

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электроэнергетика

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

| | |
|---|---|
| Блок: | Блок 1 «Дисциплины (модули)» |
| Часть образовательной программы: | Часть, формируемая участниками образовательных отношений |
| № дисциплины по учебному плану: | Б1.Ч.08 |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 6 семестр - 5; |
| Часов (всего) по учебному плану: | 180 часов |
| Лекции | 6 семестр - 28 часа; |
| Практические занятия | 6 семестр - 28 часа; |
| Лабораторные работы | 6 семестр - 12 часов; |
| Консультации | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| Самостоятельная работа | 6 семестр - 109,5 часов; |
| в том числе на КП/КР | не предусмотрено учебным планом |
| Иная контактная работа | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| включая: Контрольная работа Домашнее задание Лабораторная работа Расчетно-графическая работа | |
| Промежуточная аттестация: | |
| Экзамен | 6 семестр - 2,5 часа; |

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

| | | |
|--|--|--------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Николаева О.О. |
| | Идентификатор | R145c98b1-NikolayevaOO-1194867 |

О.О. Николаева

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

| | | |
|--|--|--------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Кузнецов О.Н. |
| | Идентификатор | Rf1ad9303-KuznetsovON-34bc149f |

О.Н. Кузнецов

Заведующий выпускающей
кафедрой

| | | |
|--|--|-----------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Тульский В.Н. |
| | Идентификатор | R292b173d-TulskyVN-7e812984 |

В.Н. Тульский

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение принципов выполнения комплексов релейной защиты и автоматики (РЗА) электроэнергетических систем, технических средств для их реализации, способов расчета параметров устройств РЗА и оценки принимаемых решений

Задачи дисциплины

- освоение знаний о принципах построения и технических средствах релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем;
- формирование умения рассчитывать параметры устройств релейной защиты и автоматики электроэнергетических систем и анализировать получаемые результаты;
- приобретение первичных навыков работы с устройствами релейной защиты и автоматики электроэнергетических систем;
- формирование умения оценивать чувствительность рассчитанных устройств релейной защиты электроэнергетических систем.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения |
|---|---|--|
| ПК-1 Способен участвовать в проектировании объектов профессиональной деятельности | ИД-1 _{ПК-1} Применяет типовые проектные решения | знать: - технические средства реализации устройств РЗА электроэнергетических систем. уметь: - работать с устройствами релейной защиты электроэнергетических систем. |
| ПК-1 Способен участвовать в проектировании объектов профессиональной деятельности | ИД-2 _{ПК-1} Выбирает параметры электрооборудования, учитывая технические и экономические ограничения | знать: - принципы выполнения комплексов РЗА основных объектов электроэнергетических систем. уметь: - рассчитывать параметры устройств РЗА электроэнергетических систем; - оценивать чувствительность рассчитанных устройств релейной защиты. |

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Электроэнергетика (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

