

Рабочая программа учебной дисциплины

Электромеханические комплексы в электроэнергетике

(Наименование дисциплины)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность (профиль)

«Электроснабжение»

(Направление подготовки / Профиль)

Бакалавр

(Квалификация)

Кафедра разработчик

Естественных наук и профессиональных коммуникаций

Год набора

2027

Вид учебной деятельности	Трудоемкость (объем) дисциплины
	Очная форма
	д
Зачетные единицы	3
Общее количество часов	108
Аудиторные часы контактной работы обучающегося с преподавателями:	32
– Лекционные (Л)	16
– Практические (ПЗ)	16
– Лабораторные (ЛЗ)	
– Семинарские (СЗ)	
Самостоятельная работа обучающихся (СРО)	76
К (Р-Г) Р (П) (+;-)	
Тестирование (+;-)	
ДКР (+;-)	
Зачет (+;-)	+
Зачет с оценкой (+;- (Кол-во часов))	
Экзамен (+;- (Кол-во часов))	

Волгоград 2026

Содержание

Раздел 1. Организационно-методический раздел	3
Раздел 2. Тематический план.....	5
Раздел 3. Содержание дисциплины.....	6
Раздел 4. Организация самостоятельной работы обучающихся	8
Раздел 5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся.....	10
Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами).....	14
Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	16
Раздел 8. Материально-техническая база и информационные технологии	17
Раздел 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	17

Раздел 1. Организационно-методический раздел

1.1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина «**Электромеханические комплексы в электроэнергетике**» входит в «**Эктивные дисциплины**» подготовки обучающихся по направлению подготовки **13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность (профиль) «Электроснабжение»**.

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

ПК-3 Управление деятельностью по контролю режимов и по оперативному управлению режимами объектов электроэнергетики и электротехники

Дескрипторы универсальной компетенции:

ПК-3.1 Организация и выполнение работ по контролю режимов объектов электроэнергетики и электрических сетей и оперативному управлению ими.

ПК-3.2 Организация и контроль работы оперативных работников

Перечисленные компетенции формируются в процессе достижения индикаторов компетенций:

Обобщенная трудовая функция/ трудовая функция	Код и наименование дескриптора компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенций (из ПС)
– Профессиональный стандарт Специалист по эксплуатации трансформаторных подстанций и распределительных пунктов и управлению режимами работы муниципальных электрических сетей, утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации № 329н от 25.04.2023	ПК-3.1 Организация и выполнение работ по контролю режимов объектов электроэнергетики и электрических сетей и оперативному управлению ими. ПК-3.2 Организация и контроль работы оперативных работников	Знает: ИД 1 ПК.3.1 Режимы работы, устройство и принцип действия электроэнергетических и электротехнических объектов и оборудования, контрольно-измерительных приборов и средств управления, систем релейной защиты и автоматики и систем интеллектуального учета электроэнергии D/01.6; ИД 2 ПК.3.2 Порядок ведения оперативно-технической документации, основные задачи организации оперативно-диспетчерского управления, требования к оперативным схемам D/02.6, D/03.6 Умеет: ИД 3 ПК.3.1 Анализировать выполнение заданных режимов работы оборудования, определять отклонения и нарушения в работе обслуживаемого оборудования D/01.6 ИД 4 ПК.3.2 Вести техническую и отчетную документацию, планировать и организовывать работу подчиненных работников, их обучение D/02.6, D/03.6 Имеет навыки:

		ИД 5 ПК.3.1 Выявление причин отклонения заданных режимов работы объектов, нарушений в работе обслуживаемого оборудования, небалансов сетей и сверхнормативных потерь энергии D/01.6 ИД 6 ПК.3.2 Ведения технической и отчетной документации, разработки годовых и текущих планов работы для оперативных работников D/02.6, D/03.6
--	--	--

**1.2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО
направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность
(профиль) «Электроснабжение»**

№	Предшествующие дисциплины (дисциплины, изучаемые параллельно)	Последующие дисциплины
1	2	3
1.	Электрические машины	
2.	Теоретические основы электротехники	
3.	Электрические и электронные аппараты	

1.3. Нормативная документация

Рабочая программа учебной дисциплины составлена на основе:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки **13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность (профиль) «Электроснабжение»**;
- Учебного плана направления подготовки **13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность (профиль) «Электроснабжение»** 2027 года набора;
- Образца рабочей программы учебной дисциплины (приказ № 113-О от 01.09.2021 г.).

