

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»

ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНИЗАЦИИ

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета
механизации

доцент А. А. Титученко

15 апреля 2021 г.



Рабочая программа дисциплины

Электрооборудование технических средств АПК

Специальность

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

Специализация № 3

**Технические средства агропромышленного комплекса
(программа специалитета)**

Уровень высшего образования

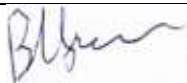
Специалитет

Форма обучения

Очная

**Краснодар
2021**

Рабочая программа дисциплины «Электрооборудование технических средств АПК» разработана на основе ФГОС ВО 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства» утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ 11 августа 2016 г. № 1022.

Автор:			В. В. Цыбулевский
к.т.н., доцент			

Рабочая программа обсуждена и рекомендована к утверждению решением тракторов, автомобилей и технической механики от 06 апреля 2021 г., протокол № 8.

Заведующий кафедрой
д-р техн. наук, профессор



В.С. Курасов

Рабочая программа одобрена на заседании методической комиссии факультета механизации, протокол № 8 от 08.04.2021 г.

Председатель
методической комиссии
д-р техн. наук, профессор



В.Ю. Фролов

Руководитель
основной профессиональной
образовательной программы
д-р техн. наук, профессор



В.С. Курасов

1 Цель и задачи освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины Б1.Б.25.10 «Электрооборудование технических средств» является формирование комплекса знаний в области конструкции, диагностике, регулировке, техническому обслуживанию электрооборудования и электронных систем управления, активной безопасности технических средств АПК.

Задачи

—сформировать знания в области конструкции электронного и электрооборудования технических средств

—научить проводить техническую диагностику электронного и электрооборудования технических средств

2 Перечень планируемых результатов по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

ОПК-4 — способностью к самообразованию и использованию в практической деятельности новых знаний и умений, в том числе в областях знаний, непосредственно не связанных со сферой профессиональной деятельности;

ПСК-3.20 - способностью проводить стандартные испытания технических средств АПК как механических систем и оценку их агрозоотехнических показателей;

3 Место дисциплины в структуре ОПОП специалитета

«Электрооборудование технических средств АПК» является базовой дисциплиной профессионального цикла ОПОП подготовки обучающихся по специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства», специализация «Технические средства агропромышленного комплекса».

4 Объем дисциплины(144 часов, 4 зачетные единицы)

Виды учебной работы	Объем, часов	
	Очная	Заочная
Контактная работа в том числе:	75	
— аудиторная по видам учебных занятий	72	—
— лекции	38	—
— лабораторные	34	—
— внеаудиторная	3	—
— зачет	—	—
— экзамен	3	—
— защита курсовых работ (проектов)	—	—
Самостоятельная работа в том числе:	69	—
— курсовая работа (проект)	—	—
— прочие виды самостоя- тельной работы	69	—
Итого по дисциплине	144	—

5 Содержание дисциплины

По итогам изучаемого курса студенты сдают экзамен.
Дисциплина изучается на 3 курсе, в 6 семестре.

Содержание и структура дисциплины по очной форме обучения

№ п/п	Наименование темы с указанием основных вопросов	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость(в часах)		
				Лекции	Практические занятия (лабораторные занятия)	Самостоятельная работа
1	<i>Общая характеристика электрооборудования технических средств АПК.</i> Основные тенденции развития автомобильного электрооборудования и электроники. Основные технические требования предъявляемые к автотракторному электрооборудованию и электронике при их эксплуатации. Маркировка изделий автотракторного оборудования.	ОПК-4 ПСК-3.20	6	2		4
2	<i>Система энергоснабжения. Аккумуляторные батареи.</i> Классификация аккумуляторных батарей, условия их работы, устройство батареи: положительные и отрицательные пластины, электролит, сепараторы, моноблоки, крышки, пробки. Размещение батарей на технических средствах. Условные обозначения батарей.	ОПК-4 ПСК-3.20	6	2	(2)	4
3	<i>Система энергоснабжения. Генераторы переменного тока</i> Генераторы переменного тока, типы, устройство, принцип действия, особенности конструкции, основные неисправности. Схемы и типы выпрямительных блоков. Преимущество и недостатки генераторов переменного тока. Токоскоростная характеристика генератора.	ОПК-4 ПСК-3.20	6	2	(2)	4
4	<i>Регуляторы напряжения бортовой сети технических средств АПК.</i> Принцип автоматического регулирования напряжения вырабатываемого генератором. Типы реле-регуляторов. Устройство, работа, основные неисправности.	ОПК-4 ПСК-3.20	6	2	(2)	4

№ п/п	Наименование темы с указанием основных вопросов	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость(в часах)		
				Лекции	Практические занятия (лабораторные занятия)	Самостоятельная работа
5	<i>Системы электростартерного пуска поршневого двигателя технических средств АПК.</i> Двигатели постоянного тока. Основные характеристики. Принцип работы электростартера. Устройство электростартеров. Основные неисправности системы пуска двигателя	ОПК-4 ПСК-3.20	6	2	(2)	4
6	<i>Системы зажигания технических средств АПК.</i> Назначение и классификация систем зажигания. Требования к системе зажигания и ее основные параметры. Катушки зажигания, назначение, принцип действия, основные неисправности. Распределители зажигания. Характеристики центробежного и вакуумного регуляторов ушла опережения зажигания (УОЗ). Микропроцессорная система зажигания (МПСЗ), принцип действия, структурная схема	ОПК-4 ПСК-3.20	6	2	(2)	6
7	<i>Интеллектуальные бортовые системы технических средств АПК.</i> История развития бортовых систем автотранспортных средств. Электронные и микропроцессорные системы автомобиля. Классификация бортовых систем АТС. Перспективы развития интеллектуальных бортовых систем автотранспортных средств.	ОПК-4 ПСК-3.20	6	2	(2)	4
8	<i>Системы впрыска топлива.</i> Электронные системы управления бензиновым двигателем технических средств АПК. Электронные системы непосредственного впрыска топлива в цилиндры дизельного двигателя. Функциональные схемы, преимущества и недостатки. Элек-	ОПК-4 ПСК-3.20	6	4	(4)	6

№ п/п	Наименование темы с указанием основных вопросов	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость(в часах)		
				Лекции	Практические занятия (лабораторные занятия)	Самостоятельная работа
	тронный блок управления (ЭБУ), назначение, устройство, работа. Датчики и исполнительные механизмы и устройства, назначение, работа.					
9	<i>Трансформаторы в технических средствах АПК.</i> Классификация трансформаторов. Основные характеристики. Принцип работы. Измерительные трансформаторы тока.	ОПК-4 ПСК-3.20	6	4	(4)	6
10	<i>Дополнительные электронные системы технических средств АПК.</i> Системы активной безопасности: антиблокировочная система тормозов; антипробуксовочная система; система курсовой устойчивости; система распределения тормозных усилий; система экстренного торможения; система обнаружения пешеходов; электронная блокировка дифференциала. Вспомогательные системы активной безопасности: парковочная система; система кругового обзора; адаптивный круиз-контроль; система аварийного рулевого управления; система помощи движению по полосе; система помощи при перестроении; система ночного видения; система распознавания дорожных знаков; система контроля усталости водителя; система помощи при спуске; система помощи при подъёме; и др.	ОПК-4 ПСК-3.20	6	2	(2)	4
11	<i>Электрические двигатели переменного тока технических средств АПК</i> Асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором. Основные характеристики. Принцип дей-	ОПК-4 ПСК-3.20	6	2	(2)	4

№ п/п	Наименование темы с указанием основных вопросов	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость(в часах)		
				Лекции	Практические занятия (лабораторные занятия)	Самостоятельная работа
	ствия и устройство. Особенности пуска.					
12	<i>Механика и динамика электропривода технических средств АПК.</i> Общие положения. Виды статической нагрузки (активная, реактивная) и механические характеристики рабочих органов производственных механизмов.	ОПК-4 ПСК-3.20	6	2	(2)	3
13	<i>Регулирование скорости электроприводов технических средств АПК.</i> Регулирование скорости электрических двигателей постоянного тока с помощью управляемых выпрямителей. Частотный способ регулирования.	ОПК-4 ПСК-3.20	6	2	(2)	3
14	<i>Пуско-защитная аппаратура технических средств АПК.</i> Принцип работы реле. Магнитные пускатели. Предохранители. Автоматические выключатели. УЗО. Контакторы.	ОПК-4 ПСК-3.20	6	2	(2)	3
15	<i>Типовые звенья схем управления технических средств АПК.</i> Требования к схемам управления технических средств. Реализация схемных решений - пуско-сигнального звена, реверса, работы с датчиками, микроконтроллерное управление, работы с управляемыми реле и контроллерами.	ОПК-4 ПСК-3.20	6	2	(2)	4
16	<i>Методы расчета и выбора электрооборудования технических средств в АПК.</i> Нагрев и охлаждение электрооборудования. Классификация режимов работы электрооборудования. Потери энергии, КПД электрооборудования.	ОПК-4 ПСК-3.20	6	2	(2)	4
17	<i>Электробезопасность при работе с электрооборудованием</i>	ОПК-4 ПСК-	6	2		2

№ п/п	Наименование темы с указанием основных вопросов	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость(в часах)		
				Лекции	Практические занятия (лабораторные занятия)	Самостоятельная работа
	<i>технических средств АПК.</i> Возможные факторы опасности при работе с электрооборудованием. Организационные и технические мероприятия при работе с электрооборудованием технических средств АПК	3.20				
	Экзамен				3	
Итого				38	-/ (34)	72

6 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Литература для самостоятельной работы

1. Электрооборудование ТС АПК: Методические указания для лабораторных работ / А. А. Титученко. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 21 с.–

Режим доступа -

https://edu.kubsau.ru/file.php/115/UP_ENlektrooborudovanie_traktorov_i_avtomobilei.pdf

2 Электрические машины. Асинхронные и синхронные машины. Лабораторный практикум. Чеснок Е.Н., Стрижков И.Г. Режим доступа -

https://edu.kubsau.ru/file.php/124/08_Asinkh._i_sinkhr._mashiny._2013g.pdf

3. Электрооборудование ТС АПК: рабочая тетрадь / А. А. Титученко. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 21 с. Режим доступа -

https://edu.kubsau.ru/file.php/115/Rabochaja_tetrad_po_ENlektrooborudovaniju_TS_APK.pdf

7 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

7.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Номер семестра*	Этапы формирования компетенций по дисциплинам, практикам в процессе освоения ОП
ОПК-4 — способностью к самообразованию и использованию в практической деятельности новых знаний и умений, в том числе в областях знаний, непосредственно не связанных со сферой профессиональной деятельности;	
1	Информатика
4	Технологическая практика
5	Электротехника, электроника и электропривод

Номер семестра*	Этапы формирования компетенций по дисциплинам, практикам в процессе освоения ОП
5	Вычислительная техника и сети в АПК
5	Прикладная физика
6	<i>Электрооборудование технических средств АПК</i>
6	Компьютерная графика
6	IT -технологии
8	Компьютерное конструирование
9	Компьютерная диагностика автомобилей
9	Компьютерная диагностика автотракторных двигателей
9	Технология производства технических средств АПК
10	Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к защите и процедуру защиты
ПСК-3.20 - способностью проводить стандартные испытания технических средств АПК как механических систем и оценку их агро-зоотехнических показателей	
2,3	Организация автомобильных перевозок и безопасность движения
4	Гидравлика
4	Термодинамика и теплопередача
4	Технологическая практика
5	Гидропневмопривод
6	<i>Электрооборудование технических средств АПК</i>
6	Конструкционные и защитно-отделочные материалы
6	Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности
6	Точное земледелие
8	Технологическая практика
8	Статистические методы исследований в агроинженерии
9	Эксплуатационные материалы
9	Гидравлические и пневматические системы технических средств АПК
10	Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к защите и процедуру защиты

*Номер семестра соответствует этапу формирования компетенции

7.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкалы оценивания

Планируемые результаты освоения компетенции	Уровень освоения				Оценочное средство
	неудовлетворительно (минимальный)	удовлетворительно (пороговый)	хорошо (средний)	отлично (высокий)	
ОПК-4 — способностью к самообразованию и использованию в практической деятельности новых знаний и умений, в том числе в областях знаний, непосредственно не связанных со сферой профессиональной деятельности					
Знать: – Методы построения концептуальных, математических и имитационных моделей	Уровень знаний ниже минимальных требований, имели место грубые	Минимально допустимый уровень знаний, допущено много негрубых ошибок в	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, до-	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без	Реферат, задания лабораторных работ, тест

