

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

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета Бурковский А.В.
«31» августа 2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины

«Системы программного управления электроприводами»

Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль Электроприводы и системы управления электроприводов

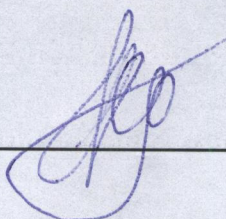
Квалификация выпускника магистр

Нормативный период обучения 2 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2021

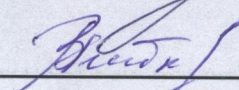
Автор программы

 /А.В. Романов/

Заведующий кафедрой
Электропривода,
автоматики и управления в
технических системах

 /В.Л. Бурковский/

Руководитель ОПОП

 /В.М. Питолин/

Воронеж 2021

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Целью изучения дисциплины «Системы программного управления электроприводами» являются формирование понимания роли программных систем управления в автоматизации электроприводов и технологических установок на основе электроприводов, изучение принципов, способов и средств построения программных систем управления на базе интеллектуальных реле.

1.2. Задачи освоения дисциплины

Задачами освоения дисциплины является формирование готовности к решению задач автоматизации на базе интеллектуальных реле, а именно:

- изучение принципов программных систем управления в автоматизации;
- освоение способов и средств построения программных систем управления;
- приобретения навыков составления, реализации и внедрения алгоритмов программных систем управления.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Системы программного управления электроприводами» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (дисциплина по выбору) блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Системы программного управления электроприводами» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1 - Способен разрабатывать проекты системы электропривода

ПК-2 - Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки при исследовании самостоятельных тем

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-1	Знать: требования нормативных документов к устройству системы электропривода; правила разработки проектов системы электропривода; правила разработки комплектов проектной и рабочей документации на системы электропривода; типовые проектные решения системы электропривода.
	Уметь: применять правила разработки проектов системы электропривода, процедуры и методики систем менеджмента качества, правила автоматизированной системы управления организацией, типовые проектные решения, систему автоматизированного проектирования и программу, используемую для написания и модификации документов, для разработки комплектов конструкторской документации на различных стадиях проектирования системы электропривода с использованием отдельных частей документации, выполненных работниками, осуществляющими

	проектирование. Владеть: способами разработки технических заданий на предпроектное обследование оборудования, для которого разрабатывается проект системы электропривода; методами сбора информации о системах электропривода и используемом оборудовании ведущих производителей; системами автоматизированного проектирования и программами, используемыми для написания и модификации документов, для разработки схемы системы электропривода; критериями выбора оборудования для системы электропривода.
ПК-2	Знать: актуальную нормативную документацию в соответствующей области знаний; методы анализа научных данных; методы и средства планирования и организации исследований и разработок. Уметь: осуществлять теоретическое обобщение научных данных, результатов экспериментов и наблюдений; применять актуальную нормативную документацию в соответствующей области знаний; оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Владеть: способами сбора и изучения научно-технической информации по теме исследований и разработок; методиками анализа научных данных, результатов экспериментов и наблюдений.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Системы программного управления электроприводами» составляет 4 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		2
Аудиторные занятия (всего)	36	36
В том числе:		
Лекции	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
Самостоятельная работа	108	108
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	144	144
зач.ед.	4	4

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	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Дискретные системы и их свойства	Предмет дисциплины и её задачи, связь с другими дисциплинами. Современное состояние, назначение и области применения дискретных систем управления. Термины и определения. Основные принципы построения дискретных систем. Аппаратная часть.	4	2	36	42
2	Линейные дискретные системы управления	Основные аксиомы булевой алгебры. Методы решения логических уравнений. Нормальные формы. Совершенные нормальные формы. Базисы. Методы минимизации логических функций.	8	8	36	52
3	Нелинейные дискретные системы управления	Нелинейные дискретные элементы. Методы описания и анализа. Методы синтеза нелинейных дискретных систем управления.	6	8	36	50
Итого			18	18	108	144

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Лабораторная работа № 1. Знакомство с программой моделирования логических цепей
2. Лабораторная работа № 2. Исследование возможностей реализации одних логических функций через другие
3. Лабораторная работа № 3. Применение комбинационной логики при проектировании автоматических устройств
4. Лабораторная работа № 4. Синтез логических устройств с памятью (последовательностные устройства)

