

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра электроснабжения горных и промышленных предприятий

Составитель
В. А. Воронин

РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Методические указания к самостоятельной работе
для студентов направления
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»,
профиль «Автоматизация технологических
процессов в энергетике»,
очной формы обучения

Рекомендованы учебно-методической комиссией направления
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
в качестве электронного издания для самостоятельной работы

Кемерово 2017

Рецензенты

Захаров С. А. – доцент кафедры электроснабжения горных и промышленных предприятий

Семыкина И. Ю. – председатель учебно-методической комиссии направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Воронин Вячеслав Андреевич

Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем: методические указания к самостоятельной работе [Электронный ресурс]: для студентов направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиля «Автоматизация технологических процессов в энергетике», очной формы обучения / сост.: В. А. Воронин; КузГТУ. – Кемерово, 2017. – Систем. требования : Pentium IV ; ОЗУ 8 Мб ; Windows XP; мышь. – Загл. с экрана.

Приведены общие положения для выполнения самостоятельной работы, форма текущего и промежуточного контроля, рекомендуемая литература по дисциплине «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» для студентов профиля «Автоматизация технологических процессов в энергетике» очной формы обучения 2016 и 2017 годов набора.

© КузГТУ, 2017
© Воронин, В. А.,
составление, 2017

СОДЕРЖАНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Важным компонентом обучения является самостоятельная работа студентов, направленная на формирование компетенций, необходимых не только в учебной, но и в будущей практической деятельности.

Самостоятельная работа заключается в подготовке к лабораторным работам, конспектировании материала и более углубленном изучении, повторении и закреплении лекционного материала.

1. Указания для подготовки к лабораторным работам

При подготовке к лабораторным работам студент самостоятельно изучает теоретические положения и литературу, приведенную в методических указаниях к лабораторным работам, а также выполняет приведенные задания, производит опыты и готовит отчет.

При выполнении отчета по лабораторной работе и подготовке к его защите рекомендуется использовать литературу в соответствии с табл. 1.

Таблица 1

Подготовка к лабораторным работам

Вид СРС	Литература
Подготовка к лабораторной работе «Измерительные реле тока»	[1, 2, 10]
Подготовка к лабораторной работе «Реле напряжения»	[1, 2, 10]
Подготовка к лабораторной работе «Индукционные реле»	[1, 2, 10]
Подготовка к лабораторной работе «Логические реле»	[1, 2, 10]
Подготовка к лабораторной работе «Реле направления мощности»	[1, 2, 11]
Подготовка к лабораторной работе «Токовые защиты»	[1, 2, 3, 4, 11]
Подготовка к лабораторной работе «Защита от однофазных замыканий на землю в сетях напряжением 6...35 кВ»	[1, 2, 3, 4, 11]
Подготовка к лабораторной работе «Устройство автоматического повторного включения»	[1, 2, 11]
Подготовка к лабораторной работе «Устройство автоматического включения резерва»	[1, 2, 11]

2. Указания к изучению теоретического материала

Лекционный материал изучается студентом на занятиях в соответствии с рабочей программой дисциплины. После изучения каждой темы для закрепления материала, а также для разбора от-

дельных вопросов, не рассмотренных на занятиях, студент самостоятельно изучает литературу в соответствии с табл. 2.

Таблица 2

Изучение лекционного материала

Вид СРС	Литература
Повторение пройденного материала по разделу 1 «Общие сведения о релейной защите».	[1, 2, 5]
Повторение пройденного материала по разделу 2 «Элементы устройств релейной защиты».	[1, 2, 8]
Повторение пройденного материала по теме 3.1 «Виды повреждений и ненормальных режимов работы ЛЭП»	[1, 2, 3, 8]
Повторение пройденного материала по теме 3.2 «Токовые защиты»	[1, 2, 3, 4, 7, 8, 10]
Повторение пройденного материала по теме 3.3 «Защита от коротких замыканий на землю в сетях с глухозаземленной нейтралью»	[1, 2, 3, 4, 7, 8]
Повторение пройденного материала по теме 3.4 «Дифференциальные защиты»	[1, 2, 3, 7, 8]
Повторение пройденного материала по разделу 4 «Защита и автоматика станций и потребителей»	[1, 2, 3, 7, 8]
Повторение пройденного материала по разделу 5 «Устройства автоматизации электрических сетей»	[1, 2, 3, 7, 8]

Если лекционный материал не был рассмотрен на занятиях в полном объеме, студент самостоятельно конспектирует пропущенные темы. Кроме того, для более глубокого изучения дисциплины студент дополнительно конспектирует материал по темам, указанным в табл. 3.

