

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Волхонов Михаил Михайлович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 03.07.2026 15:17:42  
Уникальный программный ключ:  
40a6db1879d6a9ee29ec8e0fb2f95e4614a0998

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КОСТРОМСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

УТВЕРЖДАЮ

декан электроэнергетического факультета

Н.А. Климов

13 мая 2026 года

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине

**«Математический анализ режимов работы электрических сетей»**

|                          |                                                    |
|--------------------------|----------------------------------------------------|
| Направление подготовки   | <u>13.03.02 Электроэнергетика и электротехника</u> |
| Направленность (профиль) | <u>Электроснабжение</u>                            |
| Квалификация выпускника  | <u>бакалавр</u>                                    |
| Формы обучения           | <u>очная, заочная</u>                              |
| Сроки освоения ОПОП ВО   | <u>4 года, 4 года 7 мес.</u>                       |

Фонд оценочных средств предназначен для оценивания сформированности компетенций по дисциплине «Математический анализ режимов работы электрических сетей».

Разработчик:

Климов Н.А. \_\_\_\_\_

Утвержден на заседании кафедры информационных технологий в электроэнергетике и автоматике, протокол №8 от 10 апреля 2026 года.

И.о. заведующего кафедрой Яблоков А.С. \_\_\_\_\_

Согласовано:

Председатель методической комиссии электроэнергетического факультета, протокол №4 от «12» мая 2026 года.

Богданова Т.М. \_\_\_\_\_

### Паспорт фонда оценочных средств

|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-2. Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения    | ИД-1 <sub>ОПК-2</sub> Алгоритмизирует решение задач и реализует алгоритмы с использованием программных средств.<br>ИД-2 <sub>ОПК-2</sub> Разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения |
| ПКос-1. Способен осуществлять мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей | ИД-1 <sub>ПКос-1</sub> . Осуществляет мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей                                                                                                               |

Таблица 1

| Модуль дисциплины                                                                                                   | Формируемые компетенции или их части                                                                                                                                                                                    | Оценочные материалы и средства                  | Количество |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------|
| Постановка задачи расчета несимметричных режимов электрических сетей. Обзор методов расчета                         | ОПК-2. Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения<br>ПКос-1. Способен осуществлять мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей | Индивидуальное домашнее задание<br>Тестирование | 3<br>22    |
| Математические методы расчета несимметричных режимов электрических сетей                                            |                                                                                                                                                                                                                         | Индивидуальное домашнее задание<br>Тестирование | 2<br>21    |
| Программы расчета несимметричных режимов электрических сетей                                                        |                                                                                                                                                                                                                         | Индивидуальное домашнее задание<br>Тестирование | 5<br>22    |
| Расчет несимметричных режимов в пакете MathCAD                                                                      |                                                                                                                                                                                                                         | Индивидуальное домашнее задание<br>Тестирование | 10<br>22   |
| Математические модели ЛЭП для расчета несимметричных режимов                                                        |                                                                                                                                                                                                                         | Индивидуальное домашнее задание<br>Тестирование | 10<br>24   |
| Математические модели трансформаторов для расчета несимметричных режимов                                            |                                                                                                                                                                                                                         | Индивидуальное домашнее задание<br>Тестирование | 6<br>22    |
| Математические модели фильтров напряжения обратной и нулевой последовательностей для расчета несимметричных режимов |                                                                                                                                                                                                                         | Индивидуальное домашнее задание<br>Тестирование | 10<br>22   |
| Математические модели нагрузок и различных видов несимметрии при расчете несимметричных режимов                     |                                                                                                                                                                                                                         | Индивидуальное домашнее задание<br>Тестирование | 4<br>23    |
| Расчет и исследование аварийных несимметричных режимов распределительных сетей                                      |                                                                                                                                                                                                                         | Индивидуальное домашнее задание<br>Тестирование | 7<br>24    |

**1 ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ  
ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Таблица 2 – Формируемые компетенции

| Код и наименование компетенции                                                                                                                                                                                          | Код и наименование индикатора достижения компетенции (части компетенции)                                                                                                                                                                                                                                                                               | Оценочные материалы и средства                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 1                                                                                                                                                                                                                       | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 3                                               |
| ОПК-2. Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения<br>ПКос-1. Способен осуществлять мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей | <b>Постановка задачи расчета несимметричных режимов электрических сетей. Обзор методов расчета</b>                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                 |
|                                                                                                                                                                                                                         | ИД-1 <sub>ОПК-2</sub> Алгоритмизирует решение задач и реализует алгоритмы с использованием программных средств.<br>ИД-2 <sub>ОПК-2</sub> Разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения<br>ИД-1 <sub>ПКос-1</sub> Осуществляет мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей | Тестирование<br>Индивидуальное домашнее задание |
|                                                                                                                                                                                                                         | <b>Математические методы расчета несимметричных режимов электрических сетей</b>                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                 |
|                                                                                                                                                                                                                         | ИД-1 <sub>ОПК-2</sub> Алгоритмизирует решение задач и реализует алгоритмы с использованием программных средств.<br>ИД-2 <sub>ОПК-2</sub> Разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения<br>ИД-1 <sub>ПКос-1</sub> Осуществляет мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей | Тестирование<br>Индивидуальное домашнее задание |
|                                                                                                                                                                                                                         | <b>Программы расчета несимметричных режимов электрических сетей</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                 |
|                                                                                                                                                                                                                         | ИД-1 <sub>ОПК-2</sub> Алгоритмизирует решение задач и реализует алгоритмы с использованием программных средств.<br>ИД-2 <sub>ОПК-2</sub> Разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения<br>ИД-1 <sub>ПКос-1</sub> Осуществляет мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей | Тестирование<br>Индивидуальное домашнее задание |
|                                                                                                                                                                                                                         | <b>Расчет несимметричных режимов в пакете MathCAD</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                 |
|                                                                                                                                                                                                                         | ИД-1 <sub>ОПК-2</sub> Алгоритмизирует решение задач и реализует алгоритмы с использованием программных средств.<br>ИД-2 <sub>ОПК-2</sub> Разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения<br>ИД-1 <sub>ПКос-1</sub> Осуществляет мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей | Тестирование<br>Индивидуальное домашнее задание |

| 1                                                                                                                                                                                                                                  | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 3                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| <p>ОПК-2. Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения</p> <p>ПКос-1. Способен осуществлять мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей</p> | <p><b>Математические модели ЛЭП для расчета несимметричных режимов</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                            |
|                                                                                                                                                                                                                                    | <p>ИД-1<sub>ОПК-2</sub> Алгоритмизирует решение задач и реализует алгоритмы с использованием программных средств.</p> <p>ИД-2<sub>ОПК-2</sub> Разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения</p> <p>ИД-1<sub>ПКос-1</sub> Осуществляет мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей</p> | <p>Тестирование</p> <p>Индивидуальное домашнее задание</p> |
|                                                                                                                                                                                                                                    | <p><b>Математические модели трансформаторов для расчета несимметричных режимов</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                            |
|                                                                                                                                                                                                                                    | <p>ИД-1<sub>ОПК-2</sub> Алгоритмизирует решение задач и реализует алгоритмы с использованием программных средств.</p> <p>ИД-2<sub>ОПК-2</sub> Разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения</p> <p>ИД-1<sub>ПКос-1</sub> Осуществляет мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей</p> | <p>Тестирование</p> <p>Индивидуальное домашнее задание</p> |
|                                                                                                                                                                                                                                    | <p><b>Математические модели фильтров напряжения обратной и нулевой последовательностей для расчета несимметричных режимов</b></p>                                                                                                                                                                                                                                  |                                                            |
|                                                                                                                                                                                                                                    | <p>ИД-1<sub>ОПК-2</sub> Алгоритмизирует решение задач и реализует алгоритмы с использованием программных средств.</p> <p>ИД-2<sub>ОПК-2</sub> Разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения</p> <p>ИД-1<sub>ПКос-1</sub> Осуществляет мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей</p> | <p>Тестирование</p> <p>Индивидуальное домашнее задание</p> |
|                                                                                                                                                                                                                                    | <p><b>Математические модели нагрузок и различных видов несимметрии при расчете несимметричных режимов</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                            |
|                                                                                                                                                                                                                                    | <p>ИД-1<sub>ОПК-2</sub> Алгоритмизирует решение задач и реализует алгоритмы с использованием программных средств.</p> <p>ИД-2<sub>ОПК-2</sub> Разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения</p> <p>ИД-1<sub>ПКос-1</sub> Осуществляет мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей</p> | <p>Тестирование</p> <p>Индивидуальное домашнее задание</p> |
|                                                                                                                                                                                                                                    | <p><b>Расчет и исследование аварийных несимметричных режимов распределительных сетей</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                            |
|                                                                                                                                                                                                                                    | <p>ИД-1<sub>ОПК-2</sub> Алгоритмизирует решение задач и реализует алгоритмы с использованием программных средств.</p> <p>ИД-2<sub>ОПК-2</sub> Разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения</p> <p>ИД-1<sub>ПКос-1</sub> Осуществляет мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей</p> | <p>Тестирование</p> <p>Индивидуальное домашнее задание</p> |

## Оценочные материалы и средства для проверки сформированности компетенций

### Модуль 1. «Постановка задачи расчета несимметричных режимов электрических сетей. Обзор методов расчета»

#### Компьютерное тестирование

*Выберите один правильный вариант ответа и нажмите кнопку «Далее»*

**Какой из режимов в сетях 6-35 кВ не является аварийным?**

- Обрыв фазы
- +Однофазное замыкание на землю
- Двухфазное короткое замыкание
- Трехфазное короткое замыкание

**Какие сети являются наиболее протяженными?**

- +0,38 кВ
- 500 кВ
- 35 кВ
- 110 кВ

**Какой из аварийных режимов работы электрических сетей НЕ является несимметричным?**

- Обрыв фазы
- Однофазное короткое замыкание
- Двухфазное короткое замыкание
- +Трехфазное короткое замыкание

**Какой метод позволяет рассчитывать распределительные сети с произвольным числом фаз и видами несимметрии?**

- Метод трех симметричных составляющих
- +Метод фазных координат
- Оба метода
- Ни один из них

**Сложные виды несимметрии это:**

- Двухфазные короткие замыкания
- Трехфазные короткие замыкания
- Короткие замыкания через сопротивления
- +Одновременные обрывы и к.з. или одновременные к.з. и обрывы

**Короткие замыкания в сетях с изолированной нейтралью напряжением 6-35 кВ приводят к:**

- уменьшению напряжений на неповрежденных фазах
- уменьшению тока к.з.
- + возрастанию напряжений на неповрежденных фазах
- уменьшению напряжений

**Двойные замыкания в сетях с изолированной нейтралью 6-35 кВ приводят к:**

- + возрастанию токов в поврежденных фазах

уменьшению токов в неповрежденных фазах  
возрастанию напряжений во всех фазах  
уменьшению напряжений во всех фазах

**Самонесущий изолированный провод используется на ЛЭП с напряжениями:**

Только 0,38 кВ  
Только 10 кВ  
+0,38 и 10 кВ  
35 кВ

**Изменение взаимного расположения проводов отдельных фаз по длине воздушной линии электропередачи:**

Чередование фаз  
+Транспозиция фаз  
Несимметрия фаз  
Аварийный режим

**При каком аварийном режиме переходное сопротивление минимально?**

+Металлическое замыкание  
Замыкание через дугу  
Замыкание через ветку дерева  
Падение провода на землю

**Почему средства ОМП (определение места повреждения) в сетях 35-10-6-0,38 кВ применяются ограниченно?**

Высокая мощность отключения  
+Низкая мощность отключения  
Низкое напряжение сети  
Высокий протекающий ток

**Какая функция не присуща средствам релейной защиты?**

Отключение фидера при возникновении аварийного режима  
+Сообщение о виде и месте аварийного режима  
Автоматическое повторное включение  
Автоматическое включение резерва

**Сети 0,38 кВ являются сетями:**

С изолированной нейтралью  
+С глухозаземленной нейтралью  
Постоянного тока  
Однофазного переменного тока

**Сети 6-10-35 кВ являются сетями:**

+С изолированной нейтралью  
С глухозаземленной нейтралью  
Постоянного тока  
Однофазного переменного тока

**Недостатком метода фазных координат по сравнению с методом трех симметричных составляющих является:**

Невозможность рассчитывать несимметричные режимы работы сетей  
+Потребность в большем объеме информации для формирования схем замещения

Невозможность рассчитывать сети с числом фаз более трех  
Сложность моделирования

**Сколько всего категорий надежности электроснабжения существует?**

- 1
- 2
- +3
- 4

**Перерыв в энергообеспечении потребителей какой категории должен быть минимальным?**

- +Первой
- Второй
- Третьей
- Четвертой

**Какие потребители относятся к первой категории энергообеспечения?**

- Дачный кооператив
- Гаражный кооператив
- Поселок
- +Птицефабрика

**Какие сети называются распределительными?**

- 0,38 кВ
- 6-10 кВ
- 35 кВ
- +Все перечисленные

**Почему в сетях с глухозаземленной нейтралью удаленные короткие замыкания сложно идентифицировать средствами релейной защиты?**

- Токи коротких замыканий многократно превышают токи нагрузки
- +Токи коротких замыканий сравнимы с токами нагрузки
- Напряжения при коротких замыканиях превышают номинальные
- Напряжения при коротких замыканиях слишком низкие

**Транспозиция фаз нужна для снижения:**

- +несимметрии напряжений и токов при нормальных режимах работы
- потерь мощности на корону
- потерь мощности на нагрев проводов
- риска поражения электрическим током при нахождении человека под ЛЭП

**Наибольшая допустимая длина линии класса 0,38 кВ:**

- 200 м
- +800 м
- 10 000 м
- 15 000 м

**Таблица 3 – Критерии оценки сформированности компетенций**

| Код и наименование индикатора достижения компетенции (части компетенции)                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Критерии оценивания сформированности компетенции (части компетенции)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | на базовом уровне                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | на повышенном уровне                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | соответствует оценке «удовлетворительно»<br>50-64% от максимального балла                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | соответствует оценке «хорошо»<br>65-85% от максимального балла                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | соответствует оценке «отлично»<br>86-100% от максимального балла                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| ИД-1 <sub>ОПК-2</sub><br>Алгоритмизирует решение задач и реализует алгоритмы с использованием программных средств.<br>ИД-2 <sub>ОПК-2</sub><br>Разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения ИД-1 <sub>ПКОС-1</sub><br>Осуществляет мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей | Студент демонстрирует знание основных методов расчета несимметричных и аварийных режимов электрических сетей, методов оценки надежности электроснабжения; на базовом уровне умеет алгоритмизировать решение задач с использованием программных средств; разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения, способен осуществлять мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей | Студент демонстрирует хорошее знание: основных методов расчета несимметричных и аварийных режимов электрических сетей, методов оценки надежности электроснабжения; способен самостоятельно алгоритмизировать решение задач с использованием программных средств; разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения, осуществлять мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей | Студент демонстрирует отличное знание: основных методов расчета несимметричных и аварийных режимов электрических сетей, методов оценки надежности электроснабжения; способен с высокой степенью самостоятельности алгоритмизировать решение задач с использованием программных средств; разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения, осуществлять мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей |

**Модуль 2. Математические методы расчета  
несимметричных режимов электрических сетей**

**Компьютерное тестирование**

*Выберите один правильный вариант ответа и нажмите кнопку «Далее»*

**Метод, использующийся для расчетов несимметричных режимов 3-х фазных симметричных сетей:**

- +Метод 3-х симметричных составляющих
- Метод первой последовательности
- Метод второй последовательности
- Метод нулевой последовательности

**Какой метод является более предпочтительным для расчета несимметричных режимов трехфазных сетей?**

Метод трех симметричных составляющих

Параметрический метод

+Метод фазных координат

Операторный метод

**Оператор поворота, принимаемый в методе трех симметричных составляющих, имеет вид:**

$$a = e^{j\frac{\pi}{2}}$$

$$+ a = e^{j\frac{2\pi}{3}}$$

$$a = -e^{j\frac{2\pi}{3}}$$

$$a = e^{j\frac{\pi}{3}}$$

**Векторы фазных напряжений сдвинуты друг относительно друга на угол:**

$$\frac{\pi}{2}$$

$$\frac{\pi}{3}$$

$$+ \frac{2\pi}{3}$$

$$\frac{\pi}{4}$$

**Метод расчета несимметричных режимов, основанный на полных матрицах параметров и режимов относительно всех фаз сети:**

Фазовый метод

Параметрический метод

+Метод расчета в фазных координатах

Матричный метод

**Название 4-х матриц (A, B, C, D), входящих в матрицу передачи (H):**

Блочные матрицы

+Матрицы обобщенных постоянных

Матрицы параметров

Матрицы сопротивлений и проводимостей

**Название матриц погонных параметров линий электропередачи:**

Матрицы распределенных параметров

+Матрицы продольных сопротивлений и поперечных проводимостей

Параметрические матрицы

Обобщенные матрицы

**Какой метод позволяет производить расчеты в реальных величинах в каждой фазе сети?**

Метод трех симметричных составляющих

+Метод фазных координат

Параметрический метод

Матричный метод

**Параметры в фазных координатах (Z) при известных в 3-х симметричных составляющих (Zs):**

$$Z = S \cdot Z_s$$

$$Z = Z_s \cdot S$$

$$+Z = S^{-1} \cdot Z_s \cdot S$$

$$Z = Z_s^{-1}$$

**Параметры в координатах 3-х симметричных составляющих (Zs) при известных параметрах в фазных (Z):**

$$Z_s = Z \cdot S$$

$$Z_s = S \cdot Z \cdot S^{-1}$$

$$+Z_s = S \cdot Z$$

$$Z_s = Z^{-1}$$

**В каком случае невозможно применение метода трех симметричных составляющих?**

Симметричный режим

Несимметричный режим

Число фаз равно трем

+Число фаз более трех

**Какая форма связывает напряжения и токи в начале с напряжениями и токами в конце 2К-полюсника?**

А-форма

С-форма

+Н-форма

У-форма

**Какая форма связывает токи в начале и в конце с напряжениями в начале и в конце 2К-полюсника?**

А-форма

С-форма

Н-форма

+У-форма

**Комплексная квадратная матрица погонных продольных сопротивлений k-проводников линии находится по формуле:**

$$+|Z| = |R| + j\omega|L|$$

$$|Y| = |g| + j\omega|\beta|$$

$$|W| = |\Gamma||Y|^{-1}$$

$$|W| = |\Gamma|^{-1}|Z|$$

**Комплексная квадратная матрица погонных поперечных проводимостей k-проводников линии находится по формуле:**

$$|Z| = |R| + j\omega|L|$$

$$+|Y| = |g| + j\omega|\beta|$$

$$|W| = |\Gamma||Y|^{-1}$$

$$|W| = |\Gamma|^{-1}|Z|$$

**Столбцовые матрицы комплексных амплитуд напряжений и токов в проводниках в рассматриваемой точке линии:**

$$+ \begin{bmatrix} |U_l| \\ |I_l| \\ |U_K| \\ |I_K| \\ |U_H| \\ |I_H| \\ |A| \\ |B| \\ |C| \\ |D| \end{bmatrix}$$

**Удельная проводимость земли имеет размерность:**

$$\begin{aligned} & \text{Ом} \\ & \text{см} \\ & + (\text{Ом} \cdot \text{см})^{-1} \\ & \left( \frac{\text{Ом}}{\text{см}} \right)^{-1} \end{aligned}$$

**Сопротивление земли находят по формуле:**

$$\begin{aligned} & + RZ = 2\pi f \lambda \\ & RZ = \frac{\pi f \lambda}{2} \\ & RZ = \frac{2\pi f}{\lambda} \\ & RZ = \frac{2\pi}{3} f \lambda \end{aligned}$$

**Глубина залегания обратного провода находится по формуле:**

$$\begin{aligned} & + D_3 = \frac{66.4}{\sqrt{f \lambda}} \\ & D_3 = \frac{66.4}{f \lambda} \\ & D_3 = 66.4 \cdot f \lambda \\ & D_3 = 66.4 \cdot \sqrt{f \lambda} \end{aligned}$$

**Диэлектрическая проницаемость воздуха обозначается:**

$$\begin{aligned} & \alpha \\ & \beta \\ & + \varepsilon_0 \\ & \lambda \end{aligned}$$

**Диэлектрическая проницаемость имеет размерность:**

$$\begin{aligned} & \text{Ом} \\ & \text{см} \\ & (\text{Ом} \cdot \text{см})^{-1} \\ & + \text{Безразмерная величина} \end{aligned}$$

**Таблица 4 – Критерии оценки сформированности компетенций**

| Код и наименование индикатора достижения компетенции (части компетенции)                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Критерии оценивания сформированности компетенции (части компетенции)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | на базовом уровне                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | на повышенном уровне                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | соответствует оценке «удовлетворительно»<br>50-64% от максимального балла                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | соответствует оценке «хорошо»<br>65-85% от максимального балла                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | соответствует оценке «отлично»<br>86-100% от максимального балла                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <p>ИД-1<sub>ОПК-2</sub><br/>Алгоритмизирует решение задач и реализует алгоритмы с использованием программных средств.</p> <p>ИД-2<sub>ОПК-2</sub><br/>Разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения</p> <p>ИД-1<sub>ПКос-1</sub><br/>Осуществляет мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей</p> | <p>Студент демонстрирует знание: основных методов расчета несимметричных режимов электрических сетей; метода трех симметричных составляющих, метода фазных координат с использованием 2-к полюсников и их матриц передачи; на базовом уровне умеет алгоритмизировать решение задач с использованием программных средств; разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения, способен осуществлять мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей</p> | <p>Студент демонстрирует хорошее знание: основных методов расчета несимметричных режимов электрических сетей; метода трех симметричных составляющих, метода фазных координат с использованием 2-к полюсников и их матриц передачи; способен самостоятельно алгоритмизировать решение задач с использованием программных средств; разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения, осуществлять мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей</p> | <p>Студент демонстрирует отличное знание: основных методов расчета несимметричных режимов электрических сетей; метода трех симметричных составляющих, метода фазных координат с использованием 2-к полюсников и их матриц передачи; способен с высокой степенью самостоятельности алгоритмизировать решение задач с использованием программных средств; разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения, осуществлять мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей</p> |

**Модуль 3. Программы расчета несимметричных режимов  
электрических сетей**

**Компьютерное тестирование**

*Выберите один правильный вариант ответа и нажмите кнопку «Далее»*

**Матрица узловых проводимостей выражается как:**

$$Y = M \cdot Z_B$$

$$+Y = M \cdot Z_B^{-1} \cdot M_t$$

$$Y = Z_B \cdot M_t$$

$$Y = M \cdot Z_B \cdot M_t$$

**Запись матричных узловых уравнений:**

$$I_B = Z_B^{-1} \cdot V_B$$

$$U_B = Z_B \cdot I_B$$

$$+J = Y \cdot U$$

$$J = (Y + Z) \cdot V$$

**Уравнения, описывающие матрицу передачи продольных устройств:**

$$A = E, \quad B = 0, \quad C = 0, \quad D = E$$

$$A = E, \quad B = 0, \quad C = Y, \quad D = E$$

$$A = Z \cdot Y, \quad B = E, \quad C = E, \quad D = Y \cdot Z$$

$$+A = E, \quad B = Z, \quad C = 0, \quad D = E$$

**Уравнения, описывающие матрицу передачи поперечных устройств:**

$$A = E, \quad B = Z, \quad C = Y, \quad D = E$$

$$+A = E, \quad B = 0, \quad C = Y, \quad D = E$$

$$A = Z \cdot Y, \quad B = Z, \quad C = 0, \quad D = Y \cdot Z$$

$$A = E, \quad B = E, \quad C = E, \quad D = E$$

**Наиболее удобная программа для выполнения расчетов несимметричных режимов электрических цепей:**

+MathCAD  
MS Office  
Pascal  
TurboPascal

**Чтение данных в программе MathCAD происходит:**

Справа – налево, сверху – вниз  
+слева – направо, сверху – вниз  
Слева – направо, снизу – вверх  
В любом направлении

**Столбцовая матрица имеет размерность ( $m$  – число фаз линии):**

$$1 \times m$$

$$m \times m$$

$$+ m \times 1$$

$$1 \times 1$$

**Строчная матрица имеет размерность ( $m$  – число фаз линии):**

$$+ 1 \times m$$

$$m \times m$$

$$m \times 1$$

$$1 \times 1$$

**При умножении матриц A и B должно выполняться следующее условие:**

+Число строк матрицы A равняется числу столбцов матрицы B  
Число столбцов матрицы A равняется числу строк матрицы B

Размеры матриц могут быть любыми неодинаковыми

Диагональные элементы матриц равны

**При сложении матриц A и B должно выполняться следующее условие:**

Число строк матрицы A равняется числу столбцов матрицы B

Число столбцов матрицы A равняется числу строк матрицы B

+Размеры матриц одинаковые

Диагональные элементы матриц равны

**При сложении матриц A и B размер результирующей матрицы C:**

+Равен размеру матрицы A

B два раза больше размера матрицы A

B два раза меньше размера матрицы A

B два раза больше размера матрицы B

**При умножении матрицы A на число  $\lambda$  элементы результирующей матрицы C можно найти по формуле:**

$$+ c_{ij} = \lambda \cdot a_{ij}$$

$$c_{ij} = \frac{\lambda}{a_{ij}}$$

$$c_{ij} = \frac{a_{ij}}{\lambda}$$

$$c_{ij} = a_{ij}^{\lambda}$$

**Какое из действий с матрицами A и B записано неверно?**

$$A \cdot B \neq B \cdot A$$

$$+ A \cdot B = B \cdot A$$

$$|A \cdot B| = |A| \cdot |B|$$

$$(A \cdot B)^{-1} = B^{-1} \cdot A^{-1}$$

**Если элементы строк матрицы расставлены в столбцы, а элементы столбцов в строки, то такая матрица называется:**

Единичной

Нулевой

Обратной

+Транспонированной

**Матрица, умножение которой на исходную матрицу дает единичную матрицу, называется:**

Диагональной

Нулевой

+Обратной

Транспонированной

**Матрица называется квадратной, если:**

+Число строк равно числу столбцов

Число строк в два раза больше числа столбцов

Она содержит одну строку и несколько столбцов

Она содержит несколько строк и один столбец

**Эквивалентная матрица передачи всех устройств, включенных вдоль линии, рассчитывается по формуле:**

$$+ [H_H] = \prod_{i=1}^{NU} (H_i)$$

$$[H_H] = \sum_{i=1}^{NU} (H_i)$$

$$[H_H] = \prod_{i=1}^m (H_i)$$

$$[H_H] = \sum_{i=1}^m (H_i)$$

**Матрица узловых проводимостей всей электропередачи рассчитывается по формуле:**

$$[Y_H] = \begin{bmatrix} -Y_{Ha} & Y_{yb} \\ Y_{Hc} & -Y_{Hd} \end{bmatrix}$$

$$[Y_H] = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix}$$

$$+ [Y_H] = \begin{bmatrix} Y_{Ha} & Y_{yb} \\ Y_{Hc} & Y_{Hd} \end{bmatrix}$$

$$[Y_H] = \begin{bmatrix} A & -B \\ -C & D \end{bmatrix}$$

**Элементы матрицы узловых проводимостей всей электропередачи равны:**

$$+ Y_{Ha} = D_H B_H^{-1}, Y_{Hb} = C_H - D_H B_H^{-1} A_H, Y_{Hc} = B_H^{-1}, Y_{Hd} = -B_H^{-1} A_H$$

$$A = E, B = 0, C = E + 1, D = 0$$

$$Y_{Ha} = C_H - D_H B_H^{-1} A_H, Y_{Hb} = D_H B_H^{-1}, Y_{Hc} = -B_H^{-1} A_H, Y_{Hd} = B_H^{-1}$$

$$A = 0, B = E, C = E + 1, D = 0$$

**Выражение Н-формы 2k-полюсника ЛЭП:**

$$\begin{bmatrix} I_H \\ I_K \end{bmatrix} = [H] \begin{bmatrix} U_H \\ U_K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_H \\ U_K \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} U_H \\ I_H \end{bmatrix} = [H] \begin{bmatrix} U_K \\ I_K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H_a & H_b \\ H_c & H_d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_K \\ I_K \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} U_H \\ I_H \end{bmatrix} = [H] \begin{bmatrix} U_K \\ I_K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_a & Y_b \\ Y_c & Y_d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_K \\ I_K \end{bmatrix}$$

$$+ \begin{bmatrix} U_H \\ I_H \end{bmatrix} = [H] \begin{bmatrix} U_K \\ I_K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_K \\ I_K \end{bmatrix}$$

**Выражение Y-формы 2k-полюсника ЛЭП:**

$$\begin{bmatrix} U_H \\ I_H \end{bmatrix} = [H] \begin{bmatrix} U_K \\ I_K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H_a & H_b \\ H_c & H_d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_K \\ I_K \end{bmatrix}$$

$$+ \begin{bmatrix} I_H \\ I_K \end{bmatrix} = [Y] \begin{bmatrix} U_H \\ U_K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_a & Y_b \\ Y_c & Y_d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_H \\ U_K \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} U_H \\ I_H \end{bmatrix} = [H] \begin{bmatrix} U_K \\ I_K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_a & Y_b \\ Y_c & Y_d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_K \\ I_K \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} U_H \\ I_H \end{bmatrix} = [H] \begin{bmatrix} U_K \\ I_K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_K \\ I_K \end{bmatrix}$$

При расчете несимметричных режимов методом фазных координат оператор  $j$  равен:

$$j = \sqrt{e}$$

$$j = e^{\frac{2\pi}{3}}$$

$$j = \pi^e$$

$$+ j = \sqrt{-1}$$

**Таблица 5 – Критерии оценки сформированности компетенций**

| Код и наименование индикатора достижения компетенции (части компетенции)                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Критерии оценивания сформированности компетенции (части компетенции)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | на базовом уровне                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | на повышенном уровне                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | соответствует оценке «удовлетворительно» 50-64% от максимального балла                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | соответствует оценке «хорошо» 65-85% от максимального балла                                                                                                                                                                                                                                                                                               | соответствует оценке «отлично» 86-100% от максимального балла                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| ИД-1 <sub>ОПК-2</sub><br>Алгоритмизирует решение задач и реализует алгоритмы с использованием программных средств.<br>ИД-2 <sub>ОПК-2</sub><br>Разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения<br>ИД-1 <sub>ПКос-1</sub><br>Осуществляет мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей | Студент демонстрирует знание: основных программ расчета несимметричных режимов электрических сетей, метода узловых уравнений; действий с матрицами; «Н» и «У» форм 2-к полюсников элементов сети; на базовом уровне умеет алгоритмизировать решение задач с использованием программных средств; разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения, способен осуществлять мониторинг | Студент демонстрирует хорошее знание: основных программ расчета несимметричных режимов электрических сетей, метода узловых уравнений; действий с матрицами; «Н» и «У» форм 2-к полюсников элементов сети; способен самостоятельно алгоритмизировать решение задач с использованием программных средств; разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, | Студент демонстрирует отличное знание: основных программ расчета несимметричных режимов электрических сетей, метода узловых уравнений; действий с матрицами; «Н» и «У» форм 2-к полюсников элементов сети; способен с высокой степенью самостоятельности алгоритмизировать решение задач с использованием программных средств; разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения, осуществлять |

|  |                                                                                |                                                                                                                                                               |                                                                                           |
|--|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | технического<br>состояния<br>оборудования<br>подстанций<br>электрических сетей | пригодные для<br>практического<br>применения,<br>осуществлять<br>мониторинг<br>технического<br>состояния<br>оборудования<br>подстанций<br>электрических сетей | мониторинг<br>технического состояния<br>оборудования<br>подстанций<br>электрических сетей |
|--|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|

#### **Модуль 4. Расчет несимметричных режимов в пакете MathCAD**

##### **Компьютерное тестирование**

*Выберите один правильный вариант ответа и нажмите кнопку «Далее»*

**Матрица, связывающая напряжения и токи в начале с напряжениями и токами в конце:**

Матрица соединений

+Матрица передачи

Обратная матрица

Единичная матрица

**Матрица, отражающая связи между узлами и ветвями сети:**

Соединительная матрица

Матрица узлов

Матрица ветвей

+Матрица инциденции

**Матрица, являющаяся матрицей преобразования из координат 3-х симметричных составляющих в фазные координаты:**

$$+ \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ a^2 & a & 1 \\ a & a^2 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ a & a & a \\ a^2 & a^2 & a^2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & a & a^2 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} a & a & a \\ a^2 & a^2 & a^2 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

**Квадратная матрица называется верхней треугольной матрицей, если:**

$$+a_{ij}=0 \text{ для всех } i>j$$

$$a_{ij}=0 \text{ для всех } i<j$$

$$a_{ij}=0 \text{ для всех } i \text{ и } j$$

$$a_{ik}=0 \text{ для всех } i\neq k$$

**Квадратная матрица называется нижней треугольной матрицей, если:**

$$a_{ij}=0 \text{ для всех } i>j$$

$$+a_{ij}=0 \text{ для всех } i<j$$

$$a_{ij}=0 \text{ для всех } i \text{ и } j$$

$$a_{ik}=0 \text{ для всех } i\neq k$$

**Квадратная матрица называется нулевой матрицей, если:**

$$a_{ij}=0 \text{ для всех } i>j$$

$$a_{ij}=0 \text{ для всех } i<j$$

$$+a_{ij}=0 \text{ для всех } i \text{ и } j$$

$$a_{ik}=0 \text{ для всех } i\neq k$$

**Квадратная матрица называется диагональной матрицей, если:**

$$a_{ij}=0 \text{ для всех } i>j$$

$$a_{ij}=0 \text{ для всех } i<j$$

$$a_{ij}=0 \text{ для всех } i \text{ и } j$$

$$+a_{ik}=0 \text{ для всех } i\neq k$$

**Квадратная матрица называется единичной матрицей, если:**

$$a_{ij}=0 \text{ для всех } i>j$$

$$a_{ij}=0 \text{ для всех } i<j$$

$$a_{ij}=0 \text{ для всех } i \text{ и } j$$

$$+a_{ik}=0 \text{ для всех } i\neq k; a_{ik}=1 \text{ для всех } i=k$$

**Резльтирующая матрица узловых проводимостей при известных двух матрицах рядом стоящих устройств будет равна:**

$$+Y = Y_1 + Y_2$$

$$Y = Y_1 \cdot Y_2$$

$$Y = Y_1 \cdot Y_2^{-1}$$

$$Y = Y_1^{-1} \cdot Y_2$$

**Моделировать обрыв фаз можно:**

Большой поперечной проводимостью

+Большим продольным сопротивлением

Малой поперечной проводимостью

Малым продольным сопротивлением

**Моделировать короткое замыкание фаз можно:**

+Малым поперечным сопротивлением

Большим поперечным сопротивлением

Малой продольной проводимостью

Большой продольной проводимостью

**Эквивалентная матрица передачи при известных матрицах передачи устройств в распределительной сети равна:**

Сумме матриц устройств

Сумме обращенных матриц устройств

Произведению обращенных матриц устройств

+Произведению матриц устройств

**Правила составления матрицы инцидентий:**

+Если ток выходит из узла, то ставится +1; если входит в узел, то -1; если не соединен с узлом, то 0

Если ток выходит из узла, то ставится -1; если входит в узел, то +1; если не соединен с узлом, то 0

Если ток выходит из узла, то ставится +1; если входит в узел, то 0; если не соединен с узлом, то -1

Если ток выходит из узла, то ставится 0; если входит в узел, то -1; если не соединен с узлом, то +1

**Размерность матрицы передачи  $H$  при моделировании ЛЭП ( $m$  – число фаз):**

$$m \times 1$$

$$1 \times m$$

$$m \times m$$

$$+ 2m \times 2m$$

**Размерность матрицы узловых проводимостей  $Y$  при моделировании ЛЭП ( $m$  – число фаз):**

$$m \times 1$$

$$1 \times m$$

$$m \times m$$

$$+ 2m \times 2m$$

**На какие матрицы делится матрица передачи  $H$ ?**

+A, B, C, D

$H_a, H_b, H_c, H_d$

U, I, R, Z

K, N, P, T

**На какие матрицы делится матрица узловых проводимостей  $Y$ ?**

A, B, C, D

+ $Y_a, Y_b, Y_c, Y_d$

U, I, R, Z

K, N, P, T

**Эквивалентная матрица передачи  $H_n$  всех устройств, включенных вдоль линии, рассчитывается как:**

Сумма матриц передачи каждого устройства

+Произведение матриц передачи каждого устройства

Разность матриц передачи каждого устройства

Сумма транспонированных матриц передачи каждого устройства

**По какой формуле можно найти токи в начале  $I_H$  и в конце  $I_K$  линии электропередачи?**

$$\begin{bmatrix} I_H \\ I_K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U_H \\ U_K \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} Y_{Ha} & Y_{Hb} \\ Y_{Hc} & Y_{Hd} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} I_H \\ I_K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U_K \\ U_H \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} Y_{Ha} & Y_{Hb} \\ Y_{Hc} & Y_{Hd} \end{bmatrix}$$

$$+ \begin{bmatrix} I_H \\ I_K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{Ha} & Y_{Hb} \\ Y_{Hc} & Y_{Hd} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_H \\ U_K \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} I_H \\ I_K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{Ha} & Y_{Hb} \\ Y_{Hc} & Y_{Hd} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_K \\ U_H \end{bmatrix}$$

**По какой формуле можно найти токи  $I_X$  и напряжения  $U_X$  вдоль линии электропередачи (в точке x)?**

$$+ \begin{bmatrix} U_X \\ I_X \end{bmatrix} = [H_X] \cdot \begin{bmatrix} U_K \\ I_K \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} U_X \\ I_X \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U_K \\ I_K \end{bmatrix} \cdot [H_X]$$

$$\begin{bmatrix} U_X \\ I_X \end{bmatrix} = [H_X] \cdot \begin{bmatrix} I_K \\ U_K \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} U_X \\ I_X \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_K \\ U_K \end{bmatrix} \cdot [H_X]$$

**Продольный несимметричный элемент (элемент с пофазной несимметрией) задается следующей формулой:**

$$Z_{Zi} = \sqrt{R_{Zi} + jX_{Zi}}$$

$$+ Z_{Zi} = R_{Zi} + jX_{Zi}$$

$$Z_{Zi} = R_{Zi} - jX_{Zi}$$

$$Z_{Zi} = \sqrt{R_{Zi} - jX_{Zi}}$$

**Коэффициент связи обмоток трансформатора со схемой «звезда – звезда с нулем»:**

$$+ K_C = \frac{2}{2 + Z_t \cdot Y_t}$$

$$K_C = \frac{2}{2 - Z_t \cdot Y_t}$$

$$K_C = \frac{1}{2 + Z_t \cdot Y_t}$$

$$K_C = \frac{1}{1 - Z_t \cdot Y_t}$$

**Таблица 6 – Критерии оценки сформированности компетенций**

| Код и наименование индикатора достижения компетенции (части компетенции)                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Критерии оценивания сформированности компетенции (части компетенции)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | на базовом уровне                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | на повышенном уровне                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | соответствует оценке «удовлетворительно» 50-64% от максимального балла                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | соответствует оценке «хорошо» 65-85% от максимального балла                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | соответствует оценке «отлично» 86-100% от максимального балла                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <p>ИД-1<sub>ОПК-2</sub><br/>Алгоритмизирует решение задач и реализует алгоритмы с использованием программных средств.</p> <p>ИД-2<sub>ОПК-2</sub><br/>Разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения</p> <p>ИД-1<sub>ПКос-1</sub><br/>Осуществляет мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей</p> | <p>Студент демонстрирует знание: основных моделей элементов электрической сети в пакете MathCAD, матриц преобразования, эквивалентных матриц передачи; матриц вычисления напряжений и токов в точках электрической сети; на базовом уровне умеет алгоритмизировать решение задач с использованием программных средств; разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения, способен осуществлять мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей</p> | <p>Студент демонстрирует хорошее знание: основных моделей элементов электрической сети в пакете MathCAD, матриц преобразования, эквивалентных матриц передачи; матриц вычисления напряжений и токов в точках электрической сети; способен самостоятельно алгоритмизировать решение задач с использованием программных средств; разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения, осуществлять мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей</p> | <p>Студент демонстрирует отличное знание: основных моделей элементов электрической сети в пакете MathCAD, матриц преобразования, эквивалентных матриц передачи; матриц вычисления напряжений и токов в точках электрической сети; способен с высокой степенью самостоятельности алгоритмизировать решение задач с использованием программных средств; разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения, осуществлять мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей</p> |

## Модуль 5. Математические модели ЛЭП для расчета несимметричных режимов

### Компьютерное тестирование

Выберите один правильный вариант ответа и нажмите кнопку «Далее»

**Уравнения, описывающие матрицу передачи линии:**

$$+A = E + Z \cdot Y, \quad B = Z, \quad C = 2 \cdot Y + Y \cdot Z \cdot Y, \quad D = E + Y \cdot Z$$

$$A = E, \quad B = 0, \quad C = Y, \quad D = E$$

$$A = E, \quad B = Z, \quad C = 0, \quad D = E$$

$$A = E, \quad B = Z, \quad C = Y, \quad D = E$$

**При моделировании ЛЭП матрица  $E$  является:**

+Единичной матрицей размера  $m \times m$

Нулевой матрицей размера  $2m \times 2m$

Диагональной матрицей размера  $m \times m$

Верхней треугольной матрицей размера  $2m \times 2m$

**Матрица  $Z$  собственных и взаимных продольных сопротивлений фаз линии имеет размерность:**

$$m \times 1$$

$$1 \times m$$

$$+ m \times m$$

$$2m \times 2m$$

**Матрица  $Y$  собственных и взаимных поперечных проводимостей фаз линии имеет размерность:**

$$m \times 1$$

$$1 \times m$$

$$+ m \times m$$

$$2m \times 2m$$

**Матрицами погонных параметров линии являются:**

$$+|Z|, \quad |Y|$$

$$|G|, \quad |W|$$

$$|A|, \quad |B|, \quad |C|, \quad |D|$$

$$|U|, \quad |I|$$

**Матрицами волновых параметров линии являются:**

$$|Z|, \quad |Y|$$

$$+|G|, \quad |W|$$

$$|A|, \quad |B|, \quad |C|, \quad |D|$$

$$|U|, \quad |I|$$

**Матрицами обобщенных параметров линии являются:**

$$\begin{array}{l}
|Z|, |Y| \\
|\Gamma|, |W| \\
+|A|, |B|, |C|, |D| \\
|U|, |I|
\end{array}$$

**При какой длине линии расчет матрицы упрощается, и линия считается короткой?**

- Менее 300 км
- +Менее 150 км
- Менее 50 км
- Менее 25 км

**Условие ( $I_k = 0$ ) равенства нулю тока в конце распределительной сети используется при:**

- 2-х стороннем питании
- обрывах
- к.з.
- + одностороннем питании

**Уравнение, описывающее матрицу передачи для сопротивления  $z$ :**

$$\begin{array}{l}
A_z=Z, B_z=1, C_z=0, D_z=1 \\
A_z=0, B_z=Z, C_z=1, D_z=0 \\
+A_z=1, B_z=Z, C_z=0, D_z=1 \\
A_z=1, B_z=Z, C_z=Z, D_z=1
\end{array}$$

**Уравнение, описывающее матрицу передачи поперечной проводимости  $Y$ :**

$$\begin{array}{l}
A_y=1, B_y=Y, C_y=0, D_y=1 \\
+A_y=1, B_y=0, C_y=Y, D_y=1 \\
A_y=1+YZ, B_y=Z, C_y=Y, D_y=1 \\
A_y=1+YZ, B_y=Y, C_y=Z, D_y=1
\end{array}$$

**Уравнение, описывающее матрицу передачи поперечной проводимости  $Y$  и продольного сопротивления  $z$  ( $\Gamma$ -образная схема):**

$$\begin{array}{l}
+A_{yz}=1, B_{yz}=Z, C_{yz}=Y, D_{yz}=1+YZ \\
A_{yz}=1, B_{yz}=Y, C_{yz}=Z, D_{yz}=1+YZ \\
A_{yz}=1+YZ, B_{yz}=Z, C_{yz}=Y, D_{yz}=1 \\
A_{yz}=1+YZ, B_{yz}=Y, C_{yz}=Z, D_{yz}=1
\end{array}$$

**Уравнение, описывающее матрицу передачи продольного сопротивления  $z$  и поперечной проводимости  $Y$  ( $\Gamma$ -образная схема):**

$$\begin{array}{l}
A_{zy}=1, B_{zy}=Z, C_{zy}=Y, D_{zy}=1+YZ \\
A_{zy}=1, B_{zy}=Y, C_{zy}=Z, D_{zy}=1+YZ \\
+A_{zy}=1+ZY, B_{zy}=Z, C_{zy}=Y, D_{zy}=1 \\
A_{zy}=1+ZY, B_{zy}=Y, C_{zy}=Z, D_{zy}=1
\end{array}$$

**Уравнение, описывающее матрицу передачи продольного сопротивления  $z$  и поперечных проводимостей  $Y1$  и  $Y2$  ( $\Pi$ -образная схема):**

$$A_n=1, B_n=Z, C_n=Y, D_n=1+YZ$$

$$A_n=1, B_n=Y, C_n=Z, D_n=1+YZ$$

$$+A_n=1+ZY_2, B_n=Z, C_n=Y_1+Y_2+Y_1ZY_2, D_n=1+Y_1Z$$

$$A_n=1+ZY_2, B_n=1+Y_1Z, C_n=Y_1+Y_2+Y_1ZY_2, D_n=Z$$

**Уравнение, описывающее матрицу передачи продольных сопротивлений  $Z_1$  и  $Z_2$  и поперечной проводимостей  $Y$  (Т-образная схема):**

$$A_m=1, B_m=Z, C_m=Y, D_m=1+YZ$$

$$A_m=1, B_m=Y, C_m=Z, D_m=1+YZ$$

$$A_m=1+Z_1Y, B_m=Z, C_m=Z_1+Z_2+Z_1YZ_2, D_m=1+Y_1Z$$

$$+A_m=1+Z_1Y, B_m=Z_1+Z_2+Z_1YZ_2, C_m=Y, D_m=1+YZ_2$$

**При моделировании линии класса 0,38 кВ методом фазных координат число фаз  $m$  принимается:**

3

+4

6

8

**Элементы матрицы активных продольных сопротивлений проводников линии:**

$$R_{ii} = R_3, R_{ij} = R_{0i} + R_3$$

$$+ R_{ii} = R_{0i} + R_3, R_{ij} = R_3$$

$$R_{ii} = R_{0i} - R_3, R_{ij} = R_3$$

$$R_{ii} = R_3, R_{ij} = R_{0i} - R_3$$

**Элементы матрицы индуктивных продольных сопротивлений проводников линии:**

$$+ X_{ii} = 4\pi 10^{-4} f \ln \frac{D_3}{r_{0i}}, X_{ij} = 4\pi 10^{-4} f \ln \frac{D_3}{\sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}}$$

$$X_{ii} = 4\pi 10^{-4} f \ln \frac{D_3}{\sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}}, X_{ij} = 4\pi 10^{-4} f \ln \frac{D_3}{r_{0i}}$$

$$X_{ii} = 4\pi 10^{-4} f \ln \frac{D_3}{r_{0i}}, X_{ij} = 4\pi 10^{-4} f \ln \frac{D_3}{\sqrt{(x_j - x_i)^2 - (y_j - y_i)^2}}$$

$$X_{ii} = 4\pi 10^{-4} f \ln \frac{D_3}{\sqrt{(x_j - x_i)^2 - (y_j - y_i)^2}}, X_{ij} = 4\pi 10^{-4} f \ln \frac{D_3}{r_{0i}}$$

**Элементы матрицы потенциальных коэффициентов  $\alpha$  рассчитываются по формулам:**

$$+ \alpha_{ii} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{2y_i}{r_{0i}}, \alpha_{ij} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \sqrt{\frac{(x_i - x_j)^2 + (y_i + y_j)^2}{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}}$$

$$\alpha_{ii} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{2y_i}{r_{0i}}, \alpha_{ij} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \sqrt{\frac{(x_i - x_j)^2 - (y_i + y_j)^2}{(x_i - x_j)^2 - (y_i - y_j)^2}}$$

$$\alpha_{ii} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \sqrt{\frac{(x_i - x_j)^2 + (y_i + y_j)^2}{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}}, \alpha_{ij} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{2y_i}{r_{0i}}$$

$$\alpha_{ii} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \sqrt{\frac{(x_i - x_j)^2 - (y_i + y_j)^2}{(x_i - x_j)^2 - (y_i - y_j)^2}}, \alpha_{ij} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{2y_i}{r_{0i}}$$

Элементы  $g_{ii}$  матрицы активных поперечных проводимостей проводников линии рассчитываются по следующей формуле:

$$g_{ii} = \frac{r_{0i} f(E_i / E_0)}{U_i^2}$$

$$g_{ii} = \frac{r_{0i}^2 f(E_i / E_0)}{U_i}$$

$$+ g_{ii} = \frac{r_{0i}^2 f(E_i / E_0)}{U_i^2}$$

$$g_{ii} = \frac{r_{0i}^2 f(E_0 / E_i)}{U_i^2}$$

Элементы  $g_{ij}$  матрицы активных поперечных проводимостей проводников линии равны:

$$+0$$

$$1$$

$$g_{ii}$$

$$X_{ii}$$

Матрица коэффициентов электростатической индукции (частичных емкостей) проводников линии рассчитывается по следующей формуле:

$$|\beta| = |\alpha|^T$$

$$+ |\beta| = |\alpha|^{-1}$$

$$|\beta| = \omega \cdot |\alpha|^{-1}$$

$$|\beta| = \omega \cdot |\alpha|^T$$

Матрица емкостных проводимостей  $B$  рассчитывается по следующей формуле:

$$|B| = \omega |\alpha|$$

$$|B| = \omega \cdot \alpha^{-1}$$

$$|B| = \omega \cdot \beta^T$$

$$+ |B| = \omega |\beta|$$

Телеграфные уравнения для многопроводной обратимой линии, состоящей из  $k$ -проводников, имеют вид:

$$+ \frac{d}{dl} \begin{bmatrix} |U_l| \\ |I_l| \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & |Z| \\ |Y| & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} |U_l| \\ |I_l| \end{bmatrix}$$

$$- \frac{d}{dl} \begin{bmatrix} |U_l| \\ |I_l| \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & |Y| \\ |Z| & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} |U_l| \\ |I_l| \end{bmatrix}$$

$$-\frac{d}{dl} \begin{bmatrix} |U_l| \\ |I_l| \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z & 0 \\ Y & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} |U_l| \\ |I_l| \end{bmatrix}$$

$$-\frac{d}{dl} \begin{bmatrix} |U_l| \\ |I_l| \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & Z \\ 0 & Y \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} |U_l| \\ |I_l| \end{bmatrix}$$

**Таблица 7 – Критерии оценки сформированности компетенций**

| Код и наименование индикатора достижения компетенции (части компетенции)                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Критерии оценивания сформированности компетенции (части компетенции)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | на базовом уровне                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | на повышенном уровне                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | соответствует оценке «удовлетворительно»<br>50-64% от максимального балла                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | соответствует оценке «хорошо»<br>65-85% от максимального балла                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | соответствует оценке «отлично»<br>86-100% от максимального балла                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <p>ИД-1<sub>ОПК-2</sub><br/>Алгоритмизирует решение задач и реализует алгоритмы с использованием программных средств.</p> <p>ИД-2<sub>ОПК-2</sub><br/>Разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения</p> <p>ИД-1<sub>ПКос-1</sub><br/>Осуществляет мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей</p> | <p>Студент демонстрирует знание:</p> <p>основных методов моделирования линий электропередачи, матриц передачи линий, матриц продольных сопротивлений и поперечных проводимостей линии, телеграфных уравнений; на базовом уровне умеет алгоритмизировать решение задач с использованием программных средств; разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения, способен осуществлять мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей</p> | <p>Студент демонстрирует хорошее знание:</p> <p>основных методов моделирования линий электропередачи, матриц передачи линий, матриц продольных сопротивлений и поперечных проводимостей линии, телеграфных уравнений; способен самостоятельно алгоритмизировать решение задач с использованием программных средств; разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения, осуществлять мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей</p> | <p>Студент демонстрирует отличное знание:</p> <p>основных методов моделирования линий электропередачи, матриц передачи линий, матриц продольных сопротивлений и поперечных проводимостей линии, телеграфных уравнений; способен с высокой степенью самостоятельности алгоритмизировать решение задач с использованием программных средств; разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения, осуществлять мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей</p> |

**Модуль 6. Математические модели трансформаторов**  
**для расчета несимметричных режимов**

**Компьютерное тестирование**

*Выберите один правильный вариант ответа и нажмите кнопку «Далее»*

**Наиболее применимая схема соединения обмоток трансформатора 35/10 кВ:**

- Треугольник-звезда
- +Звезда-треугольник
- Звезда-звезда
- Звезда-звезда с нулем

**Потребительский трансформатор чаще всего имеет схему соединения:**

- Треугольник-звезда
- Звезда-треугольник
- Звезда-звезда
- +Звезда-звезда с нулем

**Напряжения потребительского трансформатора:**

- 35/10 кВ
- 10/6 кВ
- +10/0,4 кВ
- 380/220 В

**Коэффициент трансформации трансформатора рассчитывается по следующей формуле:**

$$+ K = \frac{U_1}{U_2}$$

$$K = \frac{U_2}{U_1}$$

$$K = \frac{I_1}{I_2}$$

$$K = \frac{Z_1}{Z_2}$$

**Матрица инцидентий трансформатора имеет следующее обозначение:**

- H
- +M
- Y
- Zb

**Какой подход нельзя использовать для определения матрицы сопротивлений трансформатора?**

- Непосредственное измерение
- Использование справочных сведений о сопротивлениях первой, второй и нулевой последовательности
- Использование паспортных данных
- +Использование произвольных значений

**Для моделирования трансформаторов в фазных координатах используют матрицу узловых проводимостей:**

$$Y = M \cdot Zb^T \cdot M^{-1}$$

$$+ Y = M \cdot Zb^{-1} \cdot M^T$$

$$Y = M \cdot Zb^{-1}$$

$$Y = M \cdot M^T$$

**Сопротивление однофазного трансформатора рассчитывается по следующей формуле:**

$$+ Z_{Ti} = R_{Ti} + jX_{Ti}$$

$$Z_{Ti} = \sqrt{R_{Ti}^2 + X_{Ti}^2}$$

$$Z_{Ti} = R_{Ti} - jX_{Ti}$$

$$Z_{Ti} = \sqrt{R_{Ti}^2 - X_{Ti}^2}$$

**Уравнения, описывающие матрицу передачи однофазного трансформатора при известных матрицах проводимостей:**

$$A_{TP} = K \cdot ZT, B_{TP} = K, C_{TP} = 0, D_{TP} = \begin{bmatrix} 1 \\ \frac{1}{K} \end{bmatrix}$$

$$A_{TP} = K, B_{TP} = 0, C_{TP} = K \cdot ZT, D_{TP} = \begin{bmatrix} 1 \\ \frac{1}{K} \end{bmatrix}$$

$$+ A_{TP} = K, B_{TP} = K \cdot ZT, C_{TP} = 0, D_{TP} = \begin{bmatrix} 1 \\ \frac{1}{K} \end{bmatrix}$$

$$A_{TP} = \begin{bmatrix} 1 \\ \frac{1}{K} \end{bmatrix}, B_{TP} = K \cdot ZT, C_{TP} = 0, D_{TP} = K$$

**Уравнения, описывающие матрицу передачи трансформатора при известных матрицах проводимостей:**

$$+ A = -Y_{21}^{-1} \cdot Y_{22}, \quad B = -Y_{21}^{-1}, \quad C = Y_{12} - Y_{11} \cdot Y_{21}^{-1} \cdot Y_{22}, \quad D = -Y_{11} \cdot Y_{21}^{-1}$$

$$A = Y_{22}, \quad B = Y_{21}, \quad C = Y_{12}, \quad D = Y_{11}$$

$$A = Y_{11}, \quad B = Y_{12}, \quad C = Y_{21}, \quad D = Y_{22}$$

$$A = -Y_{21} \cdot Y_{11}, \quad B = Y_{21}^{-1}, \quad C = Y_{12} + Y_{21}, \quad D = -Y_{21} \cdot Y_{22}$$

**Собственные и взаимные сопротивления обмоток 2-х обмоточного трансформатора равны:**

$$+ Z_1 = \frac{1}{(1 - K_C^2) \left( \frac{1}{Z_T} + \frac{Y_T}{2} \right)}, \quad Z_2 = \frac{Z_1}{K_T^2}, \quad Z_{12} = K_C \cdot \sqrt{Z_1 Z_2}$$

$$Z_1 = Z_T, \quad Z_2 = Z_1 \cdot K_T^2, \quad Z_{12} = K_C \sqrt{Z_1 Z_2}$$

$$Z_1 = \frac{1}{Y_T}, \quad Z_2 = \frac{Z_1}{K_T^2}, \quad Z_{12} = K_C \sqrt{Z_1 Z_2}$$

$$Z_1 = Z_T + \frac{1}{Y_T}, \quad Z_2 = Z_1 \cdot K_T^2, \quad Z_{12} = K_C \sqrt{Z_1 Z_2}$$

**В сетях 10 и 0,4 кВ используются трансформаторы со схемой соединения обмоток:**

Треугольник-треугольник

+Звезда-треугольник и звезда-звезда с нулем

Треугольник-звезда

Звезда-звезда

**В матрице инцидентий количество строк соответствует:**

Количеству ветвей

+Количеству узлов

Количеству обмоток трансформатора

Группе соединения трансформатора

**В матрице инцидентий количество столбцов соответствует числу:**

+ ветвей

узлов

схем

контуров

**Матрица передачи трансформатора имеет следующее обозначение:**

+Н

М

Y

Zb

**Матрица сопротивлений ветвей трансформатора учитывает:**

Сопротивления связи

Продольные сопротивления

Поперечные сопротивления

+Собственные и взаимные сопротивления обмоток

**Матрица сопротивлений ветвей двухобмоточного трехбакового трансформатора имеет вид:**

$$ZV = \begin{bmatrix} Zm & 0 & 0 & Zc2 & 0 & 0 \\ 0 & Zm & 0 & 0 & Zc2 & 0 \\ 0 & 0 & Zm & 0 & 0 & Zc2 \\ Zc1 & 0 & 0 & Zm & 0 & 0 \\ 0 & Zc1 & 0 & 0 & Zm & 0 \\ 0 & 0 & Zc1 & 0 & 0 & Zm \end{bmatrix}$$

$$ZV = \begin{bmatrix} Zc2 & 0 & 0 & Zm & 0 & 0 \\ 0 & Zc2 & 0 & 0 & Zm & 0 \\ 0 & 0 & Zc2 & 0 & 0 & Zm \\ Zm & 0 & 0 & Zc1 & 0 & 0 \\ 0 & Zm & 0 & 0 & Zc1 & 0 \\ 0 & 0 & Zm & 0 & 0 & Zc1 \end{bmatrix}$$

$$+ ZV = \begin{bmatrix} Zc1 & 0 & 0 & Zm & 0 & 0 \\ 0 & Zc1 & 0 & 0 & Zm & 0 \\ 0 & 0 & Zc1 & 0 & 0 & Zm \\ Zm & 0 & 0 & Zc2 & 0 & 0 \\ 0 & Zm & 0 & 0 & Zc2 & 0 \\ 0 & 0 & Zm & 0 & 0 & Zc2 \end{bmatrix}$$

$$ZV = \begin{bmatrix} Z_m & 0 & 0 & Z_{c1} & 0 & 0 \\ 0 & Z_m & 0 & 0 & Z_{c1} & 0 \\ 0 & 0 & Z_m & 0 & 0 & Z_{c1} \\ Z_{c2} & 0 & 0 & Z_m & 0 & 0 \\ 0 & Z_{c2} & 0 & 0 & Z_m & 0 \\ 0 & 0 & Z_{c2} & 0 & 0 & Z_m \end{bmatrix}$$

При моделировании трансформатора «звезда-звезда с нулем» методом фазных координат размер матрицы инцидентии будет составлять:

$$\begin{aligned} &3 \times 4 \\ &4 \times 3 \\ &6 \times 8 \\ &+ 8 \times 6 \end{aligned}$$

При моделировании трансформатора «звезда - звезда с нулем» методом фазных координат размер матрицы собственных и взаимных сопротивлений будет составлять:

$$\begin{aligned} &3 \times 3 \\ &4 \times 4 \\ &+ 6 \times 6 \\ &8 \times 8 \end{aligned}$$

При моделировании трехфазных трансформаторов матрицы токов  $I_y$  и напряжений  $U_y$  в узлах входа и выходов имеют размерность:

$$\begin{aligned} &+ m \times 1 \\ &1 \times m \\ &m \times m \\ &2m \times 2m \end{aligned}$$

Какое из представленных ниже уравнений не относится к узловым уравнениям трехфазного трансформатора?

$$I = MZ_B^{-1}M_t U = YU = \begin{bmatrix} Y_{YY} & Y_{YM} \\ Y_{MY} & Y_{MM} \end{bmatrix} U$$

$$U_B = M_t U$$

$$I_B = Z_B^{-1} M_t U$$

$$+ U_H = U_K + ZI_K$$

К узловым уравнениям при моделировании трехфазного трансформатора не относится:

$$I = MZ_B^{-1}M_t U = YU = \begin{bmatrix} Y_{YY} & Y_{YM} \\ Y_{MY} & Y_{MM} \end{bmatrix}$$

$$U_B = M_t U$$

$$I_B = Z_B^{-1} M_t U$$

$$+U = -Y_{000}^{-1}Y_{0Y0}U_Y$$

**Таблица 8 – Критерии оценки сформированности компетенций**

| Код и наименование индикатора достижения компетенции (части компетенции)                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Критерии оценивания сформированности компетенции (части компетенции)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | на базовом уровне                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | на повышенном уровне                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | соответствует оценке «удовлетворительно»<br>50-64% от максимального балла                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | соответствует оценке «хорошо»<br>65-85% от максимального балла                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | соответствует оценке «отлично»<br>86-100% от максимального балла                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| ИД-1 <sub>ОПК-2</sub><br>Алгоритмизирует решение задач и реализует алгоритмы с использованием программных средств.<br>ИД-2 <sub>ОПК-2</sub><br>Разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения<br>ИД-1 <sub>ПКос-1</sub><br>Осуществляет мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей | Студент демонстрирует знание схем соединения обмоток трансформаторов, матриц сопротивлений и узловых проводимостей, матрицы инцидентии и матрицы передачи; на базовом уровне умеет алгоритмизировать решение задач с использованием программных средств; разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения, способен осуществлять мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей | Студент демонстрирует хорошее знание схем соединения обмоток трансформаторов, матриц сопротивлений и узловых проводимостей, матрицы инцидентии и матрицы передачи; способен самостоятельно алгоритмизировать решение задач с использованием программных средств; разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения, осуществлять мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей | Студент демонстрирует отличное знание схем соединения обмоток трансформаторов, матриц сопротивлений и узловых проводимостей, матрицы инцидентии и матрицы передачи; способен с высокой степенью самостоятельности алгоритмизировать решение задач с использованием программных средств; разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения, осуществлять мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей |

**Модуль 7. Математические модели фильтров напряжения обратной и нулевой последовательностей для расчета несимметричных режимов**

**Компьютерное тестирование**

Выберите один правильный вариант ответа и нажмите кнопку «Далее»  
Фильтр напряжения обратной последовательности используют для:

+обнаружения напряжения обратной последовательности  
фильтрации напряжений

фильтрации токов

фильтрации напряжений и токов

**Фильтр напряжения нулевой последовательности используют для:**

фильтрации напряжений

+ обнаружения напряжения нулевой последовательности

фильтрации токов

фильтрации напряжений и токов

**Какой эффект создает напряжение обратной последовательности?**

положительный вращающий момент двигателя

вращение двигателя в обратную сторону

остановку двигателя

+отрицательный вращающий момент двигателя

**Что происходит с двигателем при частом появлении напряжения обратной последовательности?**

увеличивается скорость вращения

двигатель останавливается

+сокращается срок службы

двигатель вращается в другую сторону

**Фильтр напряжения обратной последовательности – это:**

+электрическая схема, выделяющая напряжение обратной последовательности

схема, измеряющая напряжение обратной последовательности

схема, измеряющая модули напряжений

схема, измеряющая фазы напряжений

**Фильтр напряжения нулевой последовательности – это:**

схема, измеряющая напряжение нулевой последовательности

схема, измеряющая модули напряжений

+электрическая схема, выделяющая напряжение нулевой последовательности

схема, измеряющая фазы напряжений

**В какие цепи включают фильтр напряжения обратной последовательности?**

+ вторичные цепи трансформатора напряжения

вторичные цепи трансформатора тока

силовые сети

вторичные цепи

**В какие цепи включают фильтр напряжения нулевой последовательности?**

+ вторичные цепи трансформатора напряжения

вторичные цепи трансформатора тока

силовые сети

вторичные цепи

**Из скольких резисторов и емкостей состоит фильтр напряжения обратной последовательности активно-емкостного типа?**

из 1 и 3

из 3 и 1

из 1 и 4

+из 2 и 2

**Из скольких резисторов состоит фильтр напряжения нулевой последовательности?**

+из 3

из 1

из 2

из 4

**Сколько входов имеет фильтр напряжения обратной последовательности?**

2

+3

1

4

**Сколько входов имеет фильтр напряжения нулевой последовательности?**

+3

2

4

1

**Сколько выходов имеет фильтр напряжения обратной последовательности?**

1

3

+2

4

**Сколько выходов имеет фильтр напряжения нулевой последовательности:**

+1

2

3

4

**Сколько узлов и ветвей имеет модель фильтра напряжения обратной последовательности?**

5 и 4

4 и 5

+5 и 5

4 и 4

**Сколько узлов и ветвей имеет модель фильтра напряжения нулевой последовательности?**

+5 и 4

5 и 5

4 и 5

4 и 4

**Чем можно моделировать фильтр напряжения обратной последовательности?**

матрицей сопротивлений ветвей

+матрицей узловых проводимостей

матрицей инциденции

обратной матрицей

**Чем можно моделировать фильтр напряжения нулевой последовательности?**

матрицей сопротивлений ветвей

матрицей инциденции

обратной матрицей

+матрицей узловых проводимостей

**Чем можно моделировать фильтр напряжения обратной последовательности?**

матрицей сопротивлений ветвей

+матрицей передачи

матрицей инциденции

обратной матрицей

**Чем можно моделировать фильтр напряжения нулевой последовательности?**

+матрицей передачи

матрицей сопротивлений ветвей

матрицей инциденции

обратной матрицей

**Что подключается к фильтру напряжения обратной последовательности?**

+реагирующий орган

амперметр

фазометр

счетчик

**Что подключается к фильтру напряжения нулевой последовательности:**

амперметр

фазометр

+реагирующий орган

счетчик

**Таблица 9 – Критерии оценки сформированности компетенций**

| Код и наименование индикатора достижения компетенции (части компетенции)                                                                                                                                        | Критерии оценивания сформированности компетенции (части компетенции)                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                 | на базовом уровне                                                                                                                                                                                                                                       | на повышенном уровне                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                                                                                                                                                                                                                 | соответствует оценке «удовлетворительно» 50-64% от максимального балла                                                                                                                                                                                  | соответствует оценке «хорошо» 65-85% от максимального балла                                                                                                                                                                                            | соответствует оценке «отлично» 86-100% от максимального балла                                                                                                                                                                                                                          |
| ИД-1опк-2<br>Алгоритмизирует решение задач и реализует алгоритмы с использованием программных средств.<br>ИД-2опк-2<br>Разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения | Студент демонстрирует знание:<br>назначений фильтров напряжения обратной и нулевой последовательности, их моделей в фазных координатах, схем и элементов; на базовом уровне умеет алгоритмизировать решение задач с использованием программных средств; | Студент демонстрирует хорошее знание:<br>назначений фильтров напряжения обратной и нулевой последовательности, их моделей в фазных координатах, схем и элементов; способен самостоятельно алгоритмизировать решение задач с использованием программных | Студент демонстрирует отличное знание:<br>назначений фильтров напряжения обратной и нулевой последовательности, их моделей в фазных координатах, схем и элементов; способен с высокой степенью самостоятельности алгоритмизировать решение задач с использованием программных средств; |

|                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ИД-1 <sub>ПКос-1</sub><br>Осуществляет мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей | разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения, способен осуществлять мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей | средств;<br>разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения, осуществлять мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей | разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения, осуществлять мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## **Модуль 8. Математические модели нагрузок и различных видов несимметрии при расчете несимметричных режимов**

### **Компьютерное тестирование**

*Выберите один правильный вариант ответа и нажмите кнопку «Далее»*

**Схемы включения нагрузок, использующиеся в трехфазных распределительных сетях:**

Последовательные

Параллельные

+В звезду и в треугольник

Последовательно-параллельные

**Матрица узловых проводимостей для модели нагрузки, включаемой между фазными и нулевым проводами в четырехпроводной сети:**

$$Y_{\phi} = \begin{bmatrix} Y_{\phi 1} & 1 & 1 & -Y_{\phi 1} \\ 1 & Y_{\phi 2} & 1 & -Y_{\phi 2} \\ 1 & 1 & Y_{\phi 3} & -Y_{\phi 3} \\ -Y_{\phi 1} & -Y_{\phi 2} & -Y_{\phi 3} & Y_{\phi 1} + Y_{\phi 2} + Y_{\phi 3} \end{bmatrix}$$

$$Y_{\phi} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -Y_{\phi 1} \\ 0 & 1 & 0 & -Y_{\phi 2} \\ 0 & 0 & 1 & -Y_{\phi 3} \\ -Y_{\phi 1} & -Y_{\phi 2} & -Y_{\phi 3} & Y_{\phi 1} + Y_{\phi 2} + Y_{\phi 3} \end{bmatrix}$$

$$Y_{\phi} = \begin{bmatrix} Y_{\phi 1} & 0 & 0 & 1 \\ 0 & Y_{\phi 2} & 0 & 1 \\ 0 & 0 & Y_{\phi 3} & 1 \\ 1 & 1 & 1 & Y_{\phi 1} + Y_{\phi 2} + Y_{\phi 3} \end{bmatrix}$$

$$+Y_{\phi} = \begin{bmatrix} Y_{\phi 1} & 0 & 0 & -Y_{\phi 1} \\ 0 & Y_{\phi 2} & 0 & -Y_{\phi 2} \\ 0 & 0 & Y_{\phi 3} & -Y_{\phi 3} \\ -Y_{\phi 1} & -Y_{\phi 2} & -Y_{\phi 3} & Y_{\phi 1} + Y_{\phi 2} + Y_{\phi 3} \end{bmatrix}$$

**Параметры 2К-полюсника трехфазной нагрузки, включаемой между фазными и нулевым проводами:**

$$A=0, B=E, C=Y_{\phi}, D=E$$

$$A=E, B=Y_{\phi}, C=0, D=E$$

$$A=E, B=Y_{\phi}, C=E, D=0$$

$$+A=E, B=0, C=Y_{\phi}, D=E$$

**Значения узловых токов при моделировании нагрузки, включаемой между фазными и нулевым проводами в четырехпроводной сети, находятся по формуле:**

$$+ [J] = [Y_{\phi}] \cdot [U]$$

$$[J] = [U] \cdot [Y_{\phi}]$$

$$[J] = [Y_{\phi}] \cdot [E]$$

$$[J] = [E] \cdot [Y_{\phi}]$$

**В случае моделирования двухфазной нагрузки в четырехпроводной сети, матрица проводимостей будет иметь следующий вид:**

$$Y_{\phi}^{(2)} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & Y_{\phi 3} & -Y_{\phi 3} \\ 0 & 0 & -Y_{\phi 3} & Y_{\phi 3} \end{bmatrix}$$

$$+Y_{\phi}^{(2)} = \begin{bmatrix} Y_{\phi 1} & 0 & 0 & -Y_{\phi 1} \\ 0 & Y_{\phi 2} & 0 & -Y_{\phi 2} \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -Y_{\phi 1} & -Y_{\phi 2} & 0 & Y_{\phi 1} + Y_{\phi 2} \end{bmatrix}$$

$$Y_{\phi}^{(2)} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & Y_{\phi 3} & -Y_{\phi 3} \\ -1 & -1 & -Y_{\phi 3} & 1 + 1 + Y_{\phi 3} \end{bmatrix}$$

$$Y_{\phi}^{(2)} = \begin{bmatrix} Y_{\phi 1} & 0 & 0 & -Y_{\phi 1} \\ 0 & Y_{\phi 2} & 0 & -Y_{\phi 2} \\ 0 & 0 & 1 & -1 \\ -Y_{\phi 1} & -Y_{\phi 2} & -1 & Y_{\phi 1} + Y_{\phi 2} + 1 \end{bmatrix}$$

**В случае моделирования однофазной нагрузки в четырехпроводной сети, матрица проводимостей будет иметь следующий вид:**

$$\begin{aligned}
 +Y_{\phi}^{(1)} &= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & Y_{\phi_3} & -Y_{\phi_3} \\ 0 & 0 & -Y_{\phi_3} & Y_{\phi_3} \end{bmatrix} \\
 Y_{\phi}^{(1)} &= \begin{bmatrix} Y_{\phi_1} & 0 & 0 & -Y_{\phi_1} \\ 0 & Y_{\phi_2} & 0 & -Y_{\phi_2} \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -Y_{\phi_1} & -Y_{\phi_2} & 0 & Y_{\phi_1} + Y_{\phi_2} \end{bmatrix} \\
 Y_{\phi}^{(1)} &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & Y_{\phi_3} & -Y_{\phi_3} \\ -1 & -1 & -Y_{\phi_3} & 1+1+Y_{\phi_3} \end{bmatrix} \\
 Y_{\phi}^{(1)} &= \begin{bmatrix} Y_{\phi_1} & 0 & 0 & -Y_{\phi_1} \\ 0 & Y_{\phi_2} & 0 & -Y_{\phi_2} \\ 0 & 0 & 1 & -1 \\ -Y_{\phi_1} & -Y_{\phi_2} & -1 & Y_{\phi_1} + Y_{\phi_2} + 1 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

**Если в четырехпроводной сети в непосредственной близости имеются однофазная и двухфазная нагрузки, то результирующая матрица проводимостей будет находиться по следующей формуле:**

$$\begin{aligned}
 +Y_{\phi} &= Y_{\phi}^{(1)} + Y_{\phi}^{(2)} \\
 Y_{\phi} &= Y_{\phi}^{(1)} - Y_{\phi}^{(2)} \\
 Y_{\phi} &= Y_{\phi}^{(1)} \cdot Y_{\phi}^{(2)} \\
 Y_{\phi} &= Y_{\phi}^{(2)} \cdot Y_{\phi}^{(1)}
 \end{aligned}$$

**Матрица узловых проводимостей нагрузки, соединенной в треугольник в четырехпроводной сети:**

$$+Y_{M\phi}^{(3)} = \begin{bmatrix} Y_{12} + Y_{13} & -Y_{12} & -Y_{13} & 0 \\ -Y_{12} & Y_{12} + Y_{23} & -Y_{23} & 0 \\ -Y_{13} & -Y_{23} & Y_{23} + Y_{13} + Y_{34} & -Y_{34} \\ 0 & 0 & -Y_{34} & Y_{34} \end{bmatrix}$$

$$Y_{M\Phi}^{(3)} = \begin{bmatrix} Y_{12} + Y_{13} & -Y_{12} & -Y_{13} & 1 \\ -Y_{12} & Y_{12} + Y_{23} & -Y_{23} & 1 \\ -Y_{13} & -Y_{23} & Y_{23} + Y_{13} + Y_{34} & -Y_{34} \\ 1 & 1 & -Y_{34} & Y_{34} \end{bmatrix}$$

$$Y_{M\Phi}^{(3)} = \begin{bmatrix} 1 & -Y_{12} & -Y_{13} & 0 \\ -Y_{12} & 1 & -Y_{23} & 0 \\ -Y_{13} & -Y_{23} & 1 & -Y_{34} \\ 0 & 0 & -Y_{34} & Y_{34} \end{bmatrix}$$

$$Y_{M\Phi}^{(3)} = \begin{bmatrix} 0 & -Y_{12} & -Y_{13} & 1 \\ -Y_{12} & 0 & -Y_{23} & 1 \\ -Y_{13} & -Y_{23} & 0 & -Y_{34} \\ 1 & 1 & -Y_{34} & Y_{34} \end{bmatrix}$$

**Параметры 2К-полюсника нагрузки, соединенной в треугольник в трехпроводной сети:**

$$A=0, B=E, C=Y_{M\Phi}^{(3)}, D=E$$

$$+A=E, B=0, C=Y_{M\Phi}^{(3)}, D=E$$

$$A=0, B=Y_{M\Phi}^{(3)}, C=E, D=0$$

$$A=E, B=Y_{M\Phi}^{(3)}, C=0, D=E$$

**Матрица узловых проводимостей нагрузки, соединенной в звезду в четырехпроводной сети:**

$$+Y_{\Phi} = \begin{bmatrix} Y_1 & 0 & 0 & 0 & -Y_1 \\ 0 & Y_2 & 0 & 0 & -Y_2 \\ 0 & 0 & Y_3 & 0 & -Y_3 \\ 0 & 0 & 0 & Y_4 & -Y_4 \\ -Y_1 & -Y_2 & -Y_3 & -Y_4 & Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 \end{bmatrix}$$

$$Y_{\Phi} = \begin{bmatrix} Y_1 & 1 & 1 & 1 & -Y_1 \\ 1 & Y_2 & 1 & 1 & -Y_2 \\ 1 & 1 & Y_3 & 1 & -Y_3 \\ 1 & 1 & 1 & Y_4 & -Y_4 \\ -Y_1 & -Y_2 & -Y_3 & -Y_4 & Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 \end{bmatrix}$$

$$Y_{\Phi} = \begin{bmatrix} Y_1 & -1 & -1 & -1 & -Y_1 \\ -1 & Y_2 & -1 & -1 & -Y_2 \\ -1 & -1 & Y_3 & -1 & -Y_3 \\ -1 & -1 & -1 & Y_4 & -Y_4 \\ -Y_1 & -Y_2 & -Y_3 & -Y_4 & Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 \end{bmatrix}$$

$$Y_{\phi} = \begin{bmatrix} Y_1 & 0 & 0 & 0 & Y_1 \\ 0 & Y_2 & 0 & 0 & Y_2 \\ 0 & 0 & Y_3 & 0 & Y_3 \\ 0 & 0 & 0 & Y_4 & Y_4 \\ Y_1 & Y_2 & Y_3 & Y_4 & Y_1 - Y_2 - Y_3 - Y_4 \end{bmatrix}$$

**Узловые токи и узловые напряжения при моделировании нагрузки, соединенной в звезду в четырехпроводной сети, связаны соотношением:**

$$[J_{\phi}] = [U_{\phi}] \cdot [Y^{(3)}]$$

$$[J_{\phi}] = [Y] \cdot [U_{\phi}]$$

$$[J_{\phi}] = [Y] \cdot [U_{\phi}^3]$$

$$+ [J_{\phi}] = [Y^{(3)}] \cdot [U_{\phi}]$$

**Параметры 2К-полюсника нагрузки, соединенной в звезду без нулевого провода:**

$$+A=E, B=0, C=Y_{Y_{3\phi}}, D=E$$

$$A=0, B=E, C=Y_{Y_{3\phi}}, D=E$$

$$A=E, B=Y_{Y_{3\phi}}, C=0, D=E$$

$$A=E, B=Y_{Y_{3\phi}}, C=E, D=0$$

**Какой из этих режимов является аварийным, но не является несимметричным?**

Нормальный режим

Несимметричная нагрузка

Двухфазное короткое замыкание

+Трехфазное короткое замыкание

**Какой из этих режимов является несимметричным, но не является аварийным?**

Нормальный режим

+Несимметричная нагрузка

Двухфазное короткое замыкания

Трехфазное короткое замыкание

**В случае, когда короткое замыкание происходит до обрыва фазного провода, такой режим моделируется следующим способом:**

$$Z_{0bi}, Y_{1yi}$$

$$+Y_{1yi}, Z_{0bi}$$

$$Y_{1yi}, Z_{0bi}, Y_{2yi}$$

$$Z_{0bi}, Y_{2yi}$$

**В случае, когда короткое замыкание происходит после обрыва фазного провода, такой режим моделируется следующим способом:**

$$Z_{0bi}, Y_{1yi}$$

$$Y_{1yi}, Z_{0bi}$$

$Y_{1yi}, Z_{0bi}, Y_{2yi}$   
 $+Z_{0bi}, Y_{2yi}$

**В случае, когда короткое замыкание происходит до и после обрыва фазного провода, такой режим моделируется следующим способом:**

$Z_{0bi}, Y_{1yi}$   
 $Y_{1yi}, Z_{0bi}$   
 $+Y_{1yi}, Z_{0bi}, Y_{2yi}$   
 $Z_{0bi}, Y_{2yi}$

**При обрыве фазы сопротивление  $Z_{0bi}$  принимается примерно:**

0,1 Ом  
 100 Ом  
 1000 Ом  
 +1000 000 Ом

**При однофазном коротком замыкании матрица  $Y$  будет равна:**

$$+Y_{KZ} = \begin{bmatrix} Y_K & 0 & 0 & -Y_K \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -Y_K & 0 & 0 & Y_K \end{bmatrix}$$

$$Y_{KZ} = \begin{bmatrix} Y_K & -Y_K & 0 & 0 \\ -Y_K & Y_K & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$Y_{KZ} = \begin{bmatrix} Y_K & 0 & -Y_K & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -Y_K & 0 & Y_K & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$Y_{KZ} = \begin{bmatrix} Y_K & 0 & 0 & -Y_K \\ 0 & Y_K & 0 & -Y_K \\ 0 & 0 & Y_K & -Y_K \\ -Y_K & -Y_K & -Y_K & 3Y_K \end{bmatrix}$$

**При двухфазном коротком замыкании матрица  $Y$  будет равна:**

$$Y_{KZ} = \begin{bmatrix} Y_K & 0 & 0 & -Y_K \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -Y_K & 0 & 0 & Y_K \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned}
Y_{KZ} &= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & Y_K & 0 & -Y_K \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -Y_K & 0 & Y_K \end{bmatrix} \\
+ Y_{KZ} &= \begin{bmatrix} Y_K & 0 & -Y_K & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -Y_K & 0 & Y_K & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\
Y_{KZ} &= \begin{bmatrix} Y_K & 0 & 0 & -Y_K \\ 0 & Y_K & 0 & -Y_K \\ 0 & 0 & Y_K & -Y_K \\ -Y_K & -Y_K & -Y_K & 3Y_K \end{bmatrix}
\end{aligned}$$

**При трехфазном коротком замыкании матрица  $Y$  будет равна:**

$$\begin{aligned}
Y_{KZ} &= \begin{bmatrix} Y_K & 0 & 0 & -Y_K \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -Y_K & 0 & 0 & Y_K \end{bmatrix} \\
Y_{KZ} &= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & Y_K & 0 & -Y_K \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -Y_K & 0 & Y_K \end{bmatrix} \\
Y_{KZ} &= \begin{bmatrix} Y_K & 0 & -Y_K & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -Y_K & 0 & Y_K & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\
+ Y_{KZ} &= \begin{bmatrix} Y_K & 0 & 0 & -Y_K \\ 0 & Y_K & 0 & -Y_K \\ 0 & 0 & Y_K & -Y_K \\ -Y_K & -Y_K & -Y_K & 3Y_K \end{bmatrix}
\end{aligned}$$

**При обрыве фазного провода матрица продольного сопротивления будет иметь вид:**

$$+Z_{об} = \begin{vmatrix} Z_{об} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

$$Z_{об} = \begin{vmatrix} Z_{об} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ Z_{об} & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

$$Z_{об} = \begin{vmatrix} Z_{об} & 0 & 0 & -Z_{об} \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

$$Z_{об} = \begin{vmatrix} Z_{об} & 0 & 0 & -Z_{об} \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -Z_{об} & 0 & 0 & Z_{об} \end{vmatrix}$$

### В каком случае нагрузка НЕ является несимметричной?

Сопротивления во всех фазах различны

Сопротивления в двух фазах одинаковые, в третьей меньше

Сопротивления в двух фазах одинаковые, в третьей больше

+Сопротивления во всех фазах одинаковые

**Таблица 10 – Критерии оценки сформированности компетенций**

| Код и наименование индикатора достижения компетенции (части компетенции)                                                                                                               | Критерии оценивания сформированности компетенции (части компетенции)                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                        | на базовом уровне                                                                                                                                                                                                            | на повышенном уровне                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                           |
|                                                                                                                                                                                        | соответствует оценке «удовлетворительно» 50-64% от максимального балла                                                                                                                                                       | соответствует оценке «хорошо» 65-85% от максимального балла                                                                                                                                                           | соответствует оценке «отлично» 86-100% от максимального балла                                                                                                                                                                             |
| ИД-1опк-2<br>Алгоритмизирует решение задач и реализует алгоритмы с использованием программных средств.<br>ИД-2опк-2<br>Разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для | Студент демонстрирует знание методов моделирования нагрузок и видов несимметрии в трехпроводных и четырех проводных электрических сетях, их матриц узловых проводимостей, параметров 2-к полюсников; на базовом уровне умеет | Студент демонстрирует хорошее знание методов моделирования нагрузок и видов несимметрии в трехпроводных и четырех проводных электрических сетях, их матриц узловых проводимостей, параметров 2-к полюсников; способен | Студент демонстрирует отличное знание методов моделирования нагрузок и видов несимметрии в трехпроводных и четырех проводных электрических сетях, их матриц узловых проводимостей, параметров 2-к полюсников; способен с высокой степенью |

|                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| практического применения<br>ИД-1 <sub>ПКос-1</sub><br>Осуществляет мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей | алгоритмизировать решение задач с использованием программных средств; разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения, способен осуществлять мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей | самостоятельно алгоритмизировать решение задач с использованием программных средств; разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения, осуществлять мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей | самостоятельности алгоритмизировать решение задач с использованием программных средств; разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения, осуществлять мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## **Модуль 9. Расчет и исследование аварийных несимметричных режимов распределительных сетей**

### **Компьютерное тестирование**

*Выберите один правильный вариант ответа и нажмите кнопку «Далее»*

**Значения токов и напряжений в случае обрыва фазного провода с одновременным коротким замыканием будут примерно совпадать с режимом:**

- Однофазного короткого замыкания
- Двухфазного короткого замыкания
- Трехфазного короткого замыкания
- +Обрыва фазного провода

**Значения токов и напряжений в случае однофазного короткого замыкания с одновременным обрывом фазного провода будут примерно совпадать с режимом:**

- +Однофазного короткого замыкания
- Двухфазного короткого замыкания
- Трехфазного короткого замыкания
- Обрыва фазного провода

**В случае двухфазного короткого замыкания токи и напряжения в поврежденных фазах:**

- +Токи возрастают, напряжения уменьшаются
- Токи уменьшаются, напряжения возрастают
- Токи остаются неизменными, напряжения возрастают
- Токи возрастают, напряжения остаются неизменными

**В случае обрыва фазного провода ток и напряжение в данной фазе:**

Ток возрастает, напряжение уменьшается  
Ток уменьшается, напряжение возрастает  
+Ток равен нулю, напряжение возрастает  
Ток равен нулю, напряжение равно нулю

**В случае трехфазного короткого замыкания соотношение напряжений различных фаз:**

Равно нулю  
Близко к нулю  
+Близко к единице  
Равно бесконечности

**В случае металлического короткого замыкания переходное сопротивление в месте замыкания можно принять:**

+0,1 Ом  
100 Ом  
1000 Ом  
1000 000 Ом

**Фильтр напряжения обратной последовательности четко реагирует на обрывы фаз, если обрыв произошел:**

+До места установки фильтра  
После места установки фильтра  
Как до места установки фильтра, так и после  
Не реагирует на обрыв

**Фильтр напряжения обратной последовательности при произошедшем трехфазном коротком замыкании...**

Не реагирует, если замыкание произошло до фильтра  
Не реагирует, если замыкание произошло после фильтра  
+Не реагирует, если замыкание произошло как до, так и после фильтра  
Реагирует, если замыкание произошло как до, так и после фильтра

**При установке фильтра напряжения обратной последовательности в начале линии он реагирует:**

+Не реагирует на однофазные короткие замыкания  
Не реагирует на междуфазные короткие замыкания  
Реагирует на однофазные короткие замыкания  
Реагирует на трехфазные короткие замыкания

**Фильтр напряжения нулевой последовательности четко реагирует на обрывы фаз, если обрыв произошел:**

До места установки фильтра  
+После места установки фильтра  
Как до места установки фильтра, так и после  
Не реагирует на обрыв

**Фильтр напряжения нулевой последовательности при произошедшем трехфазном коротком замыкании:**

Не реагирует, если замыкание произошло до фильтра  
Не реагирует, если замыкание произошло после фильтра  
+Не реагирует, если замыкание произошло как до, так и после фильтра  
Реагирует, если замыкание произошло как до, так и после фильтра

**Фильтр напряжения нулевой последовательности реагирует на однофазные короткие замыкания при месте установки фильтра:**

- В начале линии
- В конце линии
- В середине линии
- +В любом месте установки

**Фильтр напряжения нулевой последовательности не реагирует на междуфазные короткие замыкания, если он установлен:**

- В начале линии
- В конце линии
- В середине линии
- +В любом месте установки

**Токи в фазах при установке фильтров обратной и нулевой последовательности от места установки фильтров находятся в следующей зависимости:**

- +Не зависят
- Уменьшаются, если фильтры установлены в начале линии
- Увеличиваются, если фильтры установлены в конце линии
- Увеличиваются, если фильтры установлены в начале линии

**При удалении точки однофазного короткого замыкания от начала линии ток в поврежденной фазе:**

- Увеличивается
- +Уменьшается
- Не изменяется
- Становится равным нулю

**При удалении точки обрыва фазного провода от начала линии ток в поврежденной фазе:**

- Увеличивается
- Уменьшается
- Сначала увеличивается, потом уменьшается
- +Равен нулю

**По каким признакам можно определить двухфазное короткое замыкание в сетях с глухозаземленной нейтралью?**

- В поврежденных фазах токи незначительно увеличиваются
- +В поврежденных фазах токи увеличиваются
- В поврежденных фазах токи незначительно уменьшаются
- В поврежденных фазах токи уменьшаются до нуля

**При увеличении сопротивления одной из фаз нагрузки ток в этой фазе:**

- Увеличится
- +Уменьшится
- Не изменится
- Станет равным нулю

**При работе линии на холостом ходу сопротивления нагрузки равны:**

- нулю
- сопротивлению обмоток трансформатора
- сопротивлению проводников линии

+бесконечности

**При работе линии на холостом ходу (без нагрузки) протекающие токи:**

+Емкостные

Активные

Индуктивные

Активно-индуктивные

**Величина протекающих токов при работе линии на холостом ходу:**

+Близка к нулю

Равна величине токов нагрузки

Равна величине токов коротких замыканий

Больше токов нагрузки, но меньше токов коротких замыканий

**По какому признаку мы можем предполагать о возникновении трехфазного короткого замыкания в сети 0,38 кВ?**

Одновременное снижение тока во всех фазах

+Одновременное возрастание тока во всех фазах

Одновременное возрастание напряжения во всех фазах

Одновременное снижение напряжения во всех фазах

**Является ли однофазное замыкание на землю аварийным режимом в сети 0,38 кВ?**

+Да

Нет

Недостаточно данных

В зависимости от мощности нагрузки

**Является ли однофазное замыкание на землю аварийным режимом в сети 35 кВ?**

Да

+Нет

Недостаточно данных

В зависимости от мощности нагрузки

**Таблица 11 – Критерии оценки сформированности компетенций**

| Код и наименование индикатора достижения компетенции (части компетенции)                                                             | Критерии оценивания сформированности компетенции (части компетенции)                                                                             |                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                      | на базовом уровне                                                                                                                                | на повышенном уровне                                                                                                                                     |                                                                                                                                                           |
|                                                                                                                                      | соответствует оценке «удовлетворительно»<br>50-64% от максимального балла                                                                        | соответствует оценке «хорошо»<br>65-85% от максимального балла                                                                                           | соответствует оценке «отлично»<br>86-100% от максимального балла                                                                                          |
| ИД-1Опк-2<br>Алгоритмизирует решение задач и реализует алгоритмы с использованием программных средств.<br>ИД-2Опк-2<br>Разрабатывает | Студент демонстрирует знание зависимостей напряжений и токов от видов несимметричных режимов при металлических замыканиях и при замыканиях через | Студент демонстрирует хорошее знание зависимостей напряжений и токов от видов несимметричных режимов при металлических замыканиях и при замыканиях и при | Студент демонстрирует отличное знание зависимостей напряжений и токов от видов несимметричных режимов при металлических замыканиях и при замыканиях через |

|                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения</p> <p>ИД-1<sub>ПКос-1</sub></p> <p>Осуществляет мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей</p> | <p>переходное сопротивление, моделей обрывов и замыканий фаз в сети; на базовом уровне умеет алгоритмизировать решение задач с использованием программных средств; разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения, способен осуществлять мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей</p> | <p>замыканиях через переходное сопротивление, моделей обрывов и замыканий фаз в сети; способен самостоятельно алгоритмизировать решение задач с использованием программных средств; разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения, осуществлять мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей</p> | <p>переходное сопротивление, моделей обрывов и замыканий фаз в сети; способен с высокой степенью самостоятельности алгоритмизировать решение задач с использованием программных средств; разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения, осуществлять мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей</p> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 2 ОЦЕНИВАНИЕ ПИСЬМЕННЫХ РАБОТ СТУДЕНТОВ

**Оценивание письменных работ студентов,  
не регламентируемых учебным планом**

**Индивидуальное домашнее задание (ИДЗ)**

*Варианты задания*

### **1. Постановка задачи расчета несимметричных режимов электрических сетей. Обзор методов расчета**

1. Задача расчета несимметричных режимов электрической сети.
2. Основные методы расчета несимметричных режимов электрической сети.
3. Виды несимметричных режимов.

## **2. Математические методы расчета несимметричных режимов электрических сетей**

1. Метод фазных координат.
2. Метод трех симметричных составляющих.

### **3. Программы расчета несимметричных режимов электрических сетей**

1. Основные программы расчета несимметричных режимов электрической сети.
2. Узловые уравнения электрической сети.
3. Действия с матрицами.
4. Матрицы передачи продольных и поперечных устройств.
5. «Н» и «У» формы 2-к полюсников элементов сети.

### **4. Расчет несимметричных режимов в пакете MathCAD**

1. Моделирование электрической сети в пакете MathCAD.
2. Матрицы преобразования.
3. Перевод из фазных координат в координаты трех симметричных составляющих.
4. Перевод из координат трех симметричных составляющих в фазные координаты.
5. Моделирование повреждения (несимметрии).
6. Моделирование коротких замыканий.
7. Моделирование обрывов.
8. Моделирование одновременных обрывов и коротких замыканий.
9. Эквивалентная матрица передачи сети.
10. Расчет напряжений и токов в точках сети.

### **5. Математические модели ЛЭП для расчета несимметричных режимов**

1. Матричные телеграфные уравнения многопроводной линии и их преобразования.
2. Матрицы погонных параметров фаз многофазной линии.
3. Матрицы погонных параметров фаз линии с учетом числа и вида транспозиции.
4. Методика и алгоритм расчета несимметричных режимов ЛЭП с включенными устройствами вдоль линии.
5. Продольное сопротивление линии.
6. Поперечная проводимость линии.
7. Г-образная схема замещения линии.
8. П-образная схема замещения линии.
9. Т-образная схема замещения линии.
10. Эквивалентная матрица передачи линии.

### **6. Математические модели трансформаторов для расчета несимметричных режимов**

1. Моделирование трансформатора «звезда-звезда с нулем».
2. Моделирование трансформатора «звезда-треугольник».
3. Рассчитать матрицу передачи трансформатора 10/0,4 кВ «звезда-звезда с нулем».
4. Рассчитать матрицу передачи трансформатора 35/10 кВ «звезда-треугольник».
5. Моделирование трансформатора с прилегающей сетью.
6. Трехфазные и многофазные трансформаторы.

## **7. Математические модели фильтров напряжения обратной и нулевой последовательностей для расчета несимметричных режимов**

1. Моделирование фильтра напряжения обратной последовательности.
2. Моделирование фильтра напряжения нулевой последовательности.
3. Подключение фильтра напряжения обратной последовательности к трехпроводной сети.
4. Подключение фильтра напряжения обратной последовательности к четырехпроводной сети.
5. Подключение фильтра напряжения нулевой последовательности к трехпроводной сети.
6. Подключение фильтра напряжения нулевой последовательности к четырехпроводной сети.
7. Рассчитать матрицу передачи фильтра напряжения обратной последовательности.
8. Рассчитать матрицу передачи фильтра напряжения нулевой последовательности.
9. Эффективность фильтра напряжения обратной последовательности.
10. Эффективность фильтра напряжения нулевой последовательности.

## **8. Математические модели нагрузок и различных видов несимметрии при расчете несимметричных режимов**

1. Модель нагрузки, включаемой между фазными и нулевым проводами в четырехпроводной сети.
2. Модель нагрузки, соединенной в треугольник, в четырехпроводной сети.
3. Модель нагрузки, соединенной в звезду, в четырехпроводной сети.
4. Рассчитать матрицу передачи нагрузки, соединенной в звезду.

## **9. Расчет и исследование аварийных несимметричных режимов распределительных сетей**

1. Расчетная схема фидеров 6-10-35 кВ.
2. Несимметричные режимы фидеров 6-10-35 кВ.
3. Рассчитать несимметричные режимы сети, состоящей из двух участков линии и нагрузки.
4. Рассчитать несимметричные режимы сети, состоящей из двух участков линии, нагрузки и короткого замыкания.
5. Рассчитать несимметричные режимы сети, состоящей из двух участков линии, фильтра напряжения обратной последовательности, нагрузки и короткого замыкания.
6. Рассчитать несимметричные режимы сети, состоящей из трансформатора, двух участков линии и нагрузки.
7. Рассчитать несимметричные режимы сети, состоящей из трансформатора, двух участков линии, нагрузки и короткого замыкания.

**Максимальная оценка – 10 баллов.**

**Таблица 12 – Критерии оценки сформированности компетенций**

| Код и наименование индикатора достижения компетенции (части компетенции)                                                                                                                                                                                                                                                                      | Критерии оценивания сформированности компетенции (части компетенции)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | на базовом уровне                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | на повышенном уровне                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | соответствует оценке «удовлетворительно»<br>50-64% от максимального балла                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | соответствует оценке «хорошо»<br>65-85% от максимального балла                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | соответствует оценке «отлично»<br>86-100% от максимального балла                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <p>ИД-1опк-2<br/>Алгоритмизирует решение задач и реализует алгоритмы с использованием программных средств.</p> <p>ИД-2опк-2<br/>Разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения</p> <p>ИД-1пкос-1<br/>Осуществляет мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей</p> | <p>Студент, в основном, владеет материалом по теме, задание выполнил до конца семестра, при выполнении задания использовал пакет MathCAD и необходимые программы расчета, но приводит неточную аргументацию теоретических положений или допустил незначительные ошибки; студент на базовом уровне умеет алгоритмизировать решение задач с использованием программных средств; разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения, способен осуществлять мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей</p> | <p>Студент хорошо владеет материалом, выполнил задание в срок и в полном объеме, при выполнении задания использовал на хорошем уровне пакет MathCAD и необходимые программы расчета, по существу отвечает на поставленные вопросы, но допускает неточности формулировок, не искажающие их содержания; способен самостоятельно алгоритмизировать решение задач с использованием программных средств; разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения, осуществлять мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей</p> | <p>Студент отлично владеет материалом, выполнил задание в срок и в полном объеме, при выполнении задания успешно использовал MathCAD и необходимые программы расчета, показывает глубокое знание и понимание темы, самостоятельно и аргументировано делает правильные выводы; студент способен с высокой степенью самостоятельности алгоритмизировать решение задач с использованием программных средств; разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения, осуществлять мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей</p> |

### **3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

Форма промежуточной аттестации по дисциплине *экзамен*.

#### **ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ**

**ОПК-2. Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения.**

#### **Задания закрытого типа**

*Выберите несколько правильных вариантов ответа*

**1. К методам расчета аварийных режимов электрической сети относится математический метод:**

- + фазных координат
- Крамера
- Фурье
- + метод трех симметричных составляющих

*Выберите один правильный вариант ответа*

**2. Вид электрического аварийного режима в математической модели линии называется:**

- падение опоры
- растяжка проводов
- + короткое замыкание
- падение деревьев на провода

**3. В математическом методе трех симметричных составляющих при расчете аварийных режимов электрической сети нет последовательности:**

- прямой
- обратной
- нулевой
- + равномерной

**4. Применение метода трех симметричных составляющих случае невозможно при:**

- Симметричном режиме
- Несимметричном режиме
- Числе фаз, равном трем
- + Числе фаз более трех

## Задания открытого типа

*Дайте развернутый ответ на вопрос*

**1. Какие четыре матрицы используются в алгоритме расчета параметров электропередачи?**

*Правильный ответ.* В алгоритме расчета параметров электропередачи используются: матрица активных продольных сопротивлений; матрица индуктивных продольных сопротивлений; матрица активных поперечных проводимостей; матрица емкостных поперечных проводимостей.

**2. Что такое матрица передачи, используемая при математическом моделировании электропередачи?**

*Правильный ответ:* матрица, связывающая напряжения и токи в начале линии с напряжениями и токами в конце линии.

**3. Чему равна эквивалентная матрица передачи, используемая при математическом моделировании линии электропередачи с включенными вдоль нее устройствами?**

*Правильный ответ:* эквивалентная матрица передачи равна произведению всех матриц передачи устройств, включенных вдоль нее.

**4. В каких двух формах представляется матрица передачи при математическом моделировании линии?**

*Правильный ответ:* матрица передачи линии может быть представлена или в «Н» - форме или в «Y» - форме.

**5. По какому алгоритму составляется матрица узловых проводимостей электрической схемы?**

*Правильный ответ:* сначала проставляется с отрицательным знаком существующие проводимости между данными узлами схемы, а затем по диагонали проставляются проводимости, равные сумме проводимостей данной строки матрицы.

**6. По какому алгоритму составляется матрица соединений узлов и ветвей электрической схемы?**

*Правильный ответ:* проставляется «+1» или «-1», если ветвь выходит или входит в узел, а также «0», если ветвь не соединена с узлом.

**7. Сколько активных сопротивлений и емкостей содержит математическая модель фильтра напряжения обратной последовательности?**

*Правильный ответ:* фильтр напряжения обратной последовательности содержит два активных сопротивления и две емкости.

**8. Как включены проводимости в математической модели фильтра напряжения нулевой последовательности?**

*Правильный ответ:* проводимости фильтра нулевой последовательности включены в «звезду» между фазными и нулевым проводами.

**9. Чем моделируются междуфазные короткие замыкания и обрывы в математической модели электропередачи?**

*Правильный ответ:* короткие замыкания моделируются малыми проводимостями между фазами, а обрывы моделируются большими сопротивлениями в фазах.

**10. По каким двум схемам может быть включена нагрузка в математической модели электропередачи?**

*Правильный ответ:* проводимости нагрузки могут быть включены в «звезду» или в «треугольник».

**11. От чего зависит матрица продольных активных сопротивлений в математической модели линии?**

*Правильный ответ:* матрица активных продольных сопротивлений зависит от сопротивлений фазных проводов и сопротивления земли.

**12. От чего зависит матрица продольных индуктивных сопротивлений в математической модели линии?**

*Правильный ответ:* матрица продольных индуктивных сопротивлений зависит от радиуса проводов, проводимости земли, частоты сети и координат фаз на опоре линии.

**13. От чего зависит матрица поперечных активных проводимостей в математической модели линии?**

*Правильный ответ:* матрица поперечных активных проводимостей зависит от радиуса проводов, напряжения провода и потерь на корону.

**14. От чего зависит матрица поперечных емкостных проводимостей в математической модели линии?**

*Правильный ответ:* матрица поперечных емкостных проводимостей зависит от радиуса проводов, координат проводов на опоре и диэлектрической проницаемости воздуха.

**ПКос-1. Способен осуществлять мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей.**

### **Задания закрытого типа**

***Выберите несколько правильных вариантов ответа***

**1. Нагрузка линии может включаться в сеть:**

- + трехпроводную
- + четырехпроводную

семипроводную  
восьмипроводную

**2. Трансформаторы различаются по исполнению на:**

пятибаковые  
+трехбаковые  
+однобаковые  
семибаковые

**Выберите один правильный вариант ответа**

**3. Переходное сопротивление в месте замыкания НЕ возникает при:**

замыкании через дугу  
падении провода на ветку дерева  
обрыве провода  
+схлестывании проводов

**Задания открытого типа**

**Дайте развернутый ответ на вопрос**

**1. Какие электрические сети работают с изолированной нейтралью?**

*Правильный ответ:* с изолированной нейтралью работают электрические сети напряжением 6-10-35 кВ.

**2. Что называется несимметричным режимом электрической сети?**

*Правильный ответ:* несимметричным режимом является режим, когда напряжения и токи в узле сети не равны по фазам.

**3. Как называется изменение взаимного расположения фаз по длине линии?**

*Правильный ответ:* изменение взаимного расположения фаз по длине линии называется транспозицией фаз.

**4. Какой метод расчета аварийных режимов позволяет получать сразу реальные напряжения и токи?**

*Правильный ответ:* получать сразу реальные напряжения и токи позволяет метод фазных координат.

**5. Какие две схемы соединения обмоток трансформаторов наиболее часто используются в электрических сетях?**

*Правильный ответ:* наиболее используемыми схемами соединения обмоток трансформаторов являются схемы «звезда» и «треугольник».

**6. Чему равен коэффициент трансформации двухобмоточного трансформатора?**

*Правильный ответ:* коэффициент трансформации равен отношению входного и выходного напряжения трансформатора.

**7. Чему равны число строк и число столбцов матрицы соединений схемы электрической сети?**

*Правильный ответ:* число строк равно количеству узлов, а число столбцов равно количеству ветвей схемы.

#### 8. Для чего используется фильтр напряжений обратной последовательности?

*Правильный ответ:* фильтр напряжения обратной последовательности используется для обнаружения напряжения обратной последовательности в электрической сети.

Окончательные результаты обучения (формирования компетенций) определяются посредством перевода баллов, набранных студентом в процессе освоения дисциплины, в оценки:

– базовый уровень сформированности компетенции считается достигнутым, если результат обучения соответствует оценке «удовлетворительно» (50-64 рейтинговых баллов);

– повышенный уровень сформированности компетенции считается достигнутым, если результат обучения соответствует оценкам «хорошо» (65-85 рейтинговых баллов) и «отлично» (86-100 рейтинговых баллов).

### 4 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ПОВТОРНОЙ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Фонд оценочных средств для проведения повторной промежуточной аттестации формируется из числа оценочных средств по темам, которые не освоены студентом.

*Примечание:*

Дополнительные контрольные испытания проводятся для студентов, набравших менее **50 баллов** (в соответствии с «Положением о модульно-рейтинговой системе»).

**Таблица 13 – Критерии оценки сформированности компетенций**

| Код и наименование индикатора достижения компетенции (части компетенции)                                                                                                                                                                                                                                                                               | Критерии оценивания сформированности компетенции (части компетенции)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | на базовом уровне                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | соответствует оценке «удовлетворительно»<br>50-64% от максимального балла                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| ИД-1 <sub>ОПК-2</sub> Алгоритмизирует решение задач и реализует алгоритмы с использованием программных средств.<br>ИД-2 <sub>ОПК-2</sub> Разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения<br>ИД-1 <sub>ПКос-1</sub> Осуществляет мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей | Студент демонстрирует знание методов расчета несимметричных режимов электрических сетей; методов фазных координат, трех симметричных составляющих; моделей линий, трансформаторов, нагрузок, фильтров, обрывов и замыканий; узловых уравнений; матриц передачи; зависимостей напряжений и токов от видов несимметричных режимов. Студент на базовом уровне умеет алгоритмизировать решение задач с использованием программных средств; разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения, способен осуществлять мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей |

