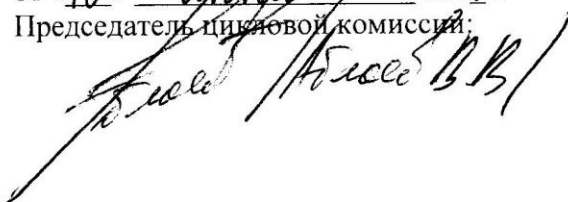


**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ ИМПЕРАТОРА АЛЕКСАНДРА I»  
(ФГБОУ ВО ПГУПС)  
ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ФИЛИАЛ ПГУПС**

ОДОБРЕНО  
на заседании цикловой комиссии  
протокол №           
от «16»          2017г.  
Председатель цикловой комиссии:



УТВЕРЖДАЮ  
Начальник УМО

         А.В. Калько

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**по организации и проведению практических занятий и  
лабораторных работ**

по МДК.01.03. Релейная защита и автоматические системы  
управления устройствами электроснабжения

Специальность: 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям)

Разработчик: Аблаев В.В.

2017 г

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические указания по организации и проведению лабораторных работ и практических занятий разработаны в соответствии с рабочей программой ПМ.01 Техническое обслуживание оборудования электрических подстанций и сетей и предназначены для выполнения практических занятий и лабораторных работ обучающимися.

Практические занятия и лабораторные работы по МДК.01.03. Релейная защита и автоматические системы управления устройствами электроснабжения направлены на усвоение знаний, освоение умений и формирование элементов общих компетенций, предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен

**уметь:**

- разрабатывать электрические схемы устройств электрических подстанций и сетей;
- вносить изменения в принципиальные схемы при замене приборов аппаратуры распределительных устройств;
- обеспечивать выполнение работ по обслуживанию трансформаторов и преобразователей электрической энергии;
- обеспечивать проведение работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок;
- контролировать состояние воздушных и кабельных линий, организовывать и проводить работы по их техническому обслуживанию;
- использовать нормативную техническую документацию и инструкции;
- выполнять расчеты рабочих и аварийных режимов действующих электроустановок и выбирать оборудование;
- оформлять отчеты о проделанной работе;

**знать:**

- устройство оборудования электроустановок;
- условные графические обозначения элементов электрических схем;
- логику построения схем, типовые схемные решения, принципиальные схемы эксплуатируемых электроустановок;
- виды работ и технологию обслуживания трансформаторов и преобразователей;
- виды и технологии работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств;
- эксплуатационно – технические основы линий электропередачи, виды и технологии работ по их обслуживанию;
- основные положения правил технической эксплуатации электроустановок;
- виды технологической и отчетной документации, порядок ее заполнения.

**иметь практический опыт:**

- составления электрических схем устройств электрических подстанций и сетей;
- модернизации схем электрических устройств подстанций;
- технического обслуживания трансформаторов и преобразователей электрической энергии;
- обслуживания оборудования распределительных устройств электроустановок;
- эксплуатации воздушных и кабельных линий электропередачи;
- применения инструкций и нормативных правил при составлении отчетов и разработке технологических документов.

**В результате освоения учебной дисциплины происходит поэтапное формирование элементов общих и профессиональных компетенций:**

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий .

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

ПК 1.1. Читать и составлять электрические схемы электрических подстанций и сетей

ПК 1.2. Выполнять основные виды работ по обслуживанию трансформаторов и преобразователей электрической энергии

ПК 1.3. Выполнять основные виды работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок, систем релейных защит и автоматизированных систем

ПК 1.4. Выполнять основные виды работ по обслуживанию воздушных и кабельных линий электроснабжения

ПК 1.5. Разрабатывать и оформлять технологическую и отчетную документацию

Распределение результатов освоения учебного материала в ходе выполнения лабораторных работ и заданий на практических занятиях происходит в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 – Распределение результатов освоения учебного материала

Элемент модуля	Контрольно-оценочные мероприятия	Результаты			Поэтапно формируемые элементы общих и профессиональных компетенций
		усвоенные знания	освоенные умения	практический опыт	
<b>Раздел 5.</b>	Практические занятия №1-6. Лабораторные работы №1-17	<ul style="list-style-type: none"> <li>- устройство оборудования электроустановок;</li> <li>- условные графические обозначения элементов электрических схем;</li> <li>- логику построения схем, типовые схемные решения, принципиальные схемы эксплуатируемых электроустановок;</li> <li>- виды и технологии работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств;</li> <li>- основные положения правил технической эксплуатации электроустановок;</li> <li>- виды технологической и отчетной документации, порядок ее заполнения.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- разрабатывать электрические схемы устройств электрических подстанций и сетей;</li> <li>- вносить изменения в принципиальные схемы при замене приборов аппаратуры распределительных устройств;</li> <li>- обеспечивать проведение работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок;</li> <li>- использовать нормативную техническую документацию и инструкции;</li> <li>- выполнять расчеты рабочих и аварийных режимов действующих электроустановок и выбирать оборудование;</li> <li>- оформлять отчеты о проделанной работе</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- составления электрических схем устройств электрических подстанций и сетей;</li> <li>- модернизация схем электрических устройств подстанций;</li> <li>- техническое - обслуживание оборудования распределительных устройств электроустановок;</li> <li>- применения инструкций и нормативных правил при составлении отчетов и разработке технологических документов.</li> </ul>	<p>ОК 1-9; ПК 1.1. ПК 1.2. ПК 1.3. ПК 1.4. ПК 1.5.</p>
<b>МДК.01.03. Релейная защита и автоматические системы управления устройствами электроснабжения</b>					

### КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

При оценке освоенных умений при выполнении практических работ применяется пятибалльная шкала оценивания.

Оценивание практических занятий и лабораторных работ производится в соответствии со следующими нормативными актами:

-Положение о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся;

- Положение о планировании, организации и проведении лабораторных работ и практических занятий.

## **ПЕРЕЧЕНЬ**

### **Практических занятий**

#### **Практическое занятие №1**

Изучение конструкции реле

#### **Практическое занятие №2**

Расчет МТЗ и ТО линии электропередачи

#### **Практическое занятие №3**

Расчет МТЗ и ТО силового трансформатора

#### **Практическое занятие №4**

Расчет дистанционной защиты линии электропередачи

#### **Практическое занятие № 5**

Ознакомление с оборудованием энергодиспетчерского пункта

#### **Практическое занятие №6**

Ознакомление с аппаратурой телемеханики контролируемого пункта  
(подстанции)

## **ПЕРЕЧЕНЬ**

### **Лабораторных работ**

#### **Лабораторная работа №1**

Исследование работы реле тока

#### **Лабораторная работа №2**

Исследование работы реле напряжения

#### **Лабораторная работа №3**

Исследование работы реле времени

#### **Лабораторная работа №4**

Исследование работы промежуточного реле

**Лабораторная работа №5**

Исследование работы указательного реле

**Лабораторная работа №6**

Исследование работы реле мощности

**Лабораторная работа №7**

Исследование работы микропроцессорного устройства защиты

**Лабораторная работа №8**

Исследование схемы и элементов автоматики фидера питающей линии

**Лабораторная работа №9**

Обнаружение неисправностей в схеме автоматики фидера питающей линии

**Лабораторная работа №10**

Исследование схемы и элементов автоматики трансформатора

**Лабораторная работа №11**

Обнаружение неисправностей в схеме автоматики трансформатора

**Лабораторная работа №12**

Исследование схемы и элементов общеподстанционной сигнализации

**Лабораторная работа № 13**

Проверка работы аппаратуры энергодиспетчерского пункта

**Лабораторная работа № 14**

Проверка работы аппаратуры контролируемого пункта в режиме приема команды управления

**Лабораторная работа № 15**

Проверка работы аппаратуры контролируемого пункта в режиме телесигнализации

**Лабораторная работа № 16**

Исследование работы аппаратуры каналов связи в режиме телеуправления

**Лабораторная работа № 17**

Исследование работы аппаратуры каналов связи в режиме телесигнализации

## **Практическое занятие № 1**

### **Изучение конструкции реле**

**Цель:** изучить назначение, конструкцию, параметры электро-механических реле тока, напряжения, времени, промежуточного и указательного. Освоить элементы ПК 1.3 «Выполнять основные виды работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок, систем релейных защит и автоматизированных систем»

**Оборудование и материалы:** образцы реле тока, напряжения, времени, промежуточного и указательного.

### **Краткие теоретические сведения**

Для ограничения развития аварий при коротких замыканиях и уменьшении перерыва в электроснабжении потребителей применяют специальные устройства, которые называются релейной защитой. Релейная защита обеспечивает быстрое автоматическое отключение поврежденного элемента электроустановки путем воздействия на электромагнит отключения выключателя, а также сигнализирует об отключении.

Релейная защита состоит из комплекта реле, связанных между собой по определенным схемам.

Реле представляет собой автоматическое устройство, которое способно реагировать на изменение контролируемой им величины. Реле имеет два органа: воспринимающий и исполнительный. У электро-механических реле воспринимающим органом являются обмотки, исполнительным — контакты.

По назначению реле делятся на измерительные или основные и логические или вспомогательные. К основным реле относятся реле тока и напряжения, вспомогательным — реле времени, промежуточные, указательные.

### **Порядок выполнения**

1. Изучить назначение, конструкцию и номинальные параметры электро-механических реле.
2. Выполнить эскиз конструкции реле, указать название основных элементов.
3. Свести характеристики различных реле в таблицу.
4. Оформить отчет о проделанной работе и сделать вывод

## **Практическое занятие № 2**

### **Расчет МТЗ и ТО линии электропередачи**

**Цель:** научиться рассчитывать токи срабатывания МТЗ и ТО линии электропередачи, определять чувствительность релейных защит. Освоить элементы ПК 1.3 «Выполнять основные виды работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок, систем релейных защит и автоматизированных систем»

#### **Краткие теоретические сведения**

Максимальная токовая защита (МТЗ) предназначена для защиты линий электропередачи от токов короткого замыкания и токов перегрузки. В состав МТЗ входят основные реле — реле тока, которые являются пусковыми органами защиты; вспомогательные реле-реле времени и указательное реле. Реле времени является времязадающим органом, предназначено для создания выдержки времени на замыкание контактов, обеспечивая селективность защиты. По указательному определяют релейную защиту, перешедшую в режим тревоги. В защитную зону МТЗ входит вся линия, на которой установлена защита. МТЗ ЛЭП отстраивается от максимального рабочего тока линии. МТЗ применяют для сетей с большим током замыкания на землю в трехфазном, для сетей с малым током замыкания на землю — в двухфазном исполнении.

Токовая отсечка (ТО) предназначена для защиты линий электропередачи от токов короткого замыкания. В состав ТО входят основные реле — реле тока, которые являются пусковыми органами защиты; вспомогательные реле -промежуточное и указательное реле. Промежуточное реле предназначено для усиления контактов реле тока. По указательному определяют релейную защиту, перешедшую в режим тревоги. Защитная зона ТО составляет 70—30% длины ЛЭП от места установки защиты. Оставшийся участок ЛЭП называют мертвой зоной ТО. ТО отстраивается от максимального тока короткого замыкания. ТО предназначена защищать линию от междуфазных коротких замыканий. ТО применяют в двухфазном исполнении как для сетей с малым током замыкания на землю, так и для сетей с большим током замыкания на землю.

