

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**  
**филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения**  
**высшего образования «Мурманский арктический государственный университет»**  
**в г. Апатиты**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Б1.В.ОД.6 Электроэнергетические системы и сети**

(название дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом)

**основной профессиональной образовательной программы**  
**по направлению подготовки**

**13.03.02 Электроэнергетика и электротехника**  
**направленность (профиль) «Высоковольтные электроэнергетика и**  
**электротехника»**

(код и наименование направления подготовки  
с указанием направленности (профиля) (наименования магистерской программы))

**высшее образование – бакалавриат**

уровень профессионального образования: высшее образование – бакалавриат / высшее образование –  
специалитет, магистратура / высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации

**бакалавр**

квалификация

**очная**

форма обучения

**2018**

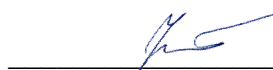
год набора

**Составитель:**

Морозов И.Н., канд. техн. наук, доцент  
кафедры физики, биологии и  
инженерных технологий

Утверждено на заседании кафедры физики,  
биологии и инженерных технологий  
(протокол № 8 от 15 июня 2018 г.)

Зав. кафедрой



подпись

Николаев В.Г.

**1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)** – Целью изучения дисциплины является получение необходимых знаний в области проектирования электроэнергетических систем и сетей и расчета их режимов: изучение теории передачи электрической энергии переменным током, физику процессов, происходящих в электрических сетях и системах, способы моделирования элементов и электрической сети в целом, методы расчётов их эксплуатационных режимов, а также дать представление о требованиях к улучшению режимов электрических сетей и об условиях оптимального управления ими.

*Задачей* изучения дисциплины является овладение методами проектирования и его алгоритмом, основами расчета установившихся режимов электроэнергетических систем и сетей, ознакомление с методами энергосбережения в электроэнергетических системах и методами регулирования частоты и напряжения.

В результате изучения дисциплины обучающиеся должны:

- знать принципы передачи и распределения электроэнергии; основу конструктивного выполнения воздушных и кабельных линий электропередачи, методы расчета режимов работы электроэнергетических систем и сетей, методы регулирования напряжения, компенсации параметров и реактивной мощности в электрических сетях, общий алгоритм проектирования электрических сетей, алгоритм выбора номинальных напряжений, конфигурации сети, параметров элементов электрических сетей;

- уметь определять параметры схемы замещения основных элементов электроэнергетических систем и сетей; рассчитывать установившиеся режимы электроэнергетических систем и сетей; выбирать средства регулирования напряжения на понижающих подстанциях; рассчитывать технико-экономические показатели вариантов сети и выбирать рациональный вариант схемы сети;

- иметь навыки проектирования районных электрических сетей, использования справочной литературы и анализа результатов расчетов режимов работы электроэнергетических систем и сетей.

## **2. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

- способностью использовать методы анализа и моделирования электрических цепей (ОПК-3);

- способностью рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности (ПК-6);

- способностью составлять и оформлять типовую техническую документацию (ПК-9).

## **3. УКАЗАНИЕ МЕСТА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.**

Курс «Электроэнергетические системы и сети» является обязательным.

Теоретическую и методологическую основу дисциплины «Электроэнергетические системы и сети» составляют:

Высшая математика;

Физика;

Теоретические основы электротехники;

Общая энергетика;

Электрические машины;

Электротехническое и конструкционное материаловедение.

Освоение данной дисциплины необходимо как совместное, так и предшествующее для следующих дисциплин учебного плана:

- Электрические станции и подстанции;
- Релейная защита электроэнергетических систем;
- Преддипломная практика.

**4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ.**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 часа. (из расчета 1 ЗЕТ= 36 часов).

| Курс          | Семестр | Трудоемкость в ЗЕТ | Общая трудоемкость (час.) | Контактная работа |           |           | Всего контактных часов | Из них в интерактивной форме | Кол-во часов на СРС | Курсовые работы | Кол-во часов на контроль | Форма контроля |
|---------------|---------|--------------------|---------------------------|-------------------|-----------|-----------|------------------------|------------------------------|---------------------|-----------------|--------------------------|----------------|
|               |         |                    |                           | ЛК                | ПР        | ЛБ        |                        |                              |                     |                 |                          |                |
| 4             | 7       | 3                  | 108                       | 32                | 32        | 16        | 80                     | -                            | 28                  | -               | -                        | Зачет          |
| 4             | 8       | 4                  | 144                       | 40                | 30        | -         | 70                     | -                            | 38                  | -               | 36                       | Экзамен        |
| <b>Итого:</b> |         | <b>7</b>           | <b>252</b>                | <b>72</b>         | <b>62</b> | <b>16</b> | <b>150</b>             | <b>-</b>                     | <b>66</b>           | <b>-</b>        | <b>36</b>                | <b>Экзамен</b> |

**5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ.**

| № п/п | Наименование раздела, темы  | Контактная работа |    |    | Всего контактных часов | Из них в интерактивной форме | Кол-во часов на СРС |
|-------|---|-------------------|----|----|------------------------|------------------------------|---------------------|
|       |   | ЛК                | ПР | ЛБ |                        |                              |                     |
| 1     | Общие сведения об электроэнергетических системах и электрических сетях. | 4                 | 4  | -  | 8                      | -                            | 7                   |
| 2     | Понятие режима электрической сети и задачи расчета режимов сети         | 6                 | 6  | 2  | 14                     | -                            | 7                   |
| 3     | Схемы замещения элементов   | 10                | 12 | 2  | 24                     | -                            | 7                   |

|   |   |           |           |           |            |          |           |
|---|---|-----------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
|   | электрических сетей и их параметры.   |           |           |           |            |          |           |
| 4 | Расчет установившихся нормальных и послеаварийных режимов электрических сетей различной конфигурации.                               | 12        | 6         | 2         | 20         | -        | 7         |
| 5 | Регулирование напряжения и частоты в электроэнергетической системе. Расчет потерь мощности и электроэнергии в элементах ЭЭС.        | 8         | 6         | 2         | 16         | -        | 7         |
| 6 | Основы построения схем систем передачи и распределения электрической энергии. Качество электроэнергии и его обеспечение.            | 8         | 10        | 2         | 20         | -        | 7         |
| 7 | Балансы мощностей в электроэнергетической системе. Компенсация реактивной мощности  | 8         | 6         | 2         | 16         | -        | 7         |
| 8 | Основные мероприятия, направленные на снижение потерь электроэнергии.   | 8         | 6         | 2         | 16         | -        | 7         |
| 9 | Технико-экономические основы проектирования электрических сетей. Выбор конфигураций схем и основных параметров электрических сетей. | 8         | 6         | 2         | 16         | -        | 10        |
|   | Итого:  | <b>72</b> | <b>62</b> | <b>16</b> | <b>150</b> | <b>-</b> | <b>66</b> |
|   | <b>Экзамен</b>  |           |           |           |            |          | <b>36</b> |

### Содержание разделов дисциплины

#### **Тема 1. Общие сведения об электроэнергетических системах и электрических сетях.**

Раздел 1. *Основные понятия, термины, определения*

Предмет курса «Электроэнергетические системы и сети». Общие задачи электроэнергетики и её особенности. Энергетическая и электрическая (электроэнергетическая) системы, электрическая сеть. Классификация электрических сетей. Технико-экономические преимущества создания энергосистем и энергообъединений.

#### **Тема 1. Понятие режима электрической сети и задачи расчета режимов сети.**

Раздел 1. *Напряжения элементов электрической сети*

Номинальные напряжения электропотребителей и электроустановок электрических систем. Предельно допустимые напряжения в электрических сетях. Режимы нейтралей электрических сетей различных номинальных напряжений.

Раздел 2. *Принципы конструктивного исполнения линии электропередачи.*

Основные элементы конструкций и параметров воздушных линий (ВЛ) различного класса напряжения. Провода и тросы ВЛ. Характеристика материалов, марки, стандартный ряд сечений. Основные типы опор ВЛ. Расположение проводов и защитных тросов на опорах. Изоляция ВЛ. Кабельные линии, виды кабельной канализации, области применения. Типы и конструкции кабелей и их марки.

#### **Тема 3. Схемы замещения элементов электрических сетей и их параметры.**

Раздел 1. *Характеристика и расчёт параметров схем замещения воздушных и кабельных линий*

Представление электрических систем (ЭС) с помощью схем замещения. Схемы замещения ВЛ различного номинального напряжения. Характеристика и определение

параметров схем замещения. Схемы замещения кабельных линий. Определение параметров схем замещения ВЛ со стальными проводами.

Раздел 3. *Параметры и схемы замещения двухобмоточных трансформаторов.*

Типы, условные обозначения, принципиальная схема, схема замещения, физическая суть её элементов. Определение параметров схем замещения двухобмоточных трехфазных трансформаторов.

Раздел 4. *Параметры и схема замещения трёхобмоточных трансформаторов и автотрансформаторов.*

Типы исполнения. Принципиальная схема, схема замещения. Расчет параметров схемы замещения.

Раздел 5. *Двухобмоточные трансформаторы с расщепленными обмотками низшего напряжения*

Назначение. Условные обозначения. Принципиальная схема, схема замещения, определение параметров схемы замещения.

Раздел 6. *Представление компенсирующих устройств.*

Реакторы и конденсаторы в схемах ЭС. Назначение, типы, схемы замещения, параметры схемы замещения.

Раздел 7. *Представление электрических нагрузок (ЭН) в схемах замещения ЭС.*

Представление ЭН постоянной мощностью и постоянным током. Представление нагрузок с помощью сопротивлений и проводимостей.

**Тема 4. Расчёт и анализ установившихся нормальных и послеаварийных режимов электрических сетей различной конфигурации.**

Раздел 1. *Задачи расчёта и анализа установившихся режимов электрической сети.*

Исходные данные для расчёта. Однофазные и трехфазные мощности. Определение трехфазной мощности электроустановок при соединении их схем в звезду и треугольник. Математическая постановка задачи.

Раздел 2. *Анализ режима участка электрической сети.*

Определение потерь мощности в продольных и поперечных элементах схем замещения. Характеристика и определение потерь мощности в элементах электрических сетей. Падение и потери напряжения в линии.

Расчет установившихся режимов разомкнутых электрических сетей.

Расчет нормального режима ЛЭП при различных способах задания исходных данных. Векторные диаграммы мощностей и напряжений.

Раздел 3. *Расчёт и анализ установившихся режимов разомкнутых электрических сетей.*

Расчет установившегося режима ЛЭП с несколькими электрическими нагрузками. Режим холостого хода ЛЭП. Расчет режима сети с различными номинальными напряжениями. Векторные диаграммы.

Раздел 4. *Расчёт и анализ установившихся режимов простых замкнутых сетей*

Расчётные нагрузки и схемы электрических сетей. Расчёт электрического режима простейшей замкнутой сети. Правило моментов.

**Тема 5. Регулирование напряжения и частоты в электроэнергетической системе. Расчет потерь мощности и электроэнергии в элементах ЭЭС.**

Раздел 1. *Методы расчёта и анализа потерь электрической энергии.*

Получение графиков ЭН. Графики нагрузок по продолжительности. Потребляемая (выработанная) электроэнергия. Общая характеристика и классификация потерь. Основные методы определения потерь электроэнергии.

**Тема 6. Основы построения схем систем передачи и распределения электрической энергии. Качество электроэнергии и его обеспечение.**

Раздел 1. *Требования к схемам электрических сетей*

Классификация потребителей по требуемой надёжности электроснабжения. Принципиальные схемы разомкнутых и замкнутых сетей. Области применения. Способы

присоединения тупиковых, транзитных и узловых подстанций к электрической сети. Типовые схемы распределительных устройств.

*Раздел 2. Общая постановка и характеристика задачи технико-экономических расчётов*

Основные и удельные технико-экономические показатели электрических сетей. Критерии выбора оптимального варианта сооружения, реконструкции и развития электрической сети. Метод приведенных затрат в статической постановке. Себестоимость передачи электроэнергии.

*Раздел 3. Выбор сечения проводов и жил кабелей*

Метод экономической плотности тока. Метод экономических интервалов для выбора сечения проводов и жил кабелей. Определение сечений проводов местных сетей по допустимой потере напряжения.

*Раздел 4. Показатели и нормы качества электроэнергии*

Межгосударственный стандарт ГОСТ 13109-97 на качество электроэнергии. Область применения. Влияние качества электрической энергии на работу электропотребителей и сетей.

***Тема 7. Балансы мощностей в электроэнергетической системе. Компенсация реактивной мощности.***

*Раздел 1. Баланс активной и реактивной мощности и уровень частоты и напряжения в электроэнергетической системе*

Качественная и количественная оценка взаимосвязи балансов активной и реактивной мощностей и уровней частоты и напряжения в электроэнергетической системе. Первичное и вторичное регулирование частоты. Лавина напряжений. Связь между напряжениями начала и конца ЛЭП. Падение напряжения, потери напряжения. Векторная диаграмма. Работа линии на холостом ходу. Расчет параметров режимов разомкнутых электрических сетей. Расчетная нагрузка узла. Расчет параметров режимов сети с двухсторонним питанием (замкнутой (кольцевой) сети). Методы расчета параметров режимов сложных электрических сетей.

***Тема 8. Основные мероприятия, направленные на снижение потерь электроэнергии.***

Методы расчета потерь электроэнергии в электрических сетях. Метод оперативных расчетов. Метод характерных суток. Метод средних нагрузок. Метод определения потерь электроэнергии по времени наибольших потерь.

***Тема 9. Технико-экономические основы проектирования электрических сетей. Выбор конфигураций схем и основных параметров электрических сетей.***

*Раздел 1. Основы регулирования режимов систем передачи и распределения электрической энергии*

Показатели качества электроэнергии. Регулирование и изменение напряжения в электроэнергетической системе. Централизованное регулирование напряжения. Принципы встречного (согласного) регулирования напряжения. Регулирование, изменение напряжения с помощью коэффициента трансформации. Регулирование напряжения изменением сопротивления сети. Применение устройств продольной емкостной компенсации. Компенсация реактивной мощности. Гибкие системы передачи энергии переменного тока (FACTS).

## **6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

### **Основная литература:**

1. Горелов С. В., Горелов В. П., Иванова Е. В. Системы электроснабжения водного транспорта и предприятий: учебник. Директ-Медиа, 2015. 513 с. - [Электронный ресурс]. - URL: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view\\_red&book\\_id=428239](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=428239)
2. Привалов Е. Е. Диагностика электроэнергетического оборудования: учебное пособие. Директ-Медиа, 2015. 227 с. - [Электронный ресурс]. - URL: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view\\_red&book\\_id=428595](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=428595)

### **Дополнительная литература:**

1. Ершов Ю. А., Халезина О. П., Малеев А. В., Перехватов Д. П. Электроэнергетика: релейная защита и автоматика электроэнергетических систем: учебное пособие. Сибирский федеральный университет, 2012. 68 с. - [Электронный ресурс]. - URL: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view\\_red&book\\_id=363895](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=363895)
2. Пилипенко В. Т. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах: учебно-методическое пособие. ОГУ, 2014. 124 с. - [Электронный ресурс]. - URL: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view\\_red&book\\_id=330565](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=330565)
3. Антонов С. Н., Коноплев Е. В., Коноплев П. В. Проектирование электроэнергетических систем: учебное пособие. Ставропольский государственный аграрный университет, 2014. 101 с. - [Электронный ресурс]. - URL: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view\\_red&book\\_id=277453](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=277453)
4. Лыкин А. В. Математическое моделирование электрических систем и их элементов: учебное пособие. НГТУ, 2013. 227 с. - [Электронный ресурс]. - URL: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view\\_red&book\\_id=228767](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=228767)

## **7 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

В образовательном процессе используются:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (мебель аудиторная (столы, стулья, доска аудиторная), комплект мультимедийного оборудования, включающий мультимедиапроектор, экран, переносной ноутбук для демонстрации презентаций; учебно-наглядные пособия; обеспечивающие тематические иллюстрации);
- помещения для самостоятельной работы (оснащены компьютерными столами, стульями, доской аудиторной, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета);
- помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования (оснащены наборами инструментов, оборудованием, расходными материалами для монтажа, ремонта и обслуживания информационно-телекоммуникационной сети филиала и вычислительной техники);
- лаборатория информационных технологий (оснащена компьютерными столами, стульями, мультимедийным проектором, экраном проекционным, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета);

## **7.1 ПЕРЕЧЕНЬ ЛИЦЕНЗИОННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

1. Microsoft Windows.
2. Microsoft Office / LibreOffice.

## **7.2 ЭЛЕКТРОННО-БИБЛИОТЕЧНЫЕ СИСТЕМЫ**

ЭБС «Издательство Лань»[Электронный ресурс]: электронная библиотечная система / ООО «Издательство Лань». – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/>;

ЭБС «Электронная библиотечная система ЮРАЙТ» [Электронный ресурс]: электронная библиотечная система / ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ». – Режим доступа: <https://biblio-online.ru/>;

ЭБС «Университетская библиотека онлайн»[Электронный ресурс]: электронно-периодическое издание; программный комплекс для организации онлайн-доступа к лицензионным материалам / ООО «НексМедиа». – Режим доступа: <https://biblioclub.ru/>.

## **7.3 СОВРЕМЕННЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ**

1. Электронная база данных Scopus.

## **7.4 ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ**

1. Справочно-правовая информационная система Консультант Плюс <http://www.consultant.ru/>

2. Электронный справочник "Информιο" для высших учебных заведений <http://www.informio.ru/>

## **8. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И МАТЕРИАЛЫ НА УСМОТРЕНИЕ ВЕДУЩЕЙ КАФЕДРЫ**

Не предусмотрено.

## **9. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ЛИЦ С ОВЗ**

Для обеспечения образования инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья реализация дисциплины может осуществляться в адаптированном виде, с учетом специфики освоения и дидактических требований, исходя из индивидуальных возможностей и по личному заявлению обучающегося.