Раздел 2. Тематический план

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема дисциплины	Трудоемкость				
		Все го	Аудиторные занятия		СРО	Код индикатора и дескриптора достижения компетенций
			Л	ПЗ (ЛЗ, СЗ)		
1	2	3	4	5	6	7
1	Тема 1. Введение. Электромеханические комплексы как основа технологического электропривода в электроэнергетике.	12	2	2	8	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
2	Тема 2. Механика электромеханических комплексов. Приведение моментов и инерционных масс.	12	2	2	8	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
3	Тема 3. Электромеханические и механические характеристики электродвигателей в составе ЭМК.	14	2	2	10	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
4	Тема 4. Системы автоматического управления электроприводами: от простых к сложным.	14	2	2	10	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
5	Тема 5. Частотно-регулируемый электропривод (ЧРП) как основной тип ЭМК с управляемыми параметрами.	14	2	2	10	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
6	Тема 6. Векторное управление асинхронным электроприводом.	14	2	2	10	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
7	Тема 7. Электромеханические комплексы ответственных механизмов электростанций.	14	2	2	10	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
8	Тема 8. Энергосбережение и повышение эффективности электромеханических комплексов.	14	2	2	10	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
Вид промежуточной аттестации(Зачет)						
Итого		108	16	16	76	

Раздел 3. Содержание дисциплины

3.1. Содержание дисциплины

Тема 1. Введение. Электромеханические комплексы как основа технологического электропривода в электроэнергетике. Дисциплина начинается с определения понятия «электромеханический комплекс» (ЭМК) и его роли в структуре электроэнергетической системы. Рассматривается ЭМК как единый объект, включающий в себя электрический двигатель, механическую передачу (муфты, редукторы), рабочий орган (насос, вентилятор, задвижка) и систему управления. Анализируется место электропривода в технологическом цикле электростанций (питательные насосы, тягодутьевые машины, механизмы топливоподачи) и на подстанциях (приводы разъединителей, системы охлаждения трансформаторов).

Тема 2. Механика электромеханических комплексов. Приведение моментов и инерционных масс. В этой теме изучаются механические характеристики производственных механизмов (зависимость момента сопротивления от скорости вращения). Рассматривается процесс приведения реальных механических параметров (моментов, сил, масс, моментов инерции) к валу электродвигателя для создания упрощенной расчетной модели ЭМК. Анализируются различные типы механических передач и их влияние на динамические свойства системы.

Тема 3. Электромеханические и механические характеристики электродвигателей в составе ЭМК. Детально изучаются характеристики основных типов двигателей, применяемых в энергетике: асинхронных с короткозамкнутым и фазным ротором, синхронных и двигателей постоянного тока. Рассматривается их поведение при работе на различные типы нагрузок (вентиляторная, постоянная). Анализируются режимы работы двигателя: пуск, торможение, работа с переменной нагрузкой.

Тема 4. Системы автоматического управления электроприводами: от простых к сложным. Тема посвящена эволюции систем управления. Рассматриваются простейшие релейно-контакторные схемы для пуска и реверса асинхронных двигателей. Затем изучаются системы параметрического управления (изменение напряжения, частоты, сопротивления ротора). Особое внимание уделяется переходу к замкнутым системам автоматического регулирования (САР) для обеспечения требуемых статических и динамических показателей.

Тема 5. Частотно-регулируемый электропривод (ЧРП) как основной тип ЭМК с управляемыми параметрами. Это центральная тема курса. Изучается принцип работы преобразователя частоты как устройства, состоящего из выпрямителя, звена постоянного тока и инвертора. Рассматриваются алгоритмы широтно-импульсной модуляции (ШИМ) для формирования выходного напряжения. Анализируются законы управления частотой и напряжением ($U/f = \text{const}$ и др.) для поддержания постоянного магнитного потока двигателя.