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

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

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-1	Знать: требования нормативных документов к устройству системы электропривода; правила разработки проектов системы электропривода; правила разработки комплектов проектной и рабочей документации на системы электропривода; типовые проектные решения системы электропривода.	Тест.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь: применять правила разработки проектов системы электропривода, процедуры и методики систем менеджмента качества, правила автоматизированной системы управления организацией, типовые проектные решения, систему автоматизированного проектирования и программу, используемую для написания и модификации документов, для разработки комплектов конструкторской документации на различных стадиях проектирования системы электропривода с использованием отдельных частей документации, выполненных работниками, осуществляющими проектирование.	Решение стандартных практических задач.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть: способами разработки технических заданий на предпроектное обследование оборудования, для которого разрабатывается проект системы электропривода; методами сбора информации о системах электропривода и используемом оборудовании ведущих производителей; системами автоматизированного	Решение прикладных задач в конкретной предметной области.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	проектирования и программами, используемыми для написания и модификации документов, для разработки схемы системы электропривода; критериями выбора оборудования для системы электропривода.			
ПК-2	Знать: актуальную нормативную документацию в соответствующей области знаний; методы анализа научных данных; методы и средства планирования и организации исследований и разработок.	Тест.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь: осуществлять теоретическое обобщение научных данных, результатов экспериментов и наблюдений; применять актуальную нормативную документацию в соответствующей области знаний; оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.	Решение стандартных практических задач.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть: способами сбора и изучения научно-технической информации по теме исследований и разработок; методиками анализа научных данных, результатов экспериментов и наблюдений.	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 2 семестре для очной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-1	Знать: требования нормативных документов к устройству системы электропривода; правила разработки проектов системы электропривода;	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80- 90%

	правила разработки комплектов проектной и рабочей документации на системы электропривода; типовые проектные решения системы электропривода.			
	Уметь: применять правила разработки проектов системы электропривода, процедуры и методики систем менеджмента качества, правила автоматизированной системы управления организацией, типовые проектные решения, систему автоматизированного проектирования и программу, используемую для написания и модификации документов, для разработки комплектов конструкторской документации на различных стадиях проектирования системы электропривода с использованием отдельных частей документации, выполненных работниками, осуществляющими проектирование.	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
	Владеть: способами разработки технических заданий на предпроектное обследование оборудования, для которого разрабатывается проект системы электропривода; методами сбора информации о системах электропривода и используемом оборудовании ведущих производителей; системами автоматизированного проектирования и программами, используемыми для написания и модификации документов, для разработки схемы системы электропривода; критериями выбора оборудования для системы электропривода.	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

ПК-2	Знать: актуальную нормативную документацию в соответствующей области знаний; методы анализа научных данных; методы и средства планирования и организации исследований и разработок.	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80- 90%
	Уметь: осуществлять теоретическое обобщение научных данных, результатов экспериментов и наблюдений; применять актуальную нормативную документацию в соответствующей области знаний; оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.	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
	Владеть: способами сбора и изучения научно-технической информации по теме исследований и разработок; методиками анализа научных данных, результатов экспериментов и наблюдений.	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

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. Какие типы выходных контактов используются в интеллектуальных реле?

- 1) транзисторные
- 2) релейные
- 3) оба типа контактов
- 4) нет правильного ответа.

2. Совершенная нормальная форма ...

- 1) является наиболее короткой записью логической функции
- 2) бывает конъюнктивная и дизъюнктивная
- 3) необходима для последующей минимизации
- 4) верны 2 и 3 ответы

3. Как программируются интеллектуальные реле?

- 1) с помощью экрана и кнопок на лицевой панели
- 2) с помощью специальной программы на персональном компьютере
- 3) путем замены карты флеш-памяти
- 4) все перечисленные варианты ответов.

4. Логической или булевой функцией называют ...

- 1) математическое выражение, содержащее элементы логики
- 2) функцию $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, принимающую два значения – 0 и 1 и зависящую от переменных $x_1, x_2, \dots, x_n$, каждая из которых также может принимать любые значения
- 3) функцию $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, принимающую два значения – 0 и 1 и зависящую от переменных $x_1, x_2, \dots, x_n$, каждая из которых также может принимать только два значения 0 и 1

5. Способ задания булевой функции.

- 1) полное перечисление значений функции f для всех комбинаций переменных $x_1, x_2, \dots, x_n$ в виде таблицы
- 2) с помощью логического выражения
- 3) с помощью карт Карно
- 4) верны 1 и 2 ответа

6. Наиболее распространенная комплектация интеллектуальных реле?

- 1) моноблочная
- 2) реле и отдельный блок питания
- 3) модульная

7. Укажите неверные определения сочетательного закона (свойства ассоциативности).

- 1) $(x_1 x_2) x_3 = x_1 (x_2 x_3)$
- 2) $(x_1 \vee x_2) \vee x_3 = x_1 \vee (x_2 \vee x_3)$
- 3) $(x_1 \oplus x_2) \oplus x_3 = x_1 \oplus (x_2 \oplus x_3)$
- 4) $(x_1 \downarrow x_2) \downarrow x_3 = x_1 \downarrow (x_2 \downarrow x_3)$
- 5) $(x_1 | x_2) | x_3 = x_1 | (x_2 | x_3)$

8. Неполностью определенной логической функцией называют ...

- 1) логическую функцию, результат которой невозможно определить.
- 2) логическую функцию, результат которой невозможно определить без минимизации.
- 3) функцию, зависящую не от всех n переменных.

9. Для каких логических функций существует единственная СДНФ?

- 1) Для всех логических функций.
- 2) СДНФ может не существовать если есть СКНФ.
- 3) Для всех логических функций, кроме функций-констант 0 и 1.
- 4) Для всех логических функций существует бесконечное множество СДНФ.

10. Можно ли описать с помощью таблицы истинности работу таймера или триггера?

- 1) Нельзя.
- 2) Можно с использованием дополнительной переменной.
- 3) Работу таймера или триггера описывают с помощью циклограмм.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Таблица истинности для функции AND

- 1) $[0\ 0\ 0\ 1]^T$.
- 2) $[1\ 0\ 0\ 1\ 0\ 0\ 1\ 0]^T$.
- 3) $[0\ 1\ 1\ 1]^T$.

2. Совершенная конъюнктивная нормальная форма для функции $y(A,B)=A \vee B$

- 1) $(A \vee B) \wedge (A \vee B)$
- 2) $\neg(A \vee B)$
- 3) $(A \vee B) \vee (A \vee B)$

3. Совершенная дизъюнктивная нормальная форма для функции $y(A,B)=AB$

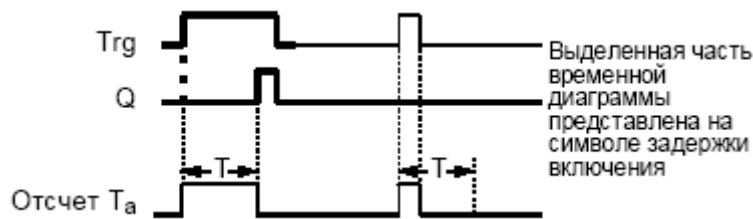
- 1) $(A \vee B) \wedge (A \vee B)$

2) $\neg(A \vee B) \vee (A \vee B)$

3) $(A \vee B) \wedge (A \vee B)$

4) $AB \vee AB$

4. На рисунке представлена циклограмма работы



1) таймера с задержкой на включение

2) таймера с задержкой на выключение

3) счетчика импульсов

4) триггера.

5. Таблица истинности для функции XOR

1) $[1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1]^T$.

2) $[0 \ 1 \ 1 \ 0]^T$.

3) $[0 \ 0 \ 0 \ 1]^T$.

6. Таблица истинности для функции OR

1) $[1 \ 0 \ 0 \ 0]^T$.

2) $[0 \ 1 \ 1 \ 0]^T$.

3) $[0 \ 1 \ 1 \ 1]^T$.

7. На какой аппаратной базе преимущественно реализуются современные дискретные системы программного управления?

1) на тиристорах и (или) транзисторах

2) на базе интеллектуальных реле

3) на релейно-контактной аппаратуре

4) на промышленно программируемых контроллерах

8. Таблица истинности для мажоритарной функции

1) $[1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1]^T$.

2) $[1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0]^T$.

3) $[0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1]^T$.

