

**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**  
**РАСЧЕТЫ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ**  
**СИСТЕМ**

|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| Блок:                             | Блок 1 «Дисциплины (модули)»                             |
| Часть образовательной программы:  | Часть, формируемая участниками образовательных отношений |
| № дисциплины по учебному плану:   | Б1.Ч.16.02.03  |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 8 семестр - 5;   |
| Часов (всего) по учебному плану:  | 180 часов  |
| Лекции                            | 8 семестр - 28 часа;                                     |
| Практические занятия              | 8 семестр - 28 часа;                                     |
| Лабораторные работы               | 8 семестр - 14 часов;                                    |
| Консультации                      | 8 семестр - 2 часа;                                      |
| Самостоятельная работа            | 8 семестр - 107,5 часов;                                 |
| в том числе на КП/КР              | не предусмотрено учебным планом                          |
| Иная контактная работа            | проводится в рамках часов аудиторных занятий             |
| включая:                          |  |
| Тестирование                      |  |
| Домашнее задание                  |  |
| Лабораторная работа               |  |
| Промежуточная аттестация:         |  |
| Экзамен                           | 8 семестр - 0,5 часа;                                    |

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

|  |  |                              |
|--|--|------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                              |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                              |
|  | Владелец   | Бисеров Д.М.                 |
|  | Идентификатор                                      | Rec124f50-BiserovDM-3b13d00a |

Д.М. Бисеров

**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   | Шаров Ю.В.                    |
|  | Идентификатор                                      | R324da3b6-SharovYurV-0bb905bf |

Ю.В. Шаров

Заведующий выпускающей  
кафедрой

|  |  |                               |
|--|--|-------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                               |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                               |
|  | Владелец   | Темников А.Г.                 |
|  | Идентификатор                                      | Ra0abb123-TemnikovAG-2d4db00f |

А.Г. Темников

Заведующий выпускающей  
кафедрой

|  |  |                              |
|--|--|------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                              |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                              |
|  | Владелец   | Монаков Ю.В.                 |
|  | Идентификатор                                      | R4bfa2851-MonakovYV-407f6fea |

Ю.В. Монаков

Заведующий выпускающей  
кафедрой

|  |  |                               |
|--|--|-------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                               |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                               |
|  | Владелец   | Волошин А.А.                  |
|  | Идентификатор                                      | Ra915003b-VoloshinAA-408ebd73 |

А.А. Волошин

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение принципов действия, построения, методов расчета и оценки устройств релейной защиты линий электропередач электроэнергетической системы.

### Задачи дисциплины

- приобретение знаний о технических требованиях к релейной защите линий электропередачи электроэнергетической системы, принципов выполнения, способов реализации и технических средств релейной защиты;

- приобретение навыков определения возможных вариантов выполнения релейной защиты линий электропередачи, расчёта параметров срабатывания и оценки проектируемой защиты для обоснованного принятия технического решения;

- формирование умения анализировать поведение устройств релейной защиты электроэнергетических систем с помощью комплексных моделей объекта и релейной защиты..

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-2 <sub>ПК-1</sub> Выбирает параметры электрооборудования, учитывая технические и экономические ограничения | <p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Режимы работы электроэнергетической системы, рассматриваемые при проектировании релейной защиты;</li><li>- Принципы функционирования и настройки токовой ступенчатой защиты от междуфазных коротких замыканий;</li><li>- Назначение релейной защиты в электроэнергетической системе;</li><li>- Принципы ближнего и дальнего резервирования;</li><li>- Принципы функционирования и настройки токовой направленной защиты нулевой последовательности;</li><li>- Принципы функционирования и настройки дистанционной защиты;</li><li>- Основные соотношения при коротких замыканиях.</li></ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Рассчитывать электрические величины для целей выбора параметров срабатывания релейной защиты;</li><li>- Рассчитывать токовые защиты от междуфазных КЗ в радиальной сети с одним источником питания;</li><li>- Рассчитывать токовые направленные защиты от междуфазных КЗ;</li><li>- Рассчитывать токовые направленные защиты нулевой последовательности от КЗ на землю в сетях с напряжением <math>\geq 110</math> кВ;</li><li>- Рассчитывать дистанционные защиты.</li></ul> |

## **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.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать современное оборудование и основные режимы работы объектов электроэнергетической системы;
- знать основные принципы работы и выполнения релейной защиты электроэнергетической системы;
- знать основные источники отечественной и зарубежной научно-технической информации по вопросам проектирования, исследования и эксплуатации релейной защиты электроэнергетической системы.
- уметь составлять схемы замещения электрических цепей для выполнения расчетов релейной защиты;
- уметь выполнять разработку устройств релейной защиты;
- уметь работать с современными программными средствами для расчета, проектирования и эксплуатации средств релейной защиты.

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     | Назначение релейной защиты в электроэнергетической системе | 5                     | 8       | 2  | -   | -  | -            | - | -   | -  | -  | 3                 | -                                 | <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br/>Подготовка к тесту 1. Назначение РЗ</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение основных требований к релейной защите от КЗ в ЭЭС. [Федосеев А. М., Федосеев М. А., Релейная защита электроэнергетических систем : учебник для вузов /.- М. : Издательский дом МЭИ, 2018 . – 528 с.] с.9-44</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br/>[1], стр. 9-44<br/>[5], стр. 5-28</p> |   |
| 1.1   | Назначение релейной защиты в электроэнергетической системе | 5                     |         | 2  | -   | -  | -            | - | -   | -  | -  | -                 | 3                                 |   | - |
| 2     | Расчет токов короткого замыкания                           | 41                    |         | 6  | 4   | 12 | -            | - | -   | -  | -  | -                 | 19                                |   | - |
| 2.1   | Основные виды коротких замыканий                           | 5                     |         | 2  | -   | -  | -            | - | -   | -  | -  | -                 | 3                                 |   | - |
| 2.2   | Основные положения расчета токов короткого замыкания       | 22                    |         | 2  | 2   | 8  | -            | - | -   | -  | -  | -                 | 10                                |   | - |
| 2.3   | Составление и преобразование схем замещения                | 14                    | 2       | 2  | 4   | -  | -            | - | -   | -  | -  | 6                 | -                                 | <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b><br/>Подготовка к лабораторной работе (в соответствии с графиком)</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Основные</p>  |   |



|     |  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |  |
|-----|--|----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|--|
|     |  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   | для релейной защиты в сетях различной конфигурации<br><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br>Подготовка к тесту 2. Расчет токов короткого замыкания<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[1], стр. 59-101<br>[3], стр. 272-366   |
| 3   | Токовая ступенчатая защита от междуфазных коротких замыканий | 32 | 4 | 4 | 8 | - | - | - | - | - | 16 | - | <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br>Подготовка к тесту 3. Токовая ступенчатая защита от междуфазных коротких замыканий  |
| 3.1 | Токовые ступенчатые защиты                                   | 16 | 2 | 2 | 4 | - | - | - | - | - | 8  | - | <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Токовые и токовые направленные защиты [Федосеев А. М., Федосеев М. А., Релейная защита электроэнергетических систем : учебник для вузов /.- М. : Издательский дом МЭИ, 2018 . – 528 с.] с.193-231 [Релейная защита электроэнергетических систем : Учебное пособие для вузов по направлению 551700 "Электроэнергетика" по дисциплине "Релейная защита электроэнергетических систем"" / Э. И. Басс, В. Г. Дорогунцев ; Ред. А. Ф. Дьяков . – М. : Изд-во МЭИ, 2002 . – 296 с.] с.58-103 |
| 3.2 | Токовые направленные защиты                                  | 16 | 2 | 2 | 4 | - | - | - | - | - | 8  | - | <b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b><br>Подготовка к лабораторной работе (в соответствии с графиком)<br><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b><br>Выполнение упражнения 4. Расчет токовых защит линий в радиальной сети с односторонним питанием<br><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b><br>Выполнение упражнения 5. Расчет токовых направленных защит линий электропередачи от междуфазных коротких замыканий<br><b><u>Изучение материалов литературных</u></b>  |

|     |  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |  |
|-----|--|----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|--|
|     |  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   | <b><u>источников:</u></b><br>[1], стр. 193-231<br>[2], стр. 58-103<br>[5], стр. 44-50  |
| 4   | Дистанционная защита   | 27 | 6 | 2 | 4 | - | - | - | - | - | 15 | - | <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Колебания напряжений и токов при качаниях и нарушениях синхронизма [Федосеев А. М., Федосеев М. А., Релейная защита электроэнергетических систем : учебник для вузов /.- М. : Издательский дом МЭИ, 2018 . – 528 с.] с.102-105 Дистанционные защиты [Федосеев А. М., Федосеев М. А., Релейная защита электроэнергетических систем : учебник для вузов /.- М. : Издательский дом МЭИ, 2018 . – 528 с.] с.232-274 [Релейная защита электроэнергетических систем : Учебное пособие для вузов по направлению 551700 "Электроэнергетика" по дисциплине "Релейная защита электроэнергетических систем"" / Э. И. Басс, В. Г. Дорогунцев ; Ред. А. Ф. Дьяков . – М. : Изд-во МЭИ, 2002 . – 296 с.] с.104-138<br><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b><br>Подготовка к лабораторной работе (в соответствии с графиком)<br><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b><br>Выполнение упражнения 6. Расчет дистанционных защит линий электропередачи<br><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br>Подготовка к тесту 4. Дистанционная защита<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[1], стр. 102-105, 232-274<br>[2], стр. 104-138 |
| 4.1 | Общие вопросы выполнения дистанционной защиты                      | 5  | 2 | - | - | - | - | - | - | - | 3  | - |  |
| 4.2 | Выбор параметров срабатывания трехступенчатой дистанционной защиты | 14 | 2 | - | 4 | - | - | - | - | - | 8  | - |  |
| 4.3 | Предотвращение неправильных действий дистанционной защиты          | 8  | 2 | 2 | - | - | - | - | - | - | 4  | - |  |
| 5   | Токовая направленная защита нулевой последовательности             | 26 | 6 | 2 | 4 | - | - | - | - | - | 14 | - | <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Расчет ступенчатых токовых направленных и   |

|     |  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|-----|--|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
| 5.1 | Общая характеристика токовой направленной защиты нулевой последовательности  | 5  | 2 | - | - | - | - | - | - | - | 3 | - | ненаправленных защит нулевой последовательности от замыканий на землю линий 110-220 кВ [Руководящие указания по релейной защите: Вып. 2. Ступенчатая токовая защита нулевой последовательности от замыканий на землю линий 110-220 кВ . – М.-Л. : Госэнергоиздат, 1961 . – 64 с.] с.14-25;       |
| 5.2 | Выбор параметров срабатывания токовой направленной защиты нулевой последовательности на одиночной линии с двухсторонним питанием | 5  | 2 | - | - | - | - | - | - | - | 3 | - | <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br>Подготовка к тесту 5. Токовая направленная защита нулевой последовательности  |
| 5.3 | Выбор параметров срабатывания токовой направленной защиты нулевой последовательности на параллельных линиях                      | 16 | 2 | 2 | 4 | - | - | - | - | - | 8 | - | <b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b><br>Выполнение упражнения 7. Расчет токовых защит нулевой последовательности в сетях 110-220 кВ   |
| 6   | Основные способы резервирования отключения в электрических сетях. Устройство резервирования при отказе выключателя               | 5  | 2 | - | - | - | - | - | - | - | 3 | - | <b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b><br>Подготовка к лабораторной работе (в соответствии с графиком)  |
| 6.1 | Основные способы резервирования отключения в электрических сетях. Устройство резервирования при отказе выключателя               | 5  | 2 | - | - | - | - | - | - | - | 3 | - | <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[4], стр. 14-25  |
| 7   | Итоги  | 8  | 2 | 2 | - | - | - | - | - | - | 4 | - | <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b><br>Резервирование. Устройство резервирования при отказе выключателя [Федосеев А. М., Федосеев М. А., Релейная защита электроэнергетических систем : учебник для вузов /– М. : Издательский дом МЭИ, 2018 . – 528 с.] с.496-504; |
| 7.1 | Итоги  | 8  | 2 | 2 | - | - | - | - | - | - | 4 | - | <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br>Подготовка к тесту 6. Устройство резервирования при отказе выключателя  |
|     |  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[1], стр. 496-504  |
|     |  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br>Подготовка к тесту 7. Итоговый тест   |
|     |  |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Повторение  |

|  |                  |       |    |    |    |   |   |   |   |     |       |      |                       |
|--|------------------|-------|----|----|----|---|---|---|---|-----|-------|------|-----------------------|
|  |                  |       |    |    |    |   |   |   |   |     |       |      | пройденного материала |
|  | Экзамен          | 36.0  | -  | -  | -  | - | 2 | - | - | 0.5 | -     | 33.5 |                       |
|  | Всего за семестр | 180.0 | 28 | 14 | 28 | - | 2 | - | - | 0.5 | 74    | 33.5 |                       |
|  | Итого за семестр | 180.0 | 28 | 14 | 28 | 2 |   | - |   | 0.5 | 107.5 |      |                       |

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

### **3.2 Краткое содержание разделов**

#### 1. Назначение релейной защиты в электроэнергетической системе

##### 1.1. Назначение релейной защиты в электроэнергетической системе

Основные режимы работы электроэнергетической системы. Назначение релейной защиты. Функции релейной защиты. Требования, предъявляемые к релейной защите.

#### 2. Расчет токов короткого замыкания

##### 2.1. Основные виды коротких замыканий

Виды коротких замыканий. Влияние переходных сопротивлений. Устойчивость коротких замыканий. Изменение вида коротких замыканий. Влияние переходных процессов на поведение релейной защиты. Влияние нагрузки.

