

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ:

Первый проректор

(подпись)

А.А. Каракозов

«31» марта 2023 года

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.07 Управление ветровыми электроустановками**  
(код и наименование дисциплины согласно учебному плану)

Направление подготовки (специальность): 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника  
(код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность (профиль): Микропроцессорные системы управления возобновляемыми источниками энергии  
(наименование профиля / магистерской программы / специализации)

Программа: магистратура  
(бакалавриат, магистратура, специалитет)

Форма обучения: очная, заочная  
(очная, заочная, очно-заочная)

Форма обучения	Очная	Заочная
Семестр	2	2
Общая трудоёмкость в з.е./часах	5/180	5/180
Контактная работа (час.), в том числе	75	23
лекции (час.)	34	8
лабораторные работы (час.)	34	8
практические (семинарские) занятия (час.)	-	-
Самостоятельная работа (час.), в том числе	69	121
курсовой проект/работа (семестр)	36	36
индивидуальное задание (кол./час.)	-	-
Контроль (экзамен, час./зачёт)	экз., 36	экз., 36

Донецк, 2023 г.

Рабочая программа дисциплины «Управление ветровыми электроустановками» составлена в соответствии с учебным планом по направлению подготовки (специальности) 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» (Направленность (профиль)– «Микропроцессорные системы управления возобновляемыми источниками энергии») для 2023 года приёма всех форм обучения.

**Составители:**

Доцент кафедры

«Электрические станции», к.т.н. \_\_\_\_\_ (подпись) \_\_\_\_\_ Минтус А.Н.

Ст. преподаватель кафедры

«Электрические станции» \_\_\_\_\_ (подпись) \_\_\_\_\_ Черников В.Г.

Рабочая программа **рассмотрена и принята** на заседании кафедры «Электрические станции».

Протокол от «14» 03 2023 года № 7

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

(подпись)

Ткаченко С.Н.

(Ф.И.О.)

Рабочая программа **одобрена учебно-методической комиссией** ГОУВПО «ДОННТУ» по направлению подготовки 13.04.02 – «Электроэнергетика и электротехника».

Протокол от «23» 03 2023 года № 3

Председатель \_\_\_\_\_

(подпись)

Ткаченко С.Н.

(Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20\_\_ года приёма на заседании кафедры «Электрические станции».

Протокол от «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

(подпись)

(Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20\_\_ года приёма на заседании кафедры «Электрические станции».

Протокол от «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

(подпись)

(Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20\_\_ года приёма на заседании кафедры «Электрические станции».

Протокол от «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

(подпись)

(Ф.И.О.)

## **1. ОБЪЕКТ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Дисциплина рассматривает принципы работы, структуру силовой части и системы регулирования ветроэнергетических установок.

**Целью дисциплины является:**

получение базовых знаний относительно конструкции, принципов функционирования силовой части, системы регулирования и режимов работы ветрогенераторных установок.

В результате освоения дисциплины студент должен

**знать:**

свойства ветра, как источника энергии; принцип формирования момента на валу трехлопастного ветроколеса; принципы построения силовой части ветрогенераторных установок для различных видов генераторов; особенности функционирования системы регулирования ветрогенераторных установок для разных видов генераторов; режимы работы ветрогенераторных установок; основные методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение ветровых электроустановок; современные требования к энерго- и ресурсосбережению, меры по их повышению.

**уметь:**

создавать модель ветра; рассчитывать момент ветроколеса; рассчитывать параметры регуляторов системы регулирования; моделировать работу ветрогенераторной установки в различных режимах; оптимизировать выработку энергии ветрогенераторной установкой; подбирать необходимые методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение ветровых электроустановок; принимать решения в области электроэнергетики и электротехники с учетом энерго- и ресурсосбережения; применять на практике коммуникативные технологии, методы и способы делового общения для академического и профессионального взаимодействия на иностранном языке.

**владеть:**

методами оптимизации контуров регулирования в системе управления ветрогенераторной установкой; навыками практического применения, создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение ветровых электроустановок; навыками проектирования в области электроэнергетики и электротехники с применением эффективных мер по энерго- и ресурсосбережению; использованием методики межличностного делового общения на русском и иностранном языках, с применением профессиональных языковых форм, средств и современных коммуникативных технологий на иностранном языке.

Перечисленные результаты обучения являются основой для формирования следующих компетенций:

способность применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности (ПК-4);

способность принимать решения в области электроэнергетики и электротехники с учётом энерго- и ресурсосбережения (ПК-10);

способность применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия (УК-4).

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ

Дисциплина относится к циклу профессиональных дисциплин вариативной части учебного плана.

Базируется на знаниях и умениях, которые студент приобрел при освоении предшествующих дисциплин: «Иностранный язык профессиональной направленности»; «Интеллектуальное управление возобновляемыми источниками энергии»; «Схемотехника силовой электроники».

Знания и умения, приобретенные при освоении данной дисциплины, реализуются студентом при изучении последующей дисциплины: «Микропроцессорные системы управления возобновляемыми источниками энергии» и выполнении научно-исследовательской работы.

## 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 3.1. Распределение учебных часов по темам дисциплины и видам занятий

Наименование тем (содержательных модулей)	Количество часов				
	Всего	В том числе			
		Лекции	Лабор.	Практ	СРС
<b>Тема 1</b> Свойства ветра как источника энергии.	11/11	2/2	6/2	0/0	3/7
<b>Тема 2.</b> Формирование момента ветроколеса.	11/11	2/2	6/2	0/0	3/7
<b>Тема 3.</b> Сравнительный анализ систем регулирования ВЭУ.	5/7	2/0	0/0	0/0	3/7
<b>Тема 4.</b> Принципы функционирования системы регулирования ветроустановки с прямым подключением генератора к сети	13/11	2/2	8/2	0/0	3/7
<b>Тема 5.</b> Принципы функционирования системы регулирования ветроустановки с переменной скоростью вращения ветроколеса	7/7	4/0	0/0	0/0	3/7
<b>Тема 6.</b> Особенности функционирования системы регулирования ВЭУ с переменной частотой вращения на основе асинхронного генератора с к.з. ротором.	17/12	4/2	10/2	0/0	3/8
<b>Тема 7.</b> Особенности функционирования системы регулирования ВЭУ с переменной частотой вращения на основе машины двойного питания.	7/7	4/0	0/0	0/0	3/7
<b>Тема 8.</b> Особенности функционирования системы регулирования ВЭУ с переменной частотой вращения на основе синхронного генератора.	7/7	4/0	0/0	0/0	3/7
<b>Тема 9.</b> Тенденции развития современных ВЭУ.	4/7	2/0	0/0	0/0	2/7
<b>Тема 10.</b> Принципы регулирования реактивной мощности ВЭУ посредством сетевого инвертора.	4/7	2/0	0/0	0/0	2/7
<b>Тема 11.</b> Основные режимы работы ВЭУ, особенности поведения системы регулирования в основных режимах работы.	11/7	4/0	4/0	0/0	3/7

<b>Тема 12. Особенности работы ветропарков, особенности оффшорной ветроэнергетики.</b>	4/7	2/0	0/0	0/0	2/7
Контактная работа (дополнительная)	7/7				
Индивидуальное задание	0/0				0/0
Курсовой проект	36/36				36/36
Итого по видам занятий	144/144	34/8	34/8	0/0	69/121
Контроль	36/36				
<b>ИТОГО:</b>	<b>180/180</b>				

### **Формирование компетенций в результате освоения тем дисциплины**

Компетенции	Темы дисциплины, нацеленные на формирование компетенции
ПК-4	Темы 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10
ПК-10	Темы 1, 2, 9, 11, 12
УК-4	Темы 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10

### **3.2. Лекции**

**Тема 1.** Свойства ветра как источника энергии.

Содержание темы 1:

- Функции распределения скорости ветра;
- Спектральная модель Ван дер Ховена;
- Эффект затенения башни.

Литература к теме 1: [ 1, 2, 6]

**Тема 2.** Формирование момента ветроколеса.

Содержание темы 2:

- Анализ способов расчета момента ветроколеса;
- Расчет коэффициента мощности ветроколеса;
- Расчет коэффициента момента ветроколеса.

Литература к теме 2: [ 1, 2, 6]

**Тема 3.** Сравнительный анализ систем регулирования ВЭУ.

Содержание темы 3:

- Построение системы регулирования для ветрогенератора с прямым подключением к сети;
- Построение системы регулирования для ветрогенератора с переменной скоростью вращения;
- Преимущества непрямого подключения генератора к сети.

Литература к теме 3: [ 1, 2, 6]

**Тема 4.** Принципы функционирования системы регулирования ветроустановки с прямым подключением генератора к сети.

Содержание темы 4:

- Составляющие контура регулирования мощности;
- Особенности объекта регулирования;
- Настройка регулятора мощности;
- Работа системы регулирования в условиях эффекта затенения башни.

Литература к теме 4: [ 1, 2, 3, 6]

**Тема 5.** Принципы функционирования системы регулирования ветроустановки с переменной скоростью вращения ветроколеса.

Содержание темы 5:

- Требования к современным системам регулирования ВЭУ;
- Задачи системы регулирования;
- Принцип функционирования контура регулирования скорости вращения ветроколеса;
- Основные концепции установок для реализации принципа переменной скорости вращения ветроколеса.

Литература к теме 5: [1, 2, 3, 6]

**Тема 6.** Особенности функционирования системы регулирования ВЭУ с переменной частотой вращения на основе асинхронного генератора с к.з. ротором.

Содержание темы 6:

- Структура силовой части ветроустановки на основе асинхронного генератора;
- Основные уравнения и модель асинхронного генератора во вращающейся системе координат ;
- Принципы регулирования момента генератора;
- Структура системы регулирования и контуров регулирования.

Литература к теме 6: [ 1, 2, 3, 6]

**Тема 7.** Особенности функционирования системы регулирования ВЭУ с переменной частотой вращения на основе машины двойного питания.

Содержание темы 7:

- Структура силовой части ветроустановки на основе машины двойного питания;
- Основные уравнения машины двойного питания во вращающейся системе координат ;
- Принципы регулирования момента генератора;
- Структура системы регулирования;

Литература к теме 7: [1, 2, 3, 6]

**Тема 8.** Особенности функционирования системы регулирования ВЭУ с переменной частотой вращения на основе синхронного генератора.

Содержание темы 8:



- Структура силовой части ветроустановки на основе синхронного генератора;
- Основные уравнения и модель синхронного генератора с постоянными магнитами во вращающейся системе координат ;
- Принципы регулирования момента генератора;
- Структура системы регулирования и контуров регулирования.

Литература к теме 8: [ 1, 2, 3, 6]

**Тема 9.** Тенденции развития современных ВЭУ.

Содержание темы 9:

- Сравнение технических данных различных ветроустановок;
- Основные тенденции развития ВЭУ.

Литература к теме 9: [ 1, 2, 4, 6]

**Тема 10.** Принципы регулирования реактивной мощности ВЭУ посредством сетевого инвертора.

Содержание темы 10:

- Математические основы регулирования реактивной мощности;
- Структура системы регулирования реактивной мощности ВЭУ;
- Настройка контуров регулирования.

Литература к теме 10: [ 1, 2, 6]

**Тема 11.** Основные режимы работы ВЭУ, особенности поведения системы регулирования в основных режимах работы.

Содержание темы 11:

- Основные режимы работы ВЭУ;
- Особенности работы системы регулирования в режиме пуска ВЭУ;
- Особенности работы системы регулирования в режиме частичной нагрузки генератора;
- Особенности работы системы регулирования в режиме полной нагрузки генератора.

Литература к теме 11: [1, 2, 6]

**Тема 12.** Особенности работы ветропарков, особенности оффшорной ветроэнергетики

Содержание темы 12:

- Законы управления ветропарком;
- Оптимальная структура ветропарка;
- Особенности работы оффшорных ветропарков.

Литература к теме 12: [1, 2, 6]

**3.3. Практические (семинарские) занятия – не предусмотрены**

### 3.4. Лабораторные работы

№ п/п	Тема работы	Объем, час.	Литера- тура
1	Моделирование поведения скорости ветра с использованием математической модели Ван дер Ховена.	6/2	[5]
2	Математическая модель ветроколеса, формирование момента ветроколеса.	6/2	[5]
3	Моделирование колебаний активной мощности ветроустановки на базе асинхронного генератора с короткозамкнутым ротором с прямым подключением к сети.	8/2	[5]
4	Моделирование работы системы регулирования ветроустановки на основе асинхронного генератора с к.з. ротором с переменной скоростью вращения ветроколеса.	14/2	[5]
<b>ИТОГО:</b>		<b>34/8</b>	

### 3.5. Самостоятельная работа студента

№ п/п	Виды самостоятельной работы студента	Объем, час.
1	Изучение лекционного материала	20/50
2	Подготовка к практическим занятиям	-
3	Подготовка к лабораторным работам	13/35
4	Выполнение курсового проекта	36/36
5	Выполнение курсовой работы	-
6	Выполнение индивидуального задания	-
<b>ИТОГО:</b>		<b>69/121</b>

### 3.6. Курсовой проект (работа), индивидуальное задание

Программой дисциплины предусмотрено выполнение студентами **курсового проекта**.

Тематика курсового проектирования связана моделированием работы системы регулирования ветроустановки с переменной скоростью вращения ветроколеса. Выполнение проекта ведется на основании паспортных данных генератора реальной ветроустановки.

Проект предусматривает выполнение следующих основных разделов: изучение основных структурных элементов и принципов работы ветрогенераторных установок, исследование основных режимов работы ветрогенераторов, моделирование работы системы регулирования ветроустановки с переменной скоростью вращения ветроколеса в основных режимах в программном пакете Matlab, изучение тенденций развития ВЭУ. В процессе выполнения курсового проекта выполняется расчет параметров схемы замещения выбранного генератора и рассчитываются параметры регуляторов системы регулирования.

Разработка всех разделов проекта должна базироваться на максимальном использовании прогрессивных технических средств и передовой технологии. Соответствующие математические модели базируются на основе анализа современной технической литературы.

Результаты моделирования работы системы регулирования ветрогенераторной установки в различных режимах должны быть приведены в виде соответ-



ствующих графиков, с учетом использования математической модели поведения скорости ветра.

Проект имеет одинаковое типовое по форме и методике разработки содержание для всех студентов. Объем курсового проекта – не более 50 страниц сброшюрованных рукописного или машинописного текста. Студент обязан оформить проект строго в соответствии с установленными требованиями. [7]

Индивидуальное задание учебным планом не предусмотрено.

## **4 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

### **4.1 Критерии и шкалы для интегрированной оценки уровня сформированности компетенций**

#### *Составляющая компетенции – полнота знаний*

- нулевой уровень: неверные, не аргументированные, с множеством грубых ошибок ответы на вопросы / ответы на два вопроса из трех полностью отсутствуют. Уровень знаний ниже минимальных требований;
- минимальный уровень: даны не полные, не точные и аргументированные ответы на вопросы. Уровень знаний ниже минимальных требований. Допущено много грубых ошибок;
- пороговый уровень: даны недостаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Плохо знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено много негрубых ошибок;
- средний уровень: Даны достаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. В целом знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
- продвинутый уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
- высокий уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько неточностей.

#### *Составляющая компетенции – умения*

- нулевой уровень: полное отсутствие понимания сути методики решения задачи, допущено множество грубейших ошибок / задания не выполнены вообще;
- минимальный уровень: слабое понимание сути методики решения задачи, допущены грубые ошибки. Решения не обоснованы. Не умеет использовать нормативно-техническую литературу. Не ориентируется в специальной научной литературе, нормативно-правовых актах;
- пороговый уровень: достаточное понимание сути методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую литературу. Слабо ориентируется в специальной научной литературе, нормативно-правовых актах;
- средний уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, нормативно-правовые акты;

- продвинутый уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены неточности. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, нормативно-правовые акты;
- высокий уровень: Понимает суть методики решения задачи. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, передовой зарубежный опыт, нормативно-правовые акты.

#### *Составляющая компетенции – владение навыками*

- нулевой уровень: не продемонстрировал навыки выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- минимальный уровень: не продемонстрировал навыки выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- пороговый уровень: владеет опытом готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию на пороговом уровне. Трудовые действия выполняет медленно и некачественно;
- средний уровень: владеет средним опытом готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Трудовые действия выполняет на среднем уровне по скорости и качеству;
- продвинутый уровень: владеет опытом и достаточно выраженной личностной готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Быстро и качественно выполняет трудовые действия;
- высокий уровень: владеет опытом и выраженностью личностной готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Быстро и качественно выполняет трудовые действия.

#### *Обобщенная оценка сформированности компетенций*

- нулевой уровень: компетенции не сформированы;
- минимальный уровень: значительное количество компетенций не сформировано;
- пороговый уровень: все компетенции сформированы, но большинство на пороговом уровне;
- средний уровень: все компетенции сформированы на среднем уровне;
- продвинутый уровень: все компетенции сформированы на среднем или высоком уровне;
- высокий уровень: все компетенции сформированы на высоком уровне.

## **4.2 Вопросы к экзамену**

### **1. Свойства ветра как источника энергии:**

- Функции распределения скорости ветра;
- Спектральная модель Ван ДЕР Ховена;
- Эффект затенения башни.

### **2. Формирование момента ветроколеса:**

- Анализ способов расчета момента ветроколеса;
- Коэффициент мощности и коэффициент момента ветроколеса.

3. История развития и сравнительный анализ систем регулирования ВЭУ:
  - Построение системы регулирования для ветрогенератора с прямым подключением к сети;
  - Построение системы регулирования для ветрогенератора с переменной частотой вращения;
  - Преимущества непрямого подключения генератора к сети.
4. Принципы функционирования системы регулирования ветроустановки с прямым подключением генератора к сети.
  - Составляющие контура регулирования мощности;
  - Особенности объекта регулирования;
  - Настройка регулятора мощности;
  - Работа системы регулирования в условиях эффекта затенения башни.
5. Принципы функционирования системы регулирования ветроустановки с переменной скоростью вращения ветроколеса:
  - Требования и задачи современных систем регулирования ветроустановок;
  - Основные концепции установок для реализации принципа переменной скорости вращения ветроколеса;
  - Принцип функционирования контура регулирования скорости вращения ветроколеса, расчёт коэффициентов регулятора скорости.
6. Особенности функционирования системы регулирования ВЭУ с переменной частотой вращения ветроколеса на основе асинхронного генератора с к.з. ротором:
  - Структура силовой части ветроустановки;
  - Основные уравнения и модель асинхронного генератора во вращающейся системе координат;
  - Принципы регулирования электромагнитного момента генератора;
  - Концепция регулирования и структура контуров регулирования.
7. Особенности функционирования системы регулирования ВЭУ с переменной частотой вращения на основе машины двойного питания:
  - Структура силовой части ветроустановки;
  - Основные уравнения асинхронной машины двойного питания;
  - Принципы регулирования электромагнитного момента генератора;
  - Концепция регулирования и структура контуров регулирования.
8. Особенности функционирования системы регулирования ВЭУ с переменной частотой вращения на основе синхронного генератора:
  - Структура силовой части ветроустановки;
  - Основные уравнения и модель синхронного генератора во вращающейся системе координат;
  - Принципы регулирования электромагнитного момента генератора;
  - Концепция регулирования и структура контуров регулирования.

- 9.** Принципы регулирования реактивной мощности с помощью сетевого инвертора:
- Математические основы регулирования реактивной мощности;
  - Структура системы регулирования;
  - Настройка контуров регулирования.
- 10.** Тенденции развития современных ВЭУ.
- Сравнение технических данных различных ветроустановок;
  - Основные тенденции развития ВЭУ.
  - Технические характеристики современных ветрогенераторных установок.
- 11.** Основные режимы работы ВЭУ, особенности поведения системы регулирования в основных режимах работы.
- Основные режимы работы ВЭУ;
  - Особенности работы системы регулирования в режиме пуска ВЭУ;
  - Особенности работы системы регулирования в режиме частичной нагрузки генератора;
  - Особенности работы системы регулирования в режиме полной нагрузки генератора.
- 12.** Принципы построения ветропарков, особенности оффшорной ветроэнергетики
- Оптимальное расположение ветроустановок в ветропарке;
  - Структура системы управления ветропарком;
  - Особенности оффшорных ветроустановок, технические проблемы, перспективы развития.

### **Пример экзаменационного билета**

#### **ГОУВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Направление подготовки: 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Профиль: Микропроцессорные системы управления возобновляемыми источниками энергии

Семестр: 2

Учебная дисциплина: Управление ветровыми электроустановками

### **БИЛЕТ №1**

- 1.** Свойства ветра как источника энергии:
- Функции распределения скорости ветра;
  - Спектральная модель Ван ДЕР Ховена;
  - Эффект затенения башни.
- 2.** Особенности функционирования системы регулирования ВЭУ с переменной частотой вращения на основе синхронного генератора:
- Структура силовой части ветроустановки;

- Основные уравнения и модель синхронного генератора во вращающейся системе координат;
- Принципы регулирования электромагнитного момента генератора;
- Концепция регулирования и структура контуров регулирования.

Задание рассмотрено и одобрено на заседании кафедры ЭС

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

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ (С.Н. Ткаченко)

### 4.3 Критерии оценивания

Оценивание уровня освоения студентом учебного материала дисциплины «Управление ветровыми электроустановками» производится в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации (семестрового контроля).

**Текущий контроль** знаний студента очной формы обучения осуществляется по результатам лабораторных работ.

Выполнение лабораторных работ с защитой отчёта, предусмотренных рабочей программой дисциплины, является необходимым условием допуска студента к экзамену.

Распределение баллов текущего контроля работы студента на протяжении семестра приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение баллов текущего контроля

Форма контроля	Возможное количество баллов	Примечание
Отчёт по лабораторной работе	10	Задание выполнено правильно, даны ответы на все контрольные вопросы, приведен анализ полученного результата.
	0-9	Задание выполнено в целом правильно, возникли трудности в объяснении полученных результатов. Снижение баллов возможно: за неполный ответ на контрольные вопросы – от 1 до 5 баллов. за ошибки при объяснении полученных результатов – от 1 до 5 баллов.
<b>Итого по лабораторным работам (максимальный бал)</b>	<b>40</b>	Из расчета 4 лабораторных работ. Оценивается каждая лабораторная.

**Промежуточная аттестация** по результатам освоения дисциплины в семестре проводится в форме семестрового экзамена. Форма проведения экзамена – письменная. Экзаменационный билет включает в себя 2 теоретических вопроса. При оценивании студента на экзамене преподаватель руководствуется критериями, приведенными в таблице 2.

Максимальное количество баллов за ответ на вопрос экзаменационного билета засчитывается студенту в случае, если ответ подтверждает владение студентом знаниями в полном объеме учебной программы, материал изложен в логической последовательности с выделением главного, содержит точные формулиров-

ки, сопровождается иллюстрирующими схемами и рисунками и формулами (при необходимости).

При подсчёте баллов за каждый теоретический вопрос от максимального количества баллов снимается за:

- Неполное раскрытие вопроса: от 10 до 20 баллов;
- Существенные ошибки: от 5 до 10 баллов;
- Мелкие ошибки: от 1 до 4 баллов

Таблица 2 – Распределение баллов по семестровому экзамену

Форма контроля		Максимально возможное количество баллов
Ответ на вопросы экзаменационного билета	вопрос 1	30
	вопрос 2	30
<b>ИТОГО:</b>		<b>60</b>

**Итоговая оценка** определяется путем суммирования количества баллов по результатам текущего контроля и количества баллов по результатам семестрового экзамена. **Максимально возможное количество баллов – 100.**

Полученная оценка по 100-балльной шкале определяет оценку по государственной шкале и шкале ECTS:

Сумма баллов по 100-балльной шкале	Оценка по шкале ECTS	Оценка по государственной шкале
90-100	A	Отлично
80-89	B	Хорошо
75-79	C	
70-74	D	Удовлетворительно
60-69	E	
35-59	FX	Неудовлетворительно
0-34	F*	

\* – с обязательным повторным изучением дисциплины.

#### 4.4 Пример текущего опроса на лабораторных занятиях

На примере темы «Формирование момента ветроколеса»

1. Основные аэродинамические углы.
2. Тангенциальная и аксиальная компонента силы, действующей на лопасть ветроколеса при притекании воздушного потока.
3. От каких факторов зависит коэффициент мощности ветроколеса.
4. Формула момента и мощности ветроколеса.
5. На какие параметры ветроколеса можно воздействовать посредством системы регулирования.

**Текущий контроль** знаний студентов производится по результатам контрольных опросов в ходе проведения лабораторных занятий (15 минут вначале лабораторной работы).

## 5 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### Основная

1. Хаер, З. Ветроэнергетические установки [Электронный ресурс]: расчеты, интеграция в сеть, регулирование/ З. Хаер: – 20,4 Мб - Берлин: Шпрингер, 2018. = (Heier S. Windkraftanlagen [Electronic resource] : Systemauslegung, Netzintegration und Regelung / S. Heier. - 31 Мб. - Berlin : Springer Vieweg, 2018.) – 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. — Режим доступа: <http://ed.donntu.ru/books/20/cd10130.pdf>
2. Власов, В. К. Ветроэнергетические установки : монография / В. К. Власов. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. — 316 с. — ISBN 978-5-9729-0843-1. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART. Режим доступа: — URL: <https://www.iprbookshop.ru/124012.html>

### Дополнительная

3. Удалов, С. Н. Возобновляемые источники энергии [Электронный ресурс]: учебное пособие / С. Н. Удалов. — Электрон. текстовые данные — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2014. — 460 с. — ISBN 978-5-7782-2358-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/47686.html>. — ЭБС «IPR books».
4. Власов, В. К. Ветро двигатели. Теория и практика [Электронный ресурс]/ В. К. Власов. — Электрон. текстовые данные. — Москва : Техносфера, 2020. — 226 с. ISBN 978-5-94836-592-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/99114.html> — ЭБС «IPRbooks».

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### **Учебно-методические издания, разработанные в ДонНТУ:**

5. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Управление ветровыми электроустановками» [Электронный ресурс] : (для студентов очной и заочной форм обучения направления подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Микропроцессорные системы управления возобновляемыми источниками энергии») / ГОУВПО "ДОННТУ", каф. «Системы программного управления и мехатроника»; [сост.: А.Н. Минтус, В.Г. Черников]. – 960 Кб. – Донецк : ГОУВПО "ДОННТУ", 2020. – 1 файл. – Систем. требования: Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://ed.donntu.ru/books/21/m5865.pdf>

6. Методические указания к организации самостоятельной работы по дисциплине "Управление ветровыми электроустановками" [Электронный ресурс] : (для студентов очной и заочной форм обучения направления подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Микропроцессорные системы управления возобновляемыми источниками энергии») / ГОУВПО "ДОННТУ", каф. «Системы программного управления и мехатроника»; [сост.: А.Н. Минтус, А.В. Левшов]. - 121 Кб. - Донецк : ГОУВПО "ДОННТУ", 2020. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. - Режим доступа: <http://ed.donntu.ru/books/21/m5844.pdf>



7. Методические рекомендации к выполнению курсового проекта по дисциплине "Управление ветровыми электроустановками" [Электронный ресурс] : (для студентов очной и заочной форм обучения направления подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Микропроцессорные системы управления возобновляемыми источниками энергии») / ГОУВПО "ДОННТУ", каф. «Системы программного управления и мехатроника»; [сост.: А.Н. Минтус, В.Г. Черников]. – 517 Кб. – Донецк : ГОУВПО "ДОННТУ", 2020. – 1 файл. – Систем. требования: Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://ed.donntu.ru/books/21/m5866.pdf>

### **Электронно-информационные ресурсы**

ЭБС ДОННТУ – <http://donntu.ru/library>

ЭБС «IPRbooks» - <http://www.iprbookshop.ru>

## **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **7.1 Лекционные занятия:**

Учебная лаборатория № 8.210в, учебный корпус 8, для проведения лекционных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации - «Лекционная». Компьютер: системный блок Р 4 2,8 GHz / 2x256 Mb / HDD 40Gb; монитор 17" TFT View Sonic VA 703B; монитор Samsung SyncMaster 940N TFT 19". ОС: Microsoft Windows XP; OpenOffice 4.1.4; Adobe Reader X 10.1.0; MatLab R 2010a; WinRAR 3.80 (пробная версия); Google Chrome 49.0.2623. Мультимедийный проектор TOSHIBA TLP. Имеется возможность доступа к сети «Интернет». Специализированная мебель: экран Draper Luma, доска мобильная 2-стор. ТК-TEAM, шкаф для одежды, столы, стулья.

### **7.2 Лабораторные работы:**

Учебная лаборатория № 8.208а, учебный корпус 8, для проведения практических и лабораторных занятий, курсового проектирования, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации – «Лаборатория управления возобновляемыми источниками энергии и электроприводами». Экспериментальный стенд для исследования режимов работы ветрогенераторов; лабораторная установка для исследования топливного водородного элемента NP50; стенд для испытания электроприводов; 3-х фазный выпрямитель SIMOREG; преобразователь частоты SIMOVERT; асинхронный электродвигатель 1000Вт.; электродвигатель постоянного тока 1000Вт.; цифровой осциллоскоп; преобразователь MICROMASTER 440 4кВт. Компьютеры: системный блок (2шт.) Р 4 2,8GHz / 2x256Mb / HDD 40Gb; системный блок Р 4 2,8GHz / 2x256Mb; 1Gb / HDD<sub>1</sub> 80Gb; HDD<sub>2</sub> 250Gb; системный блок Р 4 2,8GHz / 2x256Mb; 1Gb / HDD<sub>1</sub> 40Gb; HDD<sub>2</sub> 250Gb; монитор Samsung SyncMaster 795DF (4шт.). ОС: Microsoft Windows XP; OpenOffice 4.1.4; Adobe Reader X 10.1.0 / Adobe Reader 8.1.3 / Adobe Reader X; MatLab; WinRAR 4.11 (пробная версия); Google Chrome 49.0.2623/Mazilla 30.0. Принтер HP LJ 5000. Имеется возможность доступа к сети «Интернет». Проектор Liesegang, мультимедийный переносной проектор EPSON. Специализированная мебель: киноэкран, доска классная стеклянная, шкафы, столы, стулья.

### **7.3 Курсовое проектирование:**

Учебная лаборатория № 8.003, учебный корпус 8, для проведения курсового проектирования, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации - «Магистерская». Преобразователь Micromaster (3шт.) MM 440 37кВт.; MM 430 18,5кВт.; MM 430 55кВт. Имеется возможность доступа к сети «Интернет».

### **7.4 Самостоятельная работа:**

Помещения для самостоятельной работы с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации: читальные залы, учебные корпуса 2, 3 (Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду (ЭИОС ДОННТУ) и электронно-библиотечную систему (ЭБС IPRbooks), а также возможностью индивидуального неограниченного доступа обучающихся в ЭБС и ЭИОС посредством Wi-Fi с персональных мобильных устройств. ОС- Microsoft Windows 7, OpenOffice 2.0.3 – общественная лицензия MPL 2.0/ Grub loader for ALT Linux - лицензия GNU LGPL v3/ Mozilla Firefox - лицензия MPL2.0, Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) - лицензия GNU GPL.