Таблица 3

Конспектирование дополнительного материала

Вид СРС	Литература
Конспектирование материала по теме «Правила оформления принципиальных схем релейной защиты»	[1, 2, 7]
Конспектирование материала по теме «Насыщающиеся трансформаторы тока»	[1, 2]
Конспектирование материала по теме «Дистанционные защиты»	[1, 2]
Конспектирование материала по теме «Защита и автоматика синхронных генераторов»	[1, 2]

ФОРМЫ И СРОКИ ТЕКУЩЕГО И ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в форме защиты отчетов по лабораторным работам и проведении контрольных опросов.

Промежуточный контроль проводится в форме экзамена.

Процедура и сроки проведения промежуточного и текущего контроля приведена в фонде оценочных средств дисциплины.

Перечень экзаменационных вопросов

1. Общие сведения о релейной защите и автоматике: определение, назначение.
2. Повреждения и ненормальные режимы в электроустановках.
3. Свойства (требования) релейной защиты.
4. Селективность: определение, классификация, примеры.
5. Быстродействие: определение, время срабатывания защиты, классификация.
6. Чувствительность: определение, коэффициент чувствительности.
7. Надежность: определение, функции, отказы, резервирование.
8. Системы оперативного тока: назначение, классификация.
9. Система постоянного оперативного тока: построение, особенности.
10. Система переменного оперативного тока: построение, особенности.
11. Система выпрямленного оперативного тока: построение, особенности.
12. Трансформаторы тока: назначение, принцип действия, схема замещения.
13. Трансформаторы тока: векторная диаграмма, погрешности, классы точности.
14. Трансформаторы напряжения: назначение, принцип действия.
15. Трансформаторы напряжения: векторная диаграмма, погрешности, классы точности, схема замещения.

16. Типовые схемы соединения трансформаторов тока, коэффициент схемы.
17. Анализ типовой схемы соединения трансформаторов тока – полная звезда.
18. Анализ типовой схемы соединения трансформаторов тока – неполная звезда.
19. Анализ типовой схемы соединения трансформаторов тока – полный треугольник.
20. Анализ типовой схемы соединения трансформаторов тока – неполный треугольник.
21. Анализ типовой схемы соединения трансформаторов тока в фильтр токов нулевой последовательности.
22. Типовые схемы соединения трансформаторов напряжения, коэффициент схемы.
23. Структурная схема и основные органы релейной защиты.
24. Классификация реле.
25. Классификация релейных защит.
26. Электромагнитные реле: принцип работы, условия срабатывания, особенности реализации.
27. Индукционные реле: принцип работы, условия срабатывания, особенности реализации.
28. Магнитоэлектрические реле: принцип работы, условия срабатывания, особенности реализации.
29. Реле РТ-40: конструкция, принцип работы, регулирование уставок.
30. Реле РН-50: конструкция, принцип работы, регулирование уставок, основные отличия от РТ-40.
31. Реле РСТ: устройство, принцип работы, регулирование уставок.
32. Реле РТ-80: конструкция, принцип работы, регулирование уставок.
33. Логические реле: классификация, назначение.
34. Классификация токовых защит, их общая характеристика, структурная схема.
35. Токовая отсечка без выдержки времени: принцип работы, принципиальная схема, достоинства, недостатки.
36. Токовая отсечка без выдержки времени: параметры срабатывания, зона действия, коэффициент чувствительности.

37.Токовая отсечка с выдержкой времени: принцип работы, принципиальная схема, достоинства, недостатки.

38.Токовая отсечка с выдержкой времени: параметры срабатывания, зона действия, коэффициент чувствительности.

39.Максимальная токовая защита: принцип работы, принципиальная схема, достоинства, недостатки.

40.Максимальная токовая защита: параметры срабатывания, зона действия, коэффициент чувствительности.

41.Максимальная токовая защита с блокировкой (пуском) по напряжению: принцип работы, принципиальная схема, достоинства, недостатки.

