

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Качество электроэнергии и электромагнитная совместимость в
электроприводах»

Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль Электроприводы и системы управления электроприводов

Квалификация выпускника магистр

Нормативный период обучения 2 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2026

Воронеж 2026

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Формирование у студентов знаний, умений и навыков, необходимых для практического применения результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области качества электроэнергии и электромагнитной совместимости (ЭМС) в электроприводах. Это включает анализ электромагнитной обстановки, расчёт и измерение помех, выбор и применение помехоподавляющих устройств, а также проведение испытаний оборудования на соответствие требованиям ЭМС.

1.2. Задачи освоения дисциплины

- освоение методов анализа и оценки качества электроэнергии в системах с электроприводами.
- изучение современных подходов к обеспечению электромагнитной совместимости технических средств.
- закрепление у студентов практических навыков применения результаты научных исследований и опытно-конструкторских разработок для решения практических задач по снижению уровня помех и повышению надёжности работы электроприводов.
- закрепление у студентов практических навыков выбора, проектирования и внедрения технических решений, обеспечивающих требуемое качество электроэнергии и ЭМС.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Качество электроэнергии и электромагнитная совместимость в электроприводах» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Качество электроэнергии и электромагнитная совместимость в электроприводах» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-2 - Способен применять результаты научно-исследовательские и опытно-конструкторские работ

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-2	знать актуальную нормативную документацию в соответствующей области знаний; методы анализа научных данных и средства планирования, организации исследований и разработок.
	уметь проводить анализ научных данных, результатов экспериментов и наблюдений; осуществлять теоретическое обобщение научных данных, результатов экспериментов и наблюдений.

	владеть навыками организации сбора и изучения научно-технической информации по теме исследований и разработок; методами анализа научных данных и средств планирования, организации исследований и разработок.
--	--

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Качество электроэнергии и электромагнитная совместимость в электроприводах» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		3
Аудиторные занятия (всего)	72	72
В том числе:		
Лекции	24	24
Практические занятия (ПЗ) в том числе в форме практической подготовки	24 6	24 6
Лабораторные работы (ЛР) в том числе в форме практической подготовки	24 8	24 8
Самостоятельная работа	81	81
Курсовой проект	+	+
Часы на контроль	27	27
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	180	180
зач.ед.	5	5

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение в качество электроэнергии и электромагнитную совместимость	Основные понятия и определения. Влияние качества электроэнергии на работу электроприводов. Значение электромагнитной совместимости в современных электротехнических системах.	2	4	4	12	22
		практическая подготовка обучающихся	-	-	2	-	2
2	Показатели качества электроэнергии и методы их измерения	Нормируемые параметры электроэнергии (напряжение, частота, несинусоидальность, несимметрия).	4	4	4	14	26

		Методы и средства измерения показателей качества электроэнергии в системах с электроприводами					
		практическая подготовка обучающихся	-	-	2	-	2
3	Источники электромагнитных помех в электроприводах	Классификация и анализ источников помех. Влияние нелинейных нагрузок, преобразователей и других элементов на электромагнитную обстановку.	4	4	4	14	26
		практическая подготовка обучающихся	-	-	2	-	2
4	Методы и средства обеспечения электромагнитной совместимости	Применение помехоподавляющих фильтров, экранирование, заземление. Подбор и настройка оборудования для снижения уровня помех и повышения помехоустойчивости.	2	4	4	14	24
		практическая подготовка обучающихся	-	2	2	-	4
5	Компенсация реактивной мощности и повышение качества электроэнергии	Методы компенсации реактивной мощности. Использование конденсаторных установок, активных фильтров и других средств для улучшения качества электроэнергии.	4	4	4	14	26
		практическая подготовка обучающихся	-	2	-	-	2
6	Испытания, моделирование и анализ переходных процессов в электроприводах	Энергосберегающие технологии и методики улучшения электромагнитной совместимости (ЭМС) в системах регулируемого электропривода постоянного и переменного тока. Оценка электромагнитной обстановки, расчёт и измерение помех, выбор и применение помехоподавляющих устройств, а также проведение испытаний оборудования на соответствие требованиям ЭМС Моделирование переходных процессов и их влияние на работу электроприводов и качество электроэнергии. Проведение испытаний на соответствие стандартам по ЭМС. Анализ результатов и выработка рекомендаций по оптимизации систем.	8	4	4	13	29
		практическая подготовка обучающихся	-	2	-	-	2
Итого			24	24	24	81	153

Практическая подготовка при освоении дисциплины (модуля) проводится путем непосредственного выполнения обучающимися отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью, способствующих формированию, закреплению и развитию практических навыков и компетенций по профилю соответствующей образовательной про-

граммы на практических занятиях и (или) лабораторных работах:

№ п/п	Перечень выполняемых обучающимися отдельными элементами работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью	Формируемые профессиональные компетенции
1	Измерение и анализ показателей качества электроэнергии в системах с электроприводами.	ПК-2
2	Оценка электромагнитной совместимости электропривода и питающей сети, выявление и анализ источников помех.	ПК-2
3	Подбор, настройка и испытание помехоподавляющих фильтров для снижения уровня электромагнитных помех.	ПК-2
4	Реализация мероприятий по компенсации реактивной мощности и повышению качества электроэнергии.	ПК-2
5	Проведение испытаний электропривода на соответствие стандартам по электромагнитной совместимости.	ПК-2
6	Моделирование и анализ переходных процессов в электроприводах с учётом их влияния на качество электроэнергии.	ПК-2

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Измерение показателей качества электроэнергии в системах с электроприводами.
2. Анализ электромагнитной совместимости электропривода и питающей сети.
3. Исследование эффективности помехоподавляющих фильтров в цепях электроприводов.
4. Компенсация реактивной мощности и повышение качества электроэнергии в системах с электроприводами.
5. Испытания электропривода на соответствие требованиям стандартов по электромагнитной совместимости.
6. Моделирование и анализ переходных процессов в электроприводах с учётом качества электроэнергии.

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсового проекта в 3 семестре для очной формы обучения.

Примерная тематика курсового проекта: «Разработка мероприятий по обеспечению качества электроэнергии и электромагнитной совместимости в системе с электроприводами».

Задачи, решаемые при выполнении курсового проекта:

- Провести анализ показателей качества электроэнергии в заданной системе с электроприводами и выявить основные проблемы.
- Оценить уровень электромагнитной совместимости оборудования, определить источники и характер электромагнитных помех.
- Подобрать и обосновать технические решения по снижению уровня помех (например, выбор и расчёт помехоподавляющих фильтров, эк-

ранирование, оптимизация заземления).

- Разработать мероприятия по компенсации реактивной мощности и улучшению качества электроэнергии в системе.
- Выполнить моделирование переходных процессов и оценить их влияние на работу электроприводов и качество электроэнергии.
- Сформулировать рекомендации по внедрению разработанных решений и провести технико-экономическое обоснование их эффективности.
- Курсовой проект включать в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-2	знать актуальную нормативную документацию в соответствующей области знаний; методы анализа научных данных и средства планирования, организации исследований и разработок.	тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь проводить анализ научных данных, результатов экспериментов и наблюдений; осуществлять теоретическое обобщение научных данных, результатов экспериментов и наблюдений.	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками организации сбора и изучения научно-технической информации по теме исследований и разработок; методами анализа научных данных и средств планирования, организации исследований и разработок.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 3 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-2	знать актуальную нормативную документацию в соответствующей области знаний; методы анализа научных данных и средства планирования, организации исследований и разработок.	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь проводить анализ научных данных, результатов экспериментов и наблюдений; осуществлять теоретическое обобщение научных данных, результатов экспериментов и наблюдений.	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками организации сбора и изучения научно-технической информации по теме исследований и разработок; методами анализа научных данных и средств планирования, организации исследований и разработок.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Какой из перечисленных показателей не относится к основным показателям качества электроэнергии в системах электропривода?

- Отклонение напряжения.
- Коэффициент мощности.
- Частота вращения двигателя.
- Коэффициент несинусоидальности напряжения.

2. Какое устройство чаще всего применяется для компенсации реактивной мощности и повышения электромагнитной совместимости в электроприводах?

- а) Трансформатор.
- б) Конденсаторная батарея.
- в) Реактор.
- г) Выпрямитель.

3. Что такое электромагнитная совместимость (ЭМС) в контексте электроприводов?

- а) Способность электропривода работать при любых погодных условиях.
- б) Способность электропривода не создавать и не воспринимать помехи, влияющие на работу других устройств.
- в) Способность электропривода работать без обслуживания.
- г) Способность электропривода к самодиагностике.

4. Какое влияние оказывают высшие гармоники на работу асинхронного электропривода?

- а) Повышают КПД двигателя.
- б) Увеличивают срок службы изоляции.
- в) Вызывают дополнительный нагрев и потери.
- г) Снижают уровень шума.

5. Какой тип преобразователя частоты обеспечивает наилучшую электромагнитную совместимость?

- а) Непосредственный преобразователь частоты.
- б) Автономный инвертор напряжения с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ).
- в) Тиристорный выпрямитель.
- г) Диодный мост.

6. Как влияет коэффициент пульсаций тока на работу электропривода?

- а) Не влияет.
- б) Увеличивает ресурс двигателя.
- в) Снижает уровень электромагнитных помех.
- г) Увеличивает нагрев двигателя и потери энергии.

7. Какой способ повышения ЭМС электропривода относится к организационным мерам?

- а) Установка сетевых фильтров.
- б) Применение экранированных кабелей.
- в) Разнесение по времени работы мощных и чувствительных потребителей.
- г) Использование активных выпрямителей.

8. В соответствии со стандартом ГОСТ 32144-2013, каково предельно допустимое значение установившегося отклонения напряжения в нормальном режиме работы для сетей низкого напряжения (220/380 В)?

- а) $\pm 10\% \pm 10\%$ от номинального значения.
- б) $\pm 5\% \pm 5\%$ от номинального значения.
- в) $\pm 15\% \pm 15\%$ от номинального значения.
- г) $\pm 20\% \pm 20\%$ от номинального значения.

9. Какое устройство или элемент схемы электропривода является основным источником высших гармоник напряжения и тока, негативно влияющих на качество электроэнергии питающей сети?

- а) Электродвигатель (асинхронный или синхронный).
- б) Входной сетевой дроссель (реактор).
- в) Выпрямитель и инвертор преобразователя частоты (ПЧ).
- г) Сетевой автоматический выключатель.

10. Какое из перечисленных явлений относится к кондуктивным электромагнитным помехам, распространяющимся по цепям питания и оказывающим влияние на работу электропривода?

- а) Электростатический разряд от оператора к корпусу двигателя.
- б) Наведение высокого напряжения на кабеле управления из-за близкого расположения силового кабеля.
- в) Искажение формы тока, потребляемого преобразователем частоты, приводящее к гармоническим искажениям напряжения в сети.
- г) Воздействие мощного электромагнитного импульса (ЭМИ) от молнии.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Какой основной нормативный документ в РФ устанавливает показатели и нормы качества электрической энергии в сетях переменного тока?

- а) ПУЭ (Правила устройства электроустановок)
- б) ГОСТ 32144-2013
- в) ГОСТ Р 51317.4.30
- г) ТР ТС 004/2011 «О безопасности низковольтного оборудования»

2. Какое устройство в структуре современного электропривода (с преобразователем частоты) является основным источником кондуктивных электромагнитных помех (высших гармоник тока) в питающую сеть?

- а) Асинхронный электродвигатель
- б) Неуправляемый выпрямитель на входе преобразователя частоты
- в) Выходной инвертор напряжения
- г) Сетевой автоматический выключатель

3. Каким термином определяется медленное изменение действующего значения напряжения, при котором отклонение от номинального значения превышает $\pm 10\%$?

- а) Провал напряжения

- б) Перенапряжение
- в) Колебания напряжения
- г) Отклонение напряжения

4. Какое влияние оказывает протекание токов обратной последовательности на работу асинхронного двигателя?

- а) Создает тормозной момент, вызывает дополнительный нагрев ротора
- б) Увеличивает коэффициент мощности двигателя
- в) Не оказывает существенного влияния на установившийся режим
- г) Снижает уровень вибрации

5. Для какой цели в схеме преобразователя частоты устанавливается сетевой (входной) дроссель?

- а) Для повышения КПД двигателя
- б) Для сглаживания пульсаций выпрямленного тока, снижения гармоник в сети и ограничения пусковых токов
- в) Для преобразования постоянного тока в переменный
- г) Для увеличения выходного напряжения инвертора

6. Какой из перечисленных показателей качества электроэнергии характеризует искажение формы кривой напряжения из-за наличия высших гармоник?

- а) коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности
- б) доза фликера
- в) коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения
- г) отклонение частоты

7. Каким образом несимметрия напряжений по фазам влияет на срок службы изоляции электродвигателя?

- а) Увеличивает срок службы за счет более равномерного нагрева
- б) Сокращает срок службы из-за перегрева фазных обмоток и возникновения токов нулевой последовательности
- в) Не влияет на срок службы изоляции
- г) Вызывает механическое упрочнение изоляции

8. Что такое «провал напряжения» согласно нормативным документам?

- а) Внезапное значительное повышение напряжения
- б) Внезапное значительное понижение напряжения ниже порогового значения с последующим восстановлением
- в) Кратковременные колебания напряжения с малой амплитудой
- г) Медленное снижение напряжения в течение суток

9. Какой физический эффект приводит к увеличению активного сопротивления проводника для токов высших гармоник по сравнению с током основной частоты?

- а) Эффект Холла
- б) Эффект близости

- в) Поверхностный эффект (скин-эффект)
- г) Феррорезонанс

10. Какой метод является наиболее эффективным для компенсации реактивной мощности и фильтрации высших гармоник тока, генерируемых мощным электроприводом?

- а) Установка батарей статических конденсаторов
- б) Применение пассивных LC-фильтров, настроенных на конкретные гармоники
- в) Использование активного фильтра гармоник (АФГ)
- г) Увеличение сечения питающего кабеля

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Расчет гармоник тока выпрямителя

Трехфазный мостовой выпрямитель на входе преобразователя частоты (ПЧ) питает двигатель с постоянным током в цепи нагрузки $I_d = 100$ А. Определите амплитудное значение 5-й гармоники тока, потребляемого из сети, в предположении идеального выпрямителя.

- а) 20 А
- б) 33.3 А
- в) 57.7 А
- г) 100 А

2. Выбор сетевого дросселя

Для снижения уровня гармоник на входе ПЧ необходимо установить сетевой дроссель. Номинальный ток ПЧ — 150 А. Требуется, чтобы падение напряжения на дросселе на частоте 50 Гц не превышало 3% от номинального линейного напряжения сети (400 В). Какая минимальная индуктивность дросселя необходима?

- а) 0.8 мГн
- б) 1.6 мГн
- в) 2.5 мГн
- г) 3.2 мГн

3. Оценка потерь от гармоник

В распределительной сети с эквивалентным активным сопротивлением фазы $R_{\text{сети}} = 0.1$ Ом протекает ток 5-й гармоники с действующим значением 30 А. Рассчитайте дополнительные потери активной мощности в сети, вызванные этой гармоникой.

- а) 90 Вт
- б) 180 Вт
- в) 450 Вт
- г) 900 Вт

4. Расчет падения напряжения от гармоник

Используя данные из предыдущей задачи, определите падение напряжения от протекания тока 5-й гармоники, если индуктивное сопротивление сети на этой частоте равно 0.25 Ом.

- а) 7.5 В
- б) 15 В
- в) 25 В
- г) 37.5 В

5. Анализ несимметрии напряжений

В трехфазной сети измерены фазные напряжения: $U_A = 220$ В, $U_B = 210$ В, $U_C = 230$ В. Какое из напряжений является средним ($U_{ср}$) и каково максимальное отклонение от него?

- а) $U_{ср} = 220$ В, отклонение = ± 10 В
- б) $U_{ср} = 210$ В, отклонение = $+20$ В
- в) $U_{ср} = (220+210+230)/3$ В, отклонение = ± 10 В
- г) $U_{ср} = (220+210+230)/3$ В, отклонение = $+20$ В

6. Выбор моторного дросселя

Для защиты изоляции двигателя от импульсов напряжения необходимо ограничить скорость нарастания напряжения (du/dt) на клеммах двигателя до уровня не более 600 В/мкс. Номинальный ток двигателя — 80 А. Какую минимальную индуктивность выходного (моторного) дросселя следует выбрать?

