

**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 (141)»

**УТВЕРЖДЕНА:**  
на заседании кафедры  
Протокол №9 от 25 мая 2026 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**«НЕЛИНЕЙНЫЕ И АДАПТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА»**

Направление: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Компьютерные технологии в электроприводе

Квалификация: Магистр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой  
электронной подписью  
Составитель программы:  
Павлов Владимир Евгеньевич  
Дата подписания: 04.06.2026

Документ подписан простой  
электронной подписью  
Утвердил: Арсентьев Олег  
Васильевич  
Дата подписания: 16.06.2026

Документ подписан простой  
электронной подписью  
Согласовал: Дунаев Михаил  
Павлович  
Дата подписания: 05.06.2026

Год набора – 2026

Иркутск, 2026 г.

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

## 1.1 Дисциплина «Нелинейные и адаптивные системы электропривода» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

| Код, наименование компетенции                                                                                                                  | Код индикатора компетенции |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| ПК-4 Способен выполнять работы по техническому обслуживанию технических средств автоматизированных систем управления технологическим процессом | ПК-4.3                     |

## 1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

| Код индикатора | Содержание индикатора                                                                                                          | Результат обучения                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-4.3         | Проводит математическое моделирование в системах электропривода с учётом основных нелинейностей и перекрёстных обратных связей | <b>Знать</b> математическое описание нелинейных систем электропривода.<br><b>Уметь</b> проводить адаптацию в автоматических системах управления электроприводами.<br><b>Владеть</b> навыками исследования динамики и оптимизации систем управления. |

## 2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Нелинейные и адаптивные системы электропривода» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Автоматизированные системы управления электроприводом», «Электропривод с шаговыми и вентильными двигателями», «Электротехнические устройства», «Электротехнологические установки»

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<br>(Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа) |             |
|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
|                                                         | Всего                                                                                                         | Семестр № 3 |
| Общая трудоемкость дисциплины                           | 108                                                                                                           | 108         |
| Аудиторные занятия, в том числе:                        | 39                                                                                                            | 39          |
| лекции                                                  | 13                                                                                                            | 13          |
| лабораторные работы                                     | 0                                                                                                             | 0           |
| практические/семинарские занятия                        | 26                                                                                                            | 26          |
| Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование) | 69                                                                                                            | 69          |
| Трудоемкость промежуточной аттестации                   | 0                                                                                                             | 0           |

|                                                                    |       |       |
|--------------------------------------------------------------------|-------|-------|
| Вид промежуточной аттестации<br>(итогового контроля по дисциплине) | Зачет | Зачет |
|--------------------------------------------------------------------|-------|-------|

#### 4 Структура и содержание дисциплины

##### 4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

###### Семестр № 3

| №<br>п/п | Наименование<br>раздела и темы<br>дисциплины                                              | Виды контактной работы |              |    |              |         |              | СРС |              | Форма<br>текущего<br>контроля |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|--------------|----|--------------|---------|--------------|-----|--------------|-------------------------------|
|          |                                                                                           | Лекции                 |              | ЛР |              | ПЗ(СЕМ) |              |     |              |                               |
|          |                                                                                           | №                      | Кол.<br>Час. | №  | Кол.<br>Час. | №       | Кол.<br>Час. | №   | Кол.<br>Час. |                               |
| 1        | 2                                                                                         | 3                      | 4            | 5  | 6            | 7       | 8            | 9   | 10           | 11                            |
| 1        | Математическое<br>описание<br>нелинейных АСУ<br>ЭП и их<br>линеаризация.                  | 1                      | 4            |    |              | 1       | 6            | 3   | 18           | Собеседов<br>ание             |
| 2        | 2<br><br>Адаптация в<br>автоматических<br>системах<br>управления<br>электроприводам<br>и. | 2                      | 4            |    |              | 2       | 6            | 1   | 17           | Собеседов<br>ание             |
| 3        | Цифровые<br>системы<br>электропривода                                                     | 3                      | 3            |    |              | 3, 4    | 12           | 2   | 18           | Собеседов<br>ание             |
| 4        | Логические<br>системы<br>управления на<br>основе фаззи-<br>логики.                        | 4                      | 2            |    |              | 5       | 2            | 4   | 16           | Собеседов<br>ание             |
|          | Промежуточная<br>аттестация                                                               |                        |              |    |              |         |              |     |              | Зачет                         |
|          | Всего                                                                                     |                        | 13           |    |              |         | 26           |     | 69           |                               |

##### 4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

###### Семестр № 3

| № | Тема                                                         | Краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Математическое описание нелинейных АСУ ЭП и их линеаризация. | Наиболее распространенными способами математического описания, используемыми при проектировании и исследовании АСУ ЭП, являются - дифференциальные уравнения, записываемые в той или иной форме, структурные схемы, являющиеся графической интерпретацией дифференциальных уравнений; матричные структурные схемы, находящиеся в настоящее время наибольшее распространение при описании линеаризованных систем, Описание системы в виде дифференциальных уравнений в нормальной форме Коши позволяет представить структурную |

|   |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                                                                    | <p>схему системы в виде ряда связанных между собой элементарных интегрирующих звеньев [3]. В нелинейной системе коэффициенты дифференциальных уравнений непостоянны и могут быть либо функциями времени, что в системах электропривода встречается сравнительно редко, либо, как это бывает чаще, представлять собой функции переменных (координат) системы. На элементарное звено могут воздействовать также функции произведения внешних входных воздействий или переменных системы.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 2 | 2 Адаптация в автоматических системах управления электроприводами. | <p>Адаптивным управлением решаются следующие основные задачи: 1) при произвольном изменении параметров электроприводов в системе производятся такие изменения параметров регуляторов, при которых динамические свойства системы для заданных воздействий не изменяются. Предполагается, что система в исходных условиях оптимизирована и в дальнейшем обеспечивается стабильность показателей качества системы; 2) при начальном отсутствии информации о параметрах электроприводов и воздействиях на систему управления производится автоматический поиск оптимальных условий работы системы в соответствии с заданным критерием качества.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 3 | Цифровые системы электропривода                                    | <p>Термин «бездатчиковый электропривод» прочно вошел в техническую и научную литературу. Он предполагает такое построение системы электропривода, когда измерение скорости вращения вала реальным тахогенератором или ему подобным реальным датчиком механического движения заменяется вычислением скорости по электрическим сигналам, доступным для измерения: входным токам и напряжениям двигателя. Экономическая и техническая выгода замены реального датчика скорости «виртуальным» очевидна. Также очевидна возможность вычисления скорости вала по уравнениям машины в той или иной из применяемых для ее математического описания систем координат. Если параметры машины соответствуют их паспортным данным, то задача вычисления скорости (и внутренних ненаблюдаемых координат, например, потокосцепления ротора) давно стала тривиальной. Однако, если параметры машины не соответствуют заявленным паспортным величинам, или они меняются в процессе работы (например, при нагреве), задача динамической идентификации этих неопределенных параметров,</p> |

|   |                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                                                       | а также внутренних промежуточных координат (например, потокосцепления ротора) и главной из выходных координат – скорости вращения вала – становится далеко не простой. Этому вопросу посвящено множество отечественных и зарубежных публикаций.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 4 | Логические системы управления на основе фаззи-логики. | В классической логике физические величины и утверждения делятся жестко, бескомпромиссно на два уровня. В фаззи-логике кроме крайних двух уровней имеются и промежуточные, при этом переход от одного уровня к другому не резкий, а с перекрытием соседних уровней. Для определенных физических величин и фактов их двухуровневое классическое представление «истинно—ложно», «да—нет» полностью справедливо и точно. Например, на вопрос, движется ли рабочий орган, можно ответить только однозначно «да» или «нет». Но на вопрос, как движется рабочий орган (быстро, медленно, очень медленно), двухуровневая логика не дает ответ, а фаззи-логика позволяет его получить. Выделение уровней в логике — это ассоциативное свойство мышления человека, когда качественная характеристика физических величин и процессов, формируемая словесно (прилагательными, наречиями), оценивается количественно не отдельными числами, а некоторыми числовыми множествами с нерезкими границами. |

#### 4.3 Перечень лабораторных работ

Лабораторных работ не предусмотрено

#### 4.4 Перечень практических занятий

##### Семестр № 3

| № | Темы практических (семинарских) занятий | Кол-во академических часов |
|---|-----------------------------------------|----------------------------|
| 1 | Модели типовых двигателей               | 6                          |
| 2 | Подстройка параметров наблюдателей      | 6                          |
| 3 | Синтез регуляторов цифровой СУ          | 6                          |
| 4 | Синтез регуляторов цифровой СУ          | 6                          |
| 5 | Фаззи-регулятор                         | 2                          |

#### 4.5 Самостоятельная работа

##### Семестр № 3

| № | Вид СРС | Кол-во академических часов |
|---|---------|----------------------------|
|---|---------|----------------------------|

|   |                                                                    |    |
|---|--------------------------------------------------------------------|----|
| 1 | Выполнение тренировочных и обучающих тестов в дистанционном режиме | 17 |
| 2 | Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам          | 18 |
| 3 | Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)          | 18 |
| 4 | Подготовка к сдаче и защите отчетов                                | 16 |

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: В ходе проведения лекций, практических работ используются следующие интерактивные методы обучения Разбор конкретных ситуаций

## **5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины**

### **5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

#### **5.1.1 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям**

Самообучающиеся системы в электроприводе [Электронный ресурс] : методические указания по выполнению практических заданий: направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»: программа подготовки "Компьютерные технологии в электроприводе" / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, Ин-т энергетики, Каф. электропривода и электр. трансп., 2017. - 27 с.  
<http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-4793.pdf>

#### **5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:**

Самообучающиеся системы в электроприводе [Электронный ресурс] : методические указания по выполнению самостоятельной работы : направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»: программа подготовки "Компьютерные технологии в электроприводе" / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, Ин-т энергетики, Каф. электропривода и электр. трансп., 2017. - 13 с

## **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 | Собеседование**

##### **Описание процедуры.**

Проводится тестирование по разделам дисциплины

##### **Критерии оценивания.**

Критерии оценки: Зачтено: полный и правильно оформленный отчет о практической работе, правильные ответы на не менее чем 60% вопросов для контроля.  
 Не зачтено: неполный и/или неправильно оформленный отчет о практической работе, 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-4.3                           | Проводит математическое моделирование в системах электропривода с учётом основных нелинейностей и перекрёстных обратных связей | 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 зачета по дисциплине

##### 6.2.2.1.1 Описание процедуры

- Проверка правильности решения задачи.
- Устный опрос по теоретическому материалу работы.
- Функциональная схема управляющих устройств двусвязных автоматических систем.
- Анализ полученных характеристик

#### Пример задания:

##### Решение задач

Тема 1. Математическое описание нелинейных АСУ ЭП и их линеаризация

Задача 1 Расчёт управляющих устройств автоматических систем

Предлагается следующий порядок расчёта управляющих устройств:

- из всех возможных вариантов наложения компенсирующих связей выбирается наиболее подходящий с точки зрения его технической реализации;
- записываются уравнения динамики, соответствующие принятой структурной схеме коррекции системы;
- находятся уравнения свободных колебаний системы в целом;
- накладывается условия диагональности на передаточную матрицу по задающим или возмущающим воздействиям;
- получается необходимое количество уравнений для определения передаточных функций компенсирующих перекрестных связей;
- полученные уравнения решаются относительно искомых передаточных функций компенсирующих связей.

Описание процедуры:

- Проверка правильности решения задачи.
- Устный опрос по теоретическому материалу работы.
- Функциональная схема управляющих устройств двусвязных автоматических

систем.

- Анализ полученных характеристик

Вопросы для контроля:

- Назначение структурных схем коррекции.
- Что такое понятие автономности, принципы двухканальности, развязывание каналов по собственным движениям?
- Объяснить с помощью уравнений условия автономности.
- Порядок расчёта управляющих устройств двусвязной системы
- Проанализировать полученные экспериментально характеристики\_

#### 6.2.2.1.2 Критерии оценивания

| Зачтено                                                                                                                        | Не зачтено                                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Проводит математическое моделирование в системах электропривода с учётом основных нелинейностей и перекрёстных обратных связей | Не :проводит математическое моделирование в системах электропривода с учётом основных нелинейностей и перекрёстных обратных связей |

### 7 Основная учебная литература

1. Теория автоматического управления : учеб. для вузов по специальности "Автоматика и телемеханика": в 2 ч. Ч. 2. Теория нелинейных и специальных систем автоматического управления/А. А. Воронов, Д. П. Ким, В. М. Лохин и др. / под ред. А. А. Воронова, 1986. - 504.

2. Дунаева Я. О. Экспертные системы [Электронный ресурс] : учебное пособие для специальности 1804 / Я. О. Дунаева, М. П. Дунаев, 2001. - 53.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-6980.pdf>

3. Дунаев М. П. Экспертные системы для электропривода : электронный курс / М. П. Дунаев, 2022

[Сайт] – URL: <https://el.istu.edu/course/view.php?id=2625>

### 8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Гельднер Клаус. Нелинейные системы управления / Клаус Гельднер; Пер. с нем. С. Забродина, А. А. Полозова, 1987. - 367.

2. Кунцевич В. М. Нелинейные системы управления с частотно- и широтно-импульсной модуляцией / В. М. Кунцевич, Ю. Н. Чеховой, 1970. - 339.

3. Ефанов А. В. Теория автоматического управления : учебник для вузов / А. В. Ефанов, В. А. Ярош, 2023. - 160.

### 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 МАТЛАБ

## **12 Материально-техническое обеспечение дисциплины**

1. В119