

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета А.В. Бурковский
«31» августа 2017 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины
«Общая энергетика»

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль Электропривод и автоматика

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года / 5 лет
Форма обучения очная / заочная

Год начала подготовки 2016

Автор программы

 / Крысанов В.Н./

Заведующий кафедрой
Электропривода, автоматике и
управления в технических
системах

 /Бурковский В.Л./

Руководитель ОПОП

 /Питолин В.М./

Воронеж 2017

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

формирование знаний о видах природных источников энергии и способах преобразования их в электрическую и тепловую энергию.

1.2. Задачи освоения дисциплины

освоение обучающимися основных типов энергетических установок и способов получения тепловой и электрической энергии на базе возобновляемых и невозобновляемых источников энергии.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Общая энергетика» относится к дисциплинам базовой части блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Общая энергетика» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-2 - способностью применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-2	Знать методы анализа и моделирования электротехнических устройств; принципы и основные установки для выработки, передачи, преобразования и распределения электрической и тепловой энергии
	Уметь применять методы теоретического и экспериментального исследования электроэнергетических объектов
	Владеть методами проведения компьютерных исследований электротехнических комплексов

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Общая энергетика» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		3
Аудиторные занятия (всего)	36	36
В том числе:		
Лекции	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
Самостоятельная работа	108	108

Часы на контроль	36	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость академические часы	180	180
з.е.	5	5

заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		6
Аудиторные занятия (всего)	20	20
В том числе:		
Лекции	10	10
Лабораторные работы (ЛР)	10	10
Самостоятельная работа	151	151
Контрольная работа	+	+
Часы на контроль	9	9
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость академические часы	0	180
з.е.	5	5

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение. Общие сведения об энергетических системах	электроэнергетические системы; электрические сети	4	4	18	26
2	Системы электроснабжения	Общая характеристика систем электроснабжения; основные группы потребителей электроэнергии, типы схем электрических сетей; режим нейтрали электрических сетей	4	4	18	26

3	Режимы работы ЭЭС и управление ими	Классификация режимов ЭЭС; переходные режимы и процессы, средства управления режимами, Автоматизированная система диспетчерского управления; структура системы противоаварийной автоматики	4	4	18	26
4	Регулирование напряжения и частоты в энергосистемах	Баланс реактивной мощности и его связь с напряжением; потребители и источники реактивной мощности; компенсация реактивной мощности, Регулирование напряжения, частоты и мощности в энергосистемах	2	2	18	22
5	Релейная защита	Требования, предъявляемые к релейной защите структурная схема РЗ, подключение РЗ к защищаемому объекту; токовые защиты.	2	2	18	22
6	Качество электроэнергии в системах электроснабжения	Качество электрической энергии; показатели качества электроэнергии; влияние качества электроэнергии на функционирование технических средств, технические средства контроля и обеспечения качества электроэнергии.	2	2	18	22
Итого			18	18	108	144

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение. Общие сведения об энергетических системах	электроэнергетические системы; электрические сети	2	2	24	28
2	Системы электроснабжения	Общая характеристика систем электроснабжения; основные группы потребителей электроэнергии, типы схем электрических сетей; режим нейтрали электрических сетей	2	2	24	28
3	Режимы работы	Классификация режимов ЭЭС;	2	2	26	30

	ЭЭС и управление ими	переходные режимы и процессы, средства управления режимами, Автоматизированная система диспетчерского управления; структура системы противоаварийной автоматики				
4	Регулирование напряжения и частоты в энергосистемах	Баланс реактивной мощности и его связь с напряжением; потребители и источники реактивной мощности; компенсация реактивной мощности, Регулирование напряжения, частоты и мощности в энергосистемах	2	2	26	30
5	Релейная защита	Требования, предъявляемые к релейной защите структурная схема РЗ, подключение РЗ к защищаемому объекту; токовые защиты.	2	2	26	30
6	Качество электроэнергии в системах электроснабжения	Качество электрической энергии; показатели качества электроэнергии; влияние качества электроэнергии на функционирование технических средств, технические средства контроля и обеспечения качества электроэнергии.	-	-	25	25
Итого			10	10	151	171

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Классификация режимов ЭЭС; переходные режимы и процессы; нормативные показатели устойчивости и их обеспечение.
2. Общая характеристика систем электроснабжения; основные группы потребителей электроэнергии.
3. Регулирование напряжения и частоты в электрических сетях.
4. структурная схема РЗ, подключение РЗ к защищаемому объекту
5. Качество электрической энергии; показатели качества электроэнергии.
6. Технические средства контроля и обеспечения качества электроэнергии.

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ

АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ОПК-2	принципы и основные установки для выработки, передачи, преобразования и распределения электрической и тепловой энергии	тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	проводить экспериментальные исследования электроэнергетического оборудования; обрабатывать результаты экспериментальных исследований электротехнических установок	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть методами проведения экспериментальных исследований электротехнических комплексов; современными методами и средствами оформления технической документации по результатам проведения экспериментальных исследований электротехнических	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 3 семестре для очной формы обучения, 6 семестре для заочной формы обучения по четырехбалльной

системе:

«отлично»;
«хорошо»;
«удовлетворительно»;
«неудовлетворительно».

Комп- е- тенци я	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивани я	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ОПК- 2	принципы и основные установки для выработки, передачи, преобразования и распределения электрической и тепловой энергии	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	проводить экспериментальные исследования электроэнергетического оборудования; обрабатывать результаты экспериментальных исследований электротехнических установок	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть методами проведения экспериментальных исследований электротехнических комплексов; современными методами и средствами оформления технической документации по результатам проведения экспериментальных исследований электротехнических	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств:

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию.

1. Какой из представленных ниже видов энергетических ресурсов не относится

к органическим?

- 1) **поток гидроэнергии.**
- 2) тепловая энергия при сжигании угля;
- 3) тепловая энергия при сжигании природного газа;

2. Какой из представленных ниже видов энергетических ресурсов относится к возобновляемым?

- 1) уголь;
- 2) нефть;
- 3) **солнечная инсоляция.**

3. В чём заключается одно из основных отличий ТЭС от КЭС?

- 1) ТЭС работает только на одном виде топлива;
- 2) комплексностью выработки на ТЭС тепло- и электроэнергии, в отличие от КЭС, производящей только электроэнергию.
- 3) **комплексностью выработки на КЭС тепло- и электроэнергии, в отличие от ТЭС, производящей только электроэнергию;**

4. Укажите верную формулу для определения числа часов использования мощности, если W – количество электроэнергии, а P_m – величина максимальной мощности:

- 1) $T = \frac{P_m}{W}$;
- 2) **$T = \frac{W}{P_m}$.**
- 3) $T = W \cdot P_m$;

5. Какой процесс не входит в основные стадии энергетического цикла с технической точки зрения?

- а) производство энергии;
- б) передача энергии;
- в) **продажа энергии.**

6. Для каких целей может быть использован шунтирующий реактор в электроэнергетических системах?

- а) только для регулирования напряжения;
- б) **для регулирования уровня напряжения и компенсации реактивной мощности**
- в) только для компенсации реактивной мощности.

7. Сети какого класса напряжения принято называть системообразующими?

- а) до 1 кВ включительно;
- б) от 1 до 220 кВ включительно;
- в) от 330 кВ и выше.**

8. Какова нормальная частота питающей сети для потребителей электроэнергии в России?

- а) 60 Гц;
- б) 50 Гц.**
- в) 40 Гц.

9. Укажите формулу для выражения полной мощности ветви электроэнергетической сети, если полагать, что она полностью зависит от изменения активной – $P(t)$ и реактивной – $Q(t)$ мощностей.

- а) $S = \sqrt{P(t) + Q(t)}$;
- б) $S = \sqrt{P^2(t) + Q(t)}$;
- в) $S = \sqrt{P^2(t) + Q^2(t)}$.**

10. На каких типах электростанций вырабатывается большая часть электроэнергии, производимой в России?