| № п/п | Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации | Всего часов на раздел | Семестр | Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы | | | | | | | | | | Содержание самостоятельной работы/ методические указания | |
|-------|--|-----------------------|---------|--|-----|----|--------------|---|-----|----|----|-------------------|-----------------------------------|---|---|
| | | | | Контактная работа | | | | | | | СР | | | | |
| | | | | Лек | Лаб | Пр | Консультация | | ИКР | | ПА | Работа в семестре | Подготовка к аттестации /контроль | | |
| КПР | ГК | ИККП | ТК | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
| 1 | Введение в курс «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» | 2 | 6 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение терминологии по разделу "Введение в курс «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем»"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 15-17 [9], Р.1</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Векторные диаграммы токов и напряжений при КЗ в ЭЭС"</p> <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Векторные диаграммы токов и напряжений при КЗ в ЭЭС" материалу.</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Векторные диаграммы токов и напряжений при КЗ в ЭЭС и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Векторные</p> | |
| 1.1 | Введение в курс «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» | 2 | | 1 | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | | |
| 2 | Векторные диаграммы токов и напряжений при КЗ в ЭЭС | 17 | | 2 | 4 | 2 | - | - | - | - | - | - | 9 | | - |
| 2.1 | Векторные диаграммы токов и напряжений при КЗ в ЭЭС | 17 | | 2 | 4 | 2 | - | - | - | - | - | - | 9 | | - |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
| | | | | | | | | | | | | | <p>диаграммы токов и напряжений при КЗ в ЭЭС" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Токовые защиты от коротких замыканий" материалу в виде упражнения из сборника. Задание выполняется индивидуально по вариантам.</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[2], стр. 30-41 [3], стр. 4-15 [7], стр. 5-14 [9], Р.2</p> |
| 3 | Токовые защиты от коротких замыканий | 3 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Токовые защиты от коротких замыканий"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[2], стр. 16-21, стр. 42-44 [9], Р.3</p> |
| 3.1 | Токовые защиты от коротких замыканий | 3 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Токовые защиты от коротких замыканий"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[2], стр. 16-21, стр. 42-44 [9], Р.3</p> |
| 4 | Максимальная токовая защита от многофазных КЗ | 17 | 2 | 4 | 2 | - | - | - | - | - | 9 | - | <p><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> Выполнение соответствующей части расчетно-графической работы по разделу "Максимальная токовая защита от многофазных КЗ". Задание выполняется индивидуально по вариантам.</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Максимальная токовая защита от многофазных КЗ и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Максимальная токовая защита от многофазных КЗ" материалу в виде упражнения из сборника. Задание выполняется индивидуально по вариантам.</p> |
| 4.1 | Максимальная токовая защита от многофазных КЗ | 17 | 2 | 4 | 2 | - | - | - | - | - | 9 | - | <p><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> Выполнение соответствующей части расчетно-графической работы по разделу "Максимальная токовая защита от многофазных КЗ". Задание выполняется индивидуально по вариантам.</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Максимальная токовая защита от многофазных КЗ и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Максимальная токовая защита от многофазных КЗ" материалу в виде упражнения из сборника. Задание выполняется индивидуально по вариантам.</p> |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|----|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Максимальная токовая защита от многофазных КЗ"</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Максимальная токовая защита от многофазных КЗ" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Максимальная токовая защита от многофазных КЗ" материалу.</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 12-15, 18-20 [2], стр. 63-66, стр. 50-55, стр. 73-77 [3], стр. 16-23 [6], стр. 23-33 [9], Р.4</p> |
| 5 | Параметры срабатывания и схемы токовых защит со ступенчатыми характеристиками выдержек времени | 19 | | 2 | 4 | 4 | - | - | - | - | 9 | - | <p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Параметры срабатывания и схемы токовых защит со ступенчатыми характеристиками выдержек времени" материалу в виде упражнения из сборника. Задание выполняется индивидуально по вариантам.</p> <p><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> Выполнение соответствующей части расчетно-графической работы по разделу "Параметры срабатывания и схемы токовых защит со ступенчатыми характеристиками выдержек времени". Задание выполняется индивидуально по</p> |
| 5.1 | Параметры срабатывания и схемы токовых защит со ступенчатыми характеристиками выдержек времени | 19 | | 2 | 4 | 4 | - | - | - | - | 9 | - | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----------------------------|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | <p>вариантам.</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Параметры срабатывания и схемы токовых защит со ступенчатыми характеристиками выдержек времени"</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Параметры срабатывания и схемы токовых защит со ступенчатыми характеристиками выдержек времени" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Параметры срабатывания и схемы токовых защит со ступенчатыми характеристиками выдержек времени" материалу.</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 12-23 [2], стр. 58-66, стр. 70-73 [3], стр. 24-32 [5], стр. 38-49 [6], стр. 34-45 [9], Р.5</p> |
| 6 | Токовые направленные защиты | 13 | 2 | - | 4 | - | - | - | - | - | 7 | - | <p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Токовые направленные защиты" материалу в виде упражнения из сборника. Задание выполняется индивидуально по вариантам.</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Токовые направленные защиты"</p> |
| 6.1 | Токовые направленные защиты | 13 | 2 | - | 4 | - | - | - | - | - | 7 | - | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
| | | | | | | | | | | | | | | <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Токовые направленные защиты" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 26-30 [2], стр. 78-102 [4], стр. 4-15 [5], стр. 17-25 [9], Р.6</p> |
| 7 | Защита от КЗ на землю в сети с заземленной нейтралью и от замыканий на землю в сети с изолированной нейтралью | 14 | 2 | - | 4 | - | - | - | - | - | 8 | - | <p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Защита от КЗ на землю в сети с заземленной нейтралью и от замыканий на землю в сети с изолированной нейтралью" материалу в виде упражнения из сборника. Задание выполняется индивидуально по вариантам.</p> | |
| 7.1 | Защита от КЗ на землю в сети с заземленной нейтралью и от замыканий на землю в сети с изолированной нейтралью | 14 | 2 | - | 4 | - | - | - | - | - | 8 | - | <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Защита от КЗ на землю в сети с заземленной нейтралью и от замыканий на землю в сети с изолированной нейтралью" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Защита от КЗ на землю в сети с заземленной нейтралью и от замыканий на землю в сети с изолированной нейтралью"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 31-33 [2], стр. 66-70, стр. 233-249 [3], стр. 32-43 [9], Р.7</p> | |
| 8 | Автоматическое | 4 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - | <u>Самостоятельное изучение</u> | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|--|
| | повторное включение и автоматический ввод резерва | | | | | | | | | | | | | <u>теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Автоматическое повторное включение и автоматический ввод резерва" <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Автоматическое повторное включение и автоматический ввод резерва" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 54-61 [9], Р.8 |
| 8.1 | Автоматическое повторное включение и автоматический ввод резерва | 4 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - | | |
| 9 | Дистанционная защита | 8 | 2 | - | 2 | - | - | - | - | - | 4 | - | | <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Дистанционная защита" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Подготовка домашнего задания:</u> Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Дистанционная защита" материалу в виде упражнения из сборника. Задание выполняется индивидуально по вариантам. <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Дистанционная защита" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 4-33 [2], стр. 119-123 [5], стр. 5-16 [8], стр. 231-240 [9], Р.9 |
| 9.1 | Дистанционная защита | 8 | 2 | - | 2 | - | - | - | - | - | 4 | - | | |
| 10 | Дифференциальные токовые защиты | 14 | 2 | - | 4 | - | - | - | - | - | 8 | - | | <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Дифференциальные токовые защиты" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу |
| 10.1 | Дифференциальные токовые защиты | 14 | 2 | - | 4 | - | - | - | - | - | 8 | - | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|------|--|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
| | | | | | | | | | | | | | <p>"Дифференциальные токовые защиты" <u>Подготовка домашнего задания:</u> Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Дифференциальные токовые защиты" материалу в виде упражнения из сборника. Задание выполняется индивидуально по вариантам. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 66-68, стр. 87-88 [4], стр. 16-25 [5], стр. 26-37 [8], стр. 207-231 [9], Р.10</p> |
| 11 | Релейная защита и автоматика сборных шин. Резервирование | 7 | 2 | - | 2 | - | - | - | - | - | 3 | - | <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Релейная защита и автоматика сборных шин. Резервирование" <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Релейная защита и автоматика сборных шин. Резервирование" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 193-210 [9], Р.11</p> |
| 11.1 | Релейная защита и автоматика сборных шин. Резервирование | 7 | 2 | - | 2 | - | - | - | - | - | 3 | - | <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Релейная защита и автоматика сборных шин. Резервирование" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 193-210 [9], Р.11</p> |
| 12 | Релейная защита и автоматика трансформаторов | 11 | 3 | - | 2 | - | - | - | - | - | 6 | - | <p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Релейная защита и автоматика трансформаторов" материалу в виде упражнения из сборника. Задание выполняется индивидуально по вариантам. <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Релейная защита и автоматика трансформаторов" <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Релейная защита и автоматика трансформаторов"</p> |
| 12.1 | Релейная защита и автоматика трансформаторов | 11 | 3 | - | 2 | - | - | - | - | - | 6 | - | <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Релейная защита и автоматика трансформаторов" <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Релейная защита и автоматика трансформаторов"</p> |

