

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ И. Т. ТРУБИЛИНА»**

ФАКУЛЬТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета энергетики

Доцент А.А.Шевченко

22 апреля 2020 г.



Рабочая программа дисциплины

«Электропривод»

Направление подготовки
35.03.06 «Агроинженерия»

Направленность подготовки
«Электрооборудование и электротехнологии»

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Форма обучения
Очная, заочная

Краснодар
2020

Рабочая программа дисциплины «Электропривод» разработана на основе ФГОС ВО 35.03.06 Агроинженерия утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ 23 августа 2017 г. № 813

Автор:
канд. техн. наук, профессор


Н.И. Богатырев

Рабочая программа обсуждена и рекомендована к утверждению решением кафедры электрических машин и электропривода от 13 апреля 2020 г., протокол № 12

Заведующий кафедрой
д-р техн. наук, профессор


С.В. Оськин

Рабочая программа одобрена на заседании методической комиссии факультета энергетики от 22.04.2020 г., протокол № 8

Председатель
методической комиссии
д -р техн. наук, профессор


И.Г. Стрижков

Руководитель
основной профессиональной
образовательной программы
канд. техн. наук, доцент


С.А. Николаенко

1 Цель и задачи освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины Б1.О.35 «Электропривод» является формирование у бакалавров знаний, позволяющих самостоятельно и творчески решать задачи проектирования и эксплуатации рациональных автоматизированных электроприводов для агропромышленного комплекса страны и других смежных отраслей.

Задачи дисциплины

- изучение и работа с методическими, нормативными и руководящими документами по дисциплине электропривод;
- изучение и владение основами теории и методами расчета электропривода, обеспечивающие постоянство работы машин и оборудования, уменьшения эксплуатационных затрат и повышения качества производимой продукции;
- владение принципами и законами управления и регулирования электроприводов машин, агрегатов и поточных линий в агропромышленном производстве;
- проектирование системы автоматизированного управления электроприводами машин, агрегатов и поточных линий.

2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

ОПК-1 Способен решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических, естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин с применением информационно-коммуникационных технологий

3 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Б1.О.35 «Электропривод» является дисциплиной обязательной части образовательных отношений ОПОП ВО подготовки обучающихся по направлению 35.03.06 «Агроинженерия», направленность «Электрооборудование и электротехнологии».

4 Объем дисциплины (216 часа, 6 зачетных единицы)

Виды учебной работы	Объем, часов	
	Очная	Заочная
Контактная работа	108	24
в том числе:		
— аудиторная по видам учебных занятий	104	20
— лекции	40	4
— практические	38	8

Виды учебной работы	Объем, часов	
	Очная	Заочная
— лабораторные	26	8
— внеаудиторная	-	-
— зачет	1	1
— экзамен	3	3
— защита курсовых работ (проектов)	-	-
Самостоятельная работа в том числе:	108	192
— курсовая работа (проект)	-	-
— прочие виды самостоятельной работы	108	192
Итого по дисциплине	216	216

5 Содержание дисциплины

Дисциплина изучается на 3 и 4 курсе, в 6 и 7 семестре (очное), а также на 4 и 5 курсе в 8 и 9 семестре (заочное).

По итогам изучаемого курса студенты сдают зачет и экзамен.

Содержание и структура дисциплины по очной форме обучения

№ п/ п	Темы. Основные вопросы	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1	Краткий исторический обзор развития электропривода. Определение понятия электропривод. Классификация электроприводов. Предмет, задачи, структура и методика изучения дисциплины. Механические и электромеханические характеристики ДПТ.	УК-1 ОПК-1	6	2	2	-	5
2	Механические и электромеханические характеристики электрических двигателей постоянного.	УК-1 ОПК-1	6	2	2	4	5
3	Механические и электромеханические характеристики АД.	УК-1 ОПК-1	6	2	2	-	5

№ п/ п	Темы. Основные вопросы	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
4	Тормозные режимы электрических двигателей, особенности и область их применения.	ОПК-1	6	2	2	4	5
5	Понятие о координате электропривода. Способы регулирования координат электропривода.	ОПК-1	6	2	2	-	5
6	Регулирование скорости электрических двигателей постоянного тока.	ОПК-1	6	2	2	4	5
7	Регулирование угловой скорости асинхронных двигателей	ОПК-1	6	2	2	-	5
8	Статическая устойчивость электропривода. Уравнение движения электропривода и его анализ.	ОПК-1	6	2	2	4	5
9	Приведение моментов сопротивления и усилий моментов инерции и массы рабочей машины к скорости вала двигателя.	ОПК-1	6	2	2	-	5

№ п/ п	Темы. Основные вопросы	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
10	Переходные процессы электропривода с динамическим моментом, линейно и не-линейно зависящим от скорости.	ОПК-1	7	2	-	-	5
11	Энергетика переходных процессов.	ОПК-1	7	2	2	2	5
12	Потери энергии в переходных процессах и способы снижения этих потерь.	ОПК-1	7	2	2	-	5
13	Методы расчета и выбора электропривода. Общие сведения.	ОПК-1	7	2	2	2	5

№ п/ п	Темы. Основные вопросы	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лекции	Практиче ские занятия	Лаборат орные занятия	Самостоя тельная работа
14	Факторы, определяющие мощность электродвигателя. Нагрев и охлаждение электродвигателя.	ОПК-1	7	2	2	-	5
15	Классификация режимов работы электропривода.	ОПК-1	7	2	2	2	5
16	Расчет мощности и выбор электродвигателя в различных режимах работы разными методами.	ОПК-1	7	2	2	-	5
17	Аппаратура и автоматическое управление электроприводами.	ОПК-1	7	2	2	2	5
18	Бесконтактные системы управления. Принципы автоматического управления пуском и торможением электроприводов.	ОПК-1	7	2	2	-	5
19	Типовые схемы АСУ ЭП постоянного и переменного тока.	ОПК-1	7	2	2	2	5
20	Общая методика выбора электропривода.	ОПК-1	7	2	2	-	13
	Итого			40	38	26	108

Содержание и структура дисциплины по заочной форме обучения

№ п/ п	Темы. Основные вопросы	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1	Краткий исторический обзор развития электропривода. Определение понятия электропривод. Классификация электроприводов. Предмет, задачи, структура и методика изучения дисциплины. Механические и электромеханические характеристики ДПТ.	УК-1 ОПК-1	8	2	4	4	9
2	Механические и электромеханические характеристики электрических двигателей постоянного.	УК-1 ОПК-1	8	-	-	-	9
3	Механические и электромеханические характеристики АД.	УК-1 ОПК-1	8	-	-	-	9
4	Тормозные режимы электрических двигателей, особенности и область их применения.	ОПК-1	8	-	-	-	9
5	Понятие о координате электропривода. Способы регулирования координат электропривода.	ОПК-1	8	-	-	-	9
6	Регулирование скорости электрических двигателей постоянного тока.	ОПК-1	8	-	-	-	9
7	Регулирование угловой скорости асинхронных двигателей	ОПК-1	8	-	-	-	9
8	Статическая устойчивость электропривода. Уравнение движения электропривода и его анализ.	ОПК-1	8	-	-	-	9
9	Приведение моментов сопротивления и усилий моментов инерции и массы рабочей машины к скорости вала двигателя.	ОПК-1	8	-	-	-	9

№ п/ п	Темы. Основные вопросы	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
10	Переходные процессы электропривода с динамическим моментом, линейно и не-линейно зависящим от скорости.	ОПК-1	9	2	4	4	9
11	Энергетика переходных процессов.	ОПК-1	9				9
12	Потери энергии в переходных процессах и способы снижения этих потерь.	ОПК-1	9				9
13	Методы расчета и выбора электропривода. Общие сведения.	ОПК-1	9				9
14	Факторы, определяющие мощность электродвигателя. Нагрев и охлаждение электродвигателя.	ОПК-1	9				9
15	Классификация режимов работы электропривода.	ОПК-1	9				9
16	Расчет мощности и выбор электродвигателя в различных режимах работы разными методами.	ОПК-1	9				9
17	Аппаратура и автоматическое управление электроприводами.	ОПК-1	9				9
18	Бесконтактные системы управления. Принципы автоматического управления пуском и торможением электроприводов.	ОПК-1	9				9
19	Типовые схемы АСУ ЭП постоянного и переменного тока.	ОПК-1	9				15
20	Общая методика выбора электропривода.	ОПК-1	9				15
	Итого	4		4	8	8	192

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

1. Оськин С.В., Богатырев Н.И. Электрический привод: учебник для вузов / С.В. Оськин, Н.И. Богатырев. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 490 с.: ил. Режим доступа: https://edu.kubsau.ru/file.php/124/02_Ehlektricheskii_privod_31.07.2016.pdf

2. Богатырев Н.И. Практикум по электрическому приводу: учебное пособие для вузов / Н.И. Богатырев, Н.С. Баракин, С.В. Оськин – Краснодар: КубГАУ, 2017. – 306 с.: ил. Режим доступа: https://edu.kubsau.ru/file.php/124/PRAKTIKUM_po_ehlektricheskomu_privodu.pdf

7 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

7.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения ОПОП ВО

Номер семестра (этап формирования компетенции соответствует номеру семестра)	Этапы формирования и проверки уровня сформированности компетенций по дисциплинам, практикам в процессе освоения ОПОП ВО
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	
1	Введение в профессиональную деятельность
1	Начертательная геометрия
1,2,3	Физика
1,2,3	Математика
2	Информатика
2	Химия
2	Философия
2	Теоретическая механика
2	Инженерная графика
3	Основы производства продукции растениеводства
3	Сопротивление материалов
3	Электротехнические материалы
3,4	Теоретические основы электротехники
4	Основы производства продукции животноводства
4	Электрические измерения
5	Автоматика
5	Электронная техника
6	Экономическая теория
6	Основы электротехнологии
6	Электроснабжение
6,7	Электропривод
7	Электротехнологии в АПК
8	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы

Номер семестра (этап формирования компетенции соответствует номеру семестра)	Этапы формирования и проверки уровня сформированности компетенций по дисциплинам, практикам в процессе освоения ОПОП ВО
<i>ОПК-1. Способен решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических, естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин с применением информационно-коммуникационных технологий</i>	
1	Начертательная геометрия
1,2,3	Математика
1,2,3	Физика
2	Химия
2	Инженерная графика
2	Теоретическая механика
2	Информатика
2	Ознакомительная практика (в том числе получение первичных навыков научно-исследовательской работы)
2, 3	Материаловедение и технология конструкционных материалов
3	Сопротивление материалов
3	Цифровые технологии
3,4	Теоретические основы электротехники
5	Автоматика
5	Гидравлика
5	Теплотехника
6, 7	<i>Электропривод</i>
7	Экономика и организация производства на предприятии АПК
8	Основы микропроцессорной техники
8	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы
Номер семестра (этап формирования компетенции соответствует номеру семестра)	Этапы формирования и проверки уровня сформированности компетенций по дисциплинам, практикам в процессе освоения ОПОП ВО

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

Планируемые результаты освоения	Уровень освоения				Оценочное средство
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо» средний	«отлично» высокий	

компетенции (индикаторы достижения компетенции)	минимальный не достигнут	минимальный (пороговый)			
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач					
Знать: - параметры технологических процессов, качества продукции и выполненных работ при монтаже, наладке, эксплуатации энергетического и электротехнического оборудования, машин и установок в сельскохозяйственном производстве	Не владеет знаниями в областях: - параметров технологических процессов, качества продукции и выполненных работ при монтаже, наладке, эксплуатации энергетического и электротехнического оборудования, машин и установок в сельскохозяйственном производстве	Имеет поверхностные знания в областях: - параметров технологических процессов, качества продукции и выполненных работ при монтаже, наладке, эксплуатации энергетического и электротехнического оборудования, машин и установок в сельскохозяйственном производстве	Знает: - параметры технологических процессов, качества продукции и выполненных работ при монтаже, наладке, эксплуатации энергетического и электротехнического оборудования, машин и установок в сельскохозяйственном производстве	Знает на высоком уровне: - параметры технологических процессов, качества продукции и выполненных работ при монтаже, наладке, эксплуатации энергетического и электротехнического оборудования, машин и установок в сельскохозяйственном производстве	Реферат, задания лабораторных работ, тест
Уметь: -осуществлять производственный контроль параметров технологических процессов, качества продукции и выполненных работ при монтаже, наладке, эксплуатации энергетического и электротехнического оборудования, машин и установок в сельскохозяйственном производстве	Не умеет: осуществлять производственный контроль параметров технологических процессов, качества продукции и выполненных работ при монтаже, наладке, эксплуатации энергетического и электротехнического оборудования, машин и установок в сельскохозяйственном производстве	Умеет на низком уровне: -осуществлять производственный контроль параметров технологических процессов, качества продукции и выполненных работ при монтаже, наладке, эксплуатации энергетического и электротехнического оборудования, машин и установок в сельскохозяйственном производстве	Умеет на достаточном уровне: -осуществлять производственный контроль параметров технологических процессов, качества продукции и выполненных работ при монтаже, наладке, эксплуатации энергетического и электротехнического оборудования, машин и установок в сельскохозяйственном производстве	Умеет на высоком уровне: -осуществлять производственный контроль параметров технологических процессов, качества продукции и выполненных работ при монтаже, наладке, эксплуатации энергетического и электротехнического оборудования, машин и установок в сельскохозяйственном производстве	Тесты с задачами

Иметь навык и (или) владеть: -способностью осуществлять производственный контроль параметров технологических процессов, качества продукции и выполненных работ при монтаже, наладке, эксплуатации энергетического и электротехнического оборудования, машин и установок в сельскохозяйственном производстве	Не владеет: -способностью осуществлять производственный контроль параметров технологических процессов, качества продукции и выполненных работ при монтаже, наладке, эксплуатации энергетического и электротехнического оборудования, машин и установок в сельскохозяйственном производстве	Владеет на низком уровне: -способностью осуществлять производственный контроль параметров технологических процессов, качества продукции и выполненных работ при монтаже, наладке, эксплуатации энергетического и электротехнического оборудования, машин и установок в сельскохозяйственном производстве	Владеет на достаточном уровне: -способностью осуществлять производственный контроль параметров технологических процессов, качества продукции и выполненных работ при монтаже, наладке, эксплуатации энергетического и электротехнического оборудования, машин и установок в сельскохозяйственном производстве	Владеет на высоком уровне: -способностью осуществлять производственный контроль параметров технологических процессов, качества продукции и выполненных работ при монтаже, наладке, эксплуатации энергетического и электротехнического оборудования, машин и установок в сельскохозяйственном производстве	Реферат.
---	--	--	---	---	----------

ОПК-1 Способен решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических, естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин с применением информационно-коммуникационных технологий

Знать: - типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических, естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин с применением информационно-коммуникационных технологий	Не владеет знаниями в областях: - профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических, естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин с применением информационно-коммуникационных технологий	Имеет поверхностные знания в областях: - профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических, естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин с применением информационно-коммуникационных технологий	Знает: - этапы профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических, естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин с применением информационно-коммуникационных технологий	Знает на высоком уровне: - этапы профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических, естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин с применением информационно-коммуникационных технологий	Вопросы к экзамену
--	--	---	---	---	--------------------

Уметь: использовать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических, естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин с применением информационных технологий	Не умеет: использовать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических, естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин с применением информационных технологий	Умеет на низком уровне: использовать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических, естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин с применением информационных технологий	Умеет на достаточном уровне: использовать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических, естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин с применением информационных технологий	Умеет на высоком уровне: использовать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических, естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин с применением информационных технологий	Тесты с задачами
Иметь навык и (или) владеть: решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических, естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин с применением информационных технологий	Не владеет: - способностью решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических, естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин с применением информационных технологий	Владеет на низком уровне: решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических, естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин с применением информационных технологий	Владеет на достаточном уровне: решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических, естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин с применением информационных технологий	Владеет на высоком уровне: решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических, естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин с применением информационных технологий	Реферат.

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

Примеры лабораторных работ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 12

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАГРЕВА И ОХЛАЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Цель работы: изучить протекание процессов нагрева и охлаждения электродвигателей, уяснить методику нагрева и охлаждения и их теоретического расчета.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Из теории известно, что при постоянной скорости подвода тепла к нагреваемому телу и равномерном нагреве массы тела процесс нарастания температуры происходит по экспоненциальному закону и выражается уравнением:

$$\tau = \tau_{уст} \left(1 - e^{-\frac{t}{T_n}} \right) + \tau_0 e^{-\frac{t}{T_n}} \quad (1)$$

где $\tau_{уст}$ – установившаяся температура превышения нагреваемого тела над окружающей средой, соответствующая тепловому равновесию, град;

T_n – постоянная времени нагрева, численно равная отношению теплоемкости C [Дж/оС], к теплопередаче A , [Дж/оС] ;

τ_0 – начальное превышение температуры, град.

Применительно к электродвигателю, включаемому после длительного бездействия, когда его температура не отличается от температуры окружающей среды ($\tau_0 = 0$), уравнение его нагрева с учетом некоторых упрощений можно представить в виде:

$$\tau = \tau_{уст} \left(1 - e^{-\frac{t}{T_n}} \right) \quad (2)$$

При расчетах текущее значение времени принять равным:

$t = 0; 2; 6; 8; 12; 18; 20; 30; 40$ мин.

Соответственно уравнение изменения температуры двигателя, отключенного от сети после того, как он достигнет теплового равновесия, будет:

$$\tau = \tau_{уст} \cdot e^{-\frac{t}{T_0}} \quad (3)$$

где T_0 – постоянная времени охлаждения (численно отличается от T_n с учетом разницы теплоотдачи при бездействии от теплоотдачи при работе), $T_0 = 36$ мин.

При расчетах текущее значение времени принять равным:

$t = 0,2T_0; 0,4T_0; 0,6T_0; 0,8T_0; T_0; 2T_0; 3T_0; 4T_0$.

Температура превышения над окружающей средой работающего двигателя не должна быть выше пределов, определяемых теплостойкостью изоляции.

Согласно ГОСТу 183-86 в электрических машинах применяются изоляционные материалы классов А, Е, В, F, Н, предельно допустимая температура которых соответственно равна 105 °С, 120 °С, 130 °С, 155 °С, 180 °С. Стандартным уровнем температуры окружающей среды считается +40оС. Следовательно, номинальное значение

превышения температуры теплового равновесия для электродвигателя в зависимости от класса его изоляции может составить 65 °С; 80 °С; 90 °С; 115 °С; 140 °С. Это предельная температура превышения определяет номинальную мощность нагрузки на валу двигателя (P_n).

В лабораторной установке снятие кривой нагрева осуществляется с помощью термопар, заложенных в пазы статора короткозамкнутого асинхронного двигателя. Концы от термопар выведены на милливольтметр, показания которого пропорциональны температуре двигателя. В качестве нагрузки двигателя используется электромагнитный тормоз или генератор постоянного тока.

где T_0 – постоянная времени охлаждения (численно отличается от T_n с учетом разницы теплоотдачи при бездействии от теплоотдачи при работе), $T_0 = 36$ мин.

При расчетах текущее значение времени принять равным:

$$t = 0,2T_0; 0,4T_0; 0,6T_0; 0,8T_0; T_0; 2T_0; 3T_0; 4T_0.$$

Температура превышения над окружающей средой работающего двигателя не должна быть выше пределов, определяемых теплостойкостью изоляции.

Согласно ГОСТу 183-86 в электрических машинах применяются изоляционные материалы классов А, Е, В, F, Н, предельно допустимая температура которых соответственно равна 105 °С, 120 °С, 130 °С, 155 °С, 180 °С. Стандартным уровнем температуры окружающей среды считается +40°С. Следовательно, номинальное значение превышения температуры теплового равновесия ($\tau_{уст}$) для электродвигателя в зависимости от класса его изоляции может составить 65 °С; 80 °С; 90 °С; 115 °С; 140 °С. Это предельная температура превышения определяет номинальную мощность нагрузки на валу двигателя (P_n).

В лабораторной установке снятие кривой нагрева осуществляется с помощью термопар, заложенных в пазы статора короткозамкнутого асинхронного двигателя. Концы от термопар выведены на милливольтметр, показания которого пропорциональны температуре двигателя. В качестве нагрузки двигателя используется электромагнитный тормоз или генератор постоянного тока.

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. Ознакомиться с электроустановкой и снять кривую нагрева электродвигателя. Принципиальная схема дана на рис. 12.1.

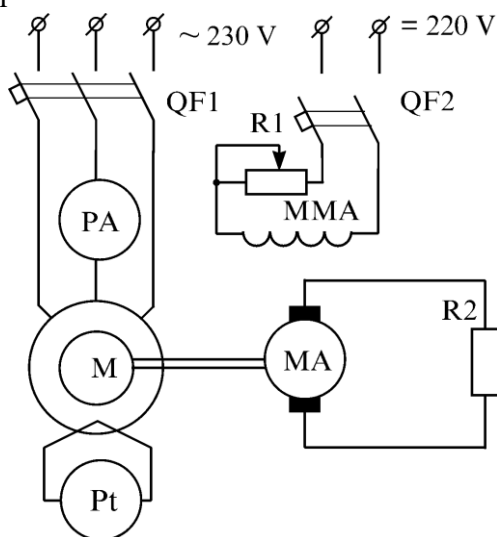


Рисунок 12.1. Схема лабораторной установки

Нагрузка на валу двигателя должна быть постоянной, соответствующей номинальному току двигателя. Результаты заносятся в таблицу 12.1.

Таблица 12.1

t, минут	0	2	4	6	8	12	18	28	40
U, дел.									
τ_n , °C									
$\tau_{охл}$, °C									

Примечание: 1 дел. \equiv 4 °C.

Учитывая характер кривой нагрева, первоначально запись показаний следует вести чаще, постепенно увеличивая интервалы.

2.2. После отключения двигателя снять кривую охлаждения и записать в табл. 12.1.

2.3. Построить по точкам кривую нагрева $\tau_n = f(t)$, найти по ней $\tau_{уст}$.

2.4. По кривой $\tau_n = f(t)$ определить постоянную времени нагрева T_n , пользуясь тремя известными методами, описанными ниже.

2.4.1. Метод касательной. Касательная в начальной точке отсекает на линии $\tau_{уст}$ отрезок, проекция которого на ось времени даст величину T_n (рис. 12.2).

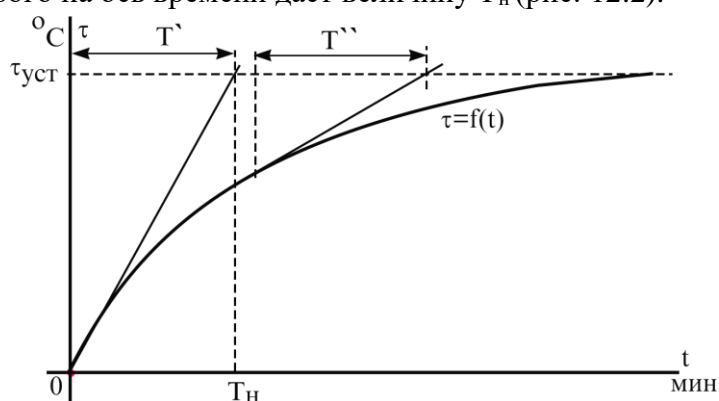


Рисунок 12.2. Кривую нагрева электродвигателя

2.4.2. Время, соответствующее $\tau = 0,632\tau_{уст}$, соответствует величина T_n (рис.12.3).

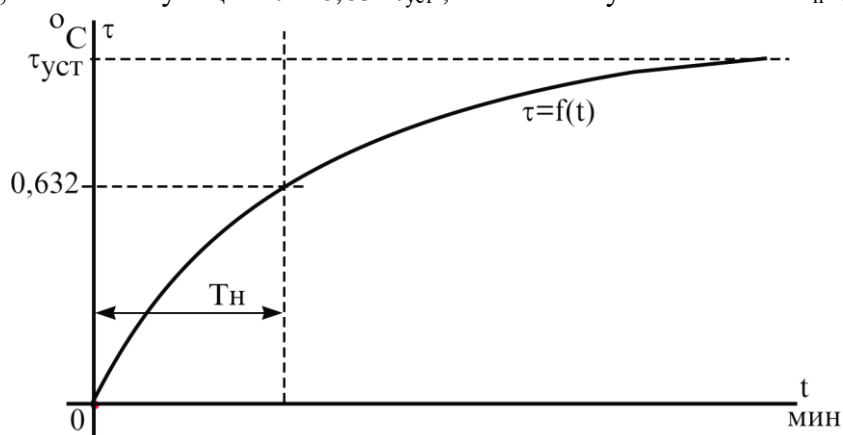


Рисунок 12.3. Кривую нагрева электродвигателя

2.4.3. Метод трех точек (рис.12.4). Для испытываемого двигателя рекомендуется брать время с равными интервалами измерений в пределах 10 минут.

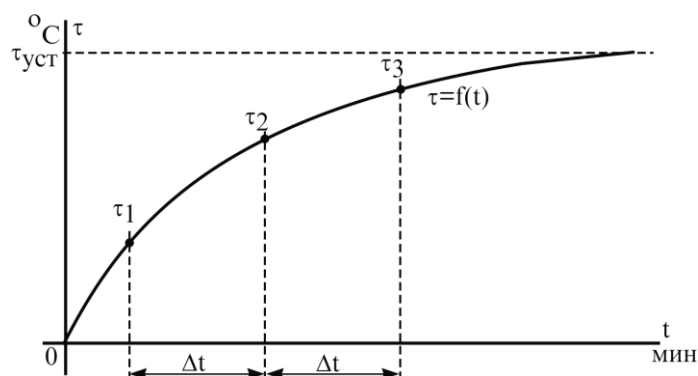


Рисунок 12.4. Кривую нагрева электродвигателя

$$T_n = \frac{\Delta t}{\ln \frac{\tau_2 - \tau_1}{\tau_3 - \tau_2}}.$$

2.5. Пользуясь данными, полученными из кривой нагрева, определить номинальную мощность двигателя P_n по формуле:

$$P_n = P_{нагр} \sqrt{\frac{\tau_{уст.н}}{\tau_{уст}}}, \quad (4)$$

где $P_{нагр}$ - мощность на валу двигателя, Вт;

$\tau_{уст.н}$ - номинальная температура превышения двигателя, соответствующая классу теплостойкости изоляции;

$\tau_{уст}$ - температура превышения при тепловом равновесии (берется из снятой кривой).

2.6. Определить предельно допустимую мощность нагрузки двигателя P_x с учетом действительной температуры окружающей среды, отличающейся от принятой (+40 °C). Пересчет производится по формуле:

$$P_x = P_n \cdot \sqrt{1 - \frac{\Delta\tau}{\tau_{уст.н}} \cdot (\alpha + 1)}, \quad (5)$$

где $\Delta\tau$ - разность между фактической температурой окружающей среды и стандартной (+40 °C), $\Delta\tau = t_{окр} - 40$ °C ;

$t_{окр}$ - температура окружающей среды, °C ;

α - отношение постоянных потерь к переменным. Зависят от типа двигателя. Для испытываемого двигателя можно принять $\alpha = 0,7$.

2.7. Построить по точкам кривую охлаждения двигателя $\tau_{охл} = f(t)$. Методом касательной найти постоянную времени охлаждения T_0 .

2.8. Пользуясь уравнениями (2) и (3) рассчитать для 6 - 7 значений времени величину τ и построить кривые нагрева и охлаждения. Сопоставить расчетные кривые нагрева и охлаждения с экспериментальными. Указать причину возможного расхождения кривых.