#### **Порядок выполнения**

1. Начертить совмещенную схему МТЗ и ТО линии электропередачи.
2. Выполнить расчет МТЗ и ТО линии электропередач.
3. Оформить отчет о проделанной работе и сделать вывод



### **Практическое занятие № 3**

#### **Расчет МТЗ и ТО силового трансформатора**

**Цель:** научиться рассчитывать токи срабатывания МТЗ и ТО силового трансформатора, определять чувствительность релейных защит. Освоить элементы ПК 1.3 «Выполнять основные виды работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок, систем релейных защит и автоматизированных систем»

#### **Краткие теоретические сведения**

Максимальная токовая защита (МТЗ) предназначена для защиты силового трансформатора от внешних и внутренних коротких замыканий. В состав МТЗ входят основные реле — реле тока, которые являются пусковыми органами защиты; вспомогательные реле — реле времени и указательное реле. Реле времени является времяза- дающим органом, предназначено для создания выдержки времени на замыкание контактов, обеспечивая селективность защиты. По указательному определяют релейную защиту, перешедшую в режим тревоги. В защитную зону МТЗ входит первичная и вторичная защищаемого трансформатора. МТЗ ЛЭП отстраивается от максимального рабочего тока первичной обмотки силового трансформатора. МТЗ применяют для сетей с большим током замыкания на землю в трех- фазном, для сетей с малым током замыкания на землю — в двухфазном исполнении. МТЗ подключают к трансформаторам тока, которые установлены на первичной стороне силового трансформатора.

Токовая отсечка (ТО) предназначена для силового трансформатора от внешних и внутренних коротких замыканий. В состав ТО входят основные реле — реле тока, которые являются пусковыми органами защиты; вспомогательные реле — промежуточное и указательное реле. Промежуточное реле предназначено для усиления контактов реле тока. По указательному реле определяют релейную защиту, перешедшую в режим тревоги. Защитная зона ТО: ошиновка, вводы и первичная обмотка силового трансформатора. ТО отстраивается от максимального тока короткого замыкания на вторичной обмотке защищаемого трансформатора. ТО применяют для защиты двухобмоточных трансформаторов, не снабженных дифференциальной защитой. ТО применяют в двухфазном исполнении и подключают к трансформаторам тока, к которым подключена МТЗ.

#### **Порядок выполнения**

1. Начертить совмещенную схему МТЗ и ТО силового двухобмоточного трансформатора.
2. Выполнить расчет МТЗ и ТО двухобмоточного трансформатора.
3. Оформить отчет о проделанной работе и сделать вывод.

## Практическое занятие № 4

### Расчет дистанционной защиты линии электропередачи

**Цель:** научиться рассчитывать сопротивления срабатывания дистанционной трехступенчатой защиты линии электропередачи, определять чувствительность релейной защиты. Освоить элементы ПК 1.3 «Выполнять основные виды работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок, систем релейных защит и автоматизированных систем»

#### Краткие теоретические сведения

Наибольшее применение получила дистанционная трехступенчатая защита, работающая на принципе измерения полного сопротивления от места установки защиты до точки короткого замыкания на защищаемой линии. Параметрами каждой ступени являются длина защищаемой зоны и время срабатывания.

Длина защитной зоны первой ступени защиты составляет 70—80% длины защищаемой линии. Первая ступень действует без выдержки времени. Время срабатывания первой ступени определяется собственным временем срабатывания реле, входящих в схему защиты, и составляет 0,1—0,2 с. Длина защитной зоны второй ступени защиты включает незащищенный участок первой линии (оставшиеся 20—30% длины первой линии) и 30—40% длины смежной линии. Вторая ступень действует с выдержкой времени, которая создается искусственно с помощью реле времени. Выдержка времени второй ступени должна быть больше выдержек времени МТЗ трансформатора и линий, подключенных к шинам подстанции, питающихся от защищаемой линии. В защитную зону третьей ступени входят все участки, сопротивление до которых не измеряет реле сопротивления, т.е. вся сеть за исключением первых двух зон. Время срабатывания третьей ступени создается искусственно с помощью реле времени и должно быть больше времени срабатывания резервных защит линий.

#### Порядок выполнения

1. Начертить принципиальную схему дистанционной направленной трехступенчатой защиты линии электропередачи.
2. Выполнить расчет дистанционной направленной трехступенчатой защиты линии электропередачи.
3. Оформить отчет о проделанной работе и сделать вывод.

## Практическое занятие № 5

### Ознакомление с оборудованием энергодиспетчерского пункта

**Цель:** практически ознакомиться с составом оборудования энергодиспетчерского пункта и установить порядок формирования команд телеуправления в изучаемой системе телемеханики. Освоить элементы ПК 1.3 «Выполнять основные виды работ по обслуживанию оборудования

распределительных устройств электроустановок, систем релейных защит и автоматизированных систем»

### **Краткие теоретические сведения**

В настоящее время в дистанциях электроснабжения применяются системы телемеханики различных поколений.

В старых системах телемеханики алгоритм работы реализован в схемах, то есть выполнен с помощью жесткой (монтажной) логики. Такие системы были выполнены на основе электронной и микроэлектронной элементной базы, они имеют ограниченные возможности по объему передаваемой информации. Для передачи команд управления в таких системах, как правило, применяется пульт управления, передающий полукомплект телеуправления (стойка диспетчерского пункта) и частотный передатчик.

Новые системы телемеханики выполняются на основе микропроцессорных устройств, и алгоритм работы реализуется в них программно. В этом случае на энергодиспетчерском пункте устанавливаются несколько персональных компьютеров, соединенных в локальную сеть. С помощью управляющего компьютера энергодиспетчер осуществляет оперативные переключения. Щитовые компьютеры управляют мониторами, на которых в реальном масштабе времени отображается состояние объектов управления на тяговых подстанциях, разъединителей контактной сети, выключателей и разъединителей автоблокировки и т.д. В архивном компьютере содержится вся информация по телеуправлению, телесигнализации и требуемые данные по телеизмерениям и диагностике. На управляющем компьютере может быть установлена программа автоматизированного рабочего места энергодиспетчера, позволяющая оформлять приказы, заявки и распоряжения в автоматизированном режиме.