Тема 6. Векторное управление асинхронным электроприводом. Тема углубляет знания о системах управления. Изучается принцип векторного управления (*Field-Oriented Control*), позволяющий независимо управлять магнитным потоком и электромагнитным моментом двигателя, подобно тому, как это делается в приводе постоянного тока. Рассматриваются математические модели двигателя в системе координат $d-q$, ориентированной по вектору потокосцепления ротора.

Тема 7. Электромеханические комплексы ответственных механизмов электростанций. На этой теме знания применяются к конкретным объектам энергетики. Подробно рассматриваются ЭМК питательно-установок, сетевых и циркуляционных насосов, тягодутьевых вентиляторов котельных агрегатов. Анализируются их специфические требования к надежности, плавности пуска, возможности работы в турбо-режиме (при отключении питания от сети с питанием от выбега турбины).

Тема 8. Энергосбережение и повышение эффективности электромеханических комплексов. Завершающая тема посвящена практическому применению знаний для повышения энергоэффективности. Рассматриваются методы оценки энергетической эффективности привода (коэффициент полезного действия, коэффициент мощности). Анализируются способы снижения энергопотребления: оптимизация работы насосов и вентиляторов с помощью ЧРП, компенсация реактивной мощности, правильный выбор мощности двигателя и его загрузки.

3.2. Содержание практического блока дисциплины

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема практического (семинарского, лабораторного) занятия
1	2
ПЗ 1	Тема 1. Введение. Электромеханические комплексы как основа технологического электропривода в электроэнергетике.
ПЗ 2	Тема 2. Механика электромеханических комплексов. Приведение моментов и инерционных масс.
ПЗ 3, 4	Тема 3. Электромеханические и механические характеристики электродвигателей в составе ЭМК.
ПЗ 5	Тема 4. Системы автоматического управления электроприводами: от простых к сложным.
ПЗ 6, 7	Тема 5. Частотно-регулируемый электропривод (ЧРП) как основной тип ЭМК с управляемыми параметрами.
ПЗ 8	Тема 6. Векторное управление асинхронным электроприводом.

3.3. Образовательные технологии

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема занятия	Вид учебного занятия	Форма / Методы интерактивного обучения	% учебного времени
1	2	3	4	5
1	Тема 1. Введение. Электромеханические комплексы как основа технологического электропривода в электроэнергетике.	ПЗ	Метод кейсов	75
2	Тема 2. Механика электромеханических комплексов. Приведение моментов и инерционных масс.	Л	Лекция-ситуация	25
3	Тема 3. Электромеханические и механические характеристики электродвигателей в составе ЭМК.	ПЗ	Метод кейсов	75
4	Тема 4. Системы автоматического управления электроприводами: от простых к сложным.	ПЗ	Мозговой штурм	25
5	Тема 5. Частотно-регулируемый электропривод (ЧРП) как основной тип ЭМК с управляемыми параметрами.	Л	Мозговой штурм	50
6	Тема 6. Векторное управление асинхронным электроприводом.	ПЗ	Метод кейсов	75
7	Тема 7. Электромеханические комплексы ответственных механизмов электростанций.	ПЗ	Метод кейсов	75
8	Тема 8. Энергосбережение и повышение эффективности электромеханических комплексов.	ПЗ	Деловая игра	75
Итого				29,68%

Раздел 4. Организация самостоятельной работы обучающихся

4.1. Организация самостоятельной работы обучающихся

№	Тема дисциплины	№ вопросов	№ рекомендуемой литературы
1	2	3	4
1	Тема 1. Введение. Электромеханические комплексы как основа технологического электропривода в электроэнергетике.	1, 2	1, 3, 5
2	Тема 2. Механика электромеханических комплексов. Приведение моментов и инерционных масс.	3, 4, 5, 6	1, 3, 5
3	Тема 3. Электромеханические и механические характеристики электродвигателей в составе ЭМК.	7, 8, 9	3, 4, 5
4	Тема 4. Системы автоматического управления электроприводами: от простых к сложным.	10, 11, 12, 13	2, 3, 4, 5
5	Тема 5. Частотно-регулируемый электропривод (ЧРП) как основной тип ЭМК с управляемыми параметрами.	14, 15, 16	3, 4, 5
6	Тема 6. Векторное управление асинхронным электроприводом.	17, 18	2, 3, 5
7	Тема 7. Электромеханические комплексы ответственных механизмов электростанций.	19-25	1, 3, 5
8	Тема 8. Энергосбережение и повышение эффективности электромеханических комплексов.	26, 27, 28	2, 3, 5, 6

Перечень вопросов, выносимых на самостоятельную работу обучающихся

1. Охрана окружающей среды от воздействия тепловых электростанций.
2. Решение экологических проблем при комплексном использовании водных ресурсов.
3. Электрические станции и подстанции; электроэнергетические системы и сети.
4. Системы электроснабжения объектов техники и отраслей хозяйства; электроэнергетические, электротехнические, электрофизические и технологические установки высокого напряжения
5. Нелинейность систем
6. Метод симметричных составляющих
7. Устройства автоматического управления и релейной защиты в электроэнергетике.
8. Энергетические установки, электростанции и комплексы на базе нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.
9. Электрические машины, трансформаторы, электромеханические комплексы и системы, включая их управление и регулирование.
10. Электрические и электронные аппараты, комплексы и системы электромеханических и электронных аппаратов, автоматические устройства и системы управления потоками энергии.
11. Внешние характеристики 3-фазного теристорного моста.
12. Двенадцатипульсный выпрямитель с последовательным соединением 3-фазных мостов.
13. Двенадцатипульсный выпрямитель с параллельным соединением 3-фазных мостов.
14. Электроприводы и системы с синхронными машинами.
15. Электрический привод и автоматика механизмов и технологических комплексов в различных отраслях хозяйства.
16. Трёхфазный активный выпрямитель
17. Матричные преобразователи.
18. АИН с «плавающими» конденсаторами
19. Многофазно-многоуровневые ПЧ.
20. СЭД с многофазным двигателем на постоянных магнитах

21. Электрическое хозяйство промышленных предприятий, заводское электрооборудование низкого и высокого напряжения, электротехнические установки, сети предприятий, организаций и учреждений.
22. Нормативно-техническая документация и системы стандартизации.
23. Методы и средства контроля качества электроэнергии, изделий электротехнической промышленности, систем электрооборудования и электроснабжения, электротехнологических установок и систем.
24. Электроприводы бурового станка.
25. Тяговый привод электропоездов метрополитена.
26. Электроприводы экскаваторов с активными выпрямителями

4.2. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся обеспечивается следующими учебно-методическими материалами:

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

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

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

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

№	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Оценочные средства			
		Л	ПЗ (ЛЗ, СЗ)	СРО	Код индикатора и дескриптора достижения компетенций
1	2	3	4	5	6
1	Тема 1. Введение. Классификация и роль систем управления в силовой электронике.	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
2	Тема 2. Принципы импульсного управления. Системы с естественной и принудительной коммутацией.	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
3	Тема 3. Системы управления выпрямителями и регуляторами переменного тока.	ЛС	МШ	ПРВ	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
4	Тема 4. Системы управления автономными инверторами напряжения (АИН).	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
5	Тема 5. Цифровые системы управления на базе микроконтроллеров и DSP.	УО	МШ	ПРВ	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
6	Тема 6. Драйверы силовых ключей и гальваническая развязка.	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
7	Тема 7. Системы управления матричными преобразователями и двунаправленными преобразователями (DC-DC).	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2

8	Тема 8. Современные тенденции: предиктивное управление и интеграция в Smart Grid.	УО	ДИ	ПРВ	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
---	---	----	----	-----	--

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

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

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

МШ – Метод мозгового штурма;

КМ – Кейс-метод;

ДИ – Деловая игра;

ЛС – Лекция-ситуация.

5.2. Оценочные средства текущего контроля

Перечень практических (семинарских) заданий

Задачи

1. Расчет и построение механической характеристики производственного механизма.

○ **Задание:** Для центробежного насоса, работающего на сеть с гидравлическим сопротивлением, рассчитать и построить зависимость момента сопротивления на валу от угловой скорости $M_c(\omega)M_{c_s}(\omega)M_c(\omega)$. Определить "степень вентиляторности" механизма.

2. Приведение моментов инерции и масс к валу электродвигателя.

○ **Задание:** Для привода питательного насоса, состоящего из асинхронного двигателя, соединенного через муфту с редуктором, который, в свою очередь, вращает вал насоса, рассчитать эквивалентный момент инерции $J_{прJ_pr}J_{пр}$ на валу двигателя.

3. Расчет и построение электромеханических характеристик асинхронного двигателя (АД).

○ **Задание:** По паспортным данным АД (мощность, напряжение, скольжение, КПД) рассчитать и построить естественную механическую характеристику $M(s)M(s)M(s)$ и зависимость тока статора $I_1(s)I_{1(s)}I_1(s)$.

4. Расчет параметров схемы замещения АД по данным опытов холостого хода и короткого замыкания.

○ **Задание:** Используя результаты опытов (напряжение, ток, мощность), рассчитать активные и реактивные сопротивления схемы замещения АД.

5. Выбор мощности электродвигателя по нагреву и перегрузочной способности.

○ **Задание:** По заданному нагрузочному графику механизма (цикл работы с пиковыми и паузными нагрузками) выбрать по каталогу асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором и проверить его на перегрузочную способность.

6. Расчет переходного процесса пуска АД.

○ **Задание:** Для выбранного в задании №5 двигателя рассчитать и построить графики переходного процесса пуска: зависимость скорости $\omega(t)\omega(t)\omega(t)$, момента двигателя $M(t)M(t)M(t)$ и тока статора $I_1(t)I_{1(t)}I_1(t)$ от времени.

7. Расчет и выбор преобразователя частоты (ПЧ) для асинхронного электропривода.

○ **Задание:** Для привода вентилятора мощностью 45 кВт выбрать по каталогу преобразователь частоты. Проверить соответствие ПЧ по мощности двигателя, току нагрузки и перегрузочной способности.

8. Моделирование системы "Преобразователь частоты - Асинхронный двигатель" (ПЧ-АД).

○ **Задание:** В среде моделирования (например, MATLAB/Simulink) собрать модель системы ПЧ-АД. Исследовать влияние закона управления U/f на форму тока и момента при изменении частоты.

9. Разработка структуры системы векторного управления АД.

○ **Задание:** Начертить функциональную схему системы векторного управления асинхронным двигателем. Указать основные блоки: координатный преобразователь, регуляторы тока и скорости, блок оценки потокосцепления.

10. Расчет параметров регуляторов в контуре тока системы векторного управления.

○ **Задание:** Рассчитать параметры ПИ-регулятора тока в системе векторного управления АД, используя метод настройки на технический оптимум (модульный).

11. Анализ работы частотно-регулируемого привода центробежного насоса.

○ **Задание:** Рассчитать экономию электроэнергии при внедрении ЧРП для насоса, работающего в системе с переменным расходом. Сравнить потребляемую мощность при дроссельном регулировании и регулировании скоростью вращения.

12. Разработка алгоритма плавного пуска АД с помощью ПЧ.

○ **Задание:** Описать алгоритм работы преобразователя частоты для реализации плавного пуска асинхронного двигателя: задание начального напряжения и темпа его нарастания (время разгона).

13. Расчет энергетических показателей электропривода.

○ **Задание:** Для заданного режима работы привода (например, работа питательного насоса в течение суток) рассчитать средневзвешенный КПД и коэффициент мощности ($\cos \varphi$) системы.

14. Анализ работы ЭМК в режиме динамического торможения.

○ **Задание:** Описать схему и алгоритм динамического торможения асинхронного двигателя с помощью ПЧ. Рассчитать величину постоянного тока в обмотках статора, необходимого для создания тормозного момента.

15. Разработка системы управления электроприводом задвижки или направляющего аппарата.

○ **Задание:** Спроектировать систему управления для электропривода задвижки. Определить тип датчика положения, структуру контура позиционирования и алгоритм управления скоростью на разных участках траектории (подход к точке, дотяжка).