3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

3.1. Какими данными электродвигателя определяется его номинальная мощность ?

3.2. Что является причиной нагрева двигателя в процессе работы?

3.3. Какие потери мощности двигателя являются постоянными и какие переменными ? Почему ?

3.4. Чем обусловлены пределы роста рабочей температуры двигателя ?

3.5. Чем обусловлено превышение постоянной времени охлаждения над постоянной времени нагрева.

3.6. Как влияет температура окружающей среды на предельно допустимую мощность нагрузки двигателя ?

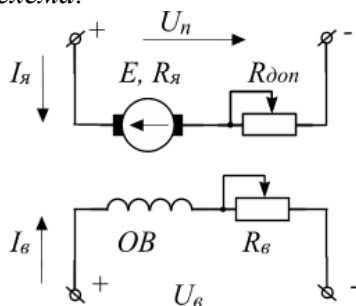
3.7. Как изменится номинальная мощность двигателя, если убрать вентилятор или снять сетки на вентиляционных окнах ?

3.8. Почему рекомендуется защита двигателей, установленных на открытом воздухе от солнца ?

Пример теста

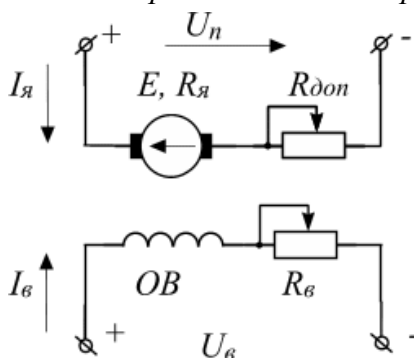
Раздел 1 Электромеханические свойства двигателей

1. На рисунке представлена схема:



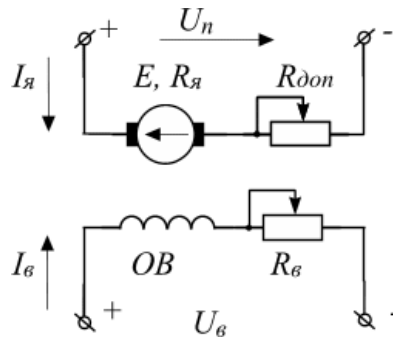
- : Асинхронного двигателя с фазным ротором
- : Асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором
- : Двигателя постоянного тока последовательного возбуждения
- : Двигателя постоянного тока параллельного возбуждения
- +: Двигателя постоянного тока независимого возбуждения

2. При каких условиях изменится направление тока якоря $I_{я}$:



- +: При изменении полярности напряжения U_n
- : При изменении полярности напряжения $U_в$
- : При уменьшении сопротивления $R_{дон}$
- : При уменьшении сопротивления $R_в$
- : При отключении напряжения $U_в$

3. При каких условиях изменится направление ЭДС якоря E :



+: При изменении полярности напряжения U_n

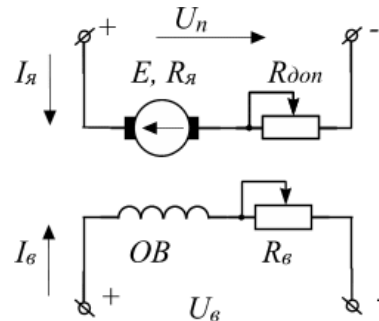
-: При изменении полярности напряжения $U_в$

-: При уменьшении сопротивления $R_{дон}$

-: При уменьшении сопротивления $R_в$

-: При отключении напряжения $U_в$

4. При каких условиях уменьшится величина тока якоря $I_я$:



-: При изменении полярности напряжения U_n

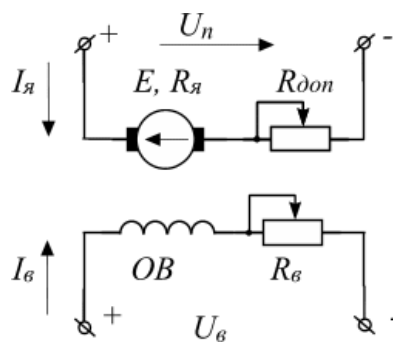
-: При изменении полярности напряжения $U_в$

+: При уменьшении сопротивления $R_{дон}$

-: При уменьшении сопротивления $R_в$

-: При отключении напряжения $U_в$

5. При каких условиях уменьшится величина тока возбуждения $I_в$:



-: При изменении полярности напряжения U_n

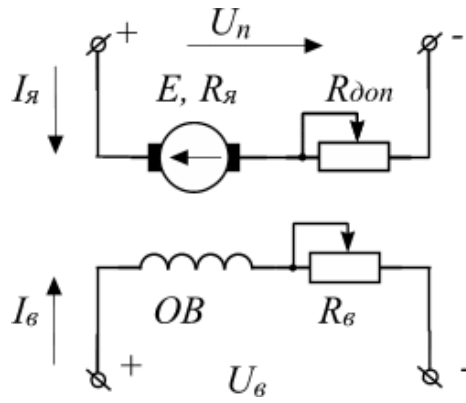
-: При изменении полярности напряжения $U_в$

-: При уменьшении сопротивления $R_{дон}$

+: При увеличении сопротивления $R_в$

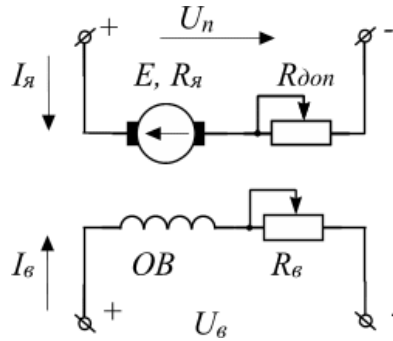
-: При отключении напряжения U_n

6. Для указанной на рисунке схеме ДПТ с НВ, какая формула верна:



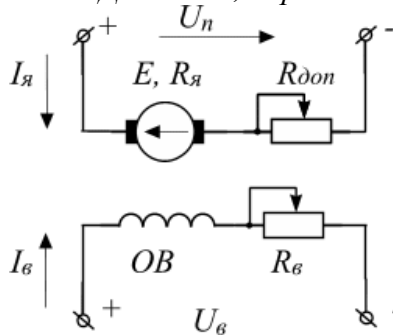
$$\begin{aligned} \therefore U_n &= E + I_{\text{я}} R_{\text{я}} \\ +: U_n &= E + I_{\text{я}} (R_{\text{я}} + R_{\text{дон}}) \\ \therefore U_n &= E + I_{\text{я}} R_{\text{б}} \\ \therefore U_n &= U_{\text{б}} + I_{\text{я}} R_{\text{я}} \\ \therefore U_n &= E + I_{\text{б}} R_{\text{б}} \end{aligned}$$

7. Для указанной на рисунке схеме ДПТ с НВ, как определить ток якоря $I_{\text{я}}$:



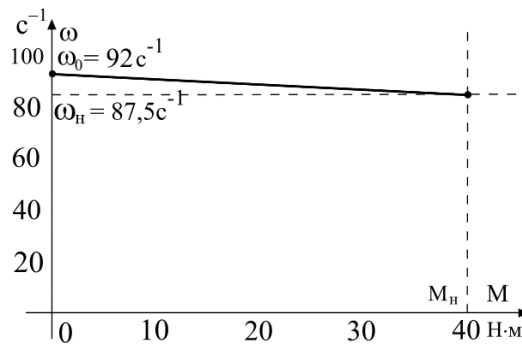
$$\begin{aligned} \therefore I_{\text{я}} &= (U_n - E) / R \\ +: I_{\text{я}} &= (U_n - E) / (R_{\text{я}} + R_{\text{дон}}) \\ \therefore I_{\text{я}} &= (U_n + E) / (R_{\text{я}} + R_{\text{дон}}) \\ \therefore I_{\text{я}} &= (U_n + U_{\text{б03}}) / (R_{\text{я}} + R_{\text{дон}}) \\ \therefore I_{\text{я}} &= (U_{\text{б03}} - E) / R_{\text{б03}} \end{aligned}$$

8. Для указанной на рисунке схеме ДПТ с НВ, определить ЭДС E :



$$\begin{aligned} \therefore E &= I_{\text{я}} \Phi \omega \\ +: E &= k \Phi \omega \\ \therefore E &= k \Phi R_{\text{я}} \\ \therefore E &= k U_n \omega \\ \therefore E &= k \Phi R_{\text{я}} \end{aligned}$$

9. Определить номинальную мощность P_n ДПТ с НВ, если известно ω_n и M_n



$\therefore P_H = 5000 \text{ Вт}$

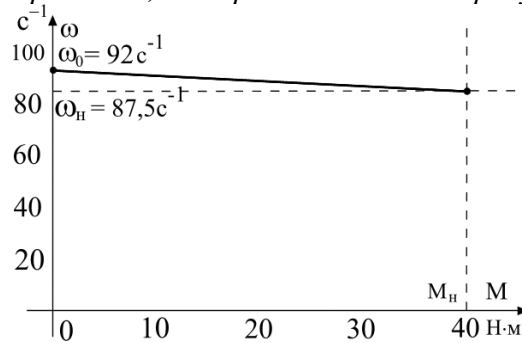
$\therefore P_H = 4500 \text{ Вт}$

$\therefore P_H = 4000 \text{ Вт}$

$\therefore P_H = 3500 \text{ Вт}$

$\therefore P_H = 3000 \text{ Вт}$

10. Определить скорость (частоту вращения) идеального холостого хода ДПТ с НВ, механическая характеристика, которого показана на рисунке