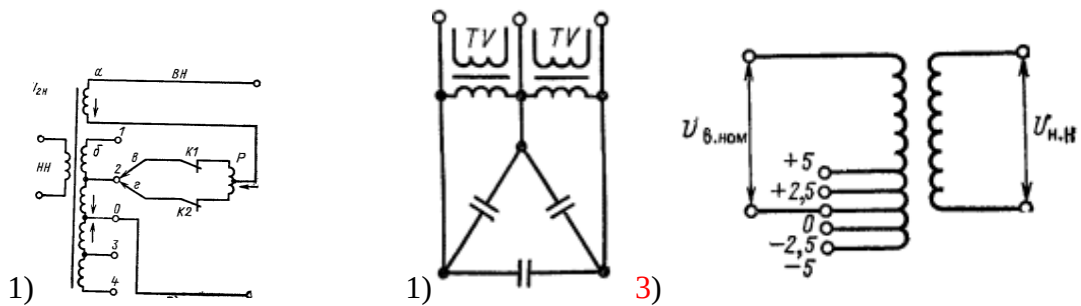
- 1) атомные
- 2) тепловые.**
- 3) альтернативные (на базе возобновляемых ресурсов)

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач.

1 Каково нормальное отклонение напряжения питания электрической сети от нормы в соответствии с ГОСТ Р 54149-2010?

- 1) $\pm 5\%$.
- 2) $\pm 10\%$;**
- 3) $+10\%$;

2. На какой схеме представлена схема трансформатора с ПБВ?



3. Какой из представленных ниже видов энергетических ресурсов не относится к органическим?

- 1) поток гидроэнергии.
- 2) тепловая энергия при сжигании угля;
- 3) тепловая энергия при сжигании природного газа;

4. На какой из элементов электроэнергетических сетей (в части передачи электроэнергии и мощности) приходится наибольшая потеря реактивной мощности?

- 1) кабель ЛЭП;
- 2) трансформаторное оборудование.
- 3) коммутирующие узлы и аварийная автоматика.

5. Что представляют собой активное и реактивное сопротивление продольной части Г-образной схемы замещения двухобмоточного однофазного трансформатора?

- 1) сумма соответственно активных и реактивных сопротивлений первичной и приведённой к ней вторичной обмоток.
- 2) активные и реактивные сопротивления первичной обмотки;
- 3) активные и реактивные сопротивления вторичной обмотки

6. Какая группа потребителей электрической энергии является самой многочисленной в современных системах?

- а) системы на базе асинхронных двигателей.
- б) системы осветительной нагрузки;
- в) системы на базе синхронных двигателей

7. В соответствии с какой формулой производится расчёт номинальной полной мощности трёхфазного автотрансформатора, если $U_{в.ном}$ и $I_{в.ном}$ соответственно напряжение и ток по стороне ВН?

- а) $S = \sqrt{3} \cdot U_{в.ном} \cdot I_{в.ном}$.

$$\text{б) } S = U_{\text{в.ном}} \cdot I_{\text{в.ном}} ;$$

$$\text{в) } S = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{\text{в.ном}}}{I_{\text{в.ном}}} .$$

8. Для каких целей может быть использован шунтирующий реактор в электроэнергетических системах?

- а) только для регулирования напряжения;
- б) для регулирования уровня напряжения и компенсации реактивной мощности.
- в) только для компенсации реактивной мощности.

9. Какой режим работы наиболее характерен для таких групп потребителей, как: двигатели прокатных станков, дуговых сталеплавильных печей, сварочных агрегатов?

- а) всегда работают с постоянной нагрузкой, не зависящей от времени;
- б) повторность включения для них ниже 15 %;
- в) обладают резкопеременным режимом работы, при котором происходит значительное возрастание мощности нагрузки с течением времени.

10. Какой формулой можно выразить потери в элементе сети с сопротивлением R и максимальным током $I_{\text{макс}}$, протекающим по нему за период времени t ?

$$\text{а) } \Delta A_{\text{л}} = 3I_{\text{макс}}^3 R t ;$$

$$\text{б) } \Delta A_{\text{л}} = 3I_{\text{макс}}^2 R t .$$

$$\text{в) } \Delta A_{\text{л}} = 3I_{\text{макс}} R t .$$

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

№1. Воздушная линия напряжением 0,38 кВ длиной 500 м с проводами АС25, по которой предполагается передавать нагрузку $I_p=27$ А. Определить годовые издержки на потери электроэнергии в линии, если время потерь $\tau=2000$ час, а удельные затраты на потери составляют $C_{\text{л}}=1,25$ руб/кВт·ч.

Решение задачи: Годовые издержки на потери электроэнергии в линии определяются следующим образом:

$$I_{\Gamma} = m \cdot I_p^2 \cdot R \cdot \tau \cdot C_{\text{л}} \cdot 10^{-3} ,$$

где m – число фаз линии; I_p – расчетный ток линии; R – активное сопротивление линии, при известных значениях удельного сопротивления линии r_0 и ее длины l : $R = r_0 \cdot l$. Для провода А-25 $r_0=1,14$ Ом/км / 6 /; τ – время потерь; $C_{\text{л}}$ – удельные затраты на потери

электроэнергии в линии. Тогда для нашего случая:

$$I_{\Gamma} = 3 \cdot 27^2 \cdot 1,14 \cdot 0,5 \cdot 2000 \cdot 1,25 \cdot 10^{-3} = 3116,50 \text{ руб.}$$

№ 2. Односменное предприятие получает питание от рядом расположенной подстанции по двум трёхфазным кабелям напряжением 380 В с алюминиевыми жилами сечением по 70 мм² и L=300 м. Почасовая токовая нагрузка его в амперах составляет 1-ый час 130, 2 – 160, 3 – 180, 4 – 170, 5 – 80, 6 – 100, 7 – 130, 8 – 120, 9 – 90. Определить суточные потери электроэнергии. Для рассматриваемого кабеля по справочнику $R_0 = 0,443 \text{ Ом/км}$.

Решение: Воспользуемся методом среднеквадратичного тока.

Найдём среднеквадратичный ток

$$I_{\text{ср}} = \sqrt{\sum I_i^2 / t} = \sqrt{(130^2 + 169^2 + 180^2 + 170^2 + 80^2 + 100^2 + 130^2 + 120^2 + 90^2) / 9} = 133,2 \text{ А.}$$

Сопrotивление кабельной линии $R_k = R_0 L / 2 = 0,443 \cdot 0,3 / 2 = 0,066 \text{ Ом}$.

Потери электроэнергии в линии $\Delta W = 3 I_{\text{с.к.}}^2 R_k t = 3 \cdot 133,2^2 \cdot 0,066 \cdot 9 \cdot 10^3 = 31,6 \text{ кВт ч}$.

№ : Определить реактивную мощность, потребляемую электродвигателем 4А280М6 при степени его загрузки равной 1. Паспортные данные двигателя

$$P_H = 90 \text{ кВт}; \eta_H = 92,5\%; \cos \varphi_H = 0,89; U_L = 380 \text{ В}; \text{Ток холостого хода } I_{\text{хх}} = 0,6 \cdot I_H.$$

РЕШЕНИЕ задачи: Определить номинальный ток двигателя

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_L \cdot \cos \varphi_H \cdot \eta_H} = \frac{90}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,925 \cdot 0,89} = 166 \text{ А.}$$

Реактивная мощность, потребляемая электродвигателем при степени загрузки равной 1.

$$Q_H = \frac{P_H}{\eta_H} \cdot \tan \varphi_H = \frac{90}{0,925} \cdot 0,512 = 49,8 \text{ кВАр}$$

№ 3. При диагностике электродвигателя были измерены сопротивления фазных обмоток постоянному току. В результате измерения были получены следующие значения $R_A = 20 \text{ Ом}$; $R_B = 19,8 \text{ Ом}$; $R_C = 19,9 \text{ Ом}$. Паспортное значение сопротивления фазной обмотки постоянному току равно 20 Ом. Сделать вывод о состоянии фазных обмоток электрических машин.

РЕШЕНИЕ задачи: Измеренные значения сопротивлений обмоток различных фаз не должны отличаться более чем на 0,02 Ом. Определим, на сколько изменяются измеренные значения относительно паспортного значения сопротивления обмотки.

Фаза А - $\Delta R_A = 0 \text{ Ом}$; фаза В - $\Delta R_B = 0,2 \text{ Ом}$; фаза С - $\Delta R_C = 0,1 \text{ Ом}$. Это недопустимо, значит в фазах В и С могут быть короткозамкнутые витки или сечение провода этих фазных обмоток отличается от расчетного.