9. На какой аппаратной базе преимущественно реализуются современные дискретные системы программного управления?

1) на тиристорах и (или) транзисторах

2) на базе интеллектуальных реле

3) на релейно-контактной аппаратуре

4) на промышленно программируемых контроллерах

10. Какому устройству может принадлежать показанная диаграмма?



1) Генератор произвольных импульсов.

2) Блок сравнения аналоговых величин.

3) Реверсивный универсальный счетчик.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Проверка сочетательный закон для функции $f(x_1, x_2, x_3) = x_1 \downarrow x_2 \downarrow x_3$.

Решение задачи: необходимо проверить $(x_1 \downarrow x_2) \downarrow x_3 (= \text{или } \neq) x_1 \downarrow (x_2 \downarrow x_3)$. Преобразуем первую функцию $(x_1 \downarrow x_2) \downarrow x_3 = \neg(\neg(x_1 \vee x_2) \vee x_3)$ и построим для нее таблицу истинности

x_1	x_2	x_3	$\neg$	$(\neg$	$(x_1$	$\vee$	$x_2)$	$\vee$	$x_3)$	$(x_1 \downarrow x_2) \downarrow x_3$
1	2	3	10	8	4	7	5	9	6	(10)
0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0
0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1
0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0
1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1
1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0
1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1
1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0

Преобразуем вторую функцию $x_1 \downarrow (x_2 \downarrow x_3) = \neg(x_1 \vee \neg(x_2 \vee x_3))$ и построим для нее таблицу истинности

x_1	x_2	x_3	$\neg$	$($ x_1	$\vee$	$\neg$	$(x_2$	$\vee$	$x_3))$	$x_1 \downarrow (x_2 \downarrow x_3)$
1	2	3	10	4	9	8	5	7	6	(10)
0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1
0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1
0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0
1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0
1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0

Последние столбцы полностью не совпадают; это означает, что по всей области определения не наблюдается равенства функций $(x_1 \downarrow x_2) \downarrow x_3$ и $x_1 \downarrow (x_2 \downarrow x_3)$, следовательно, $(x_1 \downarrow x_2) \downarrow x_3 \neq x_1 \downarrow (x_2 \downarrow x_3)$, т.е. для стрелки Пирса сочетательный закон не выполняется.

2. Получите СДНФ для функции $y(A, B) = A \vee B$.

Решение задачи: для построения СДНФ использовано то обстоятельство, что исходная форма является ДНФ, и для её “совершенства” в первой компоненте не хватает переменной В, а во второй – А. Введение недостающих переменных осуществлено искусственно с помощью умножения на функции констант, равных единице: $B \vee \bar{B} = 1$, $A \vee \bar{A} = 1$. Дальнейшее раскрытие скобок по распределительному закону и приведение подобных компонент даёт желаемую СДНФ:

$$y(A, B) = A \vee B = A(B \vee \bar{B}) \vee B(A \vee \bar{A}) = AB \vee A\bar{B} \vee BA \vee B\bar{A} = AB \vee A\bar{B} \vee \bar{A}B$$

3. Какой уровень сигнала (высокий или низкий) следует выбирать для информации о работе оборудования?

Решение задачи: логично предположить, что высокий уровень сигнала должен сигнализировать о работе оборудования. Рассмотрим обратное решение, когда информацию о работе оборудования несет низкий уровень сигнала. Для работоспособности системы в штатном режиме оба варианта подходят. Однако в случае наладки оборудования или поломки (когда известно, что оборудование не работает) второе решение дополнительно сигнализирует об исправности информационного канала. Его и следует выбрать.

4. Получите совершенные нормальные формы для функции $y(A, B) = AB$.

Решение задачи:

$$y(A, B) = AB = AB \vee AB - \text{СДНФ.}$$

Для получения СКНФ искусственно операцией ИЛИ введены нулевые функции $A \bar{A} = 0$ и $B \bar{B} = 0$. При этом справедливость исходной функции сохраняется.

$$y(A,B)=AB=AB\vee A\bar{A}\vee B\bar{B}\vee AB$$

Далее многократное применение распределительного закона позволило “собрать” все дизъюнкции в скобки и получить, таким образом, СКНФ.

$$=A(B\vee \bar{A})\vee B(\bar{B}\vee A)=(A(B\vee \bar{A})\vee B)(A(B\vee \bar{A})\vee (\bar{B}\vee A))=$$

$$=(A\vee B)(B\vee \bar{A}\vee B)(A\vee \bar{B}\vee A)(B\vee \bar{A}\vee \bar{B}\vee A)=(A\vee B)(\bar{A}\vee B)(A\vee \bar{B}) - \text{СКНФ.}$$

5. Для совместной корректной работы пяти приборов А, В, С, D и Е необходимо соблюдение следующих условий:

1. Когда работает прибор А, то прибор В тоже должен работать.