| | | | | | | | | | | | | | |
|------|--|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Релейная защита и автоматика трансформаторов" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 66-68, стр.87-88 [2], стр. 175-188 [4], стр. 26-32 [9], Р.12-13 |
| 13 | Релейная защита синхронных генераторов | 10 | 2 | - | 2 | - | - | - | - | - | 6 | - | <u>Подготовка домашнего задания:</u> Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Релейная защита синхронных генераторов" материалу в виде упражнения из сборника. Задание выполняется индивидуально по вариантам. |
| 13.1 | Релейная защита синхронных генераторов | 10 | 2 | - | 2 | - | - | - | - | - | 6 | - | <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Релейная защита синхронных генераторов" <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Релейная защита синхронных генераторов" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Релейная защита синхронных генераторов" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 105-108,стр. 116-118 [2], стр. 189-193, стр. 229-232 [4], стр. 33-41 [9], Р.14 |
| 14 | Релейная защита блока генератор- | 5 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | 3 | - | <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Релейная |

3.2 Краткое содержание разделов

1. Введение в курс «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем»

1.1. Введение в курс «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем»

Основные понятия и определения. Основные режимы работы ЭЭС. Основные устройства системы автоматического управления (САУ). Классификация РЗА. Назначение и функции релейной защиты. Требования к устройствам РЗ. Функциональная схема релейной защиты.

2. Векторные диаграммы токов и напряжений при КЗ в ЭЭС

2.1. Векторные диаграммы токов и напряжений при КЗ в ЭЭС

Основные виды повреждений в ЭЭС. Векторные диаграммы токов и напряжений при КЗ на линиях электропередачи (ЛЭП) в сети с глухозаземленной нейтралью. Расчет токов КЗ. Векторные диаграммы и соотношения для расчета токов однофазных замыканий на землю в сети с изолированной нейтралью. Векторные диаграммы и расчет токов при КЗ за трансформатором со схемой соединения обмоток $\Delta/Y-11$.

3. Токовые защиты от коротких замыканий

3.1. Токовые защиты от коротких замыканий

Общие вопросы. Измерительные трансформаторы тока. Определение и структура токовых защит. Измерительные органы (тока) и логические органы токовых защит. Изображение элементов и устройств релейной защиты.

4. Максимальная токовая защита от многофазных КЗ

4.1. Максимальная токовая защита от многофазных КЗ

Назначение МТЗ. Выбор параметров срабатывания МТЗ. Оценка чувствительности МТЗ. Особенности выполнения МТЗ с зависимыми характеристиками выдержек времени. Схемы соединения трансформаторов тока и реле тока максимальной токовой защиты. Разнесенные схемы МТЗ. Максимальная токовая защита с пуском по напряжению.

5. Параметры срабатывания и схемы токовых защит со ступенчатыми характеристиками выдержек времени

5.1. Параметры срабатывания и схемы токовых защит со ступенчатыми характеристиками выдержек времени

Выбор параметров срабатывания и оценка первой ступени. Выбор параметров срабатывания и оценка второй ступени токовой защиты. Схемы трехступенчатой токовой защиты. Общая оценка токовых защит.

6. Токовые направленные защиты

6.1. Токовые направленные защиты

Принцип действия токовых направленных защит. Максимальная токовая направленная защита (последняя ступень). Токовая отсечка линии с двусторонним питанием. Общая оценка токовых направленных защит.

7. Защита от КЗ на землю в сети с заземленной нейтралью и от замыканий на землю в сети с изолированной нейтралью

7.1. Защита от КЗ на землю в сети с заземленной нейтралью и от замыканий на землю в сети с изолированной нейтралью

Токовая защита нулевой последовательности (ТЗНП) от КЗ на землю в сети с заземленной нейтралью. Защита от замыканий на землю в сети с изолированной нейтралью.

8. Автоматическое повторное включение и автоматический ввод резерва

8.1. Автоматическое повторное включение и автоматический ввод резерва

Автоматическое повторное включение (АПВ). Автоматическое включение резервного источника питания (АВР).

9. Дистанционная защита

9.1. Дистанционная защита

Принцип действия дистанционной защиты. Схема включения ИОС. Структура трехступенчатой дистанционной защиты. Выбор параметров срабатывания. Характеристики срабатывания ИОС. Общая оценка дистанционных защит.

10. Дифференциальные токовые защиты

10.1. Дифференциальные токовые защиты

Общая характеристика дифференциальных токовых защит. Продольная дифференциальная токовая защита. Дифференциально-фазная токовая защита с ВЧ блокировкой. Направленная защита с высокочастотной блокировкой. Поперечная дифференциальная токовая направленная защита параллельных линий.

11. Релейная защита и автоматика сборных шин. Резервирование

11.1. Релейная защита и автоматика сборных шин. Резервирование

Виды повреждений и требования к защите. Дифференциальная токовая защита шин. Неполная дифференциальная токовая защита шин. Логическая защита шин. АПВ шин. Виды резервирования. Устройство резервирования отказа выключателя (УРОВ).

12. Релейная защита и автоматика трансформаторов

12.1. Релейная защита и автоматика трансформаторов

Повреждения и ненормальные режимы работы трансформаторов. Требования к релейной защите трансформаторов. Дифференциальная защита трансформатора. Примеры выполнения дифференциальной токовой защиты трансформаторов. Газовая защита трансформатора. Двухступенчатая токовая защита трансформаторов небольшой мощности. Защиты трансформаторов от внешних междуфазных КЗ. Защита трансформаторов и автотрансформаторов от КЗ на землю (ТЗНП). Защита трансформаторов и автотрансформаторов от перегрузки рабочим током. Автоматическое регулирование коэффициента трансформации (АРКТ).

13. Релейная защита синхронных генераторов

13.1. Релейная защита синхронных генераторов

Повреждения и ненормальные режимы работы генераторов. Продольная дифференциальная защита генератора от междуфазных КЗ. Защита от витковых КЗ в

обмотках статора. Защиты от повреждений в цепях возбуждения. Защита генератора от токов внешних КЗ и перегрузки рабочим током. Токовая защита обратной последовательности.

14. Релейная защита блока генератор-трансформатор

14.1. Релейная защита блока генератор-трансформатор

Особенности релейной защиты блока. Дифференциальные токовые защиты блока. Защита генераторов от замыкания обмотки статора на землю. Защита от повышения напряжения. Резервные защиты блока от внешних КЗ и перегрузок. Защита ротора от перегрузки. Защита от потери возбуждения. Комплекс релейной защиты блока.

3.3. Темы практических занятий

1. Письменный опрос;
2. Релейная защита генераторов. Расчет продольной дифференциальной токовой защиты турбогенератора;
3. Расчет дифференциально-фазной защиты (ДФЗ) линии 110 кВ;
4. Расчет защиты параллельных линий напряжением 35 кВ;
5. Расчет токовых отсечек на линиях с односторонним питанием;
6. Расчет уставок и проверка чувствительности МТЗ в сети с односторонним питанием. Выбор схем защит. Контрольная работа №1;
7. Расчет токовых направленных защит от многофазных КЗ в радиальной сети с двусторонним питанием и в кольцевой сети с одним источником питания;
8. Расчет трехступенчатой токовой защиты от многофазных КЗ в сети с односторонним питанием. Разработка разнесенных схем защиты;
9. Расчет защит трансформатора;
10. Соотношения токов и напряжений и векторные диаграммы при коротких замыканиях в линии и за трансформаторами со схемами соединений $Y/\Delta-11$ и $\Delta/Y-11$;
11. Расчет токовой защиты нулевой последовательности в сети с глухозаземленной нейтралью;
12. Расчет трехступенчатой дистанционной защиты линий от многофазных КЗ в сети с односторонним питанием.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Токовая защита со ступенчатой характеристикой выдержки времени от многофазных КЗ;
2. Определение токораспределения в схемах токовых защит и оценка их чувствительности;
3. Максимальная токовая защита с независимой характеристикой выдержки времени.

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов раздела "Введение в курс «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем»"
2. Обсуждение материалов раздела "Векторные диаграммы токов и напряжений при КЗ в ЭЭС"
3. Обсуждение материалов раздела "Токовые защиты от коротких замыканий"
4. Обсуждение материалов раздела "Максимальная токовая защита от многофазных КЗ"

