

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»
(БГТУ им. В. Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ

Директор института энергетики, информационных
технологий и управляющих систем

канд. техн. наук, доцент  А. В. Белоусов

« 20 »  2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ

направление подготовки

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

профиль подготовки

Электропривод и автоматика

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

очная

Институт энергетики, информационных технологий и управляющих систем
Кафедра электроэнергетики и автоматика

Белгород – 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 144 от 28 февраля 2018 г.;
- плана учебного процесса БГТУ им. В. Г. Шухова, введенного в действие в 2021 году.

Составитель: канд. техн. наук _____ А. С. Солдатенков

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры электроэнергетики и автоматике

« 15 » _____ 2021 г., протокол № _____

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент _____ А. В. Белоусов

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой электроэнергетики и автоматике

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент _____ А. В. Белоусов

« 15 » _____ 2021 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики, информационных технологий и управляющих систем

« 20 » _____ 2021 г., протокол № _____

Председатель: канд. техн. наук, доцент _____ А. Н. Семернин

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Проектные	ПК-2. Способен разрабатывать простые узлы и блоки системы электропривода с применением современного программного обеспечения	ПК-2.5. Разрабатывает системы программно-логического управления частотно-регулируемыми электроприводами	<p>Знания основных типов архитектур и параметров микроконтроллеров, структуры и архитектурных особенностей универсального однокристального микроконтроллера I7188EX, его системы команд и состав библиотек разработчика, принципов объектно-ориентированного программирования, основных программируемых функций и параметров современных преобразователей частоты;</p> <p>Умения разрабатывать на языке C++ программы по управлению частотно-регулируемыми электроприводами, пользоваться различными интегрированными средами разработки и средствами отладки программного обеспечения;</p> <p>Навыки подключения, настройки и программирования частотно-регулируемых электроприводов.</p>

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1. Компетенция ПК-2. Способен разрабатывать простые узлы и блоки системы электропривода с применением современного программного обеспечения.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Электрический привод
2	Мехатронные системы
3	Системы управления электроприводов
4	Электропривод в современных технологиях
5	Микроконтроллеры в электроприводе
6	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зач. единиц, 216 часов.

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки: 3 зач. единицы.

Форма промежуточной аттестации экзамен (7 семестр)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 7
Общая трудоемкость дисциплины, час	216	216
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	90	90
лекции	34	34
лабораторные	34	34
практические	17	17
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	5	5
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	126	126
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задание	18	18
Индивидуальное домашнее задание	-	-
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	72	72
Экзамен	36	36

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Наименование тем, их содержание и объем

Курс 4 Семестр 7

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
1. Общие сведения о микроконтроллерах					
1.1	Классификация микропроцессорных средств. Состав модулей базовой системы: микропроцессорный модуль, подсистема памяти, средства ввода-вывода, системная шина, характеристика интерфейсов в системе. Обмен данными с внешней средой.	2			1
1.2	Архитектура микропроцессоров. Архитектура Фон Неймана и Гарвардская архитектура. Структура однокристалльного микропроцессора. CISC- и RISC-микропроцессоры. Особенности периферийных устройств специализированных процессоров, предназначенных для управления электроприводами.	2			2
2. Изучение микроконтроллера I7188EX					
2.1	Назначение и области применения. Основные технические характеристики и электрические параметры. Структура микроконтроллера. Схемы подключения.	2			2
2.2	Способы и виды прошивок. Тестирование и настройка.	2			1

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
	Виртуализация последовательных портов. Поддерживаемые протоколы связи. Стандарты RS и 10BaseT.				
2.3	Взаимодействие с операционной системой MiniOS7. Основные команды операционной системы.	2		2	3
2.4	Состав и назначение основных функциональных блоков. Порты ввода-вывода. Микросхемы памяти. Назначение внешних выводов. Платы расширения. Особенности работы дополнительных портов ввода-вывода. Машинные циклы работы микроконтроллера. Таймеры. Часы реального времени.	2			2
3. Основы программирования микроконтроллера I7188EX					
3.1	Инструментальные средства. Основы работы в различных интегрированных средах программирования (IDE) микроконтроллера. Средства разработки и отладки программного обеспечения.	2	2		3
3.2	Разработка программ на языке C++. Структурное и объектно-ориентированное программирование. Объекты, абстракция, классификация. Свойства и методы – члены класса. Конструктор и деструктор.	2	4		5
3.3	Основные принципы и механизмы объектно-ориентированного программирования. Инкапсуляция, полиморфизм и наследование. Композиция и агрегация.	2	4		5
3.4	Состав библиотек разработчика. Работа с последовательными коммуникационными портами. Использование таймеров. Работа с памятью EEPROM, Flash и RTC.	2	4		5
4. Разработка систем программно-логического управления частотно-регулируемыми электроприводами					
4.1	Построение распределенных микропроцессорных систем управления и мониторинга. Интеграция микроконтроллера I7188EX в системы управления верхнего уровня.	2			1
4.2	Принципы модульной структуры. Построение модульных сетей. Ограничения. Состав и назначение серии микропроцессорных модулей серии I7000. Модули удаленного ввода-вывода, преобразовательные и усилительные модули.	2			2
4.3	Особенности управления модулями дискретного и аналогового ввода-вывода. Протокол DCON. Управление модулями через сеть по протоколу Modbus с помощью контроллера I7188EX.	2		6	7
4.4	Управление частотно-регулируемым электроприводом Delta VFD. Настройка коммуникационных параметров	2	3	6	10