5.3. Тематика письменных работ обучающихся

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

1. Методология моделирования электромеханических комплексов по взаимосвязанным подсистемам.
2. Математическое описание процессов в электромеханических комплексах.
3. Короткие замыкания, сбросы и набросы нагрузки синхронных генераторов.
4. Короткие замыкания асинхронных машин.
5. Расчеты электромагнитных процессов в 3-фазном тиристорном мосте.
6. Тиристорный регулятор 3-фазного напряжения.
7. Трехфазный автономный инвертор напряжения.
8. Трехфазный активный выпрямитель.
9. Однофазный активный преобразователь частоты.
10. Многоуровневые преобразователи со звеньями постоянного напряжения.
11. Матричные преобразователи.
12. Пуск асинхронных двигателей через тиристорные регуляторы напряжения.
13. Электроприводы бурового станка.
14. Тяговый привод электропоездов метрополитена.
15. Электрические трансмиссии самосвалов “БелАз”.
16. Электроприводы экскаваторов с активными выпрямителями.
17. Ветроэлектрическая установка с асинхронным генератором.

18. Асинхронизированные компенсаторы и их пуск.
19. Электромеханические накопители энергии с АГД.
20. Гидроаккумулирующие электростанции.

5.4. Перечень вопросов промежуточной аттестации по дисциплине

Список вопросов для зачета

1. Циклы, которые осуществляются в поршневых двигателях внутреннего сгорания (ДВС) и газотурбинных установках (ГТУ).
2. Как теплота сгорания натурального топлива в теплотехнических установках переходит в механическую работу.
3. Термический КПД цикла теплотехнической установки? От чего зависит термический КПД теплового двигателя?
4. Цикл Ренкина паротурбинной установки в T_s — диаграмме, покажите пути повышения его термического КПД.
5. Виды теплообмена. Приведите примеры из техники, где имеют место эти виды теплообмена.
6. Основные уравнения, по которым производится расчет этих видов теплообмена.
7. Способы интенсификации теплопередачи.
8. Теплообменные аппараты. Уравнения, используемые для расчета этих аппаратов.
9. Виды расчетов теплообменных аппаратов, приведите примеры их использования в энергетике.
10. Регенеративные подогреватели и сетевые. В чем их отличие по назначению?
11. Основные характеристики потока воды.
12. Уравнение Бернулли из основного уравнения гидростатики.
13. Гидродинамический напор, гидравлическое сопротивление и потеря напора воды.
14. Основные характеристики рек.
15. Как определить мощность гидроэлектростанции?
16. Основы физического расчета реактора.
17. Какой изотоп природного урана в основном используется в атомной энергетике?
18. Глубина выгорания ядерного топлива, что это такое?
19. Основы теплового расчета парогенератора с водо-водяным энергетическим реактором.
20. Классификация тепловых электрических станций.
21. Условия, которые являются основополагающими при выборе типа электростанции.
22. Простейшие (принципиальные) схемы КЭС и ТЭЦ.
23. Тепловые потери и электрический КПД тепловых электростанций.
24. Показатели тепловой экономичности ТЭЦ.
25. Условия применения схем раздельного и комбинированного энергоснабжения.
26. Влияние начальных и конечных параметров пара на экономичность тепловых электростанций.
27. С какой целью на тепловых электростанциях применяется промежуточный перегрев пара?
28. С какой целью на ТЭС применяется регенеративный подогрев питательной воды?
29. Схемы отпуска технологического (производственного) пара от промышленноотопительной ТЭЦ.
30. Расчетные тепловые нагрузки ТЭЦ. Как они определяются?
31. Простейшая схема теплофикационной установки.
32. График тепловых нагрузок по продолжительности отопительного периода.
33. Показатели тепловой экономичности тепловых электростанций.
34. Величина удельных расходов условного топлива на выработку электроэнергии на КЭС и ТЭЦ.
35. Основное энергетическое оборудование ТЭС.
36. Критерии правильности выбора состава, типа и мощности энергетического оборудования.
37. Оптимальные значения коэффициентов теплофикации по технологическому пару и сетевой воде.