$\therefore 920 \text{ c}^{-1}$

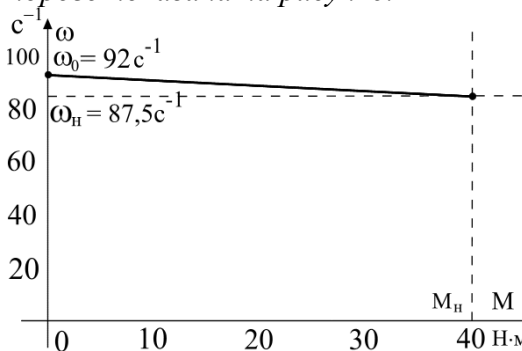
$\therefore 92 \text{ c}^{-1}$

$\therefore 87,5 \text{ c}^{-1}$

$\therefore 875 \text{ c}^{-1}$

\therefore Не корректно поставлен вопрос

11. Определить номинальную скорость (частоту вращения) ДПТ с НВ, механическая характеристика, которого показана на рисунке:



$\therefore 920 \text{ c}^{-1}$

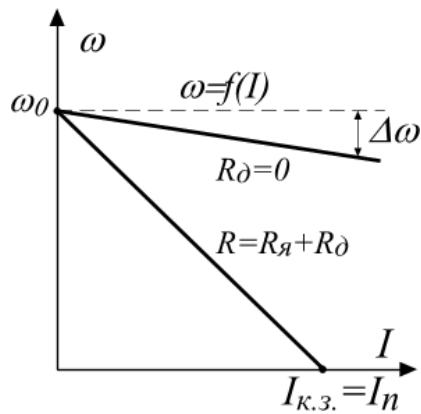
$\therefore 92 \text{ c}^{-1}$

$\therefore 87,5 \text{ c}^{-1}$

$\therefore 875 \text{ c}^{-1}$

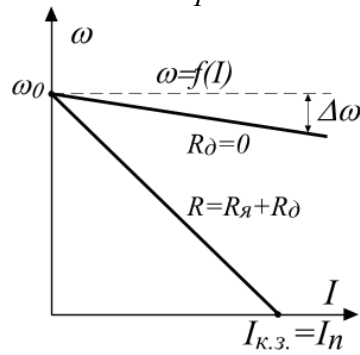
\therefore Не корректно поставлен вопрос

12. На рисунке представлена:



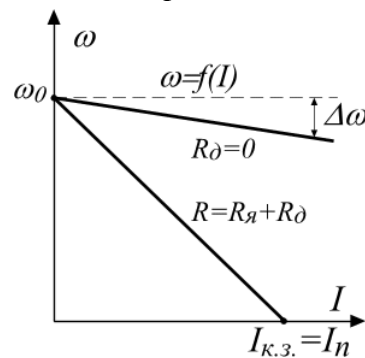
- : Механическая характеристика АД
- : Электромеханическая характеристика АД
- : Механическая характеристика ДПТ с НВ
- +: Электромеханическая характеристика ДПТ с НВ
- : Не корректно поставлен вопрос

13. Определить статическое изменение скорости относительно идеального ХХ:



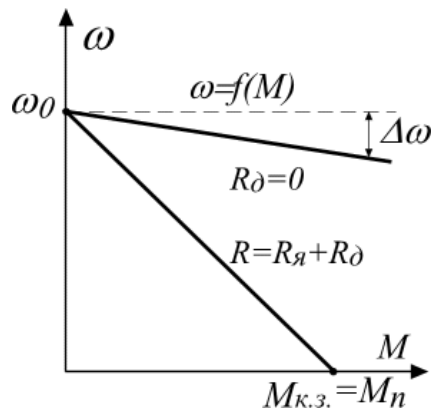
- +: $\Delta\omega = I_{\text{я}} R_{\text{я}} / (k\Phi)$
- : $\Delta\omega = I_{\text{я}} R / (k\Phi)$
- : $\Delta\omega = I_{\text{я}} (R_{\text{я}} + R_{\delta}) / (k\Phi)$
- : $\Delta\omega = I_{\text{я}} (R_{\text{я}} + R_{\delta}) / (k\Phi)^2$
- : Не корректно поставлен вопрос

14. Определить пусковой ток или ток короткого замыкания при $U_{\text{я}} = U_n$:



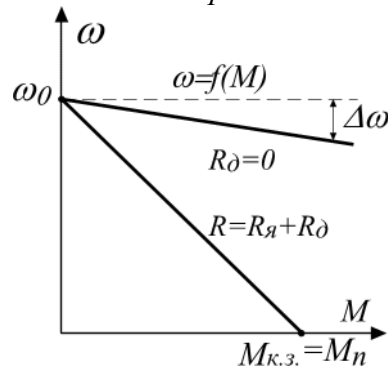
- +: $I_{\text{к.з.}} = U_n / (R_{\text{я}} + R_{\delta})$
- : $I_{\text{к.з.}} = (U_n - \Delta\omega) / (R_{\text{я}} + R_{\delta})$
- : $I_{\text{к.з.}} = (U_n + E) / (R_{\text{я}} + R_{\delta})$
- : $I_{\text{к.з.}} = (U_n + \Delta\omega) / (R_{\text{я}} + R_{\delta})$
- : $I_{\text{к.з.}} = (U_n - \omega_0) / (R_{\text{я}} + R_{\delta})$

15. На рисунке представлена:



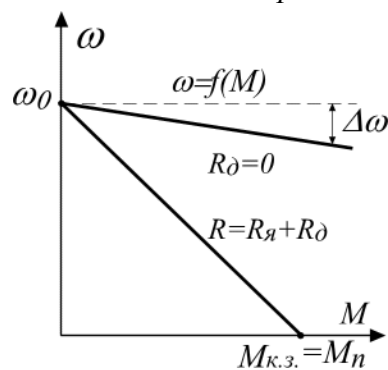
- : Механическая характеристика АД
- : Электромеханическая характеристика АД
- +: Механическая характеристика ДПТ с НВ
- : Электромеханическая характеристика ДПТ с НВ
- : Не корректно поставлен вопрос

16. Определить статическое изменение скорости относительно идеального ХХ:



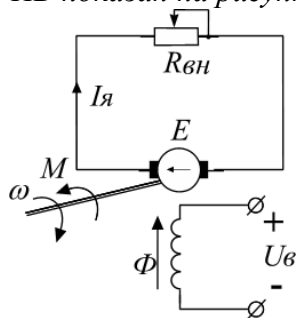
- +: $\Delta\omega = MR_{\text{я}} / (k\Phi)^2$
- : $\Delta\omega = MR_{\text{я}} / (k\Phi)$
- : $\Delta\omega = MR_{\delta} / (k\Phi)^2$
- : $\Delta\omega = I_{\text{я}}(R_{\text{я}} + R_{\delta}) / (k\Phi)^2$
- : Не корректно поставлен вопрос

17. Определить пусковой момент или момент короткого замыкания при $U_{\text{я}} = U_{\text{н}}$:



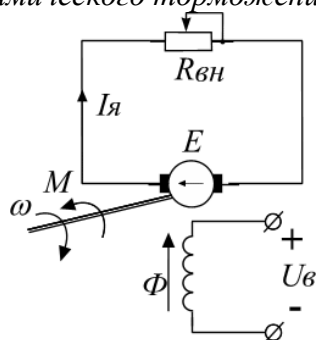
- +: $M_{\text{к.з.}} = M_{\text{н}} = k\Phi I_{\text{к.з.}}$
- : $M_{\text{к.з.}} = M_{\text{н}} = kU_{\text{н}} I_{\text{к.з.}}$
- : $M_{\text{к.з.}} = M_{\text{н}} = kU_{\text{н}} I_{\text{к.з.}} / R_{\text{я}}$
- : $M_{\text{к.з.}} = M_{\text{н}} = k\Phi I_{\text{к.з.}} / R_{\text{я}}$
- : $M_{\text{к.з.}} = M_{\text{н}} = k\Phi I_{\text{к.з.}}^2$

18. Какой режим работы ДПТ с НВ показан на рисунке:



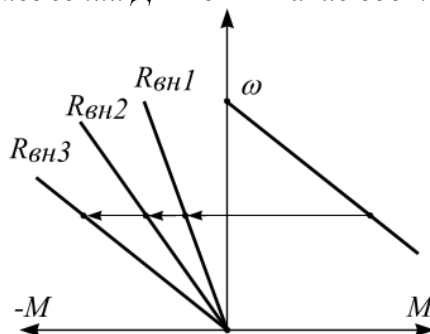
- : Двигательный
- : Противовключения
- +: Динамического торможения
- : Рекуперативного торможения
- : Реверса

19. Тормозной момент для динамического торможения на рисунке



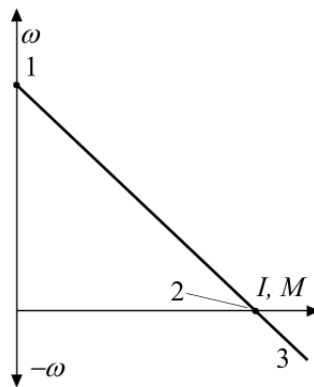
- +: $-M = -I_{я} k \Phi$
- : $-M = k U_n I$
- : $-M = k U_n I / R_{я}$
- : $-M = k \Phi I / R_{я}$
- : $-M = -k \Phi I^2$