2. Приборы D и Е работают оба или каждый в отдельности.

3. Из приборов В и С может работать только один.

4. Приборы С и D или оба работают, или обе не работают.

5. Если работает прибор Е, то приборы А и D тоже работают.

Необходимо составить логическую функцию, которая сигнализировала бы о некорректной совместной работе приборов.

Решение задачи: составим вспомогательную логическую функцию корректной работы приборов:

$$F(A, B, C, D, E) = (A \rightarrow B) \wedge (D \vee E) \wedge (B \oplus C) \wedge (C \leftrightarrow D) \wedge (E \rightarrow A) \wedge (E \rightarrow D).$$

Выясним, на каком наборе переменных это высказывание истинно, для чего составим таблицу истинности. При заполнении будем учитывать, что F истинно тогда и только тогда, когда истинны все входящие в него «подвысказывания» между операциями конъюнкции, поэтому в некоторых случаях можно сразу указать, на каких наборах F принимает ложное значение.

№	A	B	C	D	E	$(A \rightarrow B)$	$(D \vee E)$	$(B \oplus C)$	$(C \leftrightarrow D)$	$(E \rightarrow A)$	$(E \rightarrow D)$	F
1	0	0	0	0	0		0	0				0
2	0	0	0	0	1			0		0	0	0
3	0	0	0	1	0			0	0			0
4	0	0	0	1	1			0	0	0		0
5	0	0	1	0	0		0		0			0
6	0	0	1	0	1				0	0	0	0
7	0	0	1	1	0							1
8	0	0	1	1	1					0		0
9	0	1	0	0	0		0					0
10	0	1	0	0	1					0	0	0
11	0	1	0	1	0				0			0
12	0	1	0	1	1				0	0		0
13	0	1	1	0	0		0	0	0			0
14	0	1	1	0	1			0	0	0	0	0
15	0	1	1	1	0			0				0
16	0	1	1	1	1			0		0		0
17	1	0	0	0	0	0	0	0				0
18	1	0	0	0	1	0		0			0	0
19	1	0	0	1	0	0		0	0			0
20	1	0	0	1	1	0		0	0			0
21	1	0	1	0	0	0	0		0			0
22	1	0	1	0	1	0			0		0	0
23	1	0	1	1	0	0						0
24	1	0	1	1	1	0						0
25	1	1	0	0	0		0					0
26	1	1	0	0	1						0	0
27	1	1	0	1	0				0			0
28	1	1	0	1	1				0			0
29	1	1	1	0	0		0	0	0			0
30	1	1	1	0	1			0	0		0	0
31	1	1	1	1	0			0				0
32	1	1	1	1	1			0				0

Комментарий к составлению таблицы истинности.

Высказывание $(A \rightarrow B)$, соответствующее условию 1, принимает ложные значения, когда А истинно (прибор А работает), а В ложно (прибор В не работает), поэтому на наборах №№17-24 оно ложно, следовательно, ложно и F.

Высказывание $(D \vee E)$, соответствующее условию 2, принимает ложные значения, когда и D, и E ложно, поэтому на наборах №№1,5,9,13,17,21,25,29 оно ложно, следовательно, ложно и F.

Высказывание $(B \oplus C)$, соответствующее условию 3, принимает ложные значения, когда В и С одновременно или истинны, или ложны, поэтому на наборах №№1-4, 13-20, 29-32 оно ложно, следовательно, ложно и F.

Высказывание $(C \leftrightarrow D)$, соответствующее условию 4, принимает ложные значения, когда или С истинно и D ложно, или С ложно и D истинно, поэтому на наборах №№3-6, 11-14, 19-22, 27-30 оно ложно, следовательно, ложно и F.

Высказывание $(E \rightarrow A)$, соответствующее условию 5, принимает ложные значения, когда Е истинно, а А ложно, поэтому на наборах №№2,4,6,8,10,12,14,16 оно ложно, следовательно, ложно и F. Аналогично высказывание $(E \rightarrow D)$ принимает ложные значения, когда Е истинно, а D ложно, поэтому на наборах №№ 2,6,10,14,18,22,26,30. оно ложно, следовательно, ложно и F.

Видно, что высказывание принимает истинное значение на единственном наборе №7, что соответствует корректной совместной работе приборов. Соответственно, применение операции NOT к полученной вспомогательной функции даст искомую функцию некорректной совместной работе приборов:

$$H(A, B, C, D, E) = \neg F(A, B, C, D, E) = \neg[(A \rightarrow B) \wedge (D \vee E) \wedge (B \oplus C) \wedge (C \leftrightarrow D) \wedge (E \rightarrow A) \wedge (E \rightarrow D)].$$

6. Докажите, что $x_1 \oplus x_2 = \neg(x_1 \leftrightarrow x_2)$.

Решение задачи: докажем данное выражение с помощью таблицы истинности

x_1	x_2	$x_1 \oplus x_2$	$x_1 \leftrightarrow x_2$	$\neg(x_1 \leftrightarrow x_2)$
0	0	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	1	0	1
1	1	0	1	0

Очевидно, что третий и пятый столбцы идентичны, поэтому выражение верно.

7. Составить логическую функцию пускового устройства, которое имеет два входа в виде кнопок: «В» – для включения и «О» – для останова и один выход S, который включает электродвигатель. Алгоритм функционирования:

Нажатие (даже кратковременное) на кнопку В переводит выход в состояние 1 (или оставляет в этом состоянии, если он в нём уже находился).

Нажатие (даже кратковременное) на кнопку О переводит выход в состояние 0 (или оставляет в этом состоянии, если он в нём уже находился).

При нажатии на обе кнопки В и О одновременно доминирующее влияние оказывает кнопка О.

Решение задачи: из описания работы устройства следует, что реакция $S(t)$ автомата на сигналы В и О зависит от текущего сигнала $B(t)$ или $O(t)$ и его предшествующего состояния $S(t-1)$. Таким образом, булеву функцию необходимо формировать в виде:

$$S(t) = \psi[B(t), O(t), S(t-1)].$$

Табличная форма функции заполняется в соответствии с условиями задачи:

при $O(t)=1$ автомат из любого состояния и независимо от значения $B(t)$ переходит в состояние $S(t)=0$;

при $B(t)=1$ автомат переходит в состояние $S(t)=1$ только если $O(t)=0$;

при одновременной подаче $O(t)=0$ и $B(t)=0$ (обе кнопки отпущены) состояние автомата не изменяется.

Количество единиц в таблице меньше, чем нулей, поэтому для аналитической записи функции выберем СДНФ:

$$S(t) = \overline{B(t)} \overline{O(t)} S(t-1) \vee B(t) \overline{O(t)} \overline{S(t-1)} \vee B(t) \overline{O(t)} S(t-1).$$

Минимизируем методом Квайна:

B(t)	O(t)	S(t-1)	S(t)
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	0

$$S(t) = \overline{O(t)} S(t-1) \vee B(t) \overline{O(t)} = \overline{O(t)} (S(t-1) \vee B(t)).$$

8. Условие текстовой логической задачи следующие. Петя, Вася и Маша остались дома одни. Кто-то из них ел варенье. На вопрос мамы, кто это сделал, они сказали:

а) Петя: "Я не ел. Маша тоже не ела."

б) Вася: "Маша действительно не ела. Это сделал Петя"

в) Маша: "Вася врет. Это он съел."

Выясните, кто ел варенье, если известно, что двое из них оба раза сказали правду, а третий один раз соврал, а один раз сказал правду.

