

**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 энергетических, информационных  
технологий и управляющих систем

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

« 11 » \_\_\_\_\_ 2016 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 энергетических, информационных технологий и управляющих систем**  
**Кафедра электроэнергетики и автоматики**

Белгород – 2016

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 № 955 от 3 сентября 2015 г;
- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2016 году.

Составитель: канд. техн. наук



А.С. Солдатенков

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой электроэнергетики и автоматики

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент



А.В. Белоусов

« 11 » июня 2016 г.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры электроэнергетики и автоматики

« 11 » июня 2016 г., протокол № 15

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент

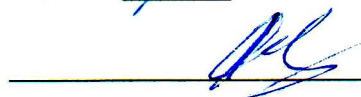


А.В. Белоусов

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

« 16 » июня 2016 г., протокол № 2/16

Председатель: канд. техн. наук, доцент



А.Н. Семернин

# 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Формируемые компетенции			Требования к результатам обучения
№	Код компетенции	Компетенция	
Профессиональные			
1	ПК-3	Способность принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>знать:</b> классификацию, основные типы архитектур и параметры микроконтроллеров, применяемых для управления электроприводами и технологическими процессами;</p> <p>основы программирования на языке Ассемблер, структуру кода программ, систему команд и методы организации циклов и подпрограмм на Ассемблере;</p> <p>основы объектно-ориентированного программирования (ООП), преимущества и недостатки данного подхода, понятие класса, его свойств и методов, особенности создания классов и их использования, основные особенности построения объектно-ориентированных программ на языке C++.</p> <p><b>уметь:</b> пользоваться различными интегрированными средами разработки (IDE) и средствами отладки программного обеспечения (ПО) микроконтроллеров;</p> <p>использовать основные концептуальные положения, методы, принципы и механизмы объектно-ориентированного программирования при разработке программного обеспечения для микроконтроллеров;</p> <p>разрабатывать с помощью микроконтроллеров и дополнительных модулей распределённые системы управления электроприводом с возможностью их интеграции в промышленные сети (Ethernet, RS-232/485 и т.д.).</p> <p><b>владеть:</b> методами программирования контроллеров и функциональных модулей различного назначения с использованием библиотек разработчика;</p> <p>навыками работы с различными коммуникационными протоколами для передачи данных в промышленных информационных сетях и сети Интернет и настройки коммуникационных портов различных микропроцессорных устройств;</p> <p>навыками использования различной научно-</p>

			технической и справочной литературой и навыками работы с руководствами по подключению, настройке и программированию различных устройств.
2	ПК-7	Готовность обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> структуру и архитектурные особенности универсального однокристального микроконтроллера I7188EX, систему команд контроллера I7188EX, состав специализированных библиотек, инструментальные средства разработки и отладки программного обеспечения микроконтроллера I7188EX;</p> <p>инструментальные средства разработки и отладки программного обеспечения микроконтроллера I7188EX;</p> <p>основные программируемые функции и коммуникационные параметры современных преобразователей частоты (ПЧ).</p> <p><b>уметь:</b> практически пользоваться микропроцессорами I7188EX при проектировании аппаратных и программных средств микропроцессорных систем управления электроприводом на базе преобразователя частоты;</p> <p>осуществлять выбор структур системы управления на базе контроллера I7188EX и алгоритмов реализации ее функций в соответствии с выбранными критериями проектирования;</p> <p>осуществлять монтаж, подключение и настройку различных преобразователей частоты, микроконтроллера, периферийных устройств и преобразователей интерфейсов.</p> <p><b>владеть:</b> навыками разработки программного обеспечения для контроллера I7188EX, которое выполняет алгоритмы управления преобразователем частоты в соответствии с заданными параметрами технологического процесса, позволяет осуществлять настройку и контролировать выполнение задания в режиме реального времени;</p> <p>навыками интеграции GSM-модема в систему управления электроприводом на базе микроконтроллера I7188EX и разработки для него программного обеспечения.</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Иностранный язык
2	Высшая математика
3	Физика
4	Информатика
5	Теоретические основы электротехники
6	Программирование и основы алгоритмизации
7	Электрические аппараты
8	Электрические машины
9	Электрические измерения
10	Электроника
11	Автоматизированные системы контроля и учета энергии
12	Электрический привод
13	Системы управления электроприводов
14	Элементы систем автоматики
15	Функциональные узлы цифровой автоматики
16	Датчики и регуляторы в электроприводе
17	Силовая электроника
18	Преобразовательная техника

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Электропривод в современных технологиях
2	Автоматизация процессов и оборудования
3	Автоматизированные системы управления технологическими процессами
4	Преддипломная практика
5	Государственная итоговая аттестация

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 7
Общая трудоемкость дисциