

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Б1.В.16
(индекс дисциплины)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Автоматизация систем электроснабжения

(наименование дисциплины)

по направлению подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

направленность (профиль)
Электроснабжение

Форма обучения: очная

Год набора: 2021

Общая трудоемкость: 4 ЗЕ

Распределение часов дисциплины по семестрам

| Семестр | 8 | Итого |
|--|------------|------------|
| Форма контроля | экзамен | |
| Вид занятий | | |
| Лекции | 28 | 28 |
| Лабораторные | | |
| Практические | 28 | 28 |
| Руководство: курсовые работы (проекты) / РГР | | |
| Промежуточная аттестация | 0,35 | 0,35 |
| Контактная работа | 56,35 | 56,35 |
| Самостоятельная работа | 52 | 52 |
| Контроль | 36,65 | 36,65 |
| Итого | 144 | 144 |

Рабочую программу составил(и):

старший преподаватель, Нагаев Д.А.

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рецензирование рабочей программы дисциплины:



Отсутствует



Рецензент

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана
направления подготовки

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Срок действия рабочей программы дисциплины до «31» августа 2025 г.

УТВЕРЖДЕНО

На заседании кафедры

«Электроснабжение и электротехника»

(протокол заседания № 2 от «10» сентября 2020 г.)

1. Цель освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – формирование знаний, умений, навыков в области автоматизации электроэнергетических систем, а также изучить принципы действия и способы построения автоматических устройств управления нормальными режимами работы электроэнергетических систем и противоаварийного управления

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплины и практики, на освоении которых базируется данная дисциплина: «Современные энергетические системы и электронные преобразователи», «Электроэнергетические системы и сети».

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: выполнение выпускной квалификационной работы.

3. Планируемые результаты обучения

| Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование) | Индикаторы достижения компетенций (код и наименование) | Планируемые результаты обучения |
|--|--|--|
| ПК-3 Способен применять знание особенностей характеристик элементов электрических сетей, способов производства и использования электрической энергии в профессиональной деятельности | ПК-3.3 Демонстрирует знание основных потребителей электроэнергии, их характеристик, применяет эти знания в профессиональной деятельности | Знать: методику выполнение работ по энергетическому обследованию оборудования электротехнических систем |
| | | Уметь: подключать аппаратуру, снимать показания при энергетическом обследовании оборудования электротехнических систем |
| | | Владеть: методами обработки и анализа полученной информации |

4. Структура и содержание дисциплины

| Модуль (раздел) | Вид учебной работы | Наименование тем занятий (учебной работы) | Семестр | Объем, ч. | Баллы | Интерактив, ч. | Формы текущего контроля (наименование оценочного средства) |
|---|--------------------|---|---------|-----------|-------|----------------|--|
| Раздел 1 Автоматическое повторное включение | Лек. | 1.1. Назначение, классификация и основные требования к схемам АПВ 1.2. Электрическое АПВ однократного действия | 8 | 2 | - | - | Вопросы к экзамену |
| | Пр. | Автоматическое включение синхронных генераторов на параллельную работу | 8 | 2 | - | - | Отчет о практической работе |
| | Лек. | 1.3. Выбор уставок однократных АПВ 1.4. Ускорение действия релейной защиты при АПВ | 8 | 2 | - | - | Вопросы к экзамену |
| | Пр. | Автоматическое включение синхронных генераторов на параллельную работу (продолжение) | 8 | 2 | - | - | Отчет о практической работе |
| | Лек. | 1.5. Двукратное АПВ | 8 | 2 | - | - | Вопросы к экзамену |
| | Пр. | Автоматическое включение синхронных генераторов на параллельную работу (продолжение) | 8 | 2 | - | - | Отчет о практической работе |
| | Лек. | 1.6. Трехфазное АПВ на линиях с двусторонним питанием 1.7. Однофазное АПВ | 8 | 2 | - | - | Вопросы к экзамену |
| | Пр. | Автоматическое включение синхронных генераторов на параллельную работу (продолжение) | 8 | 2 | - | - | Отчет о практической работе |
| Раздел 2 Автоматическое включение резервного питания и | Лек. | 2.1. Назначение АВР 2.2. Основные требования к схемам АВР | 8 | 2 | - | - | Вопросы к экзамену |

