой в месте повреждения. Короткое замыкание в заряженном кабеле порождает электромагнитные волны, которые распространяются от места пробоя в кабеле к началу кабельной линии и к ее концу. График движения электромагнитных волн показан на рис.5.2. Распространяющаяся электромагнитная волна подвержена затуханию. Наибольшему затуханию подвержены высокочастотные составляющие волны. Поэтому, с течением времени пробега волны происходит все большее «округление» фронта волны и уменьшение амплитуды.

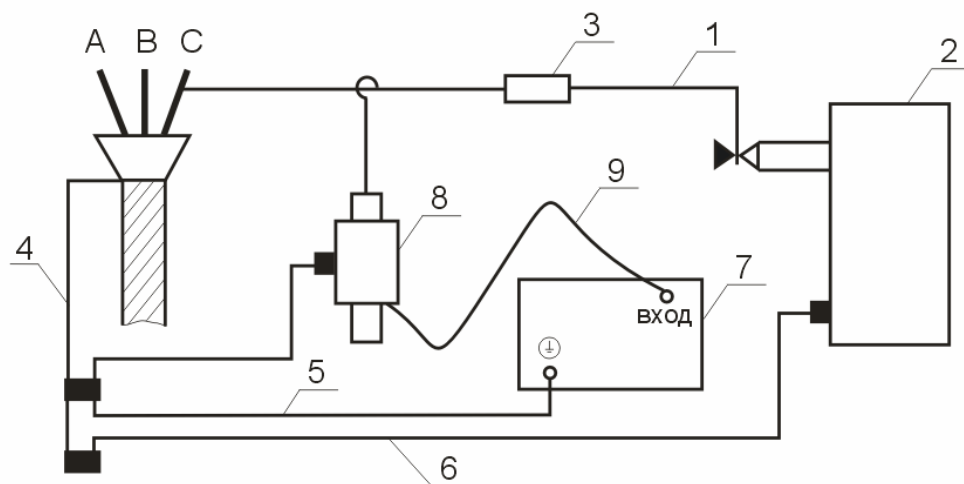


Рис. 5.1. Схема включения прибора при измерении расстояния до места пробоя в трехфазном кабеле:

- 1 - провод высокого напряжения; 2 - высоковольтная выпрямительная установка;
- 3 - зарядное сопротивление; 4 - шина контура заземления; 5 - цепь заземления прибора Щ 4120;
- 6 - цепь заземления высоковольтной выпрямительной установки; 7 - прибор Щ 4120;
- 8 - соединительное устройство; 9 - соединительный кабель

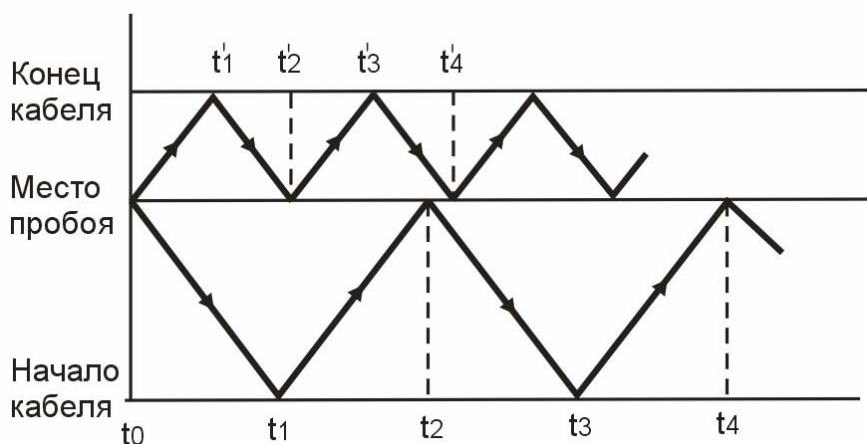


Рис. 5.2. График движения электромагнитных волн:

t_0 - время момента пробоя изоляции кабеля, мкс;

t_1 - время прихода электромагнитной волны к началу кабеля, мкс;

t_2 - время прихода отраженной волны к месту пробоя кабеля, мкс, и т.д.

Эпюры напряжения колебательного процесса при пробое заряженной кабельной линии, снятые на зажимах кабеля, показаны на рис. 5.3,а.

Присоединительное устройство и входные цепи прибора дифференцируют напряжение колебательного процесса, на вход прибора поступают управляющие импульсы, согласно рис. 5.3,б.

Импульс положительной полярности (момент времени t_1) запускает измерительный прибор, а отрицательной полярности (момент времени t_3) останавливает.

Измеренное время определяется по формуле:

$$T = t_1 + t_2, \quad (5.4)$$

За это время волна напряжения проходит расстояние от начала кабельной линии до места пробоя и назад - от места пробоя к началу, т.е. две измеряемые длины. Расстояние до места пробоя определяется по формуле (5-2).

В кабельных линиях имеются значительные неоднородности волнового сопротивления по длине линии, вызванные соединением кабелей различных типов и сечений, а также некоторыми видами соединительных муфт.

Такие неоднородности накладывают на колебательный процесс в кабеле дополнительные отражения электромагнитных волн (рис. 5.4).

Отражение от места неоднородности создает импульсы помехи в момент времени t_{n1} и t_{n2} , которые могут остановить процесс измерения до момента t_3 и тем самым вызвать ложное измерение.

Эпюры напряжений для этого случая измерения показаны на рис.5.5. Ложные измерения, происходящие от помех, могут быть исключены путем уменьшения чувствительности прибора и введения импульсов задержки.

Конструкция прибора.

Конструктивно прибор выполнен в виде переносного прибора. Органы управления и присоединения расположены на передней и задней панели и имеют соответствующие надписи,

На лицевой панели прибора расположены:

разъем «ВХОД» - для присоединения присоединительного устройства;

переключатель «РАБОТА» - «КОНТРОЛЬ» - для коммутации цепей схемы прибора при измерении расстояния до места повреждения кабеля и при измерении длительности импульса задержки;

ручка «УСИЛЕНИЕ» - для отстройки от импульсов помехи;

кнопка «ПУСК ЗАДЕРЖКИ» - для пуска одновибратора при измерении длительности импульсов задержки;

переключатель «ЗАДЕРЖКА М» - для выбора диапазона измерения длительности импульсов задержки;

ручка «ЗАДЕРЖКА ПЛАВНО» - для плавного изменения длительности импульсов задержки;

цифровое табло - для визуального считывания результатов измерения;

лампа «ГОТОВ» - для индикации готовности прибора к измерению;

лампа «ПЕРЕПОЛНЕНИЕ СЧЕТЧИКА» - для индикации переполнения счетчика, (загорается при ложных измерениях);

кнопка «СБРОС» - для приведения прибора в состояние готовности к измерению и сброса показаний;

зажим «┴» - для подключения прибора к контуру защитного заземления.

На задней панели прибора расположены:

штепсельная колодка «~220V 50 Hz» - для подключения прибора к питающей схеме;

держатель предохранителя «0,5А».

В комплекте с прибором поставляется присоединительное устройство, предназначенное для присоединения прибора к кабелю, находящемуся во время измерений под высоким испытательным напряжением, и изоляции прибора от высокого напряжения.

Присоединительное устройство конструктивно выполнено в виде законченного блока (рис. 5.6) и его электрическая схема показана на рис. 5.7.

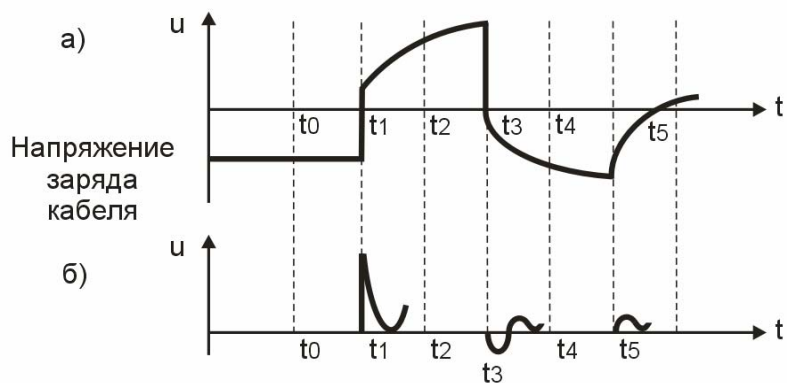


Рис. 5.3. Этюры напряжения колебательного процесса при пробое изоляции заряженного кабеля:
 а - напряжение на зажимах кабеля; б - напряжение на входе прибора

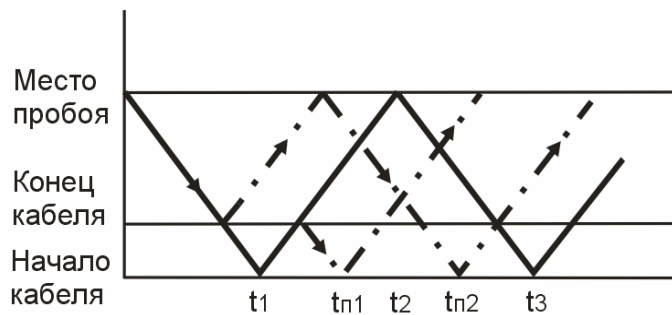


Рис. 5.4. График движения электромагнитных волн на линии с неоднородностью волнового сопротивления

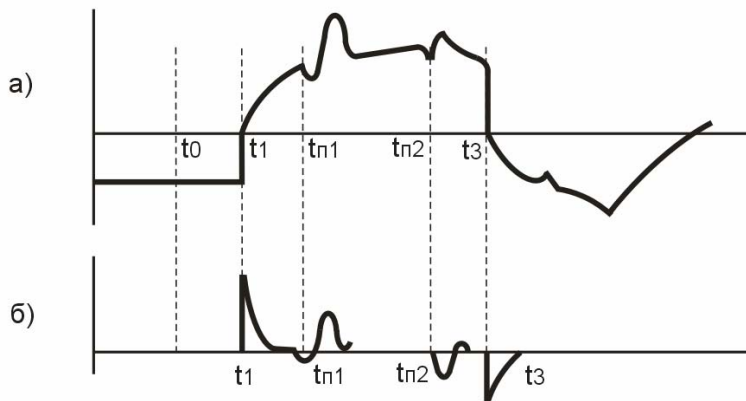


Рис. 5.5. Этюры напряжения колебательного процесса при пробое:
 а - напряжение на зажимах кабеля; б - напряжение на входе прибора

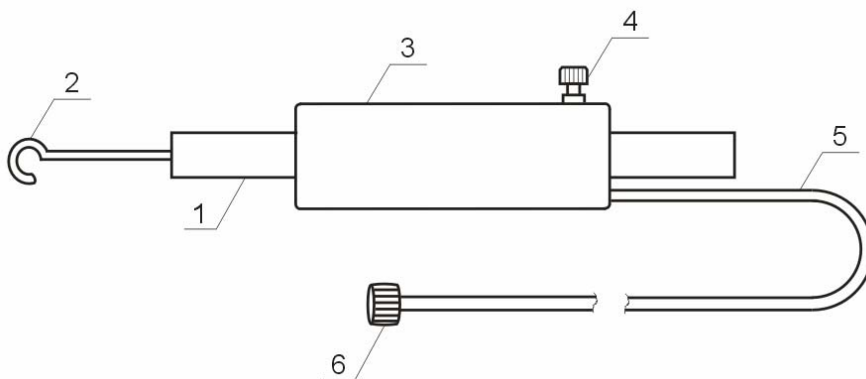


Рис. 5.6. Общий вид присоединительного устройства:

1 - изоляционная труба, которая является высоковольтным изолятором между внутренним и внешним электродами конденсатора присоединительного устройства; 2 - вывод внутреннего электрода для присоединения присоединительного устройства к испытываемой жиле кабеля; 3 - экран для предохранения внешних обкладок конденсатора присоединительного устройства; 4 - клемма для соединения присоединительного устройства с контуром защитного заземления; 5 - кабель для присоединения присоединительного устройства к прибору.

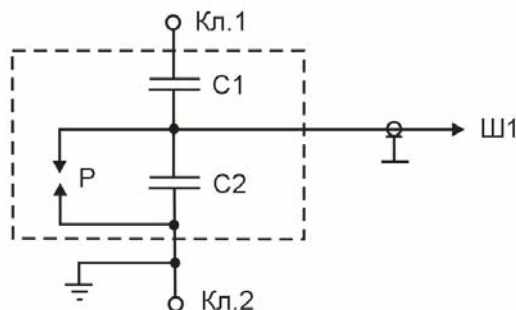


Рис. 5.7. Схема принципиальная электрическая присоединительного устройства.

Меры безопасности при работе с прибором.

При работе с прибором необходимо:

- а) заземлить надежно рабочее место, где будет установлен прибор;
- б) произвести присоединение прибора только к отключенному от цепей высокого напряжения кабелю;
- в) заземлить надежно корпус прибора Щ 4120, экран присоединительного устройства, корпус высоковольтной установки голым гибким медным проводом сечением не менее 4 мм;
- г) не отключать высокочастотные разъемы, подходящие к прибору от присоединительного устройства при подаче высокого напряжения на измеряемый кабель;
- д) выполнить защитные мероприятия, предупреждающие прикосновения и приближения на опасное расстояние к цепям высокого напряжения.

Подготовка прибора к работе.

1. Собрать схему в соответствии с рис. 5.1 перед проведением измерения расстояния до места повреждения кабеля.

2. При сборке схемы необходимо соблюдать следующие условия:

а) высоковольтная выпрямительная установка должна иметь заземленный плюс, т.е. создать заряд на кабеле отрицательного потенциала по отношению к земле. Несоблюдение полярности высоковольтной установки не обеспечит правильности измерений;

б) цепи заземления должны быть по возможности короткими по отношению к заземленной муфте концевой разделки испытуемого кабеля. Провода заземления не должны иметь витков, создающих индуктивное сопротивление;

в) присоединительное устройство необходимо устанавливать по возможности ближе к зажимам кабеля так, чтобы соединительный провод между кабелем и присоединительным устройством был не более 3 м;

г) зарядное сопротивление должно быть расположено непосредственно у места подключения присоединительного устройства;

д) жилы кабеля, не подвергающиеся испытанию высоким напряжением, должны быть изолированы от земли;

е) соединительный кабель присоединительного устройства подключается к входному коаксиальному гнезду прибора Щ 4120 согласно схеме рис. 5.1.

3. Проверить перед измерением расстояния до места пробоя кабеля:

выполнение требований мер безопасности;

правильность присоединения прибора.

4. Подключить прибор при помощи шнура питания к сети; включить прибор кнопкой «СЕТЬ» и прогреть его в течение 30 мин.

5. Проверить работоспособность прибора путем измерения установленной величины задержки.

Для этого произвести следующие операции:

а) установить переключатель «РАБОТА» - «КОНТРОЛЬ» в положение «КОНТРОЛЬ»;

б) установить ручку «ЗАДЕРЖКА ПЛАВНО» в крайнее правое положение;

в) установить переключатель «ЗАДЕРЖКА М» в положение «60-250»;

г) нажать кнопку «СБРОС», при этом должна светиться лампа «ГОТОВ» и высвечиваться нули на цифровом табло индикатора;

д) нажать кнопку «ПУСК ЗАДЕРЖКИ», при этом на цифровом табло появится результат измерения задержки не менее 250 м; лампа «ГОТОВ» должна погаснуть.

6. Подготовить прибор к проведению измерений. Для этого произвести следующие операции:

установить переключатель «РАБОТА» - «КОНТРОЛЬ» в положение "РАБОТА"

установить переключатель «ЗАДЕРЖКА М» в положение «0»;

установить ручку «УСИЛЕНИЕ» в крайнее левое положение (выключено) нажать кнопку «СБРОС», при этом должна загореться лампа «ГОТОВ», на цифровом табло должны высвечиваться нули. Прибор готов к работе.

Порядок работы с прибором.

1. Режим измерения (рис. 5.1):

произвести плавно подъем напряжения на кабельной линии от высоковольтной установки до напряжения пробоя, но не выше значения, регламентируемого местными эксплуатационными инструкциями для данной кабельной линии;

при пробое изоляции в кабеле прибор производит измерение и самоблокируется, при этом гаснет лампа «ГОТОВ», цифровое табло показывает результат измерения, повторные пробои в кабеле не влияют на показание прибора;

нажать кнопку «СБРОС».

2. Отключение прибора после измерений.

Прежде чем начать разбирать схему измерения, необходимо:

а) отключить питание высоковольтной испытательной установки от схемы;

б) заземлить провод высокого напряжения, идущий от высоковольтной установки; заземление должно быть видимым и непосредственно на зажимах установки;

в) разрядить все жилы кабельной линии;

г) отключить сетевое питание прибора от сети.

Только при полной гарантии обесточивания схемы со стороны как высокого, так и низкого (сетевого) напряжения и заземления цепей высокого напряжения можно производить разборку схемы.

2. Оборудование рабочего места

1. Силовой кабель.
2. Аппарат АИИ-70М.
3. Прибор Щ 4120.
4. Присоединительное устройство.
5. Зарядное сопротивление.
6. Электрозащитные средства.
7. Соединительные проводники.

3. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с оборудованием рабочего места.
2. Собрать схему для измерения расстояния до места пробоя в кабеле (рис. 5.1).
3. Подключить прибор Щ 4120 при помощи шнура питания к сети и включить прибор кнопкой «СЕТЬ».
4. Проверить работоспособность прибора путем измерения установленной величины задержки.
5. Подготовить прибор Щ 4120 к проведению измерений.
6. Проверить исправность электрозщитных средств.
7. Включить аппарат АИИ-70М. Проверить работоспособность блокировок и защит.
8. Произвести плавно подъем напряжения на кабеле от аппарата АИИ-70М до напряжения пробоя и появления цифр на табло прибора Щ 4120.
9. Записать результат измерения при условии, что лампа «ПЕРЕПОЛНЕНИЕ СЧЕТЧИКА» не горит. Если лампа «ПЕРЕПОЛНЕНИЕ СЧЕТЧИКА» загорается, то измерение выполнено неправильно и его необходимо повторить.
10. Для более точного определения расстояния до места пробоя в кабеле выполнить еще два измерения согласно п.9., убедившись при этом, что разница между наибольшим и наименьшим показаниями прибора не превышает 30м.
11. Определить расстояние до места пробоя в кабеле как среднее арифметическое значение трех результатов измерений. На основании полученных результатов заполнить таблицу 5.2.
12. Снять напряжение с кабеля и отключить от сети аппарат АИИ-70М и прибор Щ 4120.
13. Снять заряд с провода высокого напряжения и заземлить его;
14. Разобрать схему и навести порядок на рабочем месте.

