

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ И ПОДСТАНЦИИ

Методические указания
к лабораторным работам по дисциплине
«Электрические станции и подстанции»
для студентов, обучающихся по направлению «Электроэнергетика
и электротехника»

Автор: Сазыкин Е.Н.

Автор: Сазыкин Е.Н.

Электрические станции и подстанции : методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Электрические станции и подстанции»

Методические указания составлены в соответствии с программой курса «Электрические станции и подстанции» и методика их выполнения. Даны рекомендации по правилам сборки испытательных схем на стендах. Описана методика испытаний основного электрооборудования электрических станций и подстанций. Часть лабораторных работ проходит в компьютерном классе, и для них даны необходимые пояснения.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ	5
ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ	7
<i>Часть 1. Работы на стендах</i>	8
Работа № 1. ШИНЫ И ИЗОЛЯТОРЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ .	8
Работа № 2. МАСЛЯНЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ	9
Работа № 3. РАЗЪЕДИНИТЕЛИ, ВЫКЛЮЧАТЕЛИ НАГРУЗКИ, ОТДЕЛИТЕЛИ И КОРОТКОЗАМЫКАТЕЛИ	11
Работа № 4. КОММУТАЦИОННЫЕ АППАРАТЫ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 КВ.....	13
Работа № 5. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ	17
Работа № 6. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ ТОКА	19
Работа № 7. ЯЧЕЙКИ 6-10 КВ КОМПЛЕКТНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ	21
Работа № 8. РАБОЧЕЕ ЗАЗЕМЛЕНИЕ СЕТИ.....	23
Работа № 9. ДИСТАНЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯМИ	25
<i>Часть 2. Работа на компьютере</i>	27
ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.....	27
ПЕРЕЧЕНЬ ВИРТУАЛЬНЫХ РАБОТ	28
Приложение 1. УСЛОВНЫЕ ПОЗИЦИОННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ШИНОК ВТОРИЧНЫХ ЦЕПЕЙ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМАХ	29
Приложение 2. ОБРАЗЕЦ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА ОТЧЕТА	30
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	31

ВВЕДЕНИЕ

На лабораторных работах по курсу «Электрические станции и подстанции» студенты изучают оборудование и аппараты электрических станций и подстанций, схемы их первичных и вторичных цепей и конструкции распределительных устройств. Цель каждой работы, ее содержание и методические указания даны в настоящем сборнике. По сравнению с его предыдущим изданием (1988 г.) сборник содержит ряд изменений и дополнений. Их основная цель – усиление самостоятельной работы студентов. Кроме того, включены лабораторные работы, выполняемые на персональных компьютерах.

Руководство содержит описания работ по основным разделам курса «Электрические станции и подстанции». Работы размещены в том порядке, что и теоретический материал в основном учебнике [1]. В описании каждой работы после ее цели и содержания даются методические указания по ее выполнению. При этом указано, что нужно сделать дома до прихода в лабораторию. В описаниях не приводятся относящиеся к работам сведения теоретического характера, так как их студенты получают на лекциях и из учебной литературы. Такая организация лабораторных работ побуждает студентов к самостоятельной работе над учебниками. Ссылки на литературу [1...4] с указанием параграфа имеются в каждой работе.

Часть работ выполняется на стендах лаборатории «Электрические станции и подстанции», а часть – в компьютерном классе кафедры «Электроснабжение».

ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ, РАБОТАЮЩИХ В ЛАБОРАТОРИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ

1. Общие правила

1.1. Несчастные случаи во время проведения лабораторных работ происходят чаще всего из-за несоблюдения правил безопасности. Студенты допускаются к выполнению лабораторных работ после инструктажа по технике безопасности с личными подписями в специальном журнале. Ответственность за выполнение правил техники безопасности возлагается как на преподавателей, проводящих занятия в лаборатории, так и на студентов.

1.2. Незнание ПТБ (правил техники безопасности), неаккуратность, невнимательность, незнание аппаратуры, спешка и недостаточная подготовленность к работам могут повлечь за собой несчастный случай. Лица, не выполняющие правила безопасности или допускающие их нарушение, отстраняются от выполнения лабораторных работ и привлекаются к ответственности. От студентов, работающих в лаборатории, требуется не нарушать правила безопасности самим и останавливать других, не выполняющих эти правила.

1.3. Следует помнить, что опасны все движущиеся части и все оборудование, находящееся под напряжением, причем так называемое «низкое» напряжение 127-220 В является одним из основных источников несчастных случаев со смертельным исходом.

1.4. Если замечены неисправности или нарушения техники безопасности, то необходимо немедленно сообщить об этом руководителю или лаборанту.

1.5. Особые правила безопасности, характерные для конкретных лабораторных работ, указаны в соответствующих описаниях.

2. Строго воспрещается:

2.1. Касаться неизолированных проводников и частей аппаратуры, находящихся под напряжением.

2.2. Включать под напряжение схему без предварительной проверки и разрешения руководителя.

2.3. Производить переключения в схемах, находящихся под напряжением (на стенде горят лампы).

2.4. Оставлять без наблюдения схему, находящуюся под напряжением.

2.5. Производить какие-либо операции на распределительных щитках, а также за пределами своего рабочего места.

2.6. Прикасаться к приводам выключателей, если схема управления ими собрана.

2.7. Снимать или перевешивать предупреждающие плакаты.

2.8. Загромождать свое рабочее место портфелями, книгами и другими вещами, не относящимися к выполняемой работе.

2.9. Ходить без дела по лаборатории и отвлекать товарищей разговорами.

3. При несчастном случае необходимо:

3.1. Снять напряжение со схемы путем ее отключения.

3.2. Сообщить о случившемся руководителю или лаборанту.

3.3. Оказать первую помощь пострадавшему.

3.4. Вызвать скорую помощь по телефону 03.

4. Общие сведения о стендах лаборатории

На большинство стендов подано напряжение переменного тока с линейным напряжением 220 В, причем нейтраль источника питания изолирована от земли. На некоторые стенды может быть подано напряжение постоянного тока 220 В от выпрямителя, имеющегося в лаборатории. Подачу этих напряжений на лабораторные стенды делает преподаватель после проверки собранных на стендах схем.

На каждом лабораторном стенде напряжение в собранную схему подается пакетным выключателем, возле которого имеются две клеммы (зажимы источника питания), а также две сигнальных лампы – зеленая («отключено») и красная («включено»). Так как красная лампа после ее перегорания перестает сигнализировать о наличии напряжения на зажимах источника питания, то для оценки отсутствия там напряжения следует ориентироваться на надписи возле рукоятки пакетного выключателя. Надписей там две – «откл.» и «вкл.». Сборку схемы или ее изменение следует выполнять в положении рукоятки «откл.».

На стендах, имеющих приводы выключателей, касаться подвижных частей приводов и выключателей и частей механической блокировки можно только в тех случаях, когда напряжение со стенда снято и пружины привода не натянуты.

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Лабораторная работа выполняется в два этапа: дома и непосредственно в лаборатории.

Работа дома

Перед выполнением очередной лабораторной работы необходимо провести предварительную подготовку, для чего нужно: ознакомиться с содержанием предстоящей работы, уяснить ее цель; повторить теоретический материал по рекомендуемой литературе; ответить на вопросы, указанные в [5]; продумать план проведения работы; составить предварительный отчет со схемами, таблицами, расчетами, векторными диаграммами. При отсутствии предварительного отчета студент к работе не допускается.

Работа в лаборатории

На основе предварительного отчета, конкретного задания и кратких методических указаний проводится сборка схемы и сам эксперимент. При этом рекомендуется:

- главную последовательную цепь выполнять сначала, а затем параллельные включения; параллельные соединения выполнять проводом меньшего сечения и другого цвета;
- сборку схемы вести от одного зажима источника питания и заканчивать на другом его зажиме;
- проверку схемы делать вначале по главному контуру цепи, а затем по параллельным соединениям;
- проверить правильность установки движков реостатов и положения стрелок и измерительных приборов на нулевой точке шкалы, если реостаты и приборы используются в работе.

Собранную и проверенную схему предъявить руководителю лабораторных работ и только после его разрешения включать установку. При включении под напряжение схемы надо внимательно следить за поведением приборов, если они имеются; при резких ударах стрелок приборов схема должна быть немедленно отключена от источника питания.

По окончании работы и согласования с руководителем результатов испытаний схема должна быть разобрана и рабочий стол подготовлен для работы другой бригады.

В качестве исполнительного отчета служит предварительный отчет, дополненный результатами испытаний и общими выводами. В отдельных случаях разрешается отчитаться за работу до начала следующего лабораторного занятия.

Образец титульного листа отчета прилагается (см. прил. 2).

Часть 1. Работы на стендах

Работа № 1

ШИНЫ И ИЗОЛЯТОРЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

1. Цель работы

Ознакомление с конструктивными особенностями шин и шинных конструкций, с различными типами изоляторов.

2. Содержание работы

2.1. Ознакомление с шинными конструкциями.

2.2. Изучение способов соединения и крепления шин.

2.3. Определение типов изоляторов, находящихся на стенде.

3. Краткие методические указания

3.1. При изучении шин и шинных конструкций следует обратить внимание на материал шин и форму их поперечного сечения, на способы соединения шин и крепления их к изоляторам, на устройство компенсаторов температурных изменений длины шин.

3.2. Определяя типы изоляторов, необходимо пользоваться литературой, содержащей чертежи изоляторов (например, [1]). Там же следует найти технические данные изоляторов.

3.3. Работа дома состоит в изучении параграфов рекомендуемой литературы.

4. Содержание отчета

4.1. Обозначение типов изоляторов.

4.2. Эскизы и характеристики имеющихся в лаборатории изоляторов.

4.3. Проверка шин на термическую и динамическую стойкость (по указанию преподавателя).

4.4. Выбор и проверка изоляторов (по указанию преподавателя).

5. Литература

5.1. [1], §§ 3.1, 3.3, 6.1, 7.1.

5.2. [2], § 3.6.

5.3. [3], § 4.2.

МАСЛЯНЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

1. Цель работы

Изучение конструкций и регулировок наиболее распространенных типов малообъемных выключателей ВМП-10, МГГ-10, ВМГ-133.

2. Содержание работы

2.1. Изучение конструкции масляных выключателей типа ВМГ-133, ВМП-10, МГГ-10 и их гасительных камер.

2.2. Сборка схемы регулировки выключателя ВМГ-133 на одновременность включения всех фаз и выполнение этой регулировки.

2.3. Определение у выключателя ВМГ-133 глубины вхождения подвижных контактов в неподвижные.

3. Краткие методические указания

3.1. Работа дома состоит в изучении параграфов рекомендуемой литературы, а также в составлении эскиза схемы регулировки трехфазного масляного выключателя на одновременность включения всех трех фаз.

3.2. В лаборатории элементы камер масляных выключателей расположены на одном стенде, а собранный выключатель ВМГ-133 с ручным приводом, подлежащий регулировке – на другом стенде.

3.3. Регулируя выключатель, нужно быть осторожным, так как при отключении выключателя скорость перемещения его подвижных частей значительна из-за больших усилий отключающих пружин.

3.4. Контроль за регулировкой на одновременность включения всех трех фаз выключателя производится с помощью сигнальных ламп. При замыкании контактов выключателя лампы, включенные последовательно с его контактами, должны загораться. Ход стержня, соответствующий разновременности замыкания и соответственно загорания ламп, не должен быть более 2-3 мм.

Включение и отключение контактов производят с помощью ручного привода типа ПРБА. При медленном перемещении рукоятки привода в сторону включения и загорании первой из трех ламп на всех подвижных контактных стержнях выключателя наносят риски. При дальнейшем движении стержней наносят риски после загорания остальных ламп. По нанесенным рискам определяют величину разновременности включения контактов и производят регулировку, ввертывая подвижный стержень в трубку, связанную с изоляционной тягой, или вывертывая его из трубки.

3.5. Определение глубины вхождения подвижного контакта в неподвижный производится следующим образом: подвижный контакт

отсоединяют от изоляционной тяги и свободно опускают на неподвижный. При касании контактов наносят риску. Затем подвижный контакт присоединяют к изолированной тяге, включают выключатель и наносят вторую риску. После отключения выключателя измеряют расстояние между нанесенными рисками. Допустимые значения вхождения подвижных контактов в неподвижные 35–45 мм.

4. Содержание отчета

4.1. Схема проверки одновременности замыкания контактов.

4.2. Количественные показатели регулировки выключателя (достигнутые в работе разновременность замыкания и глубина вхождения подвижного контакта в неподвижный).

4.3. Область применения выключателей ВМГ-133, ВМП-10 и МГГ-10.

5. Литература

5.1. [1], §§ 12.2, 12.7.