№ 4. Для оценки технического состояния изоляции обмотки асинхронного короткозамкнутого электродвигателя с линейным номинальным напряжением $U_H = 380 \text{ В}$ необходимо провести испытания повышенным напряжением межвитковой изоляции и

электрической прочности главной изоляции. Измеренное сопротивление изоляции обмотки электродвигателя через 15 (R_{15}) и 60 (R_{60}) секунд после включения мегомметра равны: $R_{15}=8\text{Мом}$, $R_{60}=10\text{Мом}$. При оценке индукционными методами технического состояния активной стали этого электродвигателя, масса которой составляет $G=17\text{ кг}$, зафиксированные ваттметром потери в стали составили $P=50\text{Вт}$. Определить: Напряжение испытания межвитковой изоляции, время испытаний. Напряжение испытания электрической прочности главной изоляции, время испытаний.

Решение задачи: 1. Напряжение испытания межвитковой изоляции равно

$$U_{\text{исп}} = U_H + 0,3U_H = 380 + 114 = 494\text{ В} . \text{Время испытаний равно } t_{\text{исп}} = 3\text{ мин}.$$

2. Напряжение испытания электрической прочности равно

$$U_{\text{исп}} = 1000 + 2U_H = 1000 + 760 = 1760\text{ В} . \text{Время испытаний равно } t_{\text{исп}} = 1\text{ мин}.$$

№ 5. Определить среднегеометрическое расстояние $D_{\text{ср}}$ между проводами с тремя линиями при их горизонтальном расположении на расстоянии 4 м и определить погонные параметры для провода марки АС 120/19.

Решение: $D_{\text{ср}} = 1,26 \cdot 4 = 5,04\text{ м}$.

По таблице выбираем искомые параметры

$$R_0 = 0,270\text{ Ом/км}; X_0 = 0,423\text{ Ом/км}; b_0 = 2,69 \cdot 10^{-6}\text{ См/км}.$$

№ 6. Определить зависимость активного сопротивления R^t_0 от температуры сталеалюминиевого провода АС 95/16, равной $t = 32^\circ\text{С}$. Температурный коэффициент электрического сопротивления для сталеалюминиевого провода $\alpha = 0,00403\text{ Ом/град}$.

Решение: Нормативное значение активного сопротивления при температуре проводника 20°С $R^{20}_0 = \rho / F = 30 / 95 = 0,31\text{ Ом/км}$;

ρ – удельное активное сопротивление материала провода, Ом мм²/км;

F – сечение фазного провода (жила), мм².

$$R^{32}_0 = R^{20}_0 [1 + \alpha(t - 20^\circ\text{С})] = 0,31 [1 + 0,00403 (32 - 20^\circ\text{С})] = 0,325\text{ Ом/км}.$$

№ 7. ВЛЭП с фазными проводами АС 600/72.

Определить погонные параметры фазы, расщеплённой на два провода АС 300/48; диаметр провода после расщепления $2r_{\text{пр}} = 24,2\text{ мм}$.

Решение: Активное погонное сопротивление провода

$$R_0 = 1,05 \rho / 2F = 1,05 \cdot 30 / 2 \cdot 300 = 0,052\text{ Ом/км};$$

Индуктивное погонное сопротивление фазы $X_0 = 0,144 \lg (D_{\text{ср}}/r_{\text{экв}}) + 0,016 / n$, Ом/км.

$$\text{Эквивалентный радиус провода}_{\text{ЭКВ}} = \sqrt[n]{r_{np} a^{n-1}} = \sqrt[12]{12,1 \cdot 400} = 69,6 \text{ мм.}$$

a – расстояние между расщеплёнными проводами, $a = 400$ мм.

$$X_0 = 0,144 \lg (8,82 \cdot 10^3 / 69,6) + 0,016/2 = 0,311 \text{ Ом/км.}$$

№ 8. Трёхфазный двухобмоточный трансформатор типа ТМ на 10 кВ имеет паспортные данные $S_{\text{ном}} = 100$ кВ А, $U_{\text{вн}} = 10$ кВ, $U_{\text{нн}} = 0,4$ кВ, $\Delta P_{\text{к}} = 1,97$ кВт, $\Delta P_{\text{х}} = 0,36$ кВт, $u_{\text{к}} = 4,5\%$, $I_{\text{х}} = 2,6\%$.

Составить упрощённую схему замещения трансформатора без учёта поперечной ветви в виде продольной ветви и определить параметры схемы замещения. Определить коэффициент трансформации $k_{\text{т}}$.

Решение:

Активное сопротивление трансформатора, приведённое к напряжению высшей обмотки

$$R = \Delta P_{\text{к}} U_{\text{н}}^2 / S_{\text{ном}}^2 = 1,97 \cdot 10^2 \cdot 10^3 / 100^2 = 19,7 \text{ Ом}$$

$$\text{Полное сопротивление } Z = u_{\text{к}} U_{\text{н}}^2 / 100 S_{\text{ном}} = 4,5 \cdot 10^2 \cdot 10^3 / 100 \cdot 100 = 45,0 \text{ Ом.}$$

$$\text{Реактивное сопротивление } X = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{45^2 - 19,7^2} = 40,5 \text{ Ом.}$$

$$\text{Коэффициент трансформации (идеального трансформатора). } k_{\text{т}} = U_{\text{вн}} / U_{\text{нн}} = 10/0,4 = 25.$$

№ 9. Кабельная линия напряжением 10 кВ протяжённостью 0,8 км, выполненная кабелем ААБ-3х120, питает предприятие мощностью нагрузки 1500 кВт, а коэффициент мощности $\cos \varphi = 0,9$.

Определить потери мощности в линии и напряжение в конце линии, если в начале линии $U_1 = 10,3$ кВ. Из параметров схемы замещения следует учитывать только активное и реактивное сопротивления, удельные значения которых равны: $R_0 = 0,258$ Ом/км; $X_0 = 0,081$ Ом/км;

Решение:

$$R_{\text{л}} = R_0 \cdot 0,8 = 0,258 \cdot 0,8 = 0,206 \text{ Ом. } X_{\text{л}} = 0,081 \cdot 0,8 = 0,065 \text{ Ом.}$$

Вставив в формулу в качестве напряжения номинальное значение найдём потери мощности

$$\Delta P = P^2 R_{\text{л}} / (U_{\text{н}}^2 \cos^2 \varphi) = 1500^2 \cdot 0,206 \cdot 10^3 / (10^2 \cdot 0,9^2) = 5,7 \text{ кВт.}$$

$$\Delta Q = P^2 X_{\text{л}} / (U_{\text{н}}^2 \cos^2 \varphi) = 1500^2 \cdot 0,065 \cdot 10^{-3} / (10^2 \cdot 0,9^2) = 1,8 \text{ квар.}$$

Напряжение в конце линии определяется через потерю напряжения, используя также допущение расчёта распределительных сетей о равенстве мощностей в начале и конце линии

$$U_2 = U_1 - [(P R_{\text{л}} + Q X_{\text{л}}) / U_{\text{н}}] =$$

$$= 10,3 - [(1500 \cdot 0,206 + 726,5 \cdot 0,065)/10] = 10,264 \text{ кВ.}$$

$$\text{Здесь } Q = P \cdot \operatorname{tg} \varphi = 1500 \cdot 0,484 = 726,5 \text{ квар.}$$

№10. Определить ток плавкой вставки предохранителей для защиты от коротких замыканий электродвигателя токарного станка: $P_H = 7,5 \text{ кВт}$; $U_H = 380 \text{ В}$; $\cos \varphi = 0,8$; $\eta = 87\%$; $k_{\text{пуск}} = 7$. Коэффициент кратковременной тепловой перегрузки $\alpha = 2,5$ – для легких условий.

Решение: Определим номинальную силу тока эд:

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} U_H \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{7500}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,8 \cdot 0,87} = 16,4 \text{ А;}$$

$$\text{Рассчитывается пусковой ток электродвигателя: } I_{\text{пуск}} = I_H \cdot k_{\text{пуск}} = 16,4 \cdot 7 = 114,8 \text{ А}$$

В соответствии с условиями выбора плавких предохранителей определяются

$$\text{номинальные токи плавких вставок: } I_{\text{вс}} = 16,4 \text{ А; } I_{\text{вс}} = \frac{I_{\text{пуск}}}{\alpha} = \frac{114,8}{2,5} = 45,9 \text{ А;}$$

Из двух полученных значений выбираем большее.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень вопросов для экзамена

1. Перечислите основные виды энергетических ресурсов. Приведите не менее трёх классификаций, применяемых к энергетическим ресурсам.
2. Современная организационно-правовая структура ЕЭС РФ.
3. Привести основные виды и характеристики органических типов топлива.
4. Автоматизированная информационно-измерительная система коммерческого учёта электроэнергии (АИИС КУЭ). Основные понятия, требования к подобным системам.
5. Привести основные виды и характеристики геофизических типов энергетических ресурсов.
6. Балансовые ограничения в ЭЭС. Особенности диспетчерского управления в ЭЭС РФ.
7. Привести основные виды и характеристики альтернативных источников выработки энергии.
8. Ограничение токов КЗ. Основные понятия, конструкторские решения: схемы. Экономическая обоснованность выбора различных типов оборудования, предназначенного для защиты от токов КЗ.
9. Принцип функционирования, особенности, структура ТЭЦ и КЭС.
10. Пропускная способность линий различного напряжения.

11. Принцип функционирования, особенности, структура АЭС.
12. Требования к схемам электрических соединений электростанций.
13. Принцип функционирования, особенности, структура ГЭС и ГАЭС.
14. Фильтро-компенсирующие устройства. Схемы, основные особенности, рекомендации по применению и экономические показатели эффективности функционирования.
15. Принцип функционирования, особенности, структура ветровых, солнечных, геотермальных, приливных электростанций.
16. Батареи статических конденсаторов. Схемы, основные особенности, рекомендации по применению и экономические показатели эффективности функционирования.
17. Принцип функционирования, особенности, структура ветровых, солнечных, геотермальных, приливных электростанций.
18. Реактивная мощность в ЭЭС. Типы устройств компенсации реактивной мощности
19. Характеристики, особенности и описание принципа функционирования турбогенератора.
20. Изменение напряжения изменением сопротивления сети (продольная компенсация)
21. Характеристики, особенности и описание принципа функционирования магнетогидродинамических генераторов.
22. Регулирование напряжения изменением перетоков реактивных мощностей
23. Характеристики, особенности и описание принципа функционирования термоэлектрических генераторов.
24. Регулирование напряжения с помощью вольтодобавочных трансформаторов
25. Характеристики, особенности и описание принципа функционирования электрохимических генераторов.
26. Регулирование напряжения силовых трансформаторов путём изменения коэффициента трансформации
27. Характеристики, особенности и описание принципа функционирования электрохимических генераторов.
8. Регулирование напряжения в ЭЭС изменением напряжения на электростанциях.
29. Раскройте основные положения относительно электроэнергетической системы (ЭЭС): структура, специфика, назначение.
30. Влияние качества электроэнергии на работу электроприемников.
31. Подробная классификация электрических сетей по различным видам признаков (привести классификацию не менее чем по пяти различным показателям).
32. Качество электрической энергии. Основные положения и понятия ГОСТ Р 54149-

2010 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».

33. Силовые трансформаторы: принцип действия, схемы замещения, основные параметры.

34. Режимы нейтрали в сетях напряжением до 1000 В.

35. ЛЭП: классификация, схемы замещения линий различных классов напряжения.

36. Системы с глухозаземлённой нейтралью. Особенности, схемы замещения, векторные диаграммы, характеризующие данные системы.

37. Преимущества от объединения ЭЭС в единую электроэнергетическую систему (ЕЭС). Основные понятия диспетчерского управления.

38. Системы с компенсированной нейтралью. Особенности, схемы замещения, векторные диаграммы, характеризующие данные системы.

39. Понятие качества электрической энергии. Потери электрической энергии.

40. Системы с изолированной нейтралью. Особенности, схемы замещения, векторные диаграммы, характеризующие данные системы.

41. Структура генерирующих мощностей ЕЭС РФ.

42. Способы заземления нейтрали в различных типах электрических установок. Особенности, схемы замещения, рекомендации по применению.

43. Электросетевой комплекс ЕЭС РФ.

44. Потери мощности и электроэнергии в ЭЭС. Структура. Нормирование потерь. Экономически обоснованный уровень потерь.

45. Графики нагрузки потребителей электроэнергии.

46. Экономико – техническое обоснование уровня напряжения для передачи электрической энергии.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по билетам, каждый из которых содержит 2 вопроса и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос оценивается в 5 баллов, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.)

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Введение. Общие сведения об энергетических системах	ОПК-2	Тест, защита лабораторных работ

2	Системы электроснабжения	ОПК-2	Контр. работа, защита лабораторных работ
3	Режимы работы ЭЭС и управление ими	ОПК-2	Тест, защита лабораторных работ,
4	Регулирование напряжения и частоты в энергосистемах	ОПК-2	Контр. работа, защита лабораторных работ
5	Релейная защита	ОПК-2	Тест, защита лабораторных работ
6	Качество электроэнергии в системах электроснабжения	ОПК-2	Тест, защита лабораторных работ

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1 Общая энергетика / Крысанов, В.Н.: Учеб. пособие. - Воронеж : ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", 2015. - 238 с. - 236-12;

2 Электроснабжение : Ч.1./ Зайцев, А.И. Учеб. пособие. - Воронеж : Научная книга, 2006. - 128 с. - (Учебная серия "Открытое образование"). - 100-00.

3 Электроснабжение : Ч.2./ Зайцев, А.И. Учеб. пособие. Ч.2. - Воронеж : Научная книга, 2006. - 88 с. - (Учебная серия "Открытое образование"). - 100-00.

4 Лабораторный практикум по общей энергетике/ Крысанов, В.Н. : учебное пособие / ФГБОУ ВО "Воронеж. гос. техн. ун-т". - Воронеж : Воронежский государственный технический университет, 2018. - 96 с. : ил. - Библиогр.: с. 93-95 (28 назв.). - ISBN 978-5-7731-0607-4 : 32-36.

5 Общая энергетика/ Крысанов В.Н.: Учеб. пособие. - Электрон. текстовые, граф. дан. (67,6 Мб). - Воронеж : ФГБОУ ВО "Воронежский

государственный технический университет", 2016. - 1 файл. - 30-00.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

8.2.1 Программное обеспечение

- Windows Professional 8.1 (7 и 8) Single Upgrade MVL A Each Academic
- Компас-График LT;
- AutoCAD
- OpenOffice;
- Adobe Acrobat Reader
- SMath Studio;
- SCILab;
- Internet explorer;
- Opera.

8.2.2 Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

- Российское образование. Федеральный портал. <http://www.edu.ru/>
- Образовательный портал ВГТУ <https://education.cchgeu.ru/>

8.2.3 Информационные справочные системы

- <http://window.edu.ru>
- <https://wiki.cchgeu.ru/>

8.2.4 Современные профессиональные базы данных

- Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru>
- Министерство энергетики. Адрес ресурса: <https://minenergo.gov.ru/>
- Национальная электронная библиотека. URL: elibrary.ru
- Electrical 4U. Разделы сайта: «Машины постоянного тока», «Трансформаторы», «Электротехника», «Справочник». Адрес ресурса: <https://www.electrical4u.com/>
- All about circuits. Одно из самых крупных онлайн-сообществ в области электротехники. На сайте размещены статьи, форум, учебные материалы (учебные пособия, видеолекции, разработки, вебинары) и другая информация. Адрес ресурса: <https://www.allaboutcircuits.com>
- Netelectro. Новости электротехники, оборудование и средства автоматизации. Информация о компаниях и выставках, статьи, объявления. Адрес ресурса: <https://netelectro.ru/>
- Marketelectro. Отраслевой электротехнический портал. Представлены новости отрасли и компаний, объявления, статьи, информация

о мероприятиях, фотогалерея, видеоматериалы, нормативы и стандарты, библиотека, электромаркетинг. Адрес ресурса: <https://marketelectro.ru/>
– Библиотека Адрес ресурса: WWER <http://lib.wwer.ru/>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

- 1. Специализированная лекционная аудитория**, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой.
- 2. Учебные лаборатории:** «Электропривода, «Энергосбережения и энергоэффективности».
- 3. Дисплейный класс**, оснащенный компьютерными программами для проведения лабораторного практикума.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Общая энергетика».

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета электрооборудования систем электроснабжения. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой контрольной работы.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;

	- подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

Лист регистрации изменений

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1	Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	30.08.2017	
2	Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	30.08.2018	
3	Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	31.08.2019	
4	Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	31.08.2020	

