



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЭиАС

В.Р. Храппин

26.01.2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ И СЕТЕЙ***

Направление подготовки (специальность)  
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль/специализация) программы  
Электроснабжение

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
очная

|                     |   |
|---------------------|---|
| Институт/ факультет | Институт энергетики и автоматизированных систем |
| Кафедра             | Электроснабжения промышленных предприятий       |
| Курс                | 3   |
| Семестр             | 7   |

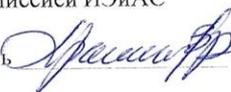
Магнитогорск  
2022 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 144)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
Электроснабжения промышленных предприятий  
25.01.2022, протокол № 5

Зав. кафедрой  Г.П. Корнилов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС  
26.01.2022 г. протокол № 5

Председатель  В.Р. Храмнин

Рабочая программа составлена:  
доцент кафедры ЭИП, канд. техн. наук

 Е.А. Панова

Рецензент:  
начальник ЦЭСиП ЦАО «ММК», канд. техн. наук



 Н.Л. Николаев

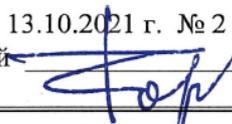
## Лист актуализации рабочей программы

---

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий

Протокол от 13.10.2021 г. № 2

Зав. кафедрой  Г.П. Корнилов

---

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Г.П. Корнилов

---

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Г.П. Корнилов

### 1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины "Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем" является формирование у студентов профессиональных знаний в области теории и практики устройств релейной защиты и автоматизации (РЗА) электроэнергетических систем, а также навыков расчета уставок токовых защит и устройств автоматики элементов электроэнергетической системы и проектирования схем релейной защиты и автоматики.

### 2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Теоретические основы электротехники

Электроэнергетические системы и сети

Электрические аппараты

Собственные нужды и вторичная коммутация электрических станций и подстанций

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/ практик:

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Надежность систем электроснабжения

### 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции  |
|----------------|---|
| ПК-3           | Способен принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования и проводить обоснование проектных решений, а также оформлять техническую документацию на различных стадиях разработки проекта |
| ПК-3.1         | Разрабатывает и оформляет комплекты проектной и рабочей документации простых узлов системы электроснабжения объектов капитального строительства   |
| ПК-3.2         | Выбирает оптимальные технические решения для разработки отдельных разделов на различных стадиях проекта системы электроснабжения объекта капитального строительства   |
| ПК-3.3         | Выбирает оборудование для отдельных разделов проекта на различных стадиях проектирования системы электроснабжения объектов капитального строительства   |
| ПК-5           | Способен оценивать нормальные, утяжеленные и послеаварийные режимы и ликвидировать аварийные режимы работы объектов профессиональной деятельности   |
| ПК-5.1         | Организовывает проведение аварийно-восстановительных и ремонтных работ на оборудовании подстанций   |
| ПК-5.2         | Проводит профилактические испытания и осуществляет анализ функционирования устройств релейной защиты и автоматики   |
| ПК-5.3         | Составляет схемы замещения на обслуживаемом оборудовании,   |

|  |  |
|--|--|
|  | рассчитывает параметры режима короткого замыкания на оборудовании РУ и ЛЭП, рассчитывает и выбирает уставки и характеристики устройств РЗА |
|--|--|

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц 180 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 81,6 акад. часов;
- аудиторная – 76 акад. часов;
- внеаудиторная – 5,6 акад. часов
- самостоятельная работа – 62,7 акад. часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. часа

Форма аттестации - экзамен, курсовой проект

| Раздел/ тема дисциплины   | Семестр | Аудиторная контактная работа (в акад. часах) |           |             | Самостоятельная работа студента | Вид самостоятельной работы  | Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации | Код компетенции |
|---|---------|--|-----------|-------------|---------------------------------|---|---|-----------------|
|   |         | Лек.   | лаб. зан. | практ. зан. |                                 |   |   |                 |
| 1. Введение   |         |  |           |             |                                 |   |   |                 |
| 1.1 Назначение релейной защиты и автоматики   | 7       | 0,5  |           |             | 0,2                             | Самостоятельное изучение учебной литературы, конспекта лекций; подготовка к аудиторной контрольной работе | Аудиторная контрольная работа №1                                | ПК-5.3          |
| 1.2 Повреждения и ненормальные режимы работы электроэнергетических систем. соотношения токов при трансформаторных связях в сети |         | 1  |           |             | 0,2                             | Самостоятельное изучение учебной литературы, конспекта лекций; подготовка к аудиторной контрольной работе | Аудиторная контрольная работа №1                                | ПК-5.3          |
| 1.3 Основные требования, предъявляемые к релейной защите  |         | 0,5  |           |             | 0,2                             | Самостоятельное изучение учебной литературы, конспекта лекций; подготовка к аудиторной контрольной работе | Аудиторная контрольная работа №1                                | ПК-5.3          |
| Итого по разделу  |         | 2  |           |             | 0,6                             |   |   |                 |
| 2. Элементы устройств релейной защиты и автоматики  |         |  |           |             |                                 |   |   |                 |

|   |   |   |      |  |     |   |                                  |        |
|---|---|---|------|--|-----|---|----------------------------------|--------|
| 2.1 Измерительные трансформаторы тока: погрешности, выбор и проверка для схем релейной защиты, схемы соединения                                       | 7 | 2 |      |  | 0,2 | Самостоятельное изучение учебной литературы, конспекта лекций; подготовка к аудиторной контрольной работе | Аудиторная контрольная работа №1 | ПК-3.3 |
| 2.2 Принцип действия, погрешности и схемы соединения обмоток измерительных трансформаторов напряжения   |   | 1 |      |  | 0,2 | Самостоятельное изучение учебной литературы, конспекта лекций; подготовка к аудиторной контрольной работе | Аудиторная контрольная работа №1 | ПК-3.3 |
| 2.3 Классификация и параметры реле  |   | 1 |      |  | 0,2 | Самостоятельное изучение учебной литературы, конспекта лекций; подготовка к аудиторной контрольной работе | Аудиторная контрольная работа №1 | ПК-5.3 |
| Итого по разделу  |   | 4 |      |  | 0,6 |   |                                  |        |
| 3. Токовые защиты   |   |   |      |  |     |   |                                  |        |
| 3.1 Максимальная токовая защита. Выбор параметров срабатывания, чувствительность, селективность, резервирование, схемы                                | 7 | 2 | 4/2И |  | 0,5 | Самостоятельное изучение учебной литературы, конспекта лекций; подготовка к защите лабораторной работы    | Защита лабораторной работы       | ПК-5.3 |
| 3.2 Токовая отсечка. Отсечка на линиях с двухсторонним питанием. Отсечка с выдержкой времени.   |   | 1 | 4/1И |  | 0,2 | Самостоятельное изучение учебной литературы, конспекта лекций; подготовка к защите лабораторной работы    | Защита лабораторной работы       | ПК-5.3 |
| 3.3 Токовые направленные защиты: реле направления мощности, принцип действия защиты и выбор тока срабатывания, мертвая зона, зона каскадного действия |   | 1 |      |  | 0,2 | Самостоятельное изучение учебной литературы, конспекта лекций; подготовка к аудиторной контрольной работе | Аудиторная контрольная работа №2 | ПК-5.3 |

|   |   |   |       |  |     |   |                                  |        |
|---|---|---|-------|--|-----|---|----------------------------------|--------|
| 3.4 Защита от замыканий на землю и однофазных коротких замыканий. Способы получения тока нулевой последовательности |   | 2 | 4/II  |  | 0,5 | Самостоятельное изучение учебной литературы, конспекта лекций; подготовка к защите лабораторной работы    | Защита лабораторной работы       | ПК-5.3 |
| Итого по разделу  |   | 6 | 12/4И |  | 1,4 |   |                                  |        |
| 4. Дифференциальная защита линий  |   |   |       |  |     |   |                                  |        |
| 4.1 Продольная дифференциальная защита: принцип действия, ток небаланса, схемы                                      | 7 | 2 |       |  | 0,2 | Самостоятельное изучение учебной литературы, конспекта лекций; подготовка к аудиторной контрольной работе | Аудиторная контрольная работа №2 | ПК-5.3 |
| 4.2 Поперечная токовая и направленная дифференциальная защита линий   |   | 2 |       |  | 0,2 | Самостоятельное изучение учебной литературы, конспекта лекций; подготовка к аудиторной контрольной работе | Аудиторная контрольная работа №2 | ПК-5.3 |
| Итого по разделу  |   | 4 |       |  | 0,4 |   |                                  |        |
| 5. Дистанционная защита линий   |   |   |       |  |     |   |                                  |        |
| 5.1 Принцип действия и обеспечение селективности дистанционной защиты   | 7 | 2 |       |  | 0,2 | Самостоятельное изучение учебной литературы, конспекта лекций; подготовка к аудиторной контрольной работе | Аудиторная контрольная работа №2 | ПК-5.3 |
| 5.2 Характеристики срабатывания реле сопротивления  |   | 1 |       |  | 0,2 | Самостоятельное изучение учебной литературы, конспекта лекций; подготовка к аудиторной контрольной работе | Аудиторная контрольная работа №2 | ПК-5.3 |
| Итого по разделу  |   | 3 |       |  | 0,4 |   |                                  |        |
| 6. Высокочастотная защита линий   |   |   |       |  |     |   |                                  |        |

