

**РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОТКРЫТЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ**

---

**11/8/1**

**Одобрено кафедрой  
«Энергоснабжение  
электрических железных  
дорог»**

**Утверждено  
деканом факультета  
«Транспортные средства»**

# **РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА**

**Рабочая программа  
для студентов V курса  
специальности**

**101800 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ (ЭНС)**



**Москва – 2005**

Рабочая программа разработана на основании примерной учебной программы данной дисциплины, составленной в соответствии с государственными требованиями к минимуму содержания и уровню подготовки инженера по специальности 101800 Электроснабжение железных дорог.

С о с т а в и т е л ь — канд. техн. наук, доц. Г.И. Гатальский

# 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

## 1.1. Цель преподавания дисциплины

Релейная защита — непременная и обязательная составная часть всех электроэнергетических объектов, установок, систем, имеющая особое и самостоятельное функциональное назначение.

Релейная защита относится к числу важных общепрофессиональных дисциплин, формирующих базовую подготовку специалиста по системам электроснабжения. Являясь важнейшей частью комплекса устройств противоаварийной автоматики, релейная защита имеет особую специфику, выделяющую ее в самостоятельное научное направление, основы которого базируются на фундаментальных положениях дисциплин: «Теоретические основы электротехники», «Электрические измерения», «Электрические машины», «Электрические сети и энергосистемы», «Тяговые подстанции» и др.

Целью преподавания дисциплины является: изучение составных элементов релейной защиты; рассмотрение схмотехнического построения защиты от ненормальных и аварийных режимов различных устройств системы электроснабжения; освоение методик расчета уставок защит объектов, способов настройки и проверки релейной защиты; использование новых элементов и микропроцессорной техники для построения релейной защиты.

## 1.2. Задачи изучения дисциплины

**Изучив дисциплину, студент должен:**

*1.2.1. Иметь представление:*

- об основных этапах развития и совершенствования релейной защиты;

- о новых разработках в области релейной защиты и применении в ней микропроцессорной техники;
- об организации наладки и технического обслуживания релейной защиты;
- о методах и принципах построения автоматической диагностики релейной защиты.
- об основных положениях действующих нормативно-технических документов по релейной защите.

#### *1.2.2 Знать и уметь использовать:*

- назначение и общие принципы построения релейной защиты;
- основные показатели функционирования релейной защиты;
- основы теории и особенности использования в релейной защите измерительных трансформаторов тока, напряжения и фильтров симметричных составляющих;
- основные показатели релейных элементов и способы их определения;
- особенности аварийных режимов устройств электропитания и их использование для построения релейной защиты;
- схемотехническую реализацию релейной защиты различных объектов систем электроснабжения и методики расчета уставок защит;
- способы настройки и проверки релейной защиты различных объектов.

#### *1.2.3 Иметь опыт:*

- испытания и определения основных показателей релейных элементов;
- использования в трехфазных цепях различных схем включения измерительных трансформаторов тока;
- расчета уставок защит различных объектов систем электроснабжения;
- схемотехнического построения и проверки релейной защиты различных объектов систем электроснабжения.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1. Введение

Нормальные, ненормальные и аварийные режимы систем электроснабжения. Назначение и структурная схема релейной защиты. Основные показатели релейной защиты: селективность, чувствительность, быстрдействие, надежность, эффективность функционирования.

Основные этапы и перспективы развития релейной защиты. Обзор информационного обеспечения и современных нормативно-технических документов по релейной защите.

[1–4; 14, 15, 19, 20, 21].

### 2.2. Измерительные трансформаторы и фильтры симметричных составляющих

Трансформаторы тока (ТА), их назначение, коэффициент трансформации. Схема замещения ТА, погрешности ТА, классы точности ТА. Особенности работы ТА в релейной защите. Проверка ТА на 10%-ю погрешность. Схемы включения ТА и нагрузки в трехфазных цепях. Общие сведения о магнитных и других ТА.

Трансформаторы напряжения (ТВ), их назначение, коэффициент трансформации. Погрешности ТВ, классы точности. Схемы включения обмоток ТВ. Использование ТВ в релейной защите.

Понятия о переходных процессах в измерительных трансформаторах и их влиянии на работу релейной защиты. Трансреакторы, согласующие и промежуточные трансформаторы. Измерительные преобразователи. Новые виды измерительных трансформаторов.

Фильтры симметричных составляющих (ФСС) и их классификация. Схемотехническая реализация ФСС различных последовательностей. Применение ФСС в релейной защите.

[1–4; 16; 17; 20]

### **2.3. Релейные элементы**

Общие сведения о релейных элементах (реле). Характеристики, показатели и классификация реле.

Реле, реагирующие на одну электрическую величину. Принцип действия, конструкция и показатели различных электромагнитных реле. Индукционные токовые реле. Полупроводниковые универсальные реле тока и напряжения. Микроэлектронные реле, реагирующие на одну электрическую величину.