5.2. [2], § 4.7.

РАЗЪЕДИНИТЕЛИ, ВЫКЛЮЧАТЕЛИ НАГРУЗКИ, ОТДЕЛИТЕЛИ И КОРОТКОЗАМЫКАТЕЛИ

1. Цель работы

Изучение устройства и характеристик разъединителей, выключателей нагрузки, отделителей и короткозамыкателей.

2. Содержание работы

2.1. Ознакомление с конструкциями разъединителей, выключателей нагрузки, отделителей и короткозамыкателей и изучение их технических характеристик, имеющих в литературе.

2.2. Изучение схемы для измерения переходного сопротивления контактов ножей разъединителя или отделителя (рис.3.1).

2.3. Определение переходного сопротивления контактов ножей разъединителей или отделителей, указанных преподавателем.

3. Краткие методические указания

3.1. Работа дома состоит в изучении параграфов рекомендуемой литературы.

3.2. Для определения переходного сопротивления контактов ножей разъединителя или отделителя используется метод амперметра-вольтметра. Полная схема измерения приведена на рис. 3.1.

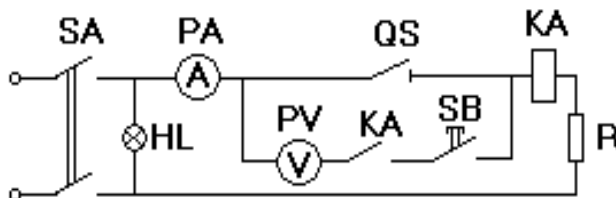


Рис. 3.1

где SA – пакетный выключатель питания стенда, HL – сигнальная лампа, PA – амперметр, PV – милливольтметр, QS – контакты исследуемого разъединителя, SB – кнопка, KA – токовое реле, R – ограничивающий резистор.

Схема содержит элементы защиты цепей стенда от повреждений: резистор R ограничивает ток в цепи до безопасного значения (так как сопротивление контактов разъединителя QS невелико), а реле тока KA отключает цепь милливольтметра PV, если контакты QS разомкнуты (в этом случае напряжение между контактами QS недопустимо велико для милливольтметра PV). Кнопка SB служит для дополнительной защиты

милливольтметра РV: ее можно нажимать только в том случае, когда амперметр РА показывает наличие тока.

Переходное сопротивление разъединителя или отделителя измеряют после нескольких (2-3) включений и отключений разъединителя с целью очистки его контактов от загрязнений и окислов. Сопротивление определяют как среднюю величину результатов нескольких опытов, перед каждым из которых необходимо отключить разъединитель и снова включить его. Чтобы не вывести из строя милливольтметр, необходимо отключать питание перед каждым размыканием контактов разъединителя.

3.2. Величины переходных сопротивлений для различных типов разъединителей и отделителей не одинаковы. Найденные значения сопротивлений сравниваются с допустимыми

Номинальный ток разъединителя, А	600	1000	1500-2000
Предельное значение переходного сопротивления, мкОм	150-175	100-120	40-50

4. Содержание отчета

4.1. Технические данные разъединителей, выключателей нагрузки, отделителей и короткозамыкателей, изученных в лаборатории.

4.2. Схема для измерения переходного сопротивления контактов ножей разъединителей или отделителей.

4.3. Результаты измерений и выводы.

5. Литература

5.1. [1], §§ 12.1, 12.2.

5.2. [3], §§ 4.5, 4.7.

КОММУТАЦИОННЫЕ АППАРАТЫ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 КВ

1. Цель работы

Ознакомление с принципами работы и конструкциями коммутационных аппаратов до 1 кВ, их применением, изучение схем управления этими аппаратами.

2. Содержание работы

2.1. Изучение конструкции контакторов и магнитных пускателей.

2.2. Сборка схемы управления магнитным пускателем типа П-212-МР и ее опробование. Изучение работы тепловых реле магнитного пускателя.

2.3. Изучение конструкции автоматических выключателей АЗ700 и «Электрон».

2.4. Опробование действия автоматического выключателя «Электрон» после ручного натяжения его включающей пружины (без сборки схемы управления).

2.5. Изучение нескольких схем управления автоматическим выключателем «Электрон» (по указанию преподавателя). Анализ их работы и отыскание возможных ошибок.

2.6. Сборка схемы управления и сигнализации положения выключателя «Электрон» (по заданию преподавателя) и опробование ее работоспособности в следующих режимах:

- а) при местном управлении;
- б) при дистанционном управлении;
- в) при возникновении короткого замыкания в цепи, защищаемой автоматическим выключателем.

3. Краткие методические указания

3.1. Работа дома состоит в изучении параграфов рекомендуемой литературы. В некоторые из показанных на рис. 4.1 схем в учебных целях включены ошибки. Поэтому дома следует проанализировать работу этих схем, найти схему, не имеющую ошибок, и зарисовать ее в предварительный отчет.

На схемах рис. 4.1 приняты следующие обозначения: SB1 и SB2 – кнопки управления, М – электродвигатель, Q – вспомогательные контакты выключателя, Q1 – вспомогательный аварийный контакт выключателя, Q2 – путевой выключатель, связанный с включающей пружиной, УАС – включающий электромагнит, УАТ – отключающий электромагнит, HLR, HLG, HLW – сигнальные лампы (красная, зеленая, белая), ЕС – шинки управления.

