Унифицированная форма
№ СМК.11.ДП.ОР.237.002-16
от12.04.2016г.№ 26-п

ЧАСТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ГАЗПРОМ ТЕХНИКУМ НОВЫЙ УРЕНГОЙ»

Сборник методических указаний

для студентов

по выполнению лабораторных работ

по МДК 03.02 «Монтаж и наладка электрических сетей»

профессионального модуля

ПМ.03 «Организация и выполнение работ по монтажу и наладке электрических сетей»

программы подготовки специалистов среднего звена

08.02.09Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий

Новый Уренгой 2019

Методические указания для выполнения лабораторных работ разработаны в соответствии рабочей программой профессионального модуля ПМ.03 «Организация и выполнение работ по монтажу и наладке электрических сетей» на основе ФГОС СПО по специальности 08.02.09 «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий » и содержат требования по подготовке, выполнению и оформлению результатов лабораторных работ.

Методические указания по выполнению лабораторных работ адресованы студентам очной формы обучения.

РАЗРАБОТЧИК:
Елена Георгиевна Константинова, к.т.н, заведующий кафедрой,
Байол Людмила Викторовна преподаватель профессионального цикла первой категории,
Петунина Ирина Александровна преподаватель профессионального цикла

Данные методические указания
являются собственностью
© ЧПОУ «Газпром техникум Новый Уренгой»

Рассмотрены на заседании кафедры
электротехнических дисциплин
и рекомендованы к применению
Протокол № 1 от «18» сентября 2019 г.

Заведующий кафедрой ЭТС
_____ Е.Г. Константинова

Зарегистрированы в реестре банка
программной,
оценочной и учебно-методической
документации
Регистрационный номер 660.МУ(ЛР).ЭЛ.ПМ.03.КЭТС.001-19

СОДЕРЖАНИЕ

Пояснительная записка 5
Критерии оценки: 8
Лабораторная работа №1 9
«Монтаж воздушной линии неизолированным проводом» 9
Лабораторная работа № 2 20
«Выполнение разделки концов кабелей, монтажа концевых заделок и маркировки на кабельную линию» 20
Лабораторная работа № 3 29
Снятие вольт-амперных характеристики нелинейного ограничителя перенапряжений 29
Лабораторная работа №4 36
«Измерение расстояний до повреждения кабельных линий рефлектометром РИ 307 USBM» 36
Лабораторная работа № 5 48
«Снятие вольтамперных характеристик измерительных трансформаторов тока» 48
Лабораторная работа № 6,7 53
«Проверка сопротивления изоляции и измерение потерь мощности и тока холостого хода силовых трансформаторов» 53
Лабораторная работа № 8 58
«Исследование схем включения трансформаторов тока» 58
Лабораторная работа № 9 66
«Проверка трансформаторов тока» 66
Лабораторная работа № 10 74
«Проверка измерительных трансформаторов напряжения» 74
Лабораторная работа № 11 85
«Проверка контактных соединений шин и кабелей» 85
Лабораторная работа № 12 90
«Выполнение фазировки кабелей» 90
Лабораторная работа № 13, 14 96

«Наладка устройств автоматического повторного включения и автоматического ввода резервного питания» 96
Лабораторная работа № 15 104
« Проверка газового реле» 104
Лабораторная работа № 16 118
«Техническое обслуживание и проверка масляных выключателей» 118
Лабораторная работа № 17 126
«Выполнение фазировки трёхфазных силовых трансформаторов, включение на параллельную работу» 126
Список использованных источников: 133
Приложение А 136
Лист согласования 137

Пояснительная записка

В данном сборнике приведены методические указания к выполнению лабораторных работ по междисциплинарному курсу 03.02 «*Монтаж и наладка электрических сетей*».

Объем лабораторных работ по МДК составляет 34 часа, что соответствует программе МДК 03.02 для студентов СПО специальности 08.02.09 «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий».

Методические указания апробированы при проведении лабораторных работ по МДК 03.02 со студентами очной и заочной форм обучения.

В методических указаниях сформулированы конкретные цели и задачи к каждой лабораторной работе, представлены схемы экспериментов, таблицы для регистрации и представления данных, полученных в результате испытаний и экспериментов.

В указаниях к каждой работе имеются краткие теоретические сведения, раскрывающие суть испытаний и проверок электрооборудования. Теоретические сведения помогают студентам не только систематизировать изучаемый материал, но и осознано выполнять лабораторные эксперименты.

Лабораторные работы выполняются группами студентов по два-три человека. При выполнении работ обязательно должны выполняться требования охраны труда.

После выполнения каждой работы оформляют отчеты. В методических указаниях в каждой работе отражено содержание отчета. Выполненная работа оценивается только при условии оформления отчета и собеседования с преподавателем о полученных результатах.

Предусмотрено проведение семнадцати лабораторных работ для очной формы обучения.

Образовательные результаты, подлежащие проверке в ходе выполнения лабораторных и практических работ МДК03.02 «*Монтаж и наладка*

электрических сетей» включают *практический опыт, общие и профессиональные компетенции*:

ПО 1 – организации и выполнения монтажа и наладки электрических сетей;

ПО 2 – участия в проектировании электрических сетей

ПК3.1 Организовывать и производить монтаж воздушных и кабельных линий с соблюдением технологической последовательности;

ПК 3.2 Организовывать и производить наладку и испытания устройств воздушных и кабельных линий;

ПК 3.3 Участвовать в проектировании электрических сетей.

ОК1 Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК2 Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК3 Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК4 Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК5 Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК6 Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК7 Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), за результат выполнения заданий.

ОК8 Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК9 Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

ОК12 Осуществлять эффективное трудоустройство и планировать профессиональную карьеру.

У 1 составлять отдельные разделы проекта производства работ

У 2 анализировать нормативные правовые акты при составлении технологических карт на монтаж воздушных и кабельных линий;

У 3 анализировать нормативные документы при составлении технологических карт на монтаж электрических сетей

У 4 выполнять монтаж воздушных и кабельных линий в соответствии с проектом производства работ, рабочими чертежами, требованиями нормативных документов и техники безопасности

У 5 выполнять приемо-сдаточные испытания

У 6 оформлять протоколы по завершению испытаний

У 7 выполнять работы по проверке и настройке устройств воздушных и кабельных линий,

У 8 выполнять расчет электрических нагрузок электрических сетей, осуществлять выбор токоведущих частей на разных уровнях напряжения

У 9 выполнять проектную документацию с использованием персонального компьютера.

знания:

Зн.1 требования приемки строительной части под монтаж линий

Зн. 2 государственные, отраслевые и нормативные правовые акты по монтажу и приемо-сдаточным испытаниям электрических сетей

Зн.3 номенклатуру наиболее распространенных воздушных проводов, кабельной продукции и электромонтажных изделий

Зн. 4 технологию работ по монтажу воздушных и кабельных линий в соответствии с современными нормативными требованиями

Зн.5 методы наладки устройств воздушных и кабельных линий

Зн.6 основные методы расчета и условия выбора электрических сетей.

Критерии оценки:

Оценка	Критерии
«Отлично»	1 Эксперименты выполнены правильно и в полном объеме с соблюдением технологической последовательности. 2 Проявляются организационно-трудовые умения, профессиональные и общие компетенции. 3 Верно определены характеристики и параметры системы автоматизации. 4 Отчет выполнен грамотно и с соблюдением требований. 5 Даны правильные ответы на контрольные вопросы.
«Хорошо»	1 Эксперименты в основном выполнены правильно и самостоятельно, с соблюдением технологической последовательности. 2. Проявляются организационно-трудовые умения, профессиональные и общие компетенции. 3 Допущены неточности при определении характеристик и параметров системы автоматизации. 4 В отчёте допущены отдельные неточности, выводы сделаны верные. 5 Даны ответы на контрольные вопросы.
«Удовлетворительно»	1 Отдельные эксперименты выполнены с помощью преподавателя. 2 Проявляются отдельные профессиональные и общие компетенции. 3 Характеристики и параметры системы автоматизации определены с ошибками. 4 В отчёте допущены неточности, выводы сделаны неполные. 5 Даны неполные ответы на контрольные вопросы.
«Неудовлетворительно»	1 Эксперименты выполнялись с помощью преподавателя. 2 Проявляются отдельные профессиональные и общие компетенции. 3 Характеристики и параметры системы автоматизации определены с ошибками. 4 Отчет оформлен небрежно, выводы не соответствуют полученным результатам. 5 Ответы на контрольные вопросы не даны.

Лабораторная работа №1

«Монтаж воздушной линии неизолированным проводом»

Учебная цель: научиться выполнять крепление провода к изоляторам напряжением до и выше 1000В различными способами.

Перечень оборудования: изоляторы на напряжение до и выше 1000В, омметр, стремянка, крепление, отвёртка, изоляционная лента, монтёрский нож, плоскогубцы.

Порядок выполнения работы:

1. Подготовить рабочее место.
2. Выполнить раскатку кабельной линии.
3. Выполнить натяжку кабеля.
4. Закрепить кабель к изолятору, способом, указанным преподавателем.
5. Оформить отчёт.

Краткие теоретические сведения:

При строительстве воздушной линии (ВЛ) выполняют следующие виды работ: по устройству фундаментов, установке опор, натяжке и креплении проводов.

Арматуру и изоляторы перед вывозкой на трассу тщательно проверяют, комплектуют для каждой опоры. Количество изоляторов в гирлянде монтируют в зависимости от напряжения линии и типа изоляторов. Так, для ВЛ 35кВ –3 изолятора, для 110 кВ – 7 изоляторов.

После того как выполнены работы по раскатке, натяжке провода и отрегулированы стрелы провеса, провода крепят к изоляторам сначала на анкерных, а затем на промежуточных опорах.

На промежуточных одностоечных опорах способы крепления проводов зависят от места их крепления на штыревом изоляторе: боковая вязка на шейке (рисунок 1) или на головке (головная вязка – рисунок 2).

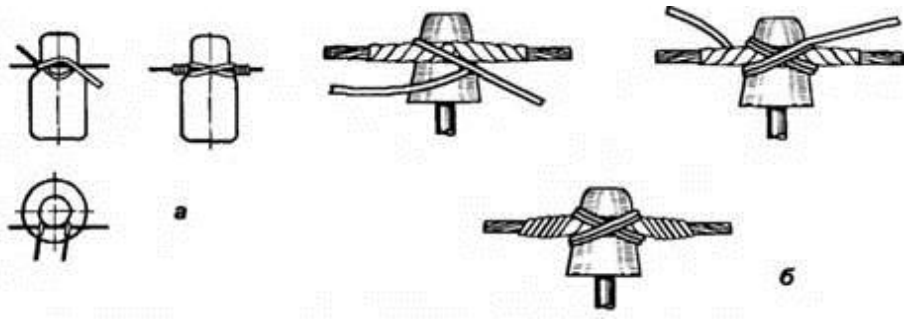
Головная вязка применяется для крепления проводов больших сечений, боковая – для небольших сечений.

Вопрос о месте крепления провода на шейке изолятора промежуточных опор нормами не предусмотрено; провод может крепиться как с внутренней так и с наружной стороны по отношению к телу опоры. Однако считают целесообразным крепить провод с наружной стороны изолятора по отношению к телу опоры, чтобы удалить провод от тела опоры на возможно большее расстояние, снижая вероятность перекрытия изолятора птицами, севшими на провод.

Но крепление провода с внутренней стороны штыревого изолятора, т.е. ближе к телу опоры, обеспечивает безопасность людей и животных, так как при обрыве проволочной вязки или неисправности зажима провод ложится на крюк или траверсу опоры.

На угловых промежуточных опорах, когда провод не разрывают на опоре, провод располагают с наружной стороны штыревого изолятора по отношению к углу поворота линии.

На промежуточных одностоечных опорах способы крепления проводов зависят от места их крепления на штыревом изоляторе: боковая вязка на шейке (рисунок 1) или на головке (головная вязка — рисунок 2).



а – без подмотки на проводе; б – с подмоткой на проводе

Рисунок 1 – Технология «простой» боковой вязки проводов

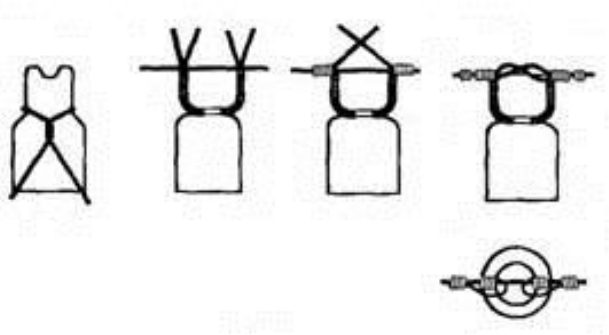


Рисунок 2 – Технология выполнения головной вязки провода на штыревом изоляторе

Материалом для вязки алюминиевых и сталеалюминиевых проводов и проводов из алюминиевых сплавов служат алюминиевые проволоки провода (лучше всего две проволоки от провода А95), а для стальных проводов — мягкая стальная проволока диаметром не менее 2мм. На одну вязку расходуется около 60 см проволоки. В ответственных случаях во избежание повреждения алюминиевых проводов место вязки следует обмотать алюминиевой лентой сечением 10×1мм, как показано на рисунке 1 перед вязкой заранее заготовляют концы проволок нужной длины в соответствии со способом вязки. При боковой вязке (рисунок 1) середину куска вязальной проволоки, кладут на шейку изолятора. Один конец проволоки обматывают вокруг провода снизу вверх, а другой — сверху вниз. Оба конца выводят вперед, снова закручивают на крест вокруг изолятора и провода, а затем наматывают с двух сторон вокруг провода не менее шести-восьми витков с каждой стороны изолятора.

При закреплении провода нельзя допускать прогибания его под влиянием натяжения вязки. Провод и вязку нельзя повреждать пассатижами. Вязку алюминиевых и сталеалюминиевых проводов следует выполнять руками без применения пассатижей или плоскогубцев.

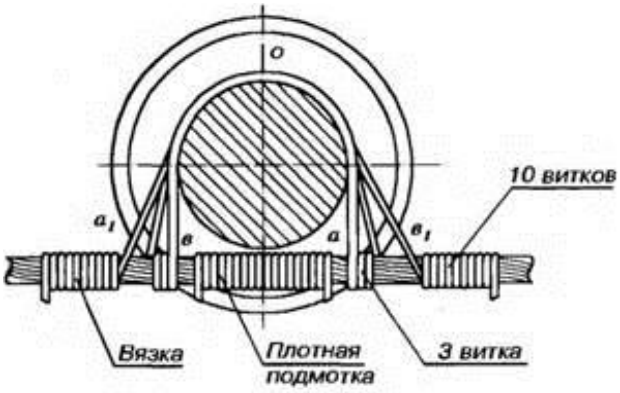


Рисунок 3 Боковая вязка типа ВШ–1 провода на штыревом изоляторе

Таблица 1 – Технические характеристики проволоки

Тип крепления	Диаметр вязальной проволоки, мм	Длина подмотки, мм	Длина вязки, мм	Общая длина вязки, мм
ВШ-1	2,8. ..3,8	800	1400	2200

При боковой вязке провода применяют проволочную вязку типа ВШ-1 (рисунок 3) и типа СШ-1 и СШ-2 (рисунок 4).

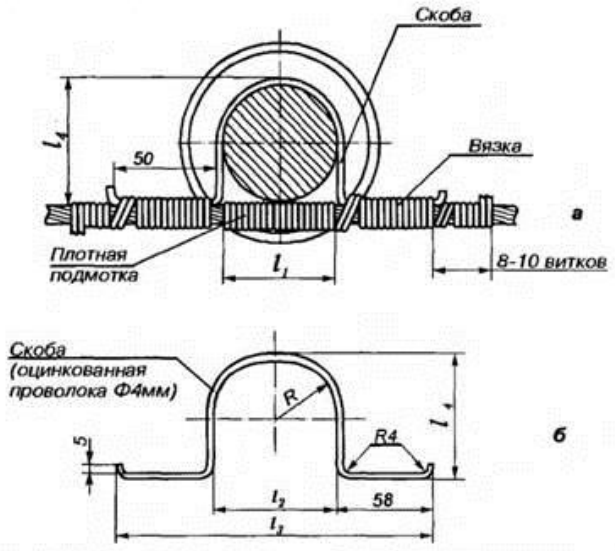


Рисунок 4 – Боковое крепление провода на шейке штыревого изолятора с помощью вязки типа СШ–1 и СШ–2: а – вид в сборе; б – эскиз скобы

Таблица 2 – Технические характеристики изоляторов

Тип крепления	Тип изолятора	R, мм	1 мм	мм	мм	h, мм	Длина развертки, мм
СШ-1	ШФ10-Г ШС-10Г	37	60	74	190	78	305
СШ-2	ШФ20-В	43	70	86	202	91	303

Последовательность операций при креплении провода на шейке изолятора проволочной вязкой типа ВШ—1 следующая:

1. Провод поднимают из монтажного ролика или с крюка на шейку изолятора и на месте его касания изолятора выполняют подмотку в обе стороны, но не шире диаметра шейки изолятора.

2. Проволоку вязки длиной не менее 1400мм делят пополам, начиная с точки «О», охватывают шейку изолятора проволокой и с обеих сторон от изолятора на проводе выполняют по 3 (не менее) витка с обеих сторон от изолятора.

3. Оба оставшихся конца от проволоки вязки перебрасывают вокруг шейки изолятора на противоположную сторону к проводу линии.

4. Каждым из оставшихся концов на проводе линии делают не менее 10 витков, как показано на рисунок 3, а затем концы проволоки вязки с натягом прижимают к проводу вручную (без пассатижей). Левый конец вязальной проволоки крепят аналогично по линии «в» и «в1».

Рациональным способом бокового крепления является крепление при помощи болтового зажима (рисунок 5).

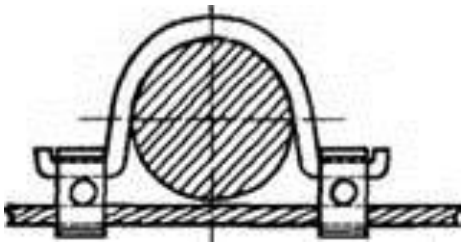
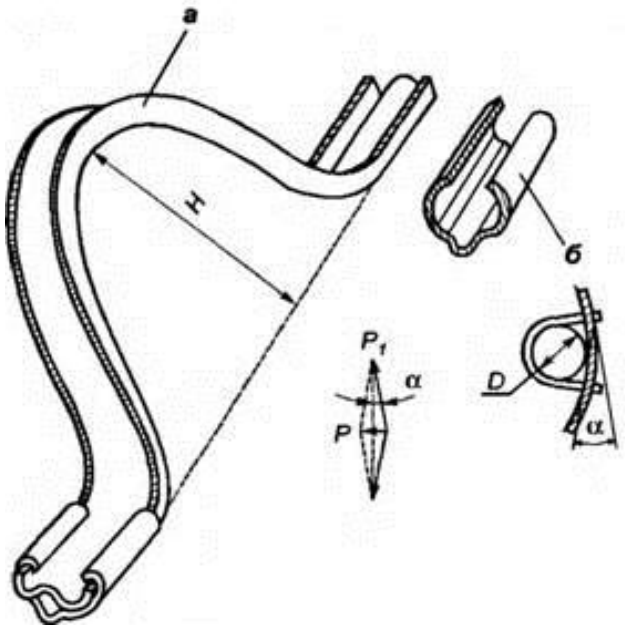


Рисунок 5 – Боковое крепление провода на штыревом изоляторе промежуточной опоры при помощи болтового зажима

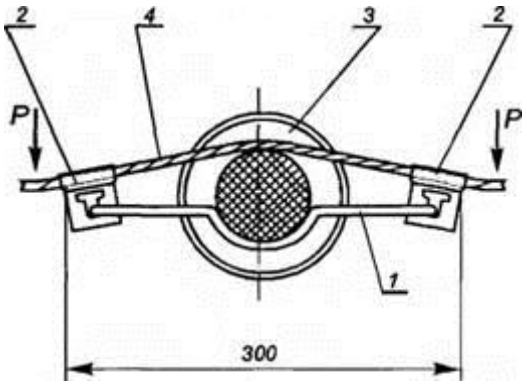
Это крепление представляет собой полухомут фасонного профиля с желобом и с двумя надвигаемыми на отогнутые концы полухомута крышками, которые удерживают смонтированный провод. Принцип работы такого крепления заключается в том. что стрела изгиба H полухомута меньше, чем диаметр D шейки изолятора, благодаря чему возникает усилие P, прижимающее провод к изолятору (рисунок 6).



а — полухомут; б — крышка.

Рисунок 6 – Боковое крепление провода на штыревом изоляторе при помощи полухомута с крышками

Для предохранения промежуточных опор от поломки при одностороннем тяжении провода (например, при обрыве проводов в промежуточном пролете), применяют для крепления проводов зажимы типа ЗАК–10 (рисунок 7). Зажим имеет конструкцию, которая при одностороннем тяжении ослабляет силу сцепления зажима с изолятором.

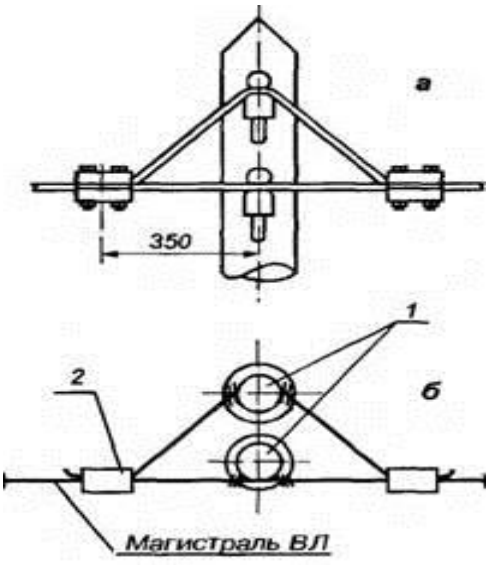


1–зажим типа ЗАК–10; 2 – захват крюковой; 3 – изолятор; 4– провод ВЛ; Р–расчетная нагрузка на элементы зажима

Рисунок 7 – Крепление провода ВЛ 6–10 кВ с помощью зажима ЗАК-10

Таблица 3 – Технические характеристики провода

Марка зажима	Марка и сечение провода				Область применения зажима		Расчетная нагрузка на элементы зажима, кН	Масса зажима, кг
	А	АС	АН	АЖ	район по гололеду	ветровой район		
ЗАК—10-1	—	25/4,2	35	25				
	50	35/6,2	50	35	I+IV	I+V	0,70	0,2
	70	50/8,0	70	50				



а – на крюках; б – на траверсе промежуточной опоры. 1 – изолятор; 2 – зажим ПА или ПАБ

Рисунок 8 – Двойное крепление провода на штыревом изоляторе

Примечание: дополнительный провод двойного крепления должен быть в натянутом состоянии.

Головная вязка проводов

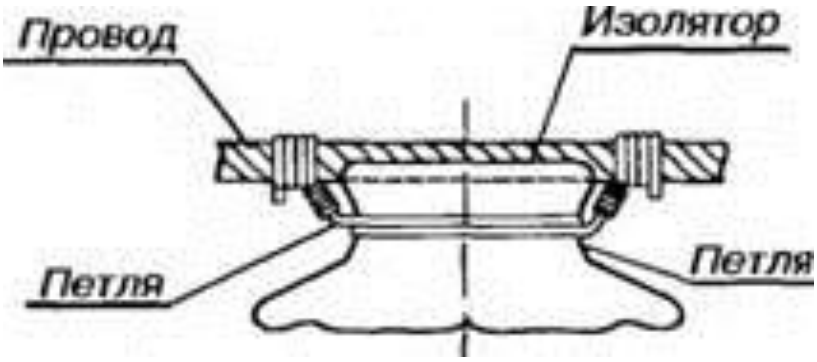


Рисунок 9 – Крепление провода на головке штыревого изолятора вязкой типа ВГ-1

Крепление провода на головке штыревого изолятора можно осуществлять вязкой типа ВГ–1 (рисунок 9). Последовательность операций при этом виде вязки: на шейку изолятора накладывается петля и закрепляется скручиванием так, чтобы один конец получился длиннее; длинный конец закрепляется на проводе, а провод крепится двумя петлями.

Антивибрационная головная вязка провода на штыревом изоляторе, предохраняющая провод от разрушения при возникновении вибрации, показана на рисунок 10.

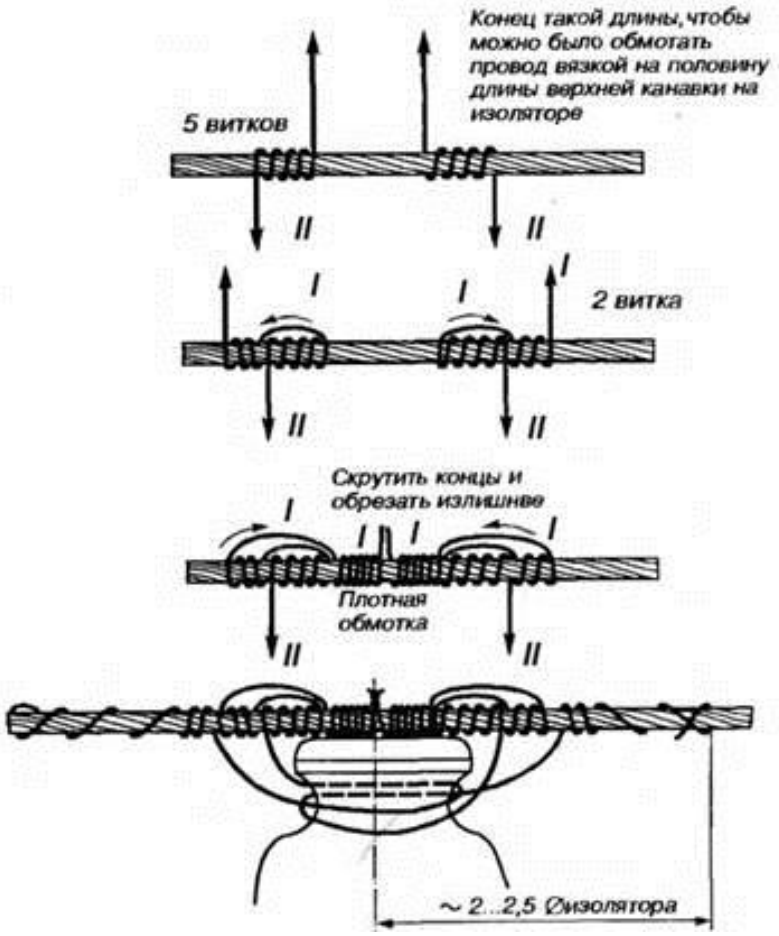


Рисунок 10 – Антивибрационная вязка провода на головке штыревого изолятора

Прочность заделки провода проволочной вязкой принимается не более 150 кг. Не следует создавать проволочной вязкой глухого крепления на промежуточных опорах, так как это по условиям работы опоры превращает ее в анкерную, что может повлечь за собой аварию при обрыве проводов.

Головную вязку на штыревом изоляторе промежуточной опоры выполняют двумя концами вязальной проволоки (рисунок 2). Оба конца закручивают вокруг головки так, чтобы концы вязки находились с обеих сторон желобка изолятора. Концы вязки делают разной длины. Два коротких конца обматывают 4...5 раз вокруг провода, а длинные концы перекладывают через головку изолятора и также наматывают вокруг провода в 4...5 витков.

Область применения стандартных вязок для неизолированных проводов ВЛ 6—35 кВ.

Таблица 4 – Технические характеристики проводов

Тип крепления	Марка и сечение провода	Область применения зажима			Местность	Тип изолятора
		район по гололеду	ветровой район	район по пляске		
ВШ-1	АпС 35/6,2 АС 50/8 АС 70/11	I-VII	I-V	С редкой и умеренной	Населенная и ненаселенная	ШФ10-Г ШФ20-В
СШ-1	АпС 35/6,2 АС 50/8 АС 70/11	I-VII	I-V	С редкой и умеренной	Населенная и ненаселенная	ШФ10-Г
СШ-2						ШФ20-В
ВГ-1						ШФ10-Г ШФ20-В

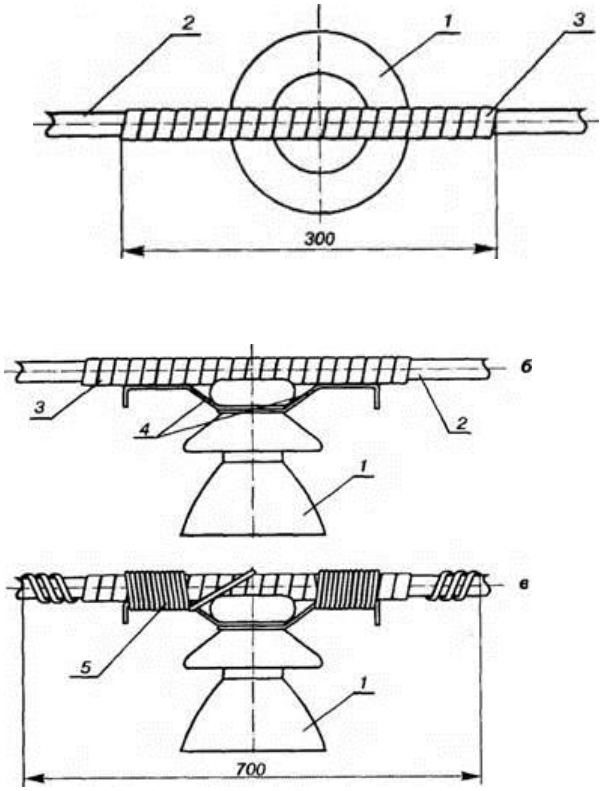


Рисунок 11 – Демпферная вязка проводов изображена

Линейные изоляторы служат для изоляции и крепления проводов и грозозащитных тросов на ЛЭП и распределительных станциях и подстанциях высокого напряжения частотой 50-60 Гц.

По конструктивному исполнению линейные изоляторы подразделяются на штыревые, подвесные тарельчатого типа и стержневые.

Изоляционная деталь изготовляется из электротехнического фарфора или стекла. Срок службы 30 лет.

В условном обозначении изолятора буквы и цифры обозначают: Ш-штыревой, Ф или С – соответственно из фарфора или стекла, цифра – номинальное напряжение, кВ, последняя буква – исполнение изолятора.

Содержание отчета:

1. Номер лабораторной работы, ее название
2. Учебная цель
3. Эскиз головной и боковой вязки.
4. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите способы крепления проводов к изоляторам.
2. Последовательность выполнения монтажа кабеля.
3. Особенность антивибрационной вязки провода.
4. Последовательность операций при креплении провода на шейке изолятора проволочной вязкой типа ВШ—1.
5. Какой материал использую для крепления проводов к изолятором?
6. Почему крепление провода с внутренней стороны штыревого изолятора более распространенно?

Лабораторная работа № 2

«Выполнение разделки концов кабелей, монтажа концевых заделок и маркировки на кабельную линию»

Учебная цель: Научиться разделывать кабель для последующей подготовки к выполнению концевой заделки и нанесению маркировки.

Перечень оборудования: кабель, нож для снятия изоляции, пассатижи, мягкая бандажная проволока, напильник, наконечники, пресс для оконцевания жил, штангенциркуль, изоляционная лента (цвета: жёлтая, зелёная, красная), мегомметр.

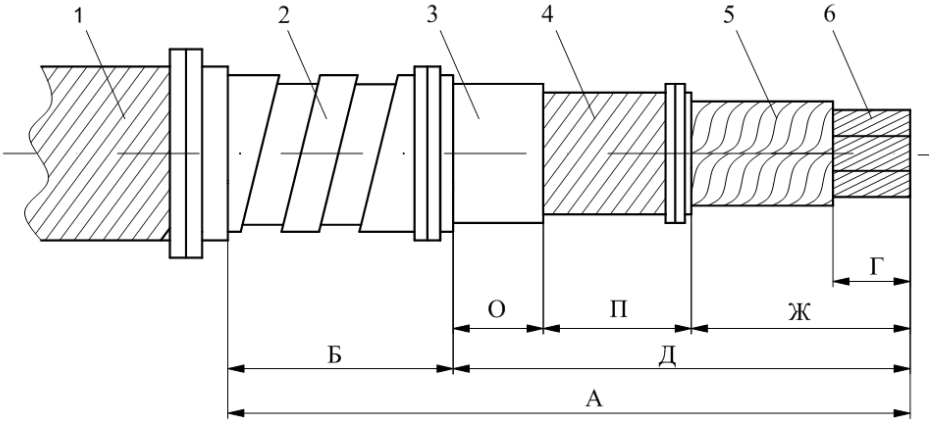
Порядок выполнения работы.

1. Определить расстояние от конца кабеля, согласно ПУЭ и наложить бандаж из проволоки.
2. Рассчитать размеры ступенчатой разделки кабеля.
3. Описать способ подготовки токоведущих частей к соединению.
4. Определить сечение токоведущих жил и тип кабеля.
5. Определить чередование фаз кабеля мегаомметром, пометить их при помощи изоляционной ленты.
6. Разработать и записать меры безопасности при разделке кабеля.
7. Выполнить разделку кабеля.
8. Записать особенности выполнения монтажа концевой заделки.
9. Разработать и записать меры безопасности при выполнении концевой заделки.
10. Выполнить концевую заделку.
11. Оформить отчёт и сделать вывод по работе.

Краткие теоретические сведения.

Разделка кабеля это последовательное удаление элементов конструкции кабеля. Разделку кабеля выполняют непосредственно перед монтажом муфты.

Рассмотрим данный вид работ на примере бронированного кабеля марки АСБ.



1 – наружный защитный покров; 2 – броня; 3 – свинцовая оболочка; 4 – поясная изоляция; 5 - фазная изоляция; 6 – жилы

Рисунок 1 – Схема разделки кабеля

При разделке кабеля последовательно удаляют наружный защитный покров, броню, свинцовую оболочку, поясную и фазную изоляцию. Размеры разделки зависят от конструкции муфты или заделки, марки и сечения кабеля. На расстоянии А поверх джутового покрова накладывают бандаж и разматывают кабельную пряжу, которую не срезают – ее используют для защиты от коррозии оголенной брони кабеля после монтажа. В кабелях с пластмассовым шлангом на это расстояние удаляют шланг. На расстоянии Б (50 – 100 мм) от первого бандажа на броню кабеля накладывают второй бандаж. По кромке бандажа ножовкой надрезают броню, с ограничением по глубине, после этого броню и подушку под ней удаляют.

Свинцовую оболочку кабеля тщательно очищают и на расстоянии О и П от среза брони осторожно производят кольцевые надрезы на половину толщины оболочки специальным кабельным ножом с ограничением глубины

резания. Затем на расстоянии Ж выполняют два продольных надреза и с помощью пассатиж удаляют оболочку. Оболочку между кольцевыми надрезами временно оставляют для предохранения поясной изоляции, которую удаляют, разматывая ленты от конца кабеля и обрывая от кольцевого надреза.

После разделки жилы кабеля осторожно разводят и выгибают так, чтобы было удобно произвести их соединение. Эту операцию выполняют с помощью специальных шаблонов или вручную. Снимают оставшийся поясок оболочки между кольцевыми надрезами и накладывают на поясную изоляцию бандаж из суровых ниток.

Таблица 1 – Размеры разделки кабелей до 10 к В при монтаже концевых муфт и заделок внутренней установки

Маркоразмер заделки	Размеры, мм (рис.1)		
	А	О	П
КВЭ 3×35+1×х16	Ж+55	35	20
КВЭ$_Т$ 3×35+1×10 КВЭЗ 3×70+1×10 КВЭ$_Т$ 3×70+1×10	Ж+70	50	20
КВР-1- КВР-4	Ж+90	60	20

Силовые кабели, их маркировка и конструкции

Силовые кабели состоят из одной, трех или четырех одно- или многопроволочных медных или алюминиевых жил, изолированных друг от друга и окружающей среды бумажно-пропитанной, резиновой или пластмассовой изоляцией, герметизированных свинцовыми, алюминиевыми, пластмассовыми или резиновыми оболочками и защищенных, как правило, броней из стальных лент или оцинкованной стальной проволоки, а также защитными антикоррозийными покровами.

Изоляции жил кабелей изготавливаются из бумажных лент, пропитанных маслоканифольным составом, из поливинилхлоридного пластиката, полиэтилена, сшитого полиэтилена, резины.

Диапазон переменного рабочего напряжения, на который изготавливаются силовые кабели, находится в пределах от 660 В до 500 кВ, Величина рабочего напряжения влияет на конструкцию кабелей.

Буквенное обозначение определяет конструкцию кабелей, их брони, защитных оболочек и покровов. Кабели с алюминиевыми жилами обозначают буквой А. Наличие медных жил в маркировке кабеля не выделяется. Например:

ААБв — кабель с алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной изоляцией, в алюминиевой оболочке, под броней из стальных лент с выпрессованной из поливинилхлорида защитной оболочкой; СБ — кабель с бумажной пропитанной изоляцией с медными жилами, в свинцовой оболочке (С), с броней из стальных лент (Б), с защитными покровами из кабельной пряжи, пропитанной битумом; АСБ — то же, что СБ, но с алюминиевыми жилами; ААБ — то же, что АСБ, но с алюминиевой оболочкой. Основные буквенные обозначения кабелей и их значения приведены таблице 2.

Таблица 2 – Буквенное обозначение кабеля

Буква, сочетание букв	Значение букв или сочетания букв
А	Алюминиевая жила
АС	Алюминиевая жила и свинцовая оболочка
АА	Алюминиевая жила и алюминиевая оболочка
Б	Броня из двух стальных лент с антикоррозионным защитным покровом
Бн	То же, но с негорючим защитным покровом (не поддерживающим горение)
Г	Отсутствие защитных покровов поверх брони или оболочки
л(2л)	В подушке под бронёй имеется слой (два слоя) из пластмассовых лент
в(п)	В подушке под бронёй имеется выпрессованный шланг из поливинилхлорида (полиэтилена)
Шв (Шп)	Защитный покров в виде выпрессованного шланга из поливинилхлорида (полиэтилена)
К	Броня из круглых оцинкованных стальных проволок, поверх которых наложен защитный покров
Н	Не поддерживающий горение защитный покров
М	Маслонаполненный
П	Броня из оцинкованных плоских проволок, поверх которых наложен защитный покров
С	Свинцовая оболочка
О	Отдельные оболочки поверх каждой фазы

Для выполнения оконцевания жил кабеля с концов жил на длине Г удаляют фазную изоляцию. Предварительно у места среза изоляции накладывают бандаж из суровых ниток.

В настоящее время используют заделки поливинилхлоридной лентой, в комплектных резиновых перчатках и эпоксидные. Эти заделки кабеля отличаются малыми размерами, обладают необходимой диэлектрической и механической прочностями, стойкостью по отношению к минеральным маслам, влаго- и термостойкостью и невысокой трудоемкостью.

Общее требование ко всем видам заделок и соединений — обеспечение герметичности изоляции кабеля в месте вывода токопроводящих жил во избежание проникновения влаги в кабель.

Надежность муфт и заделок зависит от тщательного выполнения монтажа, соблюдения технологии, указанной монтажными инструкциями, и норм санитарной гигиены. Попадание влаги или грязи в муфту или заделку резко ухудшает электрическую прочность и приводит к выходу из строя кабеля при его испытаниях после монтажа или во время эксплуатации. Поэтому работы по монтажу муфт и заделок должны выполняться чистыми руками и инструментом, без перерыва в работе до полного их окончания. Корпус муфты перед началом работы также необходимо тщательно очистить с обеих сторон и протереть тряпками, смоченными в бензине.

Рассмотрим порядок выполнения заделки КВР (рисунок 1, а) с применением резиновых перчаток и трубок предназначена для оконцевания кабелей напряжением до 6 кВ, монтируемых в помещениях с нормальной средой при разности уровней концов кабелей не более 10 м.

Резиновые перчатки (рисунок 1,б) изготовляют из найритовой резины ПЛ-118-11 девяти размеров для трехжильных кабелей сечением до 240 мм^2 с изоляцией на 1 и 6 кВ и пяти размеров для четырехжильных кабелей сечением до 185 мм^2 с изоляцией до 1 кВ.

Разделку кабеля для монтажа заделки типа КВР производят в соответствии с указаниями о разделке кабелей.

Монтаж концевых заделок КВР (рисунок 1) начинают с того, что по всей длине на разделанные жилы кабеля накладывают вразбежку подмотку из липкой поливинилхлоридной ленты для предохранения бумажной изоляции жил от повреждений при надевании перчатки. Подматывают в несколько слоев поливинилхлоридной лентой концы жил, включая торцовые части, чтобы закрепить бумажную изоляцию и скруглить острые края для облегчения их прохождения через пальцы перчатки. Надевают перчатку с трубками на жилы кабеля, а затем при помощи плоскогубцев в несколько приемов отворачивают ее корпус по всей окружности на участке приклейки, равном 25 или 30 мм в зависимости от типоразмера перчатки.

Создают шероховатую поверхность на отогнутом участке корпуса перчатки, для чего протирают его тряпкой, смоченной в бензине, а затем опиливают драчевым напильником или обрабатывают щеткой из кардоленты.

Удаляют участок оболочки кабеля между двумя кольцевыми надрезами, и на оголенный участок поясной изоляции накладывают бандаж из суровых ниток.

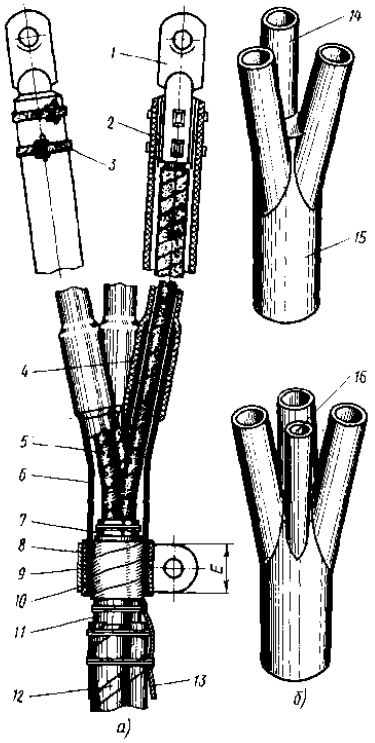
Зачищают до блеска участок оболочки, на который будет приклеена перчатка, после чего протирают его тряпкой, смоченной в бензине.

Покрывают тонким слоем клея 88-Н отогнутую часть перчатки и участок оболочка Если диаметр оболочки меньше внутреннего диаметра перчатки, то на оболочку наматывают ленту из масло- стойкой резины, каждый слой которой промазывают клеем.

Отгибают (по истечении 5—7 мин, необходимых для подсыхания клея) корпус перчатки на подмотку из ленты. Глубина насадки перчатки на оболочку должна быть не менее 30 мм для перчаток I—IV размеров, 35 мм для перчаток V и VI размеров, 38 мм для перчаток VII—IX размеров.

Уплотняют корпус перчатки на оболочке специальным хомутом или двумя бандажами, состоящими из четырех витков медной или стальной оцинкованной проволоки 01 мм, предварительно намотав на корпус перчатки (в местах установки хомута или бандажей) два слоя прорезиненной ленты.

Перевязывают временно хлопчатобумажной или прорезиненной лентой резиновые трубки непосредственно у перчатки, чтобы предохранить поясную бумажную изоляцию от повреждений, а затем разводят и выгибают жилы кабеля.



а — конструкция заделки КВР, *6* — общий вид резиновых перчаток для трех- и четырехжильных кабелей; 1 — наконечник, 2, 8— подмотки резиновой лентой. *3* — бандаж, *4* — резиновая трубка из найрита, 5 — жила кабеля, б — перчатка, 7 — поясная изоляция, *9* — хомут, *10*— уплотнение маслостойкой резиновой лентой, *11* — оболочка кабеля, *12* — броня, *13* — провод заземления, *14* — отросток (палец), *15* —корпус (тело) перчатки, *16* — отросток для четвертой (нулевой) жилы четырехжильното кабеля

Рисунок 2 – Концевая заделка КВР в резиновых перчатках

Отворачивают концы трубок, изолирующих жилы, на участке, равном длине трубчатой части наконечника плюс 8 мм, подготавливая таким образом жилы кабеля для оконцевания. При этом, чтобы облегчить отгибание трубок,

их наружные поверхности на отгибаемом участке смазывают вазелином или смазочным маслом.

Напрессовывают, наваривают или напаивают наконечники на концы жил, а затем протирают цилиндрическую (трубчатую) часть наконечников тряпкой, смоченной в бензине.

Придают напильником или стальной щеткой шероховатость отогнутой части трубки, предварительно протерев ее тряпкой, смоченной в бензине, а затем наносят на нее слой клея 88-Н.

Закладывают валики, смотанные из маслостойкой резиновой ленты и промазанные клеем 88-Н, в лунки на цилиндрической части наконечников, образованные при опрессовке по способу местного вдавливания. Если диаметр цилиндрической части наконечника меньше внутреннего диаметра трубки и между ними образовался зазор, то на наконечник наматывают столько слоев маслостойкой резины, предварительно протертой бензином и промазанной клеем 88-Н, сколько необходимо для полного устранения этого зазора.

Отворачивают трубку на цилиндрическую часть наконечника и уплотняют ее с помощью приклеиваемого отрезка трубки такой длины, чтобы она полностью покрывала цилиндрическую часть наконечника и заходила на трубку на расстояние, равное двум ее диаметрам.

Склеиваемым поверхностям трубок (основной трубки и отрезка) придают шероховатость, протирают их тряпками, смоченными в бензине, и покрывают клеем 88-Н; после его высыхания на внутреннюю поверхность отрезка трубки повторно наносят толстый слой клея и сразу после этого насаживают на наконечник через его контактную часть.

Содержание отчета:

1. Номер лабораторной работы, ее название.
2. Учебная цель.
3. Схема разделки кабеля.
4. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Конструкция кабеля.

2. Расшифруйте одно из буквенных обозначений кабеля: АВВГ, ВБбШв, КВВГ.

3. Перечислите инструменты применяемые при разделки кабеля.

4. Меры безопасности при выполнении разделки кабеля.

5. Какие элементы входят в конструкцию силового кабеля А СБ и каково их назначение?

6. Как выполняется заделка КВР?

7. Какие меры безопасности должны применяться при монтаже кабельной муфты?

Лабораторная работа № 3

Тема: Снятие вольт-амперных характеристики нелинейного ограничителя перенапряжений.

Учебная цель: Освоение методики проверки нелинейного ограничителя перенапряжений.

Оборудование: лабораторный стенд, ОПН-6, мегаомметр, измерительные приборы.

Порядок выполнения работы.

1. Ознакомиться с теоретическими сведениями.
2. Произвести внешний осмотр нелинейного ограничителя перенапряжений.
3. Измерить R изоляции нелинейного ограничителя перенапряжений мегаомметром на 2500В.
4. Снять зависимость U=f(I) для ограничителя перенапряжений.
5. Оформить отчет.

Краткие теоретические сведения.

Нелинейный ограничитель перенапряжения – резистор на основе окиси цинка. Нелинейные ограничители перенапряжений снижают уровень коммутационных перенапряжений на 30-40%, а атмосферных – на 10-20%. Они присоединяются непосредственно к фазам защищаемой сети.

Проверка нелинейного ограничителя перенапряжений включает внешний осмотр, измерение R изоляции ($R_{из}$ должно быть не менее 700 Мом), измерение тока проводимости.

Ток проводимости не должен отличаться от паспортных значений более чем на 20%. (практически не должен превышать 1А).

Для определения вольт-амперной характеристики нелинейных рабочих сопротивлений используется высоковольтный импульсный генератор тока

(ГИТ). Схема ГИТа показана на рисунке 6. Амплитуда тока регулируется изменением расстояния между шарами коммутатора *S* и величиной напряжения зарядного устройства ЗУ. Индуктивность *L* и емкость *C* импульсного генератора позволяют получить импульс тока с временными параметрами $T_{\text{ф}}/T_{\text{и}} = 8/20$ мкс при сопротивлении контура $R \le 2\sqrt{\frac{L}{C}}$.

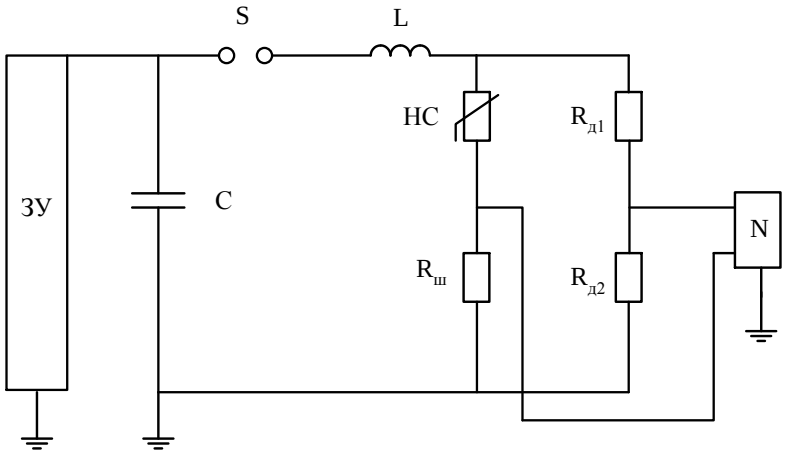


Рисунок 1 – Схема установки для измерения действующего значения тока при переменном напряжении $f = 50$ Гц

Зависимость действующего значения тока от приложенного переменного напряжения $f = 50$ Гц снимается на установке, собранной по схеме рисунок 2.

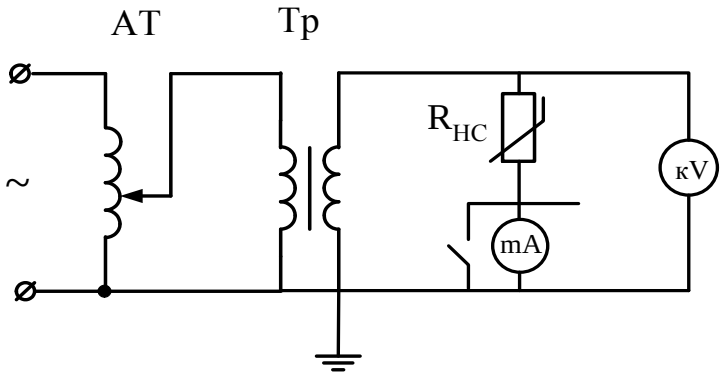


Рисунок 2 – Электрическая схема установки для снятия вольт-амперной характеристики

Вид и значение воздействующего напряжения на выводах нелинейного резистора определяет характер тока, протекающего через резистор.

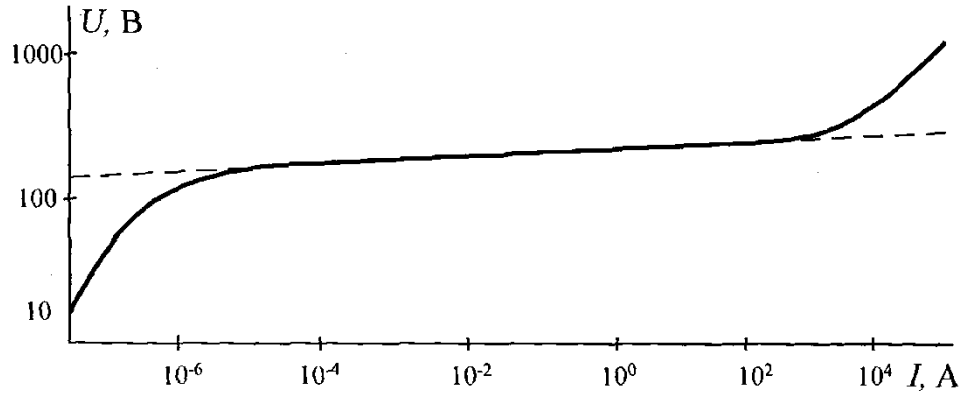
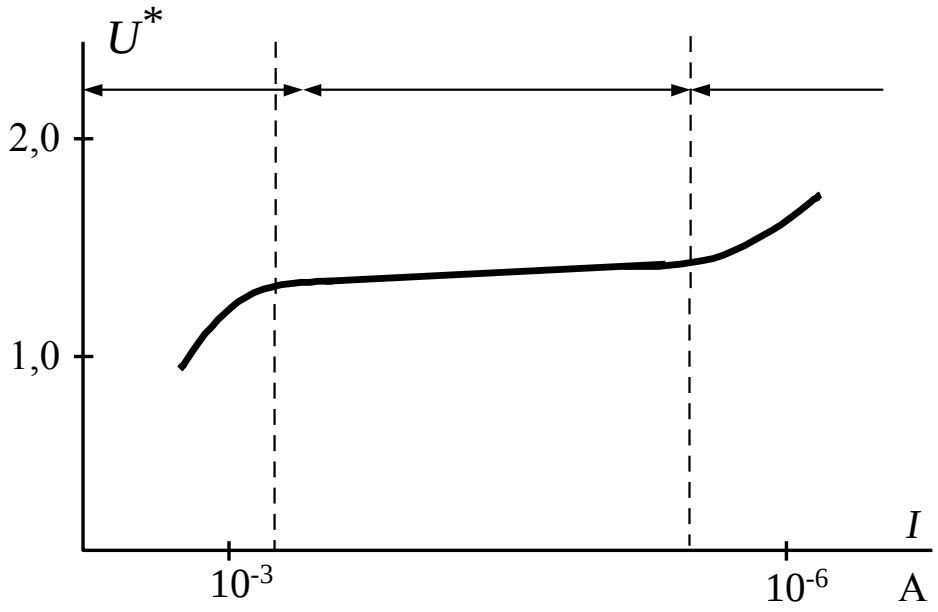


Рисунок 3 – Вольтамперная характеристика нелинейного резистора ОПН

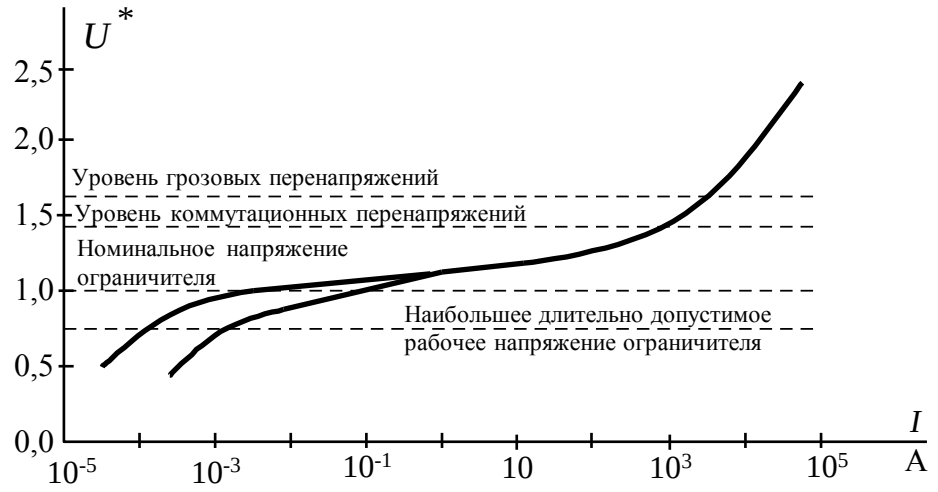
В типичной вольт-амперной характеристике ограничителя перенапряжений для всего диапазона значений тока в нормальных рабочих режимах и при перенапряжениях различного вида можно выделить три участка, соответствующие трем различным характерным областям значений этой характеристики (рис.3).

Первый участок определяет работу нелинейного ограничителя перенапряжений при длительных рабочих напряжениях промышленной частоты, второй участок – при перенапряжениях установившегося режима (квазистационарные перенапряжения) и коммутационных перенапряжениях, третий участок вольт-амперной характеристики определяет работу нелинейного ограничителя перенапряжений при грозовых перенапряжениях.

На вольт-амперную характеристику нелинейного ограничителя перенапряжений оказывает влияние его температура, при этом коэффициент нелинейности α возрастает и увеличивается ток, протекающий по резистору (рис.4, *б*).



а)



б)

а – изменение вольт-амперной характеристики при изменении температуры;

б - U^* - напряжение в относительных единицах

Рисунок 4 – Рабочие области типичной вольт-амперной характеристики нелинейного резистора ОПН

Электрические характеристики ОПН:

Основным нормативным документом на ОПН является разработанный Международной электротехнической комиссией и введенный в действие международный стандарт IEC 99-4:1991 «Металлооксидные ограничители перенапряжений без промежутков для систем переменного тока» (International Standard CEI/IEC 99-4:1991. Surge arresters. Part 4: Metaloxide arresters without gaps for a.c. systems).

Основной характеристикой ОПН является:

1. Класс напряжения сети, для которой предназначен ОПН, - номинальное междуфазное напряжение трехфазной электрической сети $U_{ном}$, кВ, действующее значение.

2. Наибольшее длительно допустимое рабочее напряжение ОПН, $U_{нр.ОПН}$, кВ, действующее значение. Это напряжение промышленной частоты, непрерывно приложенное между выводами ОПН, которое не приводит к повреждению или термической неустойчивости ОПН при воздействии данного напряжения и при дополнительных нормированных воздействиях.

3. Номинальное напряжение ОПН $U_{ном.ОПН}$, кВ, действующее значение. Это напряжение промышленной частоты, которое ОПН может выдержать в течение не менее 10 с в процессе рабочих испытаний.

$$U_{\text{ном ОПН}} = 1{,}25 U_{\text{нр ОПН}} \qquad (1)$$

4. Пропускная способность ОПН определяется как способность выдерживать без потерь рабочих качеств воздействие 20 импульсов пропускной способности, т.е. нормированных по максимальному значению прямоугольных импульсов тока $I_{ПИ}$ с условной длительностью максимального значения $T_{пи}$.

Ограничители перенапряжений подразделяются на три группы по значению $I_{н}$: 5000, 10000 и 20000 А.

По пропускной способности ОПН делят на пять классов. Для каждого класса указываются максимальные значения $I_{пи}$, А, а также $w_{уд}$, кДж/кВ. В

табл. 1 приведена классификация ОПН и для каждого класса по пропускной способности приведены значения $I_{\text{пи}}$, $w_{\text{уд}}$, $I_{\text{н}}$, а также максимальные значения импульсов тока $I_{\text{к}}$, $I_{\text{г}}$, $I_{\text{кр}}$, при которых определяются значения коммутационных и грозовых остающихся напряжений ОПН.

Ограничители перенапряжений должны выдерживать без повреждения двадцать импульсов номинального разрядного тока $I_{\text{н}}$ и два импульса большого тока $I_{\text{б}}$ с максимальными значениями:

$I_{\text{б}}$ = 65 кА для ОПН первого класса с $I_{\text{н}}$ = 5 и 10 кА;

$I_{\text{б}}$ = 100 кА для ОПН 2-5 классов с $I_{\text{н}}$ = 10 и 20 кА.

Эффективность нелинейного ограничителя перенапряжений характеризуется защитным отношением

$$K_{\text{защ}} = \frac{U_{\text{ост}}}{\sqrt{2}\,U_{\text{нр ф}}}, \qquad (2)$$

где $U_{\text{нр ф}}$ - наибольшее рабочее фазное напряжение, кВ; $U_{\text{ост}}$ - напряжение на нелинейном сопротивлении при протекании нормированных импульсов тока.

Содержание отчета:

1 Тема.

2 Учебная цель.

3 Таблица приборов. Схема установки.

4 Результат испытания сопротивление изоляции .

5 Результаты эксперимента по снятию вольт-амперной характеристики (таблица).

6 Вольт-амперная характеристика.

7 Вывод.

Контрольные вопросы:

1. Назначение нелинейного ограничителя перенапряжений.

2. Из каких материалов выполняется нелинейного ограничителя перенапряжений?
3. Что входит в проверку нелинейного ограничителя перенапряжений?
4. Назначение элементов высоковольтного импульсного генератора тока.
5. Проанализируйте характерные области вольт-амперной характеристики нелинейного ограничителя перенапряжений.
6. Перечислите основные электрические характеристики нелинейного ограничителя перенапряжений.
7. Что такое наибольшее допустимое рабочее $U_{ОПН}$?
8. Объясните понятие пропускной способности нелинейного ограничителя перенапряжений.
9. Что называется номинальным напряжением нелинейного ограничителя перенапряжений?

Лабораторная работа №4
«Измерение расстояний до повреждения кабельных линий рефлектометром РИ 307 USBM»

Учебная цель: Научиться определять место повреждения кабельной линии с помощью РИ307USBM.

Перечень оборудования:

- рефлектометр марки РМ-307USBM;
- переходной кабель для подключения к измеряемой линии;
- кабель USB;
- кабели для выполнения измерений.

Порядок выполнения работы.

1. Ознакомиться с краткими теоретическими сведениями.
2. Рассмотреть технические данные, назначения и состав импульсного рефлектометра.
3. Провести визуальную проверку прибора. Обратить внимание на маркировку органов управления, отсутствие видимых повреждений.
4. Начальное положение органов управления должно быть следующим:

   а) ручки «СОГЛ» в среднем положении;

   б) к гнездам «Л1» и/или «Л2» подключена исследуемая линия.

5. Включение прибора осуществляется автоматически после его подключения к работающему порту USB (5 В 500 мА) при этом загорается индикаторный светодиод. Не более чем через 10 секунд прибор готов к измерениям. Запустите интерфейсную программу РИ-307USB на вашем ПК.
6. Установка рабочих параметров.

   6.1 Установка согласования

Параметр «Согласование» характеризует выходное сопротивление прибора, находящееся в диапазоне от 25 Ом до 600Ом. Диапазон регулировки параметра согласования: ≤ «Согласование» ≤130±8, шагом 1.

Примечание: зависимость между значением параметра «Согласование» и выходным сопротивлением прибора нелинейная.

Для согласования выходного сопротивления прибора РИ-307USB с волновым сопротивлением кабельной линии необходимо:

а)открыть программу РИ-307USB;

б) активировать связь с прибором.

Активация связи с прибором осуществляется двумя способами: выбрав в меню в разделе “Запуск” подраздел “Старт”; выбрав в панели инструментов пункт;

в) Установить диапазон по дальности можно двумя способами: выбрав в меню в разделе “Настройки - Диапазон” необходимый подраздел; выбрав в вертикальной панели инструментов (расположенной с левой стороны окна программы) необходимый пункт.

г) поворачивать ручку «СОГЛ», чтобы добиться согласования выходного сопротивления прибора с волновым сопротивлением кабельной линии;

д) условное положение ручки «СОГЛ» отображается в статусной строке под окном графиков.

Примечание: критерием наилучшего согласования служит минимальная амплитуда кратных переотражённых сигналов.

Внимание: значению условного положения ручки «СОГЛ» присваивается рефлектограмме при ее записи в память прибора.

6.2 Установка режимов работы

Установка режимов работы прибора и настройка основных параметров осуществляется в рабочем окне интерфейсной программы РИ-307USB

Активация "измерительных каналов".

Активировать измерительные каналы “Л1” и “Л2” можно двумя способами: выбрав в меню в разделе “Каналы” подразделы “Первый канал”, “Второй канал”; выбрав в панели инструментов пункты.

7. Порядок проведения измерений

Для проведения измерений необходимо выполнить следующие действия:

а) убедиться в отсутствии напряжения в исследуемой кабельной линии;

б) включить прибор;

в) установить рабочие параметры;

г) выполнить измерения;

д) провести анализ полученной рефлектограммы.

Анализ рефлектограмм осуществляется в рабочем окне интерфейсной программы РИ-307USB

8. Деактивация связи с прибором

Деактивация связи с прибором осуществляется двумя способами:

а) Выбрав в меню в разделе “Запуск” подраздел “Стоп”

б) Выбрав в панели инструментов пункт.

9. Отключение прибора

Для отключения прибора, закройте интерфейсную программуРИ-307USB. Отсоедините инерфейсный кабель USB A-B от прибора.

10. Составить отчет

Краткие теоретические сведения.

1. Назначение и принцип работы рефлектометра

Импульсный **Рефлектометр** марки РМ-307USBM предназначен для проведения измерений на симметричных и несимметричных кабелях с волновыми сопротивлениями от 25 до 600 Ом и обеспечивает:

– измерение длин кабелей;

– расстояние до неоднородностей волнового сопротивления или повреждений;

– измерение коэффициента укорочения линии при известной её длине;

– определения характера повреждений.

Питание данного прибора осуществляется от шины USB (5В).

Основные технические данные:

– диапазон измерения расстояния (временной задержки) от 0 -64000м (0-640 мкс);

– поддиапазон измерений

0-62.5 м (0-0.625 мкс)

0-125 м (0-1.25 мкс)

0-250 м (0-0.25 мкс)

0-500 м (0-5мкс)

0-1000 м (0-10мкс)

0-2000м (0-20 мкс)

0-4000м (0-40 мкс)

0-8000 м (0-80мкс)

0-16000м (0-160мкс)

0-32000м (0-320мкс)

0-64000м (0-640мкс)

Пределы допускаемой основной приведенной погрешности измерения (временной задержки) в поддиапазонах ±0.2% от значения поддиапазона

Длительность зондирующего импульса на любом поддиапазоне измерений может быть из ряда: 10 нс, 20 нс, 50 нс, 100 нс, 200 нс, 500 нс, 1мкс, 2мкс, 3мкс, 5 мкс, 10 мкс, 20 мкс, 50 мкс

Пределы допускаемой относительной погрешности измерения коэффициента укорочения в пределах от 1до 3 ± 0.4%

Таблица 1 – Параметры зондирующего импульса

Параметры Зондирующего	Импульс											
	10 НС	20 НС	100 НС	200 НС	300 НС	500 НС	1 мкс	2 мкс	5 мкс	10 мкс	20 мкс	50 мкс

Импульса												
$\tau_м$, мкс	≤ 0.1	≤ 0.02	≤ 0.05	0.1± 0.01	0.2± 0.02	0.5± 0.05	1.0± 0.01	2± 0.2	5± 0.5	10± 1.0	20± 2.0	50± 5.0
$T_{фр}$, нс, не более	10	10	15	15	20	20	25	30	30	30	30	30
U,В не менее	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Диапазон согласованных сопротивлений должен быть от 25 до 600 Ом Время установки рабочего режима не должно превышать 10 секунд Электрические внешние сопротивления подключаются от шины USB.

Показатели безотказности

1) Средняя наработка на отказ То должна быть не менее 6000 часов

2) Установленная безотказная наработка Ту должна быть не менее 500 часов.

В измерительный комплект входят:

1. Импульсный Рефлектометр марки РИ-307USBM.
2. Переходной кабель для подключения к измеряемой лини.
3. Кабель USB.
4. Специализированное программное обеспечение.

Внешний вид и назначение контактов представленный на рисунке 1и таблице2.

Рисунок 1 – Внешний вид рефлектометра

Таблица 2 – Назначение контактов рефлектометра

№	Контакт	Назначение
1	Л1	Разъем для подключения Исследуемой линии к каналу прибора
2	Л2	Разъем для подключения Исследуемой линии к каналу прибора
3	СОГЛ-1	Ручка согласования канала Л1 прибора с волновым сопротивлением исследуемой линии
4	СОГЛ-2	Ручка согласований канала Л2 прибора с волновым сопротивлением исследуемой линии

Принцип действия:

В приборе реализован метод импульсного рефлектометрии, который основывается на явлении частичного отражения электромагнитных волн в местах изменения волнового сопротивления цепи. При измерении импульсным методом в линию посылают прямоугольный импульсный сигнал положительно полярности, который частично отражаясь от неоднородностей, возвращается обратно. Зондирующий и отражённые импульсы наблюдаются на экране, масштабируемом по дальности и амплитуде и по их виду судят о характере неоднородности линии. Отраженные импульсы поступают на вход прибора через некоторое время с момента посылки зондирующего импульса .

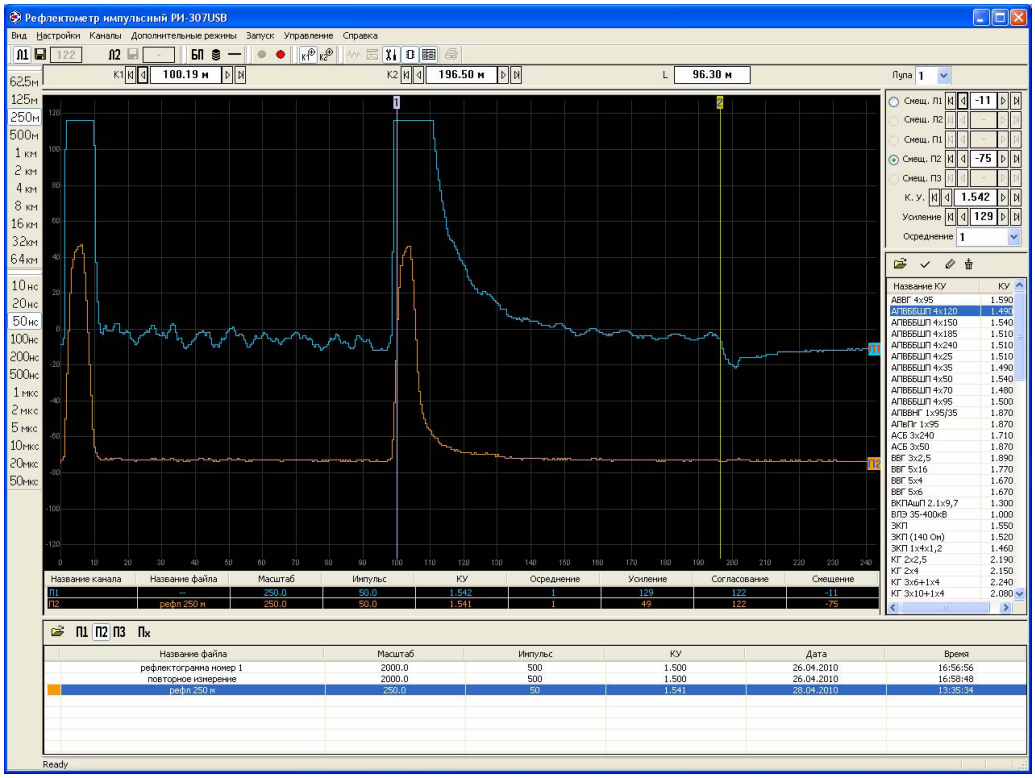


Рисунок 2 – Зондирующий импульс на экране монитора

Неоднородности волнового сопротивления являются следствием нарушения технологии производства кабелей, а также вследствие механических и электрических повреждений цепей при строительстве и эксплуатации линий. Неоднородность возникает в местах подключения к линии каких-либо устройств, либо в местах неисправностей (обрыв, короткого замыкания, утечка на землю). Метод импульсный рефлектометрии позволяет фиксировать множественные неоднородности как дискретные, так и протяженные в зависимости от соотношения их длины и минимальной длины волны спектра зондирующего импульса.

Длительность зондирующего импульса автоматически меняется с изменениями поддиапазона дальности.

Расстояние до места повреждения кабеля или неоднородности кабеля определяется по времени прохождения импульса в прямом и обратном направлении.

Возможные неисправности

При зависании прибора необходимо отсоединить кабель USB от данного прибора. Если в рабочем окне интерфейсной программы отсутствует график рефлектометрии, то необходимо проверить надежность подключения USB провода между ПК и данным прибором

2. Виды повреждений кабельных линий.

Кабельные линии регулярно подвергаются неблагоприятному воздействию капризов природы. Но чаще всего неприятности происходят по вине человека. Например, при земляных работах или сдвигах фунта, среди самых частых причин повреждений можно назвать следующие: старение или окончание расчётного срока эксплуатации, перенапряжение, тепловая перегрузка, коррозия, неквалифицированная прокладка кабеля, дефекты производства, а также дефекты, возникающие при транспортировке и хранении.

– *Короткое замыкание.* Поврежденная изоляция приводит к низкоомному замыканию двух или более проводников в месте повреждения.

– *Замыкание на землю/ короткое замыкание на землю.* Повреждения могут возникать из-за замыкания на землю (низкоомное соединение с потенциалом земли) индуктивно заземленной сети или изолированной сети, и/или из-за короткого замыкания на землю заземленной сети. Еще один вид повреждения - двойное замыкание на землю, характеризующееся двумя замыканиями на землю на разных проводниках с отдельно расположенными начальными точками.

– *Обрывы кабеля.* Механические повреждения и движение земной поверхности могут вызвать обрывы одного или нескольких проводников.

– *Заплываюгцие повреждения.* Зачастую повреждение не стабильно, носит эпизодический характер и зависит от нагрузки на кабель. Причиной может быть высыхание кабелей с масляной изоляцией при низкой нагрузке. Еще одна причина - частичный разряд вследствие старения.

– *Повреждения кабельной оболочки.* Повреждения внешней кабельной оболочки не всегда ведут к немедленному выходу кабельной линии из строя, но

с течением времени могут вызывать повреждения кабеля, в частности, из-за проникновения влаги и повреждений изоляции.

Один участок может состоять из отрезков различных типов кабелей, особенно в густонаселённых местах с большим скоплением инженерных коммуникаций. Используются кабели с полимерной изоляцией или пропитанной бумажной изоляцией. На практике повреждения кабеля приходится определять на всех уровнях напряжения — как в низковольтных, так и в средне- и высоковольтных системах. Поэтому для каждодневного использования целесообразно применять оборудование для поиска повреждений кабеля, разработанное для средне- и высоковольтного диапазона, однако с таким же успехом могло бы использоваться и в низковольтных системах.

3. Анализ рефлектограмм

3.1 Определение расстояний до муфт, скруток, обрывов

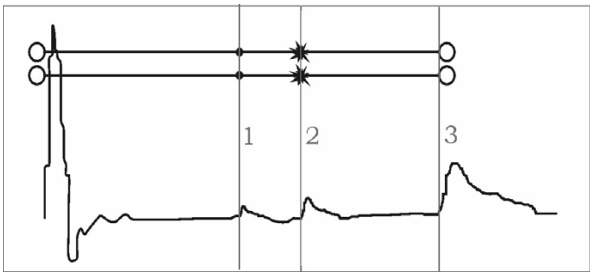


Рисунок 3 – Муфты, скрутки, обрыв

Примечание. На рисунках 3, 4, 5, 6, 7 в верхней части схематично показана кабельная линия, в нижней части – рефлектограмма этой линии.

В положении курсора 1 наблюдается отражённый импульс положительной полярности, указывающий на наличие соединения в кабельной линии. Соединение в положении курсора 2 выполнено хуже предыдущего соединения. Отражённый импульс в положении курсора 3 указывает на обрыв (конец) кабельной линии.

3.2 Определение расстояния до короткого замыкания

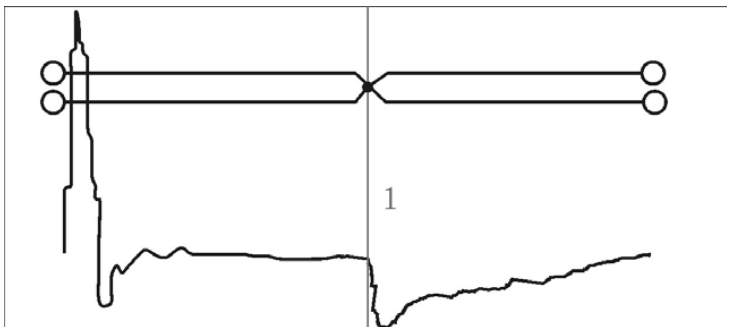


Рисунок 4 – Короткое замыкание

В положении курсора 1 наблюдается отражённый импульс отрицательной полярности, указывающий на наличие короткого замыкания в кабельной линии. Отражённый импульс от конца кабельной линии отсутствует.

3.3 Определение расстояния до "замокшего" участка

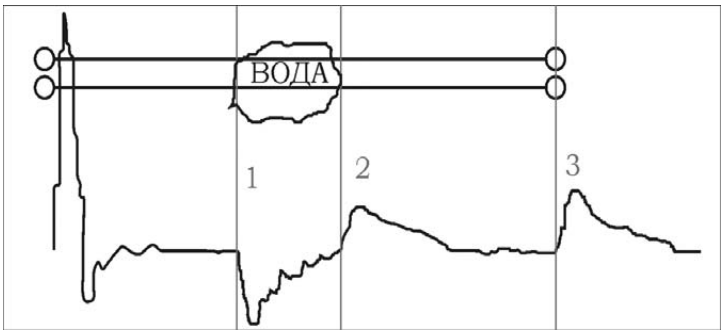


Рисунок 5 – "Замокший" участок

"Замокший" участок характеризуется пониженным сопротивлением и случайной величиной диэлектрической проницаемости изоляции. На рефлектограмме участок начинается в положении курсора 1 и заканчивается в положении курсора 2.

3.4 Определение расстояния до параллельного отвода

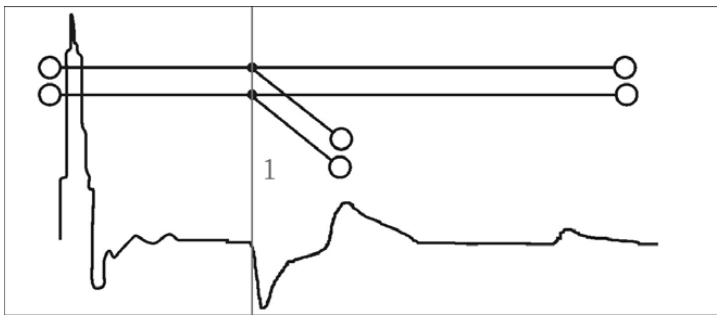


Рисунок 6 – Параллельный отвод

В положении курсора 1 наблюдается отражённый импульс, по своей форме указывающий на наличие параллельного отвода в кабельной линии.

3.5 Определение разбитости пар

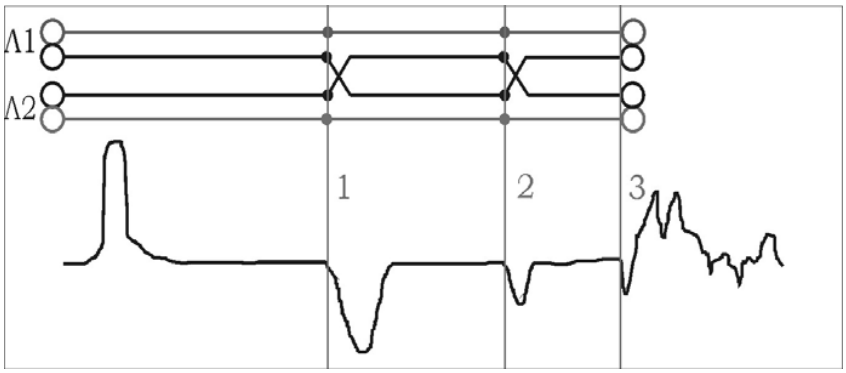


Рисунок 7 – Разбитость пар

Понятие разбитости пар относится к многопарным кабелям связи, сигнализации и управления.

В положении курсора 1 наблюдается отражённый импульс, характерный для разбитости пар. В положении курсора 2 наблюдается отраженный импульс, свидетельствующий о повторной разбитости пар. На обрыв (конец) кабеля указывает отражённый импульс в положении курсора 3.

Содержание отчета:

1. Номер лабораторной работы, ее название.

2. Учебная цель.

3. Рефлектограммы (скриншоты) и их анализ.

4. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Для чего необходимо выполнять измерение расстояния до повреждения кабельной линии?

2. При каких условиях можно использовать рефлектометр РИ-307USB для определения расстояния до места повреждения.

3. Каков диапазон измерения расстояний.

4. Какой способ измерения лежит в основе работы рефлектометра?

5. Перечислить виды повреждений кабеля.

6. Каково расстояние до места повреждения кабеля, если временная задержка сигнала составляет 300 микросекунд.

7. Определить временную задержку сигнала, если расстояние до места повреждения 450 метров.

Лабораторная работа № 5

«Снятие вольтамперных характеристик измерительных трансформаторов тока»

Учебная цель: Изучение конструкции различных трансформаторов тока, методики снятия вольтамперных характеристик.

Перечень оборудования:

– электроизмерительные приборы: PA1 – амперметр с пределом измерения 15А, PV1, PV2 – вольтметр с пределом измерения 60В, трансформатор тока ТА;

– источник питания: однофазный источник переменного тока;

– соединительные провода;

– реостат R;

– лабораторный автотрансформатор ЛАТР-Т.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить схему для снятия вольт-амперных характеристик (ВАХ), назначение всех её элементов.

2. Записать технические данные приборов в таблицу 1.

Таблица 1 – Технические данные приборов

Наименование прибора	Тип	Предел измерения	Класс точности	Заводской №

3. Собрать схему в соответствии с рисунком 1 и представить ее на проверку преподавателю.

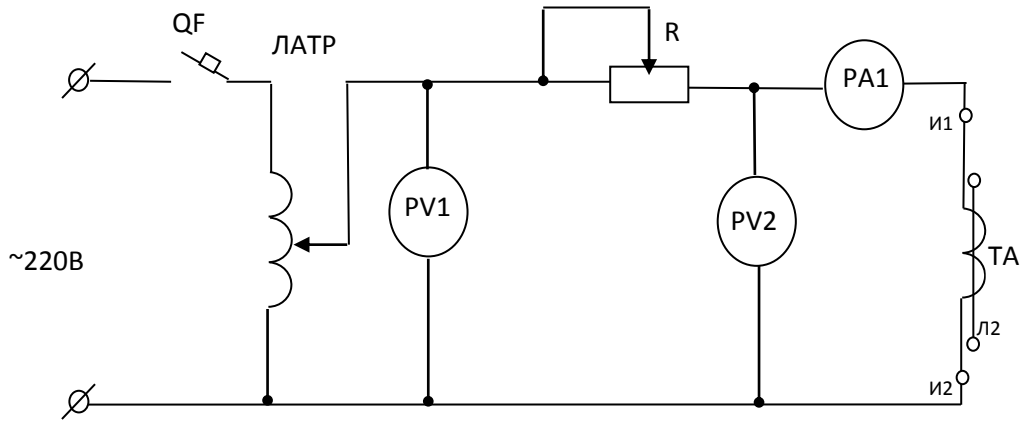


Рисунок 1– Схема лабораторной установки

4. Снять характеристику $U_2=f(I_2)$, результаты свести в таблицу 2. Характеристику $U_2=f(I_2)$ рекомендуется снимать до номинального тока или до начала насыщения.

Таблица 2 – Данные измерений

Тип трансформатора тока	U_2, В	I_2, А

5. По данным таблицы 2 построить вольтамперную характеристику.

6. Сравнить полученные характеристики с типовой вольтамперной характеристикой. При сравнении снятой экспериментально характеристики с типовой вольтамперной характеристикой следует снятую характеристику $U_2=f(I_2)$ перестроить на характеристику $E_2=f(I_2)$, пользуясь уравнением ЭДС для вторичной обмотки трансформатора. Если снятая характеристика идет выше типовой, то значит трансформатор тока (ТТ) исправен, и его 10%-ная кратность не ниже указанной заводом-изготовителем. Если снятая характеристика идет ниже типовой на 20 %, ТТ в эксплуатацию включать не рекомендуется.

7. Сделать вывод о работоспособности ТТ. Оформить отчет.

Краткие теоретические сведения.

Вольтамперная характеристика используется при оценке исправности ТТ. По снижению ВАХ и изменению её крутизны выявляется наиболее распространенная и опасная неисправность ТТ – витковое замыкание во вторичной обмотке. В ряде случаев характеристика может использоваться для оценки погрешности трансформаторов тока.

При снятии ВАХ на испытуемую вторичную обмотку при разомкнутой первичной обмотке подается переменное регулируемое напряжение, измеряемое вольтметром PV, и измеряется проходящий по обмотке ток амперметром PA. При проверках должна применяться испытательная схема с регулированием напряжения автотрансформатором, обеспечивающая наименьшее искажение формы кривой напряжения.

В соответствии с требованиями Норм при проверке ВАХ напряжение на вторичной обмотке не должно превышать 1800 В. При проверке встроенных или других ТТ, имеющих ответвление на вторичной обмотке, напряжение на всей обмотке не должно быть более 1800 В. Допустимое напряжение для рабочего ответвления определяется из выражения (1)

$$U_{2доп} = \frac{K_{1раб}}{K_{1max}} 1800 \qquad (1)$$

где $К_{1раб}$ и $К_{1max}$ – рабочий и максимальный для данного ТТ коэффициенты трансформации.

Измерение напряжения U_2 может производиться вольтметром, измеряющим среднее значение, как это рекомендуется Инструкцией при проверке измерительных трансформаторов тока, так как в этом случае исключается влияние на результаты измерения формы кривой напряжения. Для сравнения результатов измерения с заводскими данными полученное среднее значение следует умножить на коэффициент 1,11. Допускается использовать для измерений вольтметр, показания которого пропорциональны среднему

значению напряжения, а шкала отградуирована в действующих значениях синусоидальной кривой. Умножение показаний вольтметра на коэффициент 1,11 в этом случае не требуется. Рекомендуется применять для измерений комбинированный прибор Ц4312. Измерение тока намагничивания производится амперметром (миллиамперметром), измеряющим действующее значение.

Для трансформаторов тока, имеющих собственную первичную обмотку, допускается измерение напряжения U_1 производить на выводах первичной обмотки и пересчитывать его на U_2 вторичной обмотки. При пересчете показания вольтметра необходимо умножить на коэффициент 1,11 (если прибор градуирован в средних значениях), а также на отношение витков вторичной и первичной обмоток (2):

$$U_2 = 1{,}11 \cdot U_1 \frac{\omega_2}{\omega_1} \qquad (2)$$

Для каскадных ТТ измерение тока намагничивания производится раздельно для каждой ступени.

Оценка исправности ТТ при новом включении производится, как правило, сопоставлением ВАХ всех трансформаторов данного типа с одинаковыми коэффициентами трансформации. Если одна из характеристик располагается значительно ниже остальных (на 50% и более), это указывает на наличие в ТТ виткового замыкания, если отличие составляет 25-40%, необходимо прежде чем браковать трансформатор, сравнить ВАХ с типовой и провести некоторые дополнительные проверки, позволяющие с большей достоверностью выявить наличие короткозамкнутых витков.

В соответствии с требованиями ГОСТ 774678*Е с 1.01.81 г. заводы-изготовители в паспорте, на трансформаторы тока указывают значения U_2 и $I`_{2нам}$ для контрольных замеров при новом включении. Требования, предъявляемые к схемам регулирования, аппаратуре и измерительным

приборам для проверки контрольной точки, полностью совпадают с перечисленными выше условиями снятия вольтамперных характеристик ТТ.

Дополнительные проверки для трансформаторов тока с самой низкой ВАХ, если есть подозрения и наличии виткового замыкания, проводят в сравнении с результатами таких же проверок на заведомо исправном аналогичном ТТ.

Содержание отчета:

1. Номер лабораторной работы, ее тема.
2. Учебная цель.
3. Технические данные приборов.
4. Данные измерений.
5. Схема лабораторной установки.
6. Вольтамперные характеристики.
7. Вывод о проделанной работе.
8. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Классификация трансформаторов тока.
2. Назначение трансформатора тока.
3. Маркировка выводов обмотки.
4. Основные правила безопасности при проверке трансформатора тока.
5. Испытания и проверки трансформаторов тока.
6. Коэффициент трансформации трансформатора тока.
7. Для чего U_2 определяется вольтметром, измеряющим среднее значение напряжения?
8. Как поступают с испытываемым трансформатором тока, если при снятии кривой намагничивания получили низкую вольтамперную характеристику?

Лабораторная работа № 6,7

«Проверка сопротивления изоляции и измерение потерь мощности и тока холостого хода силовых трансформаторов»

Учебная цель: Научиться оценивать состояние изоляции обмоток силовых трансформаторов, измерять I_0, P_0.

Перечень оборудования:

– лабораторный стенд;

– электроизмерительные приборы: вольтметры PV, амперметры PA, ваттметры PW;

– соединительные провода;

– трехфазный трансформатор ТСЗИ 1,6У2, УХЛ2;

– мегаомметр ЭС0202/2-Г.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с краткими теоретическими сведениями.
2. Записать технические данные прибор в таблицу 1

Таблица 1 – Технические данные приборов

Наименование прибора	Тип	Предел измерения	Класс точности	Заводской №

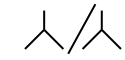
3. Провести измерения сопротивления изоляции обмоток мегаомметром, предварительно соединив обмотки трансформатора  . Испытательное напряжение мегаомметра выбрать в соответствии с «Нормами испытаний электрооборудования». Результаты измерений занести в таблицу 2.