- а) $L \geq U_{пост} / (600 \text{ В/мкс} * I_{ном})$
- б) $L \geq (600 \text{ В/мкс} * I_{ном}) / U_{пост}$
- в) $L \geq U_{пост} / (600 \text{ В/мкс})$
- г) $L \geq I_{ном} / (600 \text{ В/мкс})$

7. Сравнение средств улучшения качества электроэнергии

Какое устройство является наиболее эффективным для одновременной компенсации реактивной мощности и активной фильтрации (подавления) высших гармоник тока в сети с нелинейной нагрузкой?

- а) Батарея статических конденсаторов (БСК)
- б) Пассивный LC-фильтр, настроенный на 5-ю гармонику
- в) Активный фильтр гармоник (АФГ)
- г) Сетевой дроссель

8. Оценка влияния провала напряжения на ПЧ

ПЧ управляет двигателем в режиме поддержания момента. В питающей сети произошел провал напряжения на 40% длительностью 250 мс. Что произойдет с системой электропривода?

- а) Двигатель немедленно остановится.
- б) ПЧ отключится по ошибке "Undervoltage".
- в) ПЧ перейдет в режим генерации рекуперативной энергии в сеть.
- г) ПЧ перейдет в режим стабилизации момента за счет использования энергии, запасенной во входном конденсаторе звена постоянного тока.

9. Снижение электромагнитного излучения

Для снижения уровня помех, излучаемых кабелем, соединяющим ПЧ и двигатель, рекомендуется:

- а) Использовать кабель без экрана для уменьшения емкости.
- б) Прокладывать кабель управления и силовой кабель в одном общем лотке.
- в) Проложить силовой кабель и кабель управления в разных металлических лотках или с разделяющей перегородкой.
- г) Оставить экран кабеля со стороны ПЧ не подключенным.

10. Расчет потерь в кабеле от скин-эффекта

Как изменится активное сопротивление медного проводника для токов высших гармоник по сравнению с сопротивлением на основной частоте (50 Гц)?

- а) Не изменится.
- б) Уменьшится.
- в) Увеличится.
- г) Станет равным реактивному сопротивлению.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Что является источниками и рецепторами промышленных помех при анализе внутри объектовой ЭМС?
2. Что является источниками и рецепторами промышленных помех при анализе внутри аппаратной ЭМС?
3. В чем заключаются отличия оценки ЭМС для промышленных помех от непреднамеренных электромагнитных помех?
4. Являются ли экспериментальные методы анализа ЭМС основным инструментом при измерениях параметров ЭМС?
5. Что является составляющими погрешности измерения при экспериментальной оценке ЭМС?
6. Какая из составляющих погрешности имеет значительные отличия от традиционных измерений?
7. Что включают в себя методы, используемые для экспериментальных оценок ЭМС?
8. Как, по мере завершения разработки и перехода к стадиям производства и эксплуатации ведут себя эффективность и стоимость борьбы с помехами?
9. На каких этапах жизненного цикла вопросы обеспечения ЭМС должны максимально учитываться?
10. Что такое организационно-техническая мера обеспечения ЭМС?
11. На чем базируются системотехнические меры обеспечения ЭМС?
12. Какие есть группы схемотехнических мер обеспечения ЭМС?