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
	портов связи. Группы программируемых параметров. Работа с преобразователем частоты по протоколу Modbus-RTU.				
4.5	Управление частотно-регулируемым электроприводом Danfoss VLD 2800 с помощью протокола Modbus-RTU.	2		6	7
4.6	Работа в сетях Ethernet/Internet по протоколу TCP/IP. Технология X-Server. Программирование Ethernet-порта. Технология Web-сервер для интеграции в сеть Интернет.	2		6	7
4.7	Управление частотно-регулируемым электроприводом Altivar 71. Подключение преобразователя по шинам к различным информационным сетям. Основные коммуникационные функции протоколов связи. Работа по протоколам Modbus-RTU и Modbus-TCP.	2		8	9
	ВСЕГО	34	17	34	72

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
семестр № 4				
1	Основы программирования микроконтроллера I7188EX	Объектно-ориентированное программирование как развитие идей структурного программирования	2	2
2	Основы программирования микроконтроллера I7188EX	Управление доступом к внутренним элементам класса в C++	2	2
3	Основы программирования микроконтроллера I7188EX	Инкапсуляция данных и методов в классе на языке C++	2	2
4	Основы программирования микроконтроллера I7188EX	Перегрузка операций в C++	2	2
5	Основы программирования микроконтроллера I7188EX	Встраивание функций в C++	2	2
6	Основы	Наследование классов в C++	2	2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
	программирования микроконтроллера I7188EX			
7	Основы программирования микроконтроллера I7188EX	Переопределение поведения классов-наследников в C++	2	2
8	Разработка систем программно-логического управления частотно-регулируемыми электроприводами	Разработка классов управления частотным преобразователем Delta VFD-B	3	3
ИТОГО			17	17

4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во 0 часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
семестр № 4				
1	Изучение микроконтроллера I7188EX	Изучение операционной системы MiniOS7	2	2
2	Разработка систем программно-логического управления частотно-регулируемыми электроприводами	Управление модулем дискретного ввода/вывода	6	6
3	Разработка систем программно-логического управления частотно-регулируемыми электроприводами	Управление частотно-регулируемым приводом Delta VFD-B	6	6
4	Разработка систем программно-логического управления частотно-регулируемыми электроприводами	Управление частотно-регулируемым приводом Danfoss VLT2800	6	6
5	Разработка систем программно-логического управления частотно-регулируемыми электроприводами	Программирование порта Ethernet	6	6
6	Разработка систем программно-логического управления частотно-регулируемыми электроприводами	Управление частотно-регулируемым приводом Altivar 71	8	8
ИТОГО:			34	34

4.4. Содержание курсового проекта/работы

Не предусмотрено учебным планом.

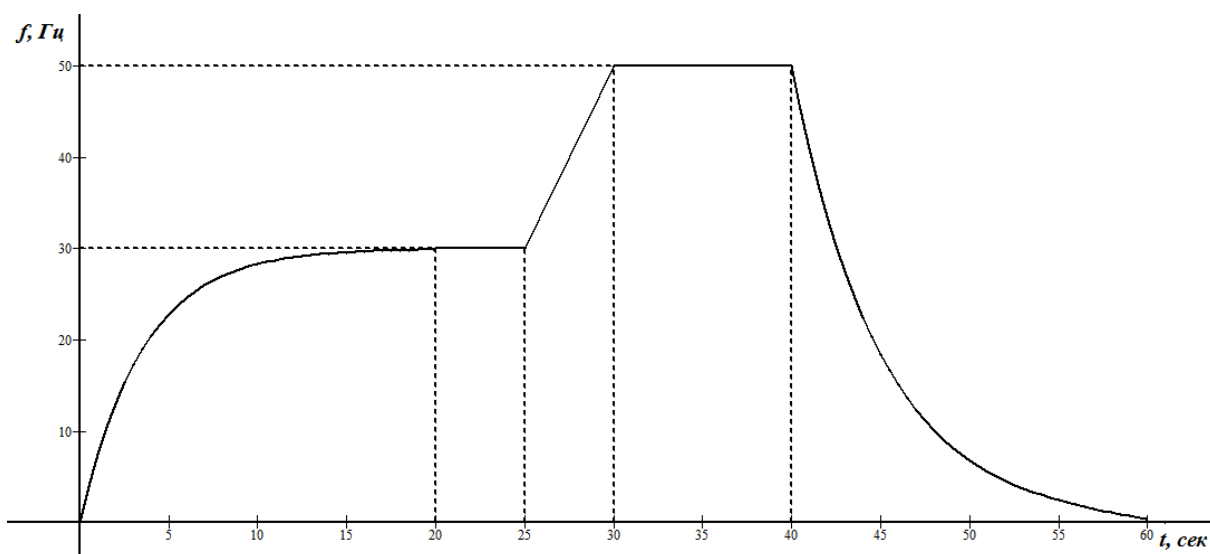
4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

Учебным планом предусмотрено одно расчетно-графическое задание.

Цель задания: приобретение навыков проектирования систем управления частотных электроприводов на базе преобразователей частоты с применением микроконтроллера I7188EX; монтажа, подключения и настройки микроконтроллеров, частотных преобразователей и других интеллектуальных устройств; разработки на языке C++ прикладного программного обеспечения для управления частотно-регулируемым электроприводом; работы с технической документацией, руководствами по подключению, настройке и программированию различных микропроцессорных устройств.

Структура работы. Расчетно-графическое задание предусматривает реализацию специально заданного алгоритма движения (вращения) асинхронного трехфазного электрического двигателя с короткозамкнутым ротором на базе преобразователя частоты с помощью контроллера I7188EX. Основной алгоритм задается в виде тахограммы движения вала двигателя. Номер варианта определяется преподавателем.

Пример задания:



В рамках выполнения РГЗ требуется:

- Разработать схему подключения преобразователя частоты, управляющего трёхфазным асинхронным двигателем, к контроллеру I7188EX. В зависимости от разработанной схемы и используемого оборудования выбрать преобразователи интерфейсов. Дать спецификацию с краткой технической характеристикой преобразователя частоты, контроллера I7188EX и применяемых преобразователей интерфейсов. Привести краткие теоретические сведения о протоколе Modbus и его используемых функциях.
- Разработать алгоритм работы программы, который будет реализовывать движение вала в соответствии с заданной тахограммой.

- Разработать интерфейс класса преобразователя частоты на языке C++. Данный интерфейс должен содержать необходимые методы, свойства и события для управления преобразователем частоты по протоколу Modbus.
- Разработать реализацию необходимых методов, свойств и событий для управления двигателем согласно заданной тахограмме движения вала по протоколу Modbus. При этом должна быть предусмотрена обработка различного типа ошибок: обрыв связи, неверные настройки коммуникационного порта, неверный запрос или ответ, ошибки преобразователя частоты в Modbus-сообщении, несовпадение контрольной суммы при передаче данных.
- Разработать пользовательский интерфейс, предусматривающий возможность ввода коммуникационных параметров связи с клавиатуры, а также вывод на экран возникающих ошибок и текущих параметров преобразователя частоты для контроля выполнения разработанного алгоритма в режиме реального времени.
- Выполнить реализацию для выполнения разработанных функций и алгоритмов в виде приложения для контроллера I7188EX.

Оформление отчета по РГЗ. Текст отчёта должен быть представлен в машинописном виде на бумаге формата А4. При наборе текста необходимо использовать 12-14 размер шрифта «Times New Roman», одинарный или полуторный интервал, выравнивание абзацев по ширине. Все необходимые схемы подключений должны приводиться в отчёте. Отчёт также должен содержать все необходимые сведения об использованном оборудовании и протоколе Modbus, снимки экрана, демонстрирующие результаты работы, листинги исходных файлов программы и блок-схемы алгоритмов работы программы.

В процессе выполнения индивидуального домашнего задания осуществляется контактная работа обучающегося с преподавателем. Консультации проводятся в аудитория и/или посредством электронной информационно-образовательной среды университета.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

1. Компетенция ПК-2. Способен разрабатывать простые узлы и блоки системы электропривода с применением современного программного обеспечения.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-2.5. Разрабатывает программно-логического частотно-регулируемыми электроприводами системы управления	экзамен, защита РГЗ, защита лабораторных работ, собеседование

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация осуществляется после завершения изучения дисциплины в конце **седьмого семестра** в форме экзамена.

Экзамен включает две части: теоретическую (2 вопроса) и практическую (защита РГЗ). Для подготовки к ответу на вопросы билета, которые студент выбирает случайным образом, отводится время 60 минут. После проверки ответа на вопросы билета могут быть заданы дополнительные вопросы.