##### 2.2. Основные положения расчета токов короткого замыкания

Основные виды расчетов токов короткого замыкания и их цели. Основные допущения при выполнении расчетов токов короткого замыкания. Метод симметричных составляющих. Граничные условия при различных видах коротких замыканий. Комплексные схемы замещения. Векторные диаграммы токов при коротких замыканиях. Основные соотношения.

##### 2.3. Составление и преобразование схем замещения

Расчет сопротивлений элементов сети: генератора, системы, линии, трансформаторов и реакторов. Расчет параметров схемы замещения нулевой последовательности трансформаторов и автотрансформаторов. Расчет параметров схемы замещения нулевой последовательности воздушных линий электропередач. Пример составления схем замещения для расчетов токов короткого замыкания на землю. Преобразование схем замещения: эквивалентирование источников, преобразования "звезда-треугольник" и "треугольник-звезда".

#### 3. Токовая ступенчатая защита от междофазных коротких замыканий

##### 3.1. Токовые ступенчатые защиты

Общая характеристика токовых ступенчатых защит. Область применения. Структура токовой ступенчатой защиты. Расчет токовой отсечки без выдержки времени. Расчет параметров срабатывания II ступени. Расчет параметров срабатывания III ступени. Выбор схемы подключения измерительных органов III ступени к трансформаторам тока. Особенности выполнения токовой защиты с плавно-зависимыми характеристиками. Расчет параметров срабатывания токовых защит в сети с односторонним питанием параллельных линий.

##### 3.2. Токовые направленные защиты

Выбор выдержек времени токовых направленных защит. Каскадное действие защит. Орган направления мощности. Релейно-контактная схема токовой направленной защиты. Выбор токов срабатывания последних ступеней токовой направленной защиты. Особенности расчета токов срабатывания максимальной токовой защиты кольцевой сети. Расчет тока срабатывания I ступени. Выбор параметров срабатывания II ступени.

#### 4. Дистанционная защита

##### 4.1. Общие вопросы выполнения дистанционной защиты

Принцип действия дистанционной защиты. Определение сопротивления на измерительных органах дистанционной защиты. Структура трехступенчатой дистанционной защиты. Факторы, влияющие на поведение измерительного органа сопротивления. Виды характеристик срабатывания измерительных органов сопротивления. Действие дистанционной защиты при близких коротких замыканиях.

#### 4.2. Выбор параметров срабатывания трехступенчатой дистанционной защиты

Выбор параметров срабатывания I ступени. Выбор параметров срабатывания II ступени. Учет параллельных линий при выборе параметров срабатывания II ступени. Выбор параметров срабатывания III ступени. Способы повышения чувствительности III ступени.

#### 4.3. Предотвращение неправильных действий дистанционной защиты

Поведение ИОС при качаниях. Принципы выполнения блокировок при качаниях. Блокировка при неисправностях в цепях напряжений. Структурная схема дистанционной защиты. Оценка и область применения дистанционных защит.

### 5. Токовая направленная защита нулевой последовательности

#### 5.1. Общая характеристика токовой направленной защиты нулевой последовательности

Общая характеристика токовой направленной защиты нулевой последовательности. Получение составляющих нулевой последовательности. Основные преимущества токовой защиты нулевой последовательности. Основные недостатки токовой защиты нулевой последовательности.

#### 5.2. Выбор параметров срабатывания токовой направленной защиты нулевой последовательности на одиночной линии с двухсторонним питанием

Выбор параметров срабатывания I ступени. Выбор параметров срабатывания II ступени. Выбор параметров срабатывания III ступени. Выбор параметров срабатывания последней (чувствительной) ступени. Определение направленности ступеней токовой направленной защиты нулевой последовательности.

#### 5.3. Выбор параметров срабатывания токовой направленной защиты нулевой последовательности на параллельных линиях

Особенности выбора параметров срабатывания I ступени. Особенности выбора параметров срабатывания II ступени. Особенности выбора параметров срабатывания III ступени. Особенности выбора параметров срабатывания одиночных линий с односторонним питанием. Проверка чувствительности токовой защиты нулевой последовательности.

### 6. Основные способы резервирования отключения в электрических сетях. Устройство резервирования при отказе выключателя

#### 6.1. Основные способы резервирования отключения в электрических сетях. Устройство резервирования при отказе выключателя

Общие вопросы. Дальнее резервирование. Ближнее резервирование. Назначение устройства резервирования при отказе выключателя. Принцип действия устройства резервирования при отказе выключателя. Выполнение схемы устройства резервирования при отказе выключателя. Выбор уставок устройства резервирования при отказе выключателя. Время ликвидации короткого замыкания.

### 7. Итоги

### 7.1. Итоги

Назначение релейной защиты. Функции релейной защиты и их нарушения. Требования к релейной защите. Относительная и абсолютная селективность. Расчет токов короткого замыкания. Токовые ступенчатые защиты от междуфазных коротких замыканий. Токовые направленные защиты. Измерительные органы дистанционной защиты. Выбор параметров срабатывания дистанционных защит. Органы блокировки дистанционной защиты. Токовая направленная защита нулевой последовательности. Выбор параметров срабатывания токовой защиты нулевой последовательности на параллельных линиях. Устройство резервирования при отказе выключателя.

### 3.3. Темы практических занятий

1. Расчет токов КЗ для релейной защиты в сетях различной конфигурации (4 часа);
2. Расчет токовых защит линий в радиальной сети с односторонним питанием (4 часа);
3. Особенности расчета токов КЗ для выбора параметров срабатывания РЗ генераторов (4 часа);
4. Расчет дистанционных защит линий электропередачи (4 часа);
5. Расчет токовых направленных защит нулевой последовательности в сетях 110-220 кВ (4 часа);
6. Расчет токовых направленных защит линий электропередачи от междуфазных коротких замыканий (4 часа);
7. Использование метода симметричных составляющих для расчета токов и напряжений при КЗ. Построение векторных диаграмм (4 часа).

### 3.4. Темы лабораторных работ

1. Дистанционные и токовые направленные защиты нулевой последовательности (4 часа);
2. Токовые ступенчатые защиты от междуфазных коротких замыканий (4 часа);
3. Основные соотношения и векторные диаграммы при коротких замыканиях (4 часа).

### 3.5 Консультации

#### Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по вопросам раздела "Назначение релейной защиты в электроэнергетической системе"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Расчет токов короткого замыкания"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Токовая ступенчатая защита от междуфазных коротких замыканий"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Дистанционная защита"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Токовая направленная защита нулевой последовательности"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основные способы резервирования отключения в электрических сетях. Устройство резервирования при отказе выключателя"
7. Обсуждение материалов по вопросам пройденных разделов

### 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<br>(в соответствии с разделом 1)           | Коды индикаторов | Номер раздела дисциплины<br>(в соответствии с п.3.1) |   |   |   |   |   |   | Оценочное средство<br>(тип и наименование) |  |
|--|------------------|--|---|---|---|---|---|---|--|--|
|  |                  | 1  | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |  |  |
| <b>Знать:</b>  |                  |  |   |   |   |   |   |   |  |  |
| Основные соотношения при коротких замыканиях   | ИД-2ПК-1         |  | + |   |   |   |   |   | +  | Лабораторная работа/Лабораторная работа 1. Основные соотношения и векторные диаграммы при коротких замыканиях<br>Тестирование/Тест 2. Расчет токов короткого замыкания<br>Тестирование/Тест 7. Итоговый тест                           |
| Принципы функционирования и настройки дистанционной защиты                                   | ИД-2ПК-1         |  |   |   | + |   |   |   | +  | Лабораторная работа/Лабораторная работа 3. Дистанционные и токовые направленные защиты нулевой последовательности<br>Тестирование/Тест 4. Дистанционная защита<br>Тестирование/Тест 7. Итоговый тест                                   |
| Принципы функционирования и настройки токовой направленной защиты нулевой последовательности | ИД-2ПК-1         |  |   |   |   | + |   |   | +  | Лабораторная работа/Лабораторная работа 3. Дистанционные и токовые направленные защиты нулевой последовательности<br>Тестирование/Тест 5. Токовая направленная защита нулевой последовательности<br>Тестирование/Тест 7. Итоговый тест |
| Принципы ближнего и дальнего резервирования  | ИД-2ПК-1         |  |   |   |   |   |   | + | +  | Тестирование/Тест 6. Устройство резервирования при отказе выключателя<br>Тестирование/Тест 7. Итоговый тест  |
| Назначение релейной защиты в электроэнергетической системе                                   | ИД-2ПК-1         | +  |   |   |   |   |   |   | +  | Тестирование/Тест 1. Назначение релейной защиты<br>Тестирование/Тест 7. Итоговый тест  |
| Принципы функционирования и настройки  | ИД-2ПК-1         |  |   | + |   |   |   |   | +  | Лабораторная работа/Лабораторная работа 2.   |