### **Порядок выполнения**

1. Определить назначение оборудования энергодиспетчерского пункта.
2. Зарисовать функциональную схему рабочего места энергодиспетчера.
3. Определить и записать в отчет количество контролируемых пунктов, обслуживаемых энергодиспетчерским кругом.
4. Составить алгоритм действий при подаче команд на управляемый объект.
5. Оформить отчет о проделанной работе и сделать вывод.

### **Практическое занятие № 6**

Ознакомление с аппаратурой телемеханики контролируемого пункта (подстанции)

**Цель:** практически ознакомиться с составом оборудования контролируемого пункта и установить порядок приема и реализации команд телеуправления в изучаемой системе телемеханики. Освоить элементы ПК 1.3 «Выполнять основные виды работ по обслуживанию оборудования

распределительных устройств электроустановок, систем релейных защит и автоматизированных систем»

### **Краткие теоретические сведения**

В системах телемеханики на контролируемых пунктах (тяговых подстанциях, постах секционирования и т.д.) устанавливаются стойки или шкафы контролируемых пунктов (КП). Это оборудование может выполнять функции приема серий телеуправления (стойки ТУ КП) или передачи серий телесигнализации (стойки ТС КП). В микропроцессорных системах на контролируемых пунктах устанавливается только одна стойка, которая работает и в режиме телеуправления, и в режиме телесигнализации, а также позволяет собирать телеизмерительную и диагностическую информацию и передавать ее на энергодиспетчерский пункт по линиям связи различного типа.

Стойки или шкафы контролируемых пунктов могут иметь различные модификации. Как правило, в их состав входит микропроцессорный контроллер (один или несколько), блок питания, узел связи (модем), устройство для декодирования сигналов управления, устройство для первичного преобразования дискретных сигналов (телесигнализации), клеммы для подключения цепей телеуправления и телесигнализации, дополнительные адаптеры для подключения цепей телеуправления и телесигнализации, дополнительные адаптеры для подключения устройств телеизмерения. Для передачи команд в оперативные цепи применяются специальные малогабаритные промежуточные реле, устанавливаемые в модуле стойки контролируемого пункта. Количество объектов телеуправления и телеконтроля может варьироваться в зависимости от типа контролируемого пункта. Если на контролируемом пункте предусмотрено постоянное дежурство, то кроме стойки КП на нем устанавливается промышленный компьютер для дистанционного управления объектами. Организация сохранения и предоставления информации в таком компьютере аналогична оборудованию диспетчерского пункта.

### **Порядок выполнения**

1. Определить назначение оборудования контролируемого пункта.
2. Зарисовать структурную схему стойки контролируемого пункта.
3. Определить и записать в отчет количество объектов телеуправления.
4. Составить алгоритм работы элементов стойки при приеме команды телеуправления.
5. Оформить отчет о проделанной работе и сделать вывод.

### **Лабораторная работа № 1**

#### **Исследование работы реле тока**

**Цель:** ознакомиться с принципом действия электромагнитного реле тока. Освоить элементы ПК 1.3 «Выполнять основные виды работ по

обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок, систем релейных защит и автоматизированных систем»

**Оборудование и материалы:** образцы реле.

### **Краткие теоретические сведения**

Электромагнитное реле тока является пусковым органом в токовых релейных защитах. Реле тока реагирует на увеличение (уменьшение) силы тока в контролируемой цепи относительно номинального значения.

Значение силы тока, при котором реле замыкает свои контакты, называется током уставки реле (уставкой реле)  $I$ .

Регулирование тока уставки производится двумя способами:

1. плавно, путем изменения натяжения пружины;
2. ступенчато, путем переключения обмоток реле с последовательного соединения на параллельное. При параллельном соединении обмоток значения уставок в два раза больше значений, указанных на шкале уставок.

Переход реле из начального состояния (контакты реле разомкнуты) в конечное (контакты реле замкнуты) называется срабатыванием реле. Возвращение реле из конечного состояния в начальное называется возвратом реле. Отношение силы тока возврата реле к силе тока срабатывания, называется коэффициентом возврата реле. Для реле тока максимальных токовых защит коэффициент возврата меньше единицы и должен быть не менее  $K_g = 0,85—0,9$ .

Параметры срабатывания реле не всегда совпадают с выставленными по шкале. Отклонение действительного значения при срабатывании реле от установленного называется погрешностью реле. Значения погрешностей регламентируются для каждого реле и указываются в технических данных заводом-изготовителем. Допустимое значение погрешности не должно превышать  $\pm 5\%$ .

### **Порядок выполнения**

1. Ознакомится с конструкцией, принципом действия исследуемого реле тока.
2. Изучить основные элементы исследуемого реле.
3. Оформить отчет о проделанной работе и сделать вывод.

### **Лабораторная работа № 2**

#### **Исследование работы реле напряжения**

**Цель:** ознакомиться с принципом действия электромагнитного реле напряжения. Освоить элементы ПК 1.3 «Выполнять основные виды работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок, систем релейных защит и автоматизированных систем»

**Оборудование и материалы:** образцы реле

## Краткие теоретические сведения

Электромагнитное реле напряжения является пусковым органом в потенциальных релейных защитах и блокировкой по напряжению в защитах по току. Реле напряжения реагирует на увеличение (уменьшение) напряжения в контролируемой цепи относительно номинального значения.

Значение напряжения, при котором реле замыкает свои контакты, называется уставкой по напряжению (уставкой реле)  $U_{уст}$ .

Регулирование уставки по напряжению производится двумя способами:

1. Плавно, путем изменения натяжения пружины;
2. Ступенчато, путем переключения обмоток реле с последовательного соединения на параллельное. При параллельном соединении обмоток значения уставок в два раза больше значений, указанных на шкале уставок.

Переход реле из начального состояния (контакты реле разомкнуты) в конечное (контакты реле замкнуты) называется срабатыванием реле. Возвращение реле из конечного состояния в начальное называется возвратом реле. Отношение напряжения возврата реле к напряжению срабатывания, называется коэффициентом возврата реле. Для реле напряжения максимального напряжения коэффициент возврата меньше единицы и должен быть не менее  $K_g = 0,85—0,9$ .

Параметры срабатывания реле не всегда совпадают с выставленными по шкале. Отклонение действительного значения при срабатывании реле от установленного называется погрешностью реле. Значения погрешностей регламентируются для каждого реле и указываются в технических данных заводом-изготовителем. Допустимое значение погрешности не должно превышать  $\pm 5\%$ .

### Порядок выполнения

1. Ознакомится с конструкцией, принципом действия исследуемого реле напряжения.
2. Изучить основные элементы исследуемого реле.
3. Оформить отчет о проделанной работе и сделать вывод.

### Лабораторная работа № 3

#### Исследование работы реле времени

**Цель:** ознакомиться с принципом действия электромагнитного реле времени. Освоить элементы ПК 1.3 «Выполнять основные виды работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок, систем релейных защит и автоматизированных систем»

**Оборудование и материалы:** образцы реле.

### Краткие теоретические сведения

Электромагнитное реле времени — это реле логической операции. Реле времени предназначено для создания выдержки времени, которая обеспечивает селективность действия релейной защиты.

Выдержка времени осуществляется изменением расстояния между подвижным и неподвижным контактами. Неподвижный контакт перемещается по шкале и закрепляется на требуемой уставке. При срабатывании реле подвижный контакт начинает перемещение до замыкания с неподвижным контактом. Равномерное движение подвижного контакта обеспечивает часовой механизм после срабатывания пускового устройства.

По роду выполнения воспринимающей системы реле времени с часовым механизмом выпускаются на переменном и постоянном токах.

Для обеспечения термической стойкости реле, длительно находящегося под напряжением, последовательно с его обмоткой включен добавочный резистор. Это резистор встроено в реле и нормально замкнут мгновенным контактом реле времени, размыкается после того, как подвижный якорь реле втянется.

Коэффициент возврата реле времени должен быть не менее 0,3. Напряжение четкого срабатывания реле времени не должно превышать  $0,7 U_{н}$ , напряжение возврата должно быть не менее  $0,05 U$

#### **Порядок выполнения**

1. Ознакомится с конструкцией, принципом действия исследуемого реле времени.
2. Изучить основные элементы исследуемого реле.
3. Оформить отчет о проделанной работе и сделать вывод.

#### **Лабораторная работа № 4**

##### **Исследование работы промежуточного реле**

**Цель:** ознакомиться с принципом действия промежуточного реле. Освоить элементы ПК 1.3 «Выполнять основные виды работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок, систем релейных защит и автоматизированных систем»

**Оборудование и материалы:** образцы реле.

#### **Краткие теоретические сведения**

Промежуточные реле используются в устройствах релейной защиты и автоматики для увеличения числа переключаемых электрических цепей, для усиления контактов основных реле. Промежуточные реле изготавливаются для работы на постоянном и переменном оперативных токах. В нормально отрегулированных реле замыкание всех замыкающихся и размыкание всех размыкающихся контактов должно происходить одновременно. У промежуточных реле при исследовании их работы проверяется напряжение срабатывания и возврата. Наиболее благоприятным диапазоном срабатывания реле по напряжению следует считать  $(0,6—0,7) U_{н}$  (но не более  $0,7 U_{н}$ )

### **Порядок выполнения**

1. Ознакомится с конструкцией, принципом действия исследуемого промежуточного реле.
2. Изучить основные элементы исследуемого реле.
3. Оформить отчет о проделанной работе и сделать вывод.

### **Лабораторная работа № 5**

#### **Исследование работы указательного реле**

**Цель:** ознакомиться с принципом действия указательного реле. Освоить элементы ПК 1.3 «Выполнять основные виды работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок, систем релейных защит и автоматизированных систем»

**Оборудование и материалы:** образцы реле.

#### **Краткие теоретические сведения**

Указательные реле предназначены для сигнализации о срабатывании релейной защиты. Сигнализация может быть выполнена с помощью специального указателя срабатывания (блинкера), а также может быть световой или звуковой. Срабатывание указателя фиксируется выпадением сигнального флажка или замыканием контактов (замыкаются цепи световых и звуковых приборов). Указатели срабатывания имеют ручной возврат. При осмотре реле проверяется соответствие реле номинальному напряжению (току), установка реле на панели, выпадение сигнального устройства при нажатии на якорь. Следует убедиться, что реле не срабатывает от тряски (при ударе по панели).

### **Порядок выполнения**

1. Ознакомится с конструкцией, принципом действия исследуемого указательного реле.
2. Изучить основные элементы исследуемого реле.
3. Оформить отчет о проделанной работе и сделать вывод.

### **Лабораторная работа № 6**

#### **Исследование работы реле мощности**

**Цель:** ознакомиться с принципом действия реле мощности. Освоить элементы ПК 1.3 «Выполнять основные виды работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок, систем релейных защит и автоматизированных систем»

**Оборудование и материалы:** образцы реле



### **Краткие теоретические сведения**

Индукционное реле направления мощности в релейных защитах является органом, реагирующим на определенное направление мощности короткого замыкания.

Реле направления мощности состоит из стального магнитопровода с выступающими полюсами и цилиндрического алюминиевого ротора, вращающегося на оси вокруг стального сердечника.