Решение задачи: обозначим за П значение утверждения "Петя ел", за В - значение утверждения "Вася ел", а за М значение утверждения "Маша ела". Первое Петино высказывание: "Я не ел". Значение этого высказывания противоположно П. Действительно, если П равно 1, то Петя ел варенье, тогда первое Петино утверждение неверно; если же П равно 0, то Петя не ел варенье, значит, Петя сказал правду. Таким образом, значение первого Петино высказывания равно $\overline{P}$. Аналогичными рассуждениями можно показать, что значения второго Петино высказывания и первого Васиного высказывания равны нулю, второго Васиного высказывания равно П, второго Машиного высказывания равно В. Осталось оценить первое утверждение Маши: "Вася врет". Оно означает, что Васиное высказывание неверно, то есть что выражение (П) ложно. Получается, что значение первого Машиного утверждения равно значению выражения Составим таблицу истинности для высказываний всех детей

Петя ел	Вася ел	Маша ела	Петины утверж		Вас утверины		Машины утвержд.	
П	В	М				П		В
0	0	0	1	1	1	0	1	0
0	0	1	1	0	0	0	1	0
0	1	0	1	1	1	0	1	1
0	1	1	1	0	0	0	1	1
1	0	0	0	1	1	1	0	0
1	0	1	0	0	0	1	1	0
1	1	0	0	1	1	1	0	1
1	1	1	0	0	0	1	1	1

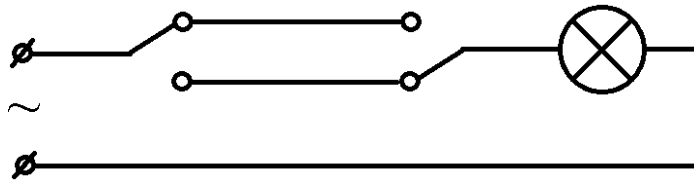
Нас интересуют те варианты значений П, В и М, при которых два ребенка сказали правду, а третий - один раз соврал, а один раз сказал правду. Такие варианты соответствуют тем строкам таблицы, которые имеют пять единиц и один ноль в шести последних колонках. Таких строк в таблице только одна (третья), соответствующая значениям П = 0, В = 1, М = 0. За П мы обозначили значение утверждения "Петя ел". П = 0 означает, что это утверждение ложно, то есть Петя не ел варенье. В = 1 означает, что утверждение "Вася ел" истинно, то есть Вася ел варенье. М = 0 означает, что утверждение "Маша ела" ложно, то есть Маша не ела варенье. Получается, что условие задачи (2 ребенка сказали правду, а третий один раз соврал) выполняется только для ситуации, в которой Петя и Маша не ели варенье, а Вася ел.

Ответ. Варенье ел Вася, так как только при одном (третьем) варианте возможных значений ответ двоих - 1 и 1, а ответ одного - 0 и 1.

9. Предложите схемное решение для задачи включения или выключения

лампочки с любого из двух выключателей.

Решение задачи: для двухпозиционных выключателей схемное решение может быть следующим.



10. Разработать на базе интеллектуального реле программное решение устройства, в котором один выключатель управляет включением/выключением света.

Решение задачи: формализуем полученное задание:

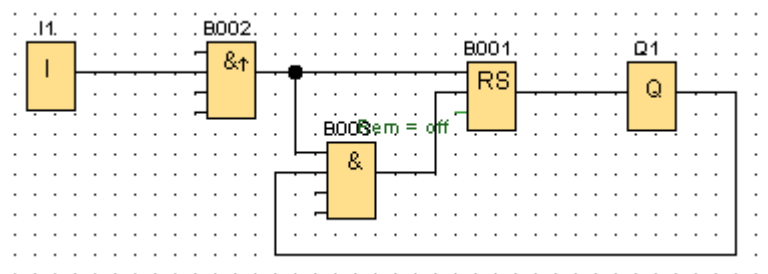
1. Имеем выключатель (вход I) и исполнительный элемент – лампочку – подключенную к выходным контактам интеллектуального реле (выход Q).

2. При $I = 1$ (кратковременном) и $Q = 0$ выход $Q = 1$.

3. При $I = 1$ (кратковременном) и $Q = 1$ выход $Q = 0$.

4. Нормальное (долговременное) состояние I равно нулю.

Решение задачи в программе LogoSoftComfort следующее



Решение задачи основано на работе RS-триггера. При $Q = 0$ одиночным импульсом с помощью блока B002 выход Q переводится в единицу. При $Q = 1$ тот же одиночный импульс (фиксируется нажатие выключателя, т.е. входа I) подается также на блок B003, который переводит свой выход в единицу только при $Q = 1$. С выхода блока B003 высокий уровень сигнала сбрасывает RS-триггер. Схема приведена в первоначальное состояние.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

вопросы для экзамена

Экзаменационный билет № 1

1. Понятие и классификация дискретных систем управления.
2. Задача.

