

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Структурное подразделение «Электропривода и электрического транспорта»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №8 от 19 мая 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД НЕФТЕГАЗОВЫХ УСТАНОВОК»

Направление: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Электрооборудование установок для добычи и транспортировки нефти и газа

Квалификация: Магистр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой
электронной подписью
Составитель программы:
Павлов Владимир Евгеньевич
Дата подписания: 07.06.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Утвердил: Арсентьев Олег
Васильевич
Дата подписания: 19.06.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Согласовал: Дунаев Михаил
Павлович
Дата подписания: 11.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Энергосберегающий электропривод нефтегазовых установок» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПК-2 Способен разрабатывать автоматизированные системы управления и электропривода для нефтегазовых предприятий	ПК-2.3

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПК-2.3	Разрабатывает энергосберегающие автоматизированные систем управления электроприводом нефтегазовых технологических установок	Знать способы управления режимами работы турбомеханизмов Уметь по паспортным данным турбомеханизма и трубопроводной магистрали получить их напорные (q-h) характеристики, использовать математические модели методов дросселирования и изменения частоты вращения электропривода при управлении производительностью турбомеханизмов Владеть опытом оценки возможного энергосбережения

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Энергосберегающий электропривод нефтегазовых установок» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Современные проблемы электроэнергетики и электротехники», «Производственная практика: научно-исследовательская работа (научно-исследовательский семинар)»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Производственная практика: преддипломная практика»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 3 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 3
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
Аудиторные занятия, в том числе:	26	26
лекции	13	13
лабораторные работы	13	13
практические/семинарские занятия	0	0

Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	46	46
Трудоемкость промежуточной аттестации	36	36
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Экзамен	Экзамен

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 3

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Анализ энергетических потерь в АД	1	4	1	4	1	3	3	16	Тест
2	Оптимизация энергетических потерь в АД при изменении нагрузки вниз от номинальной	2	4	2	4	2	3	1	6	Тест
3	Количественная оценка показателей энергосберегающ его управления при минимизации энергетических потерь изменением питающего напряжения	3	2	3	2					Тест
4	Энергетические характеристики АД при частотном регулировании скорости	4	3	4	3	3, 4	7	2, 4	24	Тест
	Промежуточная аттестация								36	Экзамен
	Всего		13		13		13		82	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 3

№	Тема	Краткое содержание
1	Анализ энергетических потерь в АД	Величина КПД АД имеет достаточно большой разброс. В частности, номинальные его значения зависят от мощности двигателя. Так для машин

		мощностью до 1 кВт они составляют $0,4 \div 0,6$, мощностью 1–100кВт – $0,7 \div 0,9$, свыше 100 кВт – $0,92-0,98$. Причем большие значения КПД относятся к машинам большей мощности. Обычно максимальное значение КПД (паспортное) достигается при нагрузках, близких к номинальной. При снижении нагрузки вниз от номинальной и повышении выше номинальной величина КПД падает. Для исследования характера энергетических потерь, могут быть использованы схемы замещения двигателя, энергетическая, векторная и круговая диаграммы. В справочной литературе обычно приводятся параметры "Г"-образной схемы замещения, с вынесением на зажимы питающей сети контура намагничивания. В полном тексте лекции поясняется методика пересчета "Г"-образной на "Т"-образную схему замещения.
2	Оптимизация энергетических потерь в АД при изменении нагрузки вниз от номинальной	При целенаправленном воздействии на АД имеется возможность изменять в определённых пределах его энергетические потери, не меняя режим работы на валу двигателя, то есть его частоту вращения и момент, который идёт на преодоление момента сопротивления нагрузки. Сравнительный анализ различных способов оптимизации АД – по минимуму суммарных энергетических потерь, по минимуму тока, потребляемого из сети, по минимуму потребляемой из сети мощности показал, что наиболее эффективным из них по уменьшению потерь является первый способ. Потому в настоящей работе рассмотрен только этот способ, но доказан он для традиционной Т-образной схемы замещения АД, в отличие от традиционных подходов, где контур намагничивания представлен двумя параллельными ветвями сопротивлений: индуктивным и активным.
3	Количественная оценка показателей энергосберегающего управления при минимизации энергетических потерь изменением питающего напряжения	Известно, что асинхронный двигатель является достаточно совершенным электротехническим устройством. Его проектируют таким образом, чтобы наивысшая энергетическая эффективность достигалась при номинальных параметрах сети и нагрузки. К несомненным достоинствам АД следует отнести такое его свойство, как высокое значение КПД в широкой зоне изменения нагрузок
4	Энергетические характеристики АД при частотном регулировании скорости	При изменении частоты питающего напряжения в самом АД происходят некоторые "внутренние" изменения. Прежде всего изменяются параметры основной физической модели АД – схемы замещения. Если при неизменной (номинальной) частоте индуктивные сопротивления статора,