38. Типы насосов, применяемых на ТЭС.
39. Покажите на примере влияние выбросов тепловых электростанций на экологию.
40. Покажите преимущества атомных электростанций перед тепловыми.
41. Приведите принципиальные тепловые схемы АЭС.
42. Назовите типы реакторов для АЭС, а также основные отличия и особенности этих типов.
43. В чем преимущества реакторов на быстрых нейтронах перед реакторами на тепловых нейтронах?
44. Что такое «тепловая мощность» АЭС?
45. Электрический КПД атомной электростанции? Назовите численное значение его для современных АЭС.
46. Сепараторы-паропрегреватели на АЭС. Как происходит сепарация и перегрев пара в СПП?
47. В чем особенности паротурбинного цикла АЭС?
48. Назовите основные положения расчета парогенераторов АЭС.
49. Классификация гидротурбин. В чем отличие гидротурбин для ГЭС и ГАЭС?
50. Принцип действия и особенности конструкции активных и реактивных гидротурбин.
51. Каскадное использование водных ресурсов. Как производится регулирование речного стока?
52. Перспективы использования водных ресурсов для строительства малых ГЭС, приливных электростанций (ПЭС) и волновых энергоустановок.
53. Как решаются экологические проблемы при комплексном использовании водных ресурсов?
54. Примеры использования солнечных энергетических установок для производства электроэнергии.
55. Геотермальные ресурсы России. Принципиальные схемы ГеоТЭС.
56. Принципы преобразования ветровой энергии в электрическую.
57. Конструкции ветровых турбин и основные узлы ветроэнергетических установок.
58. Покажите на примере перспективы развития нетрадиционной энергетики в России.

Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами)

Прочитайте вопрос и выберите один правильный ответ.

Вопрос 1.1 Как называется график, показывающий зависимость момента сопротивления производственного механизма от угловой скорости вращения? а) Механическая характеристика двигателя; б) **Механическая характеристика механизма**; в) Нагрузочная диаграмма; г) Электромеханическая характеристика.

Правильный ответ: б)

Вопрос 1.2 Какой основной параметр необходимо привести к валу электродвигателя при расчетах динамики электромеханического комплекса? а) Активную мощность; б) Напряжение питания; в) **Момент инерции**; г) Коэффициент полезного действия.

Правильный ответ: в)

Вопрос 1.3 Как называется режим работы, при котором асинхронный двигатель работает со скольжением больше единицы ($s > 1$)? а) Режим холостого хода; б) **Генераторный тормозной режим**; в) Режим короткого замыкания; г) Рекуперативный режим.

Правильный ответ: б)

Вопрос 1.4 Какое устройство является основным силовым звеном в системе частотно-регулируемого электропривода (ЧРП)? а) Тиристорный регулятор напряжения; б) Электромагнитный контактор; в) **Преобразователь частоты (ПЧ)**; г) Выпрямитель без инвертора.

Правильный ответ: в)

Вопрос 1.5 Какая система управления асинхронным двигателем позволяет независимо и с высокой точностью регулировать магнитный поток и электромагнитный момент? а) Скалярное управление ($U/f=const$); б) Прямое управление моментом (DTC); в) **Векторное управление (FOC)**; г) Гистерезисное управление.

Правильный ответ: в)

Прочитайте вопрос и выберите два правильных ответа.

Вопрос 2.1 Выберите два основных преимущества применения частотно-регулируемого привода (ЧРП) для насосов и вентиляторов по сравнению с дроссельным регулированием. а) **Снижение пусковых токов**; б) **Экономия электроэнергии за счет соответствия производительности потребности**; в) Увеличение габаритов установки; г) Упрощение конструкции двигателя.

Правильный ответ: а), б)

Вопрос 2.2 Выберите два основных типа механических характеристик производственных механизмов, встречающихся в электроэнергетике. а) Характеристика с постоянным моментом сопротивления (например, подъемный механизм); б) **Вентиляторная характеристика (квадратичная зависимость момента от скорости)**; в) Характеристика с линейно-возрастающим моментом; г) Характеристика с постоянным моментом (например, конвейер).