Таблица 2 – Сопротивление изоляции обмоток

Схема измерения	R_{15}	R_{60}	$К_{абс}$
НН – корпус, ВН			
ВН – корпус, НН			
ВН+НН – корпус.			

4. Собрать схему представленную на рисунке 1 и представить её на проверку.

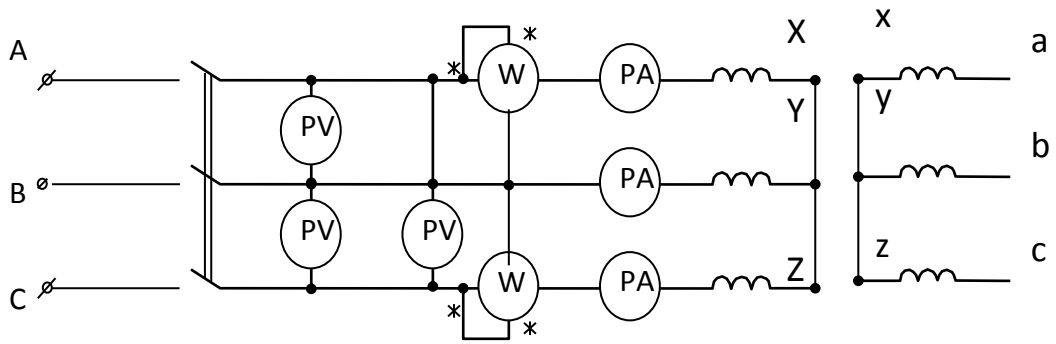


Рисунок 1 – Схема измерения i_0 и P_0 трансформатора

5. Произвести измерения и результаты занести в таблицу 3.

Таблица 3 – Данные измерений и расчетов

Измеренные данные								Расчетные данные			
U_A В В	U_{BC} В	U_C А В	I_A А	I_B А	I_C А	Показания ваттметров		P_0 Вт	$U_{ЛИ}$ Н В	I_0 А	i_0 %
						P_{01}, Вт	P_{02}, Вт				

6. Выполнить расчет и данные занести в таблицу 2.

Рассчитать приведенный ток потерь при холостом ходе по формулу (1)

$$I_0 = \frac{I_0 + I_B + I_C}{3}, \text{ А} \quad (1)$$

Рассчитать среднее значение линейного напряжения по формулу (2)

$$U_{лин} = \frac{U_{AB} + U_{BC} + U_{CA}}{3}, \text{ В} \quad (2)$$

Рассчитать ток холостого хода при $U_{1ном}$ по формуле (3)

$$i_0 = \frac{I_0}{I_{ном}} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где – $I_{ном}$ паспортные данные

Произвести расчет мощности холостого хода (4)

$$P_0 = P_{01} + P_{02.}, \text{ Вт} \quad (4)$$

Краткие теоретические сведения.

Силовые трансформаторы проверяют и испытывают в соответствии с требованиями ПТЭЭП, нормами испытаний электрооборудования и заводских инструкций. Измерение характеристик изоляции проводят при температуре изоляции не ниже 10^0С. измерение всех характеристик изоляции производятся по схемам таблицы 4 мегаомметром.

Таблица 4 – Схемы измерения характеристик изоляции трансформатора

Измеряемые обмотки	Заземляемые части
НН	Корпус, ВН
НН	Корпус, НН
ВН+НН	Корпус

Проводятся замеры сопротивления изоляции R_{15} и R_{60}, по этим результатам определяется $К_{абс}$. $К_{абс}$ для трансформаторов до 10 мВА и напряжением до 35 кВ должен быть не ниже 1.3.

Измерение ёмкости изоляции и tg δ изоляции производят мостом переменного тока по перевёрнутой схеме.

Измерение отклонений C_2/C_{50} и Δ C/C производится с помощью приборов ЕВ-3 или ПКВ 7.

Измерения потерь и тока холостого хода проводят по схеме (рисунок 2)

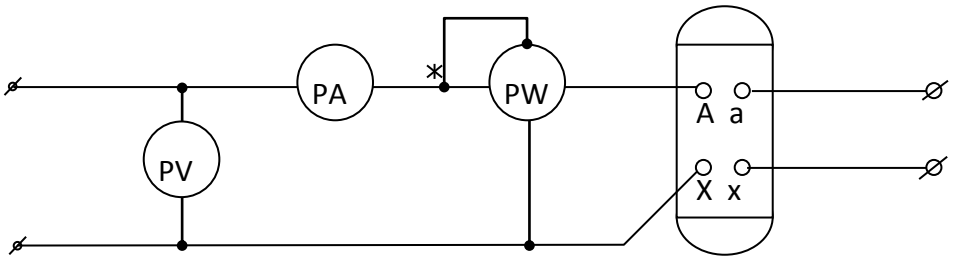


Рисунок 2 – Схема измерения тока и потерь холостого хода

Определяют P_0, $i_0=(I_0/I_{ном}) * 100\%$. Отличие полученных значений от заводских значений должно быть не более 10%.

Содержание отчета:

1. Номер лабораторной работы, ее название.
2. Учебная цель.
3. Таблица приборов.
4. Схемы экспериментов.
5. Данные измерений и расчетов.

6. Вывод о состоянии изоляции по результатам проведённых измерений.

Контрольные вопросы:

1. Что такое коэффициент абсорбции и что он характеризует?

2. Что характеризуют отношения C_2/C_{50} и $\Delta C/C$?

3. От чего зависит tgδ, как он характеризует состояние изоляции?

4. Какие измерения проводятся для полной оценки состояния изоляции силового трансформатора?

5. Как производится испытание трансформатора на маслоплотность?

6. При каком испытании определяется коэффициент трансформации трансформатора?

7. Что такое напряжение короткого замыкания трансформатора и как оно определяется?

8. Какие данные считаются паспортными данными трансформатора?

9. Перечислите условия параллельной работы трансформаторов.

Лабораторная работа № 8

«Исследование схем включения трансформаторов тока»

Учебная цель: Произвести исследования схемы включения трансформатора тока.

Перечень оборудования:

– электроизмерительные приборы – амперметры;

– трансформаторы тока;

– провода.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с аппаратурой, установленной на стенде.

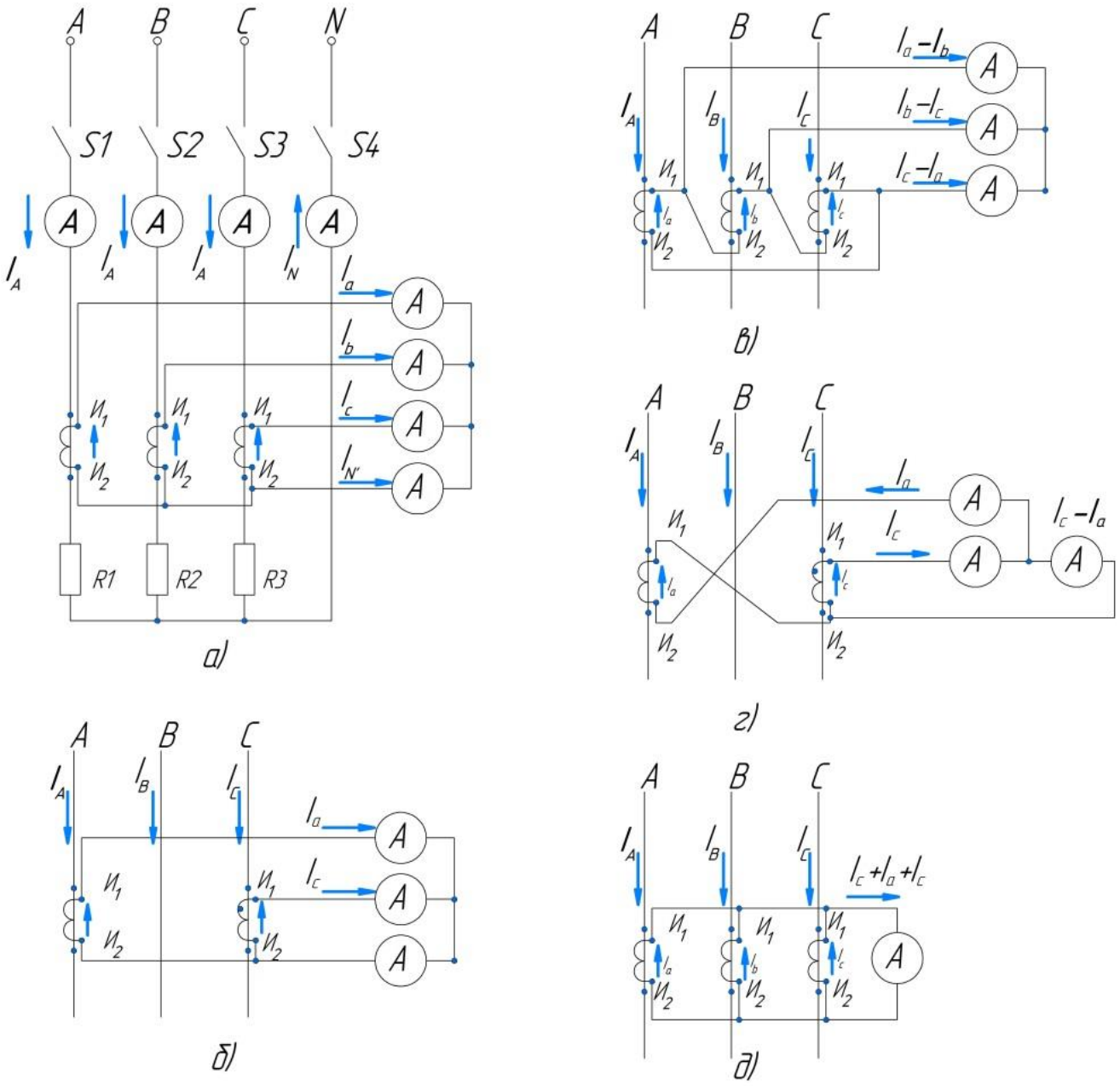
2. Записать паспортные данные трансформатора тока и технические данные приборов в таблицу 1.

Таблица 1 – Технические данные приборов

Наименование прибора	тип	Предел измерения	Класс точности	Заводской №

3. Собрать поочередно все схемы, представленные на рисунок 1. С целью определения $k_{сх}$ при различных видах КЗ все реле заменены амперметрами; в первичных цепях также для контроля установлены амперметры.

4. Для каждой схемы произвести запись показаний всех приборов в таблицу 2



а - схема полной звезды; *б* - схема неполной звезды; *в* - соединение обмоток трансформаторов тока в треугольник; *г* - включение реле на разность токов двух фаз; *д* - включение реле на сумму токов трех фаз

Рисунок 1 – Исследования схем выключения трансформаторов

Таблица 2 – Данные измерений

Название схемы								
Вид КЗ	Показания амперметров, А, в цепях							
	первичных				вторичных			
	I_A	I_B	I_C	I_N	I_a, $\dot{I}_a - \dot{I}_b$	I_b, $\dot{I}_b - \dot{I}_c$	I_c, $\dot{I}_c - \dot{I}_a$	I_N
Трехфазное *(схема – а)*								
Трехфазное *(схема – в)*								
Двухфазное *(схема – б)*								
Двухфазное *(схема – г)*								
Однофазное *(схема-д)*								

5. По данным опыта для всех и каждого вида КЗ построить в масштабе векторные диаграммы вторичных токов; выделить на диаграммах векторы токов, проходящих по обмоткам реле.

6. Для всех схем определить значение коэффициента схемы $k_{сх}$, соответствующего каждому виду КЗ.

Так, например, если при испытаниях схемы на рисунке 1(г) показания приборов оказались:

– при трехфазном КЗ (замкнуты все рубильники) I_a=5А, I_c=5А, $I_{са}$=8,7А

– при двухфазном КЗ между фазами АС (замкнуты рубильники в фазах А и С) I_a=4,3А, I_c=4,3А, $I_{са}$=8,6А;

– при двухфазном КЗ в фазах АВ (замкнуты рубильники в фазах А и В) I_a=4,3А, I_c=0А, $I_{са}$=4,3А, то векторные диаграммы примут вид, представленный на рис. 4,12. Значения коэффициентов схемы будут соответственно равны: $k_{сх}^{(3)} = \sqrt{3}$, $k_{сх\,АС}^{(2)} = 2$; $k_{сх\,АС}^{(2)} = 1$. Как следует из полученных диаграмм, чувствительность схемы значительно меняется в зависимости от вида КЗ.

7. Сделать вывод о целесообразности использования рассмотренных схем в комплектах защиты от междуфазных КЗ и от замыканий на землю.

Указания к построению векторных диаграмм:

Необходимо исходить из того, что схема соединения обмоток в первичной цепи при всех испытаниях остается неизменной.

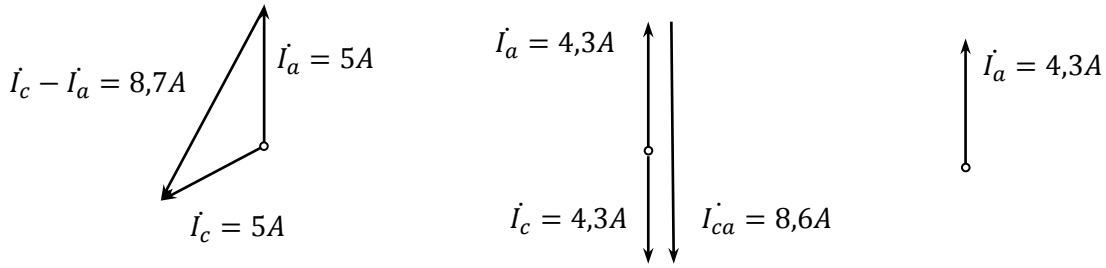


Рисунок 2 – Векторные диаграммы токов при испытании схемы включения реле на разность токов двух фаз: а- при трехфазном КЗ; б- при двухфазном КЗ АС; в- то же АВ.

Векторные диаграммы строятся в масштабе и искомые токи можно определить через длину полученного вектора, умноженного на масштаб.

Краткие теоретические сведения.

Релейная защита питается от типовых схем которые различаются различными вариантами соединения трансформаторов тока и обмоток реле. Для каждой схемы соединения рассчитывается коэффициент схемы. Этот коэффициент показывает в сколько раз токи в реле отличаются от токов которые протекают во вторичной обмотке трансформаторов тока. Такие изменения происходят из-за того что в элементах различных схем вторичные токи могут складываются или вычитаются.

$$\kappa_{сх} = \frac{I_p}{I_\phi}$$

Схема соединения трансформаторов тока в полную звезду.

В нормальном, симметричном режиме.

ТТ устанавливают во всех фазах. Вторичные обмотки трансформатора тока и обмотки реле соединяются в звезду и их нулевые точки связываются одним проводом, называемым нулевым. В нулевую точку объединяются одноименные зажимы обмоток ТТ.

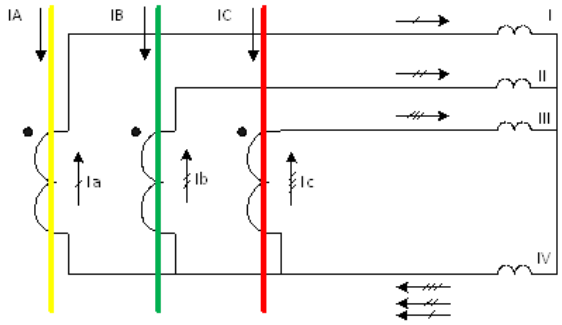


Рисунок 3 – Схема соединения трансформатора тока в полную звезду

Особенности схемы: Защита реагирует на все виды к.з, и имеет одинаковую чувствительность (коэффициент чувствительности при разных повреждениях одинаковый). При всех замыканиях, кроме замыкания на землю, в нулевом проводе протекает геометрическая сумма токов в реле, в следствии чего, ток в нулевом проводе приблизительно равен нулю. Реле в нулевом проводе реагирует только на токи к.з. на землю.

Схема соединения трансформаторов тока и обмоток реле в неполную звезду.

ТТ устанавливаются в две фазы и соединяются аналогично схеме звезды.

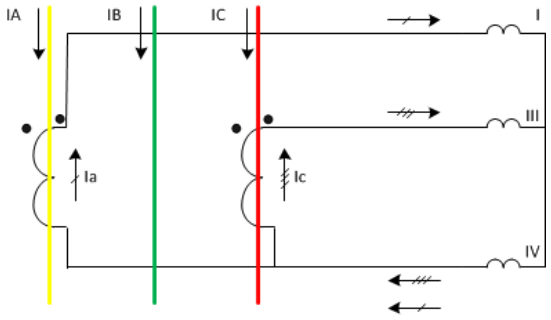


Рисунок 4 – Схема соединения трансформатора тока в неполную звезду

Соединение трансформаторов тока в треугольник, а обмоток реле в звезду.

Вторичные обмотки ТТ, соединенные последовательно разноименными выводами, образуют треугольник.

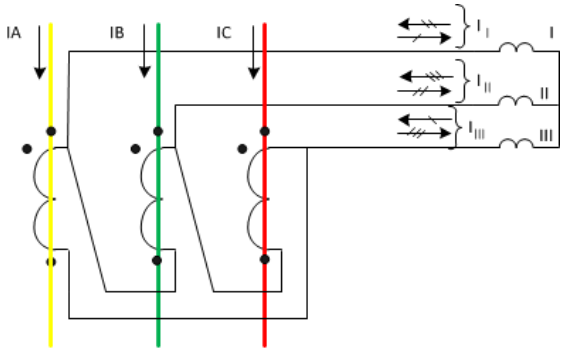


Рисунок 5 – Схема соединения трансформатора тока в треугольник

Схема реагирует на все виды КЗ. Так как при разных видах замыканий коэффициент чувствительности разный то защита имеет разную чувствительность. Схема применяется в основном для дифференциальных защит трансформаторов и дистанционных защит.

Схема соединений с двумя ТТ и одним реле, включенным на разность токов двух фаз.

В схеме вторичные обмотки ТТ, установленных в двух фазах, соединяются разноименными выводами. К трансформаторам тока реле присоединяется так, что по его обмотке проходит ток равный геометрической разности фазных токов.

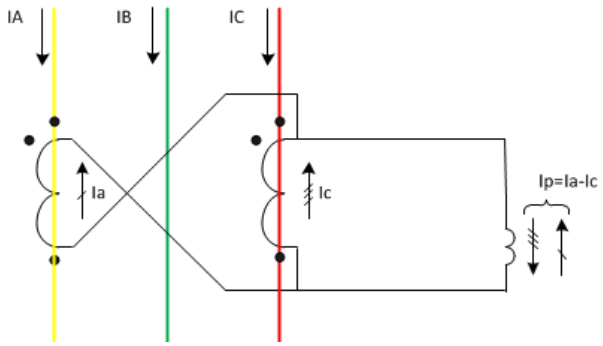


Рисунок 6 – Схема соединения трансформатора тока на разность двух фаз

Схема применяется для защиты от междуфазных КЗ, когда она обеспечивает необходимую чувствительность когда не требуется её действие за трансформатором с соединением обмоток Y/D – 11 группа. . Схема защиты реагирует на все виды КЗ, за исключением замыкания на землю фазы, в которой трансформатор не установлен, поэтому применяется только для действия при многофазных повреждениях.

Схема соединения трансформаторов тока в фильтр нулевой последовательности.

Ток в реле появляется только при одно и двухфазных КЗ на землю

Схема применяется в защитах от замыканий на землю.

$$I_N = \dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c$$

При нагрузках трехфазных и двухфазных КЗ $\mathbf{I_N}$=0.

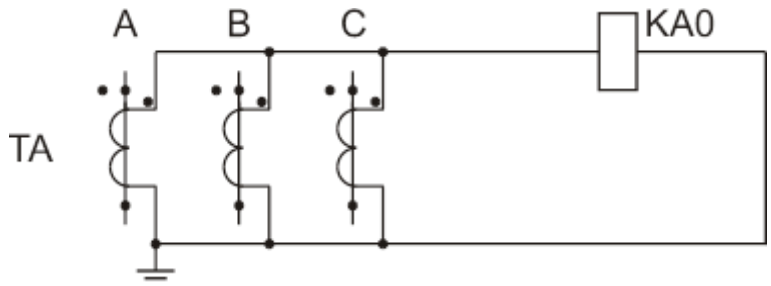


Рисунок 7 – Схема фильтров токов нулевой последовательности

Содержание отчета:

1. Номер лабораторной работы, ее название
2. Учебная цель
3. Технические данные приборов
4. Схемы включения трансформаторов тока
5. Данные измерений
6. Векторные диаграммы
7. Расчеты

8. Вывод о проделанной работе

Контрольные вопросы:

1. Какие существуют схемы включения трансформаторов тока
2. Применение схем в практической деятельности.
3. Меры безопасности при работе с трансформатором тока.
4. Каково назначение нейтрального провода в схеме полной звезды?
5. Почему схема на рис. 7 называется фильтром токов нулевой последовательности?
6. Что такое коэффициент схемы и почему его нужно учитывать при определении тока срабатывания реле?
7. К чему приведет изменение полярности вторичной обмотки одного трансформатора тока в схеме на рис.7?
8. Как должны быть соединены контакты трех реле в схеме на рис.4.11, а при выполнении максимальной токовой защиты от всех видов КЗ?
9. Какие схемы соединения обмоток трансформаторов тока используются в защитах от многофазных КЗ?

Лабораторная работа № 9
«Проверка трансформаторов тока»

Учебная цель: Освоение методики и выполнения проверки трансформаторов тока для питания устройств релейной защиты и автоматики.

Перечень оборудования:

– электроизмерительные приборы – амперметры;

– трансформатор тока;

– реостат;

– мегаомметр.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с теоретическими положениями.
2. Выполнить внешний осмотр на предмет оценки состояния изоляции, отсутствии сколов и трещин трансформатора тока.
3. Проверить сопротивление изоляции вторичных обмоток трансформаторов тока и их вторичных цепей мегаомметром.
4. Определить однополярные выводы первичной и вторичной обмоток.

Проверка однополярных выводов первичной и вторичной обмоток трансформатора тока производится по схеме, представленной на рисунке 1.

В схеме испытаний используются: источник постоянного тока - аккумулятор или сухая батарея на напряжение около 6 В, магнитоэлектрический поляризованный прибор, направление отклонения подвижной системы которого зависит от направления тока в его обмотке (миллиамперметр на 5-10 мА или вольтметр на 1,5-3 В, желательно с двусторонней шкалой), токоограничивающий резистор R, сопротивление которого определяется напряжением источника и его разрядным током, и рубильник S.

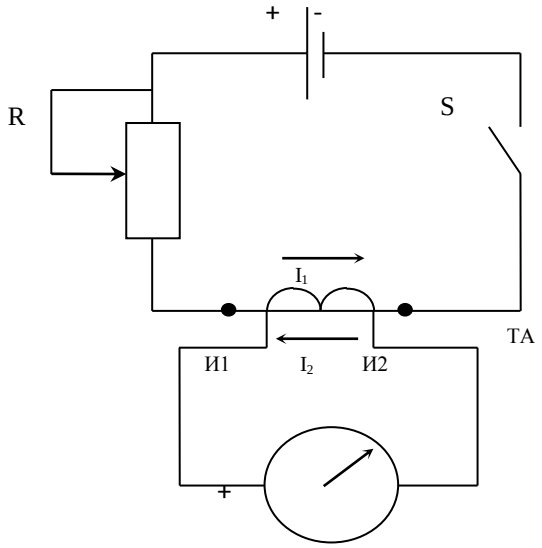


Рисунок 1 – Схема определения однополярных выводов обмоток трансформатора тока

Зная, что положительному направлению тока в первичной цепи (от зажима Л1 к зажиму Л2 соответствует) направление тока во вторичной обмотке, от конца (зажим И2) к началу (зажим И1), можно по направлению отклонения стрелки прибора определить однополярные выводы обмоток трансформатора. Направление отклонения стрелки прибора фиксируется в момент замыкания рубильника, когда вследствие переходного процесса во вторичной цепи трансформатора тока но правилу Ленца индуктируется ток. Например, если в момент замыкания рубильника стрелка прибора при указанной полярности источника и прибора отклонится вправо (момент положительный), направление тока в обмотке прибора будет слева направо, а во вторичной обмотке трансформатора, наоборот, справа налево. Таким образом, правый зажим прибора укажет конец вторичной обмотки И2, а левый – ее начало И1. При размыкании рубильника стрелка прибора при тех же условиях отклонится влево, так как направление индуктированного тока изменится на противоположное. Вся необходимая для данной проверки аппаратура может быть смонтирована вместе в виде переносного устройства.

5. Проверить коэффициенты трансформации трансформатора и ответвлений обмоток.

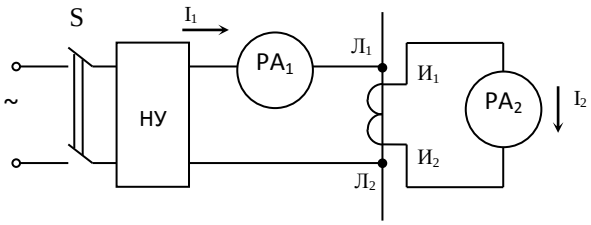


Рисунок 2 – Проверка коэффициента трансформации.

Проверка коэффициента трансформации трансформаторов тока, т.е. соответствие его номинальному, производится по схеме, представленным на рисунке 2. Значение первичного тока устанавливается достаточным для удобного и точного отсчета показаний измерительных приборов; желательно производить проверку при $I_1=I_{1ном}$.

Коэффициент трансформации у трансформаторов, имеющих отпайки, должен проверяться для каждого ответвления. При этом одновременно проверяется правильность маркировки всех выводов. Если маркировка не указана, то для ее определения пользуются схемой, приведенной на рисунке 3.

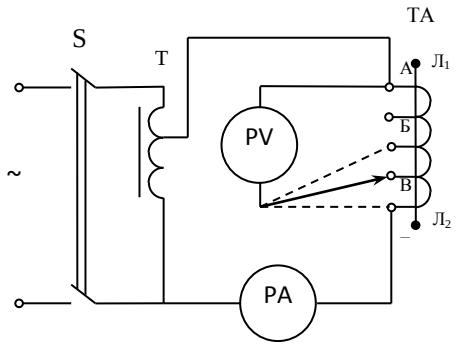


Рисунок 3 – Определение выводов вторичной обмотки трансформаторов тока, имеющих отпайки

С помощью автотрансформатора подается напряжение на два любых вывода и измеряются напряжения между всеми ответвлениями. Максимальное напряжение будет соответствовать выводам А и Д. После этого к выводам А и Д подается напряжение из расчета 1 В на виток (число витков определяется по

данным каталога). Далее проверяется распределение напряжений по ответвлениям; оно должно быть пропорционально числу витков. Учитывая, что между выводами А и Б обычно укладывается меньшее число витков относительно расчетного, можно определить, какой из выводов должен быть началом вторичной обмотки и иметь маркировку **А.**

Номинальный коэффициент трансформации ИТТ определяется отношением первичного I1н и вторичного I2н номинальных токов

$$R_{\text{н}} = \frac{I_{1\text{н}}}{I_{2\text{н}}}$$

6. Оформить отчет.
7. Ответить на контрольные вопросы.

Краткие теоретические сведения.

Измерительные трансформаторы тока применяются в цепях тока при больших токах, когда непосредственное включение в первичные цепи амперметров и реле невозможно и недопустимо по условиям безопасности.

Конструктивно ИТТ изготовляются: или как самостоятельные однофазные аппараты, которые имеют первичную и вторичную обмотки с соответствующей изоляцией.

Каждый тип конструкции характеризуется буквенной маркой, указанием класса точности, первичного тока и напряжения.

Первичная обмотка трансформаторов тока, выводы которой обозначаются буквами Л1 Л2 (линия), включается в измеряемую цепь последовательно (рис. 1). Ко вторичной обмотке, выводы которой обозначаются буквами И1, И2 (измерение), последовательно подключают амперметры, последовательные обмотки ваттметров, счетчиков и других приборов, а так же катушки токовых реле.

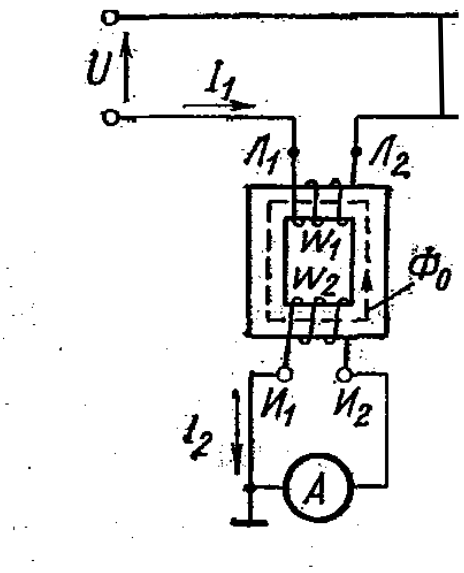


Рисунок 1 – Схема включения измерительного трансформатора тока

Номинальный коэффициент трансформации ИТТ определяется отношением первичного I_1н и вторичного I_2н номинальных токов

$$R_{\text{н}} = \frac{I_{1\text{н}}}{I_{2\text{н}}}$$

У реального трансформатора тока из-за несовершенства конструкции и потерь в сердечнике и обмотках возникают погрешности, которые снижают точность измерений.

Погрешность тока:

$$\Delta I = I_2 * k_{\text{н}} - I_1$$

$$\Delta I = \frac{I_2 * k_{\text{н}} - I_1}{I_1} 100$$

Группировка трансформаторов тока по классам точности согласно ГОСТ 7746-68 приведена в таблице

Таблица 1 – Группировка трансформаторов тока по классам точности

Класс точности трансформаторов	Погрешность	
	Токовая, %	Угловая, …'
0,2	±0,20	±10
0,5	±0,50	±40
1,0	±1,0	±80
3,0	±3,0	не нормируется
10,0	±10,0	не нормируется

Трансформаторы тока класса 0,2 применяются для точных измерений, проверок и исследований, ими оснащаются электротехнические лаборатории. Трансформаторы тока классов 0,5 и 1 устанавливаются в распределительных устройствах.

Трансформаторы тока классов 3 и 10 используются для схем релейных защит, автоматики и т.п., где допустима погрешность 3% и выше.

Класс точности ИТТ существенно зависит от нагрузки вторичной цепи. Нагрузка ИТТ определяется либо мощностью S_2 и $\cos \varphi_2$ при номинальном токе I_2, либо полным сопротивлением вторичной цепи

$$z = \sqrt{r^2 - x^2}$$

Номинальной нагрузкой ИТТ является наибольшая мощность S2, при которой он работает в своем наивысшем классе точности.

Практикой наладки и эксплуатации релейных устройств установлено, что для надежной работы релейных защит ошибки трансформаторов тока не должны превышать так называемой 10%-ной погрешности, т.е. погрешности, обусловленной током намагничивания, не превышающим 10% первичного тока.

Иногда упрощенно считают, что погрешность ИТТ, применяемых в схемах релейных защит, не должна превышать 10% по току и 7% по углу.

Снятие характеристик намагничивания сердечников трансформаторов тока $U_2 = f(I_{ном})$ необходимо для проверки пригодности трансформаторов по их погрешностям для использования в схеме релейной защиты при данной нагрузке, а так же для выявления витковых замыканий, определяемых по заметному уменьшению крутизны характеристики.

Характеристику намагничивания рекомендуется снимать до номинального тока или до начала насыщения. У маломощных трансформаторов тока насыщение наступает при токе 5А.

Содержание отчета:

1. Номер лабораторной работы, ее название.
2. Учебная цель
3. Схемы экспериментов, таблица результотов.
4. Вывод

Контрольные вопросы:

1. Маркировка трансформаторов тока
2. Конструктивное исполнение трансформаторов тока
3. Режим работы трансформаторов тока
4. Коэффициент трансформации трансформатора тока
5. Какие требования предъявляются к трансформаторам тока в устройствах релейной защиты?
6. Почему разрыв вторичной цепи трансформатора тока при прохождении тока в первичной обмотке является аварийным режимом?
7. С какой целью снимаются вольт-амперные характеристики трансформатора тока?
8. К чему может привести включение в схемы защиты трансформатора тока с неправильно обозначенной полярностью выводов обмоток?

9. Меры безопасности при эксплуатации трансформаторов тока.

Лабораторная работа № 10

«Проверка измерительных трансформаторов напряжения»

Учебная цель: научиться выполнять проверку измерительных трансформаторов напряжения.

Перечень оборудования:

–измерительный трансформатор напряжения НТМИ-6;

– мегаомметр;

– гальванометр;

– измерительные приборы (амперметры, вольтметры).

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с теоретическими положениями.

2. Выполнить внешний осмотр измерительного трансформатора.

3. Используя ветошь тщательно протереть фарфоровые вводы, зажимы, крышки трансформатора.

4. Проверить уровень масла в трансформаторе (если оно имеется в баке).

5. Измерить сопротивление изоляции первичных обмоток относительно земли мегаомметром на 2500В.

6. Измерить сопротивление изоляции первичных обмоток относительно заземленных на время испытания вторичных обмоток мегаомметром на 2500В.

7. Выполнить проверку однополярности выводов обмоток А-а-$а_д$ и Х-х-$х_д$ методом импульсов постоянного тока.

Вывод +батареи и прибора подключаются соответственно к выводам *А и а* ТН; если эти выводы однополярные, то стрелка прибора отклоняется вправо при замыкании цепи и влево при размыкании.

Некоторые особенности имеет проверка полярности выводов у трехфазных трансформаторов напряжения. При проверке ТН с соединением обмоток $У_н/У_н$ по схеме, приведенной на рис. 1 при замыкании цепи стрелка

прибора отклоняется вправо, если + прибора подключен к выводу вторичной обмотки, однополярному с выводом первичной обмотки, к которому подключен 4-источника тока. При подключении + прибора к другим выводам вторичной обмотки и замыкании цепи без изменения схемы подключения к выводам ВН стрелка отклоняется влево.

При проверке выводов, соединенных в разомкнутый треугольник $У_н/Д$ (по схеме на рис. 1) + батареи поочередно подключается к выводам *A, B, C,* + прибора всегда подключен к $а_д$; если выводы однополярные, стрелка при замыкании цепи всегда отклоняется вправо.

Проверку ТН с соединением $У/У_н$ рекомендуется проводить (по схеме на рис. 1) Поочередно + прибора подключается к выводам *a, b, c,* — прибора — постоянно к нулю вторичной обмотки. Батарея последовательно подключается на выводы *A B, BC, C A,* + источника подается при этом соответственно на выводы *A, B, C.* При замыкании цепи, если полярность обмоток правильная и + прибора включен на вывод *a,* его стрелка отклоняется вправо, при включении на вывод *c* — влево, при включении на вывод *b* — незначительно в любую сторону или отклонение равно нулю.

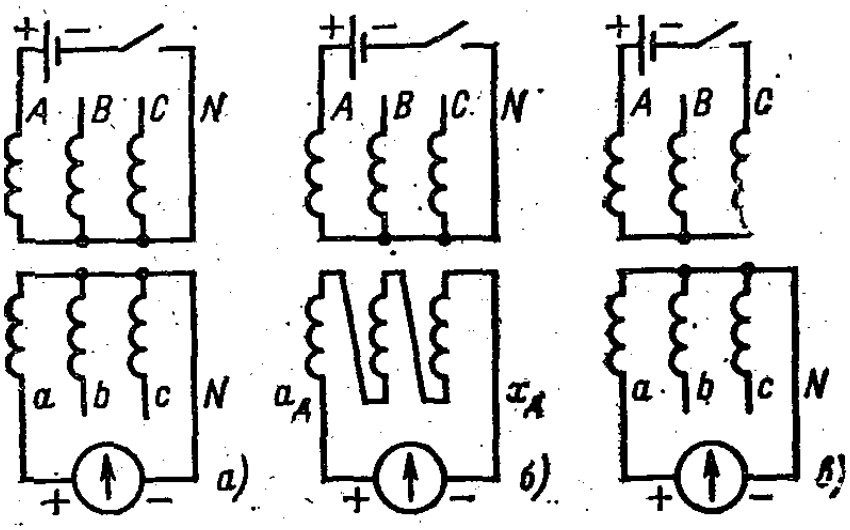


Рисунок – 1 Схема проверки полярности и правильности обозначения выводов ТН

8. Выполнить проверку коэффициента трансформации

Измерение коэффициента трансформации трансформаторов напряжения согласно требованиям завода-изготовителя обязательно только для. каскадных ТН на напряжений $150/\sqrt{3}$ кВ и выше, которые поставляются в разобранном виде и собираются из отдельных блоков на монтажной площадке. Правильность соединения блоков трансформатора контролируется измерением общего коэффициента трансформации. В соответствии с требованиями Норм проверка коэффициента трансформации ТН не обязательна.

Проверка коэффициента трансформации K_U однофазных трансформаторов до 10 кВ достаточно проста (рис. 2 *а)*. На первичную обмотку ТН от регулирующего устройства типа JIATP подается однофазное переменное напряжение 220 В. Вольтметрами *PV1* и *PV2* класса точности не ниже 1,0 измеряются напряжения на первичной и вторичной обмотках (прибор *PV2* должен иметь соответствующие пределы измерения).

Аналогично однофазным ТН можно проверять *Ки* трехфазных трансформаторов со схемой соединения $У_н/У_н$ подачей поочередно напряжения на каждую фазу и 0 (рис. 2, б).

При схеме соединения обмоток ТН $У/У_н$ целесообразно подать на выводы ВН симметричное трехфазное напряжение до 380 В и произвести измерения напряжения между одноименными фазами ВН и НН (рис. 2, в).

Дополнительные обмотки у трехфазных ТН соединяются внутри бака, и от них выходят только два вывода $a_д$ — $x_д$, поэтому проверка коэффициента трансформации дополнительных обмоток имеет свои особенности. Проверку можно проводить однофазным и трехфазным напряжением.. Однофазное напряжение поочередно подается на выводы обмоток *A, B, C* и нейтрали (рис. 2, г), при этом две другие первичные обмотки присоединяют к нулевому выводу. Отношение первичного напряжения к измеренному на выводах $a_д$ — $x_д$ будет соответствовать определяемому *Ки* для дополнительной обмотки.

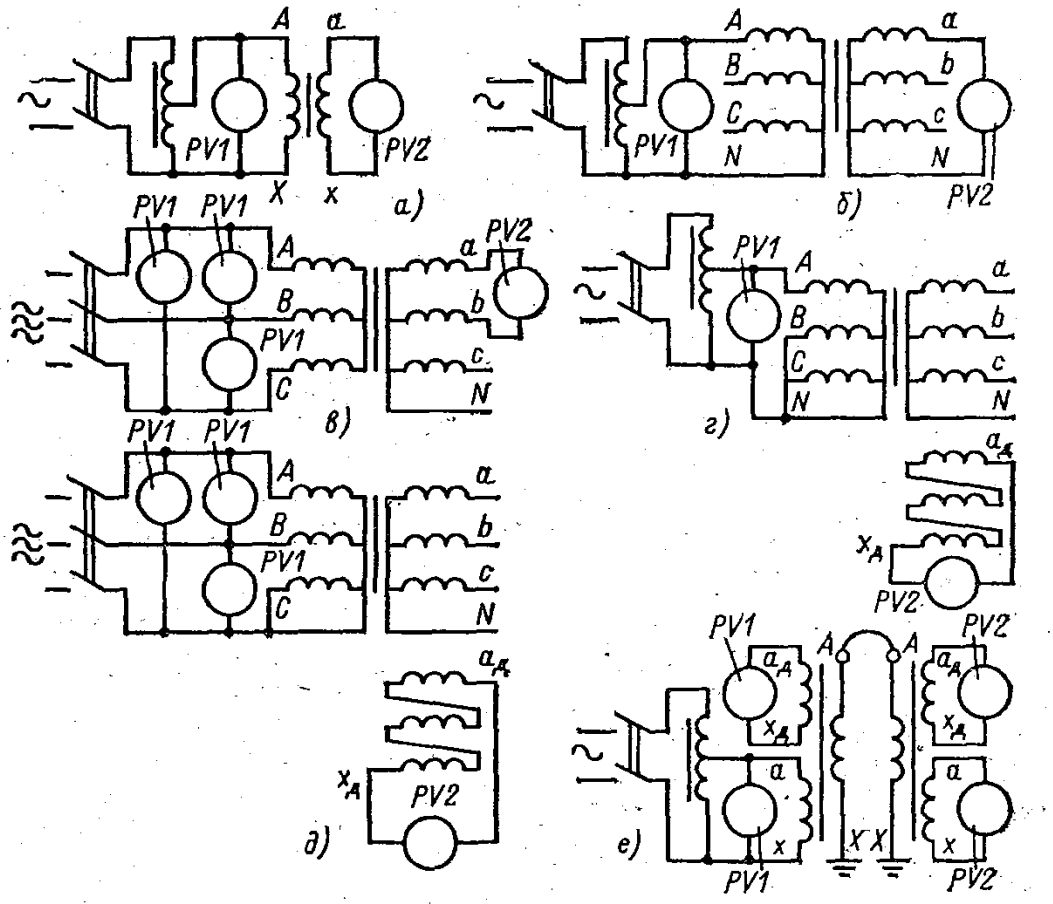


Рисунок – 2 схемы измерения коэффициентов трансформации ТН

Еще более наглядно проверку *Ки* дополнительной обмотки можно провести, подавая на первичные обмотки ТН трехфазную симметричную систему напряжений (рис. 2, *д)* при закороченной на нулевой вывод одной из фаз. Измеренное напряжение на $a_д$–$x_д$ в этом случае в 3 раза больше, чем при измерении по однофазной схеме, а фаза напряжения на $a_д$–$x_д$ соответствует фазе первичного напряжения, Присоединенного к нулевому выводу. Для трансформаторов напряжением 35 кВ и выше (все они являются однофазными) пользоваться методом прямого измерения коэффициента трансформации трудно, так как напряжение на вторичных обмотках получается незначительным и это существенно влияет на точность измерения. В таких случаях *Ки* проверяется сравнением напряжений на вторичных обмотках двух проверяемых однофазных ТН. Для этого первичные ТН соединяют параллельно

(рис. 2, *е)* и на вторичную обмотку одного из них, как правило На основную *а—х,* подают напряжение от регулировочного устройства. При этой проверке не обязательно подавать номинальное напряжение 100 $\sqrt{3}$В, достаточно подать напряжение 20 – 30 В, чтобы было удобно произвести замер по вольтметру. При равенстве коэффициентов трансформации испытуемых ТН напряжения, измеренные на дополнительных обмотках $а_д$ – $х_д$, должны быть для ТН, используемых в сетях с изолированной нейтралью, в $\sqrt{3}$ раз меньше, чем поданное напряжение, для ТН 110 кВ и выше, используемых в сетях с заземленной, нейтралью, напряжение на $а_д$ – $х_д$ должно быть в $\sqrt{3}$ выше. Напряжения на основных обмотках должны совпадать.

9. Измерить ток холостого хода трансформатора напряжения.

Измерение тока холостого хода ТН рекомендуется Нормами, но значение тока ХХ не нормируется. Согласно заводским требованиям ток ХХ измеряется только у каскадных ТН. Измерение тока производится при подаче на вторичную обмотку номинального напряжения (рис. 4). Для проверки тока ХХ рекомендуется применять нагрузочный реостат, который позволяет регулировать ток до 40–50 А, так как у трансформатора типа НКФ-110 ток ХХ составляет 10 А, у НКФ-220–25 А и выше. При использовании в качестве регулирующего устройства автотрансформатора амперметр показывает, занижженное значение из-за значительного искажения формы кривой тока. При проверке следует исходить из того, что ток во вторичной обмотке не может превышать максимально допустимого значения, определяемого максимальной мощностью трансформатора по паспорту.

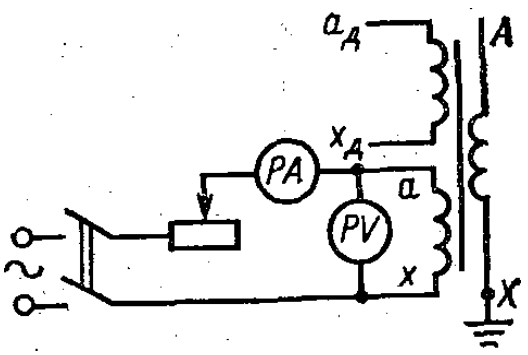
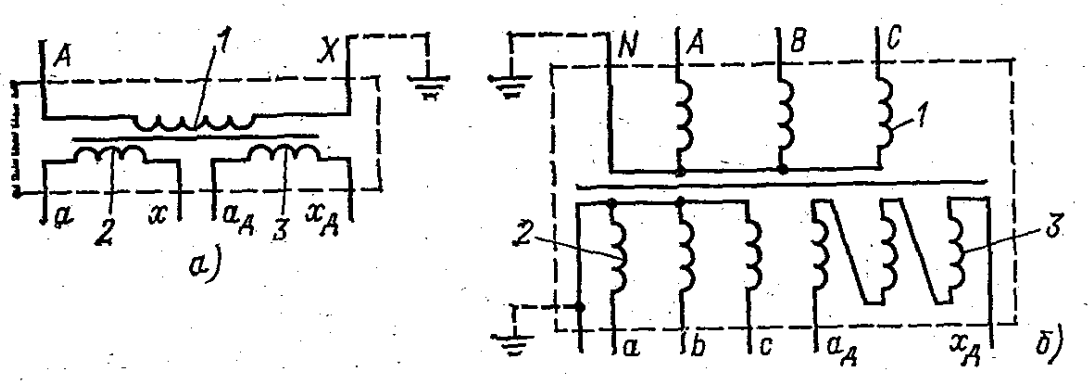


Рисунок 3 – Схема измерения тока холостого хода (намагничивания) ТН.

Краткие теоретические сведения.

Трансформаторы напряжения (ТН) предназначены для питания цепей автоматики, релейной защиты, сигнализации и измерения в электроустановках высокого напряжения. Согласно ГОСТ выводы первичной обмотки (ВН) имеют обозначения *A, X* для однофазных и *A, B, C, N* для трехфазных ТН. Выводы основной вторичной обмотки (НН) имеют соответственно обозначения *a, x и a, b, c, N*, выводы вторичной дополнительной обмотки - $a_Д$ и $x_Д$ для однофазных и трехфазных ТН. Начала первичных и вторичных обмоток присоединяются соответственно к выводам, обозначенным *A, B, C a, b, c, N*.

Трансформаторы напряжения классифицируются по числу фаз – однофазные и трехфазные; числу обмоток – двухобмоточные и трехобмоточные; конструктивному исполнению (каскадные); классу точности; способу охлаждения – с масляным охлаждением (масляные), с. естественным воздушным охлаждением (сухие и с литой изоляцией); роду установки – для внутренней, наружной установки, для комплектных распределительных устройств.



1 – первичная обмотка; 2 – вторичная обмотка основная; а – однофазный трансформатор; 3 – вторичная обмотка дополнительая.

Рисунок 4 – Схемы и обозначения обмоток двухобмоточного ТН.

Однофазные трансформаторы имеют один или два вывода первичной обмотки, изоляция которых соответствует полному рабочему напряжению. В

связи с такими особенностями их выполнения ТН называют иногда одно- и двухполюсными. У однополюсных трансформаторов один вывод первичной обмотки, имеющий пониженную изоляцию, всегда во время работы и при производстве электрических испытаний должен быть заземлен.

Трехфазные и двухобмоточные ТН имеют трехстержневые магнитопроводы; трехфазные трехобмоточные трансформаторы представляют собой группу из трех однофазных однополюсных единиц, объединенных в одном корпусе, обмотки которых соединены по соответствующей схеме (рис. 4).

Номинальным напряжением трансформатора называется номинальное напряжение его первичной обмотки ВН (U1ном). Номинальное напряжение может отличаться от класса напряжения, указанного в типе трансформатора, на что обращается внимание при проверке технических данных установленного и монтируемого оборудования; так, например, НОМ-15 выпускается на номинальное напряжение 10,0; 13,8; 15,75; 18,0 кВ. Первичные обмотки трансформаторов напряжения изготовляются на все стандартные напряжения распределительных сетей; однофазные ТН, у которых один конец первичной обмотки всегда заземляется; изготовляются на соответствующие фазные напряжения: $6/\sqrt{3}$, $10/\sqrt{3}$ кВ и т. д.

Номинальное напряжение вторичных обмоток $U_{1ном}$ принято равным 100, $100/\sqrt{3}$ и 100/3 В. По специальным заказам изготовляются ТН, имеющие другие значения вторичного напряжения.

Номинальные напряжения $U_{1ном}$ и $U_{2ном}$ указываются в паспортной табличке трансформатора, здесь же указываются номинальный коэффициент трансформации трансформатора напряжения $К_{Uном} = U_{1ном} / U_{2ном}$ и номинальная мощность. Каждый трансформатор имеет несколько значений мощности, соответствующих различным классам точности; чем выше класс точности, тем меньше номинальная мощность ТН. (Погрешности трансформаторов, соответствующие классам точности 0,5; 1 и 3, обеспечиваются при следующих условиях: частоте 50 Гц; первичном

напряжении (0,8—1,2) $U_{1ном}$; коэффициенте мощности нагрузки вторичной обмотки 0,8; вторичной нагрузке в пределах от 0,25 U_1 / $U_{1ном}$ до (U_1 / $U_{1ном}$)^2*$P_{ном}$ где $P_{ном}$ - номинальная мощность трансформатора в соответствующем классе, В*А. Если нагрузка ТН незначительна, ко вторичным обмоткам присоединяют балластные резисторы, чтобы повысить cos φ нагрузки и обеспечить работу ТН в необходимом классе точности.

Согласно ГОСТ однофазные и трехфазные трансформаторы напряжения изготовляются с группой соединения первичных и вторичных обмоток 0. Принято обозначать однофазные трансформаторы напряжения 1/1-0 (один— один— нуль), 1/1/1-0-0 (то же при наличии дополнительной обмотки); трехфазные трансформаторы $У/У_н = 0$ (звезда – звезда с выведенной нейтралью – нуль), $У_н/У_н=0$ (то же при выведенной нейтрали ВН и НН).

Проверка электрических характеристик ТН при новом включении производится в соответствии с требованиями Норм и испытаний электрооборудования.

Проверку начинают с внешнего осмотра и установления соответствия технических данных, указанных в заводской документации и на паспортной табличке трансформатора, требованиям проекта. При внешнем осмотре проверяются отсутствие видимых повреждений фарфоровой покрышки, вводов, литой изоляции, корпуса бака, надежность уплотнений, уровень и отсутствие течи масла, наличие пломб. Особое внимание уделяется проверке наличия заводских обозначений выводов ВН и НН, надежности крепления контактов выводов обмоток, наличия шайб, затяжки винтов и гаек.

Заземляемые выводы обмоток ВН трансформаторов должны быть надежно присоединены к заземляющим устройствам. Особенно тщательно следует контролировать выполнение этого требования у ТН типов НКФ, ЗНОМ и других подобных, у которых вывод Х помещен в общую коробку с выводами вторичных обмоток. Баки ТН заземляются отдельно.

Испытание изоляции. Проверка электрических характеристик ТН производится в соответствии с требованиями Норм и документации завода-

изготовителя. Состояние изоляции обмоток оценивается по результатам измерения сопротивления изоляции мегаомметром. Перед проведением испытаний проверяются уровень масла в ТН и данные химического анализа о пригодности масла; тщательно протираются фарфоровые крышки, вводы ВН и НН, доски зажимов, удаляются пыль, грязь и поверхностная влага.

Сопротивление изоляции первичных обмоток относительно земли и заземленных во время испытания вторичных обмоток измеряется мегаомметром на 2500 В. Сопротивление изоляции первичных обмоток нормируется только для ТН серии НКФ и должно быть не менее 300 МОм, для этих ТН дополнительно измеряется сопротивление изоляции связующих и промежуточных обмоток. Сопротивление изоляции вторичных обмоток измеряется мегаомметром на 500 или 1000 В. Сопротивление изоляции вторичных обмоток не нормируется, но вместе с собранными и присоединенными к ним цепями должно быть не менее 1 МОм. При наладке проверку сопротивления изоляции первичных и вторичных обмоток каскадных ТН рекомендуется производить в соответствии со схемами измерений, приведенными в табл. 1.

Испытанию повышенным напряжением, частотой 50 Гц обязательно подвергаются ТН до 35 кВ включительно, зна чение испытательного напряжения определяется в соответствии с Нормами и не должно превышать 90 % заводского испытательного напряжения. Продолжительность испытания 1 мин (для ТН с литой изоляцией продолжительность испытания принята 5 мин). Трансформаторы напряжения с ослабленной изоляцией одного из выводов испытанию повышенным напряжением не подвергаются.

Вторичные обмотки ТН испытываются напряжением 1,8 кВ при отсоединенных вторичных цепях, испытательное напряжение для изоляции вторичных обмоток вместе с присоединенными к ним цепями принято равным 1 кВ, продолжительность испытания 1 мин.

Определение однополярных выводов ТН обязательно для ТН с поврежденными заводскими обозначениями выводов, для ТН, подвергавшихся

ремонту с отсоединением обмоток или не имеющих заводских паспортных данных, а также для ТН, используемых в устройствах релейной защиты и автоматики с фазочувствительными элементами.

Таблица 1 – Схемы измерений.

Объект измерения	Сопротивление изоляции между цепями	Зона проверки изоляции блока	Условия проверки
Нижний блок	Вывод Х обмотки ВН – корпус	Между экраном обмотки ВН и обмоткой НН а-х; изолятор вывода Х; изоляционные стойки магнитопровода; трансформаторное масло	Обмотки НН а-х и $а_Д$-$х_Д$ соединены с корпусом
	Обмотка НН а-х – корпус	Между экраном обмотки ВН и обмоткой $а_Д$-$х_Д$; изоляторы обмотки а-х	Обмотки ВН (выход Х) и НН $а_д$-$х_д$ соединены с корпусом
	Обмотка НН $а_д$-$х_д$ - корпус	Между обмотками НН а-х и ад-хд; изоляторы обмотки ад-хд	Обмотки ВН (выход Х) и НН а-х соединены с корпусом
Средние, верхний блоки	Вывод Э обмотки ВН - корпус	Между экраном обмотки ВН и связующей обмоткой; изолятор вывода Э обмотки ВН	Измерение производится относительно нижнего металлического фланца блока

Однополярными выводами у трансформаторов напряжения являются выводы А–а–аД и Х–х–хД. Проверку полярности обмоток однофазных ТН рекомендуется производить импульсами постоянного тока по схеме.

Содержание отчета:

1. Номер лабораторной работы, ее название.
2. Учебная цель.

3. Таблица измерений сопротивление изоляции.
4. Выполнить схему для определения однополярных выводов.
5. Выполнить схему для измерения коэффициента трансформации.
6. Результаты измерений $К_{тр}$.
7. Схема измерения I_0.
8. Результаты измерений I_0.
9. Вывод.

Контрольные вопросы:

1. Назначение измерительных трансформаторов напряжения.
2. Как маркируются концы обмоток измерительных трансформаторов U?
3. Как классифицируются трансформаторы напряжения?
4. Конструктивное исполнение трансформаторов напряжения.
5. Чему равно номинальное напряжение вторичных обмоток?
6. При каком значении коэффициента мощности нагрузки обеспечивается класс точности?

Лабораторная работа № 11

«Проверка контактных соединений шин и кабелей»

Учебная цель: Ознакомиться с методикой проверки соединений шин и порядком их выбраковки

Перечень оборудования:

- Ф4104-М1 микроомметр стрелочный
- плоские алюминиевые шины равной длины (составные и цельные)

Порядок выполнения работы:

1. Для проведения проверки контактных соединений шин студентам выдаются 3 комплекта шин:

два комплекта – составные шины, один комплект – целый участок шины того же сечения и длины.

2. Оценка состояния контактных соединений может проводиться двумя методами:

1) методом сравнения падения напряжения от переменного тока;

2) непосредственным измерением сопротивления шины микроомметром Ф4104-М1.

3. Произвести измерение сопротивлений выданных комплектов шин, для этого:

1) подключить измеряемое сопротивление шин и установить диапазон mΩ-MΩ;

2) включить прибор, установив переключатель в положение КЛБ;

3) нажать кнопку УСТ 0 и ручкой УСТ 0 установить стрелку на 0;

4) нажать кнопку ИЗМ и ручкой КЛБ установить стрелку на 10;

5) установить переключатель на необходимый предел измерения и проверить установку 0;

6) нажать кнопку ИЗМ и снять показания;

На диапазонах mΩ-MΩ; интервал между измерениями не менее 10 с.

Краткие теоретические сведения.

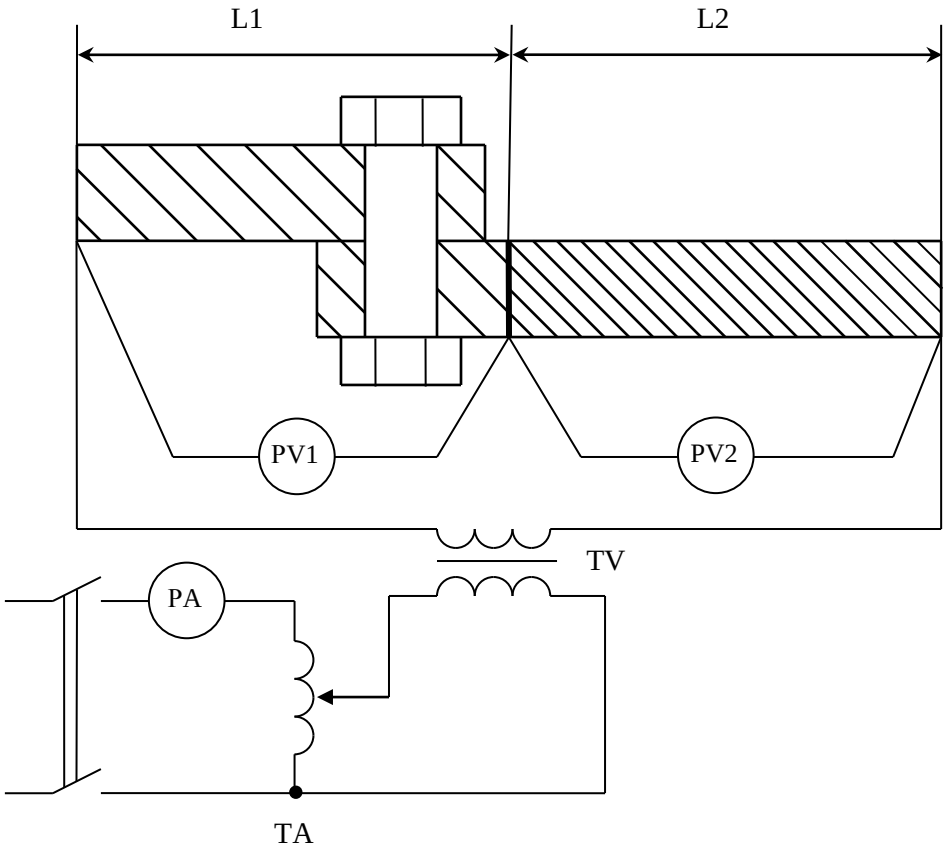
Оценка состояния контактных соединений шин (провода) производится методом сравнения падения напряжения от переменного тока на участке с контактным соединением с падением напряжения от тока того же значения на целом участке шин (провода) такой же длины, не имеющего контактного соединения (рисунок 1). В качестве источника тока используется нагрузочный трансформатор, которым может служить трансформатор безопасности напряжения 220/12 В. В качестве милливольтметра используется электромагнитный милливольтметр с возможно меньшими пределами измерений. Контактное соединение считается удовлетворительным, если падение напряжения на участке с соединением (или ответвлением) отличается от падения напряжения на целом участке шины (провода) не более чем на 20 %. В противном случае соединение (или ответвление) бракуется и требует переделки или доводки (ревизии).

Для удобства контактные соединения или ответвления проводов подстанций 35 кВ и выше стараются проверять сразу после выполнения их на земле. В противном случае при обнаружении дефектных мест требуется повторный спуск проводов.

Проверка контактных соединений может производиться измерением сопротивления постоянному току. Результаты проверки и в этом случае считаются удовлетворительными, если сопротивления участков шин одинаковой длины с соединением (или ответвлением) и целого участка различаются не более чем на 20 %. Более широко используется в этом случае метод моста.

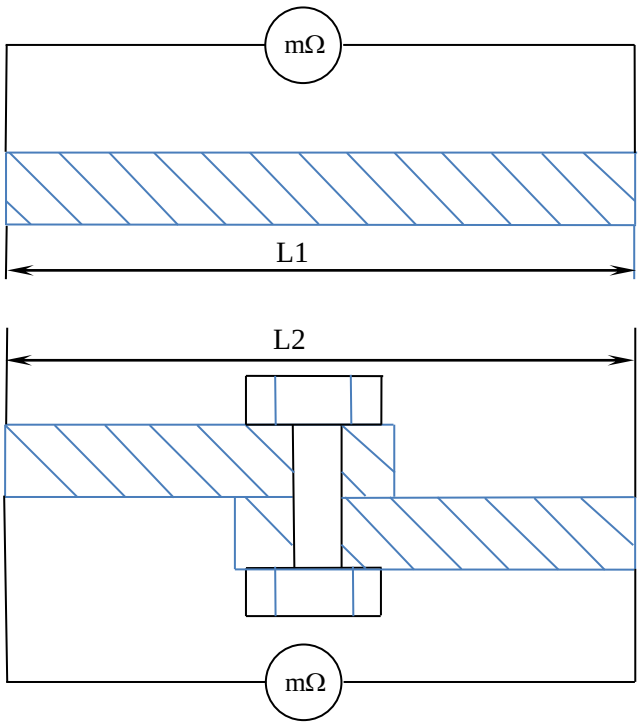
Оценка состояния контактных соединений ошиновок по значению сопротивления постоянному току или методом сравнения падений напряжения не является достаточной. Результаты измерения в обоих случаях могут быть удовлетворительными при неполной поверхности соприкосновения контактов,

что недопустимо. Удовлетворительное состояние контакта по всей его поверхности обеспечивается лишь соблюдением технологических требований и технических условий на монтаж и приемку соединительной и ответвительной арматуры, на что и обращается особое внимание при приемке ее в эксплуатацию.



L1 = L2

Рисунок 1 – Схема проверки контактных соединений ошиновки милливольтметрами



L1 = L2

Рисунок 2 – Схема проверки контактных соединений микроометром

Содержание отчета:

1. Номер лабораторной работы, ее название
2. Учебная цель
3. Схему измерений
4. Таблицу приборов
5. Таблицу измерений
6. Вывод.

Контрольные вопросы:

1. Методы проверки контактных соединений
2. Технологические требования к монтажу соединения шин
3. Как выбираются шины?
4. Сортамент медных и алюминиевых шин.
5. Что такое динамическая устойчивость шин к токам к.з.?
6. Что такое термическая устойчивость шин к токам к.з.?

7. Как монтируются шины в РУ 6 кВ и РУ 35 кВ.

8. От чего зависит цвет окраски шины (красный, зеленый, желтый), каким документом это регламентируется

Лабораторная работа № 12

«Выполнение фазировки кабелей»

Учебная цель: Получить практические навыки прозвонки контрольных кабелей и фазировки силовых кабелей.

Перечень оборудования:

- телефонные трубки
- мегаомметр на 100 В
- мультиметры
- контрольные и силовые кабели

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с краткими теоретическими положениями
2. Выполнить прозвонку контрольных кабелей.

Задание на выполнение прозвонки контрольных кабелей

Подключение проводов от клемм XT1 к клеммам XT2 выполнено в соответствии с вариантом выполнения работы (таблица 1). Вариант выполнения работы задаёт преподаватель.

Таблица 1 - Варианты выполнения работы

№ варианта	XT1.1	XT1.2	XT1.3	XT 1.4	XT1.5
1	XT2.1	XT2.2	XT2.3	XT2.4	XT2.5
2	XT2.2	XT2.3	XT2.4	XT2.5	XT2.1
3	XT2.3	XT2.4	XT2.5	XT2.1	XT2.2
4	XT2.4	XT2.5	XT2.1	XT2.2	XT2.3
5	XT2.5	XT2.1	XT2.2	XT2.3	XT2.4

Результаты проверки занести в таблицы 2, где в ячейках положительный результат указать «+» (соответствие подключения), отрицательный «-».

Таблица 2 – Результат выполнения прозвонки контрольных кабелей

№ контакта	XT2	XT1.1	XT1.2	XT 1.3	XT1.4	XT 1.5
1						
2						
3						
4						
5						

3. Выполнить фазировку силовых кабелей.
4. Результат выполнения работы занести в таблицу 2 и 3

Таблица 3 – Результат выполнения фазировки силовых кабелей

№ жилы	Фаза А	Фаза В	Фаза С	N
1				
2				
3				
4				

5. Сделать вывод о проделанной работе.
6. Составить отчет.
7. Ответить на контрольные вопросы

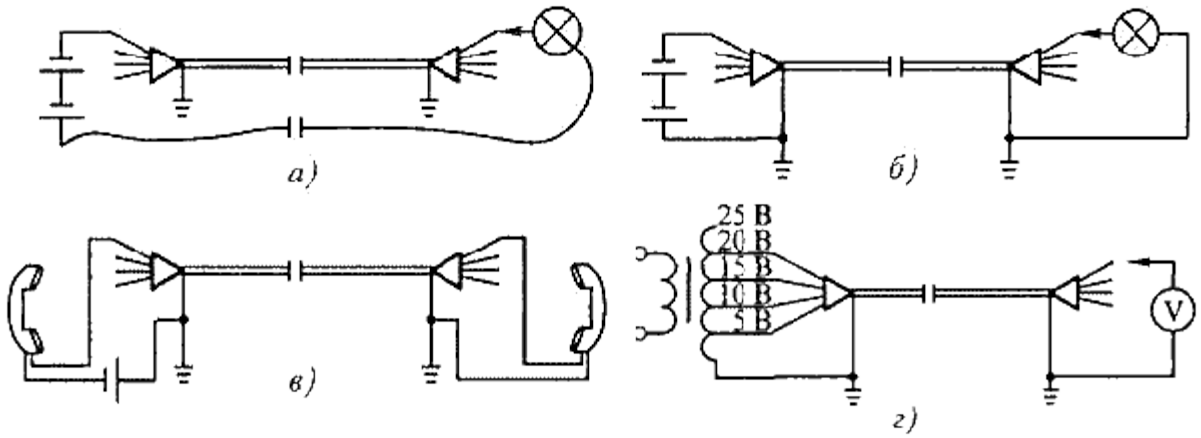
Краткие теоретические сведения.

1. Прозвонка контрольных кабелей

Для правильного подключения кабелей к контактам электрических машин, приборов и аппаратов проводят их прозвонку.

Простейшая прозвонка выполняется с помощью лампы и батарейки (рис. 1а), т. е. жилы одного конца кабеля (на рисунке – левом) произвольно маркируют и к первой из них подключают провод от батарейки. Затем присоединяют к лампе проводник и им поочередно касаются жил на другом конце кабеля. Если при касании лампа загорается, значит это жила, к которой присоединен провод от батарейки.

Также прозвонку можно выполнить без проводника, соединяющего оба конца кабеля (рис. 1б). Таков же принцип прозвонки с применением мегомметра, если он оказывается присоединенным к концам, принадлежащим одной и той же жиле, его стрелка показывает нуль.



а, б – прозвонка с помощью сигнальной лампы; в – прозвонка с помощью телефонных трубок; г – прозвонка с использованием специального трансформатора

Рисунок 1 – Схемы прозвонки кабелей.

Рассмотренные способы прозвонки удобны в том случае, если оба конца кабеля расположены недалеко друг от друга и ее может выполнить один человек. Если концы длинного отрезка кабеля находятся в разных помещениях здания или в разных зданиях, применяется наиболее универсальный способ прозвонки с помощью двух телефонных трубок (рис. 1в). Для этого телефонные и микрофонные капсюли в трубках соединяют последовательно, и в эту цепь включают сухой элемент или аккумулятор с напряжением 1 – 2 В. Этот способ удобен также тем, что монтеры могут согласовывать свои действия, переговариваясь по телефону. На одном конце кабеля монтер присоединяет один проводник трубки к оболочке кабеля, а другой – к любой из его жил. На другом конце кабеля второй рабочий присоединяет один проводник трубки к оболочке кабеля, а другой – поочередно к его жилам. Если в трубке слышится

щелчок и монтеры слышат друг друга, значит проводники трубки присоединены к одной жиле кабеля.

В некоторых случаях прозвонка выполняется с помощью специального трансформатора с несколькими отводами от вторичной обмотки (рис. 4.21, г). В этом случае начало обмотки подключают к заземленным оболочкам кабеля, а отводы – к его жилам. Далее записывают напряжение, поданное на каждую из жил. Измерив напряжение между жилами и оболочкой на противоположном конце кабеля и используя записанные значения напряжения, нетрудно определить принадлежность концов к той или иной жиле и выполнить маркировку.

Для маркировки жил силовых кабелей используют отрезки виниловых трубок или специальные оконцеватели, на которых несмываемыми чернилами делают надписи.

2. Фазировка силовых кабелей.

Для повышения надежности электроснабжения потребителей, а также в случае, если мощности одного питающего кабеля недостаточно для нормальной работы электроустановки, применяют несколько параллельно проложенных кабелей. При этом они должны подключаться к электрооборудованию с соблюдением порядка чередования фаз. Если это условие не будет соблюдено, то включение питания вызовет короткое замыкание.

Определение порядка чередования фаз при параллельном подключении кабелей называется фазированием кабелей.

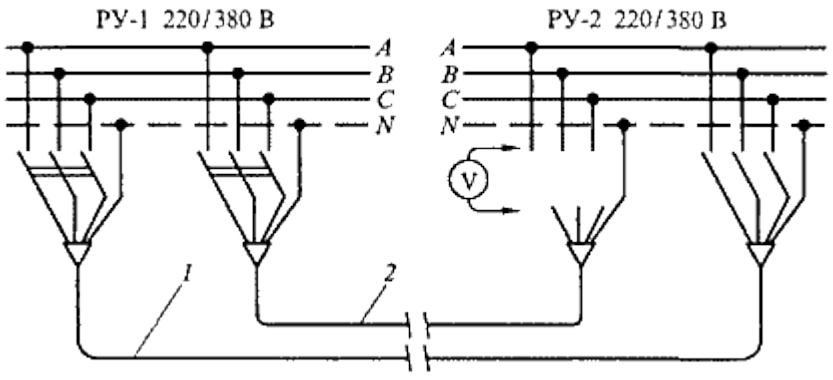


Рисунок 2 – Схема фазирования кабелей 1 и 2

Пусть шины двух распределительных устройств (рис. 2) связаны между собой кабелем 7, по которому электроэнергия передается от РУ-1 к РУ-2. Для большей надежности электроснабжения параллельно работающему кабелю проложен кабель 2, причем его жилы также должны быть подключены к сборным шинам так, чтобы шина А в РУ-1 оказалась соединенной с шиной А в РУ-2. Это требование относится и к шинам В и С. В установках напряжением 380/220 В кабель фазируют с помощью вольтметра, рассчитанного на линейное напряжение сети, т. е. кабель 2 в РУ-1 подключают к шинам посредством рубильника, а в РУ-2 вольтметром измеряют напряжение между одной из жил этого кабеля и той шиной, к которой предполагается ее присоединить. Если вольтметр показывает линейное напряжение, это означает, что жила кабеля и шина распределительного устройства принадлежат к разным фазам, и соединять их нельзя. Нулевое показание вольтметра свидетельствует о том, что жила кабеля и шина имеют одинаковый потенциал и, следовательно, принадлежат к одной и той же фазе, а поэтому их соединение возможно. Точно так же фазируют две другие жилы кабеля. При отсутствии вольтметра можно воспользоваться двумя последовательно соединенными лампами накаливания с номинальным напряжением 220 В (жила и шина, при включении между которыми лампы не горят, принадлежат к одной фазе).

Следует помнить, что, так как кабели представляют собой значительную емкость, после фазирования, прозвонки и испытания на их жилах сохраняется значительное напряжение, вызванное остаточным емкостным зарядом. Поэтому после каждой подачи напряжения на кабель его необходимо разряжать путем соединения каждой жилы с системой заземления.

Содержание отчета:

1. Номер лабораторной работы, ее тема.
2. Учебная цель.
3. Результат выполнения прозвонки контрольных кабелей фазировки силовых кабелей.

4. Схемы прозвонки и фазировки.
5. Вывод о проделанной работе.
6. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Что такое прозвонка контрольных кабелей?
2. Что такое фазировка силовых кабелей?
3. В чем отличие силовых кабелей от контрольных?
4. Перечислите методы прозвонки контрольных кабелей.
5. Объясните каким образом производится фазировка силовых кабелей.
6. Маркировка силовых кабелей.
7. Маркировка контрольных кабелей.

Лабораторная работа № 13, 14

«Наладка устройств автоматического повторного включения и автоматического ввода резервного питания»

Учебная цель: Изучить принципы наладки устройств автоматики, определения неисправностей во вторичных цепях.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить схему лабораторного стенда.

2. Перед началом лабораторной работы на стенде схема стенда должна быть приведена в исходное состояние : все автоматические выключатели в положении «Отключено», ключи управления – в крайнем левом положении; указатели положения реле KQ_2, KQ_3, KQ_4, - в нижнем положении (если находятся в верхнем, следует включить автоматы SF_3 и SF_7, затем нажатием красных кнопок SB_2, SB_3, SB_4 привести реле KQ_2, KQ_3, KQ_4 в исходное состояние).

3. Для демонстрации работы устройства АПВ включить автоматы SF_1 и SF_6; при этом загорится зеленая сигнальная лампа, указывая на то, что на стенд подано напряжение, одновременно указывая, что реле KQ_1 находится в отключенном состоянии. Поворотом ключа в крайнее правое положение включаем реле KQ_1 (при этом гаснет зеленая, загорается красная сигнальная лампа). Через 20-25 сек. (время, необходимое для заряда конденсатора) устройство АПВ готово к работе. Нажатием кнопки SB_1 имитируем к.з. на линии. Реле KQ_1 отключается, затем через установленное время включается, демонстрируя успешное АПВ.

Если в течении короткого времени (менее 20 сек, необходимых для заряда конденсатора) повторно нажать кнопку SB_1, реле KQ_1 отключится и больше не включится, доказывая однократность работы устройства АПВ.

4. Для демонстрации работы схемы АВР требуется включить автоматы SF_3, SF_4, SF_5 и SF_7 , при этом получают питание реле контроля напряжения

KL_1, KL_2, KV_1, RV_2 и загораются зеленые сигнальные лампы, указывая на отключенное положение выключателей KQ_2, KQ_3 и KQ_4. Затем черными кнопками SB_2 и SB_4 включить реле KQ_2 и KQ_4. Три зеленые лампы, находящиеся на пояснительной схеме, погаснут и загорятся красные, указывая, что вводные выключатели включены. Ключ SA_2 перевести в правое положение (АВР). Отключением одного из автоматов SF_4 или SF_5 имитируем отключение одного из вводов. Обесточатся со стороны отключенного ввода реле контроля напряжения KL и KV и своими контактами дадут команду на АВР. Через установленную выдержку времени отключится обесточенный ввод и включится секционный выключатель (KQ_3). Соответствующим образом сработает световая сигнализация.

5. После окончания лабораторных работ схему стенда следует привести в исходное состояние. Во время лабораторных работ следует пользоваться следующими приборами: указатель напряжения, омметр, вольтметр.

Описание лабораторного стенда:

Лабораторный стенд предназначен для ознакомления студентов с принципом работы устройства автоматического ввода резервного питания и устройства электрического автоматического повторного включения однократного действия с контактным реле типа РПВ-58.

Работая со стендом, студенты приобретут навыки работы в электрических цепях устройств релейной защиты и автоматики, научатся находить на схеме цепи питания неработающего аппарата, научатся определять последовательность работы реле во времени, устанавливать уставки тока срабатывания реле токовой защиты и уставки напряжения срабатывания защиты минимального напряжения.

Лабораторный стенд имитирует работу распределительного устройства РУ, имеющего две секции шин, секционный выключатель, два ввода питания, один из которых запитан от двух источников питания. Цепь питания ввода №1 от источника питания № 1 имеет устройство автоматического включения. На

секционном выключателе смонтирована схема устройства автоматического включения резерва.

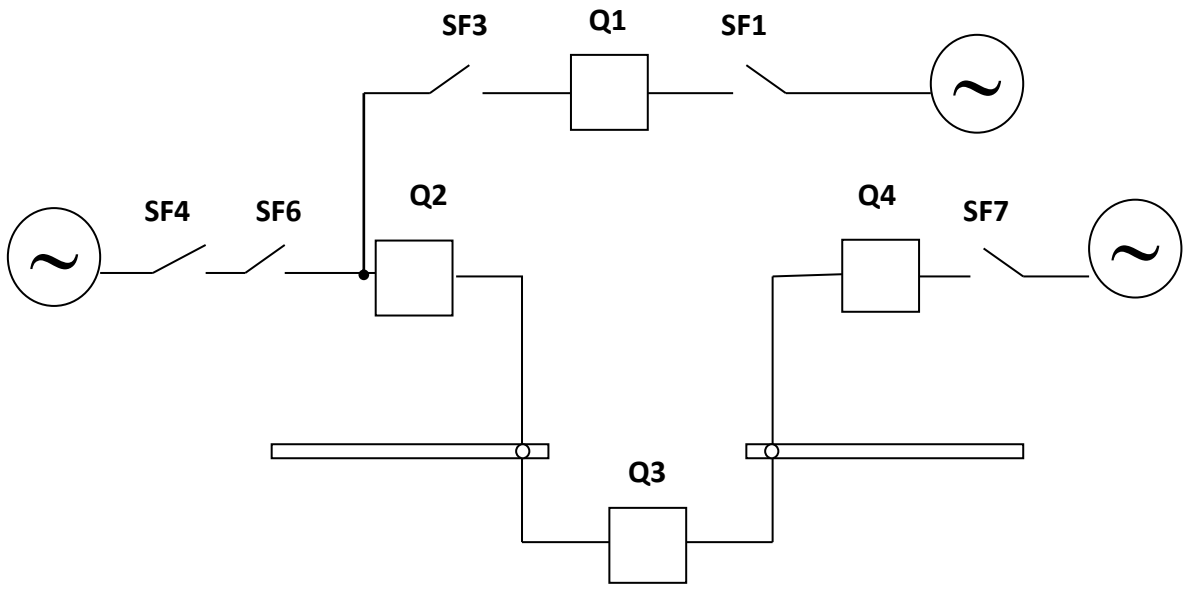


Рисунок 1 – Поясняющая схема стенда

Автоматические выключатели SF1, SF2, SF3, SF4, SF5, установленные на стенде, на пояснительной схеме представлены в виде разъединителей QS1, QS2, QS3, QS4, QS5.

Включение, отключение масляных выключателей имитируют реле KQ1, KQ2, KQ3, KQ4 соответственно.

Описание схемы электрической принципиальной:

На рисунке 2 представлена схема электрическая принципиальная АПВ и АВР.

Автоматические выключатели SF1, SF2, SF3, SF4, SF5 в принципиальной электрической схеме гарантируют включение, отключение разъединителей. Автоматический выключатель SF7 подает питание на ту часть схемы, которая демонстрирует работу устройства автоматического повторного включения (АПВ) для линии с масляным выключателем.

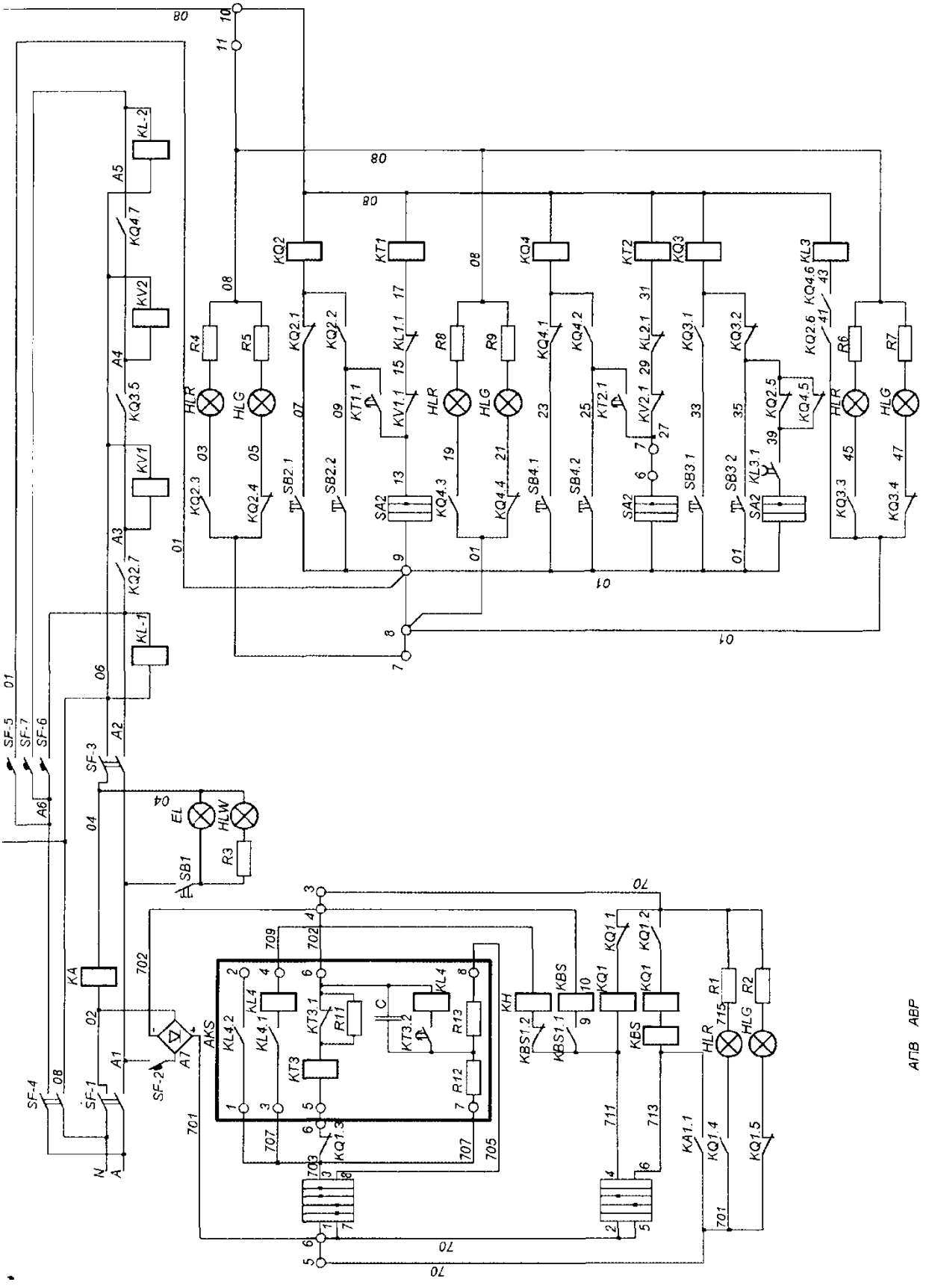


Рисунок 2 – Схема электрическая принципиальная АПВ и АВР

АПВ выполнено с помощью комплектного реле AKS типа РПВ-58. В комплект реле входят: реле времени типа ЭВ-133 с добавочным резистором для обеспечения термической стойкости реле; промежуточное реле с двумя обмотками, параллельной и последовательной; конденсатор (20 мкФ), обеспечивающий однократность действия АПВ; зарядный резистор (1,1 МОм) и разрядный резистор (510 Ом).

В рассматриваемой схеме управления выключателем, работу которого имитирует двухпозиционное реле KQ_1 типа РП-8, производится ключом управления SA_1, у которого предусмотрена фиксация положения последней операции, и таким образом, после операции включения ключ остается в положении «включено» (B_2), а после отключения – в положении «Отключено» (О2).

В нормальном режиме работы линии конденсатор заряжается через контакты ключа управления SA_1 (1 – 3).

Короткое замыкание на линии имитируется нажатием кнопки SB_1. Контакты кнопки, замыкаясь, подают питание на лампу EL мощностью 500 Вт. Ток, создаваемый лампой, протекает по обмотке реле тока КА1. Через замыкающий контакт реле КА1.1 подается плюс питания на катушку отключения реле KQ_1.

Цепь пуска АПВ (цепь несоответствия) в рассматриваемой схеме образуется контактами ключа управления SA1 (1-3) и контактами реле KQ1.3, при замыкании которых подается питание на реле времени КТ.AKS.

После срабатывания контакта реле времени КТ.AKS.2 конденсатор разряжается на параллельную обмотку промежуточного реле KL.AKS, вызывая его срабатывание.

Через цепь самоудерживания (последовательную обмотку реле KL.AKS – контакт KL.AKS.1) обеспечивается надежное замыкание цепи обмотки включения реле KQ1.

Благодаря использованию у реле KQ.AKS последовательной обмотки обеспечивается необходимая длительность импульса для надежного срабатывания реле KQ_1.

В случае успешного АПВ линия остается в работе и схема подготавливается к последующему действию. При неуспешном АПВ вторичного включения не произойдет, т.к. за время действия защиты линии конденсатор не успевает зарядиться до напряжения срабатывания реле KL.AKS. Этим обеспечивается однократность действия АПВ.

При оперативном отключении линии АПВ не произойдет, т.к. не образуется цепь несоответствия из-за размыкания контактов (1-3) ключа управления SA_1. Одновременно со снятием оперативного тока контактами (1-3) ключа SA_1 замыкается контакт конденсатор разряжается через резистор R.AKS. При оперативном включении выключателя ключом управления готовность АПВ к действию наступает после заряда конденсатора через 20-25 сек.

Для демонстрации схемы автоматического включения резерва (АВР) требуется включить автоматический выключатель SF3, который подает напряжение на автоматический выключатель SF4 и SF5, имитирующие разъединители ввода 1 и ввода 2 соответственно и на автомат SF7 (цепи управления схемы АВР). Через контакты автоматических выключателей SF4 напряжение поступает на обмотку реле KL1, SF5-KL2.

Реле KL1 размыкает свои размыкающие контакты в цепи обмотки реле КТ1, а реле KL2 в цепи обмотки реле КТ2. После включения автомата SF7 поступает питание на схему управления устройства АВР. Загораются зеленые лампы HLG, сигнализирующие, что реле KQ2, KQ3, KQ4 находятся в отключенном состоянии. Кнопкой SB2.1 через контакт KQ2.1 подается питание на обмотку реле KQ2, а кнопкой SB4 через контакт KQ4.1 питание приходит на обмотку реле KQ4. Замыкаются замыкающие и размыкаются размыкающие контакты этих реле, гаснут зеленые и загораются красные лампочки, что сигнализирует о включении масляных выключателей ввода №1 и ввода №2.

Через включенные последовательно контакты KQ2.6 и KQ4.6 получает питание обмотка реле KL3. Под напряжением находятся обе секции шин. Получают питание обмотки реле KV1 и KV2, контролирующие питание на шинах. Размыкающие контакты этих реле размыкаются. Ключ SA2 переводится в положение АВР.

Пусковыми органами устройства АВР являются реле KL1 и KV1 со стороны первого ввода и реле KL2 и KV2 со стороны второго.

Рассмотрим ситуацию, когда исчезает напряжение на вводе № 1.

Контакты реле KL1.1 и KV1.1 включены последовательно в цепи реле времени КТ1. Обмотка реле KL1 включена до контакта KQ2.7, а обмотка реле KV1 после, что исключает возможность полного срабатывания реле КТ1.

При исчезновении напряжения (отключить автомат SF4) обесточиваются обмотки реле KL1 и KV1, размыкающие контакты KL1.1. и KV1.1. замыкаются, через ключ SA2 подавая питание на обмотку реле времени КТ1. Реле времени КТ1 с выдержкой времени, контактом КТ1.1 через контакт KQ2.2 отключает реле KQ2, при этом размыкаются замыкающие и замыкаются размыкающие контакты. Лампы положения выключателя KQ2: гаснет красная, загорается зеленая. Размыкающий контакт реле KQ2.5 замыкаясь подает питание на обмотку реле KQ3 по цепи SA2 (5-6); KL3.1; KQ3.2 (секционный выключатель включен). Реле KQ3 своими контактами гасит лампу HLG (зеленая) и зажигает красную HLR. На секции шин появляется напряжение, питая обмотку реле KV1, которое, разомкнув свой контакт RV1.1, приводит реле времени КТ1 в исходное положение. Цикл АВР завершен.