|   |   |     |      |  |     |   |                                  |        |
|---|---|-----|------|--|-----|---|----------------------------------|--------|
| 6.1 Направленная защита с ВЧ-блокировкой  | 7 | 1   |      |  | 0,2 | Самостоятельное изучение учебной литературы, конспекта лекций; подготовка к аудиторной контрольной работе | Аудиторная контрольная работа №2 | ПК-5.3 |
| 6.2 Фильтровая направленная защита с ВЧ-блокировкой   |   | 0,5 |      |  | 0,2 | Самостоятельное изучение учебной литературы, конспекта лекций; подготовка к аудиторной контрольной работе | Аудиторная контрольная работа №2 | ПК-5.3 |
| 6.3 Дифференциально-фазная высокочастотная защита   |   | 1   |      |  | 0,2 | Самостоятельное изучение учебной литературы, конспекта лекций; подготовка к аудиторной контрольной работе | Аудиторная контрольная работа №2 | ПК-5.3 |
| Итого по разделу  |   | 2,5 |      |  | 0,6 |   |                                  |        |
| 7. Защита силовых трансформаторов   |   |     |      |  |     |   |                                  |        |
| 7.1 Повреждения и ненормальные режимы работы силовых трансформаторов                            | 7 | 0,5 | 1/II |  | 0,5 | Самостоятельное изучение учебной литературы, конспекта лекций; подготовка к защите лабораторной работы    | Защита лабораторной работы       | ПК-5.3 |
| 7.2 Дифференциальная защита трансформатора: ток небаланса, выбор параметров срабатывания, схемы |   | 2   | 1    |  | 0,5 | Самостоятельное изучение учебной литературы, конспекта лекций; подготовка к защите лабораторной работы    | Защита лабораторной работы       | ПК-5.3 |
| 7.3 Защита от внешних коротких замыканий  |   | 0,5 |      |  | 0,2 | Самостоятельное изучение учебной литературы, конспекта лекций; подготовка к аудиторной контрольной работе | Аудиторная контрольная работа №3 | ПК-5.3 |

|   |   |     |      |  |     |   |                                  |        |
|---|---|-----|------|--|-----|---|----------------------------------|--------|
| 7.4 Защита от перегрузки  |   | 0,5 |      |  | 0,2 | Самостоятельное изучение учебной литературы, конспекта лекций; подготовка к аудиторной контрольной работе | Аудиторная контрольная работа №3 | ПК-5.3 |
| 7.5 Газовая защита  |   | 0,5 |      |  | 0,2 | Самостоятельное изучение учебной литературы, конспекта лекций; подготовка к аудиторной контрольной работе | Аудиторная контрольная работа №3 | ПК-5.3 |
| Итого по разделу  |   | 4   | 2/1И |  | 1,6 |   |                                  |        |
| 8. Защита электродвигателей   |   |     |      |  |     |   |                                  |        |
| 8.1 Повреждения и ненормальные режимы работы электродвигателей. Требования к защите двигателей  |   | 0,5 |      |  | 0,2 | Самостоятельное изучение учебной литературы, конспекта лекций; подготовка к аудиторной контрольной работе | Аудиторная контрольная работа №3 | ПК-5.3 |
| 8.2 Защита электродвигателей напряжением выше 1 кВ: от междуфазных КЗ, от замыкания одной фазы на землю, от перегрузки и понижения напряжения | 7 | 1,5 |      |  | 0,2 | Самостоятельное изучение учебной литературы, конспекта лекций; подготовка к аудиторной контрольной работе | Аудиторная контрольная работа №3 | ПК-5.3 |
| 8.3 Защиты электродвигателей напряжением до 1 кВ  |   | 0,5 |      |  | 0,2 | Самостоятельное изучение учебной литературы, конспекта лекций; подготовка к аудиторной контрольной работе | Аудиторная контрольная работа №3 | ПК-5.3 |
| Итого по разделу  |   | 2,5 |      |  | 0,6 |   |                                  |        |
| 9. Защита генераторов   |   |     |      |  |     |   |                                  |        |
| 9.1 Повреждения и ненормальные режимы работы генераторов. Требования к их защите  | 7 | 0,5 |      |  | 0,2 | Самостоятельное изучение учебной литературы, конспекта лекций; подготовка к аудиторной контрольной работе | Аудиторная контрольная работа №4 | ПК-5.3 |

|  |  |   |     |  |  |     |   |                                  |        |
|--|--|---|-----|--|--|-----|---|----------------------------------|--------|
| 9.2  | Защиты обмотки статора: от междуфазных КЗ, от замыканий между витками одной фазы, от замыкания на корпус, от перегрузки при внешних КЗ |   | 1   |  |  | 0,2 | Самостоятельное изучение учебной литературы, конспекта лекций; подготовка к аудиторной контрольной работе | Аудиторная контрольная работа №4 | ПК-5.3 |
| 9.3  | Защита ротора: от замыкания на корпус во второй точке, от перегрузки   |   | 0,5 |  |  | 0,2 | Самостоятельное изучение учебной литературы, конспекта лекций; подготовка к аудиторной контрольной работе | Аудиторная контрольная работа №4 | ПК-5.3 |
| Итого по разделу                               |  |   | 2   |  |  | 0,6 |   |                                  |        |
| 10. Защита сборных шин                         |  |   |     |  |  |     |   |                                  |        |
| 10.1   | Дифференциальная защита шин  | 7 | 2   |  |  | 0,2 | Самостоятельное изучение учебной литературы, конспекта лекций; подготовка к аудиторной контрольной работе | Аудиторная контрольная работа №4 | ПК-5.3 |
| Итого по разделу                               |  |   | 2   |  |  | 0,2 |   |                                  |        |
| 11. Защита электроустановок низкого напряжения |  |   |     |  |  |     |   |                                  |        |
| 11.1   | Защита электроустановок низкого напряжения предохранителями  | 7 | 1   |  |  | 0,2 | Самостоятельное изучение учебной литературы, конспекта лекций; подготовка к аудиторной контрольной работе | Аудиторная контрольная работа №4 | ПК-5.3 |
| 11.2   | Защита электроустановок низкого напряжения автоматическими воздушными выключателями  |   | 1   |  |  | 0,2 | Самостоятельное изучение учебной литературы, конспекта лекций; подготовка к аудиторной контрольной работе | Аудиторная контрольная работа №4 | ПК-5.3 |
| Итого по разделу                               |  |   | 2   |  |  | 0,4 |   |                                  |        |
| 12. Автоматика электроэнергетических систем    |  |   |     |  |  |     |   |                                  |        |

|   |   |     |       |   |      |  |                                  |        |
|---|---|-----|-------|---|------|--|----------------------------------|--------|
| 12.1 Автоматическое повторное включение (АПВ)   | 7 | 0,5 | 2     |   | 0,5  | Самостоятельное изучение учебной литературы, конспекта лекций; подготовка к защите лабораторной работы         | Защита лабораторной работы       | ПК-5.3 |
| 12.2 Автоматическое включение резервного питания (АВР)  |   | 1   | 2/1И  |   | 0,5  | Самостоятельное изучение учебной литературы, конспекта лекций; подготовка к защите лабораторной работы         | Защита лабораторной работы       | ПК-5.3 |
| 12.3 Автоматическая частотная разгрузка (АЧР) и частотное автоматическое повторное включение (ЧАПВ) |   | 0,5 |       |   | 0,2  | Самостоятельное изучение учебной литературы, конспекта лекций; подготовка к аудиторной контрольной работе      | Аудиторная контрольная работа №4 | ПК-5.3 |
| Итого по разделу  |   | 2   | 4/1И  |   | 1,2  |  |                                  |        |
| Итого за семестр  |   | 36  | 18/6И |   | 14,2 |  | экзамен                          |        |
| 13. Выполнение и защита курсового проекта   |   |     |       |   |      |  |                                  |        |
| 13.1 Выбор объема релейной защиты и автоматики в соответствии с требованиями ПУЭ                    | 8 |     |       | 2 | 4    | Самостоятельное изучение учебной литературы, справочной и нормативной литературы; выполнение курсового проекта | Курсовой проект. Раздел №1       | ПК-3.3 |
| 13.2 Расчет токов КЗ  |   |     |       | 2 | 4    | Самостоятельное изучение учебной литературы, справочной и нормативной литературы; выполнение курсового проекта | Курсовой проект. Раздел №2       | ПК-5.3 |
| 13.3 Расчет уставок защит силового трансформатора на базе электромеханических реле                  |   |     |       | 2 | 6    | Самостоятельное изучение учебной литературы, справочной и нормативной литературы; выполнение курсового проекта | Курсовой проект. Раздел №3       | ПК-5.3 |

|   |    |       |  |       |      |   |                                    |                        |
|---|----|-------|--|-------|------|---|------------------------------------|------------------------|
| 13.4 Расчет уставок защит секционного выключателя на базе электромеханических реле            |    |       |  | 2     | 4    | Самостоятельное изучение учебной литературы, справочной и нормативной литературы; выполнение курсового проекта          | Курсовой проект. Раздел №4         | ПК-5.3                 |
| 13.5 Расчет уставок защит присоединения на базе микропроцессорного реле                       |    |       |  | 4/2И  | 6,5  | Самостоятельное изучение учебной литературы, справочной и нормативной литературы; выполнение курсового проекта          | Курсовой проект. Раздел №5         | ПК-5.3                 |
| 13.6 Расчет уставок автоматики (АРНТ, АПВ, АВР, АЧР, устройство автоматического включения КУ) |    |       |  | 2     | 4    | Самостоятельное изучение учебной литературы, справочной и нормативной литературы; выполнение курсового проекта          | Курсовой проект. Раздел №6         | ПК-5.3                 |
| 13.7 Схемы релейной защиты и автоматики   |    |       |  | 4/2И  | 10   | Самостоятельное изучение учебной литературы, справочной и нормативной литературы; выполнение курсового проекта          | Курсовой проект. Графическая часть | ПК-3.1                 |
| 13.8 Защита курсового проекта   |    |       |  | 4/4И  | 10   | Самостоятельное изучение учебной литературы, справочной и нормативной литературы; подготовка к защите курсового проекта | Курсовой проект                    | ПК-3.1, ПК-3.3, ПК-5.3 |
| Итого по разделу  |    |       |  | 22/8И | 48,5 |   |                                    |                        |
| Итого за семестр  |    |       |  | 22/8И | 48,5 |   | кп                                 |                        |
| 14. Экзамен   |    |       |  |       |      |   |                                    |                        |
| 14.1 Экзамен  | 7  |       |  |       | 5,6  | Самостоятельное изучение учебной литературы; конспекта лекций; подготовка к экзамену                                    | Экзамен                            | ПК-3.3, ПК-5.3         |
| Итого по разделу  |    |       |  |       | 5,6  |   |                                    |                        |
| Итого за семестр  | 36 | 18/6И |  |       | 14,2 |   | экзамен                            |                        |

|                     |    |       |       |      |  |                             |  |
|---------------------|----|-------|-------|------|--|-----------------------------|--|
| Итого по дисциплине | 36 | 18/6И | 22/8И | 62,7 |  | экзамен, курсовой<br>проект |  |
|---------------------|----|-------|-------|------|--|-----------------------------|--|

## **5 Образовательные технологии**

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» используются традиционная и модульно-компетентностная технологии.

Передача необходимых теоретических знаний и формирование основных представлений по курсу «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» происходит с использованием мультимедийного оборудования.

Лекции проходят в традиционной форме, в форме лекций-консультаций и проблемных лекций. Теоретический материал на проблемных лекциях является результатом усвоения полученной информации посредством постановки проблемного вопроса и поиска путей его решения. В ходе проведения лекционных занятий предусматривается:

- 1) использование электронного демонстрационного материала по темам, требующим иллюстрации работы специализированного программного обеспечения, сложных структурных схем и большого объема графического материала;
- 2) использование электронных учебников по отдельным темам занятий;
- 3) активные и интерактивные формы обучения: вариативный опрос, дискуссии, устный опрос и т.д.

На практических и лабораторных занятиях используется командная работа.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Релейная защита электроэнергетических систем : учеб. пособие / М.В. Андреев, Н.Ю. Рубан, А.А. Суворов [и др.] ; Томский политехнический университет. - Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2018. - 167 с. - ISBN 978-5-4387-0796-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1043860> (дата обращения: 22.06.2022). – Режим доступа: по подписке.

2. Ершов, А. М. Релейная защита в системах электроснабжения напряжением 0,38-110 кВ : учебное пособие для практических расчетов / А. М. Ершов. - 2-е изд., перераб. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. - 608 с. - ISBN 978-5-9729-0511-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1168545> (дата обращения: 22.06.2022). – Режим доступа: по подписке.

3. Агафонов, А. И. Современная релейная защита и автоматика электроэнергетических систем : учебное пособие / А. И. Агафонов, Т. Ю. Бростилова, Н. Б. Джазовский. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. - 300 с. - ISBN 978-5-9729-0505-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1168586> (дата обращения: 22.06.2022). – Режим доступа: по подписке.

4. Овчаренко Н.И., Автоматика энергосистем : учебник для вузов / Овчаренко Н.И. - М. : Издательский дом МЭИ, 2017. - ISBN 978-5-383-01117-1 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011171.html> (дата обращения: 22.06.2022). - Режим доступа : по подписке.

### **б) Дополнительная литература:**

1. Акимов Е.Г., Выбор и применение низковольтных электрических аппаратов распределения, управления и автоматики / Акимов Е.Г., Коробков Ю.С. - М. : Издательский дом МЭИ, 2019. - ISBN 978-5-383-01342-7 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383013427.html> (дата обращения: 22.06.2022). - Режим доступа : по подписке.

2. Релейная защита и автоматика понизительных подстанций промышленного предприятия : учебное пособие / В. А. Игуменцев, В. К. Олейников, Н. Т. Патшин, Е. А. Панова ; МГТУ. - Магнитогорск, 2014. - 103 с. : ил., граф., схемы, табл. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=725.pdf&show=dcatalogues/1/1113170/725.pdf&view=true> (дата обращения: 22.06.2022). - Макрообъект. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-9967-0439-2. - Имеется печатный аналог.

3. Журнал «Электротехнические системы и комплексы». - URL: <http://esik.magtu.ru/ru/> (дата обращения: 22.06.2022). - Режим доступа: свободный.

4. Крючков И.П., Короткие замыкания и выбор электрооборудования : учебное пособие для вузов / Крючков И.П. - М. : Издательский дом МЭИ, 2017. - ISBN 978-5-383-01191-1 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011911.html> (дата обращения: 22.06.2022). - Режим доступа : по подписке.

5. Дьяков А.Ф., Микропроцессорная автоматика и релейная защита электроэнергетических систем : учеб. пособие для вузов / Дьяков А.Ф. - М. : Издательский дом МЭИ, 2017. - ISBN 978-5-383-01161-4 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011614.html> (дата обращения: 22.06.2022). - Режим доступа : по подписке.

#### **в) Методические указания:**

1. Патшин, Н.Т. Моделирование максимальной токовой защиты линии электропередачи с ограниченно-зависимой выдержкой времени на лабораторном комплексе «РЗиА в системах электроснабжения на основе виртуальных свободно-программируемых контроллеров» : методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» для обучающихся направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Электроснабжение» / Н.Т. Патшин, Е.А. Панова. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. тех. ун-та им. Г.И. Носова, 2016. – 12 с. – Текст : непосредственный

2. Патшин, Н.Т. Исследование устройств автоматики в силовых электрических сетях на лабораторном комплексе «РЗиА на основе виртуальных свободно-программируемых контроллеров» : методические указания к проведению лабораторных работы по дисциплине «Управление, защита и автоматизация питающих и распределительных сетей» для студентов направления 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, профиль Электроснабжение / Н.Т. Патшин, Е.А. Панова. –Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. тех. ун-та им. Г.И. Носова, 2016. – 16 с. – Текст : непосредственный.

3. Патшин, Н.Т. Испытания дифференциального реле тока типа ДЗТ-11 на лабораторном стенде «Релейная защита РЗ-СК» с применением программно-технического комплекса Delta Profi : метод. указания к лабораторному практикуму по дисциплине «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» для студентов всех форм обучения направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Электроснабжение» / Н.Т. Патшин, Е.А. Панова. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2017.- 13 с. – Текст : непосредственный.

4. Патшин, Н.Т. Исследование максимальной токовой защиты линии электропередачи с пуском по напряжению на лабораторном стенде «Релейная защита РЗ-СК» с применением программно-технического комплекса Delta Profi : метод. указания к проведению лабораторной работы по дисциплине «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» для студентов всех форм обучения направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Электроснабжение»/ Н.Т. Патшин, Е.А. Панова. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2018. – 10 с. – Текст : непосредственный.

5. Патшин, Н.Т. Испытания реле сопротивления на лабораторном стенде «Релейная защита РЗ-СК» с применением программно-технического комплекса Del-ta Profi : Методические указания к лабораторному практикуму по дисциплине «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» для студентов всех форм обучения направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Электроснабжение» / Н.Т. Патшин, Е.А. Панова. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2017.- 12 с. – Текст : непосредственный.

6. Патшин, Н.Т. Исследование токовых защит в силовых электрических сетях на лабораторном комплексе «РЗиА на основе виртуальных программируемых контроллеров» : методические указания к проведению лабораторных работ по дисциплине «Управление, защита и автоматизация питающих и распределительных сетей» для магистрантов по направлению 140400.68 Электро-энергетика и электротехника, профиль Электроснабжение. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. – 16 с. – Текст : непосредственный.

#### г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

##### Программное обеспечение

| Наименование ПО                               | № договора                   | Срок действия лицензии |
|---|------------------------------|------------------------|
| Calculate Linux Desktop Xfce                  | свободно распространяемое ПО | бессрочно              |
| MS Office 2007 Professional                   | № 135 от 17.09.2007          | бессрочно              |
| Linux Calculate                               | свободно распространяемое ПО | бессрочно              |
| Autodesk AutoCad Electrical 2011 Master Suite | К-526-11 от 22.11.2011       | бессрочно              |
| АСКОН Компас 3D в.16                          | Д-261-17 от 16.03.2017       | бессрочно              |
| FAR Manager                                   | свободно распространяемое ПО | бессрочно              |

##### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

| Название курса   | Ссылка   |
|--|--|
| Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) | URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a> |
| Поисковая система Академия Google (Google Scholar)   | URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>                     |

## **9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа - мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

1. Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации - доска, мультимедийный проектор, экран.

3. Помещения для самостоятельной работы обучающихся - персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

4. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования - стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования.

5. Учебные аудитории для проведения лабораторных работ:

- лаборатория электроснабжения (215) (лабораторные установки, измерительные приборы для выполнения лабораторных работ: установка для проверки релейных защит У5052, установка для проверки релейных защит ЭУ5001, установка для проверки релейных защит Уран-2)

- Межфакультетская лаборатория моделирования систем электро-снабжения (217) (лабораторный комплекс «Релейная защита и автоматика в СЭС» для моделирования устройств релейной защиты и автоматики на свободно - программируемых контроллерах, лабораторный стенд «Релейная защита» РЗ-СК).

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

(обязательное)

### Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Аудиторная самостоятельная работа студентов на лекционных, лабораторных и практических занятиях включает в себя:

- 1) выполнение курсового проекта;
- 2) написание аудиторных контрольных работ.

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов включает в себя:

- 1) чтение и проработка лекционного материала и рекомендованной литературы;
- 2) самостоятельное выполнение отдельных разделов курсового проекта;
- 3) подготовку к устным опросам, аудиторным контрольным работам, защитам лабораторных работ, защите курсового проекта и к экзамену.

#### Вопросы для защиты лабораторных работ:

1. Как обеспечивается селективность МТЗ?
2. Что такое коэффициент схемы? Как он учитывается при выборе тока срабатывания МТЗ?
3. Какая схема МТЗ применяется в сети с изолированной нейтралью? Почему?
4. Почему двухфазная двухрелейная схема МТЗ не используется в сети с глухозаземленной нейтралью?
5. Как оценивается чувствительность МТЗ?
6. В каких случаях рекомендуется использование токовой отсечки для защиты ЛЭП?
7. Как определяется зона действия токовой отсечки?
8. Как выбирается ток срабатывания токовой отсечки на линии с двухсторонним питанием?
9. Как определяется ток срабатывания токовой отсечки?
10. Как определяется ток срабатывания токовой отсечки с выдержкой времени?
11. Принцип действия неселективной сигнализации о замыканиях на землю?
12. Фильтр токов нулевой последовательности: схема, принцип действия, область применения?
13. Трансформатор тока нулевой последовательности: принцип действия, область применения?
14. Каким образом можно измерить напряжение нулевой последовательности на распределительном устройстве?
15. Почему в сети с изолированной нейтралью защита от замыканий на землю выполняется с действием на сигнал, а не на отключение?
16. Какие повреждения и ненормальные режимы работы характерны для силовых трансформаторов?
17. От каких повреждений защищает дифференциальная защита трансформатора?
18. Из каких составляющих складывается ток небаланса в дифференциальной защите силового трансформатора?
19. Назовите способы снижения тока небаланса?
20. Как влияет использование реле с БНТ на определение тока срабатывания дифференциальной защиты силового трансформатора?
21. Назначение АПВ.
22. Классификация АПВ.
23. Поясните работу схемы пусковых органов АВР.
24. Как обеспечивается резервирование в энергосистеме?
25. В сетях какого класса напряжения используется ОАПВ? Почему?

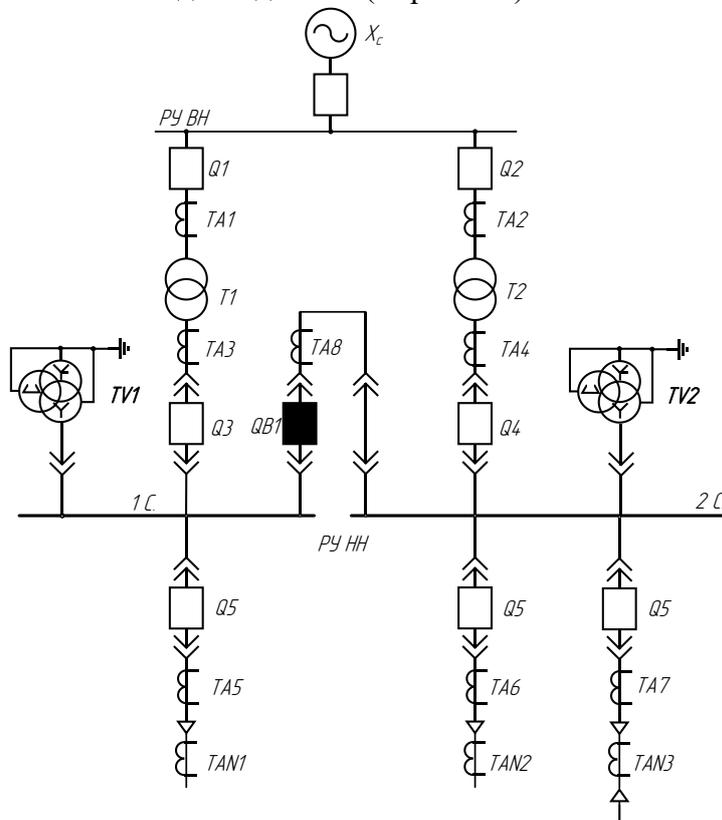
### Задания к курсовому проекту:

Вопросы, подлежащие рассмотрению в курсовом проекте:

1. Выбрать объем релейной защиты и автоматики в соответствии с требованиями ПУЭ.
2. Рассчитать токи КЗ на всех присоединениях.
3. Рассчитать уставки защит силового трансформатора на базе электромеханических реле.
4. Рассчитать уставки защит секционного выключателя на базе электромеханических реле.
5. Рассчитать уставки защит присоединения по заданию на базе микропроцессорного реле.
6. Рассчитать уставки автоматики (АРНТ, АПВ, АВР, АЧР, устройство автоматического включения КУ).

Графическая часть проекта: начертить схемы релейной защиты для каждого присоединения.

### Исходные данные (Вариант 1)



$$U_{\text{РУ.ВН}} = 35 \text{ кВ}$$

$$U_{\text{РУ.НН}} = 6 \text{ кВ}$$

Схема РУ ВН – 3Н

$$X_{\text{с.мах}} = 2,02 \text{ Ом}$$

$$X_{\text{с.мин}} = 2,53 \text{ Ом}$$

$$S_{\text{т.ном}} = 16 \text{ МВА}$$

$$S_{\text{нагр}} = 11,2 \text{ МВА}$$

$$P_{\text{нагр.мах}} = 8,96 \text{ МВт}$$

$$P_{\text{нагр.мин}} = 6,5 \text{ МВт}$$

$$Q_{\text{нагр.мах}} = 6,72 \text{ Мвар}$$

$$Q_{\text{нагр.мин}} = 4,88 \text{ Мвар}$$

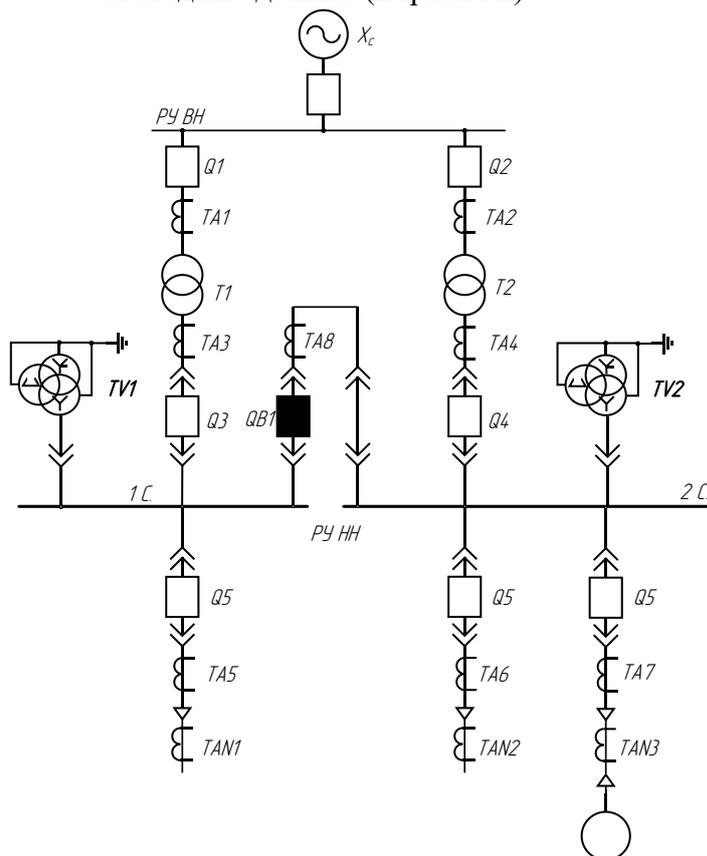
Число отходящих КЛ – 8

Выключатель на РУ ВН –  
ВГТ

Выключатель на РУ НН –  
ВВ/TEL

Дина КЛ – 250 м

## Исходные данные (Вариант 2)



$U_{\text{РУ.ВН}} = 110 \text{ кВ}$   
 $U_{\text{РУ.НН}} = 10 \text{ кВ}$   
 Схема РУ ВН – 3Н

$X_{\text{с.маx}} = 5,29 \text{ Ом}$   
 $X_{\text{с.миn}} = 6,62 \text{ Ом}$

$S_{\text{т.ном}} = 6,3 \text{ МВА}$   
 $S_{\text{нагр}} = 4,41 \text{ МВА}$   
 $P_{\text{нагр.маx}} = 2,87 \text{ МВт}$   
 $P_{\text{нагр.миn}} = 0,8 \text{ МВт}$   
 $Q_{\text{нагр.маx}} = 3,35 \text{ Мвар}$   
 $Q_{\text{нагр.миn}} = 0,94 \text{ Мвар}$

Число отходящих КЛ – 10

Выключатель на РУ ВН – ВЭБ  
 Выключатель на РУ НН –  
 ВВУ-СЭЩ-Э

Мощность двигателя – 400  
 кВт

При защите курсового проекта студенту необходимо пояснить порядок расчета уставок и принцип действия защит присоединения, заданного преподавателем.

### Аудиторные контрольные работы:

#### Вопросы к аудиторной контрольной работе №1

1. Какие виды коротких замыканий характерны для сетей с заземленной нейтралью? Дайте их характеристику.
2. Какие виды коротких замыканий характерны для сетей с изолированной нейтралью? Дайте их характеристику.
3. Что такое ненормальные режимы работы электрооборудования? Какие ненормальные режимы могут возникать в электроустановках?
4. Как трансформируются токи за трансформатор со схемой соединения обмоток  $Y/\Delta-11$  при двухфазном коротком замыкании?
5. Как трансформируются токи за трансформатор со схемой соединения обмоток  $Y/\Delta-11$  при однофазном коротком замыкании?
6. Какие требования предъявляются к релейной защите? Дайте их характеристику.
7. Как осуществляется проверка трансформаторов тока для цепей релейной защиты по вторичной нагрузке?
8. Какие схемы включения измерительных трансформаторов тока используются в релейной защите? Какой коэффициент схемы они имеют? Чему равны токи в реле при различных видах коротких замыканий?
9. Охарактеризуйте схемы включения измерительных трансформаторов напряжения, используемые в релейной защите.

#### Вопросы к аудиторной контрольной работе №2

1. Принцип действия и векторная диаграмма реле направления мощности.
2. Направленная максимальная токовая защита: принцип действия, достоинства и недостатки.

3. Продольная дифференциальная защита линий: принцип действия, ток небаланса, схемы, достоинства и недостатки.
4. Поперечная дифференциальная защита линий: принцип действия, достоинства и недостатки.
5. Реле сопротивления: принцип действия, характеристики.
6. Дистанционная защита линий электропередачи: принцип действия, схема, обеспечение селективности.
7. Направленная защита с ВЧ-блокировкой: принцип действия, схема ВЧ-канала.
8. Дифференциально-фазная защита ЛЭП: принцип действия.

#### *Вопросы к аудиторной контрольной работе №3*

1. Какие повреждения характерны для силовых трансформаторов?
2. Составляющие тока небаланса дифференциальной защиты силового трансформатора.
3. Схемы дифференциальной защиты силового трансформатора.
4. Газовая защита силового трансформатора: назначение, принцип действия газового реле.
5. Дифференциальная защита силового трансформатора с реле ДЗТ-11.
6. Какие повреждения и ненормальные режимы характерны для электродвигателей?
7. Какие виды защит используются на двигателях мощностью до 5 МВт от междуфазных коротких замыканий, их схемы и принцип действия.
8. Какие виды защит используются на двигателях мощностью свыше 5 МВт от междуфазных коротких замыканий, их схемы и принцип действия.
9. Каковы причины перегрузки электродвигателей? В каком случае защита от перегрузки должна действовать на сигнал, а в каком на отключение двигателя от сети?
10. Принцип действия защиты двигателя от перегрузки с использованием тепловых реле, область применения такой защиты, ее достоинства и недостатки.
11. Принцип действия токовой защиты двигателя от перегрузки, область применения такой защиты, ее достоинства и недостатки, схемы.
12. Схема и принцип действия защиты электродвигателя от понижения напряжения.
13. Принцип действия защиты электродвигателя от однофазных замыканий обмотки статора на землю.

#### *Вопросы к аудиторной контрольной работе №4*

1. Какие повреждения и ненормальные режимы характерны для синхронных генераторов?
2. Какие требования предъявляются к защите синхронных генераторов?
3. Как влияет применение реле с БНТ на ток небаланса в дифференциальной защите? Почему?
4. Защита синхронного генератора от междуфазных коротких замыканий в обмотке статора: принцип действия, способы снижения тока небаланса.
5. Схемы дифференциальной защиты синхронного генератора, их принцип действия, достоинства и недостатки.
6. Защита синхронного генератора от замыканий между витками одной фазы: принцип действия, схема, определение тока срабатывания.
7. Защита синхронных генераторов от замыканий в обмотки статора на корпус с использованием ТНП: схема, принцип действия, достоинства и недостатки.
8. Защита синхронных генераторов от замыканий в обмотки статора на корпус с использованием ТНП с подмагничиванием: схема, принцип действия, достоинства и недостатки.
9. Защита синхронных генераторов от замыканий в обмотки статора на корпус с использованием трехтрансформаторного фильтра и ТНП: схема, принцип действия,

достоинства и недостатки, мертвая зона.

10. Защита синхронных генераторов от перегрузки с пуском по напряжению: схемы, принцип действия, достоинства и недостатки.

11. Фильтровая защита синхронных генераторов от перегрузки: схемы, принцип действия, достоинства и недостатки.

12. Защита ротора синхронного генератора от замыкания на землю.

13. Назначение устройств АЧР и ЧАПВ, очередность отключения.

14. Принцип действия дифференциальной защиты шин, ее работа при КЗ на шинах и при внешних КЗ.

15. Какие виды схем используются для защиты сборных шин и какие требования к ним предъявляются?

16. Схема полной дифференциальной защиты шин подстанций с двумя системами сборных шин с фиксированным распределением присоединений.

17. Неполная дифференциальная защита сборных шин: принцип действия, схема.

18. Защита сетей плавкими предохранителями, выбор тока срабатывания.

19. Защита сетей воздушными автоматами, выбор параметров срабатывания.

### **Вопросы для проведения экзамена**

1. Роль и назначение устройств РЗА в системах электроснабжения.

2. Требования, предъявляемые к релейной защите.

3. Резервирование защит. Ближнее и дальнее резервирование.

4. Виды повреждений в сетях с заземленной нейтралью. Векторные диаграммы токов и напряжений.

5. Виды повреждений в сетях с изолированной нейтралью. Векторные диаграммы токов и напряжений.

6. Максимальная токовая защита, выбор параметров срабатывания.

7. Устройство и принцип действия электромагнитных реле.

8. Устройство и принцип действия индукционных реле.

9. Реле направления мощности: принцип действия, векторная диаграмма, схема включения.

10. Назначение трансформаторов тока, режимы работы. Погрешность трансформаторов тока.

11. Выбор трансформаторов тока для устройств РЗА. Кривые предельной кратности.

12. Типовые схемы соединения трансформаторов тока.

13. Назначение трансформаторов напряжения. Режимы работы, погрешность трансформаторов напряжения.

14. Типовые схемы соединения трансформаторов напряжения.

15. МТЗ: назначение, выбор параметров срабатывания, чувствительность.

16. МТЗ с блокировкой по напряжению.

17. Обеспечение селективности МТЗ.

18. Схемы МТЗ на постоянном оперативном токе.

19. Токовая отсечка, выбор параметров срабатывания.

20. Трехступенчатая токовая защита, выбор параметров её срабатывания.

21. Направленная МТЗ: назначение, выбор параметров срабатывания.

22. Защита от замыканий на землю в сетях с изолированной нейтралью.

23. Виды повреждений и ненормальных режимов работы силовых трансформаторов.

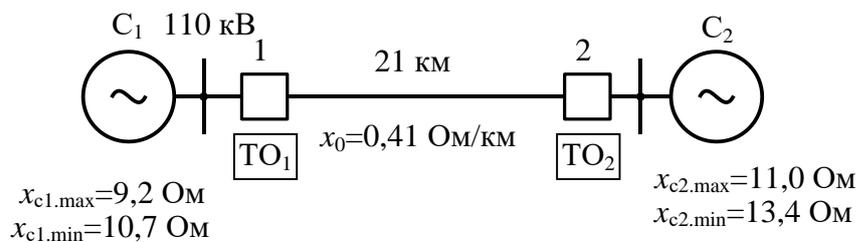
24. Токовые защиты силовых трансформаторов.

25. Газовая защита трансформаторов.

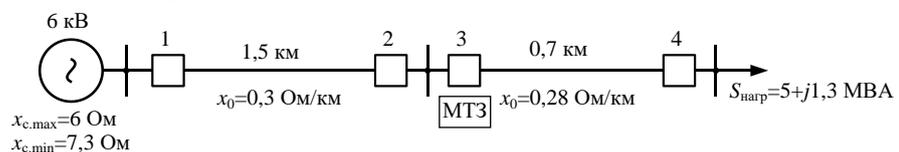
26. Принцип действия газового реле.

27. Защита цеховых трансформаторов.

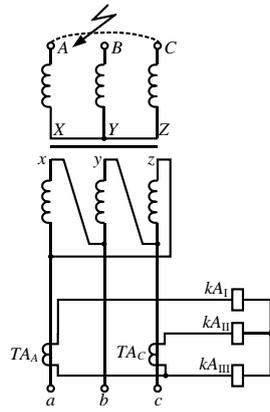
28. Выравнивание токов по величине и по фазе в дифференциальной защите трансформаторов.
29. Составляющие тока небаланса в дифференциальной защите.
30. Продольная дифференциальная защита линий.
31. Токовая поперечная дифференциальная защита линий.
32. Направленная поперечная дифференциальная защита линий.
33. Дистанционная защита: принцип действия, основные органы.
34. Характеристики реле сопротивления в дистанционной защите.
35. Обеспечение селективности дистанционных защит.
36. Дифференциально-фазная высокочастотная защита линий электропередачи.
37. Направленная высокочастотная защита линий электропередачи.
38. Фильтровая направленная защита ЛЭП с ВЧ-блокировкой.
39. Повреждения и ненормальные режимы работы генераторов.
40. Защита генератора от коротких замыканий в обмотке статора.
41. Защита генераторов от однофазных замыканий в обмотке статора.
42. Защита генератора от витковых замыканий в обмотке статора.
43. Защита генераторов от перегрузки токами обратной последовательности.
44. Защита генераторов от замыканий на землю в обмотках ротора.
45. Защита генераторов от внешних коротких замыканий.
46. Защита электродвигателей от коротких замыканий и перегрузки.
47. Защита синхронных электродвигателей.
48. Неполная дифференциальная защита шин.
49. Дифференциальная защита шин подстанций с фиксированным распределением присоединений.
50. Дифференциальная защита шин.
51. Автоматическое повторное включение, назначение, требования.
52. Автоматическое включение резерва, требования к пусковым органам.
53. АЧР: назначение, требования, предъявляемые к АЧР.
54. На линии с двухсторонним питанием установлены токовые отсечки без выдержки времени на обоих концах ЛЭП. Определить ток срабатывания защит.



55. Определить ток срабатывания МТЗ.



56. Задача



Чему будут равны токи в реле при двухфазном коротком замыкании фаз AC за трансформатором со схемой Y/Δ-11 со стороны обмотки, соединенной в схему Y?

Первичный ток короткого замыкания равен 12 кА. Потерями в силовом трансформаторе пренебречь, а его коэффициент трансформации считать равным 1.

Коэффициент трансформации измерительных трансформаторов тока  $k_{TA}=600/5$ .

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

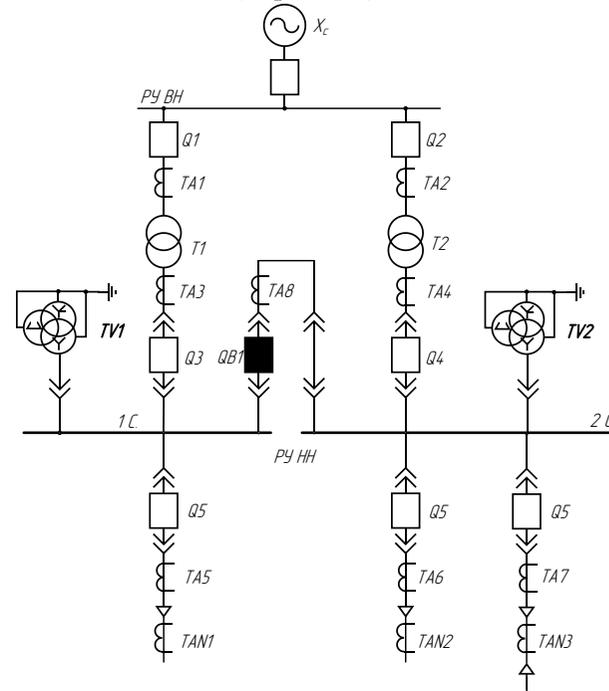
(обязательное)

### а) Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

| Код индикатора   | Индикатор достижения компетенции   | Оценочные средства  |
|--|--|---|
| <b>ПК-3: Способен принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования и проводить обоснование проектных решений, а также оформлять техническую документацию на различных стадиях разработки проекта</b> |  |   |
| <i>ПК-3.1</i>  | <i>Разрабатывает и оформляет комплекты проектной и рабочей документации простых узлов системы электроснабжения объектов капитального строительства</i> | <b>Задания к курсовому проекту:</b><br>Графическая часть проекта: начертить схемы релейной защиты для каждого присоединения.<br>Исходные данные (Вариант 1) |

|        |  |   |  |
|--------|--|---|--|
|        |  |   | <p> <math>U_{ру.ВН} = 35 \text{ кВ}</math><br/> <math>U_{ру.НН} = 6 \text{ кВ}</math><br/>         Схема РУ ВН – 3Н       </p> <p> <math>X_{с.маx} = 2,02 \text{ Ом}</math><br/> <math>X_{с.мин} = 2,53 \text{ Ом}</math> </p> <p> <math>S_{т.ном} = 16 \text{ МВА}</math><br/> <math>S_{нагр} = 11,2 \text{ МВА}</math><br/> <math>P_{нагр.маx} = 8,96 \text{ МВт}</math><br/> <math>P_{нагр.мин} = 6,5 \text{ МВт}</math><br/> <math>Q_{нагр.маx} = 6,72 \text{ Мвар}</math><br/> <math>Q_{нагр.мин} = 4,88 \text{ Мвар}</math> </p> <p>Число отходящих КЛ – 8</p> <p>         Выключатель на РУ ВН – ВГТ<br/>         Выключатель на РУ НН – ВВ/TEL       </p> <p>Дина КЛ – 250 м</p> |
| ПК-3.3 | <p>         Выбирает оборудование для отдельных разделов проекта на различных стадиях проектирования системы электроснабжения объектов капитального строительства       </p> | <p>         Вопросы к аудиторной контрольной работе №1       </p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Как осуществляется проверка трансформаторов тока для цепей релейной защиты по вторичной нагрузке?</li> <li>2. Какие схемы включения измерительных трансформаторов тока используются в релейной защите? Какой коэффициент схемы они имеют? Чему равны токи в реле при различных видах коротких замыканий?</li> <li>3. Охарактеризуйте схемы включения измерительных трансформаторов напряжения, используемые в релейной защите.</li> </ol> <p> <b>Задания к курсовому проекту:</b><br/>         Вопросы, подлежащие рассмотрению в курсовом проекте:       </p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Выбрать объем релейной защиты и автоматики в соответствии с требованиями ПУЭ.</li> </ol> |  |

Исходные данные (Вариант 1)



$U_{ру.ВН} = 35 \text{ кВ}$   
 $U_{ру.НН} = 6 \text{ кВ}$   
 Схема РУ ВН – 3Н

$X_{с.маx} = 2,02 \text{ Ом}$   
 $X_{с.мин} = 2,53 \text{ Ом}$

$S_{т.ном} = 16 \text{ МВА}$   
 $S_{нагр} = 11,2 \text{ МВА}$   
 $P_{нагр.маx} = 8,96 \text{ МВт}$   
 $P_{нагр.мин} = 6,5 \text{ МВт}$   
 $Q_{нагр.маx} = 6,72 \text{ Мвар}$   
 $Q_{нагр.мин} = 4,88 \text{ Мвар}$

Число отходящих КЛ – 8

Выключатель на РУ ВН – ВГТ  
 Выключатель на РУ НН – ВВ/TEL

Дина КЛ – 250 м

**Перечень вопросов для промежуточной аттестации**

1. Устройство и принцип действия электромагнитных реле.
2. Устройство и принцип действия индукционных реле.
3. Реле направления мощности: принцип действия, векторная диаграмма, схема включения.
4. Назначение трансформаторов тока, режимы работы. Погрешность трансформаторов тока.
5. Выбор трансформаторов тока для устройств РЗА. Кривые предельной кратности.
6. Типовые схемы соединения трансформаторов тока.
7. Назначение трансформаторов напряжения. Режимы работы, погрешность трансформаторов напряжения.
8. Типовые схемы соединения трансформаторов напряжения.

**ПК-5: Способен оценивать нормальные, утяжеленные и послеаварийные режимы и ликвидировать аварийные режимы работы объектов профессиональной деятельности**

ПК-5.3

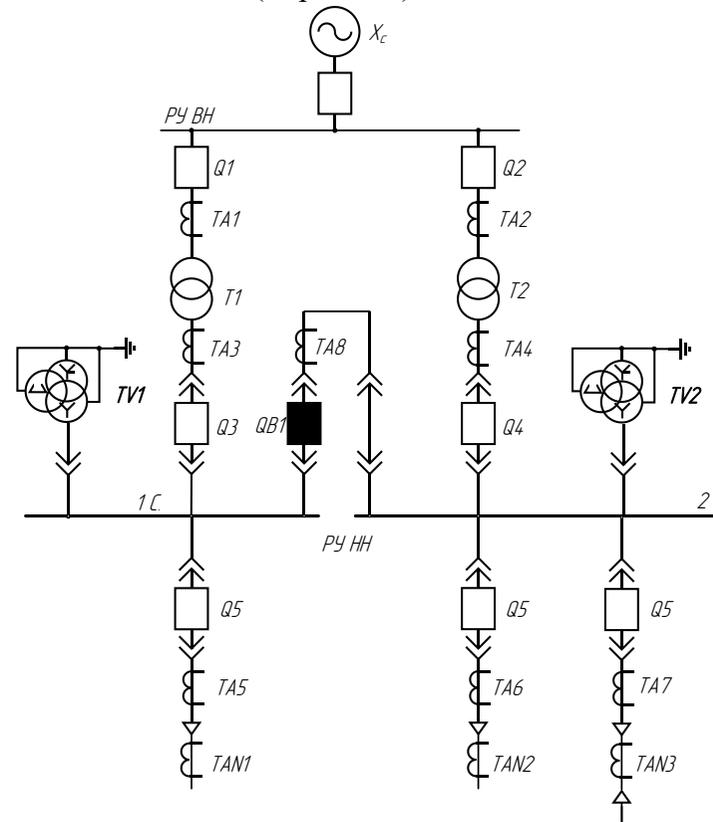
Составляет схемы

Вопросы для защиты лабораторных работ:

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | <p><i>замещения на обслуживаемом оборудовании, рассчитывает параметры режима короткого замыкания на оборудовании РУ и ЛЭП, рассчитывает и выбирает уставки и характеристики устройств РЗА</i></p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Как обеспечивается селективность МТЗ?</li> <li>2. Что такое коэффициент схемы? Как он учитывается при выборе тока срабатывания МТЗ?</li> <li>3. Какая схема МТЗ применяется в сети с изолированной нейтралью? Почему?</li> <li>4. Почему двухфазная двухрелейная схема МТЗ не используется в сети с глухозаземленной нейтралью?</li> <li>5. Как оценивается чувствительность МТЗ?</li> <li>6. В каких случаях рекомендуется использование токовой отсечки для защиты ЛЭП?</li> <li>7. Как определяется зона действия токовой отсечки?</li> <li>8. Как выбирается ток срабатывания токовой отсечки на линии с двухсторонним питанием?</li> <li>9. Как определяется ток срабатывания токовой отсечки?</li> <li>10. Как определяется ток срабатывания токовой отсечки с выдержкой времени?</li> <li>11. Принцип действия неселективной сигнализации о замыканиях на землю?</li> <li>12. Фильтр токов нулевой последовательности: схема, принцип действия, область применения?</li> <li>13. Трансформатор тока нулевой последовательности: принцип действия, область применения?</li> <li>14. Каким образом можно измерить напряжение нулевой последовательности на распределительном устройстве?</li> <li>15. Почему в сети с изолированной нейтралью защита от замыканий на землю выполняется с действием на сигнал, а не на отключение?</li> <li>16. Какие повреждения и ненормальные режимы работы характерны для силовых трансформаторов?</li> <li>17. От каких повреждений защищает дифференциальная защита трансформатора?</li> <li>18. Из каких составляющих складывается ток небаланса в дифференциальной защите силового трансформатора?</li> <li>19. Назовите способы снижения тока небаланса?</li> <li>20. Как влияет использование реле с БНТ на определение тока срабатывания дифференциальной защиты силового трансформатора?</li> <li>21. Назначение АПВ.</li> <li>22. Классификация АПВ.</li> <li>23. Поясните работу схемы пусковых органов АВР.</li> <li>24. Как обеспечивается резервирование в энергосистеме?</li> <li>25. В сетях какого класса напряжения используется ОАПВ? Почему?</li> </ol> <p><b>Задания к курсовому проекту:</b><br/> <b>Вопросы, подлежащие рассмотрению в курсовом проекте:</b></p> |
|--|---|--|

2. Рассчитать токи КЗ на всех присоединениях.
3. Рассчитать уставки защит силового трансформатора на базе электромеханических реле.
4. Рассчитать уставки защит секционного выключателя на базе электромеханических реле.
5. Рассчитать уставки защит присоединения по заданию на базе микропроцессорного реле.
6. Рассчитать уставки автоматики (АРНТ, АПВ, АВР, АЧР, устройство автоматического включения КУ).

Исходные данные (Вариант 1)



$U_{ру.ВН} = 35 \text{ кВ}$   
 $U_{ру.НН} = 6 \text{ кВ}$   
 Схема РУ ВН – 3Н

$X_{с.маx} = 2,02 \text{ Ом}$   
 $X_{с.миn} = 2,53 \text{ Ом}$

$S_{т.ном} = 16 \text{ МВА}$   
 $S_{нагр} = 11,2 \text{ МВА}$   
 $P_{нагр.маx} = 8,96 \text{ МВт}$   
 $P_{нагр.миn} = 6,5 \text{ МВт}$   
 $Q_{нагр.маx} = 6,72 \text{ Мвар}$   
 $Q_{нагр.миn} = 4,88 \text{ Мвар}$

Число отходящих КЛ – 8

Выключатель на РУ ВН – ВГТ  
 Выключатель на РУ НН – ВВ/TEL

Дина КЛ – 250 м

**Аудиторные контрольные работы:**

*Вопросы к аудиторной контрольной работе №1*

1. Какие виды коротких замыканий характерны для сетей с заземленной нейтралью? Дайте

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | <p>их характеристику.</p> <p>2. Какие виды коротких замыканий характерны для сетей с изолированной нейтралью? Дайте их характеристику.</p> <p>3. Что такое ненормальные режимы работы электрооборудования? Какие ненормальные режимы могут возникать в электроустановках?</p> <p>4. Как трансформируются токи за трансформатор со схемой соединения обмоток Y/Δ-11 при двухфазном коротком замыкании?</p> <p>5. Как трансформируются токи за трансформатор со схемой соединения обмоток Y/Δ-11 при однофазном коротком замыкании?</p> <p>6. Какие требования предъявляются к релейной защите? Дайте их характеристику.</p> <p><i>Вопросы к аудиторной контрольной работе №2</i></p> <p>1. Принцип действия и векторная диаграмма реле направления мощности.</p> <p>2. Направленная максимальная токовая защита: принцип действия, достоинства и недостатки.</p> <p>3. Продольная дифференциальная защита линий: принцип действия, ток небаланса, схемы, достоинства и недостатки.</p> <p>4. Поперечная дифференциальная защита линий: принцип действия, достоинства и недостатки.</p> <p>5. Реле сопротивления: принцип действия, характеристики.</p> <p>6. Дистанционная защита линий электропередачи: принцип действия, схема, обеспечение селективности.</p> <p>7. Направленная защита с ВЧ-блокировкой: принцип действия, схема ВЧ-канала.</p> <p>8. Дифференциально-фазная защита ЛЭП: принцип действия.</p> <p><i>Вопросы к аудиторной контрольной работе №3</i></p> <p>1. Какие повреждения характерны для силовых трансформаторов?</p> <p>2. Составляющие тока небаланса дифференциальной защиты силового трансформатора.</p> <p>3. Схемы дифференциальной защиты силового трансформатора.</p> <p>4. Газовая защита силового трансформатора: назначение, принцип действия газового реле.</p> <p>5. Дифференциальная защита силового трансформатора с реле ДЗТ-11.</p> <p>6. Какие повреждения и ненормальные режимы характерны для электродвигателей?</p> <p>7. Какие виды защит используются на двигателях мощностью до 5 МВт от междуфазных коротких замыканий, их схемы и принцип действия.</p> <p>8. Какие виды защит используются на двигателях мощностью свыше 5 МВт от междуфазных</p> |
|--|--|---|

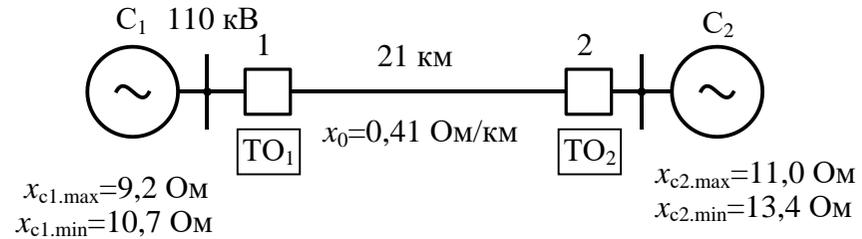
|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | <p>коротких замыканий, их схемы и принцип действия.</p> <p>9. Каковы причины перегрузки электродвигателей? В каком случае защита от перегрузки должна действовать на сигнал, а в каком на отключение двигателя от сети?</p> <p>10. Принцип действия защиты двигателя от перегрузки с использованием тепловых реле, область применения такой защиты, ее достоинства и недостатки.</p> <p>11. Принцип действия токовой защиты двигателя от перегрузки, область применения такой защиты, ее достоинства и недостатки, схемы.</p> <p>12. Схема и принцип действия защиты электродвигателя от понижения напряжения.</p> <p>13. Принцип действия защиты электродвигателя от однофазных замыканий обмотки статора на землю.</p> <p><i>Вопросы к аудиторной контрольной работе №4</i></p> <p>1. Какие повреждения и ненормальные режимы характерны для синхронных генераторов?</p> <p>2. Какие требования предъявляются к защите синхронных генераторов?</p> <p>3. Как влияет применение реле с БНТ на ток небаланса в дифференциальной защите? Почему?</p> <p>4. Защита синхронного генератора от междуфазных коротких замыканий в обмотке статора: принцип действия, способы снижения тока небаланса.</p> <p>5. Схемы дифференциальной защиты синхронного генератора, их принцип действия, достоинства и недостатки.</p> <p>6. Защита синхронного генератора от замыканий между витками одной фазы: принцип действия, схема, определение тока срабатывания.</p> <p>7. Защита синхронных генераторов от замыканий в обмотки статора на корпус с использованием ТНП: схема, принцип действия, достоинства и недостатки.</p> <p>8. Защита синхронных генераторов от замыканий в обмотки статора на корпус с использованием ТНП с подмагничиванием: схема, принцип действия, достоинства и недостатки.</p> <p>9. Защита синхронных генераторов от замыканий в обмотки статора на корпус с использованием трехтрансформаторного фильтра и ТНП: схема, принцип действия, достоинства и недостатки, мертвая зона.</p> <p>10. Защита синхронных генераторов от перегрузки с пуском по напряжению: схемы, принцип действия, достоинства и недостатки.</p> <p>11. Фильтровая защита синхронных генераторов от перегрузки: схемы, принцип действия, достоинства и недостатки.</p> <p>12. Защита ротора синхронного генератора от замыкания на землю.</p> <p>13. Назначение устройств АЧР и ЧАПВ, очередность отключения.</p> |
|--|--|---|

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | <p>14. Принцип действия дифференциальной защиты шин, ее работа при КЗ на шинах и при внешних КЗ.</p> <p>15. Какие виды схем используются для защиты сборных шин и какие требования к ним предъявляются?</p> <p>16. Схема полной дифференциальной защиты шин подстанций с двумя системами сборных шин с фиксированным распределением присоединений.</p> <p>17. Неполная дифференциальная защита сборных шин: принцип действия, схема.</p> <p>18. Защита сетей плавкими предохранителями, выбор тока срабатывания.</p> <p>19. Защита сетей воздушными автоматами, выбор параметров срабатывания.</p> <p><b>Вопросы для проведения</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Роль и назначение устройств РЗА в системах электроснабжения.</li> <li>2. Требования, предъявляемые к релейной защите.</li> <li>3. Резервирование защит. Ближнее и дальнее резервирование.</li> <li>4. Виды повреждений в сетях с заземленной нейтралью. Векторные диаграммы токов и напряжений.</li> <li>5. Виды повреждений в сетях с изолированной нейтралью. Векторные диаграммы токов и напряжений.</li> <li>6. Максимальная токовая защита, выбор параметров срабатывания.</li> <li>7. Устройство и принцип действия электромагнитных реле.</li> <li>8. Устройство и принцип действия индукционных реле.</li> <li>9. Реле направления мощности: принцип действия, векторная диаграмма, схема включения.</li> <li>10. Назначение трансформаторов тока, режимы работы. Погрешность трансформаторов тока.</li> <li>11. Выбор трансформаторов тока для устройств РЗА. Кривые предельной кратности.</li> <li>12. Типовые схемы соединения трансформаторов тока.</li> <li>13. Назначение трансформаторов напряжения. Режимы работы, погрешность трансформаторов напряжения.</li> <li>14. Типовые схемы соединения трансформаторов напряжения.</li> <li>15. МТЗ: назначение, выбор параметров срабатывания, чувствительность.</li> <li>16. МТЗ с блокировкой по напряжению.</li> <li>17. Обеспечение селективности МТЗ.</li> </ol> |
|--|--|--|

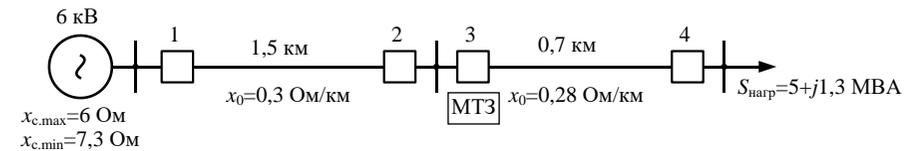
|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | <ol style="list-style-type: none"><li>18. Схемы МТЗ на постоянном оперативном токе.</li><li>19. Токовая отсечка, выбор параметров срабатывания.</li><li>20. Трехступенчатая токовая защита, выбор параметров её срабатывания.</li><li>21. Направленная МТЗ: назначение, выбор параметров срабатывания.</li><li>22. Защита от замыканий на землю в сетях с изолированной нейтралью.</li><li>23. Виды повреждений и ненормальных режимов работы силовых трансформаторов.</li><li>24. Токовые защиты силовых трансформаторов.</li><li>25. Газовая защита трансформаторов.</li><li>26. Принцип действия газового реле.</li><li>27. Защита цеховых трансформаторов.</li><li>28. Выравнивание токов по величине и по фазе в дифференциальной защите трансформаторов.</li><li>29. Составляющие тока небаланса в дифференциальной защите.</li><li>30. Продольная дифференциальная защита линий.</li><li>31. Токовая поперечная дифференциальная защита линий.</li><li>32. Направленная поперечная дифференциальная защита линий.</li><li>33. Дистанционная защита: принцип действия, основные органы.</li><li>34. Характеристики реле сопротивления в дистанционной защите.</li><li>35. Обеспечение селективности дистанционных защит.</li><li>36. Дифференциально-фазная высокочастотная защита линий электропередачи.</li><li>37. Направленная высокочастотная защита линий электропередачи.</li><li>38. Фильтровая направленная защита ЛЭП с ВЧ-блокировкой.</li><li>39. Повреждения и ненормальные режимы работы генераторов.</li><li>40. Защита генератора от коротких замыканий в обмотке статора.</li><li>41. Защита генераторов от однофазных замыканий в обмотке статора.</li><li>42. Защита генератора от витковых замыканий в обмотке статора.</li><li>43. Защита генераторов от перегрузки токами обратной последовательности.</li><li>44. Защита генераторов от замыканий на землю в обмотках ротора.</li><li>45. Защита генераторов от внешних коротких замыканий.</li><li>46. Защита электродвигателей от коротких замыканий и перегрузки.</li><li>47. Защита синхронных электродвигателей.</li><li>48. Неполная дифференциальная защита шин.</li><li>49. Дифференциальная защита шин подстанций с фиксированным распределением</li></ol> |
|--|--|--|

присоединений.

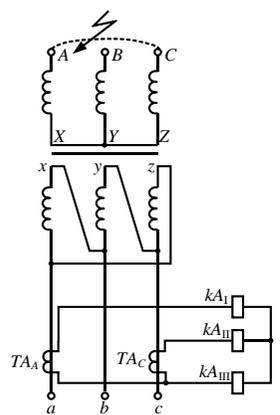
- 50. Дифференциальная защита шин.
- 51. Автоматическое повторное включение, назначение, требования.
- 52. Автоматическое включение резерва, требования к пусковым органам.
- 53. АЧР: назначение, требования, предъявляемые к АЧР.
- 54. На линии с двухсторонним питанием установлены токовые отсечки без выдержки времени на обоих концах ЛЭП. Определить ток срабатывания защит.



55. Определить ток срабатывания МТЗ.



56. Задача



Чему будут равны токи в реле при двухфазном коротком замыкании фаз AC за трансформатором со схемой Y/Δ-11 со стороны обмотки, соединенной в схему Y?  
 Первичный ток короткого замыкания равен 12 кА. Потерями в силовом трансформаторе пренебречь, а его коэффициент трансформации считать равным 1.  
 Коэффициент трансформации измерительных трансформаторов тока  $k_{TA}=600/5$ .

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Критерии оценки (в соответствии с формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения):

– на оценку **«отлично»** – обучающийся показывает высокий уровень сформированности компетенций, т.е., студент должен показать высокий уровень знаний, умений и навыков в области теории релейной защиты, расчета и оценки уставок защит, определения токов короткого замыкания для расчета параметров срабатывания релейной защиты;

– на оценку **«хорошо»** – обучающийся показывает средний уровень сформированности компетенций, т.е. студент должен показать знания видов релейной защиты и принципов их действия, элементной базы релейной защиты;

– на оценку **«удовлетворительно»** – обучающийся показывает пороговый уровень сформированности компетенций, т.е. студент должен знать принцип действия и условия выбора уставок наиболее простых защит;

– на оценку **«неудовлетворительно»** – результат обучения не достигнут, обучающийся не может показать знаний, умений и навыков в области теории релейной защиты и навыков определения параметров их срабатывания.