Таблица 5.2. Результаты произведенных измерений

L ₁	L ₂	L ₃	L ₄

4. Оформление отчета по лабораторной работе

В отчете должны быть представлены следующие материалы:

1. Технические данные прибора Щ 4120.
2. Схема подключения прибора Щ 4120 при измерении расстояния до места пробоя в трехфазном кабеле (рис. 5.1).
3. Заполненная таблица с результатами измерений.
4. Выводы по работе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ НА КАБЕЛЬНОЙ ЛИНИИ ИМПУЛЬСНЫМ МЕТОДОМ

Цель работы:

1. Закрепить теоретические знания об определении мест повреждения на кабельной линии импульсным методом.
2. Получить практические навыки по определению мест повреждения на кабельной линии импульсным методом с помощью измерителя неоднородностей кабелей Р5-9.

1. Краткие сведения из теории

Импульсный метод определения мест повреждения на кабельных линиях основан на измерении времени пробега от места измерения до места повреждения и обратно короткого импульса, посылаемого в линию.

При этом расстояние до места повреждения определяется из выражения

$$\ell_x = \frac{t_x}{2} \cdot v,$$

где ℓ_x - расстояние до места повреждения, м;

v – скорость распространения импульса, равна для силовых кабельных линий 3...10кВ 160 ± 1 м/мкс

Процесс посылки импульса в кабель отражается на экране электронно-лучевой трубки прибора. Время пробега импульса (t_x) измеряют с помощью специальных калибровочных импульсов, следующих друг за другом через определенное время (2 мкс) и также наблюдаемых на экране ЭЛТ (линия масштабных отметок времени).

Расстояние до места повреждения определяется по экрану так:

$$\ell_x = n \cdot v, \tag{6.1}$$

где n - количество масштабных отметок времени на экране от места измерения до места повреждения.

Полярность отраженного импульса указывает на характер изменения волнового сопротивления в месте повреждения. Выброс вверх соответствует увеличению волнового сопротивления (обрыв), выброс вниз - уменьшение волнового сопротивления (короткое замыкание).

В начале измерений прибор подключают к исправной жиле, отмечают картину распространения импульса и определяют какому количеству масштабных отметок времени n соответствует полная длина линии. При

известной длине кабеля фактическая скорость распространения импульса в линии определяется по формуле

$$v = \frac{L}{n} \quad [\text{м/мкс}], \quad (6.2)$$

где L – полная длина кабеля, м.

После переключения прибора на поврежденную жилу расстояние определяют по формуле (6-1), скорость распространения импульса принимают равной 160 м/мкс.

Картина, наблюдаемая на экране прибора на рис. 6.1.

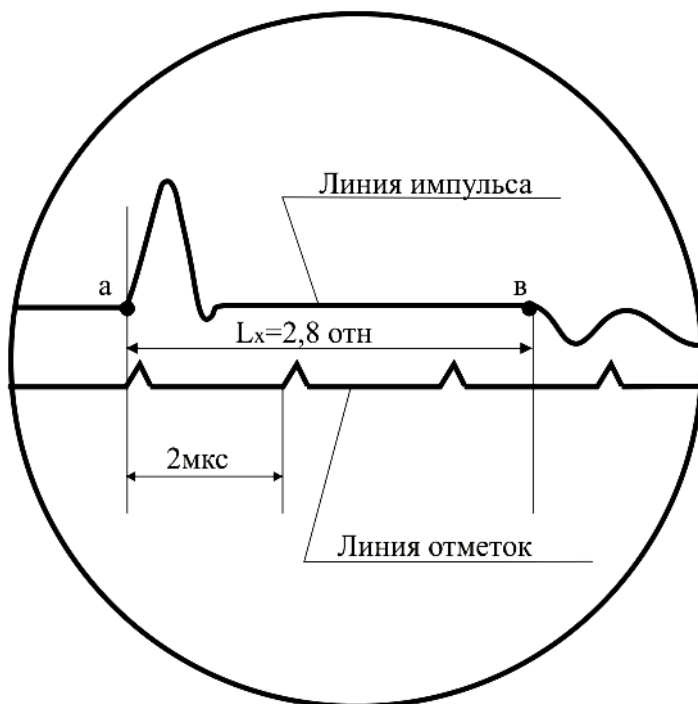


Рис. 6.1. Изображение на экране прибора при определении места повреждения в кабельной линии (короткое замыкание)

Импульсный метод применяется на кабельных линиях любых напряжений, выполненных кабелями любых марок, для определения всех видов повреждений (замыкание жилы на оболочку, двух или трех жил между собой и на землю в одном месте обрыв токоведущих жил без заземления и с замыканием на землю) при условии, что переходное сопротивление в месте повреждения не превышает 200 Ом.

Для определения места повреждения на кабельных линиях применяют измерители неоднородностей кабеля Р5-9, Р5-9/1 или аналогичные им приборы.

Отличительной особенностью Р5-9 относительно Р5-9/1 является наличие встроенного автономного источника питания - батареи аккумуляторов.

Приборы Р5-9 и Р5-9/1 предназначены для:

обнаружения импульсным методом повреждения в кабелях и определения его характера (обрыв, короткое замыкание);

обнаружения сосредоточенной неоднородности волнового сопротивления измеряемого кабеля (неоднородности от резкого снижения сопротивления изоляции, нарушения контакта, вставок и т.д.);

определения расстояния до неоднородности (повреждения).

Отсчет измеряемого расстояния производится непосредственно в единицах длины. Данные измерения приборы обеспечивают на кабелях различных типов с волновым сопротивлением от 10 до 1000 Ом длиной до 10 км при максимальном затухании отраженного сигнала относительно посылаемого 50 дБ.

Разрешающая способность приборов позволяет производить измерения на участках кабелей начиная с $1 \div 1,5$ м.

Погрешность измерения расстояния от конечного значения диапазона, в рабочих условиях не превышает $\pm 1\%$.

Условия эксплуатации:

рабочая температура окружающего воздуха от минус 30°C до плюс 50°C ;

относительная влажность воздуха до 98 % при температуре до 35°C .

Прибор рассчитан на питание от сети постоянного тока напряжением $27 \text{ В} \pm 10\%$, от встроенного автономного источника питания и от сети переменного тока напряжением $220 \text{ В} \pm 10\%$, частотой 50, 400 Гц.

Все измерения производятся на отключенной с обеих сторон линии. Во избежание выхода прибора из строя необходимо предварительно разрядить линию, замкнув жилы между собой и на заземляющую шину.

В приборе имеются источники высокого напряжения + 2200В, – 700В, + 220В, ~ 220В, поэтому категорически запрещается работа с прибором, если его корпус не заземлен.

Органы управления, подсоединения и контроля прибора размещены на передней панели прибора (рис. 6.2).

Назначение органов управления приведено в таблице 6.1.

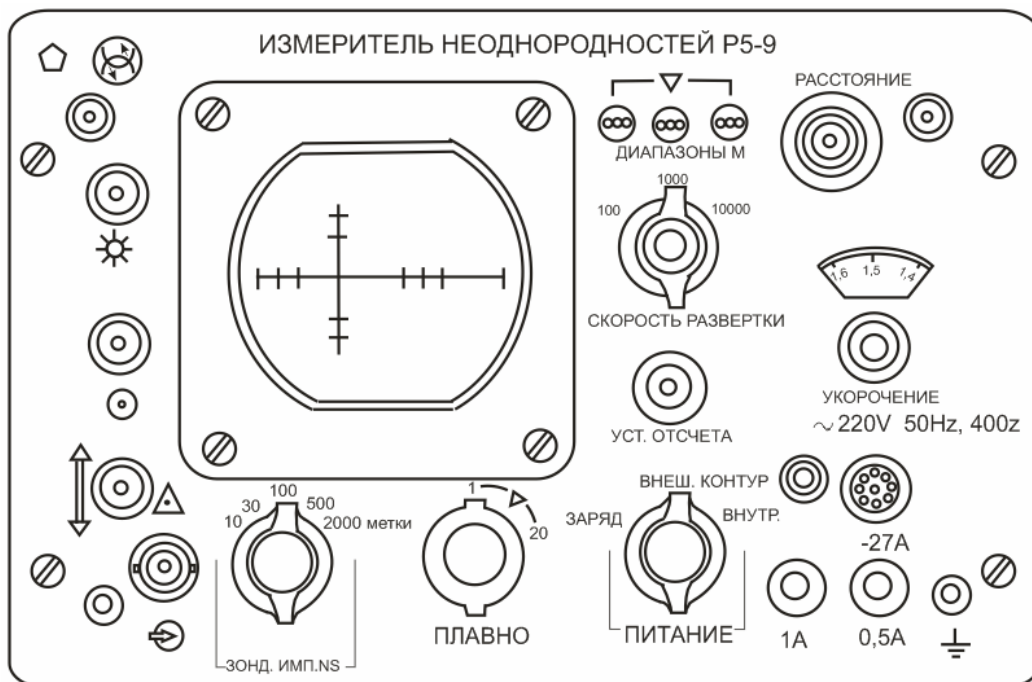





Рис. 6.2. Лицевая панель прибора P5-9

Таблица 6.1. Назначение органов управления прибора P5-9

Обозначение органов управления	Назначение органов управления
1. Ручка «ПИТАНИЕ»	Выбор вида работы: «ЗАРЯД», «ОТКЛ.», «ВНЕШ.», «КОНТР.», «ВНУТР.»
2. Ручка «РАССТОЯНИЕ»	Управление калиброванной задержкой развертки, предназначенное для определения расстояния до неоднородности.
3. Ручка «УКОРОЧЕНИЕ»	Установка коэффициента электромагнитной волны (ЭМВ) испытуемого кабеля.
4. Ручка «СКОР. РАЗВ.»	Плавное изменение скорости развертки для изменения масштаба просматриваемой линии.
5. Ручка «ДИАПАЗОНЫ М»	Переключение диапазона измерения расстояния: I диапазон – «100» II диапазон – «1000» III диапазон – «10000»

Обозначение органов управления	Назначение органов управления
6. Ручка «ЗОНД. ИМП. ns»	Регулировка длительности зондирующего импульса.
7. Ручка «∇»	Включение меток и усилителя проходящих сигналов (УПС).
8. Ручка «ПЛАВНО»	Плавная регулировка усиления УПС.
9. Ручка «☼»	Регулировка яркости луча.
10. Ручка «◎»	Регулировка фокусировки луча.
11. Ручка «УСТ. ОТСЧЕТА»	Перемещение импульсной характеристики по горизонтали.
12 Ручка «Φ»	Перемещение луча по вертикали.
13. Разъем  »	Подключение соединительного кабеля
14. Разъем «220V, 50,400Hz»	Подключение шнуров питания от сети переменного и постоянного тока.
15.Клемма 	Заземление корпуса прибора.
16. Держатели предохранителей «1 А», «0,5 А»	Защита прибора по постоянному и переменному току.
17. Выведенные шлицом потенциометры  »	Калибровка шкалы «РАССТОЯНИЕ».
18. Индикаторная лампа Л2	Контроль включения прибора.

Порядок работы с прибором Р5-9

1. Подготовка прибора к включению.
 - 1.1. Произвести внешний осмотр прибора и убедиться в отсутствии механических повреждений и неисправностей.
 - 1.2. Установить прибор в удобное для работы положение вертикальное или горизонтально-наклонное.
 - 1.3. Установить органы управления в исходное положение:
 - «РАССТОЯНИЕ» - «0»;
 - «СКОР. РАЗВ.» - в крайнее левое;
 - «∇» - «I»;
 - «ПЛАВНО» - в среднее;
 - «ПИТАНИЕ» - «ОТКЛ.».
 - 1.4. Подключить к разъему питания прибора соответствующий шнур.
 - 1.5. Заземлить прибор.
 - 1.6. Подключить шнур питания к питающей сети.
2. Включение прибора и проверка на функционирование.
 - 2.1. Установить ручку «ПИТАНИЕ» в положение «ВНЕШ.» при подключении прибора к внешней сети или в положение «ВНУТР.» при питании от внутреннего источника. При этом должна загореться индика-

торная лампа, и через $0,5 \div 2$ мин. на электронно-лучевой трубке (ЭЛТ) появляется линия развертки.

2.2. Проверить прибор на функционирование.

Для этого ручками «*», «⊙», «Φ» необходимо отрегулировать яркость, фокусировку и положение луча на экране ЭЛТ.

Положение линии развертки должно быть на середине экрана ЭЛТ. Включить переключателем «∇» метки. При этом на линии развертки должны появиться масштабные метки времени.

3. Подготовка к проведению измерений.

3.1. **ВНИМАНИЕ!** Во избежание выхода из строя прибора все измерения необходимо производить на отключенной с обеих сторон и разряженной линии.

3.2. Подключить к прибору соединительный кабель.

3.3. Установить переключатель «ДИАПАЗОНЫ М» в положение, соответствующее длине испытуемого кабеля.

Результат измерения расстояния до неоднородности (временной задержки) будет более точным, если отсчет производить в конце диапазона измерения.

3.4. Установить ручку «УКОРОЧЕНИЕ» в положение, соответствующее значению коэффициента укорочения ЭМВ в испытуемом кабеле.

Значения коэффициентов укорочения волны для ряда типов кабелей приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2. Коэффициенты укорочения волны для различных типов линий

Тип линии	Скорость распространения импульсного сигнала, м/мкс	Коэффициент укорочения ЭМВ
Воздушные линии электропередачи 35 – 110 – 220 - 400 кВ	295	1,02
Воздушные линии связи, бронза	286	1,05
Воздушные линии связи, сталь	230	1,3
Кабели силовые энергетические	150÷158	1,9÷2,0
Коаксиальные высокочастотные кабели: кабели с полиэтиленовой изоляцией (РК-52-П, РК-75-4-16);	200	1,51
кабели с полувоздушной изоляцией (РК-150-7-1);	250	1,2
кабели с фторопластовой изоляцией	213	1,41

3.5. При измерениях кабелей больших длин или, с большим затуханием ручку «ЗОНД. ИМП. ns» установить в одно из положений «100», «500», или «2000», а переключатель «∇» в положение «20».

3.6. Ручкой «УСТАН. ОТСЧЕТА» совместить фронт зондирующего импульса с отсчетной риской на шкале ЭЛТ.

3.7. Подключить к соединительному кабелю измеряемый кабель. Штекер, соответствующий выводу средней жилы соединительного кабеля, подсоединяется к незаземленной жиле измеряемого кабеля. Штекер с маркировкой «1», соответствующий выводу оболочки соединительного кабеля, подсоединяется к заземленной оболочке кабеля.

4. Проведение измерений.

4.1. Обнаружение повреждения на кабельной линии и определение расстояния до него производится в следующем порядке:

подключить к разъему « \ominus » прибора соединительный высокочастотный (в.ч.) кабель;

выбрать необходимый диапазон измерения, исходя из ожидаемой длины кабеля;

установить ручку «УКОРОЧЕНИЕ» в положение, соответствующее значению коэффициента укорочения волны для данного типа кабеля (коэффициент укорочения - паспортная величина, определяемая по справочнику или по табл. 6 -2);

установить тумблер «ЗОНД ИМП. ns» в положение «10» или «30» при испытании кабелей малых длин и в положение «100» при испытании кабелей с большим затуханием или при плохом согласовании, если измерения производятся на диапазонах 100 м и 1000 м. При измерении на диапазонах 1000 и 10000 м длительность зондирующего импульса устанавливается равной «100», «500» или «2000» в зависимости от длины кабеля и затухания;

совместить ручкой «УСТ. ОТСЧЕТА» фронт зондирующего импульса с отсчетной рисккой на шкале ЭЛТ;

подключить к соединительному кабелю испытуемый кабель;

произвести осмотр импульсной характеристики (ИХ) линии на экране ЭЛТ путем вращения ручки «РАССТОЯНИЕ» вправо;

отыскать всплеск на ИХ линии, соответствующий отражению от неоднородности места предполагаемого повреждения линии;

установить характер повреждения (рис. 6.3);

вращением ручки «РАССТОЯНИЕ» совместить фронт отраженного сигнала с отсчетной рисккой;

произвести отсчет расстояния до неоднородности по шкале «РАССТОЯНИЕ» с учетом положения ручки «ДИАПАЗОНЫ М».

Отсчетное устройство «РАССТОЯНИЕ» имеет две шкалы: грубую - 10 делений и точную - 100 делений.

Отсчет производится следующим образом:

$$L_x = \ell_d (N \cdot 10^{-1} + n \cdot 10^{-3})$$

где L_x - измеряемое расстояние, м;

ℓ_d - показание ручки «ДИАПАЗОНЫ М», м;

N - показание грубой шкалы;

n - показание точной шкалы.

Пример отсчета:

показание грубой шкалы – 2;

показание точной шкалы – 36;

диапазон измерения – «100»

$$L_x = 100(2 \cdot 10^{-1} + 36 \cdot 10^{-3}) = 23,6 \text{ м}$$

Для повышения точности измерений из результата отсчета необходимо вычесть длину соединительного кабеля в.ч.;

4.2. Если линия протяженная и прибор показал повреждение в конце ее, то для большей точности желательно произвести измерение с другого конца.

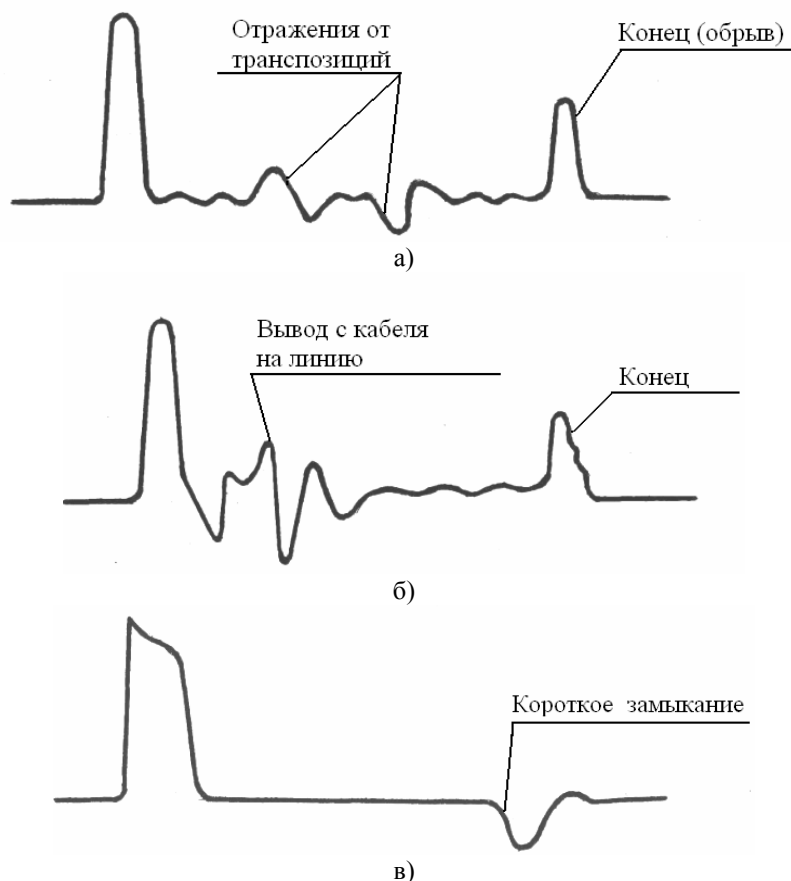


Рис. 6.3. Импульсные характеристики линий различного назначения:
а) линия электропередачи; б) линия связи (бронза); в) воздушная линия связи (сталь)

2. Оборудование рабочего места

1. Макет кабельной линии.
2. Измеритель неоднородностей кабелей P5-9.
3. Соединительные проводники.

3. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с оборудованием рабочего места.
2. Подготовить прибор P5-9 к включению.
3. Включить прибор P5-9 и проверить его на функционирование.
4. Подготовить прибор P5-9 к проведению измерений.
5. Измерить длину кабельной линии.
6. На макете кабельной линии создать обрыв и определить расстояние до места повреждения.
7. Устранить обрыв на макете кабельной линии и создать искусственное короткое замыкание. Определить расстояние до места повреждения.
8. Полученные при измерениях данные занести в табл. 6.3.

Таблица 6.3. Результаты произведенных измерений

Измеряемое расстояние	ℓ_d	N	n	L _x
до конца кабельной линии до места обрыва до места короткого замыкания				

4. Оформление отчета по лабораторной работе

В отчете должны быть представлены следующие материалы:

1. Рисунки импульсных характеристик кабельной линии, полученных на ЭЛТ прибора, при проведении всех измерений.
2. Расчет расстояния до неоднородностей кабеля на основании проведенных измерений и заполненная таблица 6-3.
3. Выводы по работе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

ПРОВЕРКА И ПОДГОТОВКА К ЭКСПЛУАТАЦИИ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Цель работы:

1. Закрепить теоретические знания о подготовке к эксплуатации асинхронных электродвигателей.
2. Получить практические навыки по проверке и подготовке к эксплуатации асинхронных электродвигателей.

1. Краткие - сведения из теории

При подготовке асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором к эксплуатации выполняются следующие приемно-сдаточные испытания.

1. Определение возможности включения электродвигателей напряжением выше 1000В без сушки.

2. Измерение сопротивления изоляции:

а) обмотки статора электродвигателя напряжением до 1000В мегаомметром на напряжение 1000В (R_{60} должно быть не менее 0,5 Мом при 10...30°C);

б) обмотки ротора электродвигателей с фазным ротором мегаомметром на напряжение 500В (сопротивление изоляции должно быть не менее 0,2 МОм)

3. испытание повышенным напряжением промышленной частоты.

4. Измерение сопротивления по постоянному току:

а) обмоток статора и ротора электродвигателей мощностью 300 кВт и более (разница между измеренными сопротивлениями обмоток различных фаз или между измеренными и заводскими данными допускается не более 2%);

б) у реостатов и пускорегулировочных сопротивлений измеряется общее сопротивление и проверяется целостность отпаяек. Разница между измеренным сопротивлением и паспортными данными допускается не более 10%.

5. Измерение зазоров между стальной ротора и статора. Разница между воздушными зазорами в диаметрально противоположных точках, сдвинутых относительно оси ротора на 90°, и средним воздушным зазором допускается не более 10%.

6. Измерение зазоров в подшипниках скольжения. Предельные зазоры в подшипниках приведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1. Максимально допустимые зазоры в подшипниках-скольжения

Номинальный диаметр вала, мм	Зазоры, мм при частоте вращения, об/мин.		
	<1000	1001...1500	>1500
19-30	0,04-0,193	0,06-0,13	0,14-0,28
31-50	0,05-0,112	0,075-0,16	0,17-0,34
51-80	0,065-0,135	0,095-0,195	0,2-0,4
81-120	0,08-0,16	0,12-0,235	0,23-0,46
121-180	0,1-0,195	0,15-0,285	0,26-0,53
181-260	0,12-0,255	0,18-0,30	0,3-0,6
261-360	0,14-0,25	0,21-0,38	0,34-0,68
361-500	0,17-0,305	0,25-0,44	0,38-0,76

7. Измерение вибрации подшипников электродвигателей. Допустимые значения вибрации подшипников в таблице 7.2.

Таблица 7.2. Максимально допустимая вибрация подшипников электродвигателя

Синхронная частота вращения, об/мин	3000	1500	1000	750 и ниже
Допустимая амплитуда вибрации подшипника, мкм	50	100	130	160

8. Измерение разбега ротора в осевом направлении для электродвигателей, имеющих подшипники скольжения (допустимо значение разбега 2...4 мм).

9. Испытание воздухоохладителя гидравлическим давлением 0,2...0,25МПа (2...2,5кгс/см²) Продолжительность испытания 10мин.

10. Проверка работы электродвигателя на холостом ходу или с ненагруженным механизмом. Значение тока холостого хода не нормируется. Продолжительность проверки не более 1 часа.

11. Проверка работы электродвигателя под нагрузкой.

Электродвигатели до1000В испытываются по пунктам 2, 4б, 10, 11; напряжением выше 1000В по пунктам 1÷4,7,9÷11. Электродвигатели поступающие на монтаж в разобранном виде, испытываются по пунктам 5, 6, 8 дополнительно.

При наладке электродвигателя часто возникает необходимость в дополнительных измерениях и испытаниях.

2. Внешний осмотр и проверка механической части.

При внешнем осмотре проверяется:

1) чистота помещения, где установлена электрическая машина;

- 2) комплектность поставки (наличие всех деталей, паспортного и клеммного щитков и необходимых обозначений на них);
- 3) соответствие паспортных данных техническим условиям;
- 4) наличие и содержание технической документации по ревизии и ремонту;
- 5) заполнение подшипников смазкой до заданного уровня и отсутствие утечки масла;
- 6) соответствие направления вращения;
- 7) наличие заземляющей проводки и качество соединения;
- 8) состояние соединительной муфты;
- 9) целостность изоляции и соединений видимых частей обмоток и выводов;
- 10) чистота поверхностей двигателя;
- 11) отсутствие трещин подшипниковых щитов, лап и статорины;
- 12) отсутствие деформации вала или забоин на его поверхности;
- 13) наличие шпонки в шпоночной канавке на свободном конце вала;
- 14) отсутствие на внутренних частях машины посторонних предметов (просвечивание, проверка шнуром, продувка сухим чистым воздухом).

3. Проверка смазки подшипников и легкости вращения вала электродвигателя

Для проверки смазки отвертываются болты крепления крышек подшипников, причем вместо первого отвернутого болта ввертывается шпилька, длина которой больше, чем длина болта, на 20-30 мм для удобства последующей установки крышек на место. Сдвигаются крышки подшипников и проверяется количество и качество смазки подшипников.

Камеры подшипников качения должны быть заполнены смазкой на 2/3 объема, при скорости вращения электродвигателя до 1500 об/мин и 1/2 объема при скорости вращения 3000 об/мин.

При тугей набивке смазки подшипники сильно нагреваются, и смазка вытекает.

Качество смазки оценивается визуально - смазка должна быть чистой, маслянистой на ощупь, не должна содержать твердых частиц, более вязких включений или воды. В противном случае смазка должна быть заменена, а подшипники и камеры для смазки должны быть промыты в дизельном топливе и продуты сжатым воздухом или просушены.

При выборе марки смазки необходимо руководствоваться следующим правилом - температура подшипников электродвигателя во время работы бывает на 25-30° С выше температуры воздуха вблизи подшипников.

Марки смазок для подшипников качения, в зависимости от различных условий работы подшипников, приведены в таблице 7.3.

Таблица 7.3. Марки смазок подшипников качения электродвигателей

Наименование и марки смазки	Условия работы подшипников
Универсальная среднеплавкая УС-3 (солидол жировой Т)	Работа при повышенной влажности и при температуре не выше 75°C
Универсальная тугоплавкая водостойкая УТВ (смазка 1-13 жировая)	Работа при повышенной влажности и при температуре не выше 90°C
Универсальная тугоплавкая УТ-1 (консталин жировой)	Работа в сухих помещениях и при температуре не выше 115°C
Универсальная тугоплавкая УТ-2 (консталин жировой)	Работа в сухих помещениях и при температуре не выше 135°C
Смазка ЦИАТИМ-201	Работа при повышенной влажности и на открытом воздухе при температуре не выше 170°C

После смены смазки или проверки ее состояния проверяется легкость вращения ротора.

4. Проверка маркировки выводов обмотки статора

Для проверки маркировки выводов обмотки статора отвертываются болты и снимается крышка коробки выводов. Маркировка выводов обмотки на доске зажимов (клемном щите) или на выводных концах обмотки должна соответствовать таблице 7-4.

Доска зажимов (клемный щиток) двигателя и соединение обмотки в звезду или треугольник показаны на рис. 7.1.

Одновременно проверяется отсутствие повреждений выводных концов или доски зажимов (клемного щитка).

Если маркировка выводных концов фаз обмотки отсутствует, то при помощи мегомметра определяется принадлежность выводных концов к отдельным фазам, и обозначаются фазы обмотки соответственно I, II и III.

Начало и конец 1-й фазы выбираются произвольно и обозначаются C_1 и C_4 , начала и концы других фаз определяются одним из следующих способов:

А). Проверка на переменном токе.

Для определения начала и конца фаз обмотки собирается схема, показанная на рис. 7.2.

Таблица 7.4. Маркировка выводов обмоток асинхронных электродвигателей

Наименование схемы соединения обмотки	Число выводов	Названия выводов	Обозначение выводов	
			начало	конец
Открытая схема	6	1-я фаза 2-я фаза 3-я фаза	C ₁ C ₂ C ₃	C ₄ C ₅ C ₆
Соединение звездой	3 или 4	1-я фаза 2-я фаза 3-я фаза нулевая	C ₁ C ₂ C ₃ 0	
Соединение треугольником	3	1-й зажим 2-й зажим 3-й зажим	C ₁ – начало 1-й фазы, конец 3-й; C ₂ – начало 2-й фазы, конец 1-й; C ₃ – начало 3-й фазы, конец 2-й	

На две фазы обмотки двигателя, соединенные последовательно, подается напряжение переменного тока 12 или 36 В от отдельного трансформатора Т, подключенного через рубильник QS и предохранители FU на одну из фаз сети. В качестве трансформатора Т может быть применен трансформатор для местного освещения типа ОСО-0,25 на напряжение 220/12 В или 220/36 В. Рубильник QS и предохранитель FU, при их отсутствии, могут быть заменены автоматическим выключателем АП-50 или АЕ-2000 на ток до 4 А.

К выводам третьей фазы обмотки подключается вольтметр переменного тока на 30 В или лампочка на напряжение 6,3 В при вторичном напряжении трансформатора 12 В и на 24 В при вторичном напряжении 36 В.

Если первые две фазы соединены одноименными выводами, - то лампочка на третьей фазе не загорится, (стрелка вольтметра не отклонится). При соединении разноименных выводов - начала первой и конца второй фаз или наоборот - лампочка загорится, (вольтметр покажет величину ЭДС).

Начало и конец II фазы обмотки маркируются C₂ и C₅. После определения выводов на двух фазах обмотки вместо второй фазы подключается третья и таким же образом, определяются ее начало и конец C₃ и C₆.

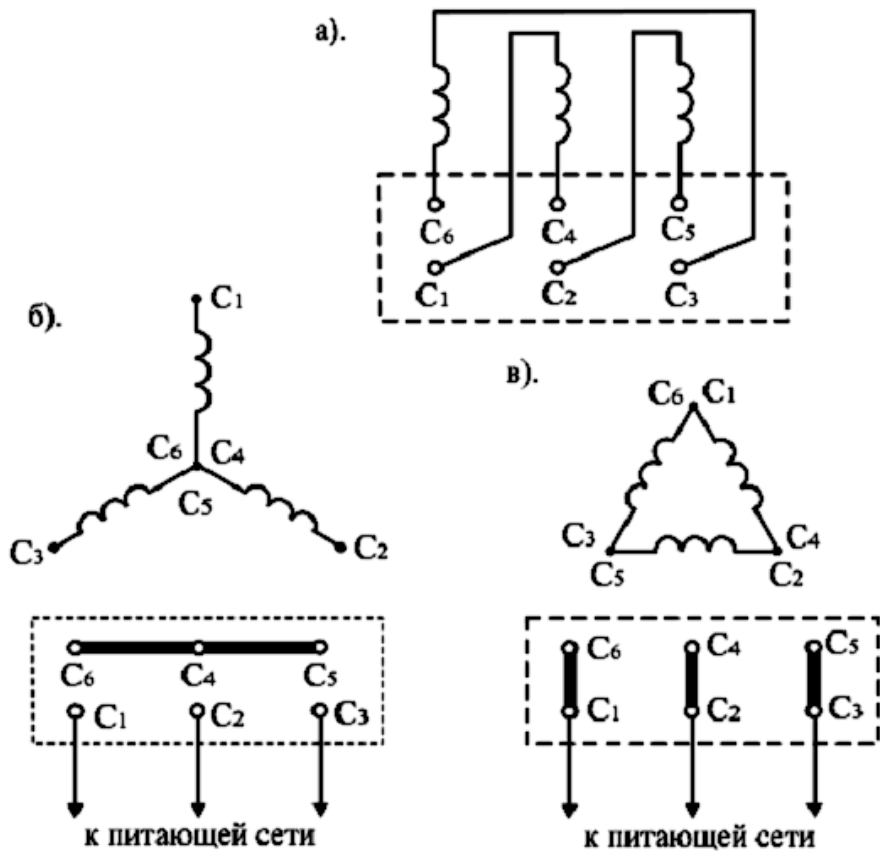


Рис. 7.1. Доска зажимов электродвигателя:
 а) порядок подключения выводов обмотки на доске зажимов;
 б) соединение обмотки в звезду;
 в) соединение обмотки в треугольник

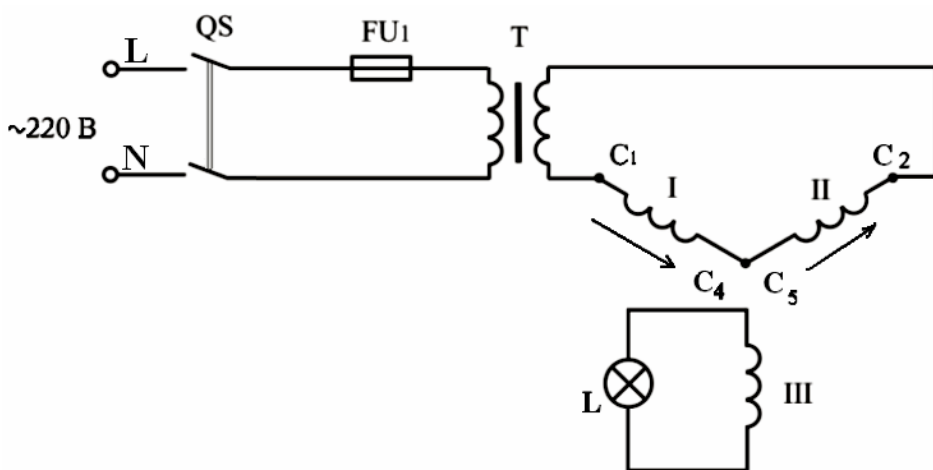


Рис. 7.2. Схема для определения начала и конца фаз обмотки на переменном токе

Б). Проверка на постоянном токе.

Для определения начала и конца фаз обмотки собирается схема, показанная на рис. 7.3.

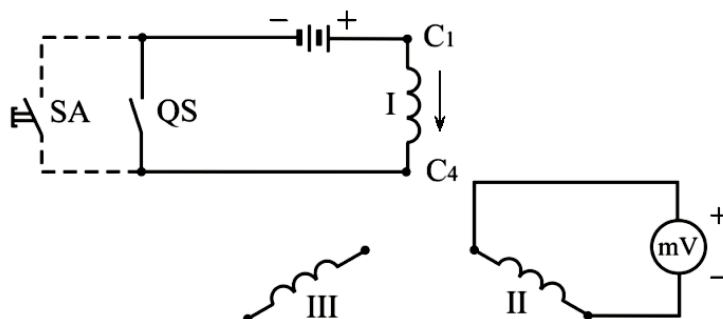


Рис. 7.3. Схема для определения начала и конца фаз обмотки на постоянном токе

В первую фазу обмотки кратковременными импульсами при помощи рубильника QS или кнопки SA подается напряжение 3,5 В от батарейки или аккумулятора.

К другим фазам обмотки поочередно подключается милливольтметр, с помощью которого определяется полярность наведенных в этих фазах ЭДС в момент включения и отключения тока в первой фазе.

Если «плюс» от батарейки подается на начало первой фазы, то положительная полярность в момент включения тока будет на концах других фаз, а в момент отключения - на началах этих фаз. В соответствии с этим производится маркировка начала и конца II и III фазы обмотки C₂ и C₅, C₃ и C₆.

Для определения начала и конца фаз обмотки двигателя на постоянном токе может быть применен индикатор полярности типа M227, имеющий встроенную батарейку напряжением 3,5 В.

5. Измерение сопротивления изоляции обмотки статора

Измерение сопротивления изоляции обмотки статора производится двумя лицами при помощи мегомметра типа М 4100 на напряжение 500 В в следующей последовательности:

- Проверка мегомметра;
- Измерение сопротивления изоляции фаз обмотки относительно корпуса двигателя.

Проводник, подключенный к зажиму З (земля) мегомметра, подсоединяется к корпусу электродвигателя (или к болту, которым крепится коробка выводов). Один из проверяющих вращает ручку мегомметра со скоростью около 120 об/мин, а второй - поочередно прикасается к выводам каждой фазы обмотки C₁, C₂ и C₃ или C₄, C₅ и C₆ проводником, подключенным к зажиму Л (линия) мегомметра.

в) Измерение сопротивления изоляции между фазами обмотки двигателя.

Один из проверяющих вращает ручку мегомметра, а второй поочередно касается проводниками от мегомметра выводов фаз обмотки, из-

меряя при этом сопротивление изоляции между I и II, I и III, II и III фазой обмотки электродвигателя.

Сопротивление изоляции обмотки относительно корпуса двигателя и фаз обмотки между собой должно быть не ниже 0,5 МОм (R_{60}).

Если сопротивление изоляции обмотки двигателя ниже или равно 0,5 МОм производится сушка изоляции обмотки электродвигателя.

6. Определение направления вращения ротора электродвигателя

Для обеспечения правильного направления вращения двигателя необходимо, чтобы фазировка питающего кабеля была согласована с маркировкой выводов статора, определяется кратковременным включением в сеть.

7. Сушка обмотки электродвигателя

Сушка обмоток электродвигателей в зависимости от местных условий, имеющегося оборудования, измерительных приборов и материалов может производиться одним из следующих способов:

внешним нагревом;

методом потерь в меди обмотки (нагрев током, проходящим в обмотке двигателя);

методом индукционных потерь в стали.

7.1. Сушка методом внешнего нагрева

Метод является основным и рекомендуется для всех видов электрических машин. При сушке этим методом нагретый до $85\div 95$ °С поток воздуха подается на массивные части электродвигателя, которые нагреваясь, передают тепло изоляции. Воздух нагревается тепловоздуховками, нагревательными сопротивлениями, батареями парового отопления.

Внешний нагрев может вестись с помощью инфракрасных лучей, источником которых являются зеркальные лампы – термоизлучатели с пониженной температурой накала нити мощностью 250÷500 Вт. Для более эффективной сушки электродвигатель закрывают брезентом, который периодически открывается на 5÷10 мин для удаления образующейся влаги.

7.2. Сушка методом потерь в меди обмотки

Данный метод может применяться только для сушки среднеувлажненных обмоток (сопротивление изоляции не менее 0,1 МОм), т.к. при значительном увлажнении изоляции возможно электролитическое разрушение металлических деталей электродвигателя.

Сушке, методом нагрева током, может подвергаться отдельно статор или электродвигатель в сборе. При сушке собранного двигателя ротор его

затормаживается и контролируется температура корпуса, которая не должна превышать 60°C , т.к. температура обмотки и ротора при этом выше на $10\div 20^{\circ}\text{C}$.

Во избежание потерь тепла двигатель во время сушки должен быть закрыт покрывалом или ящиком с вентиляционными отверстиями для выхода влажного воздуха.

Для обеспечения безопасности корпус двигателя при сушке током должен быть надежно заземлен.

Сушка обмотки трехфазных двигателей может производиться как однофазным, так и трехфазным током.

При сушке обмотки двигателя (ОД) однофазным переменным током фазы обмотки соединяются по одной из схем приведенных на рис. 7.4 а,б,в.

Ток от постороннего источника однофазного переменного тока, подключенного через предохранитель FU или автомат, пропускается последовательно через обмотки всех фаз, если выведены шесть концов на клемный щиток рис. 7.4,а или, как показано на рис. 7.4,б и в, если выведены три конца. В качестве источника тока могут применяться трансформаторы типа ОСО - 0,25(220/36 В) или сварочный трансформатор типа ТС - 0,5 (380/36 В) в зависимости от величины тока необходимого для сушки.

Величина тока при сушке однофазным переменным током регулируется реостатом R и поддерживается в пределах $(0,4 \div 0,7) I_n$ в зависимости от исполнения вентиляции и номинальной скорости вращения двигателя.

Меньшие значения тока сушки принимаются для закрытых двигателей и двигателей с синхронной скоростью вращения 3000 об/мин; большие значения - для защищенных двигателей и двигателей со скоростью вращения 1500 об/мин и ниже.

Измерение величины тока в процессе сушки производится амперметром переменного тока со шкалой на ток до 20 А или токоизмерительными клещами Ц-91.

При сушке обмотки 3-х фазным переменным током в режиме короткого замыкания обмотка статора включается в сеть 3-х фазного тока, как показано на рис. 7.4,г, при напряжении равном $16\div 25$ % номинального значения. Ротор двигателя затормаживается, и нагрев деталей двигателя происходит под действием вихревых токов, возникающих в активной стали.

Источником напряжения при сушке методом короткого замыкания двигателей могут служить трехфазные сварочные трансформаторы.

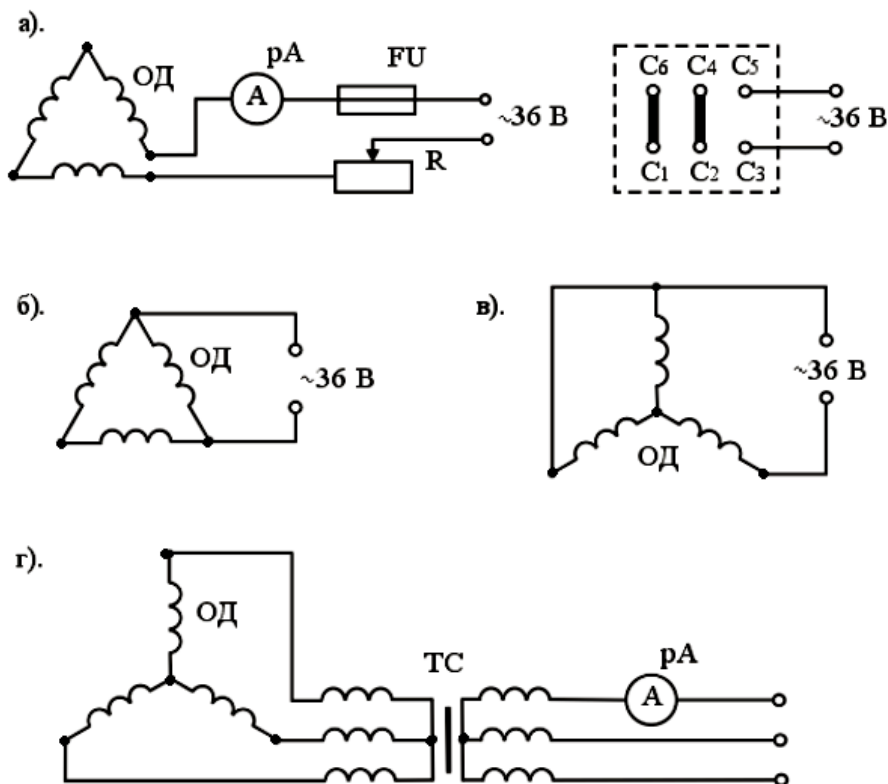


Рис. 7.4. Схемы соединения обмоток трехфазных двигателей при сушке электрическим током:

а). при последовательном соединении всех фаз; б). при соединении фаз обмотки треугольником; в). при соединении фаз обмотки звездой; г). при соединении фаз обмотки звездой и использовании сварочного трансформатора.

7.3 Сушка методом индукционных потерь в стали

Метод основан на выделении тепла в станине или активной стали статора переменным магнитным потоком, который создается специально наматываемой на станину или статор (при вынутом роторе) обмоткой из изолированного провода.

При всех способах сушки двигателя необходимо выполнять следующие требования:

надежно заземлять корпус двигателя (за исключением метода внешнего нагрева);

не допускать повышения температуры электродвигателя в наиболее горячем месте выше 60°C .

Измерение температуры отдельных частей двигателя, как правило, производится термометром, для чего шарик термометра обвертывается алюминиевой фольгой и прикладывается к местам наибольшего нагрева двигателя.

Замеры температуры, сопротивления изоляции и тока производят в начальный период сушки через 0,5 часа, а затем через один час. Если

сушка обмоток производится током, то на время измерения сопротивления изоляции напряжение снимают.

Сушка считается законченной, если сопротивление изоляции обмотки превысило 0,5 МОм и при постоянной температуре в течение 3-5 часов остается неизменным.

8. Оборудование рабочего места

1. Асинхронный электродвигатель.
2. Стенд для определения маркировки обмотки статора.
3. Мегомметр М 4100/3.
4. Трансформатор ОСО - 0,25 (220/36 В).
5. Термометр.
6. Соединительные проводники.

9. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с оборудованием рабочего места.
2. Произвести внешний осмотр электродвигателя и записать его технические данные.
3. Определить маркировку выводов обмотки статора переменным (рис. 7.2) и постоянным (рис.7.3) током.
4. Измерить сопротивление изоляции обмотки статора и записать полученные результаты.
5. Собрать схему для сушки обмотки однофазным током (рис.7.4) и в течение 10-15 минут произвести нагрев; электродвигателя током 0,5 I_n, контролируя при этом температуру. После окончания нагрева и снятия напряжения измерить - сопротивление изоляции.
6. Полученные согласно п.п. 4 и 5 данные занести в таблицу 7-3.

10. Оформление отчета по лабораторной работе

В отчете должны быть представлены следующие материалы:

1. Технические данные асинхронного электродвигателя.
2. Схемы произведенных испытаний и измерений (рис. 7.2; 7.3; 7.4).
3. Результаты произведенных измерений (табл. 7.5).

Таблица 7.5. Результаты произведенных измерений

Тип электродвигателя, Р, кВт	Но-мин. ток статора I, А	Ток на-грева, А	Сопротивление изоляции, Мом (до/после)						Темпе-ратура, °С (до/ после)
			А-В	А-С	В-С	А-0	В-0	С-0	

4. Выводы по работе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

ЦЕНТРОВКА ВАЛОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Цель работы:

1. Закрепить теоретические знания о центровке валов электрических машин.
2. Получить практические навыки по центровке валов электрических машин.

1. Краткие сведения из теории

Основным условием, определяющим надежность и долговечность эксплуатации электрических машин (например: двигателя и генератора), соединяемых друг с другом или с приводимыми в движение механизмами (насосами, вентиляторами и т.д.), является правильно выполненная центровка валов.

Для обеспечения правильного распределения нагрузок между подшипниками валы соединяемых машин должны быть установлены в такое положение, при котором торцовые плоскости полумуфты в горизонтальной и вертикальной плоскостях будут параллельны, а оси валов продолжением одна другой (без смещений). Под действием собственного веса ротора ось вала каждой электрической машины принимает несколько изогнутую форму.

Если валы соединяемых машин установить строго горизонтально, то изгибы осей валов приведут к тому, что торцовые плоскости полумуфт не будут параллельны и получат раскрытие вверху. В этом случае оси валов не будут продолжением одна другой (рис. 8.1,а). При работе такого агрегата его валы будут вибрировать, оказывая вредное влияние на подшипники и другие части машин. Кроме того, в точках 2 и 3 (рис. 8.1,а) появятся значительные напряжения от изгибающих моментов, опасные для шеек валов.

Для выполнения приведенного выше неперемного условия о параллельности плоскостей полумуфт: необходимо, чтобы крайние подшипники 1 и 4 были несколько приподняты по сравнению с подшипниками 2 и 3 (рис. 8.1,б). При этих условиях общая осевая линия двух валов будет иметь вид плавной кривой (упругая линия вала), а плоскости полумуфт будут параллельны. Проекция этой линии на горизонтальную плоскость должна представлять собой прямую линию.

Перед началом центровки с помощью часовых индикаторов проверяют торцевое и радиальное биение полумуфт. Места установки индикаторов указаны на рис. 8.2. Индикатор, установленный в положение 1, измеряет радиальные биения по ободу полумуфты или шкива, а индикатор,

установленный в положение 2 или 2* - осевые биения. Нормы биений зависят от частоты вращения вала и указываются в паспорте машины или в справочной литературе. Если значения биений не соответствуют нормам, то полумуфты (шкивы) необходимо проточить.

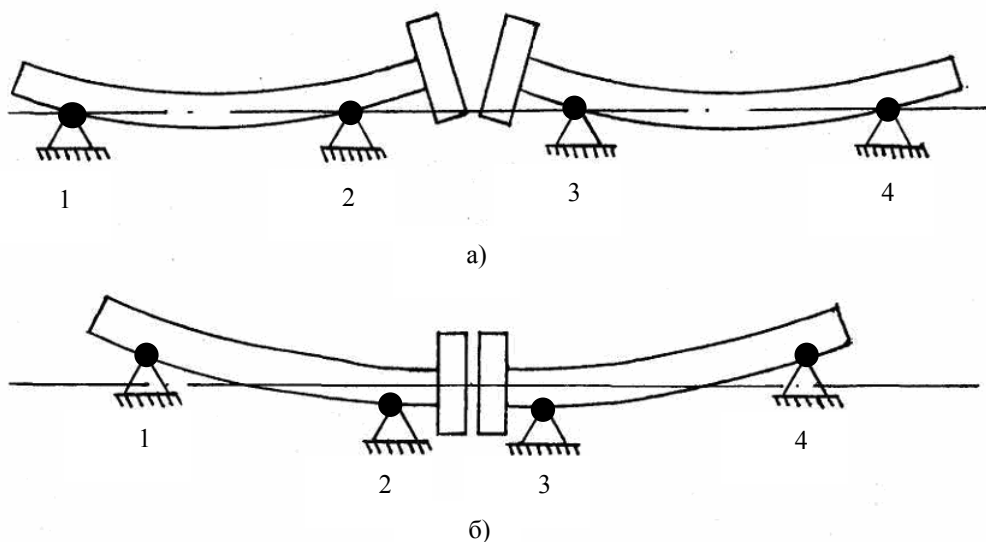


Рис. 8.1. Положение валов, соединяемых муфтой

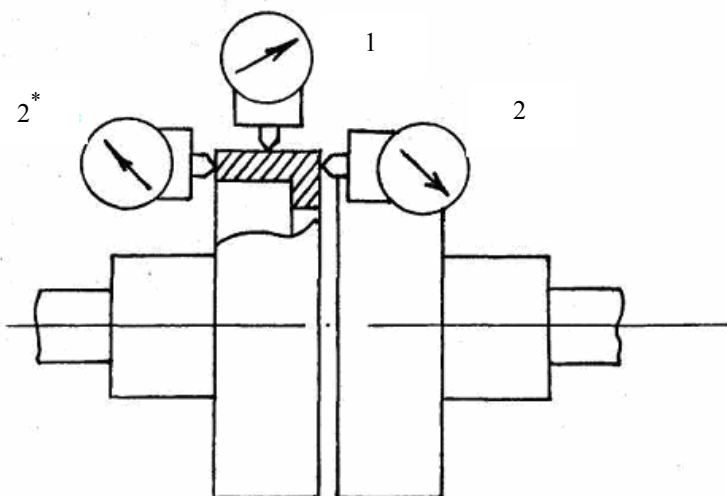


Рис. 8.2. Проверка правильности посадки полумуфты

Грубую центровку валов проводят с помощью металлической линейки, устанавливая ее ребром на ободы полумуфт. Проверку соосности

валов ведут через 90° , проворачивая одновременно валы электродвигателя и приводного механизма. При несовпадении осей имеется зазор между линейкой и одним из ободов, этот зазор выбирают путем перемещения одного из валов по вертикали и горизонтали.

Точную центровку валов ведут с помощью щупов или радиально-осевых центровочных скоб. Щупами измеряют соосность валов при диаметре полумуфт более 200 мм. При этом щупом измеряют зазоры между плоскостями полумуфт в диаметрально противоположных точках, При диаметре полумуфт менее 200 мм применяют центровочные скобы (рис.8.3), закрепляемые на полумуфтах.

Замеры зазоров А и В производят при разъединенных полумуфтах щупом в четырех последовательных положениях скоб (через каждые 90°) при одновременном повороте валов

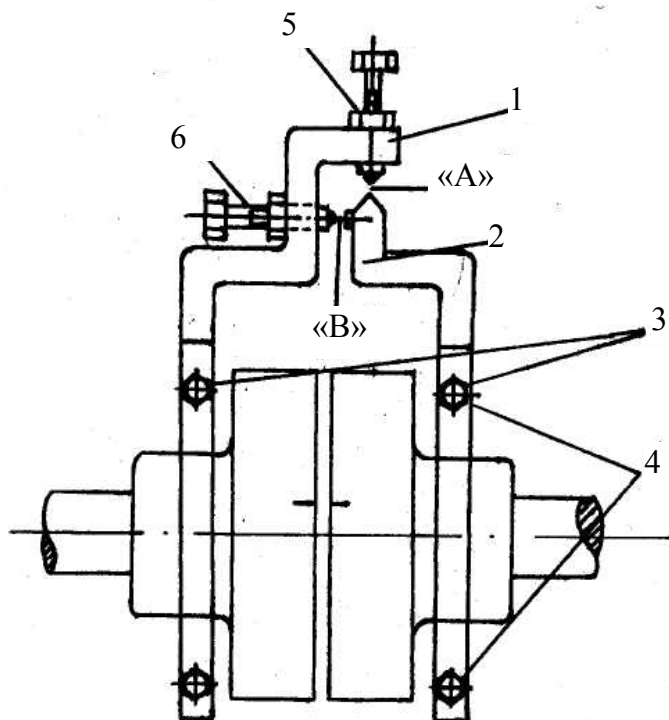


Рис. 8.3. Контрольные скобы для центровки валов двух машин:
 1 - правая скоба; 2 - левая скоба; 3 - хомуты; 4 - крепежные болты;
 5 - болт для установки радиального зазора; 6 - болт для установки осевого зазора.

Результаты замеров (для зазора А: $a_1 \div a_4$; для зазора В: $b_1 \div b_4$) наносятся на круговую диаграмму (рис. 8.4).

В случае идеальной центровки $a_1 = a_3$; $a_2 = a_4$; $b_1 = b_3$; $b_2 = b_4$. Для практических измерений достаточно добиться, чтобы разности величин диаметрально противоположных зазоров ($a_1 - a_3$) или ($b_1 - b_3$) находились в допустимых пределах. Например, при частоте вращения вала машины $n =$

1500÷3000 об/мин и подшипниках качения для жесткой муфты допустимая несоосность должна быть не выше 0,04, а для $n = 500\div 750$ об/мин – не выше 0,08 мм.

При правильно выполненных измерениях сумма числовых значений четных замеров должна равняться сумме замеров нечетных:

$$a_1 + a_3 = a_2 + a_4; b_1 + b_3 = b_2 + b_4$$

Регулировка соосности осуществляется изменением положения вала присоединяемой машины или механизма. Этого добиваются за счет смещения фундаментной плиты, если она не является общей для центрируемых машин.

При общей плите смещают подшипниковые стояки, изменяя число подкладок под ними, или перемещают всю матрицу путем установки подкладок под лапы статора.

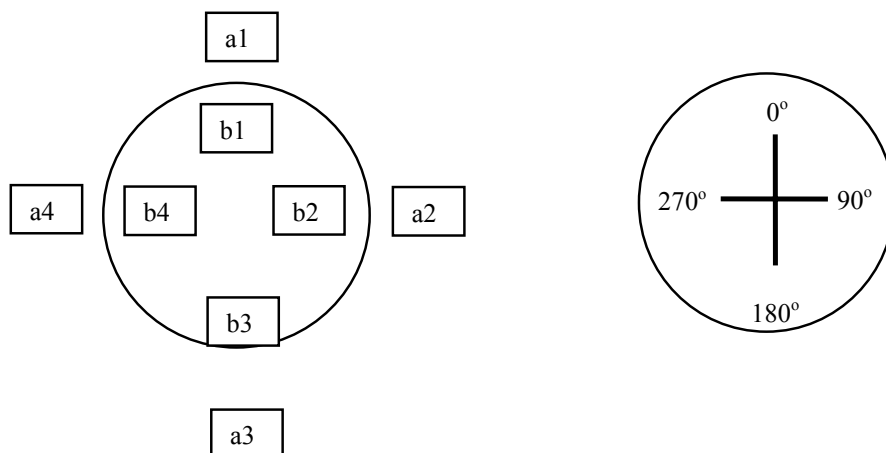




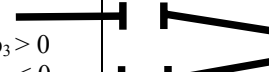
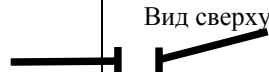
Рис. 8.4. Круговая диаграмма для записи результатов замеров зазоров.

Возможные направления перемещения вала у полумуфт приведены в таблице 8.1.

2. Оборудование рабочего места

- | | | |
|----|-------------------------|----------|
| 1. | Генератор АП 22 | - 1 шт. |
| 2. | Электродвигатель А 41-4 | - 1 шт. |
| 3. | Центровочные скобы | - 1 к-т. |
| 4. | Металлическая линейка | - 1 шт. |
| 5. | Щуп | - 1 шт. |
| 6. | Инструмент | - 1 к-т. |

Таблица 8.1. Направления перемещения вала у полумуфты прицентровываемой машины в зависимости от знака разностей зазоров

Знак разности замеренных зазоров	Взаимное положение валов машин		Направления перемеще- ния полумуфты установ- ливаемой машины
	установленной	устанавливаемой	
$a_1 - a_3 > 0$ $a_1 - a_3 < 0$ 	Вид сбоку		Поднять вверх Опустить вниз
$a_2 - a_4 > 0$ $a_2 - a_4 < 0$ 	Вид сверху со стороны установленной машины		Переместить вправо Переместить влево
$b_1 - b_3 > 0$ $b_1 - b_3 < 0$ 	Вид сбоку		Повернуть в верт. плос- кости вправо Повернуть в верт. плос- кости влево
$b_2 - b_4 > 0$ $b_2 - b_4 < 0$ 	Вид сверху со стороны установленной машины		Повернуть в гориз. плос- кости вправо Повернуть в гориз. плос- кости влево

3. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с оборудованием рабочего места.
2. Установить электрические машины на раму, одну из них закрепить наглухо.
3. Установить центровочные скобы на валы электрических машин.
4. Произвести измерение зазоров шупом.
5. Провернуть валы машин на 90, 180, 270 градусов, производя измерение зазоров в соответствующих положениях.
6. Произвести центровку валов электрических машин на основа-

нии таблицы 8.1 и закрепить отцентрованную машину.

7. Проверить зазоры при поворачивании валов машин на 0, 90, 180, 270 градусов.

8. На основании полученных результатов заполнить таблицу 8.2:

Таблица 8.2. Результаты произведенных измерений и вычислений

Результаты измерений	a_1	a_2	a_3	a_4	b_1	b_2	b_3	b_4
До центровки								
После центровки								
Результаты вычислений	a_1+a_3	a_2+a_4	b_1+b_3	b_2+b_4	a_1-a_3	a_2-a_4	b_1-b_3	b_2-b_4
До центровки								
После центровки								

4. Оформление отчета по лабораторной работе

В отчете должны быть представлены следующие материалы:

1. Эскиз установки центровочных скоб с обозначением зазоров (рис. 8.3).

2. Круговая диаграмма произведенных замеров (рис.8.4) и таблица результатов измерений Возможные направления перемещения вала у полумуфт (табл.8.2).

3. Возможные направления перемещения вала у полумуфт (табл.8.1).

4. Выводы по работе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

ПРИЕМО-СДАТОЧНЫЕ ИСПЫТАНИЯ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Цель работы:

1. Закрепить теоретические знания о видах, объеме и нормах приемо-сдаточных испытаний силовых трансформаторов.
2. Получить практические навыки по проведению отдельных видов, приемо-сдаточных испытаний силового трансформатора.

1. Краткие сведения из теории

Виды, объем и нормы приемо-сдаточных испытаний силовых трансформаторов установлены в ПУЭ (гл.1.8) в зависимости от мощности и конструкции, трансформаторов.

Для маслонаполненных трансформаторов мощностью до 1,6 МВ.А предусмотрены следующие виды испытаний:

1.1. Измерение характеристик изоляции

К характеристикам изоляции относятся: сопротивление R_{60} , коэффициент абсорбции $K_{аб} = R_{60}/R_{15}$, тангенс угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta$, отношение C_2/C_{50} и $\Delta C/C$.

1.1.1. Измерение сопротивления изоляции

Сопротивление изоляции трансформатора измеряют мегаомметром на напряжение 2,5 кВ при температуре изоляции не ниже 10°C и не ранее чем через 12 часов после заполнения трансформатора маслом. При проведении измерения напряжение мегаомметра прикладывают к испытуемой обмотке и к заземленному баку, к которому одновременно подсоединяются другие обмотки трансформатора. Показания мегаомметра отсчитывают через 15 (R_{15}) и 60 (R_{60}) секунд и определяют по ним коэффициент абсорбции $K_{аб} = R_{60}/R_{15}$.

Полученные значения R_{60} и $K_{аб}$ сравнивают с нормируемыми значениями. Например, в соответствии с установленными нормами R_{60} при температуре 10°C для трансформаторов мощностью до 6,3 МВА и напряжением до 35 кВ включительно должно быть не ниже 450 МОм, а коэффициент абсорбции иметь величину не ниже 1,3 и не снижаться по отношению к заводскому его значению более чем на 30%.

1.1.2. Измерение тангенса угла диэлектрических потерь

Тангенс угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta$ измеряют с помощью мостов переменного тока (типа Р - 595 и аналогичных ему) по перевернутой схеме моста при напряжении 10кВ. Измерения $\text{tg}\delta$ производят по тем же схемам включения, что и при измерении сопротивления изоляции. Полу-

ченные значения $\operatorname{tg}\delta$ сравнивают с нормируемыми. Так, например, для трансформатора мощностью до 6,3 МВА напряжением до 35 кВ при температуре 10°C должно быть обеспечено условие $\operatorname{tg}\delta \leq 1,2$.

При измерении R_{60} и $\operatorname{tg}\delta$ при температурах, отличающихся от заводских, полученные значения необходимо привести к заводской температуре с помощью умножения на поправочные коэффициенты, имеющиеся в инструкции «Трансформаторы силовые. Транспортирование, разгрузка, хранение, монтаж и ввод в эксплуатацию (РД 16.363-87).» Полученные при пересчете значения R_{60} и $\operatorname{tg}\delta$ не должны отличаться от заводских более чем на 25%.

1.1.3. Определение степени увлажненности изоляции

Степень увлажненности изоляции, кроме характеристик $\operatorname{tg}\delta$, R_{60} и $K_{аб}$, оценивается измерением отношений $\Delta C/C$ и C_2/C_{50} с помощью приборов ЕВ-3, ПКВ-7, ПКВ-8.

Значения $\Delta C/C$ не нормируются, но вносятся в протокол наладки для учета при дальнейших эксплуатационных испытаниях. Допустимые значения C_2/C_{50} приводятся в РД 16.363-87. Для увлажненной изоляции отношение C_2/C_{50} близко к 2, а для неувлажненной должно приближаться к 1. Так, для трансформатора мощностью до 6,3 МВА и напряжением до 35 кВ $C_2/C_{50} \leq 1,1$; $\Delta C/C \leq 4$.

1.2. Определение условий включения трансформаторов без сушки

Все трансформаторы делятся по габаритам на восемь групп (I - VIII). Для каждой из этих групп (габаритов) в соответствии с РД 16.363-87 устанавливаются условия включения, трансформаторов без сушки.

Так для трансформаторов I группы (мощностью до 100 кВА и напряжением до 35 кВ) определены следующие условия:

- а) уровень масла должен быть в пределах отметок маслоуказателя ;
- б) химический анализ масла должен соответствовать требованиям качества масла (таблица 1.8.38 ПУЭ), а его пробивное напряжение для трансформаторов напряжением до 35 кВ должно быть не менее 30 кВ;
- в) значение коэффициента абсорбции $K_{аб}$ должно быть не менее 1,3;
- г) если условие «а» не соблюдено, но обмотки трансформатора и переключатель покрыты маслом, или не выполнены условия «б» и «в», но в масле отсутствуют следы воды и пробивное напряжение снизилось по сравнению с нормой не более чем на 5 кВ, то необходимо дополнительно измерить $\operatorname{tg}\delta$ или C_2/C_{50} обмоток в масле (они в этом случае не должны отличаться от нормируемых значений).

Трансформаторы I группы после проведения комплекса указанных испытаний можно включать без сушки при соблюдении одной из следующих комбинаций условий: 1 - а, б; 2 - б, г; 3 - а, г.

1.3. Измерение сопротивления обмоток постоянному току

Этим измерением выявляют дефекты в местах паяк и контактах переключателя, а также обрывы в обмотках. Сопротивление измеряется с помощью моста постоянного тока или методом амперметра-вольтметра на всех ответвлениях обмоток, если для этого не потребуется выемки сердечника. В трансформаторах с нулевым выводом измеряют сопротивления фаз, а при отсутствии нулевого вывода - сопротивления обмоток между линейными выводами. Измеренные сопротивления приводятся по температуре к заводским данным по следующим выражениям:

$$R_2 = R_1 \frac{245 + t_2}{245 + t_1} \quad (\text{для алюминия});$$

$$R_2 = R_1 \frac{235 + t_2}{235 + t_1} \quad (\text{для меди}),$$

где R_2 и R_1 – сопротивления при температурах t_2 и t_1 (R_1 и t_1 – заводские данные).

Как правило, $t_1 = 15^\circ\text{C}$ или $t_1 = 75^\circ\text{C}$.

Получаемые значения сопротивлений не должны отличаться друг от друга и от заводских данных более чем на + 2%,

1.4. Проверка работы переключающего устройства и снятие круговой диаграммы

Заключение о правильности работы переключателя ответвлений под нагрузкой делают на основании снимаемой круговой диаграммы последовательности его работы. Круговую диаграмму снимают методом сигнальных ламп или осциллографированием.

Переключающее устройство считают выдержавшим проверку последовательности действия его контактов, если значения углов перекрытия контактов, углов смещения и люфтов, полученные по круговым диаграммам, не выходят за пределы, указанные в стандартах или технических условиях на переключающее устройство.

1.5. Испытание бака с радиаторами гидравлическим давлением

Для проверки герметичности бака и радиаторов гидравлическим давлением столба масла в отверстие, имеющееся на крышке бака, ввертывают стальную трубу диаметром $(1 \pm 1 \frac{1}{2})$ и через воронку заполняют ее маслом. Высота столба масла над уровнем заполненного расширителя принимается равной: для трубчатых и гладких баков 0,6 м, а для баков волнистых, радиаторных или с охладителями - 0,3 м. Продолжительность испытания равна - 3 часам при температуре масла не ниже 10°C ; при испытании не должно наблюдаться течи масла.

1.6. Проверка состояния силикагеля

Индикаторный адсорбент, представляющий собой силикагель марки КСМ, пропитанный раствором хлористого кобальта, засыпается в специальный патрон или непосредственно в корпус воздухоочистителя, установленного на дыхательной трубке расширителя. При увлажнении силикагель теряет свои адсорбционные свойства, что приводит к проникновению влаги в расширитель, заполненный маслом. Неувлажненный силикагель имеет равномерную голубую окраску зерен. Изменения его цвета на розовый свидетельствует о его увлажнении.

Увлажненный силикагель сушат или заменяют новым.

1.7. Фазировка трансформатора

Под фазировкой трансформатора понимают проверку тождественности фаз включаемого трансформатора и сети (или двух трансформаторов) при включении на параллельную работу. Она осуществляется на низшем напряжении трансформаторов с помощью вольтметров с пределом измерений, равным двойному значению линейного напряжения. Фазировка заключается в измерении напряжения между разноименными фазами трансформаторов и определении отсутствия напряжения между одноименными фазами.

Если при измерении окажется, что между одноименными фазами $a_1 - a_2$; $b_1 - b_2$; $c_1 - c_2$ напряжения отсутствуют, а между одной из одноименных и противоположными разноименными фазами $a_1 - b_2$; $a_1 - c_2$; $b_1 - a_2$; $b_1 - c_2$; $c_1 - a_2$; $c_1 - b_2$ напряжения есть и они примерно одинаковы, то фазировка выполнена верно и трансформатор можно включить в сеть или на параллельную работу с другим трансформатором.

1.8. Испытание трансформаторного масла

Пробу масла берут через спускной кран бака при температуре масла не ниже 5°C . Масло отбирают в чистую стеклянную посуду с притертой пробкой.

После отбора пробы масла производят его испытания, определяя показатели, приведенные в пунктах 1-6 табл.1.8.42 ПУЭ. В число показателей входят следующие: пробивное напряжение; содержание механических примесей, взвешенного угля; кислотность; наличие воды; температура вспышки масла. Эти показатели, за исключением пробивного напряжения, определяются при лабораторных испытаниях и исследованиях, проводимых в химической лаборатории, куда отправляется проба масла. У трансформаторов I и II габаритов, прибывающих на монтаж заполненными маслом, при наличии удовлетворяющих нормам показателей заводского испытания, проведенного не более чем за 6 месяцев до включения трансформатора в работу, масло проверяется на пробой и отсутствие механических примесей.

Отсутствие механических примесей производится визуально, а пробивное напряжение определяется с помощью аппаратов АИИ-70, АМИ-80 и АИМ-90.

Испытание проводят в помещении при температуре воздуха $20\pm 5^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности $65\pm 15\%$. Пробе масла дают отстояться, за это время ее температура должна сравняться с температурой воздуха в помещении. Испытательный сосуд с электродами должен быть высушен и промыт испытуемым маслом. Расстояние между электродами устанавливают равным 2,5 мм. Заливают в сосуд отобранную пробу, помещают его в аппарат и дают маслу отстояться в течение 10 минут. Затем включают аппарат с соблюдением мер безопасности и плавно со скоростью 1-2 кВ/с повышают напряжение между электродами до пробоя, отмечаемого падением стрелки вольтметра до нуля. Повторяют это испытание шесть раз, после каждого пробоя из промежутка между электродами стеклянной палочкой удаляют обуглероженные частицы масла и дают ему отстояться в течение 5 минут. Пробивное напряжение определяют как среднее арифметическое из пяти последних значений пробивного напряжения. Пробивное напряжение масла до заливки его в трансформатор должно быть: для трансформаторов на напряжение - до 15 кВ - 30 кВ, на напряжение от 15 до 35 кВ - 35 кВ, на напряжение от 60 до 220 кВ - 45 кВ; после заливки (проба, взятая из трансформатора) соответственно на 5 кВ ниже. При неудовлетворительных результатах испытаний масло должно заменяться сухим или сушиться.

1.9. Испытание включением толчком на номинальное напряжение

Трансформатор включают толчком на номинальное напряжение на время не менее 30 минут. После включения трансформатор прослушивают и наблюдают за его состоянием. При появлении внутри трансформатора ненормального шума и потрескиваний, его немедленно отключают для выяснения причин ненормальной работы.

При удовлетворительных результатах пробного включения трансформатор может быть включен под нагрузку и сдан в эксплуатацию.

2. Оборудование рабочего места

1. Трансформатор ТМА - 100/10.
2. Мегомметр МС-06 на 2500 В.
3. Мост постоянного тока измерительный Р 333.
4. Аппарат АИИ-70.
5. Трансформаторное масло.
6. Соединительные проводники.

3. Порядок выполнения работы

3.1. Ознакомиться с оборудованием рабочего места.

3.2. Измерить с помощью мегомметра МС-06 сопротивление изоляции обмоток высшего и низшего напряжений и определить коэффициент абсорбции.

Полученные результаты занести в табл. 9.1.

Таблица 9.1. Измерение сопротивления изоляции

Последовательность измерений	Схемы измерения характеристик изоляции обмоток ВН и НН		R ₁₅	R ₆₀	K _{аб}
	обмотки, на которых проводят измерения	заземляемые части трансформатора			
1	НН	бак; ВН			
2	ВН	бак; НН			

3.3. Измерить сопротивление обмоток постоянному току с помощью моста Р 333; полученные результаты занести в табл. 9-2.