На стенде устройство АВР выполнено без возврата, т.е. при появлении напряжения на отключенном вводе ввод не включится. И секционный выключатель не выключится.

Второе плечо схемы устройства АВР работает аналогично первому.

При демонстрации работы устройства АВР совместно с работой устройства АПВ требуется включить все автоматические выключатели за исключением автомата SF4, нажать и длительное время удерживать кнопку

SB1, имитируя тем самым устойчивое короткое замыкание на линии электропередач.

Содержание отчета:

1. Номер лабораторной работы, ее тема.
2. Учебная цель.
3. Схема.
4. Алгоритм работы АПВ.
5. Алгоритм работы АВР.

Контрольные вопросы:

1. Область применения схем АПВ и АВР.
2. Работа схемы АПВ.
3. Работа схемы АВР.
4. Какие точки применяются в качестве контрольных при наладке схемы АПВ и АВР?
5. Как проверяют сопротивление изоляции схемы.
6. Чему должно быть равно R изоляции устройства АПВ и АВР?
7. Как проверяется взаимодействие реле и других аппаратов схемы?

Лабораторная работа № 15
« Проверка газового реле»

Учебная цель: Освоить методику проверки работы и методов регулировки срабатывания газового реле.

Перечень оборудования:

– газовое реле РГТ50 и РГТ80;

– струйное реле РСТ25.

Порядок выполнения работы:

1. Получить у лаборанта или преподавателя газовое реле и инструкции по эксплуатации.

2. Исследовать конструкцию реле.

3. Рассмотреть проведение проверки работы реле.

4. Сымитировать срабатывание реле, выяснить факторы, влияющие на срабатывание реле и методы настройки порогов срабатывания.

5. Оформить отчет.

6. Ответить на контрольные вопросы.

Краткие теоретические сведения.

1. Общие сведения

Газовые реле выпускаются по ТУ 3425-002-00113483-96. Типы реле представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Типы и уставки реле

Тип реле	Диаметр	Форма, фланца.	Уставки по скорости,
РГТ50	50	Круглый	0,65; 1,0; 1,5
РГГ80	80	Квадратный	То же
РСТ25	25	Круглый	- 0,9; 1,2; 1,5; 2,0; 2,5

Примечание. Допустимые отклонения значения скорости срабатывания от уставки - от 0 до минус 25%.

Реле поставляются изготовителем с заданной заказчиком уставкой по скорости потока масла. При отсутствии в заказе значения уставки реле РГТ50 и РГТ80 поставляются с уставкой 1 м/с, реле РСТ25 — с уставкой 1,5 м/с.

Реле газовые серии РГТ предназначены для защиты маслонаполненных трансформаторов, автотрансформаторов и реакторов, имеющих расширитель, от повреждений внутри бака, при которых происходит выделение газа, понижение уровня масла или возникновение потока масла из бака в расширитель.

Реле струйные типа РСТ предназначены для защиты контакторов маслонаполненных переключателей ответвлений трансформаторов и автотрансформаторов от повреждений, сопровождающихся возникновением потока масла из бака переключателя в расширитель,

Таблица 2 – Типоисполнение контактов реле

Номер типоисполнения	Контактные элементы реле		
	РГТ50	РГТ80	РСТ25
	Сигнальный	Отключающий	Отключающий
1	1 замыкающий	1 замыкающий	1 замыкающий
2	2 замыкающих	2 замыкающих	2 замыкающих
3	1 размыкающий	1 размыкающий	1 размыкающий
4	2 размыкающих	2 размыкающих	2 размыкающих
5	1 замыкающий, 1 размыкающий	1 замыкающий, 1 размыкающий	1 замыкающий, 1 размыкающий

Типы реле в зависимости от диаметра проходного сечения и формы фланцев, а также уставки реле по скорости потока масла приведены в таблице 1, а типоисполнения контактов реле – в таблице 2. Состояние контактов реле соответствует эксплуатационному состоянию реле заполнено маслом, а скоростной элемент (напорная пластина) – в исходном положении.

В реле РГТ50 и РГТ80 верхняя (сигнальная) контактная система срабатывает при понижении уровня масла в реле, соответствующем уменьшению объема масла в реле на 100- 250 $см^3$. Нижняя (отключающая) контактная система при понижении уровня масла срабатывает раньше, чем уровень масла достигнет нижнего уровня входного отверстия фланца корпуса реле.

Контактная система реле РСТ25 срабатывает только от потока масла.

Время срабатывания реле при скорости потока масла, в 1,25 раза превышающей значение уставки – не более 0,1 с.

В качестве контактов реле использованы герконы типа МКА-52141 ОДО.360.008ТУ.

Основные параметры контактов реле:

Номинальное напряжение, *В:*

постоянного тока……..…..……220

переменного тока частоты 50-60 Гц……220

Диапазон коммутируемых напряжений (постоянного и переменного тока частоты 50-60 Гц), В…….….От 1 до 300

Минимальный ток контактирования, мА…….……..…1

Коммутируемый ток, А:

при напряжении постоянного тока 230 В, τ— 15 мс (режим DC14)...0,1

при переменном напряжении 50-60 Гц, cos φ — 0,3 (режим. АС14) ...0,2

Номинальная коммутируемая мощность

при работе на активную нагрузку, Вт……..... 50

Переходное сопротивление контактов, Ом…….……не более 0,3

Электрическая прочность, изоляции разомкнутых контактов при переменном напряжении частоты 50—60 Гц;

для герконов МКА-52141 2000 В;

для герконов МКА-50202 500 В.

2. Устройство и принцип работы.

Общий вид реле, габаритные и установочные размеры приведены на рисунках 1 и 2. Основными составными частями реле являются корпус реле "А" и реагирующий контактный блок “Б". С помощью фланцев "В" корпус реле крепится к трубопроводу.

Реагирующий контактный блок струйного реле РСТ25 имеет обозначение БКР1-Х, а газовых реле РГТ50 и РГТ80 — ВКР2-Х, где на месте “Х" проставляется номер типоисполнения контактов в соответствии с табл. 2.

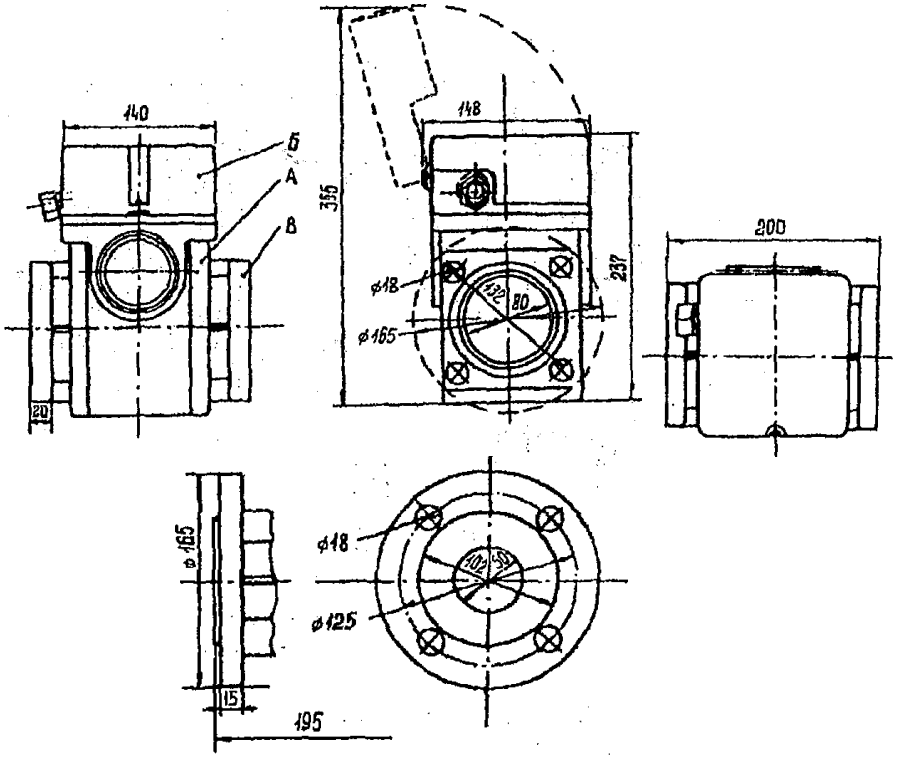


Рисунок 1 - Габаритные и установочные размеры реле РГТ80(50)

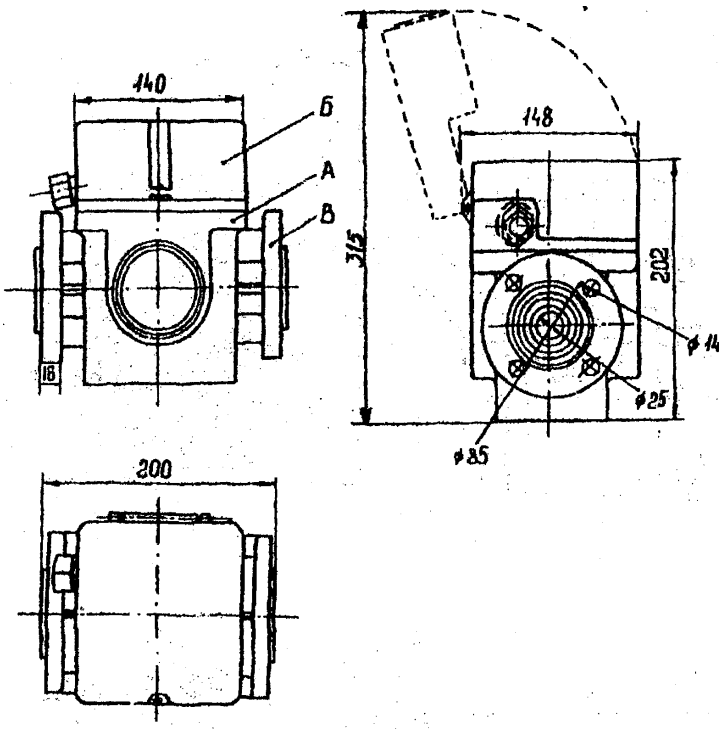


Рисунок 2 – Габаритные и установочные размеры реле РСТ25

Конструкция блока БКР1 приведена на рисунке 3, где обозначены:

1 – корпус блока;

2 и 3 – блоки контактов, содержащие герконы и винтовые зажимы под винт М4 для подсоединения внешних проводов;

4 – коробка зажимов для установки блоков контактов;

5 – напорная пластина с постоянным магнитом для управления герконами блоков контактов;

6 – скоба, фиксирующая напорную пластину в сработанном состоянии;

7 – кнопка проверки работы напорной пластины и возврата ее в исходное состояние;

8 – шток, жестко связанный с кнопкой проверки напорной пластины;

9 – винт регулировки уставки срабатывания напорной пластины;

10 – герметичный маслонепроницаемый цилиндр для размещения блоков контактов;

11 – несущая скоба;

12 – крышка, коробки зажимов;

13 – прокладка уплотнительная крышки коробки зажимов;

14 – кран с резьбовым штуцером для выпуска (отбора пробы) газа;

15 – крышка корпуса блока;

16 – колпачок, закрывающий кнопку проверки;

17 – гайка, стопорящая винт регулировки уставки;

18 – гайка, стопорящая кран отбора пробы газа;

19 – винт крепления крышки корпуса блока;

20 – шток винта регулировки уставки срабатывания реле по скорости потока масла;

21 и 22 –штуцера в корпусе блока для ввода монтажных проводов в коробку зажимов;

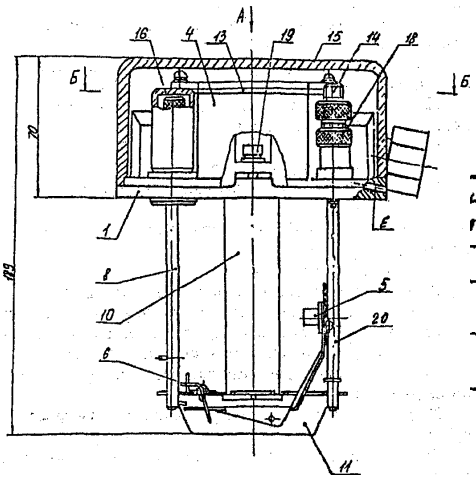
"Е" – дренажный канал в корпусе блока для слива конденсата из коробки зажимов.

Блоки контактов 2 и 3 устанавливаются внутри цилиндра 10 со стороны коробки зажимов 4.

Кнопка проверки работы 7, винт регулировки уставки 9 и кран отбора пробы газа 14 имеют резиновые уплотнения, предохраняющие от вытекания масла из корпуса реле.

На наружной поверхности крышки коробки зажимов нанесены оперативные надписи, поясняющие порядок работы с элементами управления и контроля блока.

На крышке корпуса блока имеется символ "←" стрелка, показывающая направление от бака защищаемого аппарата в сторону расширителя.



Типоисполнение блока				
БКР1-1	БКР1-2	БКР1-3	БКР1-4	БКР1-5
1-1	1-2	1-3	1-4	1-5
2.1 2.3	2.1 2.2	2.1 2.2	2.1 2.2	2.1 2.3
	2.3 2.4		2.3 2.4	2.3 2.4

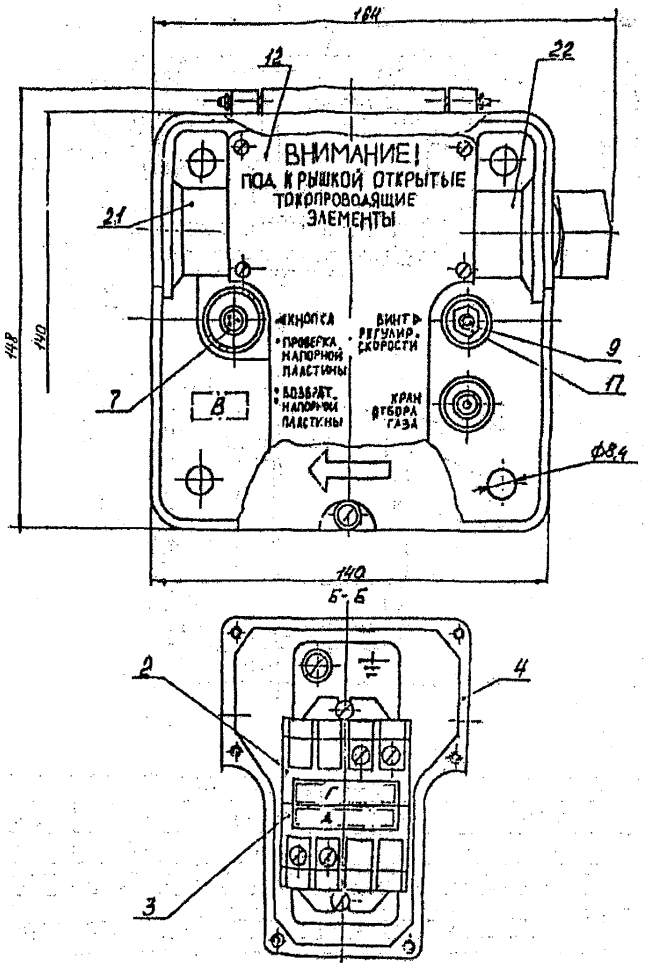
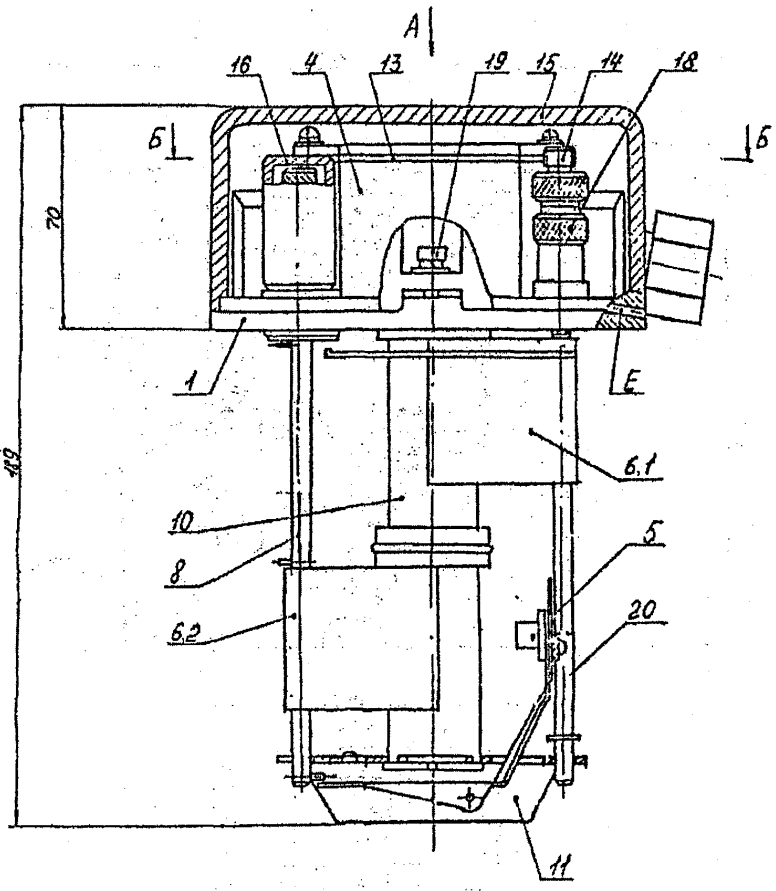


Рисунок 3 – Блок контактный реагирующий БКР1



Надписи на полях	Типоисполнение блока				
	БКР2-1	БКР2-2	БКР2-3	БКР2-4	БКР2-5
В	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5
Г	1.1 1.2 2.1 2.2	1.1 1.2 2.1 2.2	1.1 1.2 2.1 2.2	1.1 1.2 2.1 2.2	1.1 1.2 2.1 2.2
Д		2.3 2.5 1.3 1.4		2.3 2.4 1.3 1.4	2.3 2.4 1.3 1.4

Рисунок 4 – Конструкция блока БКР2

На внешней боковой поверхности корпуса блока и внутри коробки зажимов имеются знаки заземления и винты М5 для подсоединения заземляющего провода.

В один из штуцеров устанавливается резьбовая втулка с комплектом упорных и уплотнительных шайб, служащая для установки монтажного кабеля и закрепления металлорукава. В другой штуцер устанавливается заглушка с упорной и уплотнительной шайбами:

Конструкция блока БКР2 приведена на рисунке 4.

Обозначения элементов конструкции блока БКР2 соответствуют обозначениям аналогичных элементов блока БКР1.

В отличие от блока БКР1 блок БКР2 имеет два поплавка — верхний 6.1 й нижний 6.2, на которых установлены постоянные магниты, управляющие герконами; фиксирующая скоба 6 в блоке БКР2 отсутствует. Поплавки реагируют на изменение уровня масла в корпусе реле.

Кнопка проверки 7 служит для проверки работы поплавков 6.1 и 6.2 и напорной пластины 5.

В нормальном состоянии струйного реле напорная пластина 5 блока находится в исходном положении — прижата под действием усилия магнита, установленного на этой пластине, к штоку, который жестко связан с винтом регулировки уставки 9.

При превышении скорости потока масла в трубопроводе из бака в расширитель значения уставки срабатывания реле пластина 5 перемещается к цилиндру 10 и от магнита пластины срабатывают герконы отключающей контактной системы. В конце хода пластина 5 фиксируется в сработанном состоянии с помощью фиксирующей скобы 6.

Проверка работы реле от действия напорной пластины, а также снятие пластины с фиксации- после проверки или после срабатывания в процессе эксплуатации производится кнопкой проверки 7 в следующем порядке (предварительно с кнопки 7 должен быть снят колпачок 16):

Кнопка 7 устанавливается небольшим нажатием и поворотом ее в положение, когда символ на торце кнопки совпадает с символом " на крышке коробки зажимов 12.

Затем нажатием на кнопку 7 до упора осуществляется проверка срабатывания реле. После снятия нажатия с кнопки 7 она возвращается в начальное положение, а напорная пластина остается в сработавшем состоянии;

для снятия с фиксатора 6 напорной пластины после ее проверки или срабатывания от потока масла кнопка 7 устанавливается в положение, когда

символ на торце кнопки совпадает с символом "◄" на крышке коробки зажимов 12.

Затем нажатием на кнопку до упора откидывается скоба фиксатора 6 и напорная пластина возвращается в исходное положение.

В нормальном состоянии газового реле поплавки 6.1 и 6,2 находятся в крайних верхних положениях, а напорная пластина 5 — в исходном положении.

При понижении уровня масла в корпусе реле опускается вначале верхний поплавок 6.1. При его опускании происходит срабатывание верхней (сигнальной) контактной системы. При дальнейшем понижении уровня масла в корпусе реле опускается нижний поплавок 6.2 и происходит срабатывание нижней (отключающей) контактной системы. При восстановлении уровня масла поплавки 6.1 и 6.2 поднимаются до своего начального положения, а контакты контактных систем возвращаются в исходное состояние.

При превышении скорости потока масла из бака в расширитель значения уставки срабатывания реле напорная пластина перемещается и срабатывают контакты нижней (отключающей) контактной системы. При прекращении потока масла напорная пластина возвращается в исходное положение.

Проверка работы реле от действия поплавков и напорной пластины производится кнопкой проверки 7 в следующем порядке:

для проверки работы реле от действия напорной пластины кнопка 7' устанавливается небольшим нажатием и поворотом ее в положение, когда символ на торце кнопки совпадает с символом "◄" на крышке коробки зажимов 12. Затем нажатием на кнопку до упора осуществляется проверка срабатывания нижней контактной системы. После снятия нажатия кнопки 7 напорная пластина и контакты возвращаются в исходное положение;

для проверки работы реле от действия поплавков кнопка проверки устанавливается в положение, когда символ на торце кнопки 7 совпадает с символом "◄" на крышке коробки зажимов 12. Затем нажатием на кнопку до упора осуществляется проверка работы поплавков и срабатывания' верхней и

нижней контактных систем. После снятия нажатия с кнопки 7 поплавки 6.1 и 6.2 возвращаются в исходное положение.

Регулировка уставки срабатывания напорной пластины 5 по скорости потока масла обеспечивается вращением винта регулировки уставки 9.

После окончания регулировки винт 9 стопорится гайкой 17.

3. Монтаж газового реле

Газовые реле РГТ50 применяются для трансформаторов мощностью до 10000 кВА, реле РГТ80 – более 10000 кВА.

Струйные реле РСТ25 могут применяться для контакторов маслонаполненных переключателей ответвлений любых типов.

Реле должны устанавливаться в маслопроводе с внутренним диаметром, соответствующим диаметру отверстия фланца реле.

Маслопровод от бака трансформатора или контактора к расширителю, в котором устанавливается реле, должен иметь подъем в сторону расширителя 2-4%.

Для установки реле в маслопровод необходимо:

отвернуть и снять колпачок 16 с кнопки проверки 7 и удалить транспортную прокладку, расположенную между колпачком и кнопкой; в струйном реле транспортная прокладка отсутствует;

установить кольцевые резиновые прокладки на присоединительных фланцах реле (входят в комплект поставки);

соединить фланцы трубопроводов с фланцами реле с помощью болтов и гаек М16 для газовых и М12 для струйных реле.

Монтаж кабеля и металлорукава в штуцер корпуса блока приведен на рисунке 5.

Для установки кабеля 1 и металлорукава 6 необходимо: открыть верхнюю крышку блока;

снять крышку коробки зажимов и уплотнительную прокладку;

установить в один из штуцеров корпуса блока кабель с разделанными концами проводов, пропустив его через металлорукав 6, втулку 2, упорную шайбу 3, две уплотнительные шайбы 4 с отверстиями, диаметры которых на 5 мм меньше наружного диаметра кабеля, упорную шайбу 3;

завинтить втулку 2 в штуцере 5 корпуса блока до упора, обеспечив уплотнение кабеля в штуцере;

ввинтить металлорукав 6 в отверстие втулки 2; подсоединить выводы кабеля к зажимам контактных колодок в соответствии с электрической схемой реле;

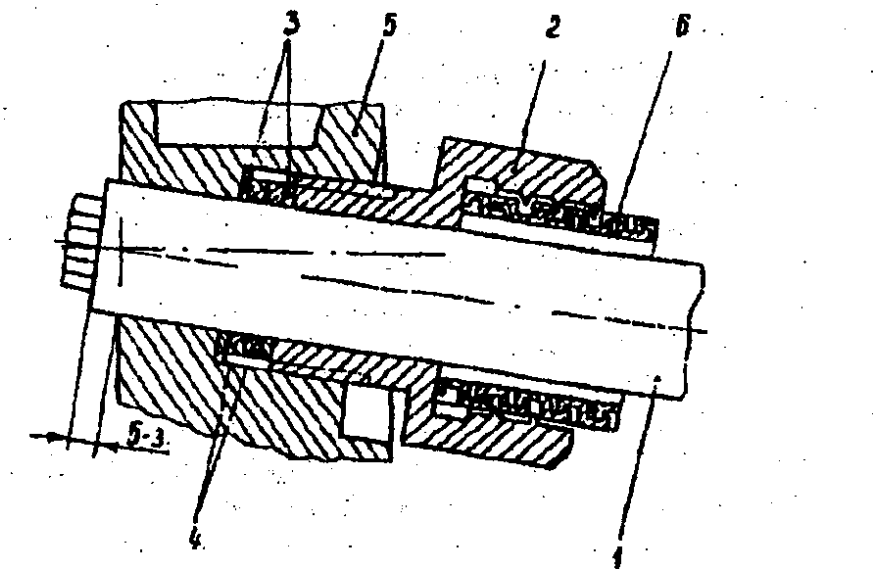


Рисунок 5 – Установка кабеля и металлорукава в штуцере реагирующего блока

присоединить заземляющий провод к одному из винтов со знаком заземления;

закрыть крышкой с прокладкой коробку зажимов и закрепить ее винтами крепления крышки;

закрыть крышку блока и закрепить ее винтом; установить в свободный штуцер винтовую заглушку с уплотнением.

После окончания монтажа реле и подключения цепей необходимо опробовать работу реле от испытательной кнопки.

Для взятия пробы газа необходимо (см. рисунок 4): навинтить на штуцер крана 14 газоотборник; расстопорить стопорную гайку 18 крана 14; повернуть кран 14 влево на 1,5 – 2 оборота, что обеспечит поступление газа в газоотборник;

не снимая газоотборник, с крана 14, повернуть его вправо до упора и застопорить стопорной гайкой 18; снять газоотборник.

4. Эксплуатация газового реле.

При эксплуатации необходимо:

– не реже одного раза в три года производить опробование работы реле от испытательной кнопки;

– измерение сопротивления изоляции мегаомметром на напряжение 1000 В и испытание изоляции напряжением 1000 В переменного тока частоты 50 Гц между выводами разных контактов и между всеми выводами и корпусом реле производить не реже 1 раза в 6 лет;

– испытания электрической прочности между выводами разомкнутых контактов герконов МКА-52141 напряжением 1000 В переменного тока, а герконов МКА-50202 напряжением 500 В переменного тока (производится 1 раз в 6 лет);

– проверку отсутствия загрязнения отверстия "Е" (см. рисунки 3 и 4).

5. Возможные неисправности и способы их устранения

При выходе из строя контакта (геркона) контактной системы реле необходимо;

открыть крышку реагирующего блока; снять крышку И уплотнение коробки зажимов; отсоединить жилы кабеля от выводов контактов реле; отвинтить винты крепления контактных колодок и заменить колодку с поврежденным герконом;

завинтить винт крепления контактных колодок; подключить жилы кабеля; закрыть крышку коробки зажимов.

Содержание отчета:

1. Номер лабораторной работы, ее название.
2. Учебная цель.
3. Тип реле.
4. Назначение реле.
5. Алгоритм срабатывания.
6. Вывод.

Контрольные вопросы:

1. Что считается эксплуатационным состоянием реле?
2. Что значит «верхняя» и «нижняя» контактные системы реле?
3. При каких условиях срабатывает нижняя и при каких верхняя контактные системы?
4. Маркировка реле: что означают буквы и цифры?
5. Перечислите основные составляющие блоки (части) газового реле.
6. Назначение газового реле?
7. Что представляют собой контакты газового реле, их основные параметры.
8. Устройство реле.
9. Принцип работы реле.
10. Конструкция блоков БКР1, БКР2 их отличия.
11. Требования к монтажу газового реле.
12. Как проводится проверка работы реле?
13. Как проводится регулировка срабатывания реле?

Лабораторная работа № 16

«Техническое обслуживание и проверка масляных выключателей»

Учебная цель: освоение методики выполнения проверок оборудования КРУ в соответствии с нормативными документами.

Перечень оборудования:

– масляный выключатель;

– мегаомметр;

– мост постоянного тока Р333

– измерительные приборы (амперметры, вольтметры).

Порядок выполнения работы:

1 Ознакомиться с теоретическими положениями.

2 Ознакомиться с содержанием разделов 9 и 10 «Нормы испытаний электрооборудования».

3 Для испытаний, перечисленных в разделе 10 «Норм испытаний электрооборудования», определить нормы значений испытательных величин для масляного выключателя ВМГ133.

4 Измерить сопротивление изоляции подвижных и направляющих частей, выполненных из органического материала мегаомметром на напряжение 2500В.

5 Измерить сопротивление изоляции вторичных цепей и обмоток электромагнитного управления мегаомметром на напряжение 1000В.

6 Измерить сопротивление постоянному току контактов масляного выключателя мостом постоянного тока Р333 и сравнить его с «Нормами испытаний электрооборудования».