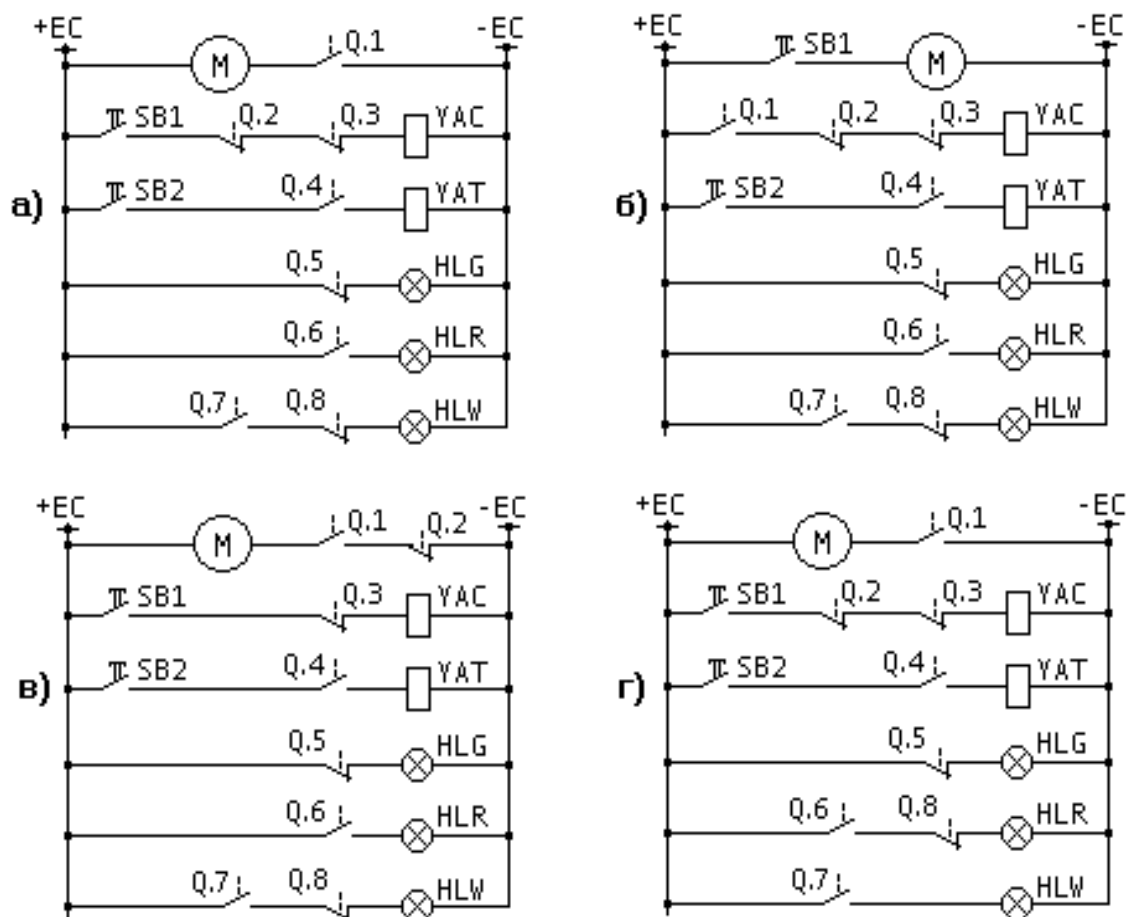


Рис. 4.1

3.2. Типовая схема управления магнитным пускателем имеется в [4].

3.3. При испытаниях схемы управления магнитным пускателем в качестве потребителя электроэнергии следует использовать однофазный электродвигатель. Этот двигатель умышленно поврежден (имеет повышенный ток), чтобы в лаборатории можно было наблюдать работу тепловых реле пускателя.

3.4. При изучении устройства автоматического выключателя серии АЗ700 рекомендуется пользоваться его чертежом и описанием, имеющимися в основной учебной литературе [1].

3.5. Устройство автоматического выключателя серии «Электрон» в учебной литературе не описано, поэтому в процессе изучения его конструкции на натурном образце следует для ориентировки использовать рис.4.2, где цифрами обозначены: 1 – элемент механической блокировки, 2 – разъем вторичных цепей, 3 – дугогасительные камеры, 4 – барабан с включающей пружиной, 5 – отверстие для установки рычага при ручном натяжении пружины, 6 – отверстие для установки рычага при ручном включении выключателя, 7 – кнопки местного управления, 8 – блок релейной защиты, 9 – направляющие.