5. Обсуждение материалов раздела "Параметры срабатывания и схемы токовых защит со ступенчатыми характеристиками выдержек времени"
6. Обсуждение материалов раздела "Токовые направленные защиты"
7. Обсуждение материалов раздела "Защита от КЗ на землю в сети с заземленной нейтралью и от замыканий на землю в сети с изолированной нейтралью"
8. Обсуждение материалов раздела "Автоматическое повторное включение и автоматический ввод резерва"
9. Обсуждение материалов раздела "Дистанционная защита"
10. Обсуждение материалов раздела "Дифференциальные токовые защиты"
11. Обсуждение материалов раздела "Релейная защита и автоматика сборных шин. Резервирование"
12. Обсуждение материалов раздела "Релейная защита и автоматика трансформаторов"
13. Обсуждение материалов раздела "Релейная защита синхронных генераторов"
14. Обсуждение материалов раздела "Релейная защита блока генератор-трансформатор"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

| Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1) | Коды индикаторов | Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1) | | | | | | | | | | | | | | Оценочное средство (тип и наименование) |
|---|----------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | |
| Знать: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| технические средства реализации устройств РЗА электроэнергетических систем | ИД-1 _{ПК-1} | | | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №1 Расчетно-графическая работа/Защита типового расчета Контрольная работа/Контрольная работа №1 «Векторные диаграммы и максимальная токовая защита» Домашнее задание/Контрольная работа №2 «Токовые ступенчатые защиты» Домашнее задание/Контрольная работа №3 «Токовые направленные и дистанционные защиты линий» Домашнее задание/Контрольная работа №4 «Защиты с абсолютной селективностью» Контрольная работа/Письменный опрос «Релейная защита и автоматизация элементов |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | | | энергосистем» |
| принципы выполнения комплексов РЗА основных объектов электроэнергетических систем | ИД-2 _{ПК-1} | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №1 Контрольная работа/Контрольная работа №1 «Векторные диаграммы и максимальная токовая защита» Домашнее задание/Контрольная работа №2 «Токовые ступенчатые защиты» Домашнее задание/Контрольная работа №3 «Токовые направленные и дистанционные защиты линий» Домашнее задание/Контрольная работа №4 «Защиты с абсолютной селективностью» Контрольная работа/Письменный опрос «Релейная защита и автоматизация элементов энергосистем» |
| Уметь: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| работать с устройствами релейной защиты электроэнергетических систем | ИД-1 _{ПК-1} | | + | | + | + | | | | | | | | | | Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №1 Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №3 |
| оценивать чувствительность | ИД-2 _{ПК-1} | | | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | Лабораторная работа/Защита |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|--|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|
| <p>рассчитанных устройств релейной защиты</p> | | | | | | | | | | | | | | | | <p>лабораторной работы №3 Расчетно-графическая работа/Защита типового расчета Домашнее задание/Контрольная работа №2 «Токовые ступенчатые защиты» Домашнее задание/Контрольная работа №3 «Токовые направленные и дистанционные защиты линий» Домашнее задание/Контрольная работа №4 «Защиты с абсолютной селективностью» Контрольная работа/Письменный опрос «Релейная защита и автоматизация элементов энергосистем»</p> |
| <p>рассчитывать параметры устройств РЗА электроэнергетических систем</p> | <p>ИД-2ПК-1</p> | | | <p>+</p> | <p>+</p> | <p>+</p> | <p>+</p> | <p>+</p> | <p>+</p> | <p>+</p> | <p>+</p> | <p>+</p> | <p>+</p> | <p>+</p> | <p>+</p> | <p>Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №3 Расчетно-графическая работа/Защита типового расчета Контрольная работа/Контрольная работа №1 «Векторные диаграммы и максимальная токовая защита»</p> |

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

6 семестр

Форма реализации: Защита задания

1. Защита лабораторной работы №1 (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторной работы №3 (Лабораторная работа)
3. Защита типового расчета (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа №1 «Векторные диаграммы и максимальная токовая защита» (Контрольная работа)
2. Письменный опрос «Релейная защита и автоматизация элементов энергосистем» (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Контрольная работа №2 «Токовые ступенчатые защиты» (Домашнее задание)
2. Контрольная работа №3 «Токовые направленные и дистанционные защиты линий» (Домашнее задание)
3. Контрольная работа №4 «Защиты с абсолютной селективностью» (Домашнее задание)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №6)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 6 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Кривенков, В. В. Релейная защита и автоматика энергосистем : учебное пособие по направлению 140400 "Электроэнергетика и электротехника", модуль "Электроэнергетика" / В. В. Кривенков ; ред. А. Ф. Дьяков ; Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2012 . – 164 с. - ISBN 978-5-7046-1377-0 .
<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=5007>;
2. Басс, Э. И. Релейная защита электроэнергетических систем : учебное пособие для вузов по направлению "Электроэнергетика" по дисциплине "Релейная защита электроэнергетических систем" / Э. И. Басс, В. Г. Дорогунцев ; Ред. А. Ф. Дьяков . – 2-е изд., стер . – М. : Издательский дом МЭИ, 2006 . – 296 с. - ISBN 5-903072-44-5 .;
3. Алексеев, О. П. Сборник упражнений по курсу "Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем". Часть 1 : для студентов по направлению 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника" / О. П. Алексеев, Р. В. Темкина, Б. А. Сафронов ; ред.