Перечень тем и вопросов для подготовки к теоретической части экзамена

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Общие сведения о микроконтроллерах	<ol style="list-style-type: none">1. Классификация микропроцессоров и микроконтроллеров.2. Структура базовой микропроцессорной системы. Состав модулей системы.3. Система команд микропроцессора. Периферийные устройства микропроцессора.4. Понятие архитектуры микропроцессоров. Принципы фон Неймана.5. Гарвардская архитектура. Отличия от архитектуры фон Неймана.6. Особенности архитектуры CISC микропроцессора.7. Достоинства и недостатки архитектуры RISC. Области применения RISC-процессоров.8. Особенности однокристальных микропроцессоров.9. Основные требования, предъявляемые к микроконтроллерам, используемых в системах управления электроприводом
2	Изучение микроконтроллера I7188EX	<ol style="list-style-type: none">10. Общие сведения об универсальном контроллере I7188EX. Назначение и области применения. Основные технические характеристики.11. Архитектура контроллера I7188EX. Состав и назначение основных функциональных блоков. Порты ввода-вывода. Назначение выводов.12. Архитектура контроллера I7188EX. Сторожевой таймер. Микросхемы памяти.13. Машинные циклы работы контроллера I7188EX. Платы расширения. Особенности работы дополнительных портов ввода-вывода.14. Программное обеспечение контроллера I7188EX. Виды прошивок. Поддерживаемые интерфейсы и протоколы связи.15. Основные параметры и функции операционной системы MiniOS7. Основные команды операционной системы MiniOS7
3	Основы программирования микроконтроллера I7188EX	<ol style="list-style-type: none">16. Технологии структурного и объектно-ориентированного программирования. Причины возникновения ООП.17. Понятие об объектно-ориентированном программировании. Основные принципы и идеи ООП.18. Понятие класса и его структура в языке C++. Отношения

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
		<p>между классом и объектом. Создание и применение.</p> <p>19. Определение пользовательского класса, создание объекта, доступ к полям объекта и вызов методов.</p> <p>20. Разграничение доступа к полям и методам с помощью спецификаторов public, protected, private.</p> <p>21. Основные задачи конструктора и деструктора, особенности их определения и использования. Конструктор по умолчанию.</p> <p>22. Понятие инкапсуляции. Средства языка C++ для применения инкапсуляции.</p> <p>23. Понятие полиморфизма. Использование в языке C++.</p> <p>24. Понятие наследования. Реализация в языке C++.</p> <p>25. Что такое множественный интерфейс и какие ограничения существуют на выбор базового класса.</p> <p>26. Взаимодействие классов: композиция и агрегация. Объявление и использование агрегатных классов в программе C++.</p> <p>27. Иерархия классов. Изображение различных механизмов ООП на диаграмме классов.</p> <p>28. Программирование контроллера I7188EX. Взаимодействие с операционной системой. Способы прошивок. Тестирование и настройка контроллера.</p> <p>29. Разработка программного обеспечения контроллера I7188EX. Инструментальные средства. Состав библиотек разработчика.</p> <p>30. Программирование контроллера I7188EX. Работа с последовательными коммуникационными портами.</p> <p>31. Программирование контроллера I7188EX. Использование таймеров.</p> <p>32. Программирование контроллера I7188EX. Работа с памятью EEPROM, Flash и RTC.</p>
4	Разработка систем программно-логического управления частотно-регулируемыми электроприводами	<p>33. Основные преимущества распределённых систем управления технологическими процессами на базе микроконтроллеров перед централизованными системами.</p> <p>34. Промышленный протокол связи Modbus. Основные принципы организации и функции протокола Modbus и его модификаций.</p> <p>35. Основные особенности разработки программ для контроллера I7188EX с поддержкой промышленного протокола связи Modbus.</p> <p>36. Основы работы в сетях Ethernet/Internet по протоколу TCP/IP. Технология X-Server.</p> <p>37. Программирование Ethernet-порта контроллера I7188EX.</p> <p>38. Особенности и этапы разработки программ с поддержкой протокола Modbus-TCP для контроллера I7188EX.</p> <p>39. Разработка специальных протоколов обмена. Интеграция контроллера I7188EX в системы управления верхнего уровня.</p> <p>40. Состав и назначение серии микропроцессорных</p>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
		<p>модулей I7000. Модули удаленного ввода-вывода. Преобразовательные модули.</p> <p>41. Взаимодействие модулей I7000. Построение модульных сетей.</p> <p>42. Особенности управления модулями дискретного и аналогового ввода-вывода серии I7000.</p> <p>43. Особенности взаимодействия модулей серии I7000 по протоколу DCON.</p> <p>44. Особенности взаимодействия модулей серии I7000 по протоколу Modbus-RTU.</p> <p>45. Управление модулями I7000 через сеть с помощью контроллера I7188EX.</p> <p>46. Взаимодействие нескольких контроллеров I7188EX. Построение распределенных микропроцессорных систем и основные требования к ним.</p> <p>47. Технология Web-server. Интеграция контроллера I7188EX с помощью технологии Web-server.</p> <p>48. Программирование ПЧ Delta VFD-B. Структура параметров. Карта памяти.</p> <p>49. Программирование ПЧ Danfoss VLD 2800. Структура параметров. Карта памяти.</p> <p>50. Программирование ПЧ SE Altivar 71. Структура параметров. Карта памяти.</p>