13. Какие есть конструкторско-технологические меры обеспечения ЭМС?
14. Что регламентируют стандарты, относящиеся к параметрам ЭМС?
15. Что должны охватывать стандарты в области ЭМС? ...
16. Необходима ли координация на международном уровне для стандартов ЭМС?
17. Что понимается под системой в электромагнитной совместимости?
18. Содержание схмотехнических мер обеспечения ЭМС составляют?
19. Что положено в основу метода компенсации помех?
20. Что используется для задач фильтрации помех?
21. В чем заключается цель принятия конструкторско-технологических мер обеспечения ЭМС?
22. Затрагивают ли конструкторско-технологические меры принцип действия устройств и их принципиальные схемы?
23. Какие две группы обеспечения ЭМС конструкторско-технологическими мерами Вы знаете?
24. Нормирование качества электроэнергии в РФ в соответствии с действующими стандартами?
25. Показатели и нормы качества электрической энергии
26. Продолжительные изменения характеристик напряжения
28. Медленные изменения напряжения
29. Колебания напряжения и фликер
30. Несинусоидальность напряжения
31. Несимметрия напряжений в трехфазных системах
32. Случайные события и прерывания напряжения
33. Провалы напряжения и перенапряжения
34. Импульсные напряжения
35. Классификация электроприемников
36. Классификация потребителей электрической энергии
37. Характеристики электроприемников
38. Характерные приемники электроэнергии
39. Коммунально-бытовые приемники и потребители электроэнергии
40. Сельскохозяйственные потребители электроэнергии
41. Влияние качества электроэнергии на работу электроприемников

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по билетам, каждый из которых содержит 2 вопроса и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос оценивается в 7 баллов, задача оценивается в 6 баллов (3 балла за верное решение и 3 балла за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15

баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Введение в качество электро-энергии и электромагнитную совместимость	ПК-2	Тест, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту
2	Показатели качества электро-энергии и методы их измерения	ПК-2	Тест, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту
3	Источники электромагнитных помех в электроприводах	ПК-2	Тест, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту
4	Методы и средства обеспечения электромагнитной совместимости	ПК-2	Тест, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту
5	Компенсация реактивной мощности и повышение качества электроэнергии	ПК-2	Тест, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту
6	Испытания, моделирование и анализ переходных процессов в электроприводах	ПК-2	Тест, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы, курсового проекта или отчета по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Зайцев, А.И. Энергосберегающие технологии в распределенных электроэнергетических сетях: Монография / А. И. Зайцев, В. Н. Крысанов. - Воронеж : ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет", 2016. - 224 с. - ISBN 978-5-7731-0458-2.

2. Крысанов, В.Н. Программно-аппаратное обеспечение систем управления ЭЭС на базе технологии FACT : Монография / В. Н. Крысанов. - Воронеж : ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет", 2016. - 232 с.

3. Аппаратно-программное управление режимами узлов нагрузки региональных сетей электроснабжения с помощью статических устройств [Текст] : монография / Крысанов В.Н.; ФГБОУ ВО "Воронеж. гос. техн. ун-т". - Воронеж : Воронежский государственный технический университет, 2017. - 234 с.- ISBN 978-5-7731-0521-3 : 105-96222.

4. Крысанов, В.Н. Основы проектирования электрических приводов : Учеб. пособие / В. Н. Крысанов. - Воронеж : ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", 2014. - 135 с.

5. Крысанов, В.Н. Электропривод в современных технологиях [Текст] : лабораторный практикум / Крысанов В. Н., Иванов К. В. ; ФГБОУ ВО "Воронеж. гос. техн. ун-т". - Воронеж : Воронежский государственный технический университет, 2019. - 92 с. : ил. - ISBN 978-5-7731-0741-5.

6. Симаков Г.М. Специальные разделы теории электропривода : учебное пособие / Симаков Г.М., Филюшов Ю.П.. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2020. — 124 с. — ISBN 978-5-7782-4074-2. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/98739.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

7. Абакумов, А. М. Энергосбережение в нерегулируемом электроприводе : учебное пособие / А. М. Абакумов. — Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2020. — 79 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/105097.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

8. Мещеряков, В. Н. Электрический привод. Ч.4. Энергетика электропривода: учебное пособие / В. Н. Мещеряков. — Липецк : Липецкий госу-

дарственный технический университет, ЭБС АСВ, 2019. — 50 с. — ISBN 978-5-88247-969-4 (ч.4), 978-5-88247-668-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/99157.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

9. Мещеряков, В. Н. Энергосбережение в электроэнергетике и электроприводе : методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Энергосберегающие технологии» для студентов направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» / В. Н. Мещеряков, Л. Н. Языкова. — Липецк : Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2017. — 28 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/74425.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

10. Савина, Н. В. Качество электроэнергии : учебное пособие / Н. В. Савина. — Благовещенск : Амурский государственный университет, 2014. — 182 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/103874.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