7 Измерить сопротивление постоянному току обмоток электромагнитов управления мостом постоянного тока Р333 и сравнить полученные значения с «Нормами испытаний электрооборудования».

8 Проверить срабатывание привода при «положительном U» (Значение пониженного напряжения взять из «Норм испытаний электрооборудования»).

9 Оформить отчет.

Краткие теоретические сведения:

Оперативное включение и отключение под нагрузкой электрооборудования или отдельных аппаратов распределительных устройств, подстанций или электрических сетей, а также их автоматическое отключение при нарушении установленного режима работы (короткие замыкания, перегрузки) осуществляются выключателями.

На напряжение 6 и 10 кВ применяют масляные, электромагнитные и воздушные выключатели, а в последние годы – вакуумные. Но наибольшее распространение в закрытых распределительных устройствах получили масляные выключатели, в которых средством гашения дуги является минеральное масло.

Различают два вида масляных выключателей (по количеств) масла для их заполнения): баковые (многообъемные) и горшковые (малообъемные).

Баковый масляный выключатель имеет один общий для всех трех фаз бак, заполненный маслом, которое занимает 70 % его объема. Масло в нем служит не только для гашения электрической дуги, возникающей между контактами при отключении, но и изоляцией токоведуших частей друг от друга и от заземленного бака.

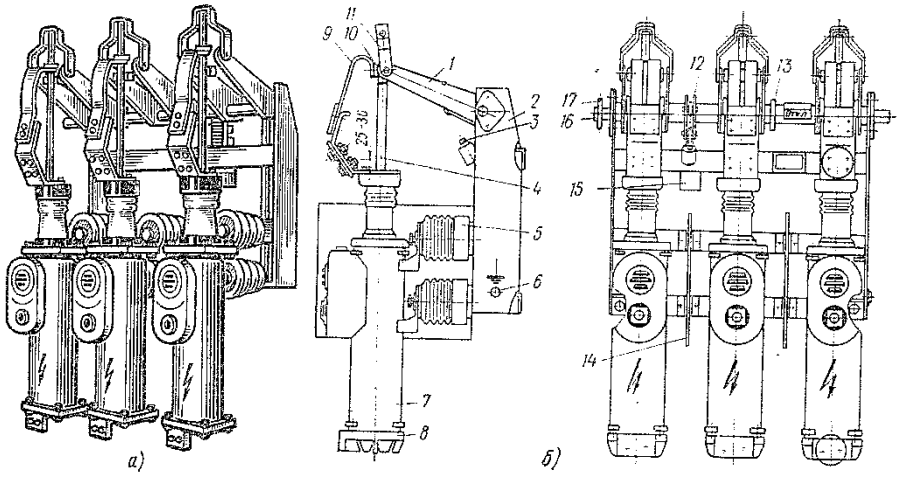
Баковые выключатели, действующие на принципе простого разрыва дуги в масле (например, ВМБ-10), ранее широко применявшиеся, в настоящее время практически не используются и поэтому здесь не рассматриваются. Они обладают малой отключающей способностью, взрыво- и пожароопасны.

На промышленных предприятиях в распределительных устройствах напряжением 6–10 кВ применяют исключительно горшковые выключатели. Масло в них используют только для гашения дуги, поэтому его значительно меньше – 3–4% объема горшка (полюса).

Принцип действия выключателя основан на гашении электрической дуги, возникающей при размыкании контактов, потоком газомасляной смеси, которая образуется в результате интенсивного разложения трансформаторного масла (им заполнен выключатель) под действием высокой температуры дуги. Этот поток получает определенное направление в дугогасительном устройстве, размещеном в зоне горения дуги. Процесс гашения электрической дуги при переменном токе облегчается тем, что ток в течение одного периода дважды проходит через нуль.

Выключатель имеет следующие особенности: его контакты покрыты дугостойкой металлокерамикой, что значительно увеличивает срок их службы; дугогасительные устройства доступны для осмотра и ревизии; после осмотра не требуется повторной регулировки; выводы допускают непосредственное присоединение алюминиевых шин. Каждый полюс выключателя размещен в отдельном цилиндре (горшке), и после присоединения токопроводящих шин к крышкам цилиндров последние оказываются под напряжением. Поэтому на поверхности цилиндров наносят предостерегающие знаки в виде стрелы и все три полюса закрепляют на изоляторах общей рамы.

Масляные выключатели характеризуются: номинальным напряжением (в киловольтах); номинальной силой тока (в амперах), отключающей способностью — мощностью отключения (в мегавольтамперах), номинальным током отключения (в килоамперах) и другими параметрами. Отключающая способность масляного выключателя определяется той предельной мощностью короткою замыкания, которую он под действием защиты способен отключить без каких-либо разрушений выключателя. Выключатели не должны подвергаться действию тока, превышающего предельный сквозной ток короткого замыкания.



а — общий вид, б — устройство; 1 — рычаг с изоляционным плечом,
2 - сварная рама, 3 — упорный болт (фиксатор включенного положения)
4 - контактный стержень, 5-опорный изолятор, 6 - болт для заземления,
7 – цилиндр (полюс) выключателя, 8 - нижняя крышка цилиндра,
9 — гибкая связь, 10 —колодка, 11 —серьга, 12 — рычаг с роликами,
13, 17 —приводные рычаги, 14 — перегородка, 15 — масляный буфер,
16 — вал

Рис. 1 – Выключатель ВМГ-10:

Выключатели различают по климатическому исполнению (на-пример, У умеренный климат, Т — тропический) и по категории размещения (ГОСТ 15150—69). Климатические исполнения У и Т отличаются друг от друга изоляцией и характером покрытия. Кроме того, выключатели различают также по характеру применяемых для управления ими приводов. В настоящее время выключатели с выносными приводами все чаще вытесняются выключателями со встроенными приводами, особенно предназначенные для работы в КРУ.

На промышленных предприятиях в закрытых распределительных устройствах используют малообъемные масляные выключатели серии ВМГ-10, ВМП-10, ВМП-10П, ВМПП-10, ВМПЭ-10 и др. Для комплектования КРУ все больше выпускается выключателей со встроенными приводами, которые не подлежат наладке и регулировке, поскольку они полностью собраны и

отрегулированы на заводе-изготовителе. Все выключатели серии ВМП максимально унифицированы и в качестве базовой модели служит ВМП-10

За последние годы все чаще стали использовать выключатели с электромагнитным гашением дуги. Перспективны новые вакуумные выключатели, особенно для применения в установках где требуется большое число циклов отключения.

Выключатель ВМГ-10 (малообъемный трехполюсный) предназначен для работы в стационарных закрытых электроустановках на номинальное напряжение 10 кВ переменного тока частотой 50 /Гц в условиях умеренного климата. Этот выключатель изготовляют на номинальные токи 630 и 1000 А

По своей конструкции (рис. 1) выключатель состоит из основания в виде общей сварной рамы 2, на которой смонтированы три его полюса 7. На раме установлено шесть фарфоровых опорных изоляторов 5 (по два на полюс) с внутренним эластичным механическим креплением, масляный буфер и упорный болт 3. На каждой паре изоляторов подвешен цилиндр выключателя.

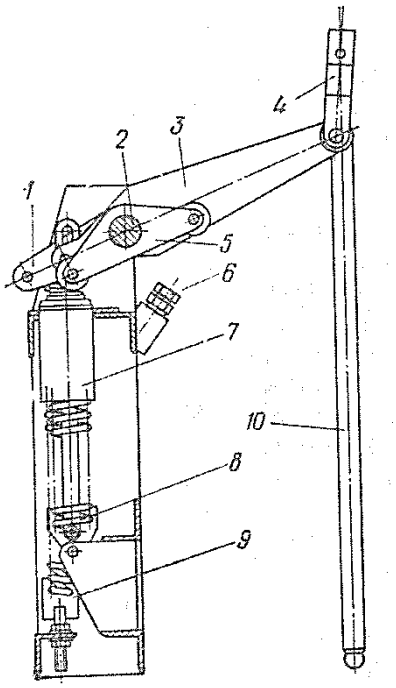
Внутри рамы расположен приводной механизм (рис. 2) который состоит из вала 2 с приваренными к нему рычагами 1. На валу укреплены также рычаги 3, связанные с подвижными контактными стержнями 10, и рычаги 5 с роликами, отнимающими угол поворота вала при отключении и включении. Вал расположен горизонтально и вращается в двух подшипниках, прикрепленным болтами к боковым листам рамы. На боковой стенке рамы расположен болт заземления для присоединяющей шины.

Основной частью выключателя является полюс (цилиндр 9, рис. 3).

На номинальный ток 1000 А его изготовляют из латуни, а на 630 А – из стали с немагнитным швом. Внутри полюса расположены изоляционные цилиндры 2 и 5 и дугогасительная камера 3, создающая между ними при отключении поперечно-продольное масляное дутье.

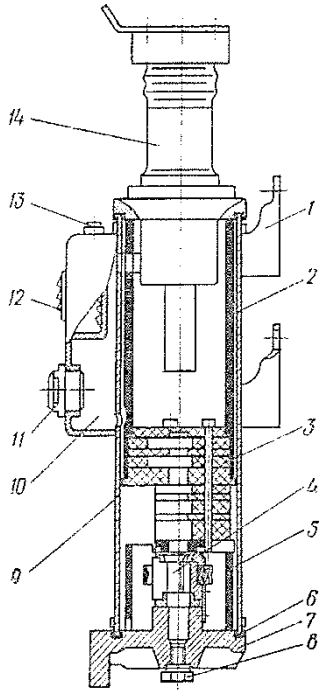
В верхней части цилиндра прикреплена металлическая крышка с заармированным в ней проходным фарфоровым изолятором 14, на котором, в свою очередь, заармирован металлический колпачок Проходной изолятор

является направляющим для подвижного контактного стержня и служит его изоляцией от металлического цилиндра. Для повышения электрической прочности внутри изолятора помещена бакелитовая трубка.



1–ПРИВОДНОЙ рычаг. 2 вал, *3* – рычаг с изоляционным плечом. 4 – серьга, 5 – рычаг с роликами, *6* —упорный болт, 7– масляный буфер. 8, 9 – буферная н отключающая пружины, 10 – контактный стержень

Рис. 2 – Приводной механизм выключателя ВМГ-10



1 – скоба, 2,5 – изоляционные цилиндры *3* – дугогасительная камера. *4* – розеточный контакт, 6 – резиновое уплотнение. 7 – нижняя крышка, 8, *13* – маслосливная и маслоналивная пробки. 9– сварной цилиндр. 10 –кожух, 11 – маслоуказатель, *12* – жалюзи, 14 – проходной изолятор

Рис. 3 – Разрез полюса выключателя ВМГ-10:

Внизу цилиндр закрывается съемной крышкой, на которой рас-положен неподвижный розеточный контакт 4, собранный из отдельных ламелей; их верхние торцы облицованы дугостойкой керамикой. Подвижный контактный стержень состоит непосредственно из стержня, колодки и гибкой связи.

Стержень в нижней части имеет съемный наконечник, облицованный дугостойкой керамикой. Дугогасительная камера состоит из пакета изоляционных пластин, стянутых тремя изоляционными шпильками. В нижней части камеры один над другим расположены дутьевые каналы для больших и средних токов, а в верхней – масляные «карманы», гасящие малые токи.

Гашение дуги в камерах при отключении выключателя под нагрузкой происходит за счет энергии, появляющейся при размыкании контактов. От действия дуги образуются газы и пары масла. Под давлением газов масло устремляется в дутьевые каналы гасительной камеры и, пересекая дугу, деионизирует и гасит ее. При малых токах гашение дуги происходит не только в каналах, но и в масляных «карманах» камеры.

Цилиндры (горшки) выключателя являются токоведущими частями и находятся под полным напряжением сети. Масса выключателя 140—145 кг, масса масла 4,5 кг.

Содержание отчета:

1. Номер лабораторной работы, ее название.
2. Учебная цель.
3. Таблица приборов.
4. Перечень испытаний масляных выключателей в соответствии с «Нормами испытаний электрооборудования».
5. Результаты испытаний по пунктам 4,5,6,7,8.

Контрольные вопросы:

1. Для чего предназначены масляные выключатели?
2. Назначение масла в масляных выключателях.
3. Какие бывают выключатели кроме масляных?
4. Как происходит гашение дуги в масляных выключателях?
5. За счет чего гасится дуга в воздушных и масляных выключателях?

6. Конструкция масляного выключателя.

7. Какие приводы применяются в масляных выключателях, предназначенных для работы в КРУ?

8. По какому документу определяется объем испытаний масляного выключателя?

9. Каким прибором можно измерить сопротивление постоянному току контактов масляного выключателя?

10. Составить схему выполнения проверки срабатывания электромагнитного привода при пониженном напряжении.

Лабораторная работа № 17

«Выполнение фазировки трёхфазных силовых трансформаторов, включение на параллельную работу»

Учебная цель: Освоить выполнение фазировки силовых трансформаторов, вводить их в параллельную работу.

Перечень оборудования:

- лабораторный стенд;
- два силовых трехфазных трансформатора ТС3Н1,6-380/220;
- измерительные приборы: вольтметры, амперметры, мультиметр;
- соединительные провода.

Порядок выполнения работы:

1. Записать технические данные приборов в таблицу 1

Таблица 1 – Технические данные приборов

Наименование прибора	Тип	Предел измерения	Класс точности	Заводской №

2. Собрать схему по рисунку 2, показать схему на проверку преподавателю.

3. Измерить вторичные линейные напряжения TU_1 и TU_2. Выполнить фазировку трансформаторов, используя вольтметр. Напряжения между одноименными зажимами должно быть равно 0.

4. Собрать схему по рисунку 3. Показать на проверку преподавателю.

Амперметр PA_1 $I_{ном}$=5 А, PA_2 и PA_3 $I_{ном}$=2 А.

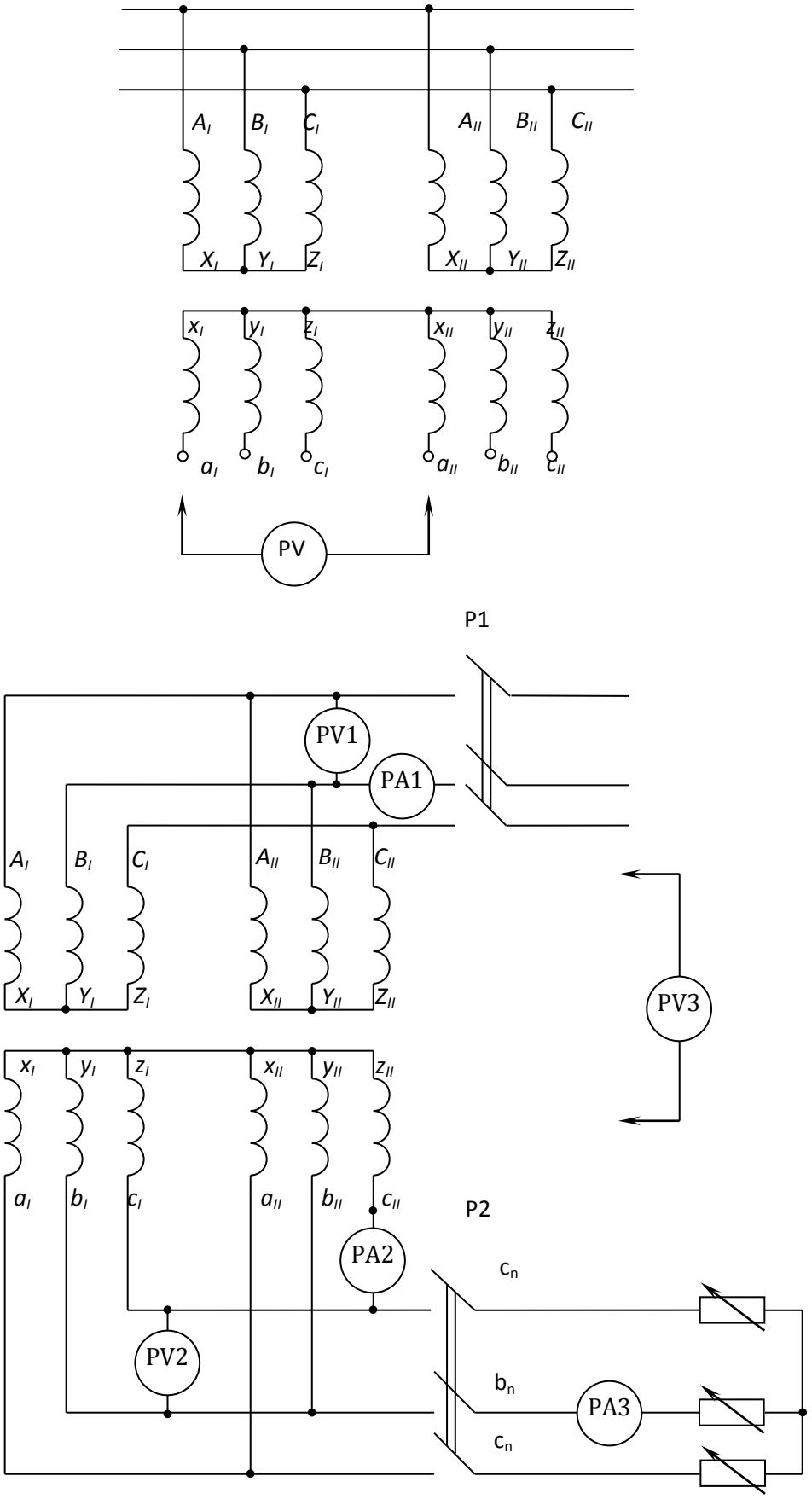


Рисунок 1 – Схема включения трансформаторов на параллельную работу

Присоединив полную нагрузку, равную полной нагрузке одного трансформатора, показания приборов записать в таблицу 1. Затем уменьшить нагрузку в 2 раза и показания приборов записать в таблицу 1.

Таблица 1

№	Наблюд. в зависимости от нагрузки	I_1, А	I_2, А	I_3, А	U_1, В	U_2, В
1	Холостой ход					
2	Половина нагрузки					
3	Полная нагрузка					

На основании записей таблицы 1 построить график зависимости токов первого и второго трансформаторов от общего тока нагрузки. $I_2 = f(I_1)$, $I_3 = f(I_1)$.

Краткие теоретические сведения.

Для того, чтобы нагрузка между параллельно работающими трансформаторами распределялась пропорционально их нормальным мощностям, допускается параллельная работа двухобмоточных трансформаторов при следующих условиях:

1) При одинаковом первичном напряжении вторичные напряжения должны быть равны. Другими словами, трансформаторы должны иметь одинаковые коэффициенты трансформации:

$$k1 = k2 = k3$$

При соблюдении этого условия даже в режиме холостого хода между параллельно работающими трансформаторами возникает уравнительный ток, обусловленный разностью вторичных напряжений трансформаторов (рисунок 1,а)

$$U_{\text{ур}} = \frac{\Delta \dot{U}}{Zk_1 + Zk_2}$$

где Zk_1 и Zk_2 – внутренние сопротивления трансформаторов.

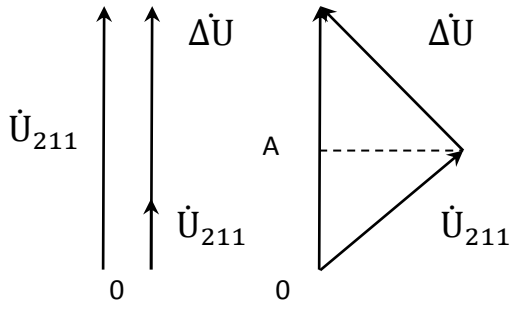


Рисунок 1 – Появление напряжения при несоблюдении условий включения трансформаторов на параллельную работу

При нагрузке трансформаторов уравнительный ток накладывается на нагрузочный. При этом трансформатор с более высоким вторичным напряжением холостого хода (с меньшим коэффициентом трансформации) оказывается перегруженным, а трансформатор равной мощности, но с большим коэффициентом трансформации – недогруженным. Так как перегрузка трансформаторов недопустима, то приходится снижать общую нагрузку. При значительной разнице коэффициентов трансформации нормальная работа трансформаторов становится практически невозможной. Однако ГОСТ допускает включение на параллельную работу трансформаторов с различными коэффициентами трансформации, если разница коэффициентов трансформации не превышает ± 0,5 % их среднего значения:

$$\Delta k = \frac{k_1 - k_2}{k} \cdot 100\% \leq 0.5\%$$

где $k = \sqrt{k_1 \cdot k_2}$- – среднее геометрическое значение коэффициентов трансформации

2) Трансформаторы должны принадлежать к одной группе соединения. При несоблюдении этого условия вторичные линейные напряжения

трансформаторов окажутся сдвинутыми по фазе относительно друг друга, и в цепи трансформаторов появится разное напряжение ΔU, под действием которого возникает значительный уравнительный ток. Так, если включить на параллельную работу два трансформатора с одинаковыми коэффициентами трансформации, но один из них принадлежит к нулевой (Y/Y–0), а другой – к одиннадцатой (Y/Δ-11) группам соединения, то линейное напряжение U_{21} первого трансформатора будет больше линейного напряжения U_{211} второго трансформатора в $\sqrt{3}$ раз.

$$\frac{U_{21}}{U_{211}} = \sqrt{3}$$

Кроме того, векторы этих напряжений окажутся сдвинутыми по фазе относительно друг друга на угол 30° (рисунок 1, б). В этих условиях во вторичной цепи трансформаторов появится разное напряжение ΔU. Для определения величины ΔU воспользуемся построениями рисунок 3,б : отрезок ОА равен $\sqrt{3}$ $U_{211}/2$ или, учитывая, что $U_{211} = U_{211}/\sqrt{3}$, получим ОА = 0,5 U_{21}. Следовательно, треугольник, образованный векторами напряжений U_{21}, U_{211}, и ΔU, - равнобедренный, а поэтому разность напряжения привела бы к возникновению во вторичной цепи трансформаторов уравнительного тока, в 15-20 раз превышающего номинальный ток нагрузки, т.е. возникла бы аварийная ситуация. Величина ΔU становится ещё большей, если трансформаторы принадлежат нулевой и шестой группам соединения ($\Delta U = 2U_2$), так как в этом случае векторы линейных вторичных напряжений окажутся в противофазе.

3) Трансформаторы должны иметь одинаковые напряжения короткого замыкания:

$$U_{к1} = U_{к11} = U_{к111}$$

Соблюдение этого условия трансформаторов необходимо для того, чтобы общая нагрузка распределялась между трансформаторами пропорционально их номинальным мощностям. ГОСТ допускает включение с различными $U_к$, если

$$\Delta U_к = \frac{U_{к1} + U_{к11}}{U_{к\,ср}} \cdot 100\% \leq 10\%$$

где $\Delta U_{к\,ср} = \frac{U_{к1} \pm U_{к11}}{2}$ среднее арифметическое значение

Разница в напряжениях короткого замыкания трансформаторов тем больше, чем больше эти трансформаторы отличаются друг от друга по мощности. Поэтому ГОСТ рекомендует, чтобы отношение номинальных мощностей трансформаторов, включенных параллельно, было не более 3:1. Помимо указанных трех условий необходимо перед включением трансформаторов на параллельную работу проверить порядок чередования фаз, который должен быть одинаковым у всех трансформаторов.

Общая нагрузка всех включенных на параллельную работу трансформаторов S не должна превышать суммарной номинальной мощности этих трансформаторов:

$$S < \sum U_{ном\,x}$$

Распределение нагрузки между параллельно работающими трансформаторами определяется следующим образом:

$$S_x = \sum \frac{S \cdot S_{ном\,x}}{U_{к\,х}}$$

где S_x - нагрузка одного из параллельно работающих трансформаторов, кВА,

S – общая нагрузка всей параллельной группы, кВА,

$U_{к\ x}$ – напряжение короткого замыкания одного $S_{ном\ x}$, %,

$S_{ном\ x}$ – номинальная мощность данного трансформатора, кВА

Содержание отчета:

1. Название лабораторной работы, ее тема.
2. Учебная цель.
3. Схемы фазировки и параллельной работы трансформаторов.
4. Таблицы измерений и графики
5. Выводы по работе

Контрольные вопросы:

1. Какие условия должны быть соблюдены при включении трансформаторов на параллельную работу?
2. Что называется напряжением короткого замыкания?
3. Как определяется коэффициент трансформации трансформатора?
4. Дать определение коэффициенту трансформации.
5. Что такое группа соединений трансформатора.
6. Какие бывают схемы соединений обмоток трансформаторов?
7. Перечислить стандартные группы соединений.
8. Что такое потери холостого хода трансформатора?
9. Что называется потерями короткого замыкания трансформатора?

Список использованных источников:

Основные источники:

1 Акимова Н.А., Котеленец Н.Ф., Сентюрихин Н.И. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования: учеб. пособие для СПО. М.: Академия, 2016. 296 с.

2 Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Доступ из справ.-правовая система «Гарант».

3 Бутырский В.И. Наладка электрооборудования: учеб пособие для СПО. 2-е изд., стер. Волгоград: Издательский дом «Ин-Фолио», 2011. 368с.

4 Зюзин А.Ф., Поконов Н.З., Антонов М.В. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок. М.: «АльянС», 2017.415с.

5 Нестеренко В.М.. Мысьянов А.М. Технология электромонтажных работ: учеб. пособие для нач. проф. образования. 7-е изд., стер. М.: Издательский центр «Академия», 2016. 592 с.

6 Полуянович Н.К. Монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт систем электроснабжения промышленных предприятий: учеб. пособие. СПБ.: ЛАНЬ, 2012. 400 с.

7 Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок: приказ Минтруда России от 24.07.2013 № 328н. (с изм.и доп). Доступ из справ.-правовая система «Гарант».

8 Правила устройства электроустановок. 6-е . и 7-е изд. с изм. и доп. Доступ из справ.-правовая система «Гарант».

9 Сибикин Ю.Д. Электроснабжение предприятий добычи и переработки нефти и газа: учебник для СПО. М.: ФОРУМ; ИНФРА-М, 2017. 352 с

10 ПС «Электромонтажник домовых электрических систем и оборудования» № 795.

11 ПС «Работник по ремонту трансформаторов в инженерной инфраструктуре электроснабжения населения» № 784.

12 ПС «Работник по обслуживанию оборудования подстанций электрических сетей» № 828.

13 Троицкий А.И. Электромонтажник электрических сетей и электрооборудования. Ростов-на-Дону. «Феникс» 2017.409с.

Дополнительные источники:

1 Камнев В.Н. Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок. М.: Высш. шк., 1990. 352 с.

2 Киреева Э.А, Шерстнев С.Н. Полный справочник по электрооборудованию и электротехнике. М.: КНОРУС, 2012. 864 с.

3 Конюхов Е.А. Электроснабжение объектов: учеб. пособие для СПО. 7-е изд. испр. М.: Издательский центр «Академия», 2011. 320 с.

4 Кудрин Б.И. Системы электроснабжения: учеб. пособие для вузов. М.: Издательский центр «Академия», 2011. 352 с.

5 Макаров Е.Ф. Справочник по электрическим сетям 0,4-35 кВ и 110-1150 кВ. В 12 т. Том 2-4. М.: 2008.

6 Ополева Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения: справочник: учеб. пособие. М.: ИД ФОРУМ; ИНФРА-М, 2010. 480 с.

7 Справочник по наладке электрооборудования промышленных предприятий / под ред. М.Г. Зименкова. М.: Энергоатомиздат, 1983. 480 с.

8 Щербаков Е.Ф., Александров Д.С., Дубов А.Л. Электроснабжение и электропотребление на предприятиях: учеб. пособие для СПО. М.: ФОРУМ, 2010. 496 с.

Нормативно-технические документы:

1 ГОСТ 21.613-2014. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации силового электрооборудования. М.: Стандартинформ, 2015.

2 ГОСТ Р 51321.1-2007 (МЭК 60439-1:2004) .Устройства комплектные низковольтные распределения и управления. Часть1. Устройства, испытанные полностью или частично. Общие технические требования и методы испытаний.

3 Свод правил СП 48.13330.2011 «СНиП 12-01-2004. Организация строительства». Актуализированная редакция.

4 СНиП 3.05.06-85. Электротехнические устройства.

5 СП 31-110-2003. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий.

6 Р Газпром 2-1.11-427-2010. Применение вакуумных реклоузеров в воздушных распределительных сетях ОАО.

7 СТО Газпром 2-1.16-224-2008. Положение по организации и проведению контроля в сфере обеспечения надёжной, безопасной и эффективной эксплуатации энергетических объектов ОАО «Газпром».

Интернет-ресурсы:

1 Нормативно-технические документы: ГОСТы, Правила, СНиПы, СТО Газпром и др. Промышленный портал. URL:http:www.complexdoc.ru (дата обращения:14.09.2019).

2 Электротехническая библиотека. URL:http://www.electrolibrary.info(дата обращения:14.09.2019).

Приложение А

Образец оформления Отчета по лабораторной работе

ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ

ЧАСТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

«ГАЗПРОМ ТЕХНИКУМ НОВЫЙ УРЕНГОЙ»

Кафедра электротехнических специальностей

08.02.09Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий

Отчет по лабораторным работам за ___ семестр

по МДК 03.01 «Внешнее электроснабжение промышленных и гражданских зданий»

Выполнил(а): студент группы ЭЛ-__ _____ И.И. Иванов

(подпись)

Принял(а): преподаватель _____

(подпись)

Новый Уренгой, 201_

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

СОГЛАСОВАНО

Старший методист М.В. Отс

Методист по ИТ Ю.В. Пеховкина

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

СОГЛАСОВАНО

Старший методист М.В. Отс

Методист по ИТ Ю.В. Пеховкина