Реле, реагирующие на две электрических величины. Принцип действия, конструкция, характеристики и показатели индукционных реле мощности и сопротивления. Полупроводниковые схемы сравнения двух электрических величин. Полупроводниковые реле мощности и сопротивления.

Выходные органы релейной защиты. Микроэлектронные схемы сравнения двух электрических величин и построение на них релейных элементов.

[1–4; 10; 11; 18; 20]

### **2.4. Общие сведения о релейных защитах**

Классификация релейных защит. Общий принцип действия защит: токовых; дифференциальных (продольных и поперечных); дистанционных (ненаправленных и направленных); потенциальных; высокочастотных и телеблокировки; импульсных; специальных (прочих).

[1–4]

### **2.5. Защиты высоковольтных линий**

Токовые защиты высоковольтных линий, ВЛ СЦБ и ДПР. Схемотехническое построение и расчет уставок токовых защит линий. Защита от замыканий на землю в сетях с изолированной нейтралью. Максимальные направленные токовые защиты. Поперечная дифференциальная защита линий. Дистанционная защита линий.

[1–4; 14]

## **2.6 Защиты трансформаторов**

Виды повреждений и ненормальных режимов трансформаторов. Газовая защита трансформаторов, конструкция и принцип действия газовых реле.

Токовые защиты трансформаторов. Максимальная токовая защита с блокировкой по напряжению. Тоновая отсечка трансформаторов. Расчет уставок токовых защит трансформаторов.

Дифференциальная защита и особенности ее реализации для трансформаторов. Расчет уставок дифференциальной защиты трансформаторов.

[1–4; 6; 7; 14]

## **2.7. Защиты устройств тяговых подстанций**

Защиты установок поперечной и продольной емкостной компенсации. Защиты преобразовательных агрегатов. Защита РУ-3,3 кВ от замыканий на землю. Защита шин распределительных устройств переменного тока. Защита трансформаторов собственных нужд.

[1–3; 8; 9; 14; 20].

## **2.8. Защита фидеров контактной сети постоянного тока**

Особенности нормального и аварийного режимов работы тяговой сети постоянного тока. Влияние электровозов на линии на процесс короткого замыкания в тяговой сети.

Токовые защиты фидеров контактной сети постоянного тока с использованием быстродействующих выключателей с индуктивными шунтами и РДШ. Импульсные защиты. Дистанционная защита тяговой сети постоянного тока. Тепловая (термическая) защита. Методики расчета уставок защит фидеров контактной сети постоянного тока.

Защита при тросовом объединении опор с диодными заземлителями. Защита при незаземленных опорах контактной сети.

Микропроцессорные защиты фидеров контактной сети постоянного тока.

[1–3; 10; 11; 12; 14; 15; 19; 20; 24]

## **2.9. Защита фидеров контактной сети переменного тока**

Особенности нормального и аварийного режимов работы тяговой сети переменного тока. Влияние электровозов на линии на процесс короткого замыканий в тяговой сети. Основные требования, предъявляемые к защите фидеров контактной сети переменного тока.

Параметры цепи короткого замыкания тяговой сети переменного тока и их расчет. Реализация защит и расчет уставок токовых и дистанционных защит фидеров контактной сети переменного тока.

Блокировки по току и напряжению. Дополнительная отстройка от особых режимов в тяговой сети переменного тока. Неселективная защита межподстанционной зоны.

Схемотехническая реализация электронных защит фидеров контактной сети переменного тока.

Особенности нормального и аварийного режимов работы тяговой сети системы электрической тяги 2×25 кВ. Особенности выполнения и расчет уставок защит системы электрической тяги 2×25 кВ.

Схемотехническая реализация защит фидеров контактной сети переменного тока на электромеханических реле, транзисторах и микроэлектронных элементах.

Микропроцессорные защиты фидеров контактной сети переменного тока.

[1–3; 5; 10; 11; 13; 14; 15; 20; 24]

## **3. ВИДЫ РАБОТ С РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ВРЕМЕНИ**

Общее количество часов на дисциплину в соответствии с учебным планом — 120 часов, из них лекционные занятия — 4 часа, лабораторные занятия — 16 часов, самостоятельная работа — 55 часов. Выполняется также курсовой проект. Предусмотрен зачет и экзамен по курсу.



#### 4. ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛЕКЦИОННЫХ ЗАНЯТИЙ

№ п/п	Наименование темы и ее содержание	Количество часов
1	Вводная часть. Общие сведения о релейной защите. Структурная схема релейной защиты. Основные показатели релейной защиты	0,5
2	Измерительные трансформаторы тока (ТА). Схема замещения, погрешности ТА, схемы включения ТА в трехфазных цепях	0,5
3	Измерительные трансформаторы напряжения (TV). Основные показатели и погрешности TV. Схемы включения обмоток TV. Использование TV в релейной защите	0,5
4	Фильтры симметричных составляющих (ФСС). Схемотехническая реализация ФСС различных последовательностей и их использование в релейной защите	0,5
5	Релейные элементы (реле). Общие сведения о реле, их характеристики и показатели. Реле, реагирующие на одну и две электрических величины.	0,5
6	Общие сведения о релейных защитах. Классификация и принцип действия различных защит	1
7	Защиты высоковольтных линий. Схемотехническая реализация и расчет уставок токовых защит	0,5

#### 5. ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ, КОТОРЫЕ СТУДЕНТЫ ДОЛЖНЫ ПРОРАБОТАТЬ САМОСТОЯТЕЛЬНО

1. Защита преобразовательных агрегатов 4 ч
2. Защита при тросовом объединении опор с диодными заземлителями. Защита при незаземленных опорах контактной сети 4 ч
3. Особенности нормального и аварийного режимов работы тяговой сети системы электрической тяги 2×25 кВ. Особенности выполнения и расчет уставок защит системы электрической тяги 2×25 кВ 8 ч

4. Современные проверочные и измерительные устройства релейной защиты. Организация эксплуатации и выполнение работ по техническому обслуживанию и ремонту устройств релейной защиты

8 ч

## 6. ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

№ п/п	Название и краткое содержание работы	Количество часов
1	2	3
1	Изучение проверочных и измерительных устройств релейной защиты. Рассматриваются традиционные и современные проверочные устройства релейной защиты: нагрузочные трансформаторы, вольтамперфазометры, установки У-5053, Нептун, Уран, Ретом-11, Ретом-41 М	2
2	Исследование схем включения трансформаторов тока в трехфазных цепях. Рассматриваются схемы включения трансформаторов тока в полную и неполную звезду, в треугольник, на разность токов двух фаз, на сумму токов трех фаз	2
3	Исследование релейных элементов. Производится испытание и снятие основных показателей электро-механических, полупроводниковых и микроэлектронных реле	2
4	Исследование токовых защит высоковольтных линий. Рассматривается схмотехническое построение и расчет уставок токовых защит двух высоковольтных линий с односторонним питанием	2
5	Исследование дифференциальной защиты трансформаторов. Рассматривается схмотехническое построение, расчет уставок, настройка и проверка работы дифференциальной защиты трансформаторов	2
6	Исследование электронной защиты фидеров контактной сети переменного тока. Рассматривается схмотехническое построение, расчет уставок, настройка и проверка работы электронной защиты фидеров контактной сети переменного тока	2

1	2	3
7	Исследование защиты фидеров контактной сети постоянного тока. Рассматривается расчет уставок, настройка и проверка работы защиты фидеров контактной сети постоянного тока на быстродействующих выключателей	2
8	Исследование микропроцессорной защиты. Рассматривается схмотехническое построение, настройка и проверка работы микропроцессорной защиты «Сириус –Л»	2

## 7. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

В курсовом проекте студентами разрабатывается защита одного из объектов системы тягового электроснабжения. В зависимости от учебного шифра студента выполняется один из трех вариантов задания:

1. Электронная защита фидеров контактной сети тяговой подстанции и поста секционирования двухпутного участка переменного тока с узловым схемой питания.

2. Защита трехобмоточного понижающего трансформатора отпаечной тяговой подстанции переменного тока.

3. Защита конденсаторных установок поперечной (КУ) и продольной (УПК) емкостной компенсации.

Объем пояснительной записки курсового проекта составляет около 25 страниц. Графическая часть курсового проекта включает в себя 5–7 электрических схем защит и цепей вторичной коммутации. На выполнение курсового проекта требуется около 30 часов.

## 8. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 8.1. Обязательная литература

1. Фигурнов Е.П. Релейная защита: Учеб. для вузов ж.-д. транспорта. — М.: Желдориздат, 2002. — 720 с.

2. Прохорский А.А. Тяговые и трансформаторные подстанции. — М.: Транспорт, 1983. — 496 с.

## 8.2. Рекомендуемая литература

3. Федосеев А.М., Федосеев М.А. Релейная защита электроэнергетических систем. — М.: Энергоатомиздат, 1992. — 528 с.
4. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. — М.: Высшая школа, 1991. — 496 с.
5. Инструктивно-методические указания. Методические указания по расчету защиты фидеров контактной сети переменного тока 27,5 кВ при применении электронных защит УЭЗФМ. — М.: Трансэлектропроект, 1987. — Вып. 3. — 42 с.
6. Руководящие указания по релейной защите. Вып. 13А. Релейная защита понижающих трансформаторов и автотрансформаторов 110–500 кВ. Схемы. — М.: Энергоатомиздат, 1985. — 112 с.
7. Засыпкин А.С. Релейная защита трансформаторов. — М.: Энергоатомиздат, 1989. — 240 с.
8. Бородулин Б.М., Герман Л.А., Николаев Г.А. Конденсаторные установки электрифицированных железных дорог. — М.: Транспорт, 1983. — 136 с.
9. Герман Л.А. Компенсация реактивной мощности в системе тягового электроснабжения: Уч. пос. — М.: РГОТУПС. — 40 с.
10. Интегральные микросхемы в устройствах автоматики и защиты тяговых сетей / Под ред. В.Я. Овласюка. — М.: Транспорт, 1985. — 304 с.
11. Справочник по электроснабжению железных дорог / Под ред. К.Г. Марквардта. Том 2. — М.: Транспорт, 1981. — 392 с.
12. Хариков В.Ф. Защита контактной сети постоянного тока от коротких замыканий. — М.: Транспорт, 1987. — 85 с.
13. Бородулин Б.М. и др. Система тягового электроснабжения 2×25 кВ. — М.: Транспорт, 1989. — 247 с.
14. Правила устройства системы тягового электроснабжения железных дорог Российской Федерации. (ЦЭ-462). — М.: МПС, 1997. — 79 с.

15. Руководящие материалы по релейной защите систем тягового электроснабжения. (ЦЭТ-24). — М.: Трансиздат, 1999. — 90 с.

16. Векторные диаграммы в схемах релейной защиты: Практик. пос. /Под ред. Б.А. Алексеева. — М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002. — 64 с.

17. Фильтры симметричных составляющих и их применение в схемах релейной защиты: Практик. пос. /Под ред. Б.А. Алексеева. — М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2003. — 88 с.

18. Техническое обслуживание релейной защиты и автоматики электростанций и электрических сетей /Под ред. Б.А. Алексеева. — М.: Изд-во НЦ ЭНАС. В 4-х частях: Ч. 1. Электромеханические реле, 2003. — 96 с.; Ч. 2. Реле дифференциальных, направленных и фильтровых защит, 2001. — 88 с.; Ч. 3. Статические реле, 2001. — 92 с.; Ч. 4. Электроавтоматика, 2001. — 72 с.

19. Применение и техническое обслуживание микропроцессорных устройств на электростанциях и в электросетях /Под ред. Б.А. Алексеева. — М.: Изд-во НЦ ЭНАС. В 4-х частях: Ч. 1. Фиксирующие индикаторы для определения мест повреждений на воздушных линиях электропередач, 2001. — 80 с.; Ч. 2. Устройства релейной защиты и автоматики распределительных электрических сетей, 2001. — 120 с.; Ч. 3. Испытательные установки для проверки устройств релейной защиты и автоматики серии «Уран», «Нептун», «Сатурн»), 2002. — 96 с.; Ч. 4. Испытательные установки для проверки устройств релейной защиты и автоматики (серии «Ретом»), 2002. — 56 с.

20. Профилактические испытания электрооборудования и проверка релейных защит тяговых подстанций: Сб. справ. материалов. — М.: Трансиздат, 2001. — 511 с.

21. Инструкция по техническому обслуживанию и ремонту оборудования тяговых подстанций электрифицированных железных дорог. ЦЭ-936. — М.: Трансиздат, 2003. — 80 с.

### **8.3 Перечень компьютерных программ**

22. Тренажер оперативных переключений для подстанции 110/ 27,5/10 кВ. Раздел: Принципы функционирования релейных защит и автоматики (РЗА).

23. Тренажер оперативных переключений для подстанции 110/ 10/3,3 кВ. Раздел: Принципы функционирования релейных защит и автоматики (РЗА).

24. Компьютерная программа КОРТЭС для расчета тягового электроснабжения железных дорог. (ВНИИЖТ).

### **8.4 Перечень других материалов и пособий**

25. Единые требования по оформлению курсовых и дипломных проектов (работ). Методические указания для студентов IV курса всех специальностей. — М.: РГОТУПС, 2004. — 24 с.

26. Усатенко С.Т. и др. Выполнение электрических схем по ЕСКД: Справочник. — М.: Изд-во стандартов, 1990. — 325 с.

# РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА

Рабочая программа

Редактор *Д.Н. Тихоньчев*  
Корректор *В.В. Игнатова*  
Компьютерная верстка *Е.Ю. Русалева*

---

Тип. зак.	Изд. зак. 7	Тираж 600 экз.
Подписано в печать 15.02.05	Гарнитура Times.	Офсет
Усл. печ. л. 1,0	Допечатка тиража	Формат 60×90 <sup>1/16</sup>

---

Издательский центр РГОТУПС,а,  
125993, Москва, Часовая ул., 22/2

Участок оперативной печати РГОТУПС,а,  
125993, Москва, Часовая ул., 22/2