Планируемые результаты освоения компетенции	Уровень освоения				Оценочное средство
	неудовлетворительно (минимальный)	удовлетворительно (пороговый)	хорошо (средний)	отлично (высокий)	
	ошибки в методах построения концептуальных, математических и имитационных моделей	методах построения концептуальных, математических и имитационных моделей	пущено несколько негрубых ошибок в методах построения концептуальных, математических и имитационных моделей	ошибок в методах построения концептуальных, математических и имитационных моделей	
Уметь: – Выполнять технико-экономический анализ проектных, конструкторских и технологических решений для выбора оптимального варианта реализации инноваций, разрабатывать компьютерные модели исследуемых процессов и систем	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имели место грубые ошибки в выполнении технико-экономического анализа проектных, конструкторских и технологических решений для выбора оптимального варианта реализации инноваций, разрабатывать компьютерные модели исследуемых процессов и систем	Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме в выполнении технико-экономического анализа проектных, конструкторских и технологических решений для выбора оптимального варианта реализации инноваций, разрабатывать компьютерные модели исследуемых процессов и систем	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами в выполнении технико-экономического анализа проектных, конструкторских и технологических решений для выбора оптимального варианта реализации инноваций, разрабатывать компьютерные модели исследуемых процессов и систем	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме в выполнении технико-экономического анализа проектных, конструкторских и технологических решений для выбора оптимального варианта реализации инноваций, разрабатывать компьютерные модели исследуемых процессов и систем	Реферат, задания лабораторных работ, тест

Планируемые результаты освоения компетенции	Уровень освоения				Оценочное средство
	неудовлетворительно (минимальный)	удовлетворительно (пороговый)	хорошо (средний)	отлично (высокий)	
			стем	стем	
Владеть: – Участие в формировании и обосновании целей и задач исследований и проектных разработок, изыскательских работ, определении значения и необходимости их проведения, путей и методов их решений	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имели место грубые ошибки в участии в формировании и обосновании целей и задач исследований и проектных разработок, изыскательских работ, определении значения и необходимости их проведения, путей и методов их решений	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами в формировании и обосновании целей и задач исследований и проектных разработок, изыскательских работ, определении значения и необходимости их проведения, путей и методов их решений	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами в формировании и обосновании целей и задач исследований и проектных разработок, изыскательских работ, определении значения и необходимости их проведения, путей и методов их решений	Продемонстрированы навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов формирования и обосновании целей и задач исследований и проектных разработок, изыскательских работ, определении значения и необходимости их проведения, путей и методов их решений	Экзамен
ПСК-3.20 - способностью проводить стандартные испытания технических средств АПК как механических систем и оценку их агро-зоотехнических показателей					
Знать - концепция управления жизненным циклом продукта.	Уровень знаний ниже минимальных требований, имели место грубые ошибки в концепции управления жизненным циклом продукта	Минимально допустимый уровень знаний, допущено много ошибок в концепции управления жизненным циклом продукта	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, допущено несколько негрубых ошибок в концепции управления	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок в концепции управления жизненным циклом продукта	Реферат, задания лабораторных работ, тест

Планируемые результаты освоения компетенции	Уровень освоения				Оценочное средство
	неудовлетворительно (минимальный)	удовлетворительно (пороговый)	хорошо (средний)	отлично (высокий)	
			жизненным циклом продукта		
Уметь - систематизировать инженерные данные с учетом технических требований	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имели место грубые ошибки систематизации инженерных данных с учетом технических требований	Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме систематизации инженерных данных с учетом технических требований	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами систематизации инженерных данных с учетом технических требований	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме систематизации инженерных данных с учетом технических требований	Реферат, лабораторная работа
Владеть - декомпозиция задач на проведение испытаний и исследований АТС и их компонентов;	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имели место грубые ошибки в декомпозиции задач на проведение испытаний и исследований АТС и их компонентов;	Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме в декомпозиции задач на проведение испытаний и исследований АТС и их компонентов;	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами в декомпозиции задач на проведение испытаний и исследований АТС и их компонентов;	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме в декомпозиции задач на проведение испытаний и исследований АТС и их компонентов;	Экзамен

Планируемые результаты освоения компетенции	Уровень освоения				Оценочное средство
	неудовлетворительно (минимальный)	удовлетворительно (пороговый)	хорошо (средний)	отлично (высокий)	
			тов;		

7.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Для текущего контроля

ОПК-4 — способностью к самообразованию и использованию в практической деятельности новых знаний и умений, в том числе в областях знаний, непосредственно не связанных со сферой профессиональной деятельности

ПСК-3.20 - способностью проводить стандартные испытания технических средств АПК как механических систем и оценку их агрозоотехнических показателей

Примеры лабораторных работ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1 Исследование электродвигателя постоянного тока последовательного возбуждения

Цель работы: ознакомление со способами пуска и изменения направления вращения двигателя последовательного возбуждения, а также исследование рабочих, электромеханических и регулировочных свойств путём снятия соответствующих характеристик.

Содержание работы:

- 1.Собрать схему экспериментального исследования двигателя постоянного тока последовательного возбуждения.
- 2.Осуществить пуск и изменить направление вращения двигателя.
- 3.Снять рабочие и электромеханическую характеристики при номинальном напряжении.
- 4.Снять электромеханическую характеристику при введенном в цепь якоря добавочном сопротивлении.
- 5.Снять регулировочные характеристики.
- 6.По данным п.4 построить рабочие характеристики.
7. По данным п.4 и п.5 построить электромеханические характеристики.
8. По данным п.4 и п.5 построить зависимости моментов на валу от тока якоря.
- 7.По данным п.6 построить регулировочные характеристики.
- 8.Дать оценку результатов испытаний.

Выполнение работы

1. Сборка схемы

Перед сборкой схемы необходимо ознакомиться с паспортными данными двигателя. Значения напряжения и токов необходимы для выбора приборов и реостатов. Надо также изучить работу нагрузочного устройства двигателя (см. стр.8 практикума).

Для выполнения работы собирается схема (рисунок 3.1). В цепь якоря включается резистор R1, который ограничивает ток во время пуска, а также изменяет напряжение на зажимах якоря. Параллельно обмотки возбуждения включается резистор R2, с помощью которого регулируется ток возбуждения, а, следовательно, и частота вращения якоря.

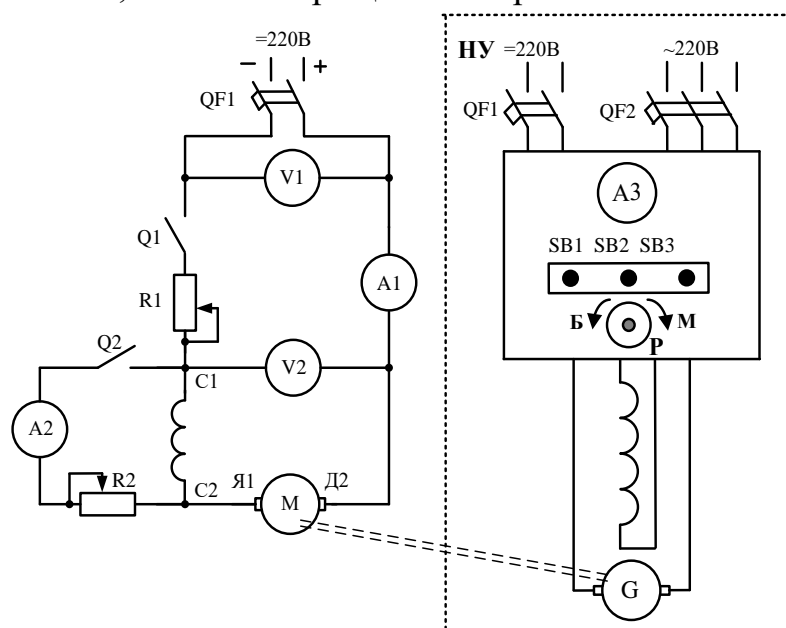


Рисунок 3.1 - Схема экспериментального исследования двигателя постоянного тока последовательного возбуждения

2. Пуск двигателя и изменение направления вращения

Двигатель последовательного возбуждения пускается в ход так же, как и двигатель параллельного возбуждения, с той лишь разницей, что двигатель последовательного возбуждения нельзя пускать вхолостую.

В первый момент пуска якорь двигателя неподвижен $\Omega=0$ и ЭДС в якоре равна нулю $E=C\Phi\Omega=0$, а так как сопротивление обмотки якоря $R_{я}$ мало, то ток в начальный момент получается большим:

$$I_{1П} = \frac{U - E}{R_{я}} = \frac{U - C\Phi}{R_{я}} = \frac{U}{R_{я}}$$

Под сопротивление якорной цепи $R_{я}$ подразумевается не только сопротивление собственно якоря $R_{а}$, но и обмотки возбуждения $R_{в}$, в данном случае включённой последовательно с якорем: $R_{я} = R_{а} + R_{в}$.

Для ограничения тока при пуске последовательно с якорем включают пусковой резистор R1

$$I_{1n} = \frac{U}{R_{я} + R1}.$$

Вначале он должен быть полностью введён, а затем в процессе пуска его постепенно выводят, так как при возрастании частоты вращения растёт ЭДС и ток уменьшается. Выводить резистор R1 нужно так, чтобы не было слишком больших бросков тока. По окончании пуска пусковой резистор R1 должен полностью выведен.

Двигатель последовательного возбуждения нельзя пускать вхолостую, без механической нагрузки на валу, во избежание “разноса”, то есть недопустимого возрастания частоты вращения. При отсутствии нагрузки на валу ток в якоре в конце пуска будет мал, а, следовательно, будет мал и магнитный поток, создаваемый тем же самым током. Как видно из равенства

$$\Omega = \frac{U - I_1 R_{1я}}{C\Phi},$$

частота вращения якоря в этом случае будет недопустимо большая и возможны механические повреждения. Нагрузка на валу при пуске в ход должна быть примерно равна 25÷30% от номинальной. Её создают при помощи нагрузочного устройства НУ.

Направление вращения двигателя изменяют, меняя направление тока либо в обмотке якоря, либо в обмотке возбуждения, так как при этом меняется знак электромагнитного вращающего момента. При одновременном изменении направления тока в обеих обмотках направление вращения не меняется.

Направление вращения двигателя при проведении всех опытов должно совпадать с направлением стрелки на корпусе двигателя.

3. Снятие рабочих и электромеханических характеристик при номинальном напряжении

Рабочие характеристики представляют собой зависимости частоты вращения якоря Ω , тока якоря I_1 , момента на валу M , КПД η от мощности на валу P_2

$$\Omega, I_1, M, \eta = f(P_2)$$

при постоянном номинальном напряжении $U_2 = U_H = \text{const}$.

Электромеханическая (скоростная) характеристика – это зависимость частоты вращения якоря Ω от тока якоря I_1

$$\Omega = f(I_1).$$

Снятие рабочих и электромеханической характеристик при номинальном напряжении производится в следующей последовательности. Осуществляется пуск двигателя. Пусковой резистор R1 выводится полностью. С помощью нагрузочного устройства ток якоря увеличивается на 20-30 % больше номинального. Эти данные заносятся первой точкой в таблицу 3.1. Уменьшая

нагрузку двигателя до возможного минимума, снимаются ещё 5-6 точек. Момент на валу двигателя определяется с помощью тарировочной кривой $M = f(I_3)$ по величине тока нагрузочного устройства I_3 .

Таблица 3.1 - Данные рабочих и электромеханических характеристик

№ п. /п	Данные опытов						Расчёт			
	U_1 В	U_2 В	I_1 А	n об/ мин	I_3 А	M Нм	Ω c^{-1}	P_1 Вт	P_2 Вт	η -
	а) без дополнительного сопротивления в цепи якоря									
1 · 6										
	б) с дополнительным сопротивлением в цепи якоря									
1 · 6								Расчёты не производятся		

Расчёты производятся по следующим формулам:

$P_1 = U_1 I_1$ - мощность, потребляемая из сети, Вт;

$P_2 = M \Omega$ - мощность на валу двигателя, Вт,

где $\Omega = \pi n / 30 \text{ c}^{-1}$;

$\eta = P_2 / P_1$ - коэффициент полезного действия.

Рабочие характеристики двигателя последовательного возбуждения приведены на рисунке 3.2. Зависимости $\Omega = f(P_2)$, $M = f(P_2)$ являются нелинейными; зависимости $I_1 = f(P_2)$ и $\eta = f(P_2)$ имеют примерно такой же характер, как и у двигателя с параллельным возбуждением.

Частота вращения n определяется вспомогательным тарированным тахогенератором.