42.Диаграмма селективности (выдержек времени) трехступенчатой токовой защиты.

43.Сравнение максимальной токовой защиты, мгновенной токовой отсечки и токовой отсечки с выдержкой времени.

44.Токовые направленные защиты: область применения, принцип работы, определение поврежденного участка.

45.Выбор параметров срабатывания первой ступени токовой направленной защиты.

46.Выбор параметров срабатывания второй ступени токовой направленной защиты.

47.Выбор параметров срабатывания третьей ступени токовой направленной защиты.

48.Определение мертвой зоны токовой направленной защиты.

49.Реле направления мощности: принцип действия, конструкция, векторная диаграмма.

50.Типовые схемы включения реле направления мощности.

51.Токовая направленная защита нулевой последовательности. Область применения, принцип работы.

52.Максимальная токовая защита нулевой последовательности в сетях с глухозаземленной нейтралью: принцип работы, принципиальная схема, достоинства, недостатки, параметры срабатывания.

53.Токовые направленные защиты нулевой последовательности в сетях с глухозаземленной нейтралью: принцип работы, принципиальная схема.

54.Защита от замыканий на землю в сетях с изолированной нейтралью. Способы реализации защиты.

55. Селективная защита нулевой последовательности от замыканий на землю в сетях с изолированной нейтралью: принцип работы, принципиальная схема, параметры срабатывания, коэффициент чувствительности.

56. Неселективная защита нулевой последовательности от замыканий на землю в сетях с изолированной нейтралью: принцип работы, принципиальная схема, параметры срабатывания.

57. Токовые направленные защиты нулевой последовательности в сетях с изолированной нейтралью: принцип работы, принципиальная схема.

58. Особенности построения и монтажа кабельного фильтра тока нулевой последовательности.

59. Токи и напряжения в месте однофазного замыкания на землю.

60. Распределение токов нулевой последовательности при однофазном замыкании на землю в сети с изолированной нейтралью.

61. Распределение токов нулевой последовательности при однофазном замыкании на землю в сети с изолированной нейтралью.

62. Распределение токов нулевой последовательности при однофазном коротком замыкании на землю в сети с глухозаземленной нейтралью.

63. Дифференциальная токовая защита: общая характеристика, классификация, принцип действия.

64. Токи небаланса в дифференциальной защите. Способы повышения чувствительности.

65. Принцип работы и особенности построения продольной дифференциальной защиты линии.

66. Повышение чувствительности дифференциальной защиты за счет использования апериодической составляющей в переходном токе небаланса.

67. Повышение чувствительности дифференциальной защиты за счет использования реле с торможением.

68. Токовая поперечная дифференциальная защита.

69. Направленная поперечная дифференциальная защита.

70. Повреждения и ненормальные режимы работы электродвигателей. Основные защиты электродвигателей.

71. Защиты электродвигателей от междуфазных КЗ.

72. Защита электродвигателей от перегрузки.

73. Защита электродвигателей от однофазных замыканий на землю в обмотке статора.

74. Защита электродвигателей от потери питания.

75. Защиты электродвигателей напряжением до 1000 В. Схема защиты электродвигателей с магнитным пускателем. Защита электродвигателя от обрыва фазы.

76. Защита синхронных электродвигателей выше 1000 В.

77. Повреждения и ненормальные режимы работы силовых трансформаторов (автотрансформаторов). Назначение и основные виды защит трансформаторов и автотрансформаторов.

78. Токовые и токовые направленные защиты трансформатора от коротких замыканий.

79. Особенности выполнения дифференциальной токовой защиты трансформаторов.

80. Токовые защиты трансформатора от сверхтоков внешних коротких замыканий и перегрузок.

81. Устройство АВР: назначение, классификация, требования.

82. Устройство АВР: принцип построения, принципиальная схема и ее работа.

83. Пусковые органы устройства АВР и возможность их применения в электрических сетях с синхронными электродвигателями.

84. Устройство АВР: выбор параметров срабатывания.

85. Устройство АПВ: назначение, классификация, требования.

86. Устройство АПВ: принцип построения, принципиальная схема и ее работа.

87. Особенности устройства АПВ линий с двусторонним питанием.

88. Устройства трехфазного АПВ с контролем синхронизма линий с двусторонним питанием.