Таблица 9.2. Измерение сопротивлений обмоток постоянному току

Измеряемая обмотка	R ₁	R ₂	R ₃	ΔR _{max} , %
НН				
ВН				

3.4. Произвести испытание трансформаторного масла:

визуально установить наличие или отсутствие воды в пробе трансформаторного масла (если в пробе обнаружены капельки влаги, определение пробивного напряжения не производят и качество масла квалифицирует как неудовлетворительное);

проверить зазор между электродами измерительной ячейки ($2,5 \pm 0,05$ мм);

заполнить измерительную ячейку маслом до имеющейся в ней щетки при наличии в масле пузырьков воздуха, последние следует удалить осторожным перемешиванием масла стеклянной палочкой;

проверить работоспособность блокировок и защиты аппарата АИИ - 70;

установить ячейку с маслом в аппарат;
 поднять напряжение до момента пробоя трансформаторного масла (сработает автоматический выключатель) и зафиксировать напряжение;
 повторить это испытание шесть раз с интервалами между каждым из них, равными 5 мин.; после каждого пробоя при помощи стеклянной палочки масло между электродами необходимо осторожно перемешать;
 полученные результаты занести в табл. 9.3.

Таблица 9.3. Испытание трансформаторного масла

Номер пробоя масла	1	2	3	4	5	6
Напряжение пробоя, кВ						

определить напряжение пробоя как среднее арифметическое из пяти последних значений напряжения пробоя по формуле:

$$\bar{U}_{\text{пр}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n U_{\text{пр.}i}, \text{ кВ}$$

где $\bar{U}_{\text{пр.}}$ - величина, полученная при последовательных пробоях, кВ;
 n - число пробоев;

определить пробивное напряжение масла по формуле:

$$E = \frac{\bar{U}_{\text{пр}}}{d}, \text{ кВ/мм}$$

где $\bar{U}_{\text{пр.}}$ - напряжение пробоя, кВ;
 d - расстояние между электродами, мм.

4. Оформление отчета по лабораторной работе

В отчете должны быть представлены следующие материалы:

1. Результаты произведенных измерений (табл. 9-1; 9-2; 9-3).
2. Выводы по работе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10

ИСПЫТАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НА НАПРЯЖЕНИЕ 6 И 10 КВ ПОВЫШЕННЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ

Цель работы:

1. Изучить методику проведения испытаний высоковольтного оборудования распределительных устройств напряжением 6 и 10 кВ;
2. Приобрести практические навыки производства испытаний.

1. Краткие сведения из теории

Испытание изоляции повышенным напряжением промышленной частоты оборудования распределительных устройств предусмотрено нормами приемо-сдаточных испытаний (ПУЭ, Глава 1.8), обязательно для всего электрооборудования 35 кВ и ниже. Испытанию изоляции повышенным напряжением должно предшествовать измерение сопротивления изоляции.

1.1. Масляные выключатели:

1.1.1. Изучение сопротивления изоляции:

а) подвижных и направляющих частей выполненных из органических материалов.

Производится мегаомметром на напряжение 2500В.

Сопротивление изоляции должно быть не ниже:

Номинальное напряжение выключателя, кВ	3-10	15-150	220-500
Сопротивление изоляции, МОм	1000	3000	5000

б) вторичных цепей, электромагнитов включения и отключения и т.п. Вторичные цепи управления, защиты, измерения, сигнализации и т.п. в электроустановках выше 1кВ испытываются мегаомметром 500...1000В, сопротивление изоляции не менее:

шинки оперативного тока и цепей напряжения на ЩУ – 10МОм;

каждое присоединение вторичных цепей – 1Мом; вторичные цепи управления, защиты и сигнализации напряжением до 1 кВ-0,5МОм.

1.1.2. Испытание изоляции повышенным напряжением промышленной частоты:

а) проверяется изоляция выключателей относительно корпуса или опорной изоляции. Испытательное напряжение принимается в соответствии с таблицей 10.1. Продолжительность приложенного нормированного испытательного напряжения 1 мин.

б) также подвергается испытанию изоляция вторичных цепей и обмоток электромагнитов включения и отключения.

Продолжительность испытания - 1 мин. Испытательное напряжение – 1000В. Выполняется мегаомметром на 1000; 2500В при температуре окружающего воздуха +20°С.

1.2. Измерительные трансформаторы тока и напряжения:

1.2.1. Измерение сопротивления изоляции:

а) первичных обмоток, мегаомметром на напряжение 2500В. Значение сопротивления изоляции не нормируется.

б) вторичных обмоток, производится мегаомметром на 500 или 1000В. Сопротивление изоляции вторичных обмоток вместе с подсоединенными к ним цепями должно быть не менее 1 МОм.

1.2.2. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты:

а) изоляция первичных обмоток, испытание является обязательным для трансформаторов тока и напряжения до 35кВ.

Значения испытательных напряжений указаны в таблице 10-1. Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения для трансформаторов тока с фарфоровой внешней изоляцией - 1 мин.; для трансформаторов тока с изоляцией из органических материалов - 5 мин, для трансформаторов напряжения – 1 мин.

б) проверяется также повышенным напряжением промышленной частоты изоляция вторичных обмоток. Производится напряжением 1000В (мегаомметр на 1000В) в течении 1 мин. Сопротивление изоляции вторичных обмоток должно быть не ниже 1МОм вместе с подсоединенными к ним цепям.

Таблица 10.1. Испытательные напряжения промышленной частоты в эксплуатации для электрооборудования классов напряжения до 35кВ с нормальной и облегченной изоляцией

Класс напряжения, кВ	Испытательное напряжение, кВ			
	Силовые трансформаторы, шунтирующие дугогасящие реакторы		Аппараты, трансформаторы тока и напряжения, токоограничивающие реакторы, изоляторы, вводы, конденсаторы связи экранированные токопроводы, свободные шины, КРУ и КТП, электродные котлы.	
	нормальная изоляция	облегченная изоляция*	фарфоровая изоляция**	другие виды изоляции**
до 0,69	4,3	2,6	1,0	1,0
3	15,3	8,5	24,0	21,6
6	21,3	13,6	32,0 (37,0)	28,8 (33,3)
10	29,8	20,4	42,0 (48,0)	37,8 (43,2)
15	38,3	31,5	55,0 (63,0)	49,5 (56,7)
20	46,8	42,5	65,0 (75,0)	58,5 (67,5)
35	72,3	-	95,0 (120,0)	85,5 (108,0)

* Испытательные напряжения герметизированных трансформаторов принимаются в соответствии с указаниями заводов-изготовителей.

** Значения в скобках распространяются на промежуток между контактами коммутационных аппаратов.

1.3. Выключатели нагрузки, разъединители, отделители и короткозамыкатели: изоляция выключателей нагрузки, разъединителей, отделителей и короткозамыкателей испытывается повышенным напряжением промышленной частоты в соответствии с таблицей 10-1 в течение 1 мин.

1.4. Сборные и соединительные шины: испытанию изоляции повышенным напряжением промышленной частоты подвергаются опорные одноэлементные изоляторы. Для этих изоляторов внутренней и наружной установки значения испытательного напряжения приводятся в таблице 10-1. Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения - 1 мин.

Вновь устанавливаемые многоэлементные или подвесные фарфоровые изоляторы следует испытывать напряжением 50 кВ частоты 50Гц, прикладывая к каждому элементу изолятора.

Сопротивление изоляции каждого подвесного фарфорового изолятора или каждого элемента многоэлементного изолятора должно быть не менее 300МОм. Производится мегаомметром на 2500 В при положительной температуре окружающего воздуха.

Продолжительность приложения нормированного напряжения для изоляторов, у которых основной изоляцией является твердые органические материалы - 5 мин., для керамических изоляторов - 1 мин.

1.5. Вводы и проходные изоляторы:

Испытательное напряжение для проходных изоляторов и вводов, испытываемых отдельно и совместно с аппаратом, принимается согласно таблице 10-1. Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения для вводов и проходных изоляторов с основной керамической, жидкой или бумажно-масляной изоляцией - 1 мин., а с основной изоляцией из бакелита, других твердых органических материалов или кабельных масс - 5 мин.

Вводы на силовых трансформаторах испытываются совместно с обмотками этих трансформаторов.

Ввод считается выдержавшим испытание, если при этом не наблюдалось пробоя, перекрытия, скользящих разрядов и частичных разрядов в масле (у маслонеполненных вводов), выделений газа, а также, если после испытания не обнаружено, местного перегрева изоляции.

Сопротивление изоляции у вводов с бумажно-масляной изоляцией, должно быть не менее 500МОм, производится мегаомметром на 2500В. Измеряется сопротивление изоляции измерительной и последней обкладок вводов относительно соединительной втулки ввода.

1.6. Сухие токоограничивающие реакторы и предохранители напряжением выше 1 кВ: испытательное напряжение фарфоровой опорной

изоляции сухих токоограничивающих реакторов и предохранителей устанавливается согласно таблице 10-1.

Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения - 1 мин.

Испытание опорной изоляции сухих реакторов и предохранителей повышенным напряжением промышленной частоты может производиться совместно с испытанием изоляторов ошиновки ячеек.

Сопротивление изоляции обмоток сухих реакторов относительно болтов крепления в эксплуатации не ниже 0,1 МОм, после капитального ремонта – не ниже 0,5 МОм. Производится мегаомметром на 2500 В.

1.7. Конденсаторы: испытательные напряжения конденсаторов для повышения коэффициента мощности приведены в таблице 10.2. Для конденсаторов связи в табл. 10.1. Продолжительность приложения испытательного напряжения - 1мин. При отсутствии источника тока достаточной мощности испытания повышенным напряжением промышленной частоты могут быть заменены испытанием выпрямленным напряжением удвоенного значения. Испытывается изоляция относительно корпуса при закороченных выводах конденсатора.

Таблица 10.2. Испытательные напряжения промышленной частоты конденсаторов

Испытательные напряжения, кВ при номинальном напряжении (типе) конденсатора, кВ						
до 0,66	1,05	3,15	6,3	10,5	СММ-20/3-0,107	КМ2-10,5-24
2,3	4,3	15,8	22,3	30,0	22,5	22,5-25,0

Таблица 10.3. Значения испытательных напряжений для бумажно-масляных конденсаторов

Испытываемая изоляция	Испытательное напряжение, кВ для конденсаторов с рабочим напряжением, кВ						
	0,22	0,38	0,50	0,66	3,15	6,3	10,5
Между обкладками	0,42	0,72	0,95	1,25	5,9	11,8	20,0
Относительно корпуса	2,1	2,1	2,1	5,1	5,1	15,3	21,3

Испытание повышенным напряжением промышленной частоты изоляции конденсаторов, предназначенных для повышения коэффициента мощности, и имеющих вывод, соединенный с корпусом, не производится.

Сопротивление изоляции между выводами и корпусом должно соответствовать данным заводской инструкции. Производится мегаомметром на 2500 В.

2. Оборудование рабочего места

1. Аппарат АИИ-70.
2. Мегомметр МС-06 на 2500 В.
3. Испытуемое электрооборудование РУ 6 и 10 кВ.

4. Диэлектрические перчатки.
5. Диэлектрический коврик.

3. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с паспортными данными, устройством и принципом работы аппарата АИИ-70; изучить меры безопасности и порядок работы с аппаратом АИИ-70 (Основные сведения об аппарате АИИ-70М приведены в Приложении).

2. Произвести внешний осмотр высоковольтного электрооборудования подлежащего испытанию и определить его номинальное и испытательное напряжение.

Перечень оборудования для испытания задается преподавателем.

3. Измерить сопротивление изоляции оборудования подлежащего испытанию, очистив наружную поверхность его изоляции от пыли и грязи.

Измерение производить мегомметром МС-06 на 2500 В. За сопротивление изоляции принимается одномоментное значение измеренного сопротивления R_{60} .

Результаты измерений занести в протокол измерения сопротивления изоляции.

ПРОТОКОЛ №1

измерения сопротивления изоляции электрооборудования
измерения проведены мегомметром _____
заводской № _____

№ п/п	Наименование электрооборудова- ния	Сопротивление изоляции между фазами, МОм			Сопротивление изоляции от- носительно корпуса, МОм		
		А-В	А-С	В-С	А-О	В-О	С-О
1.							
2.							

Заключение: _____

Измерение произвел: _____

Проверил: _____

4. Подготовить аппарат АИИ-70 для испытания оборудования:
проверить наличие заземления корпуса аппарата;
проверить наличие и исправность электрозащитных средств и заземляющего разрядника;
проверить работоспособность блокировок аппарата;
проверить работоспособность защит аппарата.

5. Произвести испытание высоковольтного оборудования:
установить рукоятку выключателя «защита» в положение «чувствительная»;

включить вилку шнура питания в розетку, установленную на передней стенке ячейки, при этом загорится зеленая сигнальная лампа аппарата;

подать напряжение на повышающий трансформатор, для чего включить автоматический выключатель, при этом загорится красная сигнальная лампа;

плавно вращая рукоятку регулятора напряжения по часовой стрелке, повысить напряжение (со скоростью 1...2 кВ в секунду) до испытательного и поддерживать его постоянным в течение всего срока испытания. Отсчет испытательного напряжения вести по шкале киловольтметра;

по истечении срока испытания плавно снизить испытательное напряжение до нуля, отключить автоматический выключатель, затем отключить аппарат от сети;

снять заземляющим разрядником емкостной заряд с испытуемого объекта и затем заземлить его.

Результаты испытаний указанного электрооборудования занести в протокол измерения изоляции повышенным напряжением.

ПРОТОКОЛ №2

испытания изоляции повышенным напряжением

Испытания произведены аппаратом _____
заводской № _____

№ п/п	Наименование оборудования	Наименование фазы	Испытательное напряжение		Примечание
			$U_{\text{исп.}}$	длительность, мин	

Заключение: _____

Испытание произвел: _____

Проверил: _____

6. Измерить сопротивление изоляции оборудования, испытанного повышенным напряжением промышленной частоты, с помощью мегомметра на 2500 В. Результаты измерений занести в протокол испытания сопротивления изоляции.

4. Оформление отчета по лабораторной работе

В отчете должны быть представлены следующие материалы:

1. Технические данные и электрическая схема аппарата АИИ-70.
2. Протоколы измерения и испытания изоляции (№1 и №2).
3. Принципиальная схема испытания электрооборудования.
4. Выводы по работе.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ АППАРАТА АИИ-70М

Назначение:

Аппарат типа АИИ-70М предназначен для испытания кабелей, твердых и жидких диэлектриков переменным или выпрямленным высоким напряжением.

Технические характеристики:

Напряжение питающей сети однофазного переменного тока, В	127 или 220
Частота питающей сети, Гц	50
Наибольшее вторичное переменное напряжение эфф., кВ	50
Наибольшее вторичное выпрямленное напряжение макс., кВ	70
Масса аппарата без запасных частей и трансформаторной тары, кг, не более	175

Устройство и принцип работы:

Аппарат состоит из передвижного пульта управления на колесах и выпрямителя селенового.

На лицевой панели пульта управления расположена дверца, на которой находятся предохранители, при помощи которых производится переключение напряжения сети.

Дверца снабжена блок-контактами, обеспечивающими безопасную работу при испытании жидкого диэлектрика. С внутренней стороны дверцы закреплены ключ и шаблон-калибр для установки зазора между электродами в измерительной ячейке. Выпрямитель селеновый выполнен в виде вертикального, заполненного маслом цилиндра.

Сверху выпрямителя селенового в рабочем положении аппарата устанавливаются блок микроамперметра с переключателем пределов измерения тока. При транспортировании блок микроамперметра закрепляют на крышке высоковольтного трансформатора внутри пульта управления.

Разрядник заземляющий служит для снятия емкостного заряда с испытываемого объекта и его заземления. Разрядник разъемный, состоит из двух частей.

Конструкция рукоятки переключений пределов измерения тока выполнена на основе изоляционной трубки.

Защитное ограждение выполнено в виде комбинации металлических стержней и изоляционных трубок. На ограждение вешают флажки предупредительные.

Разрядник заземляющий, защитное ограждение, рукоятка переключения пределов измерения тока. Флажки предупредительные при транспортировке аппарата находятся внутри пульта управления.

Работа и взаимодействие элементов электрической схемы аппарата осуществляется следующим образом (см. рис.1). Электропитание подводится к аппарату от однофазной сети напряжением 127 или 220 В посредством гибкого кабеля, снабженного штепсельными разъемами, на клеммы дверной блокировки S4F; далее через предохранители FU3и FU4 подается на регулятор напряжения T2.

Регулируемое напряжение от T2 через автоматический выключатель S3 подается на первичную обмотку высоковольтного трансформатора T1 и конденсатор C2.

Переключатель S2 служит для установки максимальной защиты автоматического выключателя S3 в положение «чувствительная» или «грубая». Высокое напряжение от трансформатора T1 через ограничительное сопротивление R3 может быть использовано как для испытания переменным напряжением твердых диэлектриков, так и для определения пробивного напряжения жидких диэлектриков. Переменное высокое напряжение выпрямляется посредством селенового выпрямителя VI.

Для измерения выпрямленного тока служит микроамперметр с тремя пределами измерения (200, 1000 и 5000 мкА).

Сигнальная лампа H1 (зеленая) указывает на включение сети, лампа H2 (красная) на включение высокого напряжения.

Меры безопасности при работе с аппаратом АИИ-70М.

Производить испытания необходимо в диэлектрических перчатках, стоя на диэлектрическом коврикe. Работать без заземления запрещается.

Перед каждым употреблением заземляющего разрядника необходимо проверить его исправность и отсутствие внешних повреждений, очистить и обтереть от пыли, проверить по штампу, не истек ли срок периодического испытания.

Пользоваться заземляющим разрядником, срок испытаний которого истек, запрещается.

При открытой дверце на лицевой панели пульта управления дверная блокировка должна исключать включение высокого напряжения.

Исправность работы блокировки должна подтверждаться световой сигнализацией:

загорание зеленого светового сигнала - подключение к сети;

загорание красного светового сигнала - включение высокого напряжения.

Любые переключения как на высоковольтной, так и на низковольтной стороне аппарата следует производить после отключения аппарата от сети при надежном заземлении высоковольтных частей.

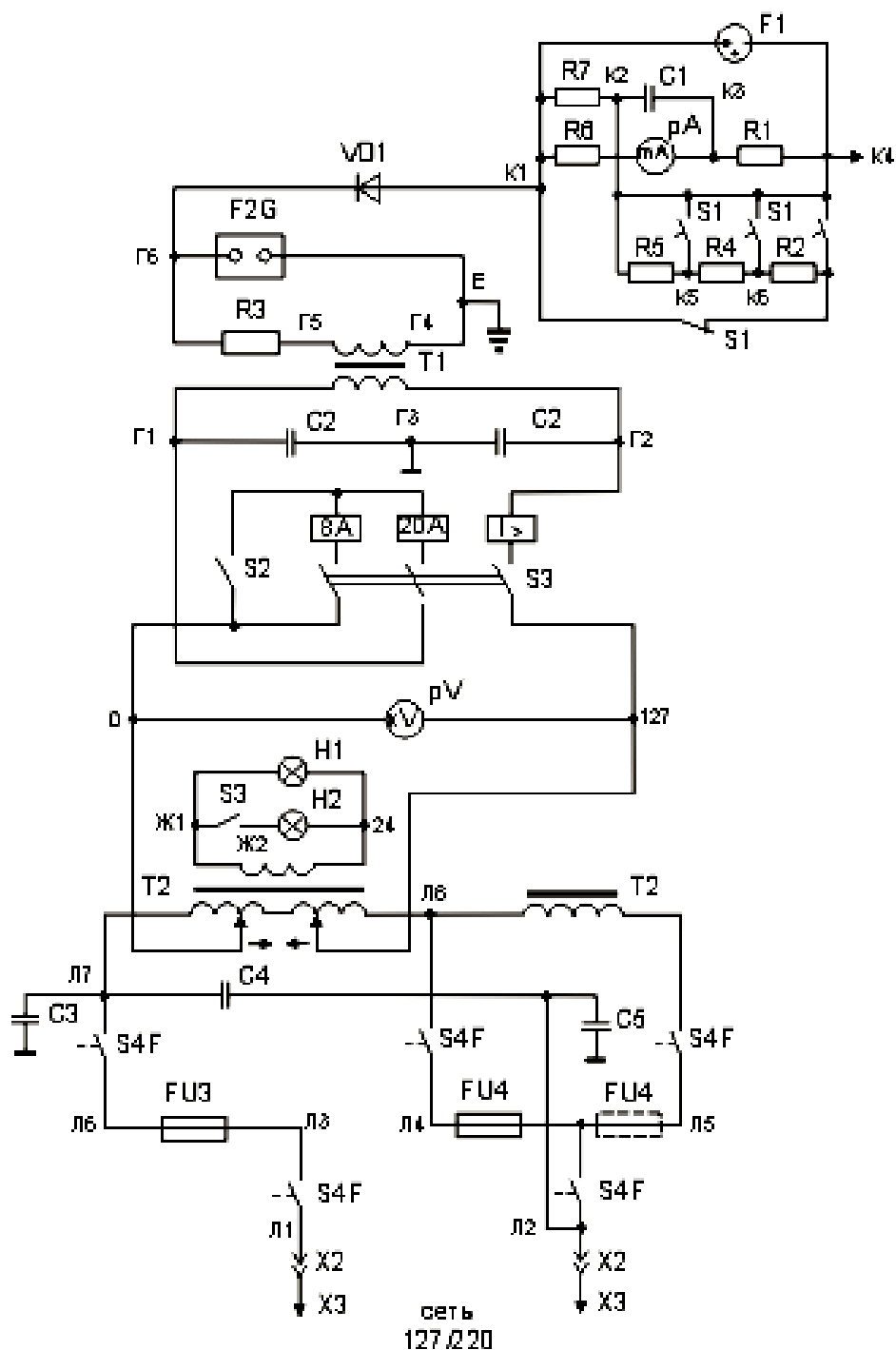


Рис. 1. Схема электрическая принципиальная.

После испытания объекта со значительной емкостью его необходимо заземлить, так как на нем сохраняется заряд, представляющий большую опасность для жизни.

Порядок работы с аппаратом АИИ-70М:

1. Определение пробивного напряжения жидких диэлектриков.

Определение пробивного напряжения жидких диэлектриков на аппарате производится при закрытых дверцах (без селенового выпрямителя) в следующей последовательности:

- а) заземлить аппарат;
- б) установить рукоятку регулятора напряжения против часовой стрелки до отказа (нулевое положение);
- в) проверить, чтобы автоматический выключатель находился в положении «отключение»;
- г) рукоятку выключателя «защита» установить в положение «чувствительная»;
- д) открыть дверцу аппарата, установить измерительную ячейку с жидким диэлектриком на металлические стойки и снова закрыть дверцу;
- е) включить вилку шнура питания, входящего в комплект аппарата в сеть, вставить колодку шнура в вилку аппарата (при этом загорается зеленый сигнал), нажать кнопку «Вкл.» автоматического выключателя (при этом загорается красный сигнал) и плавно вращая рукоятку регулятора напряжения по часовой стрелке, повысить напряжение до пробоя (отсчет вести по шкале киловольтметра, отградуированной в киловольтах эффективных);
- ж) установить рукоятку регулятора напряжения в нулевое положение, отключить колодку шнура питания, открыть дверцу и осторожно перемешать при помощи стеклянной палочки жидкость между электродами для удаления продуктов разложения из межэлектродного пространства, не допуская при этом образования воздушных пузырьков;
- з) метод отбора пробы жидкого диэлектрика, подготовка измерительной ячейки, подготовка пробы, обработка результатов испытания, оформление протокола испытания, должны производиться в соответствии с требованиями паспорта аппарата АИИ-70М.

2. Испытание кабеля и твердых диэлектриков выпрямленным напряжением.

Испытание кабеля выпрямленным напряжением производится в следующей последовательности:

- а) заземлить аппарат и разрядник заземляющий; в случае если выпрямитель селеновый и высоковольтный трансформатор вынесены за пределы аппарата, они также подлежат заземлению;
- б) откинуть заднюю верхнюю дверцу аппарата, установить ее на кронштейне; откинуть заднюю нижнюю дверцу и установить на нее выпрямитель селеновый, заведя его лапы в выдávки дверцы; вставить в отверстие верхней дверцы рукоятку переключения пределов измерения тока и сочленить ее с переключателем пределов блока микроамперметра; заземлить рукоятку;
- в) достать из принадлежностей пружину и присоединить ее одним концом к высоковольтному выводу трансформатора, а другим к выводу выпрямителя селенового, установить рукоятку выключателя «защита» в положение «чувствительная»;

г) подключить при помощи прилагаемого кабеля испытуемый объект к выпрямителю селеновому (муфту кабеля повернуть на вывод блока микроамперметра до упора), установить защитное ограждение с флажками предупредительными;

д) установить рукоятку регулятора напряжения против часовой стрелки до отказа; проверить, чтобы автоматический выключатель находился в положении «отключено»;

е) включить вилку шнура питания в сеть, вставить колодку шнура в вилку аппарата (при этом загорается зеленый сигнал), нажать кнопку «Вкл.» автоматического выключателя (при этом загорается красный сигнал);

ж) повысить напряжение до испытательного значения, плавно вращая рукоятку регулятора напряжения по часовой стрелке (отсчет вести по шкале киловольтметра, отградуированной в киловольтах максимальных);

з) измерить ток утечки, переключая рукоятку переключений пределов тока с большей кратности на меньшую и нажимая кнопку в центре рукоятки;

и) снизить испытательное напряжение до нуля после испытания и нажать кнопку «Откл.» автоматического выключателя;

к) поднести стержень разрядника заземляющего к разрядному крючку блока микроамперметра и снять емкостей заряд через разрядное сопротивление, встроенное внутри разрядника, а затем заземлить блок микроамперметра наглухо, подвесив разрядник на крючок блока микроамперметра или ручку селенового выпрямителя.

Порядок испытания твердых диэлектриков такой же как и кабеля.

3. Испытание твердых диэлектриков переменным напряжением.

Твердые диэлектрики испытывают переменным напряжением при откинутых задних дверцах (без селенового выпрямителя) с соблюдением следующих правил:

а) заземлить аппарат и разрядник заземляющий;

б) установить рукоятку выключателя «защита» в положение «чувствительная»;

в) присоединить провод, подводящий высокое напряжение к испытуемому объекту, к высоковольтному выводу трансформатора;

г) установить рукоятку регулятора напряжения против часовой стрелки до отказа, проверить, чтобы автоматический выключатель находился в положении «отключено»;

д) включить вилку шнура питания в сеть, вставить колодку шнура в вилку аппарата (при этом загорается зеленый сигнал), нажать кнопку «Вкл.» автоматического выключателя (при этом загорается красный сигнал);

е) повысить напряжение до испытательного значения, плавно вращая рукоятку регулятора напряжения по часовой стрелке (отсчет вести по шкале киловольтметра, отградуированной в киловольтах эффективных).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11

ПРИЕМО-СДАТОЧНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Цель работы:

Изучить объем и нормы приемо-сдаточных испытаний воздушных линий электропередачи (ВЛ) напряжением 0,38-220 кВ переменного и постоянного тока. Приобрести практические навыки проведения приемо-сдаточных испытаний воздушных линий электропередачи.

Содержание работы:

1. Изучить объем и нормы приемо-сдаточных ВЛ.
2. Контроль стрелы провеса участка ВЛ.
3. Проверка соединения проводов.
4. Измерить сопротивление изоляции изоляторов.
5. Сделать выводы, выполнить отчет.

1. Краткие сведения из теории

Все вновь сооружаемые и реконструируемые ВЛ и токопроводы должны быть выполнены в соответствии с Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) и действующими строительными нормами и правилами (СНиП).

Приемка в эксплуатацию вновь сооруженных ВЛ и токопроводов должна производиться в соответствии с ПУЭ п. 1.8.38; РД 34.45-51.300-97 «Объем и нормы испытания электрооборудования»; «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТЭЭП) – 2003г. и СНиП 3.01.04-87 «Приемка в эксплуатацию законченных строительством линии электропередачи».

В соответствии с требованиями ПУЭ ВЛ напряжением выше 1кВ испытываются в следующем объеме:

1. Проверка изоляторов

Электрические испытания стеклянных подвесных изоляторов не производится. Контроль их состояния осуществляется путём внешнего осмотра.

Для опорно-стержневых изоляторов испытания повышенным напряжением промышленной частоты не обязательно.

Фарфоровые подвесные и опорные изоляторы испытываются в следующем объеме:

1.1. Измерение сопротивления изоляции подвесных и многоэлементных изоляторов.

Производится мегомметром на напряжение 2,5кВ только при поло-

жительных температурах окружающего воздуха. Проверку следует производить непосредственно перед их установкой на линиях электропередачи и в распределительных устройствах. Сопротивление изоляции каждого подвесного изолятора или каждого элемента штыревого изолятора должно быть не менее 300 МОм.

1.2. Испытание проводится напряжением промышленной частоты:

а) опорных одноэлементных изоляторов.

Для этих изоляторов внутренней и наружной установок значения испытательного напряжения приведены в таблице – 11.1.

Таблица 11.1. Испытательное напряжение опорных одноэлементных изоляторов

Испытуемые изоляторы	Испытательное напряжение, кВ, для номинального напряжения электроустановки, кВ.					
	3	6	10	15	20	35
Изоляторы, испытываемые отдельно	25	32	42	57	68	100
Изоляторы установленные в цепях шин и аппаратов	24	32	42	55	65	95

Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 мин.;

б) опорных многоэлементных и подвесных изоляторов. Вновь устанавливаемые штыревые и подвесные изоляторы следует испытывать напряжением 50кВ, прикладываемым к каждому элементу изолятора.

Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения для изоляторов, у которых основой являются твердые органические материалы, 5 мин., для керамических изоляторов – 1 мин.

2. Проверка соединений проводов. Ее следует производить путем внешнего осмотра и измерения падения напряжения или сопротивления.

Опрессованные соединения проводов бракуются, если:

стальной сердечник расположен несимметрично;

геометрические размеры (длина и диаметр опрессованной части) не соответствуют требованиям инструкции по монтажу соединительных зажимов данного типа;

на поверхности соединителя или зажима имеются трещины, следы значительной коррозии и механических повреждений; падение напряжения или сопротивления на участке соединения (соединителе) более чем в 1,2 раза превышает падение напряжения или сопротивления на участке провода той же длины (испытание проводится выборочно на 5-10% соединителей);

кривизна опрессованного соединения превышает 3% его длины;

стальной сердечник опрессованного соединителя расположен несимметрично.

Сварные соединения бракуются, если:

произошел пережог повива наружного провода или обнаружено нарушение сварки при перегибе соединительных проводов;

усадочная раковина в месте сварки имеет глубину более 1/3 диаметра провода, для сталлеалюминиевых проводов сечением 150-600мм² – более 6 мм;

падение напряжения или сопротивление превышает более чем в 1,2 раза падение напряжения или сопротивление на участке провода такой же длины.

3. Измерение сопротивления заземления опор, их оттяжек и тросов

Профилактические проверки и измерения на воздушных линиях (ВЛ) электропередачи и токопроводах выполняются в объемах и сроки, предусмотренные нормами испытания электрооборудования (ПТЭЭП-2003г.) и приведены в таблице 11.2.

Таблица 11.2. Нормы испытания ВЛ

Наименование испытания	Нормы испытания	Указания
1. Проверка состояния трассы ВЛ	Производится измерение ширины просеки, высоты деревьев и кустарников под проводами, расстояние от элементов ВЛ до стволов деревьев и их кроны	На ВЛ с неизолированными проводами производится не реже 1 раза в 3 года
2. Проверка состояния фундаментов опор	Измеряются размеры сколов и трещин фундаментов. Уменьшение диаметра фундаментных болтов	Периодичность измерений – 1 раз в 6 лет
3. Проверка состояния опор 3.1. Измерение прогибов металлических опор и элементов железобетонных опор	Измеряются прогибы траверса опоры – 1:300 длины траверсы; стойка – 1:700 длины стойки, но не более 20мм	Периодичность измерений не реже 1 раза в 6 лет и после воздействия на ВЛ механических нагрузок, превышающих расчетные
3.2. Контроль оттяжек опор	Измеряется тяжение в тросовых оттяжках опор и контролируется целостность оттяжки Уменьшение площади сечения троса оттяжки не должно превышать 10%	По мере необходимости

Продолжение табл. 11.2

Наименование испытания	Нормы испытания	Указания
3.3. Контроль коррозионного износа металлических элементов опор	Допустимое отношение фактического сечения к предусмотренному проектом не менее: 0,9 – для несущих элементов; 0,8 – для ненесущих элементов	На ВЛ в зонах V-VII степеней загрязненности атмосферы не реже 1 раза в 6 лет, в остальных – в соответствии с ППР
3.4. Контроль железобетонных опор и приставок	Производится измерения трещин, прогибов, разрушения бетона. Ширина поперечных трещин не более 0,6мм, продольных – не более 0,3 мм и не более двух на длине 3,0 м; Для вибрированных стоек соответственно 0,1мм и 0,5мм	Периодичность измерений не реже 1 раза в 6 лет
3.5. Контроль деревянных деталей опор	Отклонение размеров деталей от проектных допускается в пределах: по диаметру- (-1+2) см по длине - ± 1 см на каждый метр длины	В соответствии с установленными требованиями
3.6. Проверка правильности установки опор	Отклонение опоры от вертикальной оси вдоль и поперек линии (отношение отклонения верха к ее высоте): металлические опоры – 1:200; железобетонные одностоечные – 1:150; железобетонные порталные опоры – 1:100; деревянные опоры – 1:100. Смещение опоры перпендикулярно оси ВЛ (выход из створа) – не более 100мм при длине пролета до 200м	В соответствии с ППР
4. Контроль проводов, грозозащитных тросов	Производится измерение расстояний до поверхности земли, различных объектов и сооружений; установлены ПУЭ	Не реже 1 раза в 6 лет на пересечениях и сближениях; после замены, перетяжки проводов; после воздействия механических нагрузок.
5. Контроль стрел провеса расстояний до элементов ВЛ	Фактическая стрела провеса не должна отличаться от проектной более чем на 5%	Периодичность измерений – 1 раз в 6 лет
6. Контроль сечения проводов и грозозащитных тросов	Измеряется площадь сечения проводов и тросов, изменившаяся в результате обрыва отдельных проволок	В соответствии с требованиями.
7. Контроль соединений проводов и тросов		В соответствии с ППР

Наименование испытания	Нормы испытания	Указания
8. Контроль изоляторов и изолирующих подвесок	Контроль состояния производится внешним осмотром	Проверка состояния стеклянных и полимерных подвесных изоляторов и любых изоляторов грозозащитных тросов не производится
9. Контроль линейной аппаратуры	Линейная аппаратура бракуется и подлежит замене, если: в арматуре имеются трещины, раковины, оплавы, изгибы	Производится внешним осмотром

2. Измерение габаритов от проводов ВЛ

После раскатки и выполнения соединений приступают к натяжке проводов и тросов. Закрепив провод на задней по ходу натяжки анкерной опоре, устанавливают роликовые подвесы, в которые закладывают провода. На концах проводов монтируют монтажные зажимы, к которым крепят натяжной трос от тягового механизма. Затем тяговым механизмом производят натяжку провода во всем анкерном пролете до получения требуемой стрелы провеса.

Стрела провеса провода (или троса) - это вертикальное расстояние от прямой, соединяющей точки подвеса провода (или троса) на соседних опорах до любой точки провода (или троса) в пролете (рис.11.1).

Если точки подвеса провода находятся на одном уровне, то наибольшая стрела провеса провода будет в середине пролета.

Величина стрелы провеса устанавливается в зависимости от температуры, при которой ведется натяжка провода, по монтажным таблицам или кривым, прилагаемым к проекту. Установку требуемой стрелы провеса производят, как правило, методом непосредственного визирования в намеченных контрольных пролетах. Контрольные пролеты намечают вблизи от тягового механизма, количество их определяется в зависимости от длины анкерного участка. При длине анкерного участка до 3 км принимают один контрольный пролет, при большей длине - два-три.

Стрелы провеса проводов и тросов, габариты линии до земли или пересекаемых объектов измеряют при приемке линии в эксплуатацию для проверки правильности монтажа. В процессе эксплуатации стрелы провеса и габариты могут изменяться за счет вытяжки проводов, проскальзывания проводов в подвесных и натяжных болтовых зажимах, в результате изменения длины гирлянды при замене дефектных изоляторов, наклонов опор, изменения конструкции опор при ремонтных и реконструктивных работах на линии.

Строгой периодичности измерения стрел провеса проводов не установлено и эти измерения должны производиться по мере необходимости, определяемой в результате периодических осмотров, но не реже 1 раза в 6 лет.

Стрелы провеса и габариты измеряются различными способами:

1. Визирование (с помощью двух реек).
2. Карманным высотомером.
3. С использованием оптических приборов (теодолит, нивелир).