- Р. В. Темкина ; Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2016 . – 44 с.
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=8646>;
4. Алексеев, О. П. Сборник упражнений по курсу "Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем". Часть 2 : для студентов по направлению "Электроэнергетика и электротехника" / О. П. Алексеев, Р. В. Темкина, Б. А. Сафронов ; ред. Р. В. Темкина ; Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2017 . – 68 с.
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=9303>;
5. Темкина, Р. В. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем : сборник задач и упражнений по курсу "Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем" по направлению 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника" / Р. В. Темкина, О. О. Николаева, Б. А. Сафронов ; ред. Р. В. Темкина ; Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – Москва : Изд-во МЭИ, 2019 . – 56 с. - ISBN 978-5-7046-2217-8 .
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=11051>;
6. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем: [в 2 ч.]. Ч.1 : практикум по направлению 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника" / В. В. Будкин, Р. В. Темкина, Б. А. Сафронов, [и др.], Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – Москва : Изд-во МЭИ, 2019 . – 48 с. - ISBN 978-5-7046-2219-2 .
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=11100>;
7. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем: [в 2 ч.]. Ч. 2 : практикум по направлению 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника" / В. В. Будкин, Р. В. Темкина, Б. А. Сафронов, [и др.], Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – Москва : Изд-во МЭИ, 2019 . – 40 с. - ISBN 978-5-7046-2220-8 .
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=11101>;
8. Дьяков А. Ф., Овчаренко Н. И.- "Микропроцессорная автоматика и релейная защита электроэнергетических систем", (2-е), Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2010 - (336 с.)
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72351;
9. Темкина, Р. В. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем : учебное пособие по направлению 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника" / Р. В. Темкина, О. О. Николаева, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – Москва : Изд-во МЭИ, 2021 . – 248 с. - ISBN 978-5-7046-2505-6 .
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=11889>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Windows / Операционная система семейства Linux.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
3. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
4. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
5. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
6. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
7. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
8. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
9. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
10. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения | Номер аудитории, наименование | Оснащение |
|---|--|--|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | Г-200, Учебная аудитория | парта со скамьей, стол преподавателя, стул, трибуна, мультимедийный проектор, экран |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП | Г-101в-1, Лаборатория Автоматики кафедры РЗиАЭ | стул, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, оборудование специализированное, компьютер персональный, кондиционер |
| | Д-107, Аудитория кафедры РЗиАЭ | стол, стул, шкаф, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, журналы, книги, учебники, пособия |
| | Д-205, Учебная аудитория | парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая |
| | Д-207, Учебная аудитория | парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая |
| | Д-209, Учебная аудитория | парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая |
| | Д-213, Учебная аудитория | парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая |
| Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий | Д-116, Учебная лаборатория кафедры РЗиАЭ | стол, стул, шкаф, стенд учебный |
| | Д-114, Компьютерный класс кафедры РЗиАЭ | стол, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный |
| | Д-105, Компьютерный класс кафедры РЗиАЭ | стол, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, компьютер персональный |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации | Г-200, Учебная аудитория | парта со скамьей, стол преподавателя, стул, трибуна, мультимедийный проектор, экран |
| Помещения для самостоятельной работы | НТБ-302, Читальный зал отдела обслуживания учебной литературой | стул, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный |
| Помещения для консультирования | Г-200, Учебная аудитория | парта со скамьей, стол преподавателя, стул, трибуна, мультимедийный проектор, экран |
| | Д-110, Кабинет сотрудников кафедры РЗиАЭ | кресло рабочее, стол, стул, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер |
| | Д-108, Кабинет сотрудников каф. "РЗиАЭ" | кресло рабочее, стол, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, компьютер персональный, принтер |
| | Д-103/1, Помещение | кресло рабочее, стол, стул, шкаф для |