89. Ускорение действия релейной защиты при АПВ.

90. Устройство АПВ: выбор параметров срабатывания.

Список рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Андреев, В. А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения [Текст]: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Электроснабжение" направления подготовки "Электроэнергетика" / В. А. Андреев. – Москва: Высшая школа, 2006. – 639 с.
2. Басс, Э. И. Релейная защита электроэнергетических систем [Текст]: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению "Электроэнергетика" / Э. И. Басс, В. Г. Дорогунцев; под ред. А. Ф. Дьякова. – Москва: МЭИ, 2006. – 296 с.
3. Юндин, М. А. Токовая защита электроустановок [Текст]: учеб. пособие [для бакалавров и магистров, обучающихся по направлению подготовки "Электроэнергетика и электротехника"] / М. А. Юндин. – Санкт-Петербург: Лань, 2011. – 288 с. – Доступна электронная версия:
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=1802

Дополнительная литература

4. Андреев, В. А. Релейная защита систем электроснабжения в примерах и задачах [Текст]: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Электроснабжение" направления подготовки "Электроэнергетика" / В. А. Андреев. – Москва: Высшая школа, 2008. – 252 с.
5. Сибикин, Ю. Д. Основы проектирования электроснабжения промышленных и гражданских зданий: учебник [Электронный ресурс]. – Москва, Берлин: Директ-Медиа, 2016. – 508 с. – Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=459494. – Загл. с экрана. (25.05.2017)
6. Примеры расчета релейной защиты: учебное пособие для 4 курса ФЭН дневной и заочной форм обучения / В. А. Давыдов [и др.]; Новосиб. гос. техн. ун-т. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. – 64 с. – Режим доступа:
<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=167630&type=nstu:common>. – Загл. с экрана. (21.08.2017)
7. Щеглов, А. И. Построение схем релейной защиты: учебное пособие [Электронный ресурс]. – Новосибирск: НГТУ, 2012. – 90 с. – Режим доступа:

http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=228882. – Загл. с экрана. (04.06.2017)

8. Электроэнергетика: релейная защита и автоматика электроэнергетических систем: учебное пособие [Электронный ресурс] / Ю. А. Ершов, О. П. Халезина, А. В. Малеев, Д. П. Перехватов. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2012. – 68 с. – Режим доступа:

http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=363895. – Загл. с экрана. (21.08.2017)

Методические издания

9. Соколов, Б. В. Релейная защита типовых элементов СЭС [Электронный ресурс]: методические указания к курсовому проекту по дисциплине «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» для студентов направления 13.03.02 (140400.62) «Электроэнергетика и электротехника», образовательная программа «Электроснабжение», всех форм обучения / Б. В. Соколов; ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. электроснабжения горн. и пром. предприятий. – Кемерово, 2015. – 13 с. – Режим доступа: <http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=8445>. – Загл. с экрана. (21.08.2017)

10. Соколов, Б. В. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем [Электронный ресурс]: методические указания к лабораторным работам (7 семестр) для студентов направления подготовки 13.03.02 (140400.62) «Электроэнергетика и электротехника», образовательная программа «Электроснабжение», всех форм обучения / Б. В. Соколов; ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. электроснабжения горн. и пром. предприятий. – Кемерово, 2015. – 108 с. – Режим доступа: <http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=8463>. – Загл. с экрана. (21.08.2017)

11. Соколов, Б. В. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем [Электронный ресурс]: методические указания к лабораторным работам (8 семестр) для студентов направления подготовки 13.03.02 (140400.62) «Электроэнергетика и электротехника», образовательная программа «Электроснабжение», всех форм обучения / Б. В. Соколов; ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. электроснабжения горн. и пром. предприятий. – Кемерово, 2015. – 146 с. – Режим доступа:

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=8464>. – Загл. с экрана.
(21.08.2017)

12. Соколов, Б. В. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем [Электронный ресурс]: методические указания к практическим занятиям для студентов направления 13.03.02 (140400.62) «Электроэнергетика и электротехника», образовательная программа «Электроснабжение», всех форм обучения / Б. В. Соколов; ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. электроснабжения горн. и пром. предприятий. – Кемерово, 2015. – 106 с. – Режим доступа: <http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=8499>. – Загл. с экрана.
(21.08.2017)