		ротора и контура намагничивания являются постоянными величинами, то здесь они изменяются пропорционально изменению частоты.
--	--	---

4.3 Перечень лабораторных работ

Семестр № 3

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕРЬ В МНОГОСКОРОСТНОМ АСИНХРОННОМ ДВИГАТЕЛЕ	4
2	Исследование энергетических показателей ВМК и АВК	4
3	Исследование энергетических показателей системы электропривода ТРН-АД	2
4	Исследование энергетических показателей системы электропривода ПЧ-АД	3

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 3

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Расчёт параметров "Т"-образной схемы замещения АД на основе паспортных . Расчёт коэффициента полезного действия при различном значении момента нагрузки.	3
2	Расчёт коэффициента полезного действия при оптимизации управления по минимуму энергетических потерь.	3
3	Расчёт параметров схемы замещения АД при изменении частоты питающего напряжения.	3
4	Расчёт на основе паспортных данных ПЧ энергетических потерь при частотах и нагрузках отличных от номинальных	4

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 3

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Выполнение тренировочных и обучающих тестов	6
2	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	16
3	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	16
4	Подготовка к экзамену	8

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: В ходе проведения лекций и практических работ используются следующие интерактивные методы обучения, указанные в таблице. Таблица -
 Применяемые образовательные технологии Технологии Виды занятий Лекции
 Лаб. раб. Практ./ Сем. зан. СРС Курсовой проект Виртуальное моделирование

10

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

Энергосберегающий электропривод [Электронный ресурс] : методические указания для аудиторных занятий (лабораторные работы): направление 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника": профиль "Электропривод и автоматика": квалификация бакалавр / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, Ин-т энергетики, Каф. электропривода и электр. трансп., 2018. - 48 с. <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-14864.pdf>

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Энергосберегающие технологии в электроприводе [Электронный ресурс] : методические указания по самостоятельной работе: направление 13.04.02 "Электроэнергетика и электротехника": программа "Компьютерные технологии в электроприводе": квалификация магистр / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, 2018. - 17 с. <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-15231.pdf>

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 3 | Тест

Описание процедуры.

Решение задач

Тема1. Анализ энергетических потерь в АД

Задача1. Расчёт параметров "Т"-образной схемы замещения АД

Описание процедуры:

Проверка решения задачи

Устный опрос по теоретическому материалу работы.

"Т"-образной схемы замещения АД.

Анализ полученных характеристик.

Вопросы для контроля:

1. Что такое "Т"-образная схема замещения АД?
2. Что такое "Т"-образная схема замещения АД?
3. Как рассчитать параметры "Т"-образной схемы замещения АД?
4. Что такое скольжение?
5. Как определить токи статора, ротора и намагничивания?
6. Как рассчитать пусковой ток АД?

Тема 2. Исследование характера изменения КПД асинхронного двигателя, питающегося от сети, при изменении нагрузки

Задача 2 .Расчёт коэффициента полезного действия при различном значении момента нагрузки.

Описание процедуры:

- Проверка решения задачи
- Устный опрос по теоретическому материалу работы.
- Коэффициент полезного действия АД.
- Анализ полученных характеристик.

Вопросы для контроля:

1. Привести соотношение для КПД АД.
2. Показать при каких условиях КПД имеет экстремум.
3. Как величина питающего напряжения влияет на механическую характеристику АД.
4. Какие энергетические потери составляют группу «постоянных» потерь, и какие – переменных.
5. Графики токов АД для различных режимов работы.
6. В каких пределах изменяются величины токов АД.

Тема 4 Количественная оценка показателей энергосберегающего управления при минимизации энергетических потерь изменением питающего напряжения

Задача 3. Оценка показателей энергосберегающего управления при минимизации электрических потерь изменением питающего напряжения

Описание процедуры:

- Проверка решения задачи
- Устный опрос по теоретическому материалу работы.
- Функциональная схема АД для минимизации энергетических потерь.
- Анализ полученных характеристик.

Вопросы для контроля:

1. Как величина питающего напряжения влияет на механическую характеристику АД.
2. Какие энергетические потери составляют группу «постоянных» потерь, и какие – переменных.
3. Что называется скольжением АД.
4. Как определить величину скольжения, при котором «постоянные» и «переменные» потери в АД становятся равными.
5. Как выглядит функциональная схема АД для минимизации энергетических потерь.

Тема 5. Энергетические характеристики АД при частотном регулировании скорости

Задача 5. Расчёт параметров схемы замещения АД при изменении частоты питающего напряжения

Описание процедуры:

- Проверка решения задачи
- Устный опрос по теоретическому материалу работы.
- Функциональная схема частотного электропривода при U/f –управлении.
- Анализ полученных характеристик.

Вопросы для контроля:

1. Какие энергетические потери имеются в преобразователе частоты.
2. Как изменяются параметры АД при изменении частоты питающего напряжения.
3. Графики КПД преобразователей частоты.
4. Графики совместных КПД ПЧ и АД.
5. Механические характеристики АД при частотном управлении.

Критерии оценивания.

Зачтено: полный и правильно оформленный отчет о решении задачи, правильные ответы на не менее чем 60% вопросов для контроля.

Не зачтено: неполный и/или неправильно оформленный отчет о решении задачи, правильные ответы на менее чем 60% вопросов для контроля

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ПК-2.3	Осуществляет разработку мероприятий в области электропривода с учетом энерго- и ресурсосбережения	Устное собеседование по теоретическим вопросам и/или тестирование. Выполнение практического задания.

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 3, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Экзамен проводится в виде тестирования

Пример задания:

Типовые оценочные средства для проведения экзамена/дифференцированного зачета по дисциплине

ВАРИАНТ 1

Знать особенности различных мероприятий в области электроэнергетики и электротехники с учетом энерго- и ресурсосбережения, способы управления производительностью турбомеханизмов

1. Каким образом при проведении исследований можно классифицировать типовые производственные механизмы по характеру нагрузки?

- Механизмы непрерывного действия с постоянной нагрузкой
- Механизмы непрерывного действия с нагрузкой зависящей от скорости
- Механизмы непрерывного действия с нагрузкой зависящей от времени
- Механизмы циклического действия с активной нагрузкой
- Механизмы циклического действия с реактивной нагрузкой

2. К турбомеханизмам не относятся:

- насосы
- вентиляторы

3. компрессоры

4. конвейеры

3. Что содержит данная модель энергосберегающего электропривода:

1. Четыре насоса, четыре преобразователя частоты, обратная связь по напору

2. Четыре насоса, преобразователь частоты, обратная связь по расходу

3. Четыре насоса, четыре преобразователя частоты, обратную связь по расходу

4. Какое значение напора и расхода будет у насоса при регулировании скорости электропривода вниз от номинальной?

1. Напор H_1 , расход Q_2

2. Напор H_1 , расход Q_1

3. Напор H_2 , расход Q_2

4. Напор H_2 , расход Q_1

5. При какой скорости вращения поля статора номинальный коэффициент мощности АД будет выше:

1. $\omega_0 = 157 \text{ 1/с}$

2. $\omega_0 = 314 \text{ 1/с}$

3. $\omega_0 = 106,7 \text{ 1/с}$

4. $\omega_0 = 53,3 \text{ 1/с}$

5. $\omega_0 = 26,6 \text{ 1/с}$

Уметь разработать мероприятия в области электроэнергетики и электротехники с учетом энерго- и ресурсосбережения, рассчитывать энергетические показатели управления производительностью турбомеханизмов при двух способах управления производительностью турбомеханизмов

6. Какой способ регулирования производительности турбомеханизма потребует завышения мощности приводного двигателя ?

A) регулирование частоты вращения с применением системы ПЧ-АД

B) метод дросселирования

C) регулирование частоты вращения с применением системы ТРН-АД

7. В формуле мощности на валу насоса величина Q – это:

A) коэффициент полезного действия насоса

B) ускорение свободного падения

C) подача насоса

D) плотность жидкости

E) напор насоса

8. Какой из перечисленных коэффициентов, характеризует суточное использование механического и электрического оборудования:

A)

B)

C)

D)

E)

Владеть навыками классифицировать мероприятия в области электроэнергетики и электротехники с учетом энерго- и ресурсосбережения навыками расчёта энергетических показателей при двух способах управления производительностью турбомеханизмов.

9. Что содержит данная схема для исследования энергосберегающего электропривода АВО:

1. Преобразователь частоты, асинхронный двигатель АВО, теплонагревательный

элемент, два датчика температуры, микропроцессорную систему управления, сигнальную и коммутирующую аппаратуру

2. Преобразователь частоты, асинхронный двигатель АВО, тахогенератор, теплонагревательный элемент, два датчика температуры, микропроцессорную систему управления, сигнальную и коммутирующую аппаратуру

3. Преобразователь частоты, асинхронный двигатель АВО, тахогенератор, теплонагревательный элемент, микропроцессорную систему управления, сигнальную и коммутирующую аппаратуру

10. По характеру технологического процесса механизмы, рабочий процесс которых состоит из повторяющихся однотипных циклов, называются:

- А) механизмы непрерывного действия
- В) механизмы центробежного типа
- С) механизмы циклического действия
- Д) механизмы конвейерного типа
- Е) механизмы поточно-транспортной системы

ВАРИАНТ 2

Знать особенности различных мероприятий в области электроэнергетики и электротехники с учетом энерго- и ресурсосбережения, способы управления производительностью турбомеханизмов

1. При проведении исследований электроприводов крановых механизмов необходимо на валу двигателя создавать нагрузку

- 1) непрерывного действия, зависящую от скорости
- 2) циклического действия активного характера
- 3) непрерывного действия, зависящую от времени
- 4) циклического действия реактивного характера
- 5) постоянную непрерывного действия

2. Основные условия работы турбомеханизмов:

- 1. зависимость производительности, статического момента и мощности от скорости;
- 2. длительный режим, отсутствие реверсов и торможений;
- 3. ограниченный диапазон регулирования скорости;
- 4. отсутствие перегрузок.

3. При каком числе полюсов коэффициент мощности АД будет максимальным:

- 1. $2p = 4$
- 2. $2p = 10$
- 3. $2p = 6$
- 4. $2p = 8$
- 5. $2p = 12$

4. При каком снижении нагрузки по сравнению с номинальной всегда целесообразно заменить АД на двигатель меньшей мощности?

- 1. при нагрузке менее 45%
- 2. при нагрузке менее 90%
- 3. при нагрузке менее 60%
- 4. при нагрузке менее 75%

5. Полезная мощность насоса:

- А)
- В)
- С)
- Д)

Е)

Уметь разработать мероприятия в области электроэнергетики и электротехники с учетом энерго- и ресурсосбережения, рассчитывать энергетические показатели управления производительностью турбомеханизмов при двух способах управления производительностью турбомеханизмов

6. Какой способ регулирования производительности турбомеханизмов потребует наименьших первоначальных затрат?

А) регулирование частоты вращения с применением системы ПЧ-АД

В) метод дросселирования

С) регулирование частоты вращения с применением системы ТРН-АД

7. В формуле для определения требуемой мощности на валу вентилятора величина H - это:

А) подача вентилятора

В) угловая скорость

С) напор вентилятора

Д) работа, совершенная вентилятором за цикл

Е) плотность газа

8. Какой из перечисленных коэффициентов, характеризует годовое использование механического и электрического оборудования кранов:

А)

В)

С)

Д)

Е)

Владеть навыками классифицировать мероприятия в области электроэнергетики и электротехники с учетом энерго- и ресурсосбережения навыками расчёта энергетических показателей при двух способах управления производительностью турбомеханизмов

9. Какой способ регулирования производительности насоса используется в данной модели электропривода ?

А) регулирование частоты вращения с применением системы ПЧ-АД

В) метод дросселирования

С) регулирование частоты вращения с применением системы ТРН-АД

10. Какие из перечисленных установок относятся к установкам непрерывного транспорта:

А) экскаваторы

В) канатные дороги

С) краны

Д) пункты (А), (В), (С)

Е) пункты (А) и (В)

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительн о	Неудовлетворительно
Объективно и технически грамотно осуществляет разработку мероприятий в области электропривода с	Технически грамотно осуществляет разработку мероприятий в области электропривода с учетом энерго- и	Правильно осуществляет разработку мероприятий в области электропривода с учетом энерго- и ресурсосбережения	Не правильно осуществляет разработку мероприятий в области электропривода с учетом энерго- и ресурсосбережения

учетом энерго- и ресурсосбережени я	ресурсосбережени я		
---	-----------------------	--	--

7 Основная учебная литература

1. Гоппе Г. Г. Энергосберегающие технологии в электроприводе [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г. Г. Гоппе, 2011. - 50.
2. Энергосберегающие технологии в электроприводе : методические указания для аудиторных занятий (практические занятия): направление 13.04.02 "Электроэнергетика и электротехника": программа "Компьютерные технологии в электроприводе": квалификация магистр / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, Ин-т энергетики, Каф. электропривода и электр. трансп., 2018. - 19.
3. Энергосберегающие технологии в электроприводе : методические указания по самостоятельной работе: направление 13.04.02 "Электроэнергетика и электротехника": программа "Компьютерные технологии в электроприводе": квалификация магистр / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, 2018. - 17.
4. Аполлонский. Энергосберегающие технологии в энергетике : учебник для вузов. Т. 1 : Энергосбережение в энергетике, 2022. - 436.
5. Аполлонский. Энергосберегающие технологии в энергетике : учебник для вузов. Т. 2 : Инновационные технологии энергосбережения и энергоменеджмент, 2022. - 320.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Аполлонский Энергосберегающие технологии в энергетике : учебник для вузов. Т. 2 : Инновационные технологии энергосбережения и энергоменеджмент, 2023. - 320.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Свободно распространяемое программное обеспечение БАТЛАБ

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. В112