|  |                      |   |   |  |   |  |  |   |   |
|--|----------------------|---|---|--|---|--|--|---|---|
| токовой ступенчатой защиты от междуфазных коротких замыканий   |                      |   |   |  |   |  |  |   | Токовые ступенчатые защиты от междуфазных коротких замыканий<br>Тестирование/Тест 3. Токовая ступенчатая защита от междуфазных коротких замыканий<br>Тестирование/Тест 7. Итоговый тест   |
| Режимы работы электроэнергетической системы, рассматриваемые при проектировании релейной защиты                        | ИД-2 <sub>ПК-1</sub> | + |   |  |   |  |  | + | Тестирование/Тест 1. Назначение релейной защиты<br>Тестирование/Тест 7. Итоговый тест   |
| <b>Уметь:</b>  |                      |   |   |  |   |  |  |   |   |
| Рассчитывать дистанционные защиты  | ИД-2 <sub>ПК-1</sub> |   |   |  | + |  |  | + | Лабораторная работа/Лабораторная работа 3. Дистанционные и токовые направленные защиты нулевой последовательности<br>Домашнее задание/Упражнение 6. Расчет дистанционных защит линий электропередачи                                |
| Рассчитывать токовые направленные защиты нулевой последовательности от КЗ на землю в сетях с напряжением $\geq 110$ кВ | ИД-2 <sub>ПК-1</sub> |   |   |  |   |  |  | + | Лабораторная работа/Лабораторная работа 3. Дистанционные и токовые направленные защиты нулевой последовательности<br>Домашнее задание/Упражнение 7. Расчет токовых направленных защит нулевой последовательности в сетях 110-220 кВ |
| Рассчитывать токовые направленные защиты от междуфазных КЗ   | ИД-2 <sub>ПК-1</sub> |   |   |  | + |  |  |   | Лабораторная работа/Лабораторная работа 2. Токовые ступенчатые защиты от междуфазных коротких замыканий<br>Домашнее задание/Упражнение 5. Расчет токовых направленных защит линий электропередачи от междуфазных коротких замыканий |
| Рассчитывать токовые защиты от междуфазных КЗ в радиальной сети с одним источником питания                             | ИД-2 <sub>ПК-1</sub> |   |   |  | + |  |  |   | Домашнее задание/Упражнение 4. Расчет токовых защит линий в радиальной сети с односторонним питанием  |
| Рассчитывать электрические величины для  | ИД-2 <sub>ПК-1</sub> |   | + |  |   |  |  |   | Лабораторная работа/Лабораторная работа 1.  |

|   |  |  |  |  |  |  |  |   |
|---|--|--|--|--|--|--|--|---|
| <p>целей выбора параметров срабатывания релейной защиты</p> |  |  |  |  |  |  |  | <p>Основные соотношения и векторные диаграммы при коротких замыканиях</p> <p>Лабораторная работа/Лабораторная работа 2. Токовые ступенчатые защиты от междуфазных коротких замыканий</p> <p>Лабораторная работа/Лабораторная работа 3. Дистанционные и токовые направленные защиты нулевой последовательности</p> <p>Домашнее задание/Упражнение 1. Использование метода симметричных составляющих для расчета токов и напряжений при КЗ. Построение векторных диаграмм</p> <p>Домашнее задание/Упражнение 2. Особенности расчета токов КЗ для выбора параметров срабатывания РЗ генераторов</p> <p>Домашнее задание/Упражнение 3. Расчет токов КЗ для релейной защиты в сетях различной конфигурации</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**

#### **8 семестр**

Форма реализации: Выполнение задания

1. Упражнение 1. Использование метода симметричных составляющих для расчета токов и напряжений при КЗ. Построение векторных диаграмм (Домашнее задание)
2. Упражнение 2. Особенности расчета токов КЗ для выбора параметров срабатывания РЗ генераторов (Домашнее задание)
3. Упражнение 3. Расчет токов КЗ для релейной защиты в сетях различной конфигурации (Домашнее задание)
4. Упражнение 4. Расчет токовых защит линий в радиальной сети с односторонним питанием (Домашнее задание)
5. Упражнение 5. Расчет токовых направленных защит линий электропередачи от междуфазных коротких замыканий (Домашнее задание)
6. Упражнение 6. Расчет дистанционных защит линий электропередачи (Домашнее задание)
7. Упражнение 7. Расчет токовых направленных защит нулевой последовательности в сетях 110-220 кВ (Домашнее задание)

Форма реализации: Защита задания

1. Лабораторная работа 1. Основные соотношения и векторные диаграммы при коротких замыканиях (Лабораторная работа)
2. Лабораторная работа 2. Токовые ступенчатые защиты от междуфазных коротких замыканий (Лабораторная работа)
3. Лабораторная работа 3. Дистанционные и токовые направленные защиты нулевой последовательности (Лабораторная работа)

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Тест 1. Назначение релейной защиты (Тестирование)
2. Тест 2. Расчет токов короткого замыкания (Тестирование)
3. Тест 3. Токовая ступенчатая защита от междуфазных коротких замыканий (Тестирование)
4. Тест 4. Дистанционная защита (Тестирование)
5. Тест 5. Токовая направленная защита нулевой последовательности (Тестирование)
6. Тест 6. Устройство резервирования при отказе выключателя (Тестирование)
7. Тест 7. Итоговый тест (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

Экзамен (Семестр №8)

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 8 семестр.