Реле имеет две обмотки:

— по току, состоящую из двух секций, которые расположены на двух противоположных полюсах сердечника. Секции соединены последовательно и подключаются к вторичной обмотке измерительного трансформатора тока защищаемой линии на фазный ток;

— по напряжению, состоящую из четырех секций, которые расположены на ярме магнитопровода и соединены последовательно. Обмотка по напряжению подключена к вторичной обмотке измерительного трансформатора напряжения на линейное напряжение двух других фаз.

При протекании токов по обмоткам реле возникают магнитные потоки, сдвинутые в пространстве на  $90^\circ$  и по фазе на некоторый угол. Магнитные потоки пронизывают алюминиевый цилиндр и индуктируют в нем вихревые токи. Взаимодействие этих токов с магнитными потоками приводит к созданию вращающего момента.

### **Порядок выполнения**

1. Ознакомится с конструкцией, принципом действия исследуемого реле мощности.
2. Изучить основные элементы исследуемого реле.
3. Оформить отчет о проделанной работе и сделать вывод.

### **Лабораторная работа № 7**

Исследование работы микропроцессорного устройства защиты

**Цель:** практически изучить конструкцию и принцип действия микропроцессорного устройства релейной защиты линии электропередачи. Освоить элементы ПК 1.3 «Выполнять основные виды работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок, систем релейных защит и автоматизированных систем»

### **Краткие теоретические сведения**

В общем случае микропроцессорные устройства защиты и автоматики выполняют следующие функции:

- измерение текущих токов и напряжений защищаемого присоединения;
- вычисление параметров сети (средних значений фазных токов и напряжений, токов и напряжений нулевой и обратной последовательностей, углов сдвига фаз между током и напряжением, сопротивлений, мощностей и т.д.);
- защиты присоединения от токов короткого замыкания и перегрузки;

— автоматики (автоматического повторного включения, автоматического включения резерва, устройства резервирования отказов выключателя, логической защиты шин и т.д.);

— управления коммутационными аппаратами (высоковольтными выключателями и разъединителями);

— сигнализации;

— самодиагностики;

— контроля выработки механического и коммутационного ресурса выключателя.

Микропроцессорное устройство может применяться как самостоятельный комплекс (интеллектуальный терминал), так и в составе автоматизированной системы управления подстанцией в качестве подсистемы нижнего уровня.

Конструктивно микропроцессорные устройства релейной защиты выполняются как в виде единого блока с встроенным пультом управления, дисплеем и сигнальными элементами, так и в виде комплекта, состоящего из отдельных блоков управления и защиты.

Модуль дискретных входов обычно выполняется на основе оптронных пар. Преобразователи аналоговых сигналов представляют собой трансформаторы с ферромагнитным сердечником, а также трансформаторы тока, резистивные делители т.д., и служат для пропорционального уменьшения измеряемых напряжений (токов).

На вход аналого-цифрового преобразователя подаются масштабированные аналоговые сигналы, которые преобразуются в цифровые коды и далее поступают на соответствующие входы микропроцессорных модулей (микропроцессорных контроллеров).

Микропроцессорные контроллеры осуществляют функции вычислений, анализа параметрической информации и сигналов из оперативных цепей и цепей телемеханики (АСУ), сравнение с уставками защит, выработку команд и сигналов.

Команды поступают на малогабаритные реле, расположенные в выходных модулях, а информация о работе устройства отображается на дисплее и сигнальных элементах пульта; записывается в оперативную память устройства и по запросу из системы управления передается по каналам связи.

### **Порядок выполнения**

1. Изучить конструкцию блока микропроцессорной релейной защиты, записать назначение кнопок и сигнальных элементов.
2. Выписать назначение отдельных блоков.
3. Начертить структурную схему микропроцессорного устройства
4. Оформить отчет о проделанной работе и сделать вывод.

### **Лабораторная работа № 8**

Исследование схемы и элементов автоматики фидера питающей линии

**Цель:** практически изучить порядок взаимодействия элементов схемы автоматики ввода подстанции в различных режимах работы. Освоить элементы ПК 1.3 «Выполнять основные виды работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок, систем релейных защит и автоматизированных систем»

#### **Краткие теоретические сведения**

Схема автоматики ввода понижающей подстанции выполняет следующие функции:

- оперативное включение выключателя;
- оперативное отключение выключателя;
- автоматическое отключение выключателя от токовой отсечки;
- автоматическое отключение выключателя от максимальной токовой защиты;
- автоматическое отключение выключателя при исчезновении напряжения в питающей линии;
- автоматическое включение выключателя ввода как резервного;
- сигнализация нормального и аварийного положения выключателей.

#### **Порядок выполнения**

1. Изучить принципиальную схему автоматики фидера.
2. Ознакомится с элементами схемы.
3. Определить назначение каждого из реле в схеме.
4. Оформить отчет о проделанной работе и сделать вывод.

### **Лабораторная работа № 9**

Обнаружение неисправностей в схеме автоматики фидера питающей линии

**Цель:** научиться на примере реальной схемы находить и устранять возможные неисправности в схемах релейно-контактной автоматики. Освоить элементы ПК 1.3 «Выполнять основные виды работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок, систем релейных защит и автоматизированных систем»

## Краткие теоретические сведения

Краткие теоретические сведения о работе схемы автоматики фидера районного потребителя приведены в указаниях к лабораторному занятию № 8.

Основные виды неисправностей цепей вторичной коммутации:

- короткое замыкание в цепях схемы;
- замыкание на землю или на корпус (пробой изоляции);
- обрыв электрической цепи
  - выход из строя отдельных элементов схемы (перегорание сигнальных ламп).

О наличии короткого замыкания или замыкания на землю, как правило, свидетельствует перегоревший предохранитель или отключившийся автоматический выключатель. Чтобы избежать повторного включения на короткое замыкание, необходимо предварительно проверить сопротивление обесточенной схемы в месте подключения защитных аппаратов, проверить состояние катушек реле, выполнить «прозвонку» цепей, имитируя с помощью изолированных инструментов срабатывание реле.

Обрыв электрической цепи может быть вызван нарушением электрического соединения проводников, выходом из строя катушки реле, плохим контактным нажатием и т.д. При этом ряд функций схемы не выполняется, что также может привести к аварийному режиму работы.

При наличии подобных неисправностей, а также для обнаружения вышедших из строя элементов схемы (например, застрявших блок-контактов выключателя) следует выполнить последовательную проверку соответствующих электрических цепей с помощью принципиально-монтажной схемы, на которой должны быть указаны номера контактов реле.

## Порядок выполнения

1. Произвести исследование работы схемы автоматики.
2. Определить повреждение в цепи схемы.
3. Установить место повреждения.
4. Устранить повреждение.
5. Оформить отчет о проделанной работе и сделать вывод.

## Лабораторная работа № 10

Исследование схемы и элементов автоматики трансформатора

**Цель:** практически изучить порядок взаимодействия элементов схемы автоматики понижающего трансформатора в различных режимах работы. Освоить элементы ПК 1.3 «Выполнять основные виды работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок, систем релейных защит и автоматизированных систем»

## Краткие теоретические сведения

Схема цепей вторичной коммутации понижающего трансформатора выполняет следующие функции:

- оперативное включение трансформатора путем включения выключателей со стороны высокого и низкого напряжения;
- оперативное отключение трансформатора путем отключения выключателей со стороны высокого и низкого напряжения;
- автоматическое отключение трансформатора от токовой отсечки;
- автоматическое отключение трансформатора от максимальной токовой защиты;
- автоматическое отключение трансформатора при срабатывании газовой защиты (имитация) на отключение;
- запуск функции автоматического включения резерва;
- сигнализация нормального и аварийного положения выключателей.

### Порядок выполнения

1. Изучить принципиальную схему автоматики трансформатора.
2. Ознакомится с элементами схемы.
3. Определить назначение каждого из реле в схеме.
4. Оформить отчет о проделанной работе и сделать вывод.

## Лабораторная работа № 11

Обнаружение неисправностей в схеме автоматики трансформатора

**Цель:** научиться на примере реальной схемы находить и устранять возможные неисправности в схемах релейно-контактной автоматики. Освоить элементы ПК 1.3 «Выполнять основные виды работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок, систем релейных защит и автоматизированных систем»

### Краткие теоретические сведения

Краткие теоретические сведения о работе схемы автоматики трансформатора приведены в указаниях к лабораторному занятию № 10.

Основные виды неисправностей цепей вторичной коммутации:

- короткое замыкание в цепях схемы;
- замыкание на землю или на корпус (пробой изоляции);
- обрыв электрической цепи
- выход из строя отдельных элементов схемы (перегорание сигнальных ламп).

О наличии короткого замыкания или замыкания на землю, как правило, свидетельствует перегоревший предохранитель или отключившийся автоматический выключатель. Чтобы избежать повторного включения на короткое замыкание, необходимо предварительно проверить сопротивление обесточенной схемы в месте подключения защитных аппаратов, проверить

состояние катушек реле, выполнить «прозвонку» цепей, имитируя с помощью изолированных инструментов срабатывание реле.

Обрыв электрической цепи может быть вызван нарушением электрического соединения проводников, выходом из строя катушки реле, плохим контактным нажатием и т.д. При этом ряд функций схемы не выполняется, что также может привести к аварийному режиму работы.

При наличии подобных неисправностей, а также для обнаружения вышедших из строя элементов схемы (например, застрявших блок-контактов выключателя) следует выполнить последовательную проверку соответствующих электрических цепей с помощью принципиально-монтажной схемы, на которой должны быть указаны номера контактов реле.

### **Порядок выполнения**

1. Произвести исследование работы схемы автоматики трансформатора.
2. Определить повреждение в цепи схемы.
3. Установить место повреждения.
4. Устранить повреждение.
5. Оформить отчет о проделанной работе и сделать вывод.

### **Лабораторная работа № 12**

Исследование схемы и элементов общеподстанционной сигнализации

**Цель:** практически изучить порядок взаимодействия элементов схемы общеподстанционной сигнализации в различных режимах работы. Освоить элементы ПК 1.3 «Выполнять основные виды работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок, систем релейных защит и автоматизированных систем»

### **Краткие теоретические сведения**

Схема общеподстанционной сигнализации понижающей подстанции выполняет следующие функции:

- контроль оперативных цепей;
- пожарная сигнализация (предупредительная и аварийная);
- контроль включения телеуправления;
- сигнализация неисправности на подстанции;
- испытание и съем аварийной и предупредительной сигнализации;
- звуковая предупредительная (звонок) и аварийная (сирена) сигнализации.

### **Порядок выполнения**

1. Внимательно изучить схему общеподстанционной сигнализации.
2. Изучить основные функции, которые выполняет схема.
3. Определить назначение каждого из реле и сигнальных элементов.
4. Оформить отчет о проделанной работе и сделать вывод.

### **Лабораторная работа № 13**

Проверка работы аппаратуры энергодиспетчерского пункта

**Цель:** исследовать работу оборудования энергодиспетчерского пункта в различных режимах. Освоить элементы ПК 1.3 «Выполнять основные виды работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок, систем релейных защит и автоматизированных систем»

**Оборудование и приборы:** рабочее место энергодиспетчера (пульт управления и передающий полукомплект телеуправления или персональный компьютер, оснащенный программой рабочего места энергодиспетчера);

### **Краткие теоретические сведения**

Проверка работы телеуправления с диспетчерского пункта осуществляется посылкой двух или трех подтверждающих команд на все контролируемые пункты. Проверка работы телесигнализации заключается в квитировании двух или трех ключей телесигнализации.

### **Порядок выполнения**

1. Ответить на вопросы преподавателя по составу оборудования и принципу работы устройств передачи команд телеуправления и приема серий телесигнализации
2. Изучить принципы проверки работы аппаратуры энергодиспетчерского пункта.
3. Изучить схемы телеуправления.
4. Оформить отчет о проделанной работе и сделать вывод.

### **Лабораторная работа № 14**

Проверка работы аппаратуры контролируемого пункта в режиме приема команды управления

**Цель:** исследовать работу стойки контролируемого пункта при формировании команд телеуправления. Освоить элементы ПК 1.3 «Выполнять основные виды работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок, систем релейных защит и автоматизированных систем»

**Оборудование и приборы:** стойка телемеханики (приемная стойка телеуправления); персональный компьютер (операторская станция) или передающее устройство с пультом управления;

### **Краткие теоретические сведения**

Общие сведения о принципе работы аппаратуры контролируемого пункта в режиме приема команд телеуправления в указаниях к практической работе № 6. Перед выполнением лабораторного занятия рекомендуется изучить методику проверки работы оборудования.

### **Порядок выполнения**

1. Изучить функциональную схему стойки контролируемого пункта.
2. Ответить на вопросы о функциях, которые выполняет стойка телемеханики в режиме приема команд телеуправления.
3. Изучить схемы телеуправления.
4. Оформить отчет о проделанной работе и сделать вывод.

### **Лабораторная работа № 15**

Проверка работы аппаратуры контролируемого пункта в режиме телесигнализации

**Цель:** исследовать работу стойки контролируемого пункта при приеме телесигнализации.. Освоить элементы ПК 1.3 «Выполнять основные виды работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок, систем релейных защит и автоматизированных систем»

**Оборудование и приборы:** стойка телемеханики (приемная стойка телесигнализации); персональный компьютер (операторская станция) или передающее устройство с пультом управления;

### **Краткие теоретические сведения**

Общие сведения о принципе работы аппаратуры контролируемого пункта в режиме приема команд телеуправления в указаниях к практической работе № 6. Перед выполнением лабораторного занятия рекомендуется изучить методику проверки работы оборудования.

### **Порядок выполнения**

1. Изучить функциональную схему стойки контролируемого пункта и модули, работающие в режиме телесигнализации.
2. Ответить на вопросы о функциях, которые выполняет стойка телемеханики в режиме телесигнализации.
3. Изучить схемы телесигнализации.
4. Оформить отчет о проделанной работе и сделать вывод.



## Лабораторная работа № 16

Исследование работы аппаратуры каналов связи в режиме телеуправления

**Цель:** исследовать работу аппаратуры канала связи контролируемого пункта в режиме приема телеуправления. Освоить элементы ПК 1.3 «Выполнять основные виды работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок, систем релейных защит и автоматизированных систем»

**Оборудование и приборы:** стойка телемеханики (приемная стойка телесигнализации); персональный компьютер (операторская станция) или передающее устройство с пультом управления;

### Краткие теоретические сведения

В качестве аппаратуры каналов связи в современных системах телемеханики применяются устройства различных поколений — от частотных приемников и передатчиков на электронной элементной базе до модемов на основе микропроцессорных устройств, аппаратуры сопряжения с сетями передачи данных, оптическими приемниками и передатчиками, и т.д. Устройство и принцип действия частотных приемников и передатчиков различных типов приведены в учебнике [3]. При проверке аппаратуры каналов связи, выполненной на электронной элементной базе, контролируют величину и форму сигнала в контрольных точках с помощью осциллографа, снимают характеристику затухания фильтра и настраивают его, регулируют мощность усилительных элементов, измеряют сопротивление изоляции цепей устройства.

Применяемые в качестве аппаратуры каналов связи модемы имеют в своем составе программно управляемые микропроцессорные контроллеры, которые регулируют режим работы устройства (прием сигналов из линии связи или передачу). Они управляют модуляцией вырабатываемого сигнала, а также производят самодиагностику и тестирование. Поэтому проверка такой аппаратуры в течение ее эксплуатации сводится к контролю уровня и качества напряжения источника питания, проверке уровней сигнала в каналах связи и визуальному контролю по светодиодной индикации.

### Порядок выполнения

1. Изучить функциональную схему узла связи (приемника, модема, и т.д.) в режиме телеуправления.
2. Ответить на вопросы о функциях, выполняемых схемой.
3. Указать назначение светодиодов модема в режиме телеуправления.
4. Оформить отчет о проделанной работе и сделать вывод.

## **Лабораторная работа № 17**

Исследование работы аппаратуры каналов связи в режиме телесигнализации

**Цель:** исследовать работу аппаратуры канала связи контролируемого пункта в режиме приема вызова и передачи телесигнализации. Освоить элементы ПК 1.3 «Выполнять основные виды работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок, систем релейных защит и автоматизированных систем»

**Оборудование и приборы:** стойка телемеханики со встроенным узлом связи (модемом) или передатчик канала связи; персональный компьютер (операторская станция) с программой контроля элементов стойки телемеханики или испытательный стенд для проверки работы частотного передатчика;

### **Краткие теоретические сведения**

Общие сведения об аппаратуре каналов связи приведены в указаниях к лабораторному занятию № 16. В связи с тем, что в микропроцессорных системах телемеханики применяется система иерархического управления, то есть посыл телесигнализации с контролируемого пункта возможен только по вызову с энергодиспетчерской, в режиме телесигнализации проверяется работа узла связи в обоих направлениях.

### **Порядок выполнения**

1. Изучить функциональную схему узла связи (приемника, модема, и т.д.) в режиме телесигнализации.
2. Ответить на вопросы о функциях, выполняемых схемой.
3. Указать назначение светодиодов модема в режиме телесигнализации.
4. Оформить отчет о проделанной работе и сделать вывод.