Перечень типовых вопросов к практической части экзамена

На практической части экзамена студент должен предоставить преподавателю отчёт по РГЗ, самостоятельно осуществить подключение микроконтроллера к преобразователю частоты, загрузить в его память разработанную программу и продемонстрировать её работоспособность. После чего осуществляется беседа преподавателя со студентом на предмет содержательной части РГЗ.

№	Содержание типовых вопросов
1.	Архитектура программы и назначение основных классов.
2.	Структура программы, назначение основных модулей.
3.	Структура основных классов, интерфейсов и реализаций.
4.	Структура класса, реализующего операции с интерфейсом RS-232/485. Назначение переменных-членов и функций-членов класса.
5.	Структура класса, реализующего операции протокола Modbus. Назначение переменных-членов и функций-членов класса.
6.	Структура класса, реализующего операции управления ПЧ. Назначение переменных-членов и функций-членов класса.
7.	Соккрытие данных в классах. Доступ к элементам классов.
8.	Инициализация классов. Управление памятью.
9.	Работа с динамически выделяемой памятью, распределение и освобождение.
10.	Логика работы программы, способы задания тахограммы движения.
11.	Интерфейс пользователя. Особенности реализации.
12.	Обработка ошибок в программе.

5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

Текущий контроль осуществляется в течение 7 семестра в форме собеседования во время проведения практических занятий и защиты лабораторных работ.

Практические занятия

На практических занятиях внимание уделяется отработке вопросов объектно-ориентированного программирования (ООП) на языке C++. Для этого на отдельных примерах рассматривается применение принципов инкапсуляции, одиночного наследования и полиморфизма при проектировании иерархии взаимосвязанных классов. При проведении занятий производится широкое обсуждение проблемных вопросов методом мозгового штурма, с последующим самостоятельным решением типовых задач.

Оценивание практических занятий отдельно не производится, а все решения задач рассматриваются как отработка отдельных элементов РГЗ, которое, в свою очередь, включается в практическую часть экзамена и учитывается при оценке сформированности компетенции во время проведения промежуточной аттестации.

Перечень типовых задач:

1. Объект: комплексное число (вещественная и мнимая части). Принять: (!) – проверка на ноль, (+ и +=) – сложение, (– и -=) – вычитание, (* и *=) – умножение, (== и !=) – сравнение, (double) – вычисление модуля, (float) – вычисление аргумента, (~) – сопряженное число.
2. Объект: интервал времени (часы, минуты, секунды). Реализовать операции с учетом ограничений на часы (0 до 23), минуты и секунды (0 до 59), т.е. результат всегда от 0:0:0 до 23:59:59. Принять: (+ и +=) – сложение, (– и -=) – вычитание, (* и *=) – удлинение или сокращение, (!) – проверка на ноль, (== и !=) – сравнение, (long) – преобразование в секунды, (float) – преобразование в часы (3600 сек), (~) – дополнение до конца суток.
3. Объект: денежная сумма (признак валюты [р., \$], сумма в номинале [рубли, доллары], сумма в размене [копейки, центы]). Реализовать операции с учетом конвертации, если валюты не совпадают. Принять: (+ и +=) – сложение, (– и -=) – вычитание, (* и *=) – умножение, (!) – проверка на ноль, (== и !=) – сравнение, (float) – в номинал, (int) – в размен, (~) – изменение признака валюты с конвертацией, (%) – процент от суммы.
4. Объект: интервал даты (часов, дней, лет). Реализовать операции с учетом столетия (0 до 99) и ограничений на дни (0 до 364) и часы (0 до 23), т.е. результат всегда от 0-0-0 до 23-364-99. Принять: (* и *=) – удлинение или сокращение, (+ и +=) – сложение, (– и -=) – вычитание, (== и !=) – сравнение, (!) – проверка на ноль, (long) – преобразование в часы, (float) – преобразование в года (365 дней), (~) – дополнение до конца столетия.
5. Объект: расстояние (сажень, аршин, вершок). 1 сажень = 3 аршинам, 1 аршин = 16 вершкам, 1 вершок = 44,5 мм. Результат всегда от 0 до 500 саженей (1 верста). Принять: (+ и +=) – сложение, (– и -=) – разность, (* и *=) – удлинение или сокращение, (== и !=) – сравнение, (!) – проверка на ноль, (double) – преобразование в миллиметры, (int) – преобразование в вершки, (~) – дополнение до версты (500 саженей).
6. Объект: строка символов (0 до 128). Принять: (+ и +=) – соединение строк, повторение символа, (– и -=) – отсечение строки, (*) – поиск подстроки, (*=) – заполнение подстрокой

или символом, ($==$ и $!=$) – сравнение, (!) – проверка на пусто, (\sim) – переворот наоборот, (int) – длина строки.

7. Объект: натуральная дробь (целое, числитель, знаменатель). Реализовать операции с учетом приведения к общему знаменателю. Принять: (+ и $+=$) – сложение, (– и $-=$) – вычитание, (* и $*=$) – умножение, (!) – проверка на ноль, ($==$ и $!=$) – сравнение, (double) – преобразование в рациональную дробь, (\sim) – взаимнообратная натуральная дробь.
8. Объект: угол (градусы, минуты, секунды). Реализовать операции с учетом целых оборотов и ограничений на градусы (0 до 359), минуты и секунды (0 до 59), т.е. результат всегда от $0^{\circ}0'0''$ до $359^{\circ}59'59''$. Принять: (+ и $+=$) – сложение, (– и $-=$) – вычитание, (* и $*=$) – умножение, (!) – проверка на ноль, ($==$ и $!=$) – сравнение, (double) – преобразование в радианы, (int) – преобразование в секунды, (\sim) – обратный угол до 360° .
9. Объект: квадратная матрица [3x3]. Реализовать операции над матрицами. Принять: (+ и $+=$) – сложение, (– и $-=$) – вычитание, (* и $*=$) – умножение, (!) – проверка на ноль, ($==$ и $!=$) – сравнение, (double) – вычисление детерминанта, (int) – количество ячеек, (\sim) – транспонирование.
10. Объект: алфавит (только прописные от A до Z). Реализовать операции над алфавитами как над множествами. Принять: (+ и $+=$) – объединение, (!) – проверка на пусто, (– и $-=$) – разность, (* и $*=$) – пересечение, ($==$ и $!=$) – сравнение, (int) – количество букв, (\sim) – отрицание как замена на буквы, которых нет.
11. Объект: целое неотрицательное число в произвольной системе счисления. Реализовать инициализацию, основные арифметические операции, ввод с клавиатуры и вывод на экран.
12. Объект: примитивные графические фигуры (по вариантам). Реализовать инициализацию, отображение и перемещение фигур. При построении иерархии фигур использовать виртуальные функции.

В рамках практического занятия по разработке классов управления частотным преобразователем Delta VFD-B, на примере отрабатываются вопросы организации классов работы с интерфейсом RS-232/485, протоколом Modbus-RTU, и преобразователем частоты.

Защита лабораторных работ

В лабораторном практикуме по дисциплине представлен перечень лабораторных работ, обозначены цель и задачи, необходимые теоретические и методические указания к работе, приведен порядок выполнения работы, содержание отчета и перечень контрольных вопросов.

Лабораторные работы проводятся в форме самостоятельного написания программ на языке C++ для решения задач по теме лабораторной работы, и представлением реализованного алгоритма в виде блок-схем в соответствии с изученным теоретическим материалом с последующим обсуждением полученных результатов.

Защита лабораторных работ возможна после проверки правильности работы программы, корректности обработки входных данных, выполнения задания, и оформления отчета. Защита проводится в форме собеседования преподавателя со студентом по теме лабораторной работы. Во всех лабораторных работах в результате собеседования студент должен описать сущность предлагаемого

алгоритма решения поставленной задачи, обосновать выбор данного алгоритма, описать его преимущества и недостатки, пояснить функциональное назначение всех команд и символов в программе, а также показать связь между программой и блок-схемой алгоритма.

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	Знание архитектуры и системы команд универсального однокристального микроконтроллера I7188EX
	Знание принципов объектно-ориентированного программирования
	Знание основных программируемых функций и параметров современных преобразователей частоты
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
	Четкость изложения и интерпретации знаний
Умения	Применение теоретических знаний при разработке программ управления частотно-регулируемым электроприводом
	Полнота и качество выполненного задания
	Самостоятельность выполнения задания
	Качество оформления отчетов по заданию
Навыки	Подключение, настройка и программирование частотно-регулируемых электроприводов

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание архитектуры и системы команд универсального однокристального микроконтроллера I7188EX	Не знает архитектуру и систему команд универсального однокристального микроконтроллера I7188EX	Знает архитектуру и семантику отдельных команд библиотеки разработчика микроконтроллера I7188EX	Знает архитектуру, синтаксис и семантику основных команд библиотеки разработчика микроконтроллера I7188EX	Знает архитектуру, состав и назначение всей библиотеки разработчика микроконтроллера I7188EX; понимает логику взаимосвязей между функциями библиотеки
Знание принципов объектно-ориентированного программирования	Не знает принципы объектно-ориентированного программирования	Знает основные принципы объектно-ориентированного	Знает принципы объектно-ориентированного программирования	Знает принципы объектно-ориентированного программирования и особенности их

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
		программированы, но путается в наследовании и полиморфизме	я	реализации на языке C++
Знание основных программируемых функций и параметров современных преобразователей частоты	Не знает никаких программируемых функций и параметров современных преобразователей частоты	Знает основные программируемые функции и параметры только одного преобразователя частоты	Знает основные программируемые функции и параметры двух любых преобразователей частоты	Знает основные программируемые функции и параметры всех изучаемых в курсе преобразователей частоты
Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Знает только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей	Знает материал дисциплины в достаточном объеме	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает неполные ответы на все вопросы	Дает ответы на вопросы, но не все - полные	Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности, не понимает, что говорит	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности, допускает неточности в изложении и интерпретации знаний	Излагает знания без нарушений в логической последовательности, делает поясняющие выкладки корректно и понятно, грамотно и по существу излагает знания	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя, выполняет пояснения точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний, делает самостоятельные выводы

Оценка сформированности компетенций по показателю *Умения*.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Применение теоретических знаний при разработке программ управления частотно-регулируемым электроприводом	Не умеет применить теоретические знания при написании программ	Применяет теоретические знания при написании программ в ограниченном объеме, использует только простые синтаксические конструкции и семантические приемы	Применяет необходимые теоретические знания при написании программ, но при этом выбирает не самый рациональный способ	Рационально и эффективно применяет необходимые теоретические знания при написании программ
Полнота и качество выполненного задания	Задание выполнено неверно, программа не	Задание выполнено не в полном объеме,	Задание выполнено полностью, но примененные	Задание выполнено полностью, рациональным

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
	компилируется		подходы и методы нерациональны для данной задачи	способом
Самостоятельность выполнения задания	Не может подготовить ответы, в том числе и с дополнительной помощью	Может выполнить задание только с дополнительной помощью	Выполняет задание в основном самостоятельно	Самостоятельно выполняет задание
Качество оформления отчетов по заданию	Отчеты оформлено настолько неряшливо, что не поддаются проверке	Отчеты оформлены неаккуратно, отсутствуют необходимые пояснения, имеются несущественные несоответствия оформлению заданным требованиям	Отчеты оформлены аккуратно, с необходимыми пояснениями	Отчеты оформлены аккуратно, с необходимыми пояснениями и ссылками на используемые источники и методы

Оценка сформированности компетенций по показателю *Навыки*.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Подключение, настройка и программирование частотно-регулируемых электроприводов	Не может выполнить безопасное подключение и тем более настройку и программирование частотно-регулируемых электроприводов	Выполняет правильное и безопасное подключение частотно-регулируемых электроприводов, но испытывает сложности с их настройкой и программированием	Выполняет правильное и безопасное подключение частотно-регулируемых электроприводов, осуществляет настройку, но испытывает сложности с их программированием	Выполняет правильное и безопасное подключение частотно-регулируемых электроприводов, самостоятельно проводит их настройку и программирование на выполнение заданной технологической задачи

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
		экран, ноутбук
2	Лаборатория автоматизированного электропривода	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, компьютер; тематические плакаты, универсальные лабораторные стенды, разработанные в БГТУ им. В.Г. Шухова; ноутбуки с преобразователями коммуникационных портов; переносные цифровые вольтметры и амперметры; персональные цифровые мультиметры DT890B+; цифровой осциллограф Velleman APS230; аналоговый осциллограф GW INSTEK GOS-620; частотные преобразователи фирмы Delta VFD-B и VFD-EL; частотные преобразователи фирмы SE Altivar 71; частотный преобразователь Danfoss VLT2800; асинхронные электродвигатели 0,37-1,2 кВт; микроконтроллеры I7188EX; микропроцессорные модули дискретного ввода-вывода I7060 и I7080; преобразователи интерфейсов I7520.
4	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
3	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2022г.
4	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5	Microsoft Visual Studio 2019 Community	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
6	Borland C++	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Микропроцессорные системы [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / Е.К. Александров [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – СПб.: Политехника, 2016. – 936 с. – 978-5-7325-1098-0. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/59491.html> – Загл. с экрана.
2. Водовозов А.М. Микроконтроллеры для систем автоматики [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.М. Водовозов. – Электрон. текстовые данные. – М.: Инфра-Инженерия, 2016. – 164 с. – 978-5-9729-0138-8. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/51727.html>. – Загл. с экрана.
3. Новиков Ю.В. Основы микропроцессорной техники [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю.В. Новиков, П.К. Скоробогатов. – Электрон. дан. – Москва: 2016. – 406 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/100250>. – Загл. с экрана.
4. Фрунзе А.В. Микроконтроллеры? Это же просто! В 3-х томах. [Электронный ресурс] / А.В. Фрунзе. – Электрон. дан. – Москва: ДМК Пресс, 2010. – 311 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/60983>. – Загл. с экрана.
5. Булатов В.Н. Микропроцессорная техника. Схемотехника и программирование [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.Н. Булатов, О.В. Худорожков. – Электрон. текстовые данные. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2016. – 377 с. – 978-5-7410-1443-1. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/61377.html> – Загл. с экрана.
6. Смирнов Ю.А. Технические средства автоматизации и управления [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю.А. Смирнов. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2017. – 456 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/91063>. – Загл. с экрана.
7. Мейер Б. Основы объектно-ориентированного программирования [Электронный ресурс]: учебник / Б. Мейер. – Электрон. дан. – Москва: 2016. – 969 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/100306>. – Загл. с экрана.
8. Лиманова Н.И. Архитектура вычислительных систем и компьютерных сетей [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.И. Лиманова. – Электрон. текстовые данные. – Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017. – 197 с. – 2227-8397. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/75368.html> – Загл. с экрана.
9. Авдеев В.А. Периферийные устройства. Интерфейсы, схемотехника, программирование [Электронный ресурс] / В.А. Авдеев. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Профобразование, 2017. – 848 с. – 978-5-4488-0053-5. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63578.html> – Загл. с экрана.

6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

1. Каталог образовательных Интернет-ресурсов: автоматика и телемеханика.

- Вычислительная техника [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://window.edu.ru/catalog?p_rubr=2.2.75.2. — Заглавие с экрана.
2. Каталог образовательных Интернет-ресурсов: информатика и информационные технологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://window.edu.ru/catalog?p_rubr=2.2.75.6. — Заглавие с экрана.
 3. Каталог образовательных Интернет-ресурсов: Программирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://window.edu.ru/catalog?p_rubr=2.2.75.6.14. – Заглавие с экрана.
 4. Руководства и справочные материалы по C/C++ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.codenet.ru/cat/Languages/C-CPP/Tutorials/>. — Заглавие с экрана.
 5. C++. Форум программистов C++. Обсуждение языка программирования C++. Помощь в решении задач, ответы на вопросы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cyberforum.ru/cpp/>. – Заглавие с экрана.
 6. Новинки ICP DAS для задач промышленной автоматизации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://icp-das.ru>. — Заглавие с экрана.
 7. Руководства по настройке, подключению и программированию контроллеров модели I7188e фирмы ICP DAS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <ftp://ftp.icpdas.com.tw/pub/cd/8000cd/napdos/7188e/document/>
 8. Демо-версии программ для контроллеров модели I7188e [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <ftp://ftp.icpdas.com.tw/pub/cd/8000cd/napdos/7188e/demo/>
 9. Руководства по использованию операционной системы MiniOS7 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <ftp://ftp.icpdas.com.tw/pub/cd/8000cd/napdos/minios7/document/>
 10. Преобразователи частоты Delta серии VFD-B. Руководство по эксплуатации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.deltaelectronics.info/content/files/VFD-B_manual_rus.pdf. — Заглавие с экрана.
 11. Преобразователи частоты Delta серии VFD-EL. Руководство по эксплуатации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.deltaelectronics.info/content/files/VFD-EL_manual_rus.pdf. — Заглавие с экрана.
 12. Altivar 71. Краткое руководство пользователя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=User+guide&p_File_Name=ATV_71_manual_2012_tip.pdf&p_Doc_Ref=МКР-MAN-ATV71-12. — Заглавие с экрана.
 13. Altivar 71. Руководство по программированию. Программное обеспечение V1.2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=User+guide&p_File_Name=ATV71_Programming_Guide.pdf&p_Doc_Ref=ATV71_Programming_Guide. — Заглавие с экрана.
 14. Инструкция по эксплуатации преобразователя частоты Danfoss VLT 2800 9

[Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.danfoss-ru.com/content/files/instructions_VLT2800.pdf. — Заглавие с экрана.

15. АЛЁНА С++. Программирование для прагматиков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://alenacpp.blogspot.ru>. – Заглавие с экрана.

16. Объектно-ориентированное программирование (ООП) в С++ [Электронный ресурс]: Обучение программированию. Для студентов математического факультета МПГУ (и всех желающих обучаться по материалам данного сайта самостоятельно). – Режим доступа: <http://itedu.ru/courses/cpp/oop-in-cpp>. – Заглавие с экрана.

7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена на 20____ /20____ учебный год
без изменений / с изменениями, дополнениями

Протокол № _____ заседания кафедры от «__» _____ 20____ г.

Заведующий кафедрой

А.В. Белоусов

Директор института

А.В. Белоусов