| Модуль (раздел) | Вид учебной работы | Наименование тем занятий (учебной работы) | Семестр | Объем, ч. | Баллы | Интерактив, ч. | Формы текущего контроля (наименование оценочного средства) |
|--|--------------------|--|---------|-----------|-------|----------------|--|
| оборудования | | 2.3. Принцип действия АВР | | | | | |
| | Пр. | Автоматическое регулирования возбуждения синхронных генераторов | 8 | 2 | - | - | Отчет о практической работе |
| | Лек. | 2.4. Автоматическое включение резервных трансформаторов 2.5. Сетевые АВР 2.6. Расчет уставок АВР | 8 | 2 | - | - | Вопросы к экзамену |
| | Пр. | Автоматическое регулирования возбуждения синхронных генераторов (продолжение) | 8 | 2 | - | - | Отчет о практической работе |
| Раздел 3 Автоматическое включение синхронных генераторов на параллельную работу | Лек. | 3.1. Способы синхронизации 3.2. Устройства для автоматизации процесса синхронизации | 8 | 2 | - | - | Вопросы к экзамену |
| | Пр. | Автоматическое регулирования возбуждения синхронных генераторов (продолжение) | 8 | 2 | - | - | Отчет о практической работе |
| | Лек. | 3.3. Расчет автоматической точной синхронизации | 8 | 2 | - | - | Вопросы к экзамену |
| | Пр. | Автоматическая частотная разгрузка электроэнергетических систем | 8 | 2 | - | - | Отчет о практической работе |
| Раздел 4 Автоматическое регулирование режима энергосистемы по частоте | Лек. | 4.1. Баланс мощности и частота 4.2. Частотные характеристики энергосистемы | 8 | 2 | - | - | Вопросы к экзамену |
| | Пр. | Автоматическая частотная разгрузка электроэнергетических систем (продолжение) | 8 | 2 | - | - | Отчет о практической работе |

| Модуль (раздел) | Вид учебной работы | Наименование тем занятий (учебной работы) | Семестр | Объем, ч. | Баллы | Интерактив, ч. | Формы текущего контроля (наименование оценочного средства) |
|--|--------------------|--|---------|-----------|-------|----------------|--|
| | Лек. | 4.3. Устройства автоматического регулирования частоты | 8 | 2 | - | - | Вопросы к экзамену |
| | Пр. | Автоматическая частотная разгрузка электроэнергетических систем (продолжение) | 8 | 2 | - | - | Отчет о практической работе |
| Раздел 5 Автоматическая частотная разгрузка | Лек. | 5.1. Назначение и основные принципы выполнения АЧР 5.2. Реле частоты | 8 | 2 | - | - | Вопросы к экзамену |
| | Пр. | Автоматизация учета электроэнергии | 8 | 2 | - | - | Отчет о практической работе |
| | Лек. | 5.3. Предотвращение отключений потребителей при кратковременных снижениях частоты 5.4. Автоматическое повторное включение после АЧР 5.5. Расчет АЧР ложных | 8 | 2 | - | - | Вопросы к экзамену |
| | Пр. | Автоматизация учета электроэнергии (продолжение) | 8 | 2 | - | - | Отчет о практической работе |
| Раздел 6 Автоматизация диспетчерского управления электроэнергетическими системами | Лек. | 6.1. Назначение и функции АСУ диспетчерского управления | 8 | 2 | - | - | Вопросы к экзамену |
| | Пр. | Автоматизация учета электроэнергии (продолжение) | 8 | 2 | - | - | Отчет о практической работе |
| | Лек. | 6.2. Средства сбора, передачи, обработки и отображения информации в АСУ диспетчерского | 8 | 2 | - | - | Вопросы к экзамену |

| Модуль (раздел) | Вид учебной работы | Наименование тем занятий (учебной работы) | Семестр | Объем, ч. | Баллы | Интерактив, ч. | Формы текущего контроля (наименование оценочного средства) |
|-----------------|--------------------|--|---------|------------|----------|----------------|--|
| | | управления | | | | | |
| | Пр. | Автоматизация учета электроэнергии (продолжение) | 8 | 2 | - | - | Отчет о практической работе |
| | Ср. | Самостоятельное изучение теоретического материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой к промежуточной аттестации | 8 | 52 | - | - | |
| | | Контроль | 8 | 36,65 | - | - | |
| | ПА | Сдача экзамена | 8 | 0,35 | - | - | |
| Итого: | | | | 144 | - | | |

5. Образовательные технологии

Для оценки знаний, умения и уровня профессиональных компетенций, приобретаемых выпускником в процессе изучения дисциплины «Автоматизация электроэнергетических систем», используются технологии традиционного обучения:

- лекции с использованием мультимедийного оборудования;
- Практические занятия с устным опросом студентов и закреплением теоретического материала; выполнение задания в соответствии с инструкциями и методическими указаниями преподавателя, получение результата;
- групповая дискуссия по результатам лекционных занятий и по вопросам для самоконтроля при защите лабораторных работ;
- проведение различных форм самостоятельной работы, которая включает подготовку к лекционным и лабораторным занятиям: конспектирование, проработку конспекта лекций, дополнение конспекта материалами из рекомендованной нормативной, методической, научно-технической и справочной литературы.

6. Методические указания по освоению дисциплины

6.1. Обучающимся необходимо ознакомиться: с содержанием рабочей программы дисциплины (далее – РПД), с целями и задачами дисциплины, ее связями с другими дисциплинами образовательной программы, методическими разработками по данной дисциплине.

6.2. Методические указания по подготовке к лекционным занятиям.

В ходе лекций рассматриваются основные понятия тем, связанные с ними теоретические и практические проблемы, даются рекомендации для самостоятельной работы и подготовке к практическим занятиям. Поэтому изучение дисциплины требует систематического и последовательного накопления знаний, следовательно, пропуски отдельных тем не позволяют глубоко освоить предмет. Обучающимся необходимо: перед каждой лекцией просматривать рабочую программу дисциплины, ее основные вопросы, рекомендуемую литературу, что позволит сэкономить время на освоение темы на аудиторном занятии; перед очередной лекцией необходимо просмотреть/повторить материалы предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам.

6.3. Методические указания по подготовке к практическим занятиям.

В ходе практических занятий углубляются и закрепляются знания обучающихся по ряду рассмотренных на лекциях вопросов, знаний по проведению эксперимента, снятию показаний с приборов. На лабораторных занятиях развиваются способности использовать современные информационные технологии, управлять информацией с применением прикладных программ; использовать сетевые компьютерные технологии, базы данных и пакеты прикладных продуктов. При подготовке к лабораторным занятиям каждый обучающийся должен:

- изучить рекомендованную литературу;
- изучить материалы лекций;
- подготовить ответы на все вопросы по изучаемой теме;
- подготовить и оформить отчет по лабораторной работе.

В процессе подготовки к лабораторным занятиям обучающиеся могут воспользоваться консультациями преподавателя.

6.4. Самостоятельная работа включает в себя выполнение различного рода заданий и самостоятельное изучение теоретического материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой к практическим занятиям. Контроль самостоятельной работы обучающихся над программой курса осуществляется в ходе практических занятий (устный опрос, решение задач, публичное выступление с докладом по выбранной теме, тестирование).

7. Оценочные средства

7.1. Паспорт оценочных средств

| Семестр | Код контролируемой компетенции (или ее части) | Наименование оценочного средства |
|---------|--|--|
| 8 | ПК-1 (ПК-3.3) | Вопросы к экзамену № 1 – 40 Лабораторные работы № 1 – 4 |

7.2. Типовые задания или иные материалы, необходимые для текущего контроля

7.2.1 Лабораторные работы

1. Автоматическое включение синхронных генераторов на параллельную работу
2. Автоматическое регулирования возбуждения синхронных генераторов
3. Автоматическая частотная разгрузка электроэнергетических систем
4. Автоматизация учета электроэнергии

Методические указания к лабораторным работам находятся в папке УМКД на кафедре «Электроснабжение и электротехника» и в библиотеке ТГУ.

Краткое описание и регламент выполнения

Перед началом работы проводится собеседование по знанию методики работы, по результатам которого принимается решения о допуске к ее выполнению. Работа проводится под руководством учебного мастера, который после ее выполнения делает запись на индивидуальных титульных листах. Защиту работы проводит преподаватель в форме собеседования с записью на титульном листе.

Критерии оценки:

- оценка «**защищено**» выставляется студенту, если лабораторная работа выполнена полностью и студент грамотно ответил по теоретической и практической части материала;
- оценка «**не защищено**» выставляется студенту, если лабораторная работа выполнена не полностью или студент не грамотно ответил по теоретической и практической части материала;

7.2.2. Типовые контрольные задания или иные материалы

Пример. В энергосистеме в исходном состоянии соблюдается баланс генерации и потребления при номинальной частоте. Определить изменение частоты в энергосистеме с мощностью нагрузки $P_{HO} = 300 \text{ МВт}$ при возникновении дефицита мощности $P_{ДО} = 30 \text{ МВт}$, если коэффициент регулирующего эффекта нагрузки составляет $K_H = 1,5$: а) без АЧР; б) после действия АЧР-1; в) после действия АЧР-1 и АЧР-2.

Решение

- а) Установившееся изменение частоты энергосистемы при отсутствии АЧР

$$\Delta f_{\infty} = \frac{30 \cdot 50}{300 \cdot 1,5} = 3,33 \text{ Гц.}$$

Частота энергосистемы уменьшится до значения

$$f_{\min} = 50 - 3,33 = 46,67 \text{ Гц.}$$

- б) Необходимый объем очередей АЧР-1 составляет

$$P_{АЧР1} = 1,05 \cdot P_{ДО} = 31,5 \text{ МВт.}$$

Регулирующий эффект АЧР-1

$$n_{АЧР1} = \frac{31,5}{300} \cdot \frac{50}{(49 - 46,5)} = 2,1.$$

Количество очередей АЧР-1

$$K_{оч} = \frac{49 - 46,5}{0,1} = 25.$$

Количество сработавших очередей АЧР-1

$$K_{оч.ср} = \frac{49 - 46,67}{0,1} \cong 23.$$

Суммарная мощность отключенной в результате срабатывания АЧР-1 нагрузки

$$\Delta P_{\Sigma} = \frac{23}{25} \cdot 31,5 = 28,98 \text{ МВт.}$$

Мощность генерации энергосистемы после возникновения дефицита

$$P_{ГО} = 300 - 30 = 270 \text{ МВт.}$$

Мощность оставшейся после срабатывания АЧР-1 нагрузки

$$P_{НО} = 300 - 28,98 = 271,02 \text{ МВт.}$$

Установившееся после действия АЧР-1 значение частоты энергосистемы

$$f_{\infty} = \frac{270 \cdot 50 - 271,02 \cdot (50 - 1,5 \cdot 50 - 49 \cdot 2,1)}{271,02 \cdot (1,5 + 2,1)} = 49,36 \text{ Гц.}$$

Сохранившийся после действия АЧР-1 дефицит мощности величиной 1,01 МВт препятствует восстановлению номинального значения частоты энергосистемы.

в) Рекомендуемый объем очередей АЧР-2

$$P_{АЧР2} = 0,4 \cdot P_{АЧР1} = 0,4 \cdot 31,5 = 12,6 \text{ МВт.}$$

Все очереди АЧР-2 срабатывают одновременно в момент снижения частоты энергосистемы до значения 49,2 Гц, а затем с различными выдержками по времени производят отключение присоединенных потребителей. В результате действия АЧР-2 дополнительно отключаются 12,6 МВт, а мощность оставшейся нагрузки составит

$$P_{НО} = 271,02 - 12,6 = 258,42 \text{ МВт.}$$

Установившееся после действия АЧР-1 и АЧР-2 значение частоты энергосистемы при сохранившемся уровне генерации $P_{ГО} = 270$ МВт составит

$$f_{\infty} = \frac{270 \cdot 50 - 258,42 \cdot (50 - 1,5 \cdot 50 - 49 \cdot 2,1)}{258,42 \cdot (1,5 + 2,1)} = 50,04 \text{ Гц.}$$

Таким образом, автоматическая частотная разгрузка является эффективным средством поддержания частоты энергосистемы.

| № варианта | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| $P_{НО},$ МВт | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 |
| $P_{ДО},$ МВт | 70 | 100 | 90 | 75 | 165 | 120 | 260 | 90 | 150 | 240 | 170 | 100 | 140 | 170 | 200 |
| K_H | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2,0 | 2,1 | 2,3 | 2,4 | 2,5 | 2,3 | 2,1 | 1,9 | 1,7 | 1,5 |

7.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.3.1. Вопросы к промежуточной аттестации

Семестр 8

| п/п | Вопросы к экзамену |
|-----|---|
| 1 | Автоматизированные системы управления энергосбережением и электроснабжением |
| 2 | История возникновения и современные проблемы автоматизации электроснабжения |
| 3 | Автоматика повторного включения. Назначение, принцип действия. |
| 4 | Автоматические устройства повторного включения. Способы осуществления АПВ |
| 5 | Основные технические требования к устройствам АПВ |
| 6 | Автоматические устройства включения резерва |
| 7 | Фазы функционирования автоматики предотвращения нарушения устойчивости |
| 8 | Общая функциональная структура АПНУ |
| 9 | Назначение устройств автоматического предотвращения нарушения устойчивости |
| 10 | Воздействия устройств автоматического предотвращения нарушений устойчивости |
| 11 | Причины возникновения аварийных режимов |
| 12 | Устройства для выявления аварийных возмущений |
| 13 | Автоматизированные системы регистрации аварийных ситуаций |
| 14 | Автоматика ликвидации асинхронного режима. Требования к устройствам. |
| 15 | Требования к размещению и настройке устройств автоматики ликвидации асинхронного режима |
| 16 | Принцип работы устройства автоматики ликвидации асинхронного режима |
| 17 | Микропроцессорные регуляторы реактивной мощности конденсаторных батарей |
| 18 | Микропроцессорные автоматические синхронизаторы для включения синхронных генераторов на параллельную работу |
| 19 | Микропроцессорный автоматический регулятор возбуждения синхронных генераторов |
| 20 | Микропроцессорная автоматизированная система управления гидроэлектростанциями |
| 21 | Микропроцессорная АСУ тепловыми станциями |
| 22 | Цифровая АСУ частотой и активной мощностью электроэнергетической системы |
| 23 | Особенности автоматики предотвращения нарушения устойчивости |
| 24 | Автоматическая частотная разгрузка. Понятие. Нормативные требования. Длительность работы. |
| 25 | Последствия снижения частоты |
| 26 | Структура устройства АЧР |
| 27 | Требования, предъявляемые к АЧР |
| 28 | Автоматическое повторное включение после АЧР |
| 29 | Назначение и функции автоматизированных систем диспетчерского управления |
| 30 | Автоматизированное рабочее место (АРМ) диспетчера энергетического объекта |
| 31 | Средства сбора, передачи и обработки информации |
| 32 | Дистанционное и телемеханическое управление |
| 33 | Диспетчерский пункт. Щиты управления энергообъекта |
| 34 | Структура АСКУЭ |
| 35 | Задачи автоматизации учёта электроэнергии |

| | |
|----|--|
| 36 | Задачи коммерческого и технического учёта электроэнергии. Учёт выработанной и потреблённой электроэнергии. |
| 37 | Автоматизация учета энергоносителей |
| 38 | Программное обеспечение для сбора данных |
| 39 | Метрологическое и нормативное обеспечение учёта электроэнергии и энергоресурсов. |
| 40 | Требования, предъявляемые к автоматизированным системам учета электроэнергии |

7.3.2. Критерии и нормы оценки

| Семестр | Форма проведения промежуточной аттестации | Критерии и нормы оценки | |
|---------|---|-------------------------|---|
| 8 | экзамен (письменно) | «отлично» | обучающийся обладает глубокими и прочными знаниями программного материала; при ответе продемонстрировал исчерпывающее, последовательное и логически стройное изложение; правильно сформулировал понятия и закономерности по вопросу |
| | | «хорошо» | обучающийся обладает достаточно полным знанием программного материала; его ответ представляет грамотное изложение учебного материала по существу; отсутствуют существенные неточности в формулировании понятий; правильно применены теоретические положения, подтвержденные примерами |
| | | «удовлетворительно» | обучающийся имеет общие знания основного материала без усвоения некоторых существенных положений; формулирует основные понятия с некоторой неточностью; затрудняется в приведении примеров, подтверждающих теоретические положения |
| | | «неудовлетворительно» | обучающийся не знает значительную часть программного материала; допустил существенные ошибки в процессе изложения; не умеет выделить главное и сделать вывод; приводит ошибочные определения |

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Обязательная литература

| № п/п | Авторы, составители | Заглавие (заголовок) | Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.) | Год издания | Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС |
|----------|----------------------------------|---|---|-------------|---|
| 1 | Ульященко Г.М. | Микропроцессорное управление устройствами преобразования электрической энергии и передачи электротехнической информации | Учебное пособие | 2016 | ЭБС "IPRbooks" |
| 2 | Булкин А.Е. | Автоматическое регулирование энергоустановок | Учебное пособие | 2016 | ЭБС "Лань" |
| 3 | Богданов А.В., Бондарев А.В. | Микропроцессорные устройства релейной защиты и автоматизации в электроэнергетических системах | Учебное пособие | 2016 | ЭБС "IPRbooks" |
| 4 | Бартоломей П.И., Тащилин В.А. | Информационное обеспечение задач электроэнергетики | Учебное пособие | 2015 | ЭБС "IPRbooks" |

8.2. Дополнительная литература

| № п/п | Авторы, составители | Заглавие (заголовок) | Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.) | Год издания | Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС |
|----------|--|--|---|-------------|---|
| 1 | Петренко Ю.Н., Новиков С.О., Гончаров А.А. | Программное управление технологическими комплексами в энергетике | Учебное пособие | 2013 | ЭБС "IPRbooks" |
| 2 | Шойко В.П. | Автоматическое регулирование в электрических системах | Учебное пособие | 2012 | ЭБС "IPRbooks" |

| № п/п | Авторы, составители | Заглавие (заголовок) | Тип (учебник, учебное пособие, учебно- методическое пособие, практикум, др.) | Год издания | Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС |
|------------------|----------------------------|--|---|--------------------|---|
| 3 | Кувшинов А.А. | Автоматизация электроэнергетических систем | Практикум | 2016 | методический кабинет кафедры |

8.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

- Web of Science [Электронный ресурс] : мультидисциплинарная реферативная база данных. – Philadelphia: Clarivate Analytics, 2016. – Режим доступа : apps.webofknowledge.com. – Загл. с экрана. – Яз. рус.,англ.;
- Scopus [Электронный ресурс] : реферативная база данных. – Netherlands: Elsevier, 2004. – Режим доступа : scopus.com. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.;
- Elibrary [Электронный ресурс] : научная электронная библиотека. – Москва : НЭБ, 2000. – Режим доступа : elibrary.ru. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.;
- Springer Link [Электронный ресурс] : [база данных].– Switzerland: SpringerNature, 1842. – Режим доступа : link.springer.com. – Загл. с экрана. – Яз. англ.;
- Science Direct [Электронный ресурс] : коллекция электронных книг издательства Elsevier. – Netherlands: Elsevier, 2018. – Режим доступа : sciencedirect.com. – Загл. с экрана. – Яз. англ.;
- Cambridge university press [Электронный ресурс] : журналы издательства. – Cambridge: Cambridge university press, 2018 . – Режим доступа : cambridge.org. – Загл. с экрана. – Яз. англ.;
- NEICON [Электронный ресурс] : электронная информация : архив научных журналов. – Москва : НЭИКОН, 2002. – Режим доступа : neicon.ru/resources/archive. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.

8.4. Перечень программного обеспечения

| № п/п | Наименование ПО | Реквизиты договора (дата, номер, срок действия) |
|-------|-----------------|--|
| 1 | Windows | Договор № 690 от 19.05.2015, срок действия – бессрочно |
| 2 | Office Standard | Договор № 690 от 19.05.2015, срок действия – бессрочно; Договор № 727 от 20.07.2016, срок действия – бессрочно |
| 3 | MathCAD | Акт п/п от 21.07.2009г. (Гос. Контракт № 487 от 28.05.2009г.), срок действия - бессрочно |

8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

| № п/п | Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории) | Перечень основного оборудования |
|-------|--|--|
| 1 | Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных | Столы ученические двухместные (моноблок), стол ученический трехместный моноблок, стол преподавательский, стул преподавательский, доска аудиторная (меловая), кафедра, экран, проектор, процессор, жалюзи |

| № п/п | Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории) | Перечень основного оборудования |
|----------|---|--|
| | консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. (Э-609) | |
| 2 | Компьютерный класс. Учебная аудитория для практических работ. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации Лаборатория Цифровое моделирование в электроэнергетике. (Э-601) | Экран, проектор, ПК, двухместные парты, трехместные столы, стулья ученические, стол для конференций. |
| 3 | Помещение для самостоятельной работы студентов (Г-401) | Стол ученические, стулья ученические, ПК с выходом в сеть Интернет |