20. При динамическом торможении ДТП с НВ какие соотношения сопротивлений:



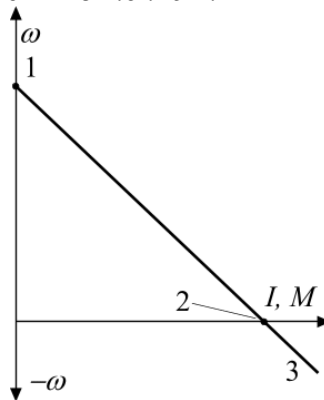
- : $R_{вн.1} > R_{вн.2} > R_{вн.3}$
- +: $R_{вн.1} < R_{вн.2} < R_{вн.3}$
- : $R_{вн.1} < R_{вн.2} > R_{вн.3}$
- : $R_{вн.1} > R_{вн.2} < R_{вн.3}$
- : $R_{вн.1} = R_{вн.2} = R_{вн.3}$

21. Какой режим работы ДПТ с НВ в точке 1:



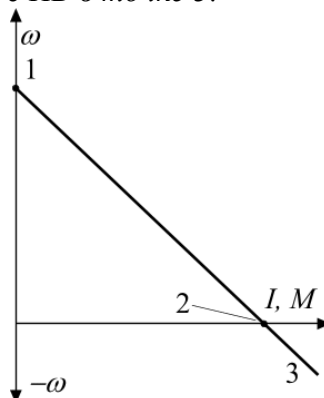
- : Двигательный
- +: Точка идеального холостого хода
- : Динамического торможения
- : Рекуперативного торможения
- : Реверса

22. Какой режим работы ДПТ с НВ в точке 2:



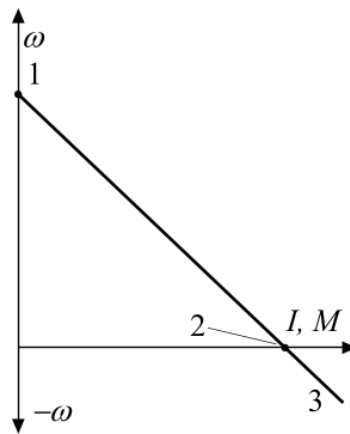
- : Двигательный
- : Точка идеального холостого хода
- : Динамического торможения
- +: Момент пуска или короткого замыкания
- : Реверса

23. Какой режим работы ДПТ с НВ в точке 3:



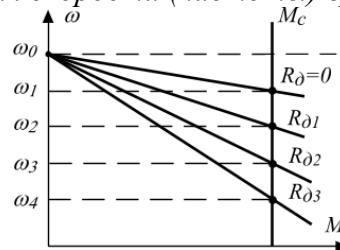
- : Двигательный
- : Точка идеального холостого хода
- : Динамического торможения
- : Момент пуска или короткого замыкания
- +: Режим противовключения

24. Какой режим работы ДПТ с НВ на участке характеристики 1-2:



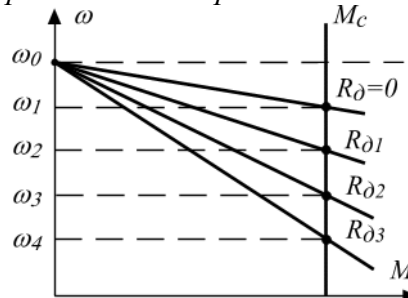
- +: Двигательный
- : Точка идеального холостого хода
- : Динамического торможения
- : Момент пуска или короткого замыкания
- : Режим противовключения

25. Какой способ регулирования скорости (частоты) вращения ДПТ с НВ:



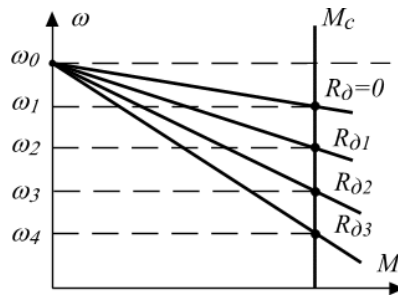
- +: Реостатный
- : Частотный
- : Изменением магнитного потока
- : Изменением напряжения на якоре
- : Шунтирования якоря

26. Какое соотношение сопротивлений на реостатной характеристике ДПТ с НВ:



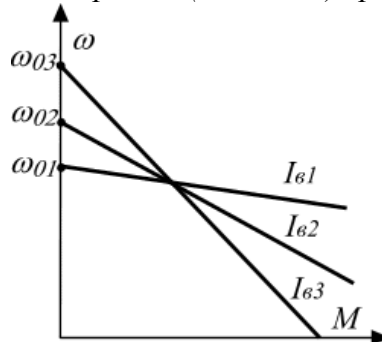
- : $R_\delta > R_{\delta 1} > R_{\delta 2} > R_{\delta 3}$
- : $R_\delta = R_{\delta 1} = R_{\delta 2} = R_{\delta 3}$
- : $R_\delta > R_{\delta 1} = R_{\delta 2} < R_{\delta 3}$
- +: $R_\delta < R_{\delta 1} < R_{\delta 2} < R_{\delta 3}$
- : $R_\delta = R_{\delta 1} > R_{\delta 2} = R_{\delta 3}$

27. Как называется механическая характеристика ДПТ с НВ при $R_\delta = 0$:



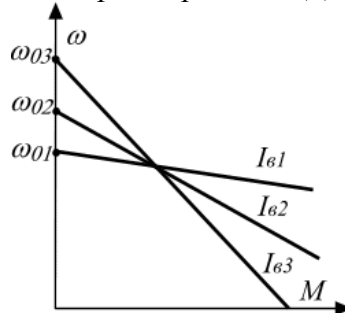
- : Верхняя
- : Независимая
- : Начальная
- +: Естественная
- : Искусственная

28. Какой способ регулирования скорости (частоты) вращения ДПТ с НВ показан:



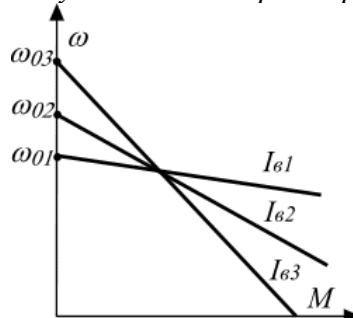
- : Реостатный
- : Частотный
- +: Изменением магнитного потока
- : Изменением напряжения на якоре
- : Шунтирования якоря

29. Как называется механическая характеристика ДПТ с НВ при $I_{в1}$:



- : Верхняя
- : Независимая
- : Начальная
- +: Естественная
- : Искусственная

30. Какое соотношение тока возбуждения на характеристике ДПТ с НВ:



$$\begin{aligned}
& -: I_{\epsilon 1} < I_{\epsilon 2} < I_{\epsilon 3} \\
& -: I_{\epsilon 1} = I_{\epsilon 2} = I_{\epsilon 3} \\
& +: I_{\epsilon 1} > I_{\epsilon 2} > I_{\epsilon 3} \\
& -: I_{\epsilon 1} > I_{\epsilon 2} = I_{\epsilon 3} \\
& -: I_{\epsilon 1} < I_{\epsilon 2} = I_{\epsilon 3}
\end{aligned}$$

Структура реферата:

- 1) титульный лист;
- 2) план работы с указанием страниц каждого вопроса, подвопроса (пункта);
- 3) введение;
- 4) текстовое изложение материала, разбитое на вопросы и подвопросы (пункты, подпункты) с необходимыми ссылками на источники, использованные автором;
- 5) заключение;
- 6) список использованной литературы;
- 7) приложения, которые состоят из таблиц, диаграмм, графиков, рисунков, схем (необязательная часть реферата). Приложения располагаются последовательно, согласно заголовкам, отражающим их содержание.

Темы рефератов

1. История развития электропривода
 2. Вклад русских ученых в развитие двигателестроения.
 3. Электропривод на базе АД.
 4. Электропривод на базе СД.
 5. Электропривод на базе ДПТ.
 6. Электропривод на базе БДПТ.
 7. Энергосберегающие мероприятия на этапе проектирования электропривода
 8. Шаговые двигатели. Область применения
 9. Вентильные двигатели. Область применения.
 10. Электропривод на базе частотного преобразователя.
- и другие

Примеры заданий лабораторных работ

Лабораторная работа № 1

Исследование механических характеристик двигателя постоянного тока параллельного и независимого возбуждения.

Лабораторная работа № 3

Исследование энергетики электроприводов с асинхронным двигателем с фазным ротором.

Лабораторная работа № 4

Определение момента инерции и времени пуска электропривода

Лабораторная работа № 8

Исследование типовых схем автоматического управления пуском и торможением асинхронным электродвигателем

Лабораторная работа № 9

Исследование системы автоматического регулирования скорости асинхронного двигателя с тиристорным регулятором напряжения

Лабораторная работа № 12

Исследование процесса нагрева и охлаждения электродвигателей

Вопросы к экзамену

1. Аппаратура ручного управления. Автоматические выключатели. Пакетные выключатели.
2. Аппаратура ручного управления. Магнитные пускатели. Контактторы и реле.
3. Аппаратура ручного управления. Предохранители. Рубильники.
4. Бесконтактные магнитные пускатели. Устройство. Принцип работы.
5. Выбор автоматических выключателей.
6. Графическое и графоаналитическое решение уравнения движения электропривода
7. Динамическое торможение АД в функции времени. Статическая устойчивость электропривода. Приведение моментов инерции.
8. Допустимая частота включений электродвигателя.
9. Естественные и искусственные характеристики АД и их анализ.
10. Естественные и искусственные характеристики ДПТ НВ.
11. Импульсное параметрическое регулирование скорости вращения двигателя постоянного тока независимого (параллельного) возбуждения.
12. Краткий исторический обзор развития электропривода. Классификация электроприводов.
13. Механика и динамика электропривода. Приведение моментов и усилий.
14. Нагрев и охлаждение электродвигателей.
15. Общая методика выбора электропривода. Последовательность и этапы.
16. Определение мощности электродвигателя в основных режимах работы (S1).
17. Определение мощности электродвигателя в основных режимах работы (S2).
18. Определение мощности электродвигателя в основных режимах работы (S3).
19. Основные показатели регулирования скорости вращения (диапазон, плавность, экономичность).
20. Основные типы систем автоматического управления, их функции и требования к ним.
21. Особенности пуска синхронного двигателя.
22. Пуск ДПТ независимого (параллельного) возбуждения в функции ЭДС вращения.
23. Пуск ДПТ независимого /параллельного/ возбуждения и динамическое торможение в функции скорости
24. Пуск и реверс двигателя постоянного тока параллельного (последовательного) возбуждения в функции скорости вращения.
25. Регулирование скорости вращения асинхронных двигателей изменением напряжения на статоре.
26. Регулирование скорости вращения асинхронных двигателей изменением частоты питающего тока.
27. Регулирование скорости вращения асинхронных двигателей переключением числа пар полюсов
28. Регулирование скорости вращения асинхронных двигателей с фазным ротором изменением сопротивления в цепи ротора.
29. Регулирование скорости вращения двигателя постоянного тока независимого (параллельного) возбуждения изменением магнитного потока.
30. Регулирование скорости вращения двигателя постоянного тока независимого (параллельного) возбуждения изменением подводимого к якору напряжения.
31. Реостатное регулирование скорости вращения двигателя постоянного тока независимого (параллельного) возбуждения.
32. Система регулирования скорости вращения АД с автотрансформатором и индукционным регулятором.
33. Система регулирования скорости вращения АД с тиристорным регулятором напряжения.
34. Система регулирования скорости вращения АД с тиристорными преобразователями частоты.

35. Состояние и перспективы развития электропривода. Основные понятия и определения.
36. Способы регулирования угловой скорости АД.
37. Типовые схемы управления асинхронным двигателем с фазным ротором.
38. Типовые схемы управления асинхронным двигателем.
39. Типовые схемы управления ДПТ независимого /параллельного/ возбуждения. Реверс ДПТ.
40. Типовые схемы управления многоскоростных асинхронных двигателей.
41. Торможение и реверс АД в функции скорости
42. Тормозные режимы АД. Способы пуска и электрического торможения.
43. Тормозные режимы работы ДПТ НВ.
44. Управление АД в функции скорости и частоты.
45. Управление асинхронным двигателем переключением статора со "звезды" на "треугольник".
46. Управление приводом с АД в функции времени.
47. Управление электроприводом в функции времени.
48. Управление электроприводом в функции тока.
49. Уравнение движения электропривода.
50. Уравнение механических и электромеханических характеристик АД и их анализ.
51. Уравнение механических и электромеханических характеристик ДПТ НВ (ПВ).
52. Электромеханические свойства АД.
53. Электромеханические свойства двигателей постоянного тока.
54. Электропривод по системе электрический каскад.
55. Электропривод по системе электромеханический каскад.
56. Электропривод с асинхронными и синхронными муфтами.
57. Электропривод с двигателями повышенного быстродействия.
58. Электропривод с линейными двигателями.
59. Электропривод с фрикционными и порошковыми муфтами.
60. Электропривод с шаговыми двигателями.
61. Энергетика переходных процессов.

Темы курсовых работ – отсутствуют.

Практические задания для экзамена

Пример: страница 34 Практикум по электрическому приводу: учебное пособие для вузов / Н.И. Богатырев, Н.С. Баракин, С.В. Оськин – Краснодар: КубГАУ, 2017. – 306 с.: ил. (<https://edu.kubsau.ru/course/view.php?id=124>) УП «Практикум по электрическому приводу». Н.И. Богатырев, Н.С. Баракин, С.В. Оськин документ PDF 10.07.2017 г.

2.1 Движение электропривода при постоянных моментах сопротивления и инерции

Грузоподъемная лебедка (рис. 2.1) имеет полезную грузоподъемность $m = 2000$ кг; диаметр рабочего барабана $D_6 = 0,6$ м; КПД барабана $\eta_6 = 0,96$; КПД передачи $\eta_n = 0,96$; частота вращения двигателя 1440 мин^{-1} , передаточное отношение $i_n = 15$.

Определить скорость перемещения груза, приведенный к валу момент сопротивления, мощность двигателя и другие параметры привода при подъеме и опускании груза, приняв

момент инерции муфты и шестерни Z_1 равным $0,2J_{\partial\partial}$, а барабана вместе с муфтой и шестерней Z_2 – равным $20J_{\partial\partial}$.

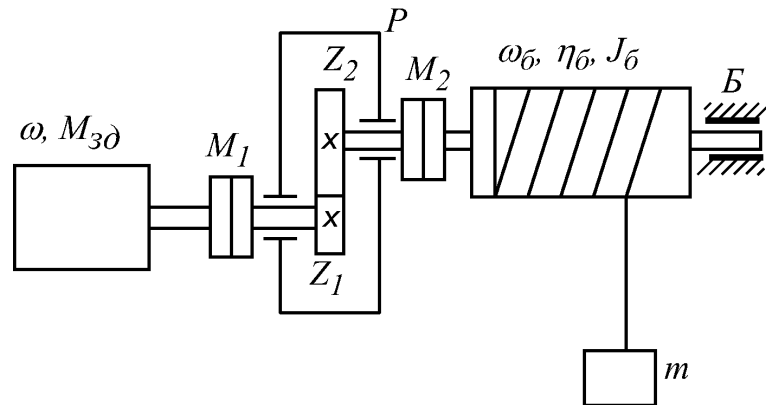


Рис. 2.1 – Схема грузоподъемной лебедки

Решение.

1. Линейная скорость подъема и спуска груза

$$v = \pi D_{\partial} n_{\partial\partial} / (60 \cdot i_n);$$

$$v = 3,14 \cdot 0,6 \cdot 1440 / 60 \cdot 15 = 3 \text{ м/с.}$$

2. Приведенный к валу двигателя момент сопротивления при подъеме груза

$$M'_c = Fv / (\eta_n \cdot \eta_b \cdot \omega_n),$$

где

$$\omega_n = \pi n_n / 30, \text{ а } F = mg;$$

$$\omega_n = 3,14 \cdot 1440 / 30 = 150,8 \text{ с}^{-1};$$

$$M'_c = 2000 \cdot 9,81 \cdot 3 / [0,96 \cdot 0,96 \cdot 150,8] = 423,5 \text{ Н·м.}$$

3. Мощность на валу двигателя

$$P_c = M'_c \cdot \omega_n;$$

$$P_c = 423,5 \cdot 150,8 = 63864 \text{ Вт.}$$

4. Мощность двигателя выбирается из условия $P_n \geq P_c$.

Принимается ближайшая стандартная мощность $P_n = 75 \text{ кВт}$, двигатель 4A250S4Y3, $J_{\partial\partial} = 1,1 \text{ кг·м}^2$; $s_n = 1,4\%$; $M_n^* = 1,2$; $M_{\kappa}^* = 2,2$.

5. Приведенный к валу двигателя активный момент сопротивления при спуске груза

$$M'_c = F \cdot V \cdot \eta_n \cdot \eta_b / \omega = m \cdot g \cdot V \cdot \eta_n \cdot \eta_b / \omega;$$

$$M'_c = 2000 \cdot 9,81 \cdot 3 \cdot 0,96 \cdot 0,96 / 150,8 = 359,7 \text{ Н·м.}$$

* в реальных условиях при опускании груза скорость несколько больше в генераторном режиме.

6. Приведенный к валу электродвигателя момент инерции привода

$$J_{np} = J_{\partial\partial} + J_{m1} + J_{21} + \left(\frac{J_{Z2}}{i^2} + \frac{J_{m2}}{i^2} + \frac{J_b}{i^2} \right) + m \left(\frac{V}{\omega} \right)^2;$$

$$J_{np} = 1,1 + 0,2 \cdot 1,1 + 0,2 \cdot 1,1 + \frac{20 \cdot 1,1}{15^2} + 2000 \left(\frac{3}{150,8} \right)^2 = 2,43 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

7. Время пуска привода с условием, что момент пусковой остается неизменным и равным моменту паспортному пусковому,

$$M_n = M_n^* \cdot M_n ;$$

$$M_n = P_n / \omega_n ;$$

$$M_n = M_n^* \cdot P_n / \omega_n ;$$

$$M_n = 1,2 \cdot 75 \cdot 10^3 / 150,8 = 596,8 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$t_{\text{пуск}} = J_{np} \cdot \omega / (M_n - M_c),$$

$$t_{\text{пуск}} = 2,43 \cdot 150,8 / (596,8 - 423,5) = 2,11 \text{ с.}$$

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

Контроль освоения дисциплины Б1.О.35 «Электропривод» проводится в соответствии с Пл КубГАУ 2.5.1 «Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация студентов». Текущий контроль по дисциплине позволяет оценить степень восприятия учебного материала и проводится для оценки результатов изучения разделов/тем дисциплины. Текущий контроль проводится как контроль тематический (по итогам изучения определенных тем дисциплины) и рубежный (контроль определенного раздела или нескольких разделов, перед тем, как приступить к изучению очередной части учебного материала).

Реферат. 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, обнаруживается существенное непонимание проблемы или реферат не представлен вовсе.

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

Критерии оценки на тестировании. До тестирования допускаются студенты, которые не имеют задолженностей. Тестирование производится в аудитории 107 кафедры «Электрических машин и электропривода», которая оснащена компьютерами. На кафедре создана база данных с тестами. По типу, предлагаемые студентам тесты являются тестами с одним правильным ответом. Время, отводимое на написание теста, не должно быть меньше 30 минут для тестов, состоящих из 20 тестовых заданий и 60 мин. для тестов из 40 тестовых заданий написания теста.

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.

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 учебная литература

1. Оськин С.В., Богатырев Н.И. Электрический привод: учебник для вузов / С.В. Оськин, Н.И. Богатырев. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 490 с.: ил. (<https://edu.kubsau.ru/course/view.php?id=124>) Учебник «Электрический привод». Оськин С.В., Богатырев Н.И. документ PDF 05.08.2016 г.).
2. Богатырев Н.И. Современные аппараты управления и защиты: учебник для вузов / Н.И. Богатырев. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 482 с.: ил. (<https://edu.kubsau.ru/course/view.php?id=124>) Учебник «Современные аппараты управления и защиты». Богатырев Н.И. документ PDF 02.06.2016 г.
3. Богатырев Н.И. Практикум по электрическому приводу: учебное пособие для вузов / Н.И. Богатырев, Н.С. Баракин, С.В. Оськин – Краснодар: КубГАУ, 2017. – 306 с.: ил. (<https://edu.kubsau.ru/course/view.php?id=124>) УП «Практикум по электрическому приводу». Н.И. Богатырев, Н.С. Баракин, .С.В. Оськин документ PDF 10.07.2017 г.

Дополнительная учебная литература

1. Оськин. С.В., Богатырев Н.И., Моргун С.М. Автоматизированный электропривод. – Краснодар: ОАО «Кубанское полиграфическое объединение», 2014, - 210 с. (<https://edu.kubsau.ru/course/view.php?id=124>) Учебное пособие. Электропривод и электрооборудование. Моргун С.М., Баракин Н.С. документ PDF 30.10.2014 г.
2. Электропривод. Епифанов А. П., Малайчук Л. М., Гущинский А. Г. https://e.lanbook.com/book/3813#book_name Издательство: "Лань" Год: 2012, 400 страниц.

9 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

**Электронно-библиотечные системы библиотеки, используемые в
Кубанском ГАУ им. И.Т. ТРУБИЛИНА**

№	Наименование ресурса	Тематика
1 1	Издательство «Лань»	Ветеринария Сельск. хоз-во Технология хранения и переработки пищевых продуктов
2	Образовательный портал КубГАУ	Универсальная

10 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

1. Богатырев Н.И. Использование интерактивных методов обучения при подготовке бакалавров и магистров: метод. реком. / Н.И. Богатырёв, С.В. Оськин. - Краснодар: КубГАУ, 2014. – 128 с. – Режим доступа: (<https://edu.kubsau.ru/course/view.php?id=124>) – Образовательный портал КубГАУ.
2. Оськин С.В. Методические рекомендации по процедуре оценивания знаний, навыков, умений и опыта деятельности, на этапах формирования компетенций.- КубГАУ.- Краснодар, 2014.- 34 с. – Режим доступа: (<https://edu.kubsau.ru/course/view.php?id=124>)

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.

Перечень лицензионного ПО

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

Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№	Наименование ресурса	Уровень доступа
1.	Гарант	Интернет доступ
2.	Научная электронная библиотека eLibrary	Интернет доступ, ссылка
3.	База данных «Определение мощности электродвигателей» / Н.И. Богатырев, О.В. Вронский, Н.С. Баракин, Я.А. Ильченко, С.М. Моргун // Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2010620601, заявитель и правообладатель Кубанский госагроуниверситет. - № 2010620483; Заявл. 24.08.2010; Оpubл. 13.10.2010.	http://www1.fips.ru
4.	База данных «Аппаратура и автоматическое управление электроприводами» / Н.И. Богатырев, О.В. Вронский, Н.С. Баракин, Я.А. Ильченко, С.М. Моргун // Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2010620656, заявитель и правообладатель Кубанский госагроуниверситет. - № 2010620515; Заявл. 7.09.2010; Оpubл. 29.10.2010.	http://www1.fips.ru
5.	База данных «Регулирование координат» / Н.И. Богатырев, О.В. Вронский, Н.С. Баракин, Я.А. Ильченко, С.М. Моргун // Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2010620657, заявитель и правообладатель Кубанский госагроуниверситет. - № 2010620516; Заявл. 7.09.2010; Оpubл. 29.10.2010.	http://www1.fips.ru
6.	База данных «Электромеханические свойства двигателей» / Н.И. Богатырев, О.В. Вронский, Н.С. Баракин, Я.А. Ильченко, С.М. Моргун // Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2010620658, заявитель и правообладатель Кубанский госагроуниверситет. - № 2010620517; Заявл. 7.09.2010; Оpubл. 29.10.2010.	http://www1.fips.ru
7.	База данных «Механика и динамика электропривода» / Н.И. Богатырев, О.В. Вронский, Н.С. Баракин, Я.А. Ильченко, С.М. Моргун // Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2010620702, заявитель и правообладатель Кубанский госагроуниверситет. - № 2010620482; Заявл. 24.08.2010; Оpubл. 23.11.2010.	http://www1.fips.ru
8.	База данных «Методологические и технические основы снижения потерь в сельских электрических сетях» / Н.И. Богатырев, О.В. Вронский, Н.С. Баракин // Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2013620905, заявитель и правообладатель Кубанский госагроуниверситет. – № 2013620612; Заявл. 18.06.2013; Оpubл. 20.09.2013; Бюл. №3.	http://www1.fips.ru
9.	База данных «Современный энергосберегающий электропривод» / Н.И. Богатырев, О.В. Вронский, Н.С. Баракин // Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2013620933, заявитель и правообладатель Кубанский госагроуниверситет. – № 2013620606; Заявл. 19.06.2013; Оpubл. 20.09.2013; Бюл. №3.	http://www1.fips.ru
10.	База данных «Методы и технические средства повышения надёжности электрооборудования в сельском хозяйстве» / Н.И. Богатырев, О.В. Вронский, Н.С. Баракин //	http://www1.fips.ru

	Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2013620940, заявитель и правообладатель Кубанский госагроуниверситет. – № 2013620636; Заявл. 21.06.2013; Оpubл. 20.09.2013; Бюл. №3.	
11.	База данных «Схема замещения и математическая модель АГ» / Н.И. Богатырев, О.В. Вронский, Н.С. Баракин // Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2013620952, заявитель и правообладатель Кубанский госагроуниверситет. – № 2013620684; Заявл. 27.06.2013; Оpubл. 20.09.2013; Бюл. №3.	http://www1.fips.ru
12.	База данных «Электронные реле» / Н.И. Богатырев, А.В. Винников, Н.С. Баракин // Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2013621262, заявитель и правообладатель Кубанский госагроуниверситет. – № 2013620997; Заявл. 01.08.2013; Оpubл. 26.09.2013; Бюл. №3.	http://www1.fips.ru
13.	База данных «Электромеханические реле» / Н.И. Богатырев, А.В. Винников, Н.С. Баракин // Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2013621263, заявитель и правообладатель Кубанский госагроуниверситет. – № 2013620998; Заявл. 01.08.2013; Оpubл. 26.09.2013; Бюл. №3.	http://www1.fips.ru
14.	База данных «Электрические контакты» / Н.И. Богатырев, А.В. Винников, Н.С. Баракин // Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2013621313, заявитель и правообладатель Кубанский госагроуниверситет. – № 2013620992; Заявл. 06.08.2013; Оpubл. 04.10.2013; Бюл. №3.	http://www1.fips.ru

12 Материально-техническое обеспечение для обучения по дисциплине

Планируемые помещения для проведения всех видов учебной деятельности

№	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, помещений 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 образовательных программ в сетевой форме дополнительно указывается наименование организации, с которой заключен договор)
1.	Электропривод	Помещение №3 ЭЛ, посадочных мест — 100; площадь — 129,5 м ² ; учебная аудитория для проведения учебных занятий. специализированная мебель(учебная доска, учебная мебель); технические средства обучения, наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий (ноутбук, проектор, экран);	350044, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. им. Калинина, 13

		программное обеспечение: Windows, Office.	
2.	Электропривод	<p>Помещение №107 ЭЛ, площадь — 105,9 м²; Лаборатория "Электрических машин" (кафедры электрических машин и электропривода) 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).</p>	350044, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. им. Калинина, 13
3.	Электропривод	<p>Помещение №205 ЭЛ, посадочных мест — 28; площадь — 87,3 м²; помещение для самостоятельной работы обучающихся. технические средства обучения (принтер — 1 шт.; экран — 1 шт.; сетевое оборудование — 1 шт.; компьютер персональный — 14 шт.); 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>	350044, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. им. Калинина, 13