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

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1 Печатные и электронные издания:

1. Федосеев, А. М. Релейная защита электроэнергетических систем : Учебник для вузов по специальности "Автоматическое управление электроэнергетическими системами" / А. М. Федосеев, М. А. Федосеев . – 2-е изд., перераб. и доп . – М. : Энергоатомиздат, 1992 . – 526 с. - ISBN 5-283-01171-2 : 33.75 .;
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. Ульянов, С. А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах : учебник для электротехнических и энергетических вузов и факультетов / С. А. Ульянов . – 2-е изд., стер . – М. : Тид Арис, 2010 . – 520 с. - ISBN 978-5-904673-01-7 .;
4. Руководящие указания по релейной защите: Вып. 2. Ступенчатая токовая защита нулевой последовательности от замыканий на землю линий 110-220 кВ . – М.-Л. : Госэнергоиздат, 1961 . – 64 с.;
5. А. В. Куксин- "Релейная защита электроэнергетических систем", Издательство: "Инфра-Инженерия", Москва, Вологда, 2021 - (200 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=618527>.

### 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. 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. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
4. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
5. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
6. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
7. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения   | Номер аудитории, наименование  | Оснащение  |
|---|--------------------------------|--|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | Д-107, Аудитория кафедры РЗиАЭ | стол, стул, шкаф, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, журналы, книги, учебники, пособия |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП          | Д-107, Аудитория кафедры РЗиАЭ | стол, стул, шкаф, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, журналы, книги, учебники, пособия |
| Учебные аудитории для   | Д-114,                         | стол, стул, компьютерная сеть с выходом  |

|   |   |  |
|---|---|--|
| проведения лабораторных занятий                           | Компьютерный класс кафедры РЗиАЭ        | 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 | Д-107, Аудитория кафедры РЗиАЭ          | стол, стул, шкаф, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, журналы, книги, учебники, пособия   |
| Помещения для самостоятельной работы                      | НТБ-303, Компьютерный читальный зал     | стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер |
| Помещения для консультирования                            | Д-107, Аудитория кафедры РЗиАЭ          | стол, стул, шкаф, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, журналы, книги, учебники, пособия   |
| 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

### Расчеты релейной защиты электроэнергетических систем

(название дисциплины)

#### 8 семестр

#### Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Тест 1. Назначение релейной защиты (Тестирование)
- КМ-2 Упражнение 1. Использование метода симметричных составляющих для расчета токов и напряжений при КЗ. Построение векторных диаграмм (Домашнее задание)
- КМ-3 Тест 2. Расчет токов короткого замыкания (Тестирование)
- КМ-4 Упражнение 2. Особенности расчета токов КЗ для выбора параметров срабатывания РЗ генераторов (Домашнее задание)
- КМ-5 Тест 3. Токовая ступенчатая защита от междуфазных коротких замыканий (Тестирование)
- КМ-6 Упражнение 3. Расчет токов КЗ для релейной защиты в сетях различной конфигурации (Домашнее задание)
- КМ-7 Лабораторная работа 1. Основные соотношения и векторные диаграммы при коротких замыканиях (Лабораторная работа)
- КМ-8 Тест 4. Дистанционная защита (Тестирование)
- КМ-9 Упражнение 4. Расчет токовых защит линий в радиальной сети с односторонним питанием (Домашнее задание)
- КМ-10 Упражнение 5. Расчет токовых направленных защит линий электропередачи от междуфазных коротких замыканий (Домашнее задание)
- КМ-11 Тест 5. Токовая направленная защита нулевой последовательности (Тестирование)
- КМ-12 Лабораторная работа 2. Токовые ступенчатые защиты от междуфазных коротких замыканий (Лабораторная работа)
- КМ-13 Тест 6. Устройство резервирования при отказе выключателя (Тестирование)
- КМ-14 Упражнение 6. Расчет дистанционных защит линий электропередачи (Домашнее задание)
- КМ-15 Тест 7. Итоговый тест (Тестирование)
- КМ-16 Упражнение 7. Расчет токовых направленных защит нулевой последовательности в сетях 110-220 кВ (Домашнее задание)
- КМ-17 Лабораторная работа 3. Дистанционные и токовые направленные защиты нулевой последовательности (Лабораторная работа)

#### Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

| Но<br>мер<br>раз<br>дел<br>а | Раздел<br>дисципли<br>ны | Ин<br>дек<br>с                 | К<br>М<br>-1 | К<br>М<br>-2 | К<br>М<br>-3 | К<br>М<br>-4 | К<br>М<br>-5 | К<br>М<br>-6 | К<br>М<br>-7 | К<br>М<br>-8 | К<br>М<br>-9 | К<br>М<br>-0 | К<br>М<br>-1 | К<br>М<br>-2 | К<br>М<br>-3 | К<br>М<br>-4 | К<br>М<br>-5 | К<br>М<br>-6 | К<br>М<br>-7 |   |
|------------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---|
|                              |                          | К<br>М:<br>Не<br>дел<br>я<br>К | 1            | 3            | 4            | 5            | 6            | 7            | 8            | 9            | 9            | 1            | 1            | 1            | 1            | 1            | 1            | 1            | 1            | 1 |
|                              |                          |                                |              |              |              |              |              |              |              |              |              | 0            | 1            | 1            | 2            | 3            | 4            | 5            | 6            | 7 |
|                              |                          |                                | 1            | 3            | 4            | 5            | 6            | 7            | 8            | 9            | 9            | 1            | 1            | 1            | 1            | 1            | 1            | 1            | 1            | 1 |
|                              |                          |                                |              |              |              |              |              |              |              |              |              | 1            | 2            | 2            | 3            | 3            | 4            | 4            | 4            | 4 |

|     |  | М: |   |   |   |  |   |   |  |  |  |   |   |  |  |  |   |   |   |
|-----|--|----|---|---|---|--|---|---|--|--|--|---|---|--|--|--|---|---|---|
| 1   | Назначение релейной защиты в электроэнергетической системе   |    |   |   |   |  |   |   |  |  |  |   |   |  |  |  |   |   |   |
| 1.1 | Назначение релейной защиты в электроэнергетической системе   | +  |   |   |   |  |   |   |  |  |  |   |   |  |  |  | + |   |   |
| 2   | Расчет токов короткого замыкания                             |    |   |   |   |  |   |   |  |  |  |   |   |  |  |  |   |   |   |
| 2.1 | Основные виды коротких замыканий                             |    | + | + | + |  | + | + |  |  |  |   | + |  |  |  | + | + |   |
| 2.2 | Основные положения расчета токов короткого замыкания         |    | + | + | + |  | + | + |  |  |  |   | + |  |  |  | + | + |   |
| 2.3 | Составление и преобразование схем замещения                  |    | + | + | + |  | + | + |  |  |  |   | + |  |  |  | + | + |   |
| 3   | Токовая ступенчатая защита от междуфазных коротких замыканий |    |   |   |   |  |   |   |  |  |  |   |   |  |  |  |   |   |   |
| 3.1 | Токовые ступенчатые защиты                                   |    |   |   |   |  | + |   |  |  |  | + |   |  |  |  | + |   |   |
| 3.2 | Токовые направленные защиты                                  |    |   |   |   |  | + |   |  |  |  | + |   |  |  |  | + |   |   |
| 4   | Дистанционная защита   |    |   |   |   |  |   |   |  |  |  |   |   |  |  |  |   |   |   |
| 4.1 | Общие вопросы выполнения дистанционной защиты                |    |   |   |   |  |   |   |  |  |  |   |   |  |  |  | + | + | + |
| 4.2 | Выбор параметров срабатывания трехступенчат                  |    |   |   |   |  |   |   |  |  |  |   |   |  |  |  | + | + | + |

|     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|     | ой<br>дистанционно<br>й защиты   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4.3 | Предотвраще<br>ние<br>неправильных<br>действий<br>дистанционно<br>й защиты   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5   | Токовая<br>направленная<br>защита<br>нулевой<br>последователь<br>ности   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5.1 | Общая<br>характеристик<br>а токовой<br>направленной<br>защиты<br>нулевой<br>последователь<br>ности   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5.2 | Выбор<br>параметров<br>срабатывания<br>токовой<br>направленной<br>защиты<br>нулевой<br>последователь<br>ности на<br>одиночной<br>линии с<br>двухсторонни<br>м питанием |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5.3 | Выбор<br>параметров<br>срабатывания<br>токовой<br>направленной<br>защиты<br>нулевой<br>последователь<br>ности на<br>параллельных<br>линиях                             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6   | Основные<br>способы<br>резервирова<br>ния отключения<br>в  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|     | электрических сетях.<br>Устройство резервирования при отказе выключателя  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 6.1 | Основные способы резервирования отключения в электрических сетях.<br>Устройство резервирования при отказе выключателя |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | + |   | + |   |   |   |
| 7   | Итоги   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 7.1 | Итоги   | + |   | + |   | + |   | + | + |   |   | + | + | + | + | + |   | + |   |
|     | Вес КМ, %:  | 1 | 7 | 1 | 7 | 1 | 7 | 1 | 1 | 7 | 7 | 1 | 1 | 1 | 7 | 3 | 7 | 1 | 4 |