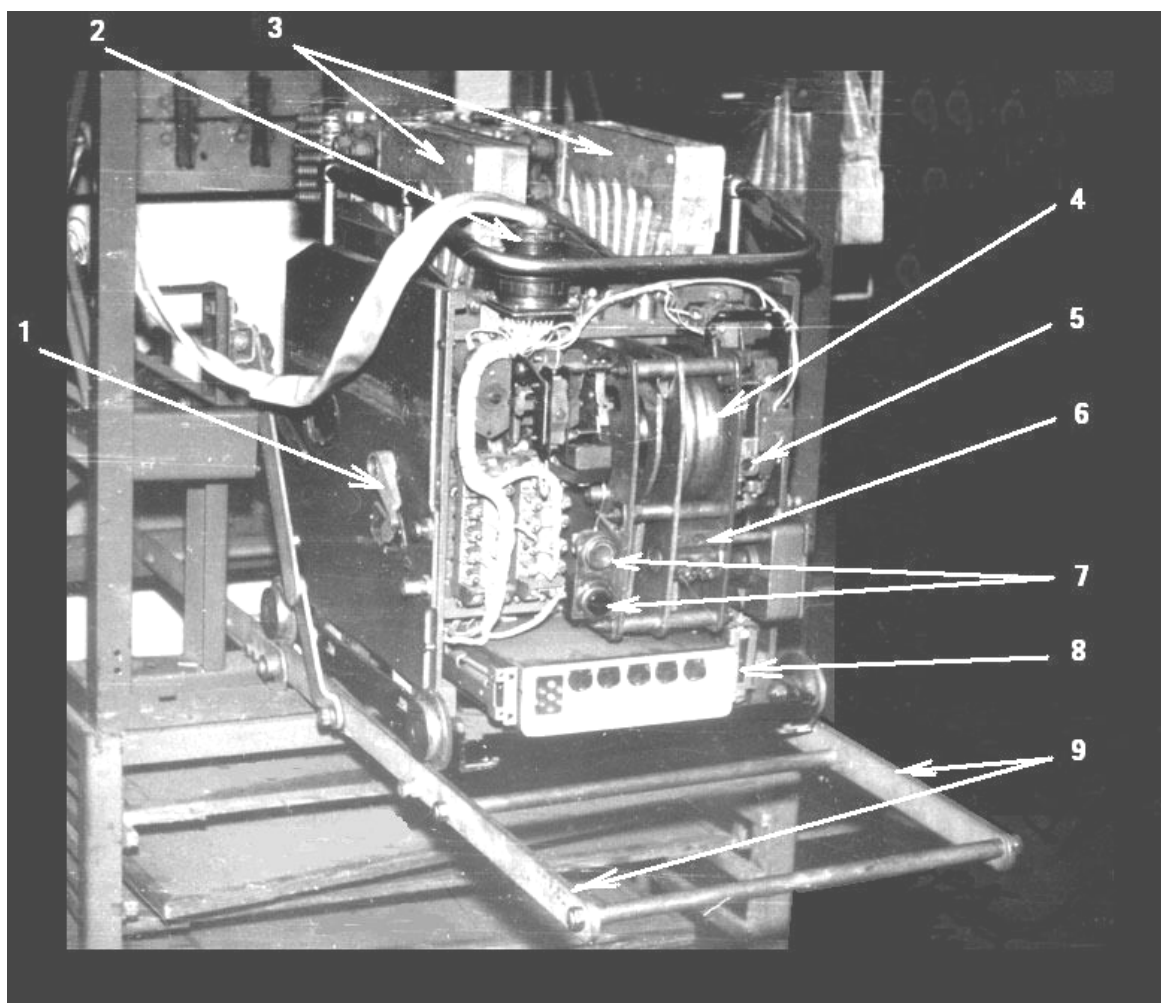


Рис. 4.2

3.6. У автоматического выключателя «Электрон», установленного в лаборатории, для удобств обзора сняты передняя панель и дугогасительная камера средней фазы. Эта камера укреплена на правой стороне ячейки выключателя. Для лучшего понимания конструкции часть стенки камеры вырезана.

Перед началом изучения конструкции «Электрона», его следует выкатить из ячейки. Для этого выключатель отключают от питающей сети кнопкой местного управления (если он включен). Попытка выкатить из ячейки выключатель, находящийся во включенном положении, будет безуспешной, так как этому будут препятствовать элементы механической блокировки 1 (см. рис. 4.2). Для выкатывания выключателя из ячейки устанавливают два упора в нижнее положение и освобождают фиксатор, удерживающий направляющие 9 в вертикальном положении. Два рычага, механически связывающих корпус выключателя с направляющими 9, должны быть надеты на выступы. При переводе направляющих 9 в горизонтальное положение выключатель смещается вперед настолько, что

давление во втычных контактах ослабевает. После этого выключатель выкатывают по направляющим 9.

При выкатывании размыкаются только главные цепи выключателя (на втычных контактах), а цепи управления не нарушаются. Поэтому в выкатенном положении можно производить опробование действия выключателя, если схема управления полностью собрана.

Вкатывание выключателя в ячейку делается в порядке, обратном вышеописанному. Перед вкатыванием следует убедиться в том, что выключатель отключен (нажать кнопку местного отключения).

3.7. При неисправности в цепях управления (например, при исчезновении напряжения на шинах управления) выключателем «Электрон» управляют вручную. Для ручной заводки выключающей пружины служит отверстие 5 (рис. 4.1), в которое вставляют рычаг-стержень длиной 200-300 мм. Попеременно поднимая и опуская рычаг, заводят выключающую пружину. Показателем окончания ее заводки служит переключение вспомогательных контактов. В момент переключения этих контактов штырьки в верхней части их корпуса опускаются вниз.

После заводки пружины рычаг переставляют в отверстие 6. Поднимая вверх рычаг, выключатель включают. Отключение делается кнопкой местного управления.

3.8. Часть схемы управления, находится внутри выключателя «Электрон» и собрана на заводе-изготовителе. Остальное собирают сами студенты.

3.9. Для создания режима короткого замыкания служит кнопка, включенная в первичную цепь выключателя «Электрон». Нажав на нее, следует убедиться в аварийном отключении выключателя защитой и действии аварийной сигнализации положения. Оно прекращается после нажатия на шток вспомогательного аварийного контакта.

3.10. Собрать схему управления магнитным пускателем и испытать ее.

4. Содержание отчета

4.1. Технические данные изученных аппаратов.

4.2. Изученные схемы управления выключателем «Электрон», содержащие ошибки. Анализ этих ошибок.

4.3. Опробованная схема управления выключателем «Электрон» и оценка ее работоспособности.

4.4. Схема управления магнитным пускателем.

5. Литература

5.1. [1], §§ 14.1, 14.2.

5.2. [4], §§ 3.3, 3.4.

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ

1. Цель работы

Ознакомление с различными конструкциями измерительных трансформаторов напряжения, со схемами их соединения и применением.

2. Содержание работы

2.1. Ознакомление с измерительными трансформаторами напряжения, их конструкцией.

2.2. Составление схем для проверки полярности выводов вторичных обмоток и для определения коэффициента трансформации.

2.3. Сборка схемы и проверка полярности выводов обмоток трех однофазных трансформаторов напряжения.

2.4. Сборка схемы и определение коэффициента трансформации трансформатора напряжения.

2.5. Составление схемы контроля изоляции в сети с изолированной нейтралью.

2.6. Сборка схемы контроля изоляции в сети с изолированной нейтралью и проверка ее работы в нормальном режиме, а также при замыкании на землю в контролируемой сети.

2.7. Сборка схемы для исследования (определения) погрешности измерительных трансформаторов напряжения.

3. Краткие методические указания

3.1. Работа дома состоит в изучении параграфов рекомендуемой литературы. Следует обратить внимание на схемы соединения обмоток трансформаторов напряжения. Зарисовать схемы контроля изоляции в сети с изолированной нейтралью.

3.2. Особенности конструкции измерительных трансформаторов напряжения следует изучить на имеющихся в лаборатории трехфазных трансформаторах – трехстержневом и пятистержневом. На лабораторных стендах для выполнения работы (связанной со сборкой схемы) используются три однофазных трансформатора.

3.3. Полярность выводов обмоток однофазных трансформаторов напряжения определяется так же, как и у трансформатора тока: в первичную обмотку (А и Х) подается постоянный ток (нажатием кнопки) с определенной полярностью (+) и (–). Правильность (совпадение) полярности вторичной обмотки (а) и (х) определяется отклонением стрелки гальванометра вправо, включенного в цепь вторичной обмотки трансформатора напряжения.

3.4. Для определения коэффициента трансформации применяют метод двух вольтметров: в цепях первичного и вторичного напряжения.

3.5. Для контроля изоляции в сети с изолированной нейтралью следует применить схему измерения напряжений фаз сети относительно земли при однофазном замыкании на землю. Измерение напряжения на выводах разомкнутого треугольника выполнить при однофазном замыкании на землю в сети высшего напряжения.

3.6. Для исследования (определения) погрешности измерительного трансформатора напряжения делается ряд опытов: измерение подключенной мощности обмоток приборов к вторичной обмотке, измерение напряжений в первичной и вторичной обмотках при различных подключенных мощностях.

4. Содержание отчета

4.1. Основные технические данные изученных измерительных трансформаторов напряжения и схемы их подключения к первичной сети.

4.2. Схемы проверки коэффициентов трансформации и полярности выводов однофазных трансформаторов напряжения. Результаты проверки.

4.3. Схема контроля изоляции сетей с изолированной нейтралью. Результаты испытаний этой схемы.

4.4. Определение погрешности трансформатора напряжения.

5. Литература

5.1. [1], §§ 16.1 – 16.4.

5.2. [3], §§ 4.9, 4.11.

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ ТОКА

1. Цель работы

Изучение конструкций наиболее распространенных типов измерительных трансформаторов тока и способов их проверки.

2. Содержание работы

2.1. Ознакомление с имеющимися в лаборатории различными трансформаторами тока, определение их типов и технических данных.

2.2. Определение однополярных зажимов трансформатора тока.

2.3. Определение его коэффициента трансформации.

2.4. Снятие характеристики намагничивания: сначала – исправного трансформатора тока, а затем того же трансформатора тока, но с короткозамкнутыми витками во вторичной обмотке.

2.5. Построение кривых намагничивания трансформатора тока.

3. Краткие методические указания

3.1. Работа дома состоит в изучении параграфов рекомендуемой литературы. Следует обратить внимание на схемы соединения вторичных обмоток трансформаторов тока с обмотками измерительных приборов.

3.1. Полярность выводов трансформатора тока определяется с помощью гальванометра, включенного в цепь вторичной обмотки проверяемого трансформатора тока, и источника постоянного тока E с кнопкой SB в цепи первичной обмотки (рис. 6.1, а). Если положительные зажимы источника и гальванометра присоединены к зажимам обмоток трансформатора, имеющим одинаковые индексы ($L1$ и $I1$, либо $L2$ и $I2$), то при нажатии кнопки SB стрелка отклонится вправо, а при отпускании – влево.

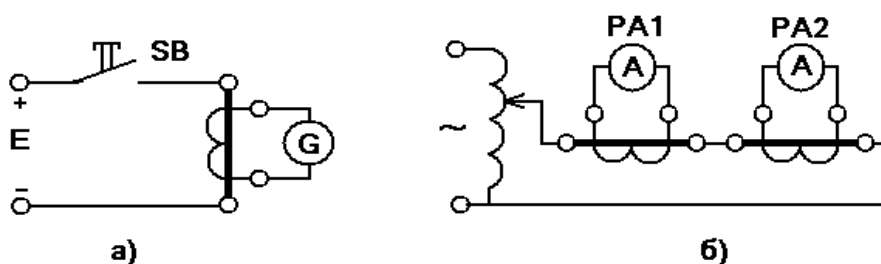


Рис. 6.1

3.2. Для определения коэффициента трансформации в первичную обмотку проверяемого трансформатора тока подают ток через автотрансформатор (ЛАТР). Вторичный ток трансформатора тока

измеряют амперметром (РА2). Подводимый ток измеряют амперметром (РА1), включаемым через образцовый трансформатор тока (с коэффициентом трансформации 50/5) (рис. 6.1, б).

3.3. Определение погрешности (класса точности) трансформатора тока делается по формуле:

$$\Delta I \% = \frac{k_I I_2 - I_1}{I_1} 100 ,$$

где ток I_1 определяется по образцовому трансформатору тока.

Характеристика намагничивания $U=f(I)$ представляет собой зависимость напряжения на зажимах вторичной обмотки от тока намагничивания, протекающего по ней при разомкнутой первичной цепи. Точки этой характеристики снимают при вторичных токах, не превышающих двукратный номинальный ток. Опыт повторяют, закорачивая часть витков вторичной обмотки.

4. Содержание отчета

4.1. Основные технические данные изученных в лаборатории измерительных трансформаторов тока.

4.2. Схемы проверки трансформатора тока.

4.3. Результаты измерений.

4.4. Характеристики намагничивания проверенного измерительного трансформатора тока и выводы по результатам снятия характеристик намагничивания.

5. Литература

5.1 [1], гл. § 17.1, 17.2, 17.5, 17.6.

5.2 [3], §§ 4.8, 4.11.

ЯЧЕЙКИ 6-10 кВ КОМПЛЕКТНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

1. Цель работы

Изучение конструкции ячеек комплектных распределительных устройств типов КСО, КХП, К-102, ознакомление с оборудованием, которым комплектуются эти ячейки, со схемами управления, релейной защиты, автоматики и с блокировками, применяемыми в ячейках распределительных устройств.

2. Содержание работы

2.1. Изучение устройства ячеек типа КСО, К-ХП и К-102. Составление схем их первичных цепей.

2.2. Ознакомление с типами и номинальными параметрами аппаратов, смонтированных в этих ячейках.

2.3. Ознакомление со схемами управления аппаратов в ячейках. Включение и отключение выключателей непосредственно и дистанционно.

2.4. Проверка работы ячеек в аварийных режимах:

- а) при коротком замыкании в сети и выведенном АПВ,
- б) при введенном АПВ и неустойчивом коротком замыкании,
- в) при введенном АПВ и устойчивом коротком замыкании.

2.5. Ознакомление с устройством выкатной тележки в ячейке К-ХП и поочередное приведение тележки в три положения относительно корпуса:

- 1) рабочее,
- 2) испытательное,
- 3) ремонтное.

2.6. Изучение оперативных блокировок ячеек и составление схемы электромагнитной блокировки. Опробование действия блокировок: механических и электромагнитных.

2.7. Составление схемы и измерение времени отключения выключателя в ячейке КСО.

3. Краткие методические указания

3.1. Работа дома состоит в изучении параграфов рекомендуемой литературы. Следует обратить внимание на оперативные блокировки, которыми могут снабжаться ячейки комплектных устройств.

3.2. Во избежание несчастного случая операции включения и отключения выключателя следует производить только при закрытых дверях ячейки и с разрешения преподавателя. Осмотр пружинно-грузового привода в ячейке КСО следует выполнять только в отключенном

положении выключателя при ненатянутых включающих пружинах. Это относится и к осмотру устройства механической блокировки разъединителя и выключателя ячейки КСО.

3.3. Кнопки местного управления выключателем находятся на лицевой стороне ячеек. Для дистанционного управления служит ключ управления, находящийся на стенде ячейки КСО и на панели ячейки К-П.

3.4. Ячейка КСО оборудована звуковой и световой сигнализациями аварийного отключения. Звуковой сигнал отключают тумблером на передней панели ячейки, а световой сигнал – кнопкой местного отключения выключателя. В ячейке К-ХП выполнена световая сигнализация положения выключателя.

3.5. Ячейка 10 кВ пункта секционирования и АВР (К-102) предназначена для деления сети на участки (автоматического отключения поврежденного участка) и для АВР в сети двух смежных участков.

3.6. Ячейки имеют механическую блокировку от неправильных действий с разъединителями. В ячейке К-ХП смонтирован релейный шкаф, в котором размещены приборы. Шкаф К-ХП имеет блокировку, запрещающую расфиксирование тележки при включенном выключателе. В ячейке К-ХП установлено оборудование: выключатель ВВ-10/320, разъединители РЛНДЗ-1-10/400, разрядники РВО-10, трансформатор типа ОМ, приборы релейной защиты, трансформатор тока ТЛМ-10 с коэффициентом трансформации 300/5. В шкафу смонтированы и могут быть использованы следующие релейные защиты: максимальная токовая, максимальная токовая направленная (двустороннего действия), дистанционная.

4. Содержание отчета

- 4.1. Эскизы первичных цепей изученных ячеек.
- 4.2. Типы и параметры аппаратов, находящихся в ячейках.
- 4.3. Схемы блокировок измерений.
- 4.4. Результаты измерений времени отключения выключателя.

5. Литература

- 5.1. [1], §§ 28.4, 32.4.
- 5.2. [3], §§ 6.2, 7.2.

РАБОЧЕЕ ЗАЗЕМЛЕНИЕ СЕТИ

1. Цель работы

Закрепление теоретических сведений об особенностях режимов работы электрических сетей с различными способами заземления нейтрали.

2. Содержание работы

2.1. Исследование режимов работы сети с изолированной нейтралью.

2.2. Исследование режимов работы сети с компенсированной нейтралью.

2.3. Исследование режимов работы сети с эффективно заземленной нейтралью.

2.4. Сопоставление изученных режимов работы нейтрали электрических сетей. Формулировка выводов о преимуществах и недостатках различных способов заземления сети.

3. Краткие методические указания

3.1. Исследования ведутся на модели электрической сети, содержащей в качестве источника питания силовой трансформатор, вторичная обмотка которого соединена звездой с выведенной нейтралью. В ходе лабораторной работы нейтраль трансформатора может быть либо изолирована от земли, либо заземлена через компенсирующий реактор, либо эффективно заземлена. Каждый из этих трех режимов нейтрали в работе изучается поочередно.

3.2. К силовому трансформатору присоединена радиальная электрическая сеть. Нагрузки в концах линий сети отсутствуют. В одной из линий возможно создавать замыкание одной фазы на землю. В какой именно линии будут возникать повреждения, устанавливает преподаватель. Токи короткого замыкания в модели сети ограничены настолько, что допустимо их длительное протекание (на время эксперимента).

3.3. Для измерения линейных напряжений и напряжений фаз сети относительно земли имеется трансформатор напряжения и вольтметры. К дополнительной обмотке трансформатора напряжения присоединено устройство сигнализации о замыканиях на землю.

Для измерения токов нулевой последовательности в различных участках сети включены трансформаторы тока нулевой последовательности и амперметры.

3.4. В каждом из трех режимов работы нейтрали необходимо измерить следующие величины:

а) линейные напряжения и напряжения фаз относительно земли в нормальных условиях (без замыкания в линии),

б) те же напряжения, а также токи нулевой последовательности при замыкании на землю одной фазы.

3.5. В режиме с изолированной или компенсированной нейтралью (по указанию преподавателя) после создания замыкания одной фазы на землю следует убедиться в действии соответствующей сигнализации. Затем, поочередно отключая каждую из отходящих линий, следует отыскать ту линию, в которой произошло замыкание фазы на землю.

4. Содержание отчета

4.1. Схема электрической сети, в которой велись исследования.

4.2. Векторные диаграммы напряжений и токов сетей с различными способами заземления нейтрали при замыкании одной фазы на землю.

4.3. Выводы о преимуществах и недостатках различных способов заземления нейтрали.

5. Литература

5.1. [1], гл.29.

5.2. [3], § 1.3.

ДИСТАНЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯМИ

1. Цель работы

Ознакомление с принципов действия, конструкцией и характеристиками различных приводов высоковольтных выключателей, изучение их схем управления.

2. Содержание работы

2.1. Ознакомление с типами, конструкциями и кинематикой приводов, находящихся в лаборатории.

2.2. Составление схемы управления выключателем с электромагнитным приводом и сигнализации его положения.

2.3. Сборка составленной схемы и проверка ее работоспособности.

2.4. Составление эскизов имеющихся в лаборатории приводов выключателей (в отключенном и во включенном положениях).

2.5. Составление схемы управления выключателем с пружинно-грузовым приводом на переменном оперативном токе.

3. Краткие методические указания

3.1. Во избежание получения травм при работе приводов следует соблюдать осторожность. В частности, перед началом сборки схемы управления нужно убедиться в том, что привод находится в отключенном положении. У пружинно-грузового привода включающая пружина не должна быть заведена. Если привод включен, то перед сборкой схемы следует нажать на кнопку местного отключения (если она имеется) или поднять вручную вверх сердечник отключающего электромагнита.

3.2. При изучении конструкции приводов рекомендуется использовать учебную литературу и имеющиеся в лаборатории плакаты и рисунки.

3.3. Цепи электромагнитов включения приводов присоединяются к зажимам ЕУ (шинки включения, остальные элементы цепей управления подключаются к зажимам ЕС (шинки управления).

3.4. Выводы всех элементов цепей управления, находящихся на электромагнитном приводе, расположены на клеммнике с правой стороны привода.

3.5. Сборку и проверку схемы управления выключателем с электромагнитным приводом рекомендуется приводить поэтапно. На первом этапе следует полностью собрать и проверить работу только цепи катушки промежуточного контактора. На втором этапе к ранее собранной цепи следует добавить цепь включающего электромагнита, проверив

которую, следует отключить привод вручную. На последнем этапе дополнительно собирают цепь отключающего электромагнита и проверяют ее действие.

Примечание. Проверку собранной схемы следует предъявлять преподавателю на каждом из трех этапов.

3.6. Провода собранной схемы не следует располагать вблизи подвижных частей привода.

4. Содержание отчета

4.1. Типы изученных в лаборатории приводов, их краткая характеристика и области применения.

4.2. Схемы управления выключателя электромагнитным и пружинно-грузовым приводами.

4.3. Эскизы электромагнитного привода (во включенном и отключенном положениях).

5. Литература

5.1. [1], §§ 12.7, 32.3.

5.2. [3], §§ 4.7, 7.1, 7.2.

5.3. [4], § 3.6.

Часть 2. Работа на компьютере

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Компьютерные программы по оперативным переключениям в электроустановках были разработаны на кафедре электроснабжения по заданию учебного центра Ульяновскэнерго. Программы были выполнены по реальным бланкам переключений, используемым на подстанциях Ульяновского электросетевого района. Успешная эксплуатация этих программ в учебном центре «Ульяновскэнерго» показала, что их целесообразно использовать и в учебном процессе кафедры электроснабжения.

Программы были созданы применительно к операционной системе MS DOS и персональным компьютерам без компьютерной мыши. Поэтому интерфейс этих программ был сделан без использования мыши. Взамен на всех этапах работы используется командная строка. В современных операционных системах прямой запуск таких программ не всегда приводит к их работе.

Только в системе Windows 98 (и ниже) запуск будет успешным, но в системе Windows 7 он будет невозможен. Между тем, в компьютерном классе кафедры электроснабжения большинство рабочих станций имеет систему Windows 7. Для успешной работы DOS-программ на этих рабочих станциях используется система Virtual Box.

Эта система с включенными в нее лабораторными работами по оперативным переключениям на рабочих станциях компьютерного класса расположена в корне диска C, в папке D-Fend Reloaded 4. В папке D-Fend Reloaded 4 находится файл DFend.exe, после запуска которого на экран выдается меню всех программ, включенных в систему Virtual Box.

В каждой из лабораторных работ после ее запуска на экран выходит меню разделов программы, содержащее такие позиции (применительно к первой из компьютерных лабораторных работ).

Вывод в ремонт трансформатора 10/0,4 кВ

1. Исходный режим.
2. Бланк переключений.
3. Демонстрация переключений.
4. Контрольная работа.

Ввод в работу трансформатора 10/0,4 кВ

1. Исходный режим.
2. Бланк переключений.
3. Демонстрация переключений.

4. Контрольная работа.
5. Результаты работы.
6. Конец работы.

Выполнение любой работы надо начинать с первой позиции. В исходном состоянии схема электроустановки изображена псевдографически, причем отключенные аппараты имеют зеленый цвет, а включенные – красный. Исходное состояние в нижней части экрана имеет подменю – «Изменить режим», «Бланк переключений» и др. Изучение бланка переключений можно проводить либо из основного меню программы, либо из подменю исходного режима. Во втором случае схема исходного состояния на экране остается, а бланк переключений располагается ниже нее.

Изучив бланк переключений, следует перейти к демонстрации переключений. Работа программы в этом случае идет пошагово, с переходом от одного шага к другому после нажатия на клавишу «Пробел». Демонстрацию можно повторять многократно, пока не будет изучена в первом приближении необходимая очередность действий. Только после этого следует переходить к выполнению контрольной работы.

В каждой из программ имеется две контрольные работы – одна по выводу в ремонт оборудования, а вторая – по вводу его в работу. Полностью работа считается выполненной, когда будут до конца завершены обе контрольные работы. После этого позицию «Результаты работы» следует раскрыть для показа преподавателю. Нажатие на Enter при установке курсора в положении «Конец работы» возвращает пользователя в меню со списком всех программ, включенных в систему Virtual Box.

ПЕРЕЧЕНЬ ВИРТУАЛЬНЫХ РАБОТ

1. Трансформатор 10/04 кВ.
2. Трансформатор 110/10 кВ.
3. Двухтрансформаторная подстанция 110/10 кВ.
4. Трехобмоточный трансформатор.
5. Секция шин 10 кВ.

УСЛОВНЫЕ ПОЗИЦИОННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ШИНОК ВТОРИЧНЫХ ЦЕПЕЙ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМАХ

ЕС – шинки управления при одной системе шин

ЕС1 – 1-я система шин управления

ЕС2 – 2-я система шин управления

ЕУ – шинки питания включающих электромагнитов
выключателей

ЕН – шинки сигнализации

ЕНА – шинки звуковой сигнализации аварийного отключения

ЕНР – шинки звуковой предупреждающей сигнализации

ЕР – шинка «мигания» ламп сигнализации положения
выключателей

ЕВ – шинки блокировки

ЕВQ – шинки блокировки разъединителей

EV1.A, EV1.B, EV1.C – шинки трансформатора напряжения 1-й
секции (системы) шин (соотв. фазы А, В и С)

EV2.A, EV2.B, EV2.C – шинки трансформатора напряжения 2-й
секции (системы) шин (соотв. фазы А, В и С)

Примечание: перед буквенной частью позиционного обозначения в цепях постоянного оперативного тока ставятся знаки + и - или (+) (для шинки «мигания»), а в цепях переменного оперативного тока ставится знак ~.

Работа № 1

ШИНЫ И ИЗОЛЯТОРЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Работа выполнена « ____ » _____ 20 ____ г.

Исполнитель: _____ /Иванов П.Л./

Работа зачтена « ____ » _____ 20 ____ г.

Руководитель: _____ /

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Электрическая часть станций и подстанций / А. А. Васильев, И. П. Крючков, Е. Ф. Наяшкова и др. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 576 с.
2. Электротехнический справочник. Т.2. Электротехнические изделия и устройства / под общ. ред. профессоров МЭИ. – 7-е изд., испр. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 712 с.
3. Рожкова Л. Д., Козулин В. С. Электрооборудование станций и подстанций. 3-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 648 с.
4. Андреев В. А., Бондаренко Е. В. Релейная защита, автоматика и телемеханика в системах электроснабжения: Учебник. – М.: Высш. шк., 1975. – 375 с.
5. Бондаренко Е. В. Электрические станции и подстанции систем электроснабжения: программированное учеб. пособие / Ульян. политехн. ин-т. – Ульяновск, 1989.

Учебное издание

**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ
И ПОДСТАНЦИИ**

Составитель БОНДАРЕНКО Евгений Васильевич

Редактор М. В. Теленкова

Пописано в печать 26.12.2014. Формат 60×84/16.

Усл. печ. л. 1,86. Тираж 75 экз. Заказ 123. ЭИ № 521.

Ульяновский государственный технический университет

432027, Ульяновск, Сев. Венец, 32

ИПК «Венец» УлГТУ, 432027, Ульяновск, Сев. Венец, 32