| | | |
|--|--|--|
| | каф. "РЗиАЭ" | документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, компьютер персональный, принтер |
| | Д-210, Помещение сотрудников кафедры РЗиАЭ | кресло рабочее, стол, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер |
| | Д-211, Помещение кафедры РЗиАЭ | кресло рабочее, стол, стул, шкаф для документов, компьютер персональный, принтер |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря | Д-103/2, Склад кафедры РЗиАЭ | компьютерная сеть с выходом в Интернет, оборудование специализированное |

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Релейная защита электроэнергетических систем

(название дисциплины)

6 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Контрольная работа №1 «Векторные диаграммы и максимальная токовая защита» (Контрольная работа)
- КМ-2 Контрольная работа №2 «Токовые ступенчатые защиты» (Домашнее задание)
- КМ-3 Защита лабораторной работы №1 (Лабораторная работа)
- КМ-4 Контрольная работа №3 «Токовые направленные и дистанционные защиты линий» (Домашнее задание)
- КМ-5 Защита типового расчета (Расчетно-графическая работа)
- КМ-6 Контрольная работа №4 «Защиты с абсолютной селективностью» (Домашнее задание)
- КМ-7 Письменный опрос «Релейная защита и автоматизация элементов энергосистем» (Контрольная работа)
- КМ-8 Защита лабораторной работы №3 (Лабораторная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

| Номер раздела | Раздел дисциплины | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 | КМ-6 | КМ-7 | КМ-8 |
|---------------|--|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | Неделя КМ: | 4 | 7 | 8 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 1 | Введение в курс «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» | | | | | | | | | |
| 1.1 | Введение в курс «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» | | + | + | + | + | | + | + | |
| 2 | Векторные диаграммы токов и напряжений при КЗ в ЭЭС | | | | | | | | | |
| 2.1 | Векторные диаграммы токов и напряжений при КЗ в ЭЭС | | + | + | + | + | | + | + | + |
| 3 | Токовые защиты от коротких замыканий | | | | | | | | | |
| 3.1 | Токовые защиты от коротких замыканий | | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 4 | Максимальная токовая защита от многофазных КЗ | | | | | | | | | |
| 4.1 | Максимальная токовая защита от многофазных КЗ | | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 5 | Параметры срабатывания и схемы токовых защит со ступенчатыми характеристиками выдержек времени | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|------------|---|---|---|----|---|----|----|----|----|
| 5.1 | Параметры срабатывания и схемы токовых защит со ступенчатыми характеристиками выдержек времени | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 6 | Токовые направленные защиты | | | | | | | | |
| 6.1 | Токовые направленные защиты | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 7 | Защита от КЗ на землю в сети с заземленной нейтралью и от замыканий на землю в сети с изолированной нейтралью | | | | | | | | |
| 7.1 | Защита от КЗ на землю в сети с заземленной нейтралью и от замыканий на землю в сети с изолированной нейтралью | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 8 | Автоматическое повторное включение и автоматический ввод резерва | | | | | | | | |
| 8.1 | Автоматическое повторное включение и автоматический ввод резерва | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 9 | Дистанционная защита | | | | | | | | |
| 9.1 | Дистанционная защита | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 10 | Дифференциальные токовые защиты | | | | | | | | |
| 10.1 | Дифференциальные токовые защиты | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 11 | Релейная защита и автоматика сборных шин. Резервирование | | | | | | | | |
| 11.1 | Релейная защита и автоматика сборных шин. Резервирование | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 12 | Релейная защита и автоматика трансформаторов | | | | | | | | |
| 12.1 | Релейная защита и автоматика трансформаторов | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 13 | Релейная защита синхронных генераторов | | | | | | | | |
| 13.1 | Релейная защита синхронных генераторов | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 14 | Релейная защита блока генератор-трансформатор | | | | | | | | |
| 14.1 | Релейная защита блока генератор-трансформатор | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Вес КМ, %: | | 8 | 8 | 14 | 8 | 20 | 15 | 13 | 14 |