

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Электроэнергетика и электротехника»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине **Б.1.2.9**

«Электрические измерения»

для направления подготовки **13.03.02 ЭЛЭТ**

«Электроэнергетика и электротехника»

Профиль 1 - «Электроснабжение»

Профиль 2 - «Электротехнологические установки и системы»

Профиль 3 - «Электрические и электронные аппараты»

форма обучения – очная

курс - 3

семестр – 5

зачетных единиц – 5

часов в неделю – 5

всего часов – 180

в том числе:

лекции – 32 час.

коллоквиумы – нет

практические занятия – 16

лабораторные занятия - 32

самостоятельная работа – 100 час.

Экзамен – 5 сем

1. Цели и задачи дисциплины.

Цель преподавания дисциплины:

является формирование профессиональных знаний и практических навыков по методам и приборам для электрических измерений, выбору методов измерения электрических величин и оценки погрешностей результатов измерений.

Задачи изучения дисциплины:

овладение теоретическими знаниями, экспериментальным инструментарием и практическими навыками по методам и приборам для электрических измерений в электротехнике и энергетике.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Измерения в электротехнике и энергетике» (код Б.1.2.9) относится к профессиональным дисциплинам по направлению «Электроэнергетика и электротехника». Изучение данной дисциплины должно обеспечивать приобретение студентами теоретических знаний и практических навыков расчета и экспериментального исследования электрических измерительных приборов.

В представленной таблице дается описание логической и содержательно-методической взаимосвязи с другими частями ООП

Дисциплина по учебному плану			Перечень вопросов (дидактических единиц) знания по которым необходимы для изучения дисциплины	Дисциплина, в рамках которой изучается	
Шифр дисциплины	Наименование дисциплины	Трудоемкость (час)		Шифр дисциплины	Наименование дисциплины*
Б.1.2.9	Электрические измерения	180	Дифференциальное и интегральное исчисления; обыкновенные дифференциальные уравнения, теория функций комплексного переменного; гармонический анализ; преобразование Лапласа.	Б.1.1.5	Высшая математика
			Электричество и магнетизм: электростатика и магнитостатика в вакууме и веществе, электрический ток, электромагнитное поле.	Б.1.1.7	Физика
			Методы расчета линейных электрических цепей постоянного и синусоидального тока, переходных процессов.	Б.1.1.10	ТОЭ
			Физические принципы работы полупроводниковых и электронных приборов, основ интегральной микроэлектроники, электрических параметров и характеристик элементной базы современ-	Б.1.2.8	Электроника

			ной электроники и устройств, использующих эту базу.		
--	--	--	---	--	--

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Выпускник должен обладать общепрофессиональной (ОПК) и профессиональной (ПК) компетенциями в соответствии с Приказом ФГОС ВО Министерства образования и науки РФ, утвержденного от 03.09.2015г. № 955:

Профессиональная компетенция (ПК-1):

-способностью участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике;

Студент должен знать: методы планирования, подготовки и выполнения типовых экспериментальных исследований по заданной методике.

Студент должен уметь: принимать участие в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике

Студент должен владеть: навыками участия в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике

Профессиональная компетенция (ПК-2):

-способностью обрабатывать результаты экспериментов;

Студент должен знать: методы обработки результатов экспериментов.

Студент должен уметь: обрабатывать результаты экспериментов.

Студент должен владеть: навыками обработки результатов экспериментов.

Профессиональная компетенция (ПК-8):

-способность использовать технические средства для измерения и контроля основных параметров технологического процесса.

Студент должен знать: технические средства для измерения и контроля основных параметров технологического процесса.

Студент должен уметь: использовать технические средства для измерения и контроля основных параметров технологического процесса.

Студент должен владеть: навыками использования технических средств для измерения и контроля основных параметров технологического процесса.

4. Распределение трудоёмкости (час.) дисциплины по темам и видам занятий.

№ модуля	№ недели	№ темы	Наименование темы	Часы/ Из них в интерактивной форме				
				Всего	Лекции	Пр. зан.	Лаб. занятия	СРС
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1-3	I	Измерение электрических величин электромеханическими приборами.	38	8	4	6	16
	4-7	II	Электронные аналоговые приборы.	40	8	4	6	16
2	8-10	III	Приборы сравнения..	38	8	4	6	16
	11-14	IV	Цифровые измерительные приборы.	64	12	6	18	42
ИТОГО:				180	36	18	36	90

5. Содержание лекционного курса.

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции.	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
I	8	1-4	Классификация электромеханических приборов. Принцип действия, основы теории и применение измерительных механизмов. Магнитоэлектрические измерительные механизмы. Магнитоэлектрические логометры. Электромагнитные измерительные механизмы. Электродинамические измерительные механизмы. Электростатические измерительные механизмы. Индукционные измерительные механизмы. Принцип действия, основы теории и применение выпрямительных и термоэлектрических приборов. Измерительные преобразователи (шунты, добавочные сопротивления, трансформаторы тока, трансформаторы напряжения и др.). Измерение активной и реактивной мощности и энергии в однофазных и трехфазных цепях. Сигналы измерительной информации (классификация).	15.1.(1-3,4-10) 15.2., 15.3.
II	8	5-8	Назначение, метрологические и эксплуатационные характеристики, классификация электронных вольтметров. Электронные вольтметры постоянного тока. Электронные вольтметры переменного тока. Электронные приборы для измерения частоты, угла сдвига фаз, параметров электрических цепей (частотомеры, фазометры, омметры и т.д.).	15.1.(1-3,4-10) 15.2., 15.3.

III	8	9-12	Анализ мостовых схем. Мосты для измерения сопротивления на постоянном токе. Мосты переменного тока для измерения емкости и угла потерь конденсаторов, индуктивности и добротности катушек. Автоматические мосты (принцип действия, устройство, применение).	15.1.(1-3,4-10) 15.2., 15.3.
IV	12	13-18	Структурные схемы цифровых измерительных приборов, назначение основных элементов. Методы преобразования аналогового сигнала в цифровой код, обратное преобразование. Структурные схемы аналого-цифровых преобразователей. Оценка погрешности преобразования. Аналоговые и электронные счётчики электроэнергии. Особенности цифровых систем. Анализ погрешностей, вызванных заменой аналоговых моделей измерительных сигналов и систем цифровыми. Структурные схемы компьютерных информационно-измерительных систем (КИИС). Цифровые процессоры сигналов и их применение в КИИС. Возможности и сравнительная характеристика современных программ компьютерных измерений, ориентированных на использование персональных компьютеров (ПК). Погрешности компьютерных измерений: источники погрешностей; анализ погрешностей путем моделирования на ПК.	15.1.(1-3,4-10) 15.2., 15.3.

6. Содержание коллоквиумов - нет

7. Перечень практических занятий

№ темы	Всего часов	№ занятия	Тема практической работы.	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
I	4	1-2	Подробное изучение классификации электромеханических приборов, принципа действия, основ теории и применение выпрямительных и термоэлектрических приборов, измерения активной и реактивной мощности и энергии в однофазных и трехфазных цепях, классификации сигналов измерительной информации.	15.1.(1-3,4-10) 15.2., 15.3.
II	4	3-4	Изучение методов определения места и вида повреждения воздушных и кабельных линий.	15.1.(1-3,4-10) 15.2., 15.3.
III	4	5-6	Изучение практических методов измерения активной и реактивной мощности.	15.1.(1-3,4-10) 15.2., 15.3.
IV	6	7-9	Изучение статистических и спектральные характеристик аналоговых сигналов измерительной информации.	15.1.(1-3,4-10) 15.2., 15.3.

8. Перечень лабораторных работ

№ темы	Всего часов	№ занятия	Тема лабораторной работы.	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
I	6	1-3	Счетчики электроэнергии (электронный, индукционный счётчики активной, реактивной энергии: устройство, поверка, защита от хищений электроэнергии).	15.1.(1-3,4-10) 15.2., 15.3.
II	6	4-6	Определение места и вида повреждения воздушных и кабельных линий (мостовой метод).	15.1.(1-3,4-10) 15.2., 15.3.
III	6	7-9	Измерения активной и реактивной мощности (методы измерений, области применения, расчет погрешностей).	15.1.(1-3,4-10) 15.2., 15.3.
IV	6	10-12	Статистические и спектральные характеристики аналоговых сигналов измерительной информации, часть 1.	15.1.(1-3,4-10) 15.2., 15.3.
	6	13-15	Статистические и спектральные характеристики аналоговых сигналов измерительной информации, часть 2.	15.1.(1-3,4-10) 15.2., 15.3.
	6	15-18	Дискретизация, квантование измерительных сигналов и последующим восстановлением	15.1.(1-3,4-10) 15.2., 15.3.

9. Задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Всего часов	Вопросы для самостоятельного изучения	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
I	22	Особенности цифровых систем. Анализ погрешностей, вызванных заменой аналоговых моделей измерительных сигналов и систем цифровыми.	15.1.(1-3,4-10) 15.2., 15.3.
II	22	Устройство, принцип действия и основные характеристики электронных осциллографов.	15.1.(1-3,4-10) 15.2., 15.3.

III	22	Потенциометры (компенсаторы) для измерения ЭДС и напряжений. Принцип действия, устройство, применение.	15.1.(1-3,4-10) 15.2., 15.3.
IV	24	Способы борьбы с хищениями электроэнергии, система «Ябеда». Информационно – измерительные системы. Автоматические системы контроля и учёта электроэнергии (АСКУЭ).	15.1.(1-3,4-10) 15.2., 15.3.

10. Расчётно-графическая работа - нет

11. Курсовая работа – нет

12. Курсовой проект - нет

13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

В процессе освоения образовательной программы у обучающегося в ходе изучения дисциплины «Электрические измерения»

должны сформироваться общепрофессиональные и профессиональные компетенции ПК-1, ПК-2, ПК-8 для формирования которых необходимы базовые знания фундаментальных разделов дисциплин Б.1.1.5 «Высшая математика», Б.1.1.7 «Физика», Б.1.1.10 «ТОЭ» и «Электроника», Б.1.2.9.

Название и шифр компетенции	Шифр составных частей	Составные части	Критерии оценивания		
			Промежуточная аттестация	Типовые задания	Шкала оценивания
-способностью участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике (ПК-1)	А	Знает: соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и проведения экспериментального исследования по заданной методике.	Зачет	В соответствии с пунктами 7, 13.2. 15.2. 15.3. Вопросы и тестовые задания. Собеседование.	зачтено / не зачтено
	Б	Умеет: применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и проведения экспериментального исследования по заданной методике.			
	В	Владеет: навыками применения соответствующего физико-математического аппарата, методов анализа и проведения экспериментального исследования по заданной методике.			

-способностью обрабатывать результаты экспериментов (ПК-8).	А	Знает: соответствующий математический аппарат, методы обработки результатов эксперимента, полученного в результате электрических измерений.	Зачет	В соответствии с пунктами 7, 13.2, 15.2, 15.3. Вопросы и тестовые задания. Собеседование.	зачтено / не зачтено
	Б	Умеет: применять соответствующий математический аппарат, методы обработки результатов эксперимента, полученного в результате электрических измерений.			
	В	Владеет: навыками применения соответствующего математического аппарата, методов обработки результатов эксперимента, полученных в результате электрических измерений.			
-способность использовать технические средства для измерения и контроля основных параметров технологического процесса. (ПК-8)	А	Знает: способы применения технических средств, эксплуатационных испытаний и диагностики электроизмерительных приборов в электроэнергетике.	Зачет	В соответствии с пунктами 7, 13.2, 15.2, 15.3. Вопросы и тестовые задания. Собеседование.	зачтено / не зачтено
	Б	Умеет: принимать участие в применении технических средств, эксплуатационных испытаниях и диагностике электроизмерительных приборов в электроэнергетике.			
	В	Владеет: навыками применения технических средств, проведения эксплуатационных испытаний и диагностике электроизмерительных приборов в электроэнергетике.			

13.1. Вопросы для зачета

1. Основные понятия и определения электрических измерительных приборов..
2. Классификация измерений, методов и средств измерений.
3. Измерительные преобразователи (добавочные сопротивления, шунты, делители напряжения).
4. Измерительные трансформаторы тока.
5. Измерительные трансформаторы напряжения.

6. Электромеханические приборы. Основные узлы, условные обозначения, сравнение характеристик.
7. Магнитоэлектрический механизм.
8. Электродинамический механизм.
9. Ферродинамический механизм.
10. Электромагнитный механизм.
11. Индукционный механизм.
12. Электростатический механизм.
13. Принцип действия логометров.
14. Выпрямительные приборы.
15. Электронный осциллограф.
16. Цифровые измерительные приборы.
17. Системы счисления, коды. Методы преобразования значений непрерывных величин в коды.
18. Измерение активной мощности в трехфазных цепях.
19. Измерение реактивной мощности в трехфазных цепях.
20. Индукционный счетчик электроэнергии.
21. Электронный счетчик электроэнергии. Методы и условия поверки. Способы защиты от хищений.
22. Измерение параметров электрических цепей. Метод амперметра, вольтметра, ваттметра.
23. Мостовые методы измерения сопротивлений и угла потерь (одинарный мост).
24. Определение области применения одинарного моста. Применение двойного моста для измерения сопротивлений.
25. Определение места повреждения кабеля, воздушной линии мостовыми методами измерений.
26. Измерение разности фаз, частоты.
27. Выявление источника несинусоидальности в электрической сети.
28. Метрологическая надежность средств измерения.

13.2. Вопросы для экзамена - нет

13.3. Тестовые задания по курсу «Электрические измерения»

Тестовые задания на кафедре ЭТЭ, а также находятся у преподавателя
(пример тестового задания)

№ п/п	Вопрос	Варианты ответов
1	Цифровые приборы – это приборы	а) с непрерывным отсчетом
		б) с дискретным отсчетом
		в) с графическим изображением
		г) ваш вариант

		д) показывающие изменение величины во времени
2	Какое из условных обозначений соответствует прибору магнитоэлектрической системы?	<p>а) б) в) г) д)</p>
3	Прибор какой системы можно использовать для измерения напряжения, тока и мощности в цепях постоянного и переменного тока?	а) электромагнитной
		б) индукционной
		в) электродинамической
		г) магнитоэлектрической
		д) ферродинамической
4	При работе прибора какой системы используется принцип втягивания ферромагнитного сердечника в катушку с током?	а) электромагнитной
		б) индукционной
		в) магнитоэлектрической
		г) электродинамической
		д) выпрямительной
5	При измерении тока в высоковольтных цепях переменного тока применяются	а) амперметры магнитоэлектрической системы
		б) магнитоэлектрические гальванометры
		в) амперметры электростатической системы
		г) амперметр соответствующей системы с трансформатором тока
		д) амперметр выпрямительной системы с трансформатором напряжения
6	На какой из схем изображен измерительный трансформатор тока?	<p>а) б)</p>

			б)
--	--	--	----

14. Образовательные технологии

По курсу «Электрические измерения» при выполнении практических и лабораторных работ используется программное обеспечение: Tina Ti, САПР ЦВК, Multisim, MathCad, Matlab.

При проведении лекционных занятий по дисциплине преподаватель использует компьютерные и мультимедийные средства обучения (30%).

Тема занятия	Вид занятия	Интерактивная форма
Ознакомление с составом и содержанием основных частей курса «Электрические измерения».	лекция	мозговой штурм, демонстрация слайдов
Изучение состава и содержания курса «Электрические измерения».	лабораторное	Case-study, мозговой штурм
Устройство, принцип действия и математические модели приборов в курсе «Электрические измерения».	лекция	мозговой штурм, демонстрация слайдов
Изучение устройства, принципа действия и математических моделей приборов в курсе «Электрические измерения».	лабораторное	Case-study, мозговой штурм,
Применение аналоговых и цифровых измерительных приборов в ЭЭА.	лекция	Case-study, демонстрация слайдов
Изучение применения аналоговых и цифровых измерительных приборов в ЭЭА.	лабораторное	Case-study, демонстрация слайдов
Автоматизация измерений в ЭЭА. Существующие компьютерные измерительные системы в ЭЭА.	лекция	Case-study, демонстрация слайдов
Применение существующих компьютерных измерительных систем в ЭЭА.	лабораторное	Case-study, демонстрация слайдов

15. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

15.1. Список основной и дополнительной литературы по дисциплине ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Афонский А.А. Измерительные приборы и массовые электронные измерения [Электронный ресурс]/ Афонский А.А., Дьяконов В.П.— Электрон. текстовые данные.— М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2009.— 541 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/8696>.— ЭБС «IPRbooks»
2. Вострокнутов Н.Н. Цифровые электроизмерительные приборы [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Вострокнутов Н.Н.— Электрон. текстовые данные.— М.: Академия стандартизации, метрологии и сертификации, 2011.— 61 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/44312>.— ЭБС «IPRbooks»
3. Ратхор Т. С. Цифровые измерения. Методы и схемотехника. –М.: Техносфера, 2004
4. К. Б. Клаассен. Основы измерений. Электронные методы и приборы в измерительной технике. – М.: Постмаркет, 2000.

Дополнительная литература

5. Калиниченко А.В. Справочник инженера по контрольно-измерительным приборам и автоматике [Электронный ресурс]/ Калиниченко А.В., Уваров Н.В., Дойников В.В.— Электрон. текстовые данные.— Вологда: Инфра-Инженерия, 2015.— 575 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/5075>.— ЭБС «IPRbooks»
6. Курзенков Г.Д. Аналоговые электроизмерительные приборы в ГА. Учебн.пособ. М.: МГТУ ГА. 1996 г.
7. Григоркин Б.О., Шойко В.П. Информационно-измерительная техника в электроэнергетике. Методические указания: / Новосиб. госуд. техн. ун-т. - Новосибирск, 1998.

15.2 ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

Учебные материалы по дисциплине «Измерения в электротехнике и энергетике» (лекции, презентации, пособия для изучения курса, методические указания по выполнению практических работ и др.), необходимо использовать студентам на сайте СГТУ в ИОС (информационно-образовательная среда).

1. <http://lib.sstu.ru/> - научная электронная библиотека СГТУ

2. <http://benran.ru> – библиотека по естественным наукам РАН
3. <http://lib.mexmat.ru> – электронная библиотека механико-математического факультета МГУ
4. <http://elibrary.ru> – научная электронная библиотека
5. Библиотека РАН по естественным наукам <http://www.benran.ru>
6. Государственная публичная научно-техническая библиотека <http://www.gpntb.ru>
7. Государственная публичная научно-техническая библиотека Сибирского отделения РАН <http://www.spsl.nsc.ru/>
8. Центральная научная библиотека Дальневосточного отделения РАН <http://lib.febras.ru>
9. Центральная научная библиотека Уральского отделения РАН <http://www.uran.ru>
10. Библиотека Конгресса <http://www.loc.gov/index.html>
11. Британская национальная библиотека <http://www.bl.uk>
12. Французская национальная библиотека <http://www.bnf.fr>
13. Немецкая национальная библиотека <http://www.ddb.de>
14. Библиотечная сеть учреждений науки и образования RUSLANet <http://www.ruslan.ru:8001/rus/rcls/resources>
15. Центральная городская универсальная библиотека им. В.Маяковского <http://www.pl.spb.ru>
16. Научная библиотека им. М.Горького Санкт-Петербургского Государственного университета (СПбГУ) <http://www.lib.pu.ru>
17. Фундаментальная библиотека Санкт-Петербургского Государственного Политехнического университета (СПбГПУ) <http://www.unilib.neva.ru/rus/lib/>

15.3. Источник ИОС СГТУ

Профиль 3 «Электрические и электронные приборы»

<https://portal3.sstu.ru/Facult/EF/ETE/13.03.02-3/B.1.2.10-5/default.aspx>

16. Материально-техническое обеспечение

Лекционные занятия проводятся в аудиториях со стандартным оснащением площадью не менее 40 кв.м.

Для проведения практических занятий используются лаборатории кафедры ЭТЭ: 1 – площадь 60 кв.м, 2 - площадь 60 кв.м, 3 – площадь 80 кв.м., каждая оборудована мультимедийными средствами: мультимедийный проектор, экран для демонстрации презентаций, интерактивная доска, компьютер с выходом в Интернет; программные средства для мультимедийных презентаций.

Для самостоятельной работы студентов используются лаборатория кафедры ЭТЭ, оснащенная шестью компьютерами и аудитория с тремя компьютерами.

При проведении занятий преподаватель использует:

- раздаточный материал для практических занятий;
- учебный материал в электронном виде (методические указания по выполнению СРС практических заданий);
- презентации лекционного курса;
- наглядные пособия.

При выполнении СРС студенты могут пользоваться разработанными преподавателями кафедры методическими указаниями, размещенными в ИОС.