11. Качество электроэнергии, источники и средства компенсации реактивной мощности в электроэнергетических системах : учебное пособие / С. Е. Герасимов, С. А. Иванов, А. А. Кузнецов [и др.]. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2021. — 100 с. — ISBN 978-5-7422-7361-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/116131.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

12. Электромагнитная совместимость : учебное пособие / В. М. Попов, В. А. Афонькина, Е. Н. Епишков, Е. И. Кривошеева. — Челябинск : Южно-Уральский государственный аграрный университет, 2022. — 144 с. — ISBN 978-5-88156-915-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/139505.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

13. Тимиргазин, Р. Ф. Электромагнитная совместимость : учебное пособие / Р. Ф. Тимиргазин. — Ульяновск : Ульяновский государственный технический университет, 2017. — 48 с. — ISBN 978-5-9795-1649-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/106134.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

8.2.1 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения:

Лицензионное программное обеспечение

1. Windows Professional 8.1 Single Upgrade MVL A Each Academic;
2. «MATLAB Classroom new Product From 10 to 24 Group Licenses (per License;
3. Simulink Classroom new Product From 10 to 24 Group Licenses (per License;
4. MathWorks SMS - Software Maintenance Service (per year)

Свободно распространяемое и бесплатное программное обеспечение

1. Adobe Acrobat Reader
2. FreeMat
3. OpenOffice
4. STDU Viewer
5. Google Chrome
6. Paint.NET

8.2.2 Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. Образовательный портал ВГТУ: <https://old.education.cchgeu.ru/>
2. Электронная библиотека ВГТУ: <https://bibl.cchgeu.ru/catalog/>
3. Электронно-библиотечная система IPR SMART: <https://www.iprbookshop.ru/>
4. Электронно-библиотечная система «Лань»: <https://e.lanbook.com/>
5. Научная электронная библиотека: www.elibrary.ru
6. Информационно - справочная система ВГТУ: <https://wiki.cchgeu.ru/>
7. Федеральный институт промышленной собственности. Информационно-поисковая система <https://www1.fips.ru/elektronnye-servisy/informatsionno-poiskovaya-sistema/>
8. ГОСТ Эксперт – единая база ГОСТов РФ <https://gostexpert.ru/>
9. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации <https://docs.cntd.ru/>
10. НЭБ – Национальная электронная библиотека <https://rusneb.ru/>
11. КиберЛенинка <https://cyberleninka.ru/>
12. Сайт Marketelectro Рынок электротехники- отраслевой портал: Информация о компаниях и выставках, статьи, объявления <https://marketelectro.ru/>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Реализация дисциплины требует наличия учебной аудитории для проведения лекционных и практических занятий.

Оборудование аудитории: комплект учебной мебели:

- рабочее место преподавателя (стол, стул);
- рабочие места обучающихся (столы, стулья).

Технические средства обучения:

- проектор;
- экран.

Переносное техническое оборудование:

- переносной компьютер.

Для проведения лабораторных работ используется учебная аудитория.

Оборудование аудитории:

комплект учебной мебели:

- рабочее место преподавателя (стол, стул);
- рабочие места обучающихся (столы, стулья).

Технические средства обучения:

- персональные компьютеры в сборе;
- лабораторные стенды.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду вуза.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Качество электроэнергии и электромагнитная совместимость в электроприводах» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы, выполняется курсовой проект.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчёта и анализа показателей качества электроэнергии, оценки электромагнитной совместимости электроприводов, выбора и настройки помехоподавляющих фильтров, а также проектирования мероприятий по компенсации реактивной мощности и моделированию переходных процессов в системах с электроприводами. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсового проекта изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсового проекта должны

своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсового проекта, защитой курсового проекта.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП

Лист согласования

Автор	Кожин Алексей Сергеевич	Подписано	01.06.2026 14:06:43
Заведующий кафедрой	Бурковский Виктор Леонидович	Подписано	01.06.2026 14:09:07
Руководитель образовательной программы	Тонн Дмитрий Александрович	Подписано	01.06.2026 14:11:45
Декан факультета	Тикунов Алексей Владимирович	Утверждено	02.06.2026 14:24:43