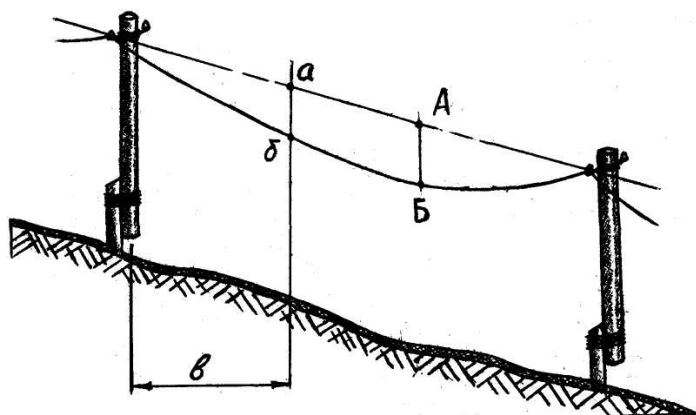


Рис. 11.1. Положение провода в пролете:

А-Б - наибольшая стрела провеса,

а-б - стрела провеса провода на расстоянии *в* от опоры.

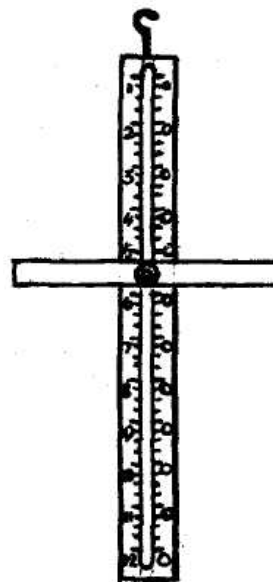


Рис. 11.2. Визирная рейка

Для установки стрелы провеса провода методом визирования на промежуточных опорах, ограничивающих контрольный пролет, устанавливают визирные рейки (рис. 11.2). Рейки прикрепляют к стойкам опор перпендикулярно направлению натяжки проводов. Высоту установки реек определяют, откладывая по стойке опоры вниз от места крепления траверсы расстояние, равное величине стрелы провеса плюс длина поддерживающей гирлянды. На опоре, находящейся ближе к тяговому механизму, располагается монтер-визировщик таким образом, чтобы уровень его глаз находился на уровне реек двух соседних опор. На анкерной опоре, у которой находится тяговый механизм, располагается второй монтер. Задача первого монтера-визировщика состоит в том, чтобы в процессе натяжки путем подачи команд подвести (натянуть) провод к линии визирования и подать сигнал о прекращении движения тягового механизма. При больших пролетах визирование должно выполняться с помощью бинокля. Задача второго монтера – отметка места крепления провода в натяжном зажиме анкерной опоры после точной установки стрелы провеса.

Отметки наносят бандажом или краской. В основном этот способ применяют при сооружении линии электропередач. При осмотрах ВЛЭП определение стрелы провеса проводят визированием так: рейки крепятся на уровне точек подвеса провода на смежных опорах, в пролете между, которыми замеряется стрела провеса. По команде монтера (на одной из опор) производят перемещение реек так, чтобы нижние концы их и нижняя точка провеса провода лежали на одной прямой. Тогда длина рейки от нижнего конца до уровня точки подвеса провода будет равна стреле провеса.

Измерение габаритов производится в условиях, когда стрелы провеса не являются наибольшими. Поэтому следует точно записать температуру воздуха, при которой определялись габариты. На основании этих данных по специальным формулам или таблицам определяют максимальные стрелы провеса проводов и минимальные габариты. Результаты измерений и расчетов заносятся в ведомость:

_____ предприятие, электросетей

Ведомость измерений габаритов

Линия _____ кВ _____ от опоры № _____
до опоры № _____

_____ г.
(дата проверки)

№ п/п	Пролет между опорами	Марка провода	Расстояние от пересечения до опоры	Изменный габарит	Температура воздуха	Величина поправки на максимальную температуру	Наименьший габарит при максимальной температуре	Замеченные мероприятия

Измерения проводились штангой № _____; прибором № _____
Производитель работ _____ с бригадой в составе:
(подпись)

_____ (фамилии членов бригады)
Проверил _____ Мастер РМС (участка) _____
(дата, подпись) (подпись)

3. Проверка соединений проводов

Проводится путем внешнего осмотра и измерения падения напряжения или сопротивления.

Опрессованные соединения проводов бракуются, если:

- 1) стальной сердечник расположен несимметрично;

2) геометрические размеры (длина и диаметр опрессованной части) не соответствуют требованиям инструкции по монтажу соединений данного типа;

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

4) падение напряжения или сопротивления на участке соединения (соединителе) более, чем в 1,2 раза превышает падение напряжения или сопротивление на участке провода той же длины (испытание проводится выборочно на 5...10% соединителей);

5) кривизна опрессованного соединителя превышает 3% его длины;

6) стальной сердечник опрессованного соединителя расположен несимметрично.

Сварные соединения бракуются, если:

1) произошел пережог повива наружного провода или обнаружено нарушение сварки при перегибе соединительных проводов;

2) усадочная раковина в месте сварки имеет глубину более 1/3 диаметра провода;

3) падение напряжения или сопротивление превышает более чем в 1,2 раза падение напряжения или сопротивление на участке провода такой же длины.

С повреждениями проводов связано значительное количество аварий на линиях. Повреждения проводов, как правило, трудно выявить осмотром, в то же время развитие их может привести к обрыву провода и длительному выходу линии электропередач из эксплуатации.

По характеру повреждений проводов перечисленные выше повреждения можно разделить на следующие четыре группы:

1) повреждения, обусловленные коррозией;

2) повреждения, обусловленные действием электрической дуги;

3) повреждения, обусловленные вибрацией;

4) механические повреждения.

Коррозия проводов вызвана воздействием окружающей среды на провода и тросы. Коррозия начинается с наружного повива и постепенно проникает внутрь провода. Наибольшей стойкостью против коррозии обладают медные провода. Алюминиевые и сталеалюминиевые провода чувствительны к воздействию различных щелочей.

Стальной сердечник сталеалюминиевого провода практически закрыт от воздействия окружающей среды алюминиевыми повивами, а дополнительное оцинкование стальных проводок делает защиту сердечника более надежной.

Электрическая дуга может привести к полному пережогу провода, отдельных проводок наружных повивов или оплавлению наружного по-

вива провода. Характер повреждений зависит от величины тока дуги при коротком замыкании и длительности действия дуги, т.е. от выдержки - времени автоматического отключения линии после возникновения на ней короткого замыкания.

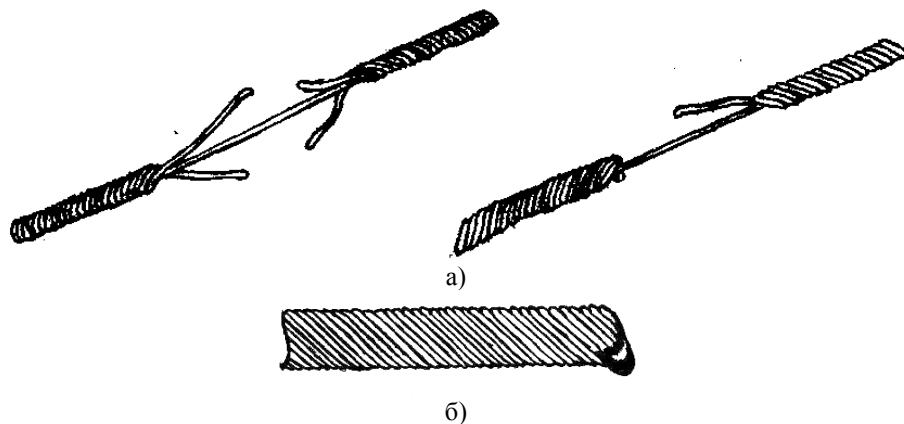


Рис. 11.3. Повреждение проводов электрической дугой:

а) повреждение верхнего повива;

б) пережог провода электрической дугой.

Наиболее тяжелые последствия вызывает электрическая дуга на линиях с медными проводами, так как при перегорании нескольких проволок медного провода теряется большая, чем у сталеалюминиевых проводов, часть его механической прочности.

Пережог провода характеризуется оплавлением концов проволок в месте обрыва, а иногда и свариванием проводок разных повивов между собой (рис. 11.3).

Вибрация представляет серьезную опасность для проводов.

Повреждения проводов от вибрации, как правило, можно выявить только в результате верховой ревизии с выемкой провода из поддерживающих зажимов. Повреждения проводов происходят чаще всего в поддерживающем зажиме или в непосредственной близости от него и оказываются, закрытыми лентой, наматываемой на провод в поддерживающем зажиме.

При появлении на участке линии повреждений проводов от вибрации необходимо проверить ее интенсивность специальными приборами (вибрографами) и установить гасители вибрации. Вибрографы устанавливают вблизи поддерживающих зажимов.

Механические повреждения проводов могут возникнуть вследствие неправильной конструкции линейной арматуры, дефектов монтажа. Значительное увеличение гололедных нагрузок или задевание проводов высокогабаритными машинами может вызвать обрыв провода.

Появление на проводе вспучиваний - "фонарей" - и перекручиваний - "баранок" может вызвать обрыв провода вследствие неправильного рас-

пределения напряжений между отдельными проволоками. Механические повреждения проводов расцепленных фаз могут происходить при неправильной установке дистанционных распорок в результате соударений проводов между собой или с распорками. На проводах при этом появляются механические повреждения.

При хорошем качестве соединения проводов сопротивление контакта должно быть меньше сопротивления такого же по длине участка целого провода, так как общее сечение в месте соединения проводов больше, чем сечение провода. Состояние соединения оценивается величиной коэффициента дефектности, т.е. отношением сопротивления провода в месте соединения к сопротивлению целого провода такой же длины

$$K_d = R_c / R_{ц}$$

где K_d – коэффициент дефектности;

R_c – сопротивление провода в месте соединения, Ом;

$R_{ц}$ – сопротивление целого провода, Ом.

При коэффициенте дефектности 1,2 и более, соединитель подлежит замене или ремонту.

Измерение сопротивления соединений может производиться на линии, находящейся под напряжением, или на отключенной линии. Измерение сопротивлений под напряжением производится путем сравнения падения напряжения на участке целого провода и в месте соединения при протекании рабочего тока линии.

Поскольку величина тока на обоих участках одна и та же, отношение падений напряжения на них пропорционально отношению сопротивлений участков.

Измерения производят специальной штангой с измерительной головкой, имеющей микровольтметр.

В некоторых случаях замер сопротивления соединений на линии, находящейся под напряжением, оказывается невозможным из-за малой величины тока нагрузки или недоступности соединителя (зажим установлен над болотом, водоемом или на большой высоте). Тогда замеры ведутся на отключенной линии с использованием микроомметров или специальных схем с переносной аккумуляторной батареей. Сопротивление соединения также должно сравниваться с сопротивлением участка целого провода такой же длины. Величина сопротивления определяется по величине тока и падения напряжения на контакте и на участке целого провода.

В труднодоступных местах для измерения сопротивления соединителей производят опускание провода на землю и измерение проводят на земле.

При измерении сопротивления соединителей как под напряжением, так и с отключением линии, необходимо обеспечивать хороший электрический контакт измерительного прибора с проводом, так как в противном случае результаты измерений искажаются. Для этого при наложении на провод электродов измерительной головки следует разрушить пленку окисла, покрывающую провод и являющуюся плохим проводником.

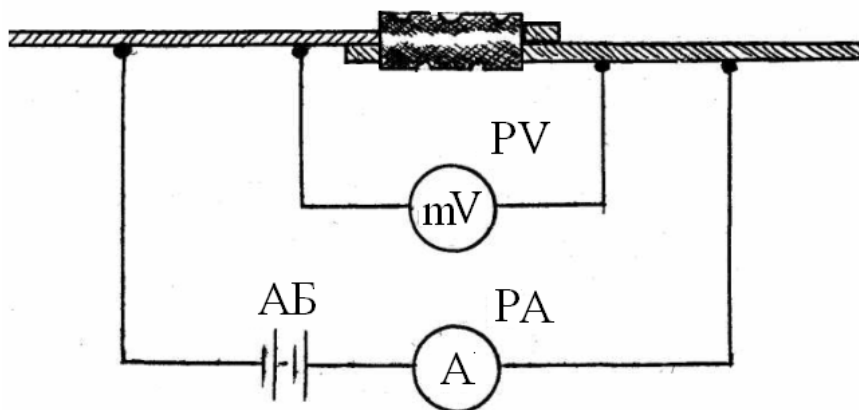


Рис. 11.4. Схема измерения сопротивления соединителей с помощью аккумуляторной батареи на отключенной ВЛ

Проверку качества соединений на линиях до 1000 В осуществляют внешним осмотром, на линиях выше 1000 В - внешним осмотром и замером сопротивления места соединения.

Внешним осмотром проверяют соответствие размеров соединительной арматуры сечению проводов, отсутствие на ней трещин или механических повреждений, отсутствие пережога провода и усадочных раковин при соединении сваркой.

Сопротивление места соединения может быть измерено после выполнения каждого соединения или после включения линии под нагрузку. В последнем случае о величине сопротивления судят по падению напряжения на соединении и на целом участке провода той же длины. Падение напряжения измеряют измерительным прибором, установленным на специальной изолирующей штанге, обеспечивающей безопасность работ.

Проверка состояния мест соединений, выполненных овальными или фасонными соединителями, осуществляется путем измерения падения напряжения на соединении или путем замера сопротивления постоянному току (рис. 4). Измерение падения напряжения может производиться с помощью специальных штанг непосредственно с опор, автомашин или со специальных приспособлений. Критерием качества соединения будет являться отношение

$$V_C/V_{\text{ПР}},$$

где V_C – падение напряжения на соединителе, В;
 $V_{\text{ПР}}$ – падение напряжения на участке провода той же длины, В.
При отношении $V_C/V_{\text{ПР}} > 1,2$ соединитель подлежит замене.

4. Оборудование рабочего места

1. Участок. ВЛЭП.
2. Визирные рейки.
3. Аккумуляторная батарея.
4. Амперметр.
5. Микровольтметр.
6. Мегомметр на 2500 В.
7. Соединительные проводники.

5. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с оборудованием рабочего места.
2. Определить марку и сечение провода, изолятора, соединителя.
3. Выполнить натяжение провода, согласно задания.
4. При помощи визирных реек определить стрелу провеса.
5. Собрать схему для определения сопротивления соединения проводов.
6. Произвести внешний осмотр места соединения и измерить сопротивление участка соединения и целого участка провода такой же длины.
7. При помощи мегомметра измерить сопротивление изоляции изоляторов поэлементно.

6. Оформление отчета по лабораторной работе

В отчете должны быть представлены следующие материалы:

1. Объем и нормы приемо-сдаточных испытаний ВЛЭП.
2. Ведомость проверки стрелы провеса, габаритов, вывод.
3. Схема измерения сопротивления соединения проводов, расчет, вывод.
4. Данные измерения сопротивления изоляции изоляторов, вывод.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила устройства электроустановок (шестое издание, с изменениями и дополнениями, принятыми Главгосэнергонадзором в период с 01.01.92 по 01.01.99). – С.-Петербург: Издательство «Деан», 1999. – 928с.
2. Правила устройства электроустановок. Раздел 1. Общие правила. Главы 1.1, 1.2, 1.7, 1.9. Раздел 7. Электрооборудование специальных установок. Главы 7.5, 7.6, 7.10. – 7-е изд. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004. – 176с.
3. Правила устройства электроустановок. Раздел 2. Передача электроэнергии. Главы 2.4, 2.5. – 7-е изд. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2003. – 160с.
4. Правила устройства электроустановок. Раздел 4. Распределительные устройства и подстанции. Главы 4.1, 4.2. – 7-е изд. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2003. – 104с.
5. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2003. – 304с.
6. Объем и нормы испытаний электрооборудования / под общ. Ред. Б.А. Алексеева, Ф.Л. Когана, Л.Г. Мамиконянца. – 6-е изд., с изм. и доп. - М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004. – 256с.
7. Титов Е.Г. Монтаж электроустановок и охрана труда. Ч. I: Основные приемы и способы выполнения электромонтажных работ и их механизация / ЛВВИСУ. – Л., 1987. – 190с.
8. Емелин В.П., Матвеев В.В. Монтаж электроустановок и охрана труда. Ч. II: Технология электромонтажных и наладочных работ, охрана труда и противопожарные мероприятия / ЛВВИСУ. – Л., 1989. – 424с.
9. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Техническое обслуживание, ремонт электрооборудования и сетей промышленных предприятий: Учеб. для нач. проф. образования: Учеб. пособие для сред. проф. образования. – М.: ПрофОбрИздат, 2002. – 432с.
10. Акимова Н.А. и др. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования: Учеб. пособие для студ. учреждений сред проф. образования / Н.А. Акимова, Н.Ф. Котеленец, Н.И. Сентюрихин; Под общ. ред. Н.Ф. Котеленеца. – М.: Мастерство, 2002. – 296с.
11. Монтаж, техническое обслуживание и ремонт промышленного и бытового электрооборудования: Практическое пособие для электромонтера / Сост. Е.М. Костенко. - М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004. – 320с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Методические указания по выполнению лабораторных работ...	4
Правила техники безопасности при выполнении лабораторных работ	6
Лабораторная работа № 1. Измерение сопротивления заземляющих устройств	8
Лабораторная работа № 2. Прогрев кабеля на барабане.....	23
Лабораторная работа № 3. Приёмосдаточные испытания силовых кабельных линий	29
Лабораторная работа № 4. Определение места повреждения на кабельной линии методом петли.....	39
Лабораторная работа № 5. Определение места повреждения на кабельной линии методом колебательного разряда	46
Лабораторная работа № 6. Определение места повреждения на кабельной линии импульсным методом	56
Лабораторная работа № 7. Проверка и подготовка к эксплуатации асинхронного электродвигателя	65
Лабораторная работа № 8. Центровка валов электрических машин	76
Лабораторная работа № 9. Приемо-сдаточные испытания силового трансформатора	82
Лабораторная работа № 10. Испытание оборудования распределительных устройств на напряжение 6 и 10 кВ повышенным напряжением промышленной частоты	89
Лабораторная работа № 11. Приемо-сдаточные испытания воздушной линии электропередачи	100
Список литературы	112

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК