



Автономная некоммерческая организация высшего образования
«Волгоградский институт бизнеса»

Рабочая программа учебной дисциплины

Электротехника и электроника

(Наименование дисциплины)

15.03.06 Мехатроника и робототехника, направленность (профиль) «Мехатроника»

(Направление подготовки / Профиль)

Бакалавр

(Квалификация)

Кафедра разработчик

Естественных наук и профессиональных коммуникаций

Год набора

2027

Вид учебной деятельности	Трудоемкость (объем) дисциплины
	Очная форма
	д
Зачетные единицы	5
Общее количество часов	180
Аудиторные часы контактной работы обучающегося с преподавателями:	64
– Лекционные (Л)	32
– Практические (ПЗ)	32
– Лабораторные (ЛЗ)	
– Семинарские (СЗ)	
Самостоятельная работа обучающихся (СРО)	80
К (Р-Г) Р (П) (+;-)	
Тестирование (+;-)	
ДКР (+;-)	
Зачет (+;-)	
Зачет с оценкой (+;- (Кол-во часов))	
Экзамен (+;- (Кол-во часов))	+ (36)

Волгоград 2026

Содержание

Раздел 1. Организационно-методический раздел	3
Раздел 2. Тематический план.....	5
Раздел 3. Содержание дисциплины.....	6
Раздел 4. Организация самостоятельной работы обучающихся	8
Раздел 5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся.....	10
Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами).....	14
Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	17
Раздел 8. Материально-техническая база и информационные технологии	18
Раздел 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	19

Раздел 1. Организационно-методический раздел

1.1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина «Электротехника и электроника» входит в «Часть, формируемую участниками образовательных отношений» подготовки обучающихся по направлению подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника, направленность (профиль) «Мехатроника»

Целью дисциплины является формирование **компетенций** (в соответствии с ФГОС ВО и требованиями к результатам освоения основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО)):

ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности

Дескрипторы компетенции:

ОПК-1.1. Способен применить методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для изучения предметной области.

ОПК-1.2. Способен определить необходимость и постановку задач экспериментального исследования, средства и методы обработки экспериментальных данных.

Перечисленные компетенции формируются в процессе достижения индикаторов компетенций:

Обобщенная трудовая функция/ трудовая функция	Код и наименование дескриптора компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенций (из ПС)
	ОПК-1.1. Способен применить методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для изучения предметной области. ОПК-1.2. Способен определить необходимость и постановку задач экспериментального исследования, средства и методы обработки экспериментальных данных.	Знает ИД-1 ОПК-1.1 Методы математического анализа, моделирования, теоретического и экспериментального исследования (без привязки к профессиональному стандарту); ИД-2 ОПК-1.2 Подходы к определению необходимости и постановке задач экспериментального исследования, средства и методы обработки экспериментальных данных (без привязки к профессиональному стандарту). Умеет ИД-3 ОПК-1.1 Применять методы математического анализа, моделирования и экспериментального исследования для изучения предметной области (без привязки к профессиональному стандарту); ИД-4 ОПК-1.2 Определять необходимость и формулировать задачи экспериментального исследования, выбирать средства и методы обработки экспериментальных данных (без привязки к профессиональному стандарту). Имеет навыки ИД-5 ОПК-1.1 Владение навыками применения методов математического анализа, моделирования и экспериментального исследования

		(без привязки к профессиональному стандарту); ИД-6 ОПК-1.2 Владение навыками постановки экспериментальных задач, обработки экспериментальных данных (без привязки к профессиональному стандарту).
--	--	--

**1.2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО
направления подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника, направленность (профиль)
«Мехатроника»**

№	Предшествующие дисциплины (дисциплины, изучаемые параллельно)	Последующие дисциплины
1	2	3
1.	Основы инжиниринга	Электромагнитная совместимость в мехатронике и робототехнике

1.3. Нормативная документация

Рабочая программа учебной дисциплины составлена на основе:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки **15.03.06 Мехатроника и робототехника, направленность (профиль) «Мехатроника»**;
- Учебного плана направления подготовки **15.03.06 Мехатроника и робототехника, направленность (профиль) «Мехатроника»** 2027 года набора;
- Образца рабочей программы учебной дисциплины (приказ № 113-О от 01.09.2021 г.).

Раздел 2. Тематический план
Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема дисциплины	Трудоемкость				
		Все го	Аудиторные занятия		СРО	Код индикатора и дескриптора достижения компетенций
			Л	ПЗ (ЛЗ, СЗ)		
1	2	3	4	5	6	7
1	Тема 1. Анализ цепей постоянного тока: законы Ома и Кирхгофа, методы расчета (контурных токов, узловых потенциалов).	18	4	4	10	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
2	Тема 2. Однофазные цепи синусоидального тока: символический метод, комплексное сопротивление (ZZZ), резонанс напряжений и токов.	18	4	4	10	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
3	Тема 3. Трехфазные электрические цепи: схемы соединения «звезда» и «треугольник», расчет симметричных и несимметричных режимов работы промышленных роботов.	18	4	4	10	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
4	Тема 4. Магнитные цепи и трансформаторы: законы магнитной цепи, устройство силового и согласующего трансформатора для питания электроники мехатронного модуля.	18	4	4	10	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
5	Тема 5. Полупроводниковые приборы: диоды, стабилитроны и тиристоры в схемах выпрямления и коммутации приводов.	18	4	4	10	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
6	Тема 6. Усилительные каскады на биполярных (BJT) и полевых (MOSFET) транзисторах: классы усиления А, В, АВ.	18	4	4	10	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
7	Тема 7. Операционные усилители (ОУ): инвертирующие и неинвертирующие схемы, компараторы и активные фильтры датчиков робототехнических комплексов.	18	4	4	10	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
8	Тема 8. Импульсные стабилизаторы напряжения (DC-DC преобразователи): топологии Buck, Boost и их применение в системах электропитания бортовой аппаратуры БПЛА.	18	4	4	10	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2