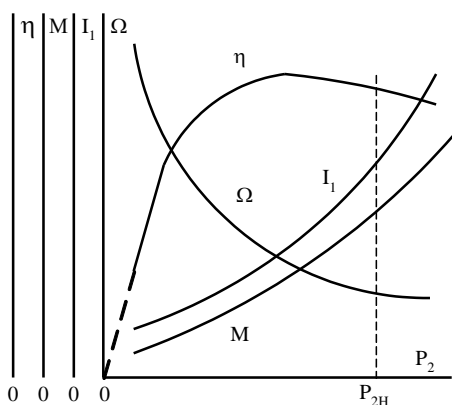


Рисунок 3.2 - Рабочие характеристики двигателя последовательного возбуждения

На основании данных, полученных при снятии рабочих характеристик (таблица 3.1, п. а), может быть построена электромеханическая характеристика двигателя последовательного возбуждения (рисунок 3.3, кривая 4), и зависимость момента от тока якоря (рисунок 3.3, кривая 2).

При изменении нагрузки на валу двигателя ток в якоря меняется, что ведёт к изменению частоты вращения. Причины изменения частоты вращения двигателя последова-

тельного возбуждения следующие: 1) изменение основного магнитного потока; 2) падение напряжения в цепи якоря; 3) реакция якоря.

$$\text{Частота вращения двигателя } \Omega = \frac{U - R_a I_1}{C\Phi}.$$

В этой формуле Φ – результирующий магнитный поток, который можно представить в виде разности двух потоков: $\Phi = \Phi_C - \Delta\Phi$, где Φ_C – основной поток, создаваемый обмоткой возбуждения, $\Delta\Phi$ – изменение потока, обусловленное действием реакции якоря.

При возрастании тока якоря увеличивается основной магнитный поток, так как в двигателе последовательного возбуждения по обмотке возбуждения протекает тот же ток, что и по якорю. При возрастании тока увеличивается также падение напряжения в цепи якоря и реакция якоря, которая немного уменьшает основной магнитный поток. Однако две последние причины являются факторами второго порядка и действуют на скорость во взаимно обратном направлении. Поэтому частота вращения двигателя последовательно-го возбуждения практически зависит только от изменения основного магнитного потока. Если бы двигатель был не насыщен, то поток изменялся бы пропорционально току, а частота вращения – обратно пропорционально току: $\Omega = U/C\Phi$, то есть скоростная характеристика представляла бы собой гиперболу (рисунок 3.3, кривая 3).

В действительности скоростная характеристика совпадает с гиперболой только при малых значениях токов нагрузки. При увеличении тока растёт насыщение магнитной цепи и электромеханическая характеристика проходит выше гиперболы (рисунок 3.3, кривая 4). Ток холостого хода двигателя мал. Поэтому при холостом ходе скорость двигателя превышает номинальную в 4-7 раз. Скоростная характеристика двигателя последовательного возбуждения называется “мягкой”.

Рассмотрим зависимость $M = f(I_1)$, пренебрегая при этом моментом холостого хода.

Если магнитная система машины не насыщена, то магнитный поток пропорционален току ($\Phi \equiv I_1$), и тогда момент пропорционален квадрату тока ($M \equiv I_1^2$), то есть зависимость $M = f(I_1)$ – параболическая (рисунок 3.3, кривая 1)

При сильном насыщении поток мало меняется при изменении тока, то есть $\Phi \approx \text{const.}$, и зависимость вращающего момента от тока близка к прямой линии.

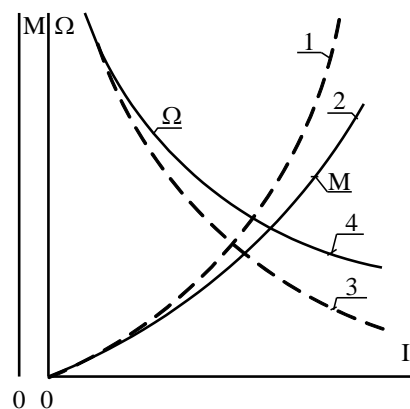


Рисунок 3.3 - Электромеханическая характеристика двигателя последовательного возбуждения (4) и зависимость момента от тока (2). Кривая 1 - парабола, кривая 3 - гиперболы.

Следовательно, кривая $M = f(I_1)$ при малых токах сливается с параболой, но по мере увеличения тока и насыщения стали, рост момента замедляется.

Благодаря свойству двигателя последовательного возбуждения развивать момент приблизительно пропорционально квадрату тока, а также резко падающей скоростной характеристике, эти двигатели широко применяются в электрической тяге (краны, трамваи, троллейбусы, метро, электровозы). В двигателе последовательного возбуждения увеличение момента обеспечивается при меньшем токе, чем в двигателе параллельного возбуждения, и, следовательно, при меньшей мощности.

4. Снятие электромеханической характеристики при введении дополнительного сопротивления в цепь якоря

Эта характеристика снимается аналогично рабочей, только в цепь якоря вводится дополнительное сопротивление R_1 . Величина этого сопротивления задаётся преподавателем. Данные 5-6 опытов заносятся в таблицу 3.1.

По данным таблицы 3.1 строятся электромеханические характеристики при номинальном напряжении и при введённом резисторе R_1 .

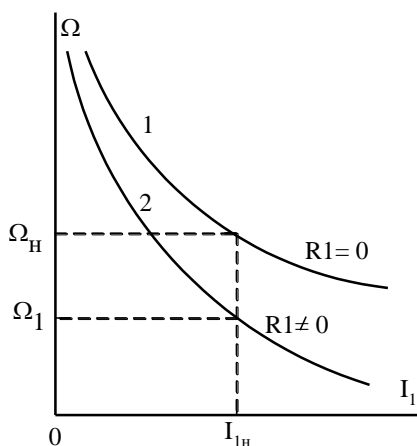


Рисунок 3.4 - Электромеханические характеристики двигателя последовательного возбуждения: 1- без дополнительного сопротивления; 2- с дополнительным сопротивлением

Частота вращения двигателя при сопротивлении $R_1 \neq 0$ определяется:

$$\Omega = \frac{U - (R_{я} + R_1)I_1}{C\Phi}$$

При введении дополнительного сопротивления R_1 увеличивается падение напряжения в цепи якоря, и поэтому электромеханическая характеристика с дополнительным сопротивлением (рисунок 3.4, кривая 2) проходит ниже электромеханической характеристики без дополнительного сопротивления (рисунок 3.4, кривая 1).

По данным таблицы 3.1(а, б) необходимо построить зависимости момента от тока якоря (рисунок 3.5). Из формулы $M = C\Phi I_1$ видно, что на величину момента оказывают влияние только магнитный поток и ток якоря.

Поэтому характеристика

Поэтому характеристика

$$M = f(I_1)$$

с дополнительным сопротивлением (пунктирная линия) совпадает с характеристикой $M = f(I_1)$ без дополнительного сопротивления (сплошная линия). Введение дополнительного сопротивления R_1 приводит только к изменению частоты вращения якоря.

5. Снятие регулировочных характеристик

Регулирование частоты вращения двигателя постоянного тока последовательного возбуждения осуществляется путём изменения подводимого

напряжения, введением сопротивления в цепь якоря, шунтированием обмотки возбуждения или обмотки якоря.

5.1. Регулировочная характеристика двигателя последовательного возбуждения при изменении напряжения на якоре

Регулировочная характеристика двигателя при изменении напряжения на якоре двигателя путём введения в цепь якоря регулировочного резистора R1 представляет собой зависимость:

$$\Omega = f(U_2) \text{ при } I_1 = \text{const} .$$

Опыт проводится следующим образом. После пуска двигателя резистор R1 полностью выводится. При помощи нагрузочного устройства устанавливается в цепи якоря двигателя номинальный или другой, заданный преподавателем ток.

Показания приборов заносят в таблицу 3.2 первой точкой.

Таблица 3.2 - Регулировочные характеристики двигателя последовательного возбуждения

№ п./ п.	U ₁	I ₁	n	U ₂	I ₂	I _B	Ω	При- ме- ча- ние
	В	А	об/ мин	В	А	А	с ⁻¹	
а) Регулирование частоты вращения изменением напряжения на якоре								
1 · 5					0 · 0			I _B = I ₁
б) регулирование частоты вращения изменением тока возбуждения								
1 · 5								I _B = I ₁ - I ₂

Далее напряжение на зажимах якоря двигателя U₂ постепенно уменьшают введением резистора R1 до тех пор, пока частота вращения двигателя не достигнет значений (0,3 ÷ 0,4) номинальной. При этом с помощью нагрузочного устройства ток якоря I₁ поддерживается неизменным, равный заданному значению. В процессе опыта снимается 5-6 точек. Показания приборов заносятся в таблицу 3.2.

5.2. Регулирование частоты вращения изменением тока возбуждения

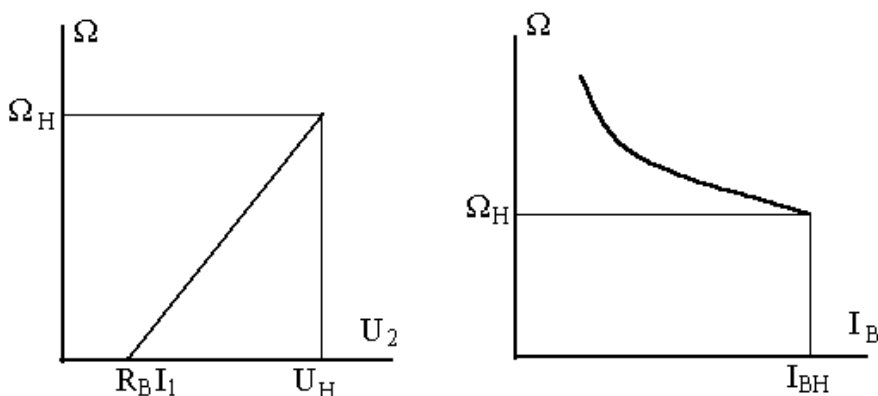
Регулировочная характеристика двигателя при изменении тока возбуждения представляет собой зависимость:

$$\Omega = f(I_B) \text{ при } U = U_H = \text{const} \text{ и } I_1 = \text{const} .$$

Опыт проводится следующим образом. После пуска двигателя резистор R_1 в цепи якоря полностью выводится. Устанавливается максимальное сопротивление резистора R_2 и включается рубильник Q_2 . С помощью нагрузочного устройства ток якоря I_1 доводится до заданного значения. Величина этого тока в течение всего опыта поддерживается постоянной. Показания приборов заносятся первой точкой в таблицу 3.2.

Уменьшением сопротивления резистора R_2 устанавливается ток I_2 около 15% от номинального, а нагрузочным устройством поддерживается заданный ток якоря. Полученные данные записываются второй точкой в таблицу 3.2. Далее, поддерживая заданный ток якоря, ток I_2 увеличивают ещё примерно на 10%. Аналогично снимаются данные других точек. По данным таблицы 3.2 строятся регулировочные характеристики (рисунок 3.6).

Характер регулировочных характеристик двигателя постоянного тока последовательного возбуждения можно объяснить следующим образом.



а) б)

Рисунок 3.6 - Регулировочные характеристики:

а) зависимость частоты вращения от напряжения на якоре; б) зависимость частоты вращения от тока возбуждения.

При регулировании частоты вращения изменением напряжения на якоре ток якоря I_1 и магнитный поток Φ остаются постоянными. Зависимость частоты вращения от напряжения на якоре согласно уравнению $\Omega = \frac{U_2 - RaI_1}{C\Phi}$ имеет линейную зависимость (рисунок 3.6.а). Данный способ регулирования позволяет изменять частоту вращения электродвигателя постоянного тока в широких пределах в сторону уменьшения от номинальной частоты вращения.

В двигателе последовательного возбуждения при регулировании частоты вращения изменением магнитного потока обмотку возбуждения шунтируют сопротивлением R_2 . Если при постоянном токе якоря уменьшать сопротивление шунта R_2 , то ток через шунтирующее сопротивление увеличится, а ток возбуждения I_B и магнитный поток Φ уменьшатся. Частота вращения возрастет, и будет обратно пропорциональна величине магнитного потока (рисунок 3.6,б). Этот способ позволяет регулировать скорость вращения двигателя только в сторону увеличения от номинальной. Сопротивление об-

мотки возбуждения R_B мало, поэтому сопротивление R_2 также должно быть малым. Потери в шунте будут небольшие. Так как одновременно уменьшаются потери на возбуждение, то КПД двигателя остаётся большим.

Содержание отчёта

1. Паспортные данные исследуемого двигателя, нагрузочной машины и технические характеристики используемых приборов.
2. Схема установки.
3. Таблицы измерений.
4. Рабочие характеристики двигателя при номинальном напряжении на якоре.
5. Электромеханические характеристики двигателя $\Omega = f(I_I)$ и зависимости момента M от тока якоря $I_I M = f(I_I)$ при номинальном напряжении и при введённом добавочном сопротивлении R_1 .
6. Регулировочные характеристики.
7. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Разъясните назначение каждого из элементов схемы экспериментального исследования двигателя.
2. Каковы особенности пуска двигателя последовательного возбуждения?
3. Объясните характер электромеханической характеристики двигателя последовательного возбуждения.
4. Как проводится опыт по снятию регулировочной характеристики $\Omega = f(I_B)$?
5. Какими способами регулируется частота вращения двигателя постоянного тока в лабораторной работе?
6. Назовите главное преимущество двигателя последовательного возбуждения в сравнении с двигателем параллельного возбуждения.

РАБОТА №2. Исследование трехфазного синхронного генератора

Цель работы: изучить конструкцию синхронного генератора, экспериментально определить основных характеристик автономного синхронного генератора при независимом возбуждении.

Содержание работы:

1. Ознакомиться с конструкцией синхронного генератора по демонстрационным макетам.

2. Ознакомиться с электрооборудованием испытательной установки и записать номинальные данные генератора, приводного электродвигателя и измерительных приборов.
3. Собрать схему экспериментальной установки.
4. Выполнить опыты по определению основных характеристик синхронного генератора: холостого хода, индукционной нагрузочной, внешней, регулировочной, короткого замыкания. Построить указанные характеристики по экспериментальным данным.
5. По характеристикам холостого хода и трехфазного короткого замыкания рассчитать значение индуктивного сопротивления по продольной оси x_d и отношение короткого замыкания (ОКЗ).
6. Дать оценку результатов испытаний.

Выполнение работы

Демонстрационный макет представляет собой разобранный синхронный генератор или разрез генератора. Для генератора нормального исполнения статор составляют корпус (станина), в котором закреплен шихтованный сердечник. В пазах сердечника размещена трехфазная распределенная обмотка. Явнополюсный ротор (индуктор) имеет вал, напрессованный на него шихтованный сердечник, полюсы с полюсными башмаками и обмоткой возбуждения. Постоянный ток к обмотке возбуждения передается от возбuditеля через вращающиеся контактные кольца и неподвижные щетки. Конструктивная схема генератора может быть обращенной: с неподвижным индуктором и трехфазной распределенной обмоткой на роторе. В этом случае индуктор аналогичен индуктору машины постоянного тока, а ротор – ротору асинхронного двигателя с контактными кольцами (фазным ротором).

Схема лабораторной испытательной установки представлена на рисунке 12.1.

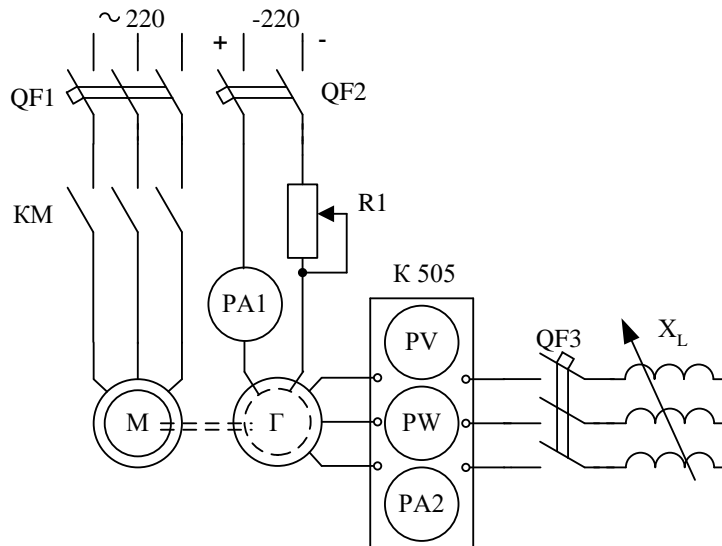


Рисунок 12.1 - Схема исследования синхронного генератора

Генератор Г приводится во вращение асинхронным короткозамкнутым двигателем М, который обеспечивает вращение генератора с постоянной частотой вращения, практически равной номинальной. Управление двигателем М осуществляется автоматическим выключателем QF1 и магнитными пускателями КМ. Схема управления двигателем М предварительно собрана. Для уменьшения пускового тока двигателя М может применяться ступенчатый пуск переключением со «звезды» на «треугольник». В этом случае пуск двигателя М производится включением автоматического выключателя QF1 и последовательным нажатием двух кнопок - «Пуск 1» и «Пуск 2» (на рисунке 12.1 не показаны). Остановка двигателя производится нажатием кнопок «Стоп». При окончании опытов выключается автоматический выключатель QF1.

Характеристика холостого хода

Указанная характеристика представляет собой зависимость ЭДС генератора E_0 (фиксируется вольтметром комплекта К505) от тока возбуждения I_1 (РА1) при отсутствии тока статора и при постоянной скорости генератора т.е.

$$E_0 = f(I_1) \text{ при } I_2 = 0, \Omega = const.$$

Опыт проводится в следующей последовательности.

Включается автомат QF1 и генератор приводится во вращение. При отключенном автомате QF2 переносным вольтметром с пределом измерения до 30 В измеряется остаточное напряжение на трехфазной статорной обмотке генератора $E_{ост}$. Затем, установив максимальное сопротивление R1 в цепи возбуждения, включают автомат QF2. Монотонно увеличивая ток возбужде-

ния, снимают восходящую ветвь характеристики холостого хода. Ток возбуждения увеличивают до значения, когда ЭДС станет 1,2-1,3 от номинального напряжения генератора.

Далее, монотонно уменьшая ток возбуждения, снимают нисходящую ветвь характеристики холостого хода. В конце опыта отключают автомат QF2 ($I_f = 0$) и измеряют остаточное напряжение на трехфазной обмотке.

Регулировать ток возбуждения нужно плавно, небольшими ступенями и только в одном направлении: увеличивать при снятии восходящей ветви и уменьшать при снятии нисходящей ветви. При невыполнении этого условия характеристика окажется искаженной из-за влияния остаточной намагниченности магнитной цепи.

Показания приборов заносятся в таблицу 12.1. Для построения характеристики холостого хода достаточно иметь 7-8 точек на каждую ветвь.

Таблица 12.1 - Характеристика холостого хода

а) Восходящая ветвь								
I_f, A	0							
$E_0, В$							$U=U_H$	
б) Нисходящая ветвь								
I_f, A								0
$E_0, В$	$U=U_H$							

Характеристика холостого хода $E_0 = f(I_f)$ строится в физических единицах (рисунок 12.2).

Индукционная нагрузочная характеристика

Представляет собой зависимость напряжения генератора U от тока возбуждения I_f при номинальном или заданном преобразователе тока генератора ($I_2 = I_{2H}$) и $\cos\varphi = 0$ (ток индуктивный) т.е.

$$U = f(I_f) \text{ при } \cos\varphi = 0, I_2 = const, \Omega = const.$$

Индукционная характеристика является частным случаем нагрузочной характеристики, которая определяется для произвольного значения коэффициента мощности.

Опыт проводится в следующей последовательности. Генератор при холостом ходе возбуждается до напряжения 1,1-1,3 номинального. После этого автоматом QF3 включается регулируемая индуктивная нагрузка X_L и появляется ток I_2 . Регулируя ток I_2 , устанавливают номинальный ток генератора или заданный преподавателем. Это первая точка индукционной нагрузочной характеристики. Далее, уменьшают ток возбуждения I_1 примерно на 20 % и снова устанавливают заданный ток генератора I_2 . Напряжение генератора при этом снижается. Опыт продолжают до значения $U = 0$, фиксируя показания в таблицу 12.2. Для построения характеристики достаточно иметь 5-6 точек.

Таблица 12.2 - Индукционная нагрузочная характеристика

I_1, A								
U_{ϕ}, B	$U > U_H$	$U = U_H$						
I_2, A								

По данным таблицы 12.2 строится индукционная нагрузочная характеристика (рисунок 12.3).

Внешняя характеристика

Внешняя характеристика представляет собой зависимость напряжения генератора U от тока нагрузки I_2 постоянном токе возбуждения I_1 и коэффициенте мощности $\cos\varphi = 0$, т.е.

$$U = f(I_2) \text{ при } I_1 = const, \cos\varphi = 0, \Omega = const.$$

Порядок действий следующий. Запускают генератор и возбуждают его при холостом ходе до номинального напряжения. Получают первую точку характеристики. Затем включением автомата QF3 подключают к генератору нагрузку и при неизменном токе возбуждения ступенчато увеличивают ток нагрузки до номинального значения. Показания приборов для 5-6 точек заносятся в таблицу 12.3.

Таблица 12.3 - Внешняя характеристика

U_{ϕ}, B	$U = U_{H\phi}$					
I_2, A	0				$I_2 = I_{2H}$	
I_1, A						

По данным таблицы 12.3 строится внешняя характеристика (рисунок 12.4).

Регулировочная характеристика

Представляет собой зависимость тока возбуждения I_1 от тока нагрузки I_2 при постоянном напряжении генератора U и коэффициенте мощности нагрузки $\cos\varphi = 0$, т.е.

$$I_1 = f(I_2) \text{ при } \cos\varphi = 0, U = \text{const}, \Omega = \text{const}.$$

Опыт проводится следующим образом. При холостом ходе устанавливают номинальное напряжение генератора. Получают первую точку характеристики. Далее включают автомат QF3 и, увеличивая ток нагрузки, изменением тока возбуждения поддерживают номинальное напряжение. Нагрузку увеличивают до номинального тока генератора. Показания приборов (5-6 точек) заносят в таблицу 12.4.

Таблица 12.4 - Регулировочная характеристика

I_1, A						
I_2, A						
$U, \text{В}$						
$\cos\varphi$						

По данным таблицы 12.4 строится регулировочная характеристика (рисунок 12.5).

Характеристика короткого замыкания

Она представляет собой зависимость тока в замкнутой накоротко ($U = 0$) обмотке статора $I_{2к}$ от тока возбуждения I_1

$$I_{2к} = f(I_1) \text{ при } U = 0, \Omega = \text{const}.$$

Опыт проводится следующим образом. При отключенных автоматах QF1 и QF2 выходные клеммы трех фаз измерительного комплекта переключают переключателями (закорачивают), и устанавливают максимальное сопротивление R1 в цепи возбуждения. Затем генератор приводится во вращение с номинальной скоростью. Фиксируется первая точка характеристики при $I_1 = 0$. Далее включают автомат QF2 и, изменяя ток возбуждения генератора, снимают зависимость $I_{2к} = f(I_1)$. Ток короткого замыкания не должен превышать 1,2-1,3 номинального тока статора. Одно из измерений должно соответствовать току $I_{2к} = I_{2н}$. Для построения характеристик достаточно снять для каждой характеристики 3-5 точек. Показания приборов заносятся в таблицу 12.5.

Таблица 12.5 - Опытные данные короткого замыкания.

Трехфазное к.з.	I_1, A	0				
	$I_{2к}, A$				$I_{2к} = I_{2н}$	
Двухфазное к.з.	I_1, A	0				
	$I_{2к}, A$				$I_{2к} = I_{2н}$	

Характеристика двухфазного короткого замыкания снимается по аналогичной методике, но на измерительном комплекте накоротко замыкаются две фазы. По данным таблицы 12.5 строятся характеристики короткого замыкания (рисунок 12.6).

Анализ полученных результатов

Характеристика холостого хода строится по данным таблицы 12.1. Её примерный вид представлен на рисунке 12.2.

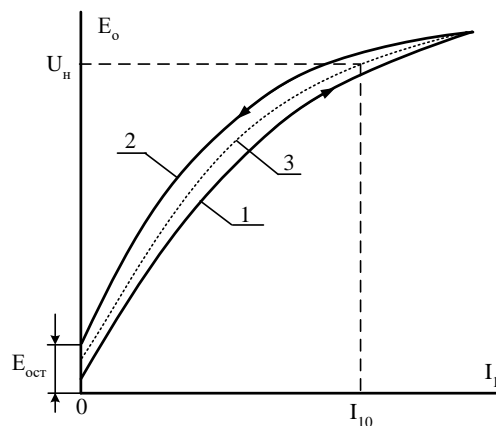


Рисунок 12.2 - Характеристика холостого хода синхронного генератора:
1 - восходящая ветвь;
2 - нисходящая ветвь;
3 - расчетная характеристика



Рисунок 12.3 - Индукционная нагрузочная характеристика синхронного генератора

Расхождение между восходящей и нисходящей ветвями характеристики обусловлено остаточной намагниченностью магнитной цепи генератора (гистерезисом). Для практических расчетов принимают кривую, занимающую среднее положение между восходящей и нисходящей ветвями. *Индукционная нагрузочная характеристика* строится по данным таблицы 12.2. При-

мерный её вид представлен на рисунке 12.3. Точка А этой характеристики соответствует режиму трёхфазного короткого замыкания генератора при том токе статора, при котором снята нагрузочная характеристика. При $\cos\varphi = 0$ намагничивающая сила реакции якоря является продольной размагничивающей, снижающей магнитный поток генератора, поэтому индукционная характеристика проходит ниже характеристики холостого хода.

Индукционная нагрузочная характеристика совместно с характеристикой холостого хода дает возможность определить сопротивление рассеяния обмотки статора x_σ , насыщенное значение синхронного индуктивного сопротивления по продольной оси $x_{dнас}$ и намагничивающую силу реакции якоря $F_{ад}$.

Внешняя характеристика строится по данным таблицы 12.3. Её примерный вид представлен на рисунке 12.4.

Как видно из рисунка 12.4, напряжение генератора с изменением величины нагрузки не остается постоянным: оно изменяется вследствие наличия падения напряжения в сопротивлениях обмотки якоря (статора) $I \cdot r_a$ и $I \cdot x_\sigma$ и влияния реакции якоря. Максимальное изменение напряжения имеет место при чисто индуктивной нагрузке ($\cos\varphi = 0$), так как в этом случае реакция якоря принимает продольный размагничивающий характер, максимально ослабляя магнитное поле машины.

Регулировочная характеристика строится по данным таблицы 12.4. Её примерный вид представлен на рисунке 12.5. При увеличении нагрузки для поддержания постоянства напряжения на зажимах генератора необходимо увеличивать ток возбуждения, чтобы скомпенсировать падение напряжения в цепи якоря и размагничивающее действие реакции якоря. Ток возбуждения необходимо увеличивать тем больше, чем ниже $\cos\varphi$ нагрузки вследствие возрастания размагничивающего действия реакции якоря.

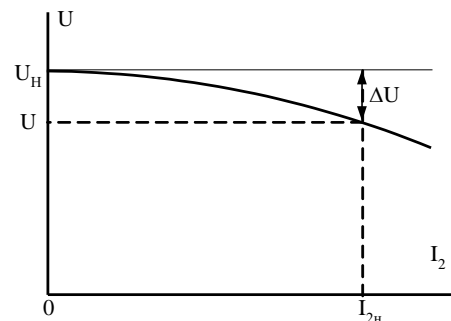


Рисунок 12.4 - Внешняя характеристика синхронного генератора

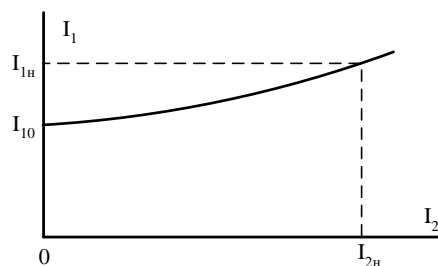


Рисунок 12.5 - Регулировочная характеристика синхронного генератора

Изменение тока возбуждения ΔI_f определяют из регулировочной характеристики:

$$\Delta I_f \% = \frac{I_{fn} - I_{fo}}{I_{fo}} 100,$$

где I_{fn} – ток возбуждения генератора при номинальном токе;

I_{fo} – при токе нагрузки $I = 0$.

Характеристики короткого замыкания строятся по данным таблицы 12.5, примерный вид которых представлен на рисунке 12.6.

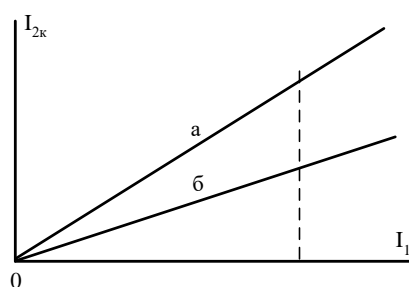


Рисунок 12.6 - Характеристики короткого замыкания синхронного генератора: а - 2-х фазное к.з.; б - 3-х фазное к.з.

Характеристики носят прямолинейный характер, что объясняется отсутствием насыщения магнитной цепи генератора в данном режиме, поскольку возникающая при этом чисто продольная размагничивающая реакция якоря в значительной степени уменьшает результирующее поле машины.

При одной и той же величине тока возбуждения значения токов трехфазного и двухфазного короткого замыкания различны. Намагничивающая сила продольной реакции якоря имеет наибольшее значение при трехфазном коротком замыкании, так как создается ток трех фаз. Вследствие этого результирующий поток генератора и наведенная этим потоком ЭДС при трехфазном коротком замыкании будут наименьшими, при двухфазном имеют большее значение, что и определяют неравенство токов при одном и том же значении тока возбуждения.

Определение синхронного индуктивного сопротивления по продольной оси x_d . При коротком замыкании генератора ток статора при малом активном сопротивлении его обмотки является практически индуктивным, ЭДС генератора равна падению напряжения в обмотке статора:

$$E_o = I_{2к} \cdot x_d.$$

Для определения синхронного индуктивного сопротивления по продольной оси x_d строят характеристику трехфазного короткого замыкания на одном графике с характеристикой холостого хода (рисунок 12.7).

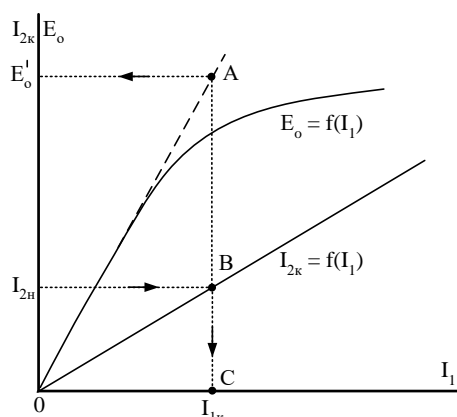


Рисунок 12.7 - Определение синхронного индуктивного сопротивления x_d

По характеристике короткого замыкания определяют ток возбуждения $I_{1к}$, соответствующий $I_{2к} = I_{2н}$. Для данного тока $I_{1к}$ по спрямленной характеристике холостого хода определяют ЭДС E'_o ; тогда

$$x_d = \frac{E'_o}{I_{2н}}$$

Отношение короткого замыкания (ОКЗ). Экспериментальные данные опытов холостого хода и трехфазного короткого замыкания позволяют определить важную для синхронных машин величину – отношение короткого замыкания (ОКЗ), которое, согласно ГОСТу, представляет собой отношение тока короткого замыкания I_k при возбуждении, соответствующем номинальному напряжению при холостом ходе, к номинальному току статора. Используя рисунок 12.8, численно значение ОКЗ определяется:

$$ОКЗ = I_{10} / I_{1к}$$

где I_{10} – значение тока возбуждения, соответствующее номинальному напряжению генератора в опыте холостого хода;

$I_{1к}$ – ток возбуждения генератора в опыте трехфазного короткого замыкания, соответствующий номинальному току статора.

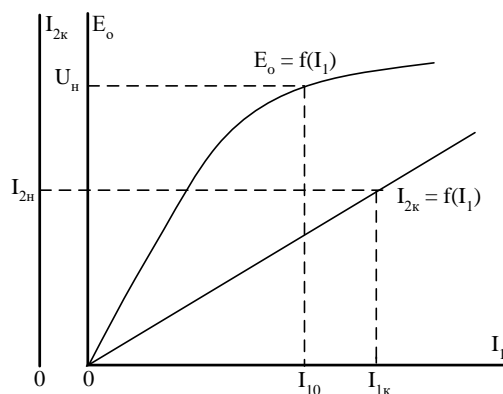


Рисунок 12.8 - Определение отношения короткого замыкания

Содержание отчета

1. Паспортные данные генератора, приводного двигателя и технические характеристики используемых измерительных приборов.
2. Схема установки.
3. Таблицы результатов измерений.
4. Графическое представление характеристик: холостого хода, нагрузочной индукционной, внешней, регулировочной. Совмещенные на одном графике характеристики трехфазного и двухфазного короткого замыкания. Все характеристики строятся в именованных (физических) единицах.
5. По характеристикам холостого хода и трехфазного короткого замыкания расчет синхронного индуктивного сопротивления по продольной оси x_d и отношение короткого замыкания (ОКЗ)..
6. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Объясните конструкцию явнополюсного синхронного генератора.
2. Почему при снятии характеристики холостого хода синхронного генератора изменение тока возбуждения производят плавно и только в одном направлении?
3. Почему в синхронном генераторе ток двухфазного короткого замыкания больше тока трехфазного при одном и том же токе возбуждения?
4. Почему при изменении тока статора синхронного генератора необходимо регулировать ток возбуждения?
5. Можно ли регулировать напряжение синхронного генератора изменением частоты вращения ротора?

Примеры теста

1. Почему в системах электрооборудования применяют однопроводную систему, используя вместо второго провода корпус автомобиля?
для уменьшения коррозии кузова;
* для экономии дорогостоящих проводов;

для уменьшения радиопомех.

2. Для передачи электроэнергии в автотракторном электрооборудовании применяется схема:

* однопроводная и используя вместо второй провод - корпус автомобиля

двухпроводная и используя третий провод корпус - автомобиля

трехпроводная и используя четвертый провод корпус - автомобиля

четырепроводная и используя пятый провод - корпус автомобиля

3. В автотракторном электрооборудовании применяются следующие типы аккумуляторных батарей:

щелочные

железоникелевые

кадмиево-никелевые

* свинцово-кислотные

4. В какую систему была внедренная первая автомобильная электронная схема управления:

в систему световой и звуковой сигнализации

* в электроискровую систему зажигания

в систему спутниковой навигации GPS

в тормозную систему с АБС

5. Электронная система управления – это...

совокупность программ, которые реализуют алгоритм функционирования системы;

информационная, измерительная, управляющая или другая система, включающая микроЭВМ;

* система (узел) автомобиля, алгоритм функционирования которой определяется принципиальной электрической схемой блока управления или всего узла;

совокупность технологических операций, используемая при изготовлении планарных (плоских, поверхностных) полупроводниковых приборов и интегральных микросхем.

6. Какие элементы не являются элементами электрооборудования автомобиля?

приборы освещения, световой и звуковой сигнализации

* амортизаторы

датчики

электронные системы управления агрегатами автомобиля

7. Какой элемент не входит в электрооборудование автомобиля?

* каленвал

генератор

регулятор напряжения

аккумуляторная батарея

8. Электрооборудование автомобиля – это...

оборудование генерирующее электрическую энергию, поступающую в бортовую сеть автомобиля

* совокупность устройств, вырабатывающих, передающих и потребляющих электроэнергию на автомобиле

совокупность устройств, потребляющих электроэнергию на автомобиле

совокупность устройств, вырабатывающих электроэнергию на автомобиле

9. Какой элемент не входит в электрооборудование автомобиля?

* карбюратор

генератор

регулятор напряжения

аккумуляторная батарея

10. Какой из перечисленных элементов входит в систему освещения, световой и звуковой сигнализации автомобиля?

* передние фары

колеса
руль
лямбда – зонд

11. Какие элементы не входят в состав электронной системы управления двигателем?

лямбда – зонд
* карбюратор
датчик частоты вращения коленчатого вала
регулятор дополнительного воздуха

12. Какие элементы входят в систему информации и контроля технического состояния автомобиля?

фара
* датчик уровня топлива
флешка
видеорегистратор

13. Какой элемент не входит в систему зажигания автомобиля?

катушка зажигания
распределитель
свечи зажигания
* катализатор

14. Какой элемент входит в систему электропривода автомобиля?

* электронасос омывателя ветрового стекла
датчик уровня топлива
свечи зажигания
катушка зажигания

15. Какой элемент входит в систему электропривода автомобиля?

* стеклоподъемник
электроподогрев сидений
свечи зажигания
катушка зажигания

16. Какую плотность электролита вы бы выбрали для аккумулятора, работающего в северных районах России?

0,8;
1,1;
* 1,29;
1,8;
2.

17. Электродвижущая сила одного элемента свинцовой аккумуляторной батареи, находящейся в покое, равна:

1,1 В;
1,5 В;
* 2,1 В;
3,1 В;
4,2 В.

18. Каким способом осуществляется зарядка аккумуляторной батареи на автомобиле?

при постоянной силе тока (2...6 А);
* при постоянном напряжении (13,8...14,5 В);
при переменном токе;
при переменном напряжении;
в импульсном режиме.

19. Каким способом смешивается серная кислота с дистиллированной водой в процессе приготовления электролита?

воду льют тонкой струйкой в кислоту, перемешивая
*кислоту льют тонкой струйкой в воду, перемешивая

20. Определение степени разреженности аккумулятора возможно по:
запаху

*уровню напряжения
цвету электролита
времени

Темы рефератов

1. Устройство аккумуляторных батарей
2. Сепараторы, моноблоки, крышки, пробки
3. Соединение аккумуляторов в батарее. Электролит.
4. Размещение батарей на автомобилях. Условные обозначения батарей
5. Пусковое качество и системы пуска автомобильных двигателей
6. Устройство электростартеров
7. Конструкции электростартеров
8. Характеристики электростартеров. Схемы управления электростартерами
9. Правила эксплуатации и техническое обслуживание электростартеров
10. Свечи накалывания
11. Свечи подогрева воздуха во впускном трубопроводе
12. Электрофакельные подогреватели воздуха
13. Устройства для подачи пусковой жидкости
14. Электрические подогреватели
15. Требования к автомобильным системам освещения и световой сигнализации
16. Источники света автомобильных световых приборов.
17. Фары головного освещения.
18. Конструкция фары головного освещения.
19. Конструкция противотуманных фар и фонарей.
20. Приборы световой сигнализации.
21. ТО систем освещения и световой сигнализации
22. Системы звуковой сигнализации.
23. Электродвигатели, моторредукторы, мотонасосы.
24. Электроприводы в системах повышения безопасности, комфорта и удобства эксплуатации.
25. Стекло- и фароочистители.
26. ТО электроприводов.

Вопросы к экзамену

ОПК-4 — способностью к самообразованию и использованию в практической деятельности новых знаний и умений, в том числе в областях знаний, непосредственно не связанных со сферой профессиональной деятельности

- 1 История развития бортовых систем АТС
- 2 Электронные и микропроцессорные системы автомобиля
- 3 Перспективы развития интеллектуальных бортовых систем автотранспортных средств
- 4 Электронные системы управления двигателем ЭСУД
- 5 Микропроцессорный блок управления
- 6 Датчик положения коленчатого вала ЭСУД бензинового двигателя
- 7 Датчик положения распределительного вала ЭСУД бензинового двигателя
- 8 Датчики массового расхода воздуха ЭСУД бензинового двигателя
- 9 Датчик положения дроссельной заслонки ЭСУД бензинового двигателя
- 10 Датчики температуры ЭСУД бензинового двигателя
- 11 Датчик детонации ЭСУД бензинового двигателя
- 12 Датчик скорости автомобиля ЭСУД бензинового двигателя
- 13 Потенциометр регулировки СО ЭСУД бензинового двигателя
- 14 Датчик концентрации кислорода (лямбда зонд) ЭСУД бензинового двигателя
- 15 Электромагнитные форсунки ЭСУД бензинового двигателя
- 16 Регулятор дополнительного воздуха ЭСУД бензинового двигателя
- 17 Нейтрализатор ЭСУД бензинового двигателя
- 18 Система питания ЭСУД бензинового двигателя
- 19 Система улавливания паров бензина
- 20 Системы непосредственного впрыска топлива в цилиндры дизельного двигателя
- 21 Ступень низкого давления системы питания CommonRail
- 22 Ступень высокого давления системы питания CommonRail
- 23 Топливоподкачивающий насос CommonRail
- 24 ТНВД CommonRail
- 25 Аккумулятор топлива CommonRail
- 26 Датчик давления топлива в аккумуляторе CommonRail
- 27 Форсунки CommonRail
- 28 Система электронного управления дизелей (EDC)
- 29 Датчик частоты вращения коленчатого вала ЭСУД дизельного двигателя
- 30 Датчик частоты вращения распределительного вала
- 31 Температурные датчики системы ЭСУД дизельного двигателя
- 32 Датчик массового расхода воздуха ЭСУД дизельного двигателя
- 33 Датчик положения педали акселератора ЭСУД дизельного двигателя
- 34 Датчик давления наддува ЭСУД дизельного двигателя
- 35 Насос-форсунка. Основные элементы насос-форсунки
- 36 Принцип действия насос-форсунки (фазы впрыска)
- 37 Системы активной безопасности. Назначение классификация.
- 38 Антиблокировочная система тормозов ABS
- 39 Датчик угловой скорости колеса ABS
- 40 Гидравлический блок ABS

- 41 Принцип работы антиблокировочной системы тормозов ABS
- 42 Антипробуксовочная система ASR, назначение, составные части
- 43 Принцип работы антипробуксовочной системы ASR
- 44 Электронная блокировка дифференциала EDS, назначение, составные части
- 45 Принцип работы электронной блокировки дифференциала EDS

ПСК-3.20 - способностью проводить стандартные испытания автомобилей и тракторов

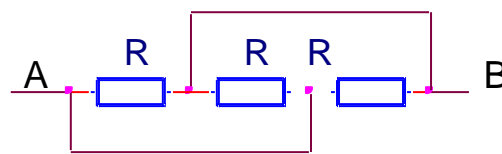
- 46 Система распределения тормозных усилий EBD
- 47 Система курсовой устойчивости ESP, назначение, составные части
- 48 Принцип работы системы курсовой устойчивости ESP
- 49 Дополнительные функции системы курсовой устойчивости ESP
- 50 Система помощи при спуске HDC
- 51 Система помощи при подъеме HHC
- 52 Система обнаружения пешеходов PedestrianDetectionSystem
- 53 Система автоматической парковки ParkAssist
- 54 Система кругового обзора AroundViewMonitor
- 55 Система помощи при перестроении SideAssist
- 56 Автомобильная система ночного видения NightViewAssist
- 57 Система ночного видения DynamicLightSpot BMW
- 58 Система коммуникации между автомобилями
- 59 Классификация электрооборудования автомобиля
- 60 Условные обозначения отечественных изделий электрооборудования
- 61 Электрооборудование автомобиля – это...
- 62 Перечислите элементы, которые входят в систему электроснабжения
- 63 Перечислите элементы, которые входят в систему электростартерного пуска двигателя внутреннего сгорания
- 64 Перечислите элементы, которые входят в систему освещения, световой и звуковой сигнализации
- 65 Перечислите элементы, которые входят в электронную систему управления агрегатами автомобиля
- 66 Перечислите элементы, которые входят в систему информации и контроля технического состояния автомобиля
- 67 Перечислите элементы, которые входят в систему зажигания
- 68 Перечислите элементы, которые входят в систему электропривода
- 69 Основные характеристики ДПТ (двигателей постоянного тока).
- 70 Основные характеристики ГПТ (генераторов постоянного тока).
- 71 Основные характеристики трансформаторов
- 72 Устройство и принцип действия асинхронных электродвигателей.
- 73 Устройство и принцип действия двигателей постоянного тока.
- 74 Устройство и принцип действия генераторов электродвигателей.
- 75 Устройство и принцип действия трансформаторов.
- 76 Механические характеристики асинхронных двигателей и их анализ.

- 77 Нагрев и охлаждение электродвигателей.
- 78 Понятие КПД генераторов и электродвигателей.
- 79 Приводные характеристики рабочих машин. Технологические характеристики.
- 80 Основные требования, предъявляемые к схемам управления.
- 81 Типовые звенья схем управления.
- 82 Понятие момента инерции и момента сопротивления. Кинематические схемы.
- 83 Приводные характеристики рабочих машин. Механические характеристики.
- 84 Аппаратура ручного управления. Автоматические выключатели. Пакетные выключатели. Выбор автоматических выключателей.
- 85 Аппаратура ручного управления. Магнитные пускатели. Контактторы и реле. Выбор магнитных пускателей и реле.
- 86 Регулирование скорости вращения асинхронных двигателей.
- 87 Регулирование скорости вращения двигателей постоянного тока.
- 88 Схемы управления на основе логических контроллеров
- 89 Классификация автомобильных аккумуляторных батарей (АКБ).
- 90 Основные характеристики АКБ.
- 91 Устройство АКБ. Принцип действия.
- 92 Электробезопасность. Воздействие электрического тока на человека.
- 93 Заземление и зануление. Мероприятия по электробезопасности.

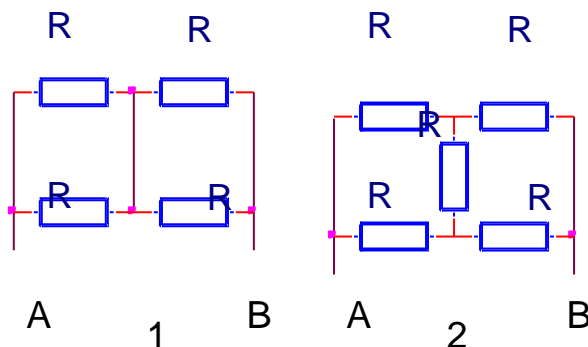
Задачи к экзамену

1. Можно ли включить в сеть 220 В резистор, на котором написано: а) 36 Ом, 150Вт; б) 2.2кОм, 25 Вт; в) 4.7 кОм, 5 Вт?
2. Полевой телефонный провод состоит из 3-х стальных проволок и 4-х медных. Диаметр каждой проволоки 0.3мм. Каково сопротивление одного километра такого провода? Удельное сопротивление стали $20 \cdot 10^{-8}$ Ом*м, меди – $1.7 \cdot 10^{-8}$ Ом*м.
3. Четыре лампочки, рассчитанные на напряжение 12 В ток 0.3А, надо соединить параллельно и питать от источника напряжения 24В. Какое дополнительное сопротивление следует включить последовательно с источником? Как изменится накал, если одну лампу выкрутить?
4. На лампе накаливания написано: 40Вт, 230В. Каковы ее ток и сопротивление в рабочем режиме?

5. В электрическом обогревателе, рассчитанном на напряжение 220В, имеется две спирали по 80 Ом каждая. С помощью переключателя можно включить в сеть одну спираль, две спирали последовательно или две спирали параллельно. Найти мощность в каждом случае.
6. Бытовой чайник (220В, $P_{\text{ч}}=2.2\text{кВт}$) и бытовой утюг (220В, $P_{\text{у}}=1.1\text{кВт}$) соединены последовательно и подключены к источнику напряжения 380 В. Какая мощность выделяется в каждом? Что произойдет, если утюг заменить на паяльник (220 В, $P_{\text{п}}=60\text{ Вт}$)?
7. Электродвигатель грузового подъемника работает от напряжения 380В и потребляет ток 20А. Каков КПД машины, если груз массой 1000кг за 50 секунд поднимается на высоту 19 м?
8. Аккумулятор (3.7 В ,2000мА*час) заряжается от 10% заряда до 100% за 40 минут. Какая средняя мощность потребляется от сети, если КПД зарядного устройства 80%?
9. Источник ЭДС $E=12\text{В}$ нагружена в соединенные последовательно резисторы $R_1=300\text{ Ом}$ и R_2 . При каком значении R_2 падение напряжения на нем 2.4 В?
10. Найти сопротивление между точками А и В.

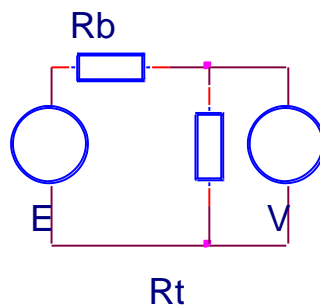


11. Найти сопротивление между точками А и В.

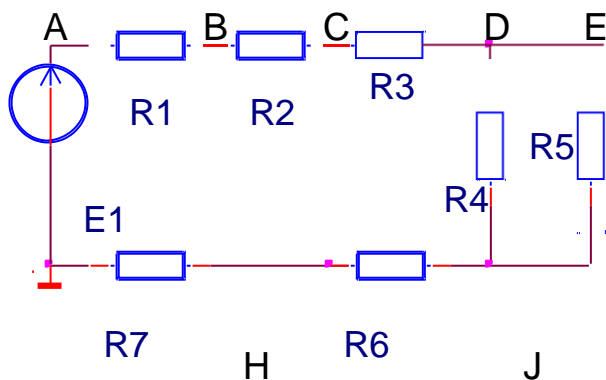


12. Источник напряжения $E=12\text{В}$ нагружена балластный резистор $R_b=1000$

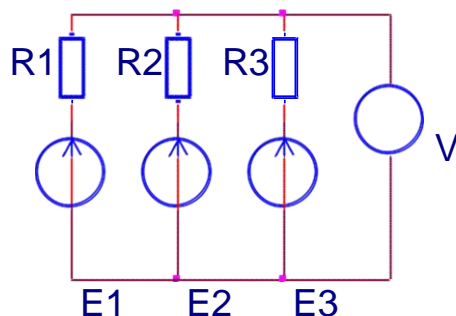
Ом и термистор. Сопротивление термистора описывается выражением: $R_t = 50000 / (20 + t)$ Ом, где t - его температура по Цельсию. При какой температуре вольтметр покажет 4В? А при какой $V = 10$ В?