Экзаменационный билет № 2

1. Верхний и нижний уровни управления в ДСПУ.
2. Задача.

Экзаменационный билет № 3

1. Элементная база и алгоритмы ДСПУ.
2. Задача.

Экзаменационный билет № 4

1. Понятие о непрерывных системах управления.
2. Задача.

Экзаменационный билет № 5

1. Программные системы управления электроприводов.
2. Задача.

Экзаменационный билет № 6

1. Логическая форма алгоритмов в терминологии двухуровневой чёткой

классической логики и многоуровневой нечёткой логики (фаззи-логики).

2. Задача.

Экзаменационный билет № 7

1. Понятие релейно-контакторных систем управления, их роль в автоматизации электроприводов.

2. Задача.

Экзаменационный билет № 8

1. Функциональный состав и типовые узлы РКСУ.

2. Задача.

Экзаменационный билет № 9

1. Форма описания, анализ и примеры выполнения РКСУ.

2. Задача.

Экзаменационный билет № 10

1. Метод типовых узлов в построении РКСУ электроприводов.

2. Задача.

Экзаменационный билет № 11

1. Типовые режимы работы электроприводов технологических установок.

2. Задача.

Экзаменационный билет № 12

1. Конечный автомат как математическая модель логических систем управления.

2. Задача.

Экзаменационный билет № 13

1. Описание логических систем управления в форме таблиц переходов и выходов, циклограмм и структурных формул.

2. Задача.

Экзаменационный билет № 14

1. Синтез логических систем управления методом циклограмм.

2. Задача.

Экзаменационный билет № 15

1. Алгоритмы и схемные решения логических систем управления с использованием программируемой логической матрицы или аппаратного контроллера.

2. Задача.

Экзаменационный билет № 16

1. Реализация дискретных систем управления на базе логических элементов.

2. Задача.

Экзаменационный билет № 17

1. Алгоритмы и схемные решения логических систем управления с использованием программируемого логического реле.

2. Задача.

Экзаменационный билет № 18

1. Современные системы программирования логических контроллеров.

2. Задача.

7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач Не предусмотрено учебным планом

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по билетам, каждый из которых содержит 1 вопрос и задачу. Правильность и полнота ответа на вопрос оценивается до 14 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	Дискретные системы и их свойства	ПК-1, ПК-2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата
2	Линейные дискретные системы управления	ПК-1, ПК-2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата
3	Нелинейные дискретные системы управления	ПК-1, ПК-2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата

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.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Романов А.В. Дискретные системы интеллектуального управления: логический синтез и аппаратная реализация: учеб. пособие / А.В. Романов, Е.М. Васильев. – Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2009. 183 с.

2. Гордеев-Бургвиц М.А. Основы алгебры логики и проектирование систем управления электроприводами объектов стройиндустрии [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Гордеев-Бургвиц М.А.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2012.— 32 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20016.html>.— ЭБС «IPRbooks»

3. Свободно программируемые устройства в автоматизированных системах управления [Электронный ресурс]: учебное пособие/ И.Г. Минаев [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2016.— 168 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/76052.html>.— ЭБС «IPRbooks»

4. Медведев, В. А. Системы управления электроприводами роботов : учебное пособие / В. А. Медведев. — Воронеж : Воронежский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2019. — 194 с. — ISBN 978-5-7731-0733-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/93291.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

5. Волков, Д. В. Системы управления электроприводов. Выполнение расчетов : учебное пособие / Д. В. Волков. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2024. — 84 с. — ISBN 978-5-4497-3359-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/141846.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 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 «Системы программного управления электроприводами» читаются лекции, проводятся лабораторные работы.

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

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

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.
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 зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответствен- ной за реализацию ОПОП
1	Актуализированы разделы 8.1, 8.2 пункта 8, а именно «Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины», «Лицензионное программное обеспечение», «Свободно-распространяемое и бесплатное программное обеспечение», «Современные профессиональные базы данных». Актуализирован пункт 9 «Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса»	31.08.2025	