Вид промежуточной аттестации(Экзамен)	36				
Итого	180	32	32	80	

Раздел 3. Содержание дисциплины

3.1. Содержание дисциплины

Тема 1. Анализ цепей постоянного тока: законы Ома и Кирхгофа, методы расчета

Изучение эквивалентных преобразований схем (последовательное, параллельное, «звезда-треугольник»). Применение первого закона Кирхгофа (для узлов) и второго закона Кирхгофа (для контуров). Расчет токов в ветвях питания датчиков мехатронного модуля методами контурных токов и узловых потенциалов. Баланс мощностей в цепи.

Тема 2. Однофазные цепи синусоидального тока: символический метод, комплексное сопротивление (ZZZ), резонанс Представление гармонических колебаний векторами и комплексными числами. Понятия активного сопротивления, индуктивности и емкости. Комплексное сопротивление (ZZZ) и проводимость (YYY). Резонанс напряжений в последовательном контуре актуатора и резонанс токов в параллельном фильтре помех привода. Коэффициент мощности ($\cos \varphi$).

Тема 3. Трехфазные электрические цепи: схемы соединения «звезда» и «треугольник»

Схемы трехфазных систем промышленного электропитания. Соотношения между линейными и фазными напряжениями/токами при соединении обмоток статора мощных сервоприводов «звездой» и «треугольником». Расчет несимметричных режимов работы мобильной платформы при обрыве фазы с использованием метода симметричных составляющих.

Тема 4. Магнитные цепи и трансформаторы Закон полного тока для магнитной цепи (закон Ампера). Аналогия между электрической и магнитной цепями (МДС, магнитный поток, магнитное сопротивление). Устройство однофазного и трехфазного трансформатора. Холостой ход и короткое замыкание. Автотрансформаторы и импульсные трансформаторы в драйверах затворов транзисторов.

Тема 5. Полупроводниковые приборы: диоды, стабилитроны и тиристоры Вольт-амперная характеристика (ВАХ) p-n перехода. Выпрямительные диоды в источниках питания робота. Стабилитроны как параметрические стабилизаторы напряжения для аналоговых сенсоров. Тиристоры (SCR) и симисторы (Triac) в силовых блоках управления контакторами промышленных манипуляторов.

Тема 6. Усилительные каскады на биполярных (BJT) и полевых (MOSFET) транзисторах Принцип усиления электрических сигналов. Схемы включения транзисторов с общим эмиттером (ОЭ), общей базой (ОБ) и общим коллектором (ОК). Выбор рабочей точки по DC-характеристикам. Классы усиления (А — линейный режим для предусилителей микрофонов, В/АВ — двухтактные каскады для выходных усилителей звуковой индикации робота).

Тема 7. Операционные усилители (ОУ): инвертирующие и неинвертирующие схемы

Параметры идеального операционного усилителя. Отрицательная обратная связь. Расчет коэффициента усиления суммирующего усилителя для обработки сигналов с нескольких тензодатчиков силы схвата. Инвертирующий и неинвертирующий компараторы для построения системы слежения за напряжением батареи («Battery Monitor»).

Тема 8. Импульсные стабилизаторы напряжения (DC-DC преобразователи) Принципы широтно-импульсной модуляции (ШИМ/PWM). Понижающий (Buck), повышающий (Boost) и инвертирующий (Buck-Boost) преобразователи. Преимущества перед линейными стабилизаторами (LDO) в части КПД для бортовой сети дрона. Понятие о непрерывном и прерывистом режиме тока дросселя. Элементы входного фильтра электромагнитных помех (ЭМП).

3.2. Содержание практического блока дисциплины

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема практического (семинарского, лабораторного) занятия
1	2
ПЗ 1	Тема 1. Анализ цепей постоянного тока: законы Ома и Кирхгофа, методы расчета (контурных токов, узловых потенциалов).

ПЗ 2	Тема 2. Однофазные цепи синусоидального тока: символический метод, комплексное сопротивление (Z_{ZZ}), резонанс напряжений и токов.
ПЗ 3, 4	Тема 3. Трехфазные электрические цепи: схемы соединения «звезда» и «треугольник», расчет симметричных и несимметричных режимов работы промышленных роботов.
ПЗ 5	Тема 4. Магнитные цепи и трансформаторы: законы магнитной цепи, устройство силового и согласующего трансформатора для питания электроники мехатронного модуля.
ПЗ 6, 7	Тема 5. Полупроводниковые приборы: диоды, стабилитроны и тиристоры в схемах выпрямления и коммутации приводов.
ПЗ 8	Тема 6. Усилительные каскады на биполярных (BJT) и полевых ($MOSFET$) транзисторах: классы усиления А, В, АВ.

3.3. Образовательные технологии Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема занятия	Вид учебного занятия	Форма / Методы интерактивного обучения	% учебного времени
1	2	3	4	5
1	Тема 1. Анализ цепей постоянного тока: законы Ома и Кирхгофа, методы расчета (контурных токов, узловых потенциалов).	ПЗ	Метод кейсов	75
2	Тема 2. Однофазные цепи синусоидального тока: символический метод, комплексное сопротивление (Z_{ZZ}), резонанс напряжений и токов.	Л	Лекция-ситуация	25
3	Тема 3. Трехфазные электрические цепи: схемы соединения «звезда» и «треугольник», расчет симметричных и несимметричных режимов работы промышленных роботов.	ПЗ	Метод кейсов	75
4	Тема 4. Магнитные цепи и трансформаторы: законы магнитной цепи, устройство силового и согласующего трансформатора для питания электроники мехатронного модуля.	ПЗ	Мозговой штурм	25
5	Тема 5. Полупроводниковые приборы: диоды, стабилитроны и тиристоры в схемах выпрямления и коммутации приводов.	Л	Мозговой штурм	50
6	Тема 6. Усилительные каскады на биполярных (BJT) и полевых ($MOSFET$) транзисторах: классы усиления А, В, АВ.	ПЗ	Метод кейсов	75
7	Тема 7. Операционные усилители (OU): инвертирующие и неинвертирующие схемы, компараторы и активные фильтры датчиков робототехнических комплексов.	ПЗ	Метод кейсов	75
8	Тема 8. Импульсные стабилизаторы напряжения ($DC-DC$ преобразователи): топологии Buck, Boost и их применение в системах электропитания бортовой аппаратуры БПЛА.	ПЗ	Деловая игра	75
Итого				29,68%

Раздел 4. Организация самостоятельной работы обучающихся
4.1. Организация самостоятельной работы обучающихся

№	Тема дисциплины	№ вопросов	№ рекомендуемой литературы
1	2	3	4
1	Тема 1. Анализ цепей постоянного тока: законы Ома и Кирхгофа, методы расчета (контурных токов, узловых потенциалов).	1, 2	1, 3, 5
2	Тема 2. Однофазные цепи синусоидального тока: символический метод, комплексное сопротивление (Z), резонанс напряжений и токов.	3, 4, 5, 6	1, 3, 5
3	Тема 3. Трехфазные электрические цепи: схемы соединения «звезда» и «треугольник», расчет симметричных и несимметричных режимов работы промышленных роботов.	7, 8, 9	3, 4, 5
4	Тема 4. Магнитные цепи и трансформаторы: законы магнитной цепи, устройство силового и согласующего трансформатора для питания электроники мехатронного модуля.	10, 11, 12, 13	2, 3, 4, 5
5	Тема 5. Полупроводниковые приборы: диоды, стабилитроны и тиристоры в схемах выпрямления и коммутации приводов.	14, 15, 16	3, 4, 5
6	Тема 6. Усилительные каскады на биполярных (BJT) и полевых ($MOSFET$) транзисторах: классы усиления А, В, АВ.	17, 18	2, 3, 5
7	Тема 7. Операционные усилители (OU): инвертирующие и неинвертирующие схемы, компараторы и активные фильтры датчиков робототехнических комплексов.	19-25	1, 3, 5
8	Тема 8. Импульсные стабилизаторы напряжения ($DC-DC$ преобразователи): топологии Buck, Boost и их применение в системах электропитания бортовой аппаратуры БПЛА.	26, 27, 28	2, 3, 5, 6

Перечень вопросов, выносимых на самостоятельную работу обучающихся

1. Переходные процессы в цепях с одним накопителем энергии: классический и операторный методы расчета заряда конденсатора емкостного датчика касания при подаче напряжения.

2. Явление резонанса в радиочастотных цепях беспроводных зарядных станций для сервисных роботов: расчет добротности контура и полосы пропускания.

3. Анализ несимметричных режимов работы трехфазного асинхронного привода мобильной платформы при обрыве фазы методом симметричных составляющих.

4. Сверхпроводниковые магнитные накопители энергии ($SMES$): физические принципы, криогенные системы и перспективы применения для импульсных приводов тяжелых манипуляторов.

5. Применение ферритовых помехоподавляющих фильтров (синфазных дросселей) на линиях передачи данных энкодеров высокоскоростных шпинделей станков с ЧПУ.

6. Полевые транзисторы с управляющим р-п переходом ($JFET$) как управляемые напряжением сопротивления в схемах автоматической регулировки усиления микрофонов гуманоидных роботов.

7. Генераторы гармонических колебаний на мосте Вина: условия самовозбуждения, баланс амплитуд и фаз, применение в аудио-тракте человеко-машинного интерфейса.

8. Активные фильтры второго порядка на операционных усилителях (фильтры Саллена-Ки): расчет частоты среза и крутизны спада АЧХ для очистки сигнала вибродатчиков от сетевой наводки 50 Гц.

9. Источники опорного напряжения (*IОН/Bandgap Reference*): принцип температурной компенсации $V_{be}V_{be}$ для обеспечения точности аналого-цифрового преобразования во встраиваемых системах.

10. Топологии корректоров коэффициента мощности (*PFC/PKM*) в блоках питания серверов управления роем дронов: критический режим проводимости (*CrM*) против режима непрерывного тока (*CCM*).

11. Тепловой расчет силовых каскадов драйверов двигателей: построение эквивалентной тепловой схемы «кристалл-корпус-радиатор-среда» и выбор площади охлаждения для IGBT-модулей.

12. Защита электронных цепей от электростатического разряда (*ESD*) и импульсных перенапряжений: использование TVS-диодов (супрессоров) и газовых разрядников в портах связи RS-485.

13. Магнитострикционные датчики линейных перемещений: физика эффекта Видемана, формирование и обработка ультразвукового импульса в волноводе для позиционирования тяжелых порталных роботов.

14. Особенности проектирования низкотемпературной электроники для марсоходов и лунных баз: изменение характеристик полупроводников и электролитических конденсаторов при $-150^{\circ}\text{C}-150^{\circ}\text{C}$.

15. Беспроводная передача энергии посредством резонансно-связанных катушек (*WPT*): связь между взаимной индуктивностью, расстоянием между передатчиком и приемником и КПД зарядки домашнего помощника.

4.2. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся обеспечивается следующими учебно-методическими материалами:

1. Указаниями в рабочей программе по дисциплине (п.4.1.)
2. Лекционные материалы в составе УМК по дисциплине
3. Заданиями и методическими рекомендациями по организации самостоятельной работы обучающихся в составе УМК по дисциплине.
4. Глоссарием по дисциплине в составе УМК по дисциплине.

Раздел 5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся

Фонд оценочных средств по дисциплине представляет собой совокупность контролируемых материалов, предназначенных для измерения уровня достижения обучающимися установленных результатов образовательной программы. ФОС по дисциплине используется при проведении оперативного контроля и промежуточной аттестации обучающихся. Требования к структуре и содержанию ФОС дисциплины регламентируются Положением о фонде оценочных материалов по программам высшего образования – программам бакалавриата, магистратуры.

5.1. Паспорт фонда оценочных средств Очная форма обучения (полный срок)

№	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Оценочные средства			
		Л	ПЗ (ЛЗ, СЗ)	СРО	Код индикатора и дескриптора достижения компетенций
1	2	3	4	5	6
1	Тема 1. Анализ цепей постоянного тока: законы Ома и Кирхгофа, методы расчета (контурных токов, узловых потенциалов).	УО		ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
2	Тема 2. Однофазные цепи синусоидального тока: символический метод, комплексное сопротивление (ZZZ), резонанс напряжений и токов.	УО	КМ	ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
3	Тема 3. Трехфазные электрические цепи: схемы соединения «звезда» и «треугольник», расчет симметричных и несимметричных режимов работы промышленных роботов.	ЛС	МШ	ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
4	Тема 4. Магнитные цепи и трансформаторы: законы магнитной цепи, устройство силового и согласующего трансформатора для питания электроники мехатронного модуля.	УО	КМ	ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
5	Тема 5. Полупроводниковые приборы: диоды, стабилитроны и тиристоры в схемах выпрямления и коммутации приводов.	УО	МШ	ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
6	Тема 6. Усилительные каскады на биполярных (BJT) и полевых (MOSFET) транзисторах: классы усиления А, В, АВ.	УО		ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2
7	Тема 7. Операционные усилители (ОУ): инвертирующие и неинвертирующие схемы, компараторы и активные фильтры датчиков робототехнических комплексов.	УО	КМ	ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1

					ИД-6 ОПК-1.2
8	Тема 8. Импульсные стабилизаторы напряжения (<i>DC-DC преобразователи</i>): топологии Buck, Boost и их применение в системах электропитания бортовой аппаратуры БПЛА.	УО	ДИ	ПРВ	ИД-1 ОПК-1.1 ИД-2 ОПК-1.2 ИД-3 ОПК-1.1 ИД-4 ОПК-1.2 ИД-5 ОПК-1.1 ИД-6 ОПК-1.2

Условные обозначения оценочных средств (Столбцы 3, 4, 5):

УО – устный (фронтальный, индивидуальный, комбинированный) опрос;

ПРВ – проверка рефератов, отчетов, рецензий, аннотаций, конспектов, графического материала, эссе, переводов, решений заданий, выполненных заданий в электронном виде и т.д.;

МШ – Метод мозгового штурма;

КМ – Кейс-метод;

ДИ – Деловая игра;

ЛС – Лекция-ситуация.

5.2. Оценочные средства текущего контроля

Перечень практических (семинарских) заданий

Задачи

1. **Расчет сложной цепи постоянного тока.** Для питания сенсорного узла робота собрана мостовая схема (схема Уитстона). Зная номиналы четырех резисторов и напряжение источника 24 В, составьте систему уравнений по законам Кирхгофа и определите ток в измерительной диагонали моста.

2. **Исследование резонансных явлений.** Рассчитайте емкость конденсатора, которую необходимо подключить параллельно индуктивной нагрузке (обмотке реле) мощностью 100 Вт с $\cos \varphi = 0,6$, чтобы повысить коэффициент мощности установки до 0,95 при частоте сети 50 Гц.

3. **Анализ трехфазной цепи «звезда-звезда».** Для асинхронного привода мобильного робота, соединенного звездой, задана симметричная система фазных ЭДС и комплексное сопротивление фазы. Определите линейные токи и показания приборов в нейтральном проводе при его наличии и обрыве.

4. **Построение внешней характеристики трансформатора.** По заданным параметрам опыта холостого хода и короткого замыкания силового трансформатора блока питания постройте внешнюю характеристику $U_2 = f(I_2)$ и определите процентное изменение напряжения при переходе от холостого хода к номинальной нагрузке сервопривода.

5. **Расчет выпрямителя с фильтром.** Спроектируйте однополупериодный выпрямитель для зарядки бортового аккумулятора дрона. Подберите параметры диода (средний ток, обратное напряжение) и сглаживающего LC-фильтра так, чтобы амплитуда пульсаций не превышала 5% от выходного напряжения.

6. **Определение h-параметров транзистора.** По заданным входным и выходным характеристикам биполярного транзистора (*BJT*) в схеме с общим эмиттером рассчитайте сопротивления входа (h_{11}), обратной связи (h_{12}) и передачи тока (h_{21}) для рабочей точки $I_b = 20 \mu A$.

7. **Проектирование усилительного каскада на MOSFET.** Выберите точку покоя (*Q-point*) полевого транзистора с управляющим p-n переходом (*JFET*) для работы в классе А. Рассчитайте сопротивления делителя смещения истока и стока для обеспечения усиления сигнала датчика деформации по напряжению $K_u = 10$.

8. **Синтез схемы на операционном усилителе.** Разработайте схему суммирующего усилителя на ОУ, который формирует сигнал ошибки управления как разность между опорным напряжением 2,5 В и сигналом обратной связи с потенциометра (диапазон 0–5 В).

9. **Расчет активного фильтра нижних частот.** Используя стандартные таблицы фильтров Баттерворта, рассчитайте номиналы резисторов и конденсаторов для активного ФНЧ 3-го порядка на базе ОУ с частотой среза 1 кГц для очистки сигнала энкодера от высокочастотных помех.

10. **Анализ работы автогенератора гармонических колебаний.** Исследуйте условия самовозбуждения RC-генератора на мосте Вина. Определите минимально необходимый коэффициент усиления неинвертирующего усилителя на ОУ для поддержания незатухающих колебаний амплитудой 1 В.

11. **Моделирование импульсного преобразователя (Buck Converter).** Для понижения напряжения с литий-ионного аккумулятора (12 В) до логических уровней (3,3 В) рассчитайте минимальную индуктивность дросселя и емкость выходного конденсатора понижающего ключа, работающего на частоте 500 кГц при токе нагрузки 2 А.

12. **Тепловой расчет радиатора.** IGBT-модуль драйвера мощного привода выделяет потери 40 Вт. При заданном тепловом сопротивлении кристалл-корпус и корпус-радиатор, рассчитайте требуемое тепловое сопротивление радиатор-среда, чтобы температура перехода не превысила 125°C при температуре цеха 40°C.

13. **Защита линии связи от перенапряжений.** На линии интерфейса RS-485 длиной 100 метров возможны наводки до 500 В. Подберите тип и параметры TVS-диода (супрессора), способного ограничить напряжение на входе микросхемы приемопередатчика уровнем ниже ее пробивного (12 В), и рассчитайте ток через защитный элемент в момент импульса.

14. **Измерение параметров катушки индуктивности.** Составьте схему эксперимента для определения неизвестной индуктивности LLL и добротности QQQ катушки на переменном токе методом амперметра-вольтметра-ваттметра при двух различных частотах (1 кГц и 10 кГц).

15. **Переходный процесс в RL-цепи привода контактора.** При отключении обмотки электромагнитного реле (индуктивность 0,5 Гн, сопротивление 50 Ом), питающегося от 24 В, параллельно ему подключен обратный диод. Рассчитайте время полного затухания тока в контуре и энергию, рассеиваемую на активном сопротивлении.

5.3. Тематика письменных работ обучающихся

Рефераты по выбранным темам выполняются в письменной форме обучающимися всех форм обучения. Учебно-методические материалы, необходимые для выполнения работ, а также примерная тематика рефератов содержатся в УМК по дисциплине.

1. Сверхпроводящие магнитные накопители энергии (SMES): физические принципы работы, системы криогенного охлаждения и перспективы применения для импульсных приводов тяжелых промышленных манипуляторов.

2. Анализ переходных процессов в цепях с распределенными параметрами (длинных линиях связи) при передаче высокочастотных управляющих сигналов внутри мобильных роботов.

3. Методы активной компенсации реактивной мощности в сетях питания роботизированных ячеек: принцип работы статических тиристорных компенсаторов (CTK/SVC) на уровне цеха.

4. Ферромагнитный резонанс и потери на гистерезис в трансформаторах высокой частоты для бортовых зарядных устройств беспилотников: выбор аморфных и нанокристаллических сплавов сердечника.

5. Силовые карбид-кремниевые (SiC) и нитрид-галлиевые (GaN) транзисторы в драйверах тяговых электромобилей и тяжелых колесных роботов: преимущества по КПД и плотности мощности перед кремнием (Si).

6. Топологии корректоров коэффициента мощности (PFC/PKM) в блоках питания серверов управления роем дронов: сравнительный анализ схем повышающего преобразователя в режимах непрерывного и критического тока.

7. Магнитострикционные датчики линейных перемещений: физика эффекта Видемана, формирование ультразвукового импульса в волноводе и методы цифровой обработки сигнала для позиционирования порталных станков.

8. Принципы построения систем бесперебойного питания (UPS) для ответственной электроники медицинских роботов-хирургов: двойное преобразование (Online) против интерактивных схем.

9. Эффект Ганна и лавинно-пролетные диоды (IMPATT, TRAPATT): генерация сверхвысокочастотных колебаний в миллиметровом диапазоне для радаров малой дальности автономных автомобилей.

10. Особенности проектирования низкотемпературной электроники для марсоходов и лунных баз: изменение подвижности носителей заряда в полупроводниках и поведение электролитических конденсаторов при -150°C – 150°C .
11. Беспроводная передача энергии посредством резонансно-связанных катушек (*WPT*): математическая модель связи между взаимной индуктивностью, расстоянием и КПД зарядки сервисных роботов-пылесосов.
12. Электромагнитная совместимость (*ЭМС*) силовых частотно-регулируемых приводов: механизмы возникновения синфазных и дифференциальных помех, проектирование входных *EMI*-фильтров.
13. Операционные усилители с токовой обратной связью (*CFA*) против усилителей с напряжением обратной связи (*VFA*): скоростные ограничения (*slew rate*) и их влияние на качество воспроизведения видеосигнала в системах технического зрения.
14. Защита электронных цепей от электростатического разряда (*ESD*) и импульсных перенапряжений: физика работы TVS-диодов (супрессоров), газовых разрядников и полимерных защитных элементов (*PPTC*) в портах связи *RS-485*.
15. Поведенческое моделирование нелинейных искажений в аудиоусилителях класса *D*: использование широтно-импульсной модуляции (*ШИМ*) и методов цифровой коррекции ошибок выходного каскада для снижения электромагнитного излучения кабелей динамиков гуманоидных роботов.

5.4. Перечень вопросов промежуточной аттестации по дисциплине

Список вопросов для зачета

1. Законы Ома и Кирхгофа для цепей постоянного тока. Баланс мощностей в электрической цепи.
2. Методы расчета линейных электрических цепей: метод контурных токов и метод узловых потенциалов.
3. Эквивалентные преобразования схем: эквивалентный генератор (теорема об активном двухполюснике), преобразование «звезда-треугольник».
4. Синусоидальный ток и напряжение: действующее, среднее и амплитудное значения. Представление величин комплексными числами.
5. Элементы R , L , C в цепях синусоидального тока: сопротивления, проводимости, временные и векторные диаграммы.
6. Комплексный метод расчета цепей переменного тока. Символический закон Ома. Треугольники напряжений и мощностей.
7. Резонанс в электрических цепях: резонанс напряжений в последовательном контуре и резонанс токов в параллельном контуре. Добротность контура.
8. Мощности в цепях переменного тока: активная, реактивная и полная мощность. Коэффициент мощности ($\cos \varphi$) и способы его повышения.
9. Трехфазные цепи: схемы соединения обмоток генератора и приемника «звездой». Соотношения между фазными и линейными величинами.
10. Трехфазные цепи: схема соединения «треугольником». Режимы работы трехфазной цепи при несимметричной нагрузке.
11. Магнитные цепи: законы магнитной цепи (закон полного тока, закон Ома для магнитной цепи). Аналогия с электрическими цепями.
12. Трансформаторы: устройство, принцип действия, уравнения электрического состояния и уравнение магнитного равновесия.
13. Режимы работы трансформатора: холостой ход и короткое замыкание. Внешняя характеристика и КПД трансформатора.
14. Полупроводниковые диоды: p - n переход, вольт-амперная характеристика (*ВАХ*), параметры. Выпрямительные схемы (однополупериодная, мостовая).
15. Стабилитроны, тиристоры и симисторы: принципы работы, *ВАХ*, применение в стабилизаторах напряжения и силовых ключах приводов.
16. Биполярные транзисторы (*BJT*): типы (pnp , nnp), режимы работы (отсечки, насыщения, активный), статические характеристики.

17. Усилительные каскады на биполярных транзисторах: схемы включения (ОЭ, ОК, ОБ), выбор рабочей точки, температурная стабилизация.
18. Полевые транзисторы (*MOSFET/JFET*): устройство, классификация, преимущества перед *VJT*. Применение в качестве ключей инверторов.
19. Операционные усилители (*ОУ*): параметры идеального *ОУ*. Инвертирующий, неинвертирующий и дифференциальный усилители.
20. Применение *ОУ*: компараторы, активные *RC*-фильтры нижних и верхних частот, генераторы гармонических колебаний (мост Вина).
21. Автогенераторы: условия самовозбуждения (баланс амплитуд и фаз). Типы *LC* и *RC* генераторов.
22. Импульсные сигналы: формы импульсов, параметры (длительность, фронт, спад). Спектральный анализ периодической последовательности импульсов.
23. Выпрямители источников питания: сглаживающие фильтры (*C, L, LC, RC*). Внешние характеристики выпрямителей.
24. Импульсные стабилизаторы напряжения (*DC-DC*): понижающий (*Buck*) и повышающий (*Boost*) преобразователи. Принцип *ШИМ* управления.
25. Линии связи и электромагнитная совместимость (*ЭМС*): согласование волновых сопротивлений, влияние помех на линии передачи данных энкодеров (*RS-485, CAN*).

Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами)

1. Закрытого типа с одним верным вариантом ответа (5 вопросов)

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Какое физическое явление лежит в основе работы конденсатора как накопителя энергии? а) Протекание тока через полупроводниковый переход; б) Создание магнитного поля вокруг проводника; в) Накопление заряда на обкладках электрического поля; г) Механическая деформация пьезоэлемента. **Правильный ответ: в)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Какой закон описывает падение напряжения на участке цепи, содержащем только идеальный резистор *RRR*? а) Закон Ампера; б) Закон Джоуля-Ленца; в) Первый закон Кирхгофа; г) Закон Ома для участка цепи ($U=I \cdot R$ $RU=I \cdot R$). **Правильный ответ: г)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. В каком режиме работает биполярный транзистор (*VJT*) в ключевом инверторе управления светодиодом, когда он полностью открыт и пропускает максимальный ток? а) Режим отсечки; б) Активный режим; в) Режим насыщения; г) Пробой перехода. **Правильный ответ: в)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Что произойдет с общим сопротивлением цепи при последовательном подключении еще одного резистора? а) Общее сопротивление уменьшится; б) Общее сопротивление увеличится; в) Общее сопротивление не изменится; г) Напряжение источника станет равным нулю. **Правильный ответ: б)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Как называется устройство, преобразующее постоянный ток низкого напряжения в переменный ток высокого напряжения для питания подсветки дисплея робота? а) Понижающий трансформатор; б) Инвертор; в) Выпрямитель; г) Стабилизатор линейный (*LDO*). **Правильный ответ: б)**

2. Закрытого типа с двумя верными вариантами ответа (5 вопросов)

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Какие из перечисленных элементов являются пассивными компонентами электрической цепи? а) Операционный усилитель; б) Резистор; в) Транзистор; г) Конденсатор. **Правильный ответ: б), г)**

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. При каких условиях в последовательной *RLC*-цепи наступает резонанс напряжений? а) Когда индуктивное сопротивление равно емкостному ($\omega L=1/\omega C$ $\omega L = 1/\omega C$ $\omega L=1/\omega C$); б) Когда активное сопротивление равно нулю; в) Когда частота источника совпадает с собственной частотой контура; г) Когда ток отстает от напряжения ровно на 90 градусов. **Правильный ответ: а), в)**

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Какие характеристики определяют выбор диода для выпрямления сетевого напряжения 220 В 50 Гц? а) Максимальный

прямой средний ток; б) Емкость р-п перехода; в) Максимальное обратное пиковое напряжение; г) Цвет корпуса. **Правильный ответ: а), в)**

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Какие схемы включения полевого транзистора (MOSFET) используются в драйверах двигателей постоянного тока? а) Истоковый повторитель; б) Ключевой режим (On/Off) в верхнем или нижнем плече моста; в) Линейный усилитель класса А; г) Дифференциальная пара. **Правильный ответ: а), б)**

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Какие параметры характеризуют качество операционного усилителя для использования в прецизионных датчиках? а) Входной ток смещения; б) Скорость нарастания выходного напряжения (Slew Rate); в) Коэффициент усиления без обратной связи; г) Масса корпуса. **Правильный ответ: а), в)**

3. На установление последовательности (5 вопросов)

Укажите правильную последовательность этапов преобразования энергии в импульсном блоке питания (SMPS) корректора коэффициента мощности:

1. Высокочастотное переключение транзисторов;
2. Выпрямление входного переменного тока диодным мостом;
3. Фильтрация высокочастотных пульсаций на выходе;
4. Коррекция формы потребляемого тока до синусоидальной (PFC). **Правильный**

ответ: 2-4-1-3

Укажите правильную последовательность протекания тока в трехфазном мостовом выпрямителе (Ларионова) за один период, начиная с фазы А максимального положительного значения:

1. Ток течет из фазы А в фазу В;
2. Ток течет из фазы А в фазу С;
3. Ток течет из фазы В в фазу С;
4. Ток течет из фазы В в фазу А. **Правильный ответ: 2-1-3-4**

Укажите правильную последовательность действий при расчете тока методом эквивалентного генератора:

1. Определение ЭДС холостого хода между разомкнутыми зажимами;
2. Удаление нагрузки из ветви, где ищется ток;
3. Расчет внутреннего сопротивления двухполюсника;
4. Подключение нагрузки к полученной простой схеме. **Правильный ответ: 2-1-3-4**

Укажите правильную последовательность зон вольт-амперной характеристики (ВАХ) стабилитрона при увеличении обратного напряжения:

1. Участок теплового пробоя (стабилизация);
2. Участок малых токов утечки;
3. Участок электрического лавинного пробоя. **Правильный ответ: 2-3-1**

Укажите правильную последовательность передачи сигнала в системе управления сервоприводом:

1. Усиление мощности драйвером затвора;
2. Формирование ШИМ-сигнала микроконтроллером;
3. Поступательное движение ротора двигателя;
4. Компараторная обработка аналогового сигнала датчика положения. **Правильный**

ответ: 4-2-1-3

4. На установление соответствия (5 вопросов)

Установите соответствие между законом электротехники и его формулировкой:

А) Первый закон Кирхгофа	1) Алгебраическая сумма падений напряжений в замкнутом контуре равна алгебраической сумме ЭДС
Б) Второй закон Кирхгофа	2) Алгебраическая сумма токов в узле равна нулю
В) Закон Ома для полной цепи	3) Сила тока прямо пропорциональна напряжению и обратно пропорциональна сопротивлению
Г) Закон Ома для участка	4) Ток равен отношению ЭДС к сумме внешнего и внутреннего сопротивлений

Правильный ответ: А – 2, Б – 1, В – 4, Г – 3

Установите соответствие между типом фильтра и его назначением по частотному составу:

А) ФНЧ	1) Пропускает полосу частот от f_1 до f_2
Б) ФВЧ	2) Пропускает частоты ниже заданной границы среза
В) Полосовой	3) Пропускает частоты выше заданной границы среза
Г) Режекторный	4) Подавляет узкую полосу частот (заграждающий)

Правильный ответ: А – 2, Б – 3, В – 1, Г – 4

5. Открытого типа с одним-двумя словами (2 вопроса)

Прочитайте текст и запишите правильный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы. Отношение действующего значения синусоидального напряжения к его амплитудному значению — это **коэффициент амплитуды** (или $1/\sqrt{2} \approx 0,707$, но терминологически верно «коэффициент амплитуды» относится к обратной величине, правильным ответом здесь будет связь). **Правильный ответ:** действующий (имеется в виду вид значения) или **0,707**. Более точный ответ согласно учебникам: **действующий**.

Прочитайте текст и запишите правильный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы. Устройство, предназначенное для накопления энергии магнитного поля при протекании через него тока, называется **катушка индуктивности** (или **дроссель**). **Правильный ответ:** катушка индуктивности

6. Открытого типа с определением понятия (расширенный ответ) (3 вопроса)

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы: дайте определение понятию электрический фильтр — это ... **Правильный ответ:** частотно-избирательная цепь, предназначенная для выделения полезного сигнала в определенной полосе частот и подавления нежелательных сигналов (помех) вне этой полосы.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы: дайте определение понятию широтно-импульсная модуляция — это ... **Правильный ответ:** метод управления средней мощностью, подводимой к нагрузке, путем изменения длительности импульсов при постоянной частоте их следования; отношение времени включенного состояния к периоду называется коэффициентом заполнения.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. Ответ следует записать с маленькой буквы: дайте определение понятию добротность колебательного контура — это ... **Правильный ответ:** энергетическая характеристика резонансной системы, определяющая ширину резонансной кривую и остроту пика; численно равна отношению запасенной энергии к энергии, теряемой за один период колебаний.

Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

7.1. Основная литература

1. Кузовкин, В. А. Электротехника и электроника : учебник для вузов / В. А. Кузовкин, В. В. Филатов. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 416 с. — ISBN 978-5-534-20473-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/559962> (дата обращения: 07.08.2026).

2. Иванов, И. И. Электротехника и основы электроники : учебник для вузов / И. И. Иванов, Г. И. Соловьев, В. Я. Фролов. — Санкт-Петербург : Издательство Лань, 2024. — 736 с. — ISBN 978-5-507-47596-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система Лань [сайт]. — URL: <https://lanbook.com/catalog/energetika/elektrotehnika-i-osnovy-elektroniki/> (дата обращения: 07.08.2026).

7.2. Дополнительная литература

3. Покотило, С. А. Электротехника и электроника : учебник / С. А. Покотило. — Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2026. — 208 с. — ISBN 978-5-9729-2694-7. — Текст : электронный // Инфра-Инженерия [сайт]. — URL: <https://infra-e.ru/products/978-5-9729-2694-7> (дата обращения: 07.08.2026).

4. Скорняков, В. А. Общая электротехника и электроника : учебник для СПО / В. А. Скорняков, В. Я. Фролов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Издательство Лань, 2025. — 176 с. — ISBN 978-5-507-52965-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система Лань [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/463037> (дата обращения: 07.08.2026).

5. Гальперин, М. В. Электротехника и электроника : учебник / М. В. Гальперин. — 2-е изд. — Москва : ИНФРА-М, 2026. — 480 с. — ISBN 978-5-16-021322-4. — Текст : электронный // ЭБС Znanium [сайт]. — URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2221919> (дата обращения: 07.08.2026).

7.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Электронно-библиотечная система -Цифровой образовательный ресурс IPR SMART – электронная библиотека по всем отраслям знаний [Электронный ресурс]. – URL:
2. <http://www.iprbookshop.ru>
3. Справочник математических формул <http://www.pm298.ru/>
4. Каталог ГОСТов - <https://snip.ruscable.ru/>
5. <http://www.consultant.ru/>— Консультант Плюс
6. <http://www.garant.ru/>— Гарант
7. Программное обеспечение для организации конференции.

Раздел 8. Материально-техническая база и информационные технологии

8.1. Учебные аудитории для проведения лекционных и практических занятий (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся всех направлений подготовки).

Учебная аудитория оборудована:

- Стол для преподавателя
- Стул для преподавателя
- Столы для обучающихся
- Стулья для обучающихся
- Пробковая доска
- Моноблок для преподавателя с выходом в интернет
- ЖК панель
- Компьютеры для обучающихся с выходом в интернет
- Виртуальный лабораторный стенд «Электрические цепи» на 20 рабочих мест;
- Виртуальный лабораторный стенд «Электротехника и основы электроники» ТС-ЭТиОЭ2-ЛС на 16 рабочих мест
- Виртуальный лабораторный стенд «Автоматика на основе программируемого реле» на 20 рабочих мест
- Виртуальный лабораторный стенд «Автоматика на основе программируемого контроллера» на 20 рабочих мест
- Виртуальный лабораторный стенд «Цифровая и микропроцессорная техника» на 20 рабочих мест
- Набор учебно-методических материалов к разделу «Электротехника и электроника» (плакаты, презентации).

8.2. Помещение для самостоятельной работы обучающихся (помещение общего пользования с подключением к системам телекоммуникации и с обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду (доступ в сеть Интернет, Wi-Fi, глобальные поисковые системы, электронная почта и т.д.)

Специализированная мебель и технические средства обучения:

- Стол для преподавателя
- Стул для преподавателя
- Столы для обучающихся
- Стулья для обучающихся
- Компьютеры для преподавателя с выходом в интернет
- Компьютеры для обучающихся выходом в интернет
- ПО: MS Office, Яндекс браузер
- Цифровой образовательный ресурс IPR SMART
- доступ в ЭИОС.

Раздел 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины «**Электротехника и электроника**» можно построить в соответствии со списком вопросов для подготовки к экзамену. Для эффективного изучения курса рекомендуется следующий порядок:

Сначала изучаются теоретические вопросы по соответствующей теме с проработкой как конспектов лекций, так и учебников. **Лекции** дают систематизированные основы научных знаний по соответствующей теме, концентрируют внимание на наиболее сложных узловых вопросах. Особое внимание следует обратить на **понимание смысла** основных понятий, определений. Затем нужно самостоятельно **подробно разобрать типовые примеры**, выясняя в деталях **практическое значение выученного теоретического материала**.

Добросовестное изучение всего материала, заключённого в лекциях, практических занятиях и домашних заданиях, гарантирует каждому обучающемуся успешные результаты на экзаменах. Для подготовки к экзамену необходимо, прежде всего, по лекциям и учебникам повторить и систематизировать весь теоретический материал, изученный в семестре.

При ответе на теоретические вопросы на экзамене следует привести необходимые определения, формулировку и примеры. Решение задач (если они есть в билете) следует излагать подробно и аккуратно, объясняя и мотивируя все действия по ходу решения.

Во время экзамена требуется иметь калькулятор для выполнения расчетных заданий.

Не забудьте обратить внимание на применение рассматриваемых вопросов и задач в будущей профессиональной деятельности. Понимание необходимости и возможности такого применения оценивается на экзамене очень высоко.

Учебно-методическое издание

Рабочая программа учебной дисциплины

Электротехника и электроника

*(Наименование дисциплины в соответствии с учебным
планом)*

Николаев Юрий Николаевич

(Фамилия, Имя, Отчество составителя)