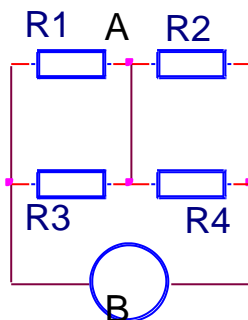
13. На схеме $E_1 = 110$ В - источник напряжения. Величина резисторов: $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = R_7 = 10$ Ом. Найти напряжение во всех точках относительно «земли» G.



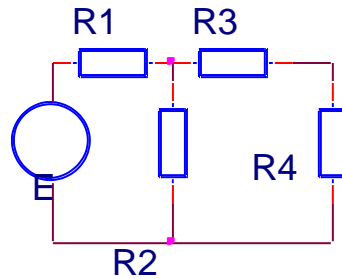
14. На схеме $E_1 = 12$ В, $E_2 = 9$ В, $E_3 = 21$ В - источники постоянного напряжения. Величина резисторов: $R_1 = R_2 = R_3 = 6$ Ом. Что покажет вольтметр?



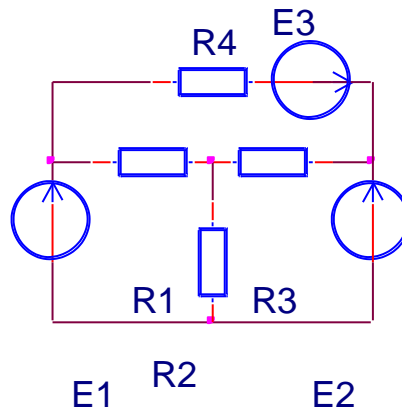
15. В приведенной схеме напряжение источника $E = 200$ В. Величины резисторов: $R_1 = 30$ Ом, $R_2 = 10$ Ом, $R_3 = 20$ Ом, $R_4 = 40$ Ом. Найти ток в перемычке АВ.



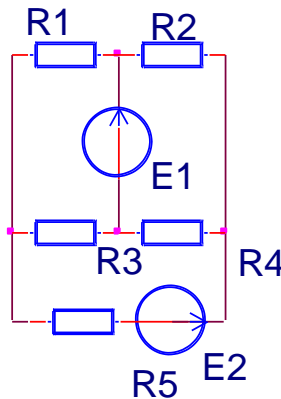
16. На схеме E -источник напряжения. Схема имеет следующие параметры: $E=100\text{В}$, $R_1=40\ \text{Ом}$, $R_2=10\ \text{Ом}$, $R_3=12\ \text{Ом}$, $R_4=30\ \text{Ом}$. Какая мощность выделяется в резисторе R_4 ?



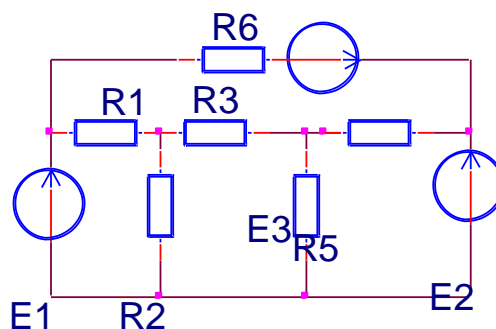
17. Составить систему уравнений на основе законов Кирхгофа для расчета всех токов, обозначив предварительно их направления.



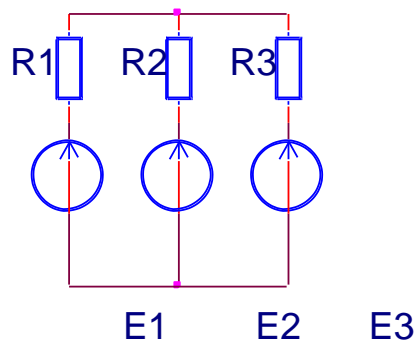
18. Составить систему уравнений на основе законов Кирхгофа для расчета токов, обозначив предварительно их направления.



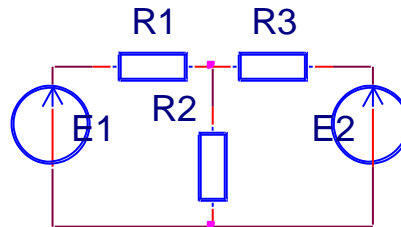
19. Составить систему уравнений на основе законов Кирхгофа для расчета токов во всех элементах цепи, обозначив предварительно их направления.



20. Определить токи в ветвях. $E_1=60$ В, $E_2=65$ В, $E_3=50$ В, $R_1=R_2=50$ Ом, $R_3=100$ Ом.



21. E_1 и E_2 -источники постоянного напряжения. $E_2=100$ В. Величина резисторов: $R_1=50$ Ом, $R_2=10$ Ом, $R_3=30$ Ом. Ток через резистор R_1 не идет. Каково значение E_1 ? Какой ток пойдет через резистор R_1 , если $E_1=100$ В?



22. На схеме E -источник напряжения 120 В. Другие параметры схемы: $R_1=300$ Ом, $R_2=200$ Ом, $R_3=100$ Ом, $R_4=150$ Ом, $R_5=60$ Ом. Какая мощность выделяется в резисторе R_5 ? При какой величине R_5 эта мощность максимальна и каково ее значение?

23. Емкостное сопротивление конденсатора на частоте 400 Гц составляет 500 Ом. Какова емкость конденсатора?

24. В катушке, подключенной к источнику переменного напряжения 380 В, 50 Гц, установился ток 0.2 А. Найти индуктивность катушки. Омическим сопротивлением пренебречь.

25. В розетку 220 В, 50 Гц включена индуктивность 3.5 Гн. Найти ток в цепи.

1. В розетку 220 В, 50 Гц включена емкость 2 мкФ. Найти ток в цепи.

2. В розетку 220 В 50 Гц последовательно включены конденсатор емкостью 2 мкФ и индуктивность 3.5 Гн. Найти ток в цепи.

3. В розетку 220 В 50 Гц параллельно включены индуктивность 3.5 Гн и емкость 2 мкФ. Найти ток в каждой ветви и общий ток.

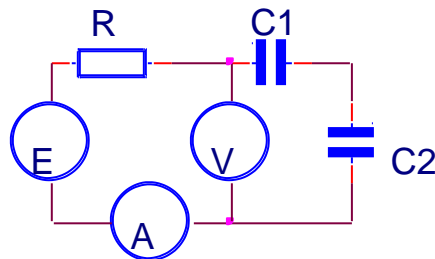
3. В розетку 220 В 50 Гц параллельно включены индуктивность 3.5 Гн и емкость 2 мкФ. Найти ток в каждой ветви и общий ток.

3. В розетку 220 В 50 Гц параллельно включены индуктивность 3.5 Гн и емкость 2 мкФ. Найти ток в каждой ветви и общий ток.

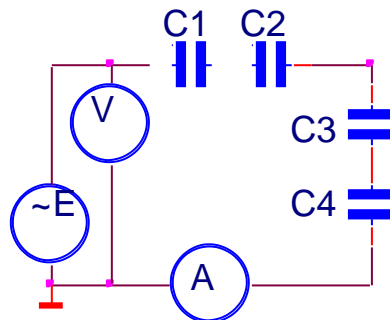
26. К источнику напряжения $u = 200 \cdot \sin(1000 \cdot t)$ подключена катушка, ток в которой описывается выражением: $i = 11 \cdot \sin(1000 \cdot t - 57^\circ)$. Найти индуктивность и активное сопротивление катушки.

27. Заданы мгновенные значения токов $i_1=12\sin(314t-60^\circ)$, $i_2=8\sin(314t-150^\circ)$, $i_3=10\cos(314t+30^\circ)$. Построить векторную диаграмму токов, а также графики их мгновенных значений (волновую диаграмму).
28. Мгновенное значение тока $i=282\sin(314t-30^\circ)$. Привести выражение для комплексной амплитуды и комплексного действующего значения этого тока в показательной, тригонометрической и алгебраической формах.

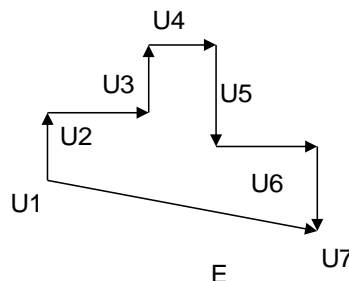
29. На схеме E – генератор синусоидального напряжения амплитудой 200 В. Конденсаторы имеют емкости $C_1=4$ мкФ и $C_2=6$ мкФ. Приборы показывают среднеквадратичное значение $V=50$ В, $A=1$ А. На какой частоте работает генератор?



30. E-генератор переменного напряжения. $C_1=5$ мкФ, $C_2=10$ мкФ, $C_3=3$ мкФ, $C_4=2$ мкФ. Показания приборов: $V=24$ В, $A=0.6$ А. На какой частоте работает генератор? Какое напряжение в точке D относительно земли?

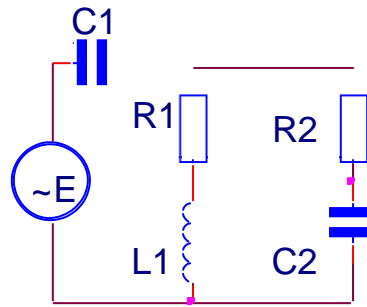


31. Составить принципиальную схему, векторная диаграмма которой изображена на чертеже.

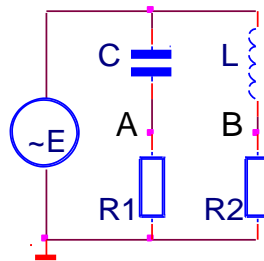


32. Конденсатор емкостью 0.5 мкФ через резистор 300 Ом подключен к источнику переменного напряжения 110 В, 2000 Гц. Какая мощность выделяется в сопротивлении?
33. Для расчета изображенной схемы символическим методом задать направления токов и составить системы уравнений Кирхгофа, отдельно для действительных и мнимых составляющих токов. Полагать численные

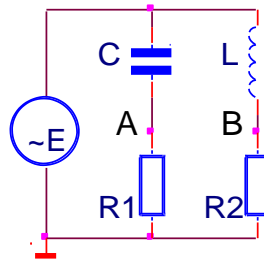
значения активных и реактивных сопротивлений, а также величину и начальную фазу источника известными.



34. На схеме $\sim E$ источник переменного напряжения 400 В. $R_1=R_2=X_C=X_L=200$ Ом. Найти токи во всех ветвях и напряжение между точками А и В.



35. На схеме $\sim E$ источник переменного напряжения действующим значением 200 В. Частота - 50 Гц. $C=3$ мкФ, $L=5$ Гн, $R_1=R_2=1000$ Ом. Найти токи во всех ветвях цепи и модуль напряжения между точками А и В.



36. Конденсатор и катушка индуктивности соединены последовательно и подключены к сети 220 В, 50 Гц. Напряжение на конденсаторе 380 В. Чему равно напряжение на катушке, если в цепи резонанс напряжений?

37. Конденсатор, резистор $R=10$ кОм и катушка индуктивности $L=200$ мкГн соединены параллельно и подключены к источнику переменного напряжения $U=50$ В, $f=200$ кГц. Какой должна быть величина емкости, чтобы в цепи возник резонанс токов? Найти общий ток и ток в каждой из ветвей при резонансе. Потери в катушке не учитывать.

38. В трех фазном приемнике энергии $R_1=55$ Ом, $R_2=R_3=100$ Ом. Фазное

напряжение 220 В. Определить показания амперметров.

39. В трехфазном приемнике энергии $R_1=R_2=R_3=100$ Ом. Линейное напряжение 380 В. Определить показания амперметров при следующих условиях:
40.1-равномерная нагрузка; 2 –короткое замыкание R_1 и обрыв нулевого провода; 3 -обрыв резистора R_1 и наличие нулевого провода; 4-обрыв резистора R_1 и нейтрали.

7.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Критерии оценки лабораторных работ

Оценка «5» (отлично): выполнены все задания лабораторной работы, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

Оценка «4» (хорошо): выполнены все задания лабораторной работы, студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

Оценка «3» (удовлетворительно): выполнены все задания лабораторной работы с замечаниями, студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

Оценка «2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания лабораторной работы; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы

Критериями оценки реферата являются: новизна текста, обоснованность выбора источников литературы, степень раскрытия сущности вопроса, соблюдения требований к оформлению.

Оценка «**отлично**» – выполнены все требования к написанию реферата: обозначена проблема и обоснована её актуальность; сделан анализ различных точек зрения на рассматриваемую проблему и логично изложена собственная позиция; сформулированы выводы, тема раскрыта полностью, выдержан объём; соблюдены требования к внешнему оформлению.

Оценка «**хорошо**» – основные требования к реферату выполнены, но при этом допущены недочёты. В частности, имеются неточности в изложении материала; отсутствует логическая последовательность в суждениях; не выдержан объём реферата; имеются упущения в оформлении.

Оценка «**удовлетворительно**» – имеются существенные отступления от требований к реферированию. В частности: тема освещена лишь частично; допущены фактические ошибки в содержании реферата; отсутствуют выводы.

Оценка «**неудовлетворительно**» – тема реферата не раскрыта, обна-

руживается существенное непонимание проблемы или реферат не представлен вовсе.

Критерии оценки знаний при проведении тестирования

Оценка «**отлично**» выставляется при условии правильного ответа студента не менее чем на 85 % тестовых заданий;

Оценка «**хорошо**» выставляется при условии правильного ответа студента не менее чем на 70 % тестовых заданий;

Оценка «**удовлетворительно**» выставляется при условии правильного ответа студента не менее чем на 51 %;

Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется при условии правильного ответа студента менее чем на 50 % тестовых заданий.

Результаты текущего контроля используются при проведении промежуточной аттестации.

Критерии оценки на экзамене

Оценка «**отлично**» выставляется обучающемуся, который обладает всесторонними, систематизированными и глубокими знаниями материала учебной программы, умеет свободно выполнять задания, предусмотренные учебной программой, усвоил основную и ознакомился с дополнительной литературой, рекомендованной учебной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется обучающемуся усвоившему взаимосвязь основных положений и понятий дисциплины в их значении для приобретаемой специальности, проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании учебного материала, правильно обосновывающему принятые решения, владеющему разносторонними навыками и приемами выполнения практических работ.

Оценка «**хорошо**» выставляется обучающемуся, обнаружившему полное знание материала учебной программы, успешно выполняющему предусмотренные учебной программой задания, усвоившему материал основной литературы, рекомендованной учебной программой. Как правило, оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, показавшему систематизированный характер знаний по дисциплине, способному к самостоятельному пополнению знаний в ходе дальнейшей учебной и профессиональной деятельности, правильно применяющему теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеющему необходимыми навыками и приемами выполнения практических работ.

Оценка «**удовлетворительно**» выставляется обучающемуся, который показал знание основного материала учебной программы в объеме, достаточном и необходимым для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справился с выполнением заданий, предусмотренных учебной программой, знаком с основной литературой, рекомендованной учебной программой. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, допустившему погрешности в ответах на экзамене или выполнении экзаменационных заданий, но обладающему необходимыми знаниями под

руководством преподавателя для устранения этих погрешностей, нарушающему последовательность в изложении учебного материала и испытывающему затруднения при выполнении практических работ.

Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется обучающемуся, не знающему основной части материала учебной программы, допускающему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных учебной программой заданий, неуверенно с большими затруднениями выполняющему практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не может продолжить обучение или приступить к деятельности по специальности по окончании университета без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

8 Перечень основной и дополнительной литературы

Основная

1. Смирнов Ю. А., Муханов А. В. Электронные и микропроцессорные системы управления автомобилями [Электронный ресурс]: Учебное пособие. — СПб.: Издательство «Лань», 2012. — 624 с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература). — Режим доступа:

<http://e.lanbook.com/view/book/3720/page4/>. — ЭБС «Издательство «Лань», по паролю

2. Чижков Ю.П. Электрооборудование автомобилей и тракторов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Чижков Ю.П. — Электрон.текстовые данные. — М.: Машиностроение, 2007. — 656 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/5188>. — ЭБС «IPRbooks», по паролю

3. Системы электроснабжения и электроразпуска двигателей автомобилей и тракторов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ А.В. Бериллов [и др.]. — Электрон.текстовые данные. — М.: Издательский дом МЭИ, 2011. — 96 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/33132>. — ЭБС «IPRbooks», по паролю

4. Электрооборудование ТС АПК: Методические указания для лабораторных работ / А. А. Титученко. — Краснодар: КубГАУ, 2016. — 21 с. — Режим доступа -

https://edu.kubsau.ru/file.php/115/UP_EHlektrooborudovanie_traktorov_i_avtomobilei.pdf

Дополнительная

1. Соснин Д.А. Автотроника. Электрооборудование и системы бортовой автоматизации современных легковых автомобилей [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Соснин Д.А. — Электрон.текстовые данные. — М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2008. — 272 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/8634>. — ЭБС «IPRbooks», по паролю

2. Николаенко С.А. Автоматизация технологических процессов: учебное пособие / С.А. Николаенко, Д.С. Цокур. — Краснодар: КубГАУ, 2017. — 109 с.

– Режим доступа: <http://edu.kubsau.ru/mod/resource/view.php?id=4555>. – Образовательный портал.

3. Богатырев Н.И. Современные аппараты управления и защиты: Учебник для вузов - Краснодар: ООО «Крон», 2016 - 480 с.

4. Диагностика электрооборудования автомобилей и тракторов: Учебное пособие / В.А. Набоких. – М.: Форум: НИЦ Инфра-М, 2013. – 288 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). ISBN 978-5-91134-683-6. — Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=360226>

5. Оськин С.В. Автоматизированный электропривод: Учебник/С.В. Оськин: ООО «Крон», 2014.-511 с. http://edu.kubsau.ru/file.php/124/04_Avtomatizirovannyi_ehлектропривод.pdf

6. Титова И.В. Технология сельскохозяйственного машиностроения [Электронный ресурс] : методические указания для курсового проектирования по дисциплине «Технология сельскохозяйственного машиностроения» для направления 35.03.06 «Агроинженерия», профиль «Технический сервис в АПК» / И.В. Титова, В.К. Астанин. — Электрон.текстовые данные. — Воронеж: Воронежский Государственный Аграрный Университет им. Императора Петра Первого, 2017. — 72 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72843.html>.

7. Электрооборудование и ЭСУД бюджетных легковых автомобилей: Практическое пособие / Родин А.В. – М.: СОЛОН-Пр., 2015. – 112 с.: ил. ISBN 978-5-91359-144-9. — Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=884454>

8. Электрические машины. Асинхронные и синхронные машины. Лабораторный практикум. Чеснюк Е.Н., Стрижков И.Г. Режим доступа - https://edu.kubsau.ru/file.php/124/08_Asinkh._i_sinkhr._mashiny._2013g.pdf

9 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Образовательный портал КубГАУ [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://edu.kubsau.local>

2. Научная электронная библиотека www.eLIBRARY.RU

3. Вахламов В. К. Автомобили : Основы конструкции : учебник для студ. высш. учеб. заведений / В. К. Вахламов. — 4-е изд., стер. — М.: Издательский центр «Академия», 2008. — 528 с. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://padabum.com/d.php?id=19578>

4. Устройство, обслуживание и ремонт автомобилей [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.dvfokin.narod.ru/>

5. Системы современного автомобиля [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://systemsauto.ru/>

10 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

1. Оськин С.В. Использование интерактивных методов обучения при подготовке бакалавров и магистров: метод. реком. / С.В. Оськин, Н.И. Богатырёв. - Краснодар: КубГАУ, 2014. – 128 с. Режим доступа: <https://edu.kubsau.ru/file.php/124/1.pdf>
2. Оськин С.В. Методические рекомендации по процедуре оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, на этапах формирования компетенций.-КубГАУ.- Краснодар, 2016.- 53 с. Режим доступа: https://edu.kubsau.ru/file.php/124/01_Metodichka_kompetencii2016_1_.pdf
3. Методика экспериментальных исследований / Н.С. Баракин, Н.И. Богатырёв, А.А. Кумейко – Краснодар: КубГАУ, 2019. – 89 с. ил. — Режим доступа: https://edu.kubsau.ru/file.php/124/MU_Metodika_eksperimentalnykh_issledovaniy_532298_v1_.PDF
4. Электрические машины.Асинхронные и синхронные машины. Лабораторный практикум. Чеснюк Е.Н., Стрижков И.Г.Режим доступа - https://edu.kubsau.ru/file.php/124/08_Asinkh._i_sinkhr._mashiny._2013g.pdf
5. Электрооборудование ТС АПК: Методические указания для лабораторных работ / А. А. Титученко. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 21 с. – Режим доступа https://edu.kubsau.ru/file.php/115/UP_ENlektrooborudovanie_traktorov_i_avtomobilei.pdf

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационно-справочных систем

Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине позволяют: обеспечить взаимодействие между участниками образовательного процесса, в том числе синхронное и (или) асинхронное взаимодействие посредством сети «Интернет»; фиксировать ход образовательного процесса, результатов промежуточной аттестации по дисциплине и результатов освоения образовательной программы; организовать процесс образования путем визуализации изучаемой информации посредством использования презентаций, учебных фильмов; контролировать результаты обучения на основе компьютерного тестирования.

11.1 Перечень лицензионного программного обеспечения

№	Наименование	Краткое описание
1	Microsoft Windows	Операционная система
2	Microsoft Office (включает Word, Excel, PowerPoint)	Пакет офисных приложений
3	Система тестирования INDIGO	Тестирование

4	Microsoft Visio	Схемы и диаграммы
5	Microsoft Access	СУБД
6	Компас	САПР
7	Autodesk Autocad	САПР
8	Statistica	Статистика

Справочные системы

Справочная система "Образование"[Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://1obraz.ru/about/>

12 Материально-техническое обеспечение для обучения по дисциплине

Планируемые помещения для проведения всех видов учебной деятельности

№ п/п	Наименование учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), практики, иных видов учебной деятельности, предусмотренных учебным планом образовательной программы	Наименование помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом, в том числе помещения для самостоятельной работы, с указанием перечня основного оборудования, учебно-наглядных пособий и используемого программного обеспечения	Адрес (местоположение) помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом (в случае реализации образовательной программы в сетевой форме дополнительно указывается наименование организации, с которой заключен договор)
1	2	3	4
1	Электрооборудование технических средств АПК	Помещение №106 ЭЛ, посадочных мест — 44; площадь — 106,1 кв.м; лаборатория . лабораторное оборудование (оборудование лабораторное — 3 шт.; измеритель — 1 шт.; стенд лабораторный — 7 шт.; генератор — 4 шт.); технические средства обучения (проектор — 1 шт.); специализированная мебель(учебная доска, учебная мебель)	350044, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. им. Калинина, 13

2	Электрооборудование технических средств АПК	Помещение №107 ЭЛ, посадочных мест — 30; площадь — 105,9 кв.м; лаборатория . сплит-система — 1 шт.; лабораторное оборудование (оборудование лабораторное — 3 шт.; измеритель — 13 шт.; стенд лабораторный — 1 шт.); технические средства обучения (проектор — 1 шт.; компьютер персональный — 9 шт.); специализированная мебель(учебная доска, учебная мебель)	350044, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. им. Калинина, 13
3	Электрооборудование технических средств АПК	Помещение №336 МХ, посадочных мест — 28; площадь — 62,6 кв.м; учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. специализированная мебель(учебная доска, учебная мебель)	350044, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. им. Калинина, 13
4	Электрооборудование технических средств АПК	Помещение №339 МХ, посадочных мест — 18; площадь — 58 кв.м; лаборатория . лабораторное оборудование (оборудование лабораторное — 1 шт.; стенд лабораторный — 6 шт.; осциллограф — 1 шт.); технические средства обучения (сканер — 2 шт.); специализированная мебель(учебная доска, учебная мебель)	350044, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. им. Калинина, 13

5	<p>Электрооборудование технических средств АПК</p>	<p>Помещение №357 МХ, посадочных мест — 20; площадь — 41,7 кв.м; помещение для самостоятельной работы. технические средства обучения (компьютеры персональные); доступ к сети «Интернет»; доступ в электронную информационно- образовательную среду университета; специализированная мебель(учебная мебель). Программное обеспечение: Windows, Office, специализированное лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, предусмотренное в рабочей программе</p>	<p>350044, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. им. Калини- на, 13</p>
---	--	---	---