Правильный ответ: а), б)

Вопрос 2.3 Выберите два основных элемента, которые входят в состав электромеханического комплекса как единого целого. а) Система автоматического управления (САУ); б) **Рабочая машина (механизм)**; в) Трансформаторная подстанция; г) **Электродвигатель**.

Правильный ответ: а), б), г) (Примечание: Вопрос подразумевает выбор двух, но для полноты картины правильными являются три варианта. Если строго два, то а) и б) или а) и г).)

Вопрос 2.4 Выберите два основных способа торможения асинхронного двигателя в составе ЭМК. а) **Рекуперативное торможение (с отдачей энергии в сеть)**; б) **Динамическое торможение (с рассеиванием энергии на резисторе)**; в) Увеличение подводимого напряжения; г) Изменение числа пар полюсов.

Правильный ответ: а), б)

Вопрос 2.5 Выберите два основных назначения использования "мертвого времени" (*dead-time*) в инверторах, входящих в состав ЧРП. а) Для увеличения КПД системы; б) **Для предотвращения сквозного тока через транзисторы одного плеча моста**; в) Для упрощения алгоритма управления; г) **Для обеспечения времени на выключение одного ключа до включения другого**.

Правильный ответ: б), г)

Установите соответствие между типом механизма и его механической характеристикой.

А) Центробежный насос или вентилятор	1) Момент сопротивления практически не зависит от скорости ($M_c \approx \text{const}$).
Б) Шаровая мельница или дробилка	2) Момент сопротивления пропорционален квадрату скорости ($M_c \approx \omega^2$).
В) Подъемный механизм или конвейер	3) Момент сопротивления зависит от нагрузки и может иметь сложную зависимость от скорости.
Г) Поршневой компрессор	4) Момент сопротивления имеет пульсирующий характер.

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

4) На установление последовательности (1 вопрос)

Укажите правильную последовательность действий при расчете мощности электродвигателя для длительного режима работы с переменной нагрузкой. 1\$ Проверка выбранного двигателя на перегрузочную способность и пусковой момент. 2\$ Построение нагрузочной диаграммы $P(t)$ или $M(t)$. 3\$ Выбор по каталогу номинальной мощности двигателя $P_{ном} \geq P_{экр}$. 4\$ Расчет эквивалентной (среднеквадратичной) мощности или момента $P_{экр}$ по нагрузочной диаграмме.

Правильный ответ: 2-4-3-1

Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

7.1. Основная литература

1. Рогов, И. Е. Электрические и электронные управляющие системы и комплексы: учебное пособие / И. Е. Рогов. — Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет, 2023. — 186 с. — ISBN 978-5-7890-2093-7. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/130468.html>

2. Ким, К. К. Теплогенерирующие электромеханические устройства и комплексы: монография / К. К. Ким, С. Н. Иванов, В. Н. Кузьмин. — Москв : Ай Пи Ар Медиа, 2023. — 418 с. — ISBN 978-5-4497-2461-8. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/135245.html>

7.2. Дополнительная литература

3. Ким, К. К. Электромеханические генераторы тепловой энергии: монография / К. К. Ким, С. Н. Иванов. — Москва Ай Пи Ар Медиа, 2023. — 289 с. — ISBN 978-5-4497- 2456-4. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/135250.html>

4. Шайтор, Н. М. Электромеханические структуры сложных конфигураций: монография / Н. М. Шайтор. — Москва, Вологда: Инфра-Инженерия, 2023. — 168 с. — ISBN 978-5-9729-1264-3. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/133083.html>

7.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

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

Раздел 8. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

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

Оборудование:

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

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

Специализированная мебель и технические средства обучения:

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

Раздел 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины «**Электромеханические комплексы в электроэнергетике**» можно построить в соответствии со списком вопросов для подготовки к экзамену. Для эффективного изучения курса Безопасности жизнедеятельности рекомендуется следующий порядок:

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

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

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

Во время экзамена требуется иметь калькулятор для выполнения расчетных заданий.

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

Учебно-методическое издание

Рабочая программа учебной дисциплины

Электромеханические комплексы в электроэнергетике

*(Наименование дисциплины в соответствии с учебным
планом)*

Беликова Екатерина Владимировна

(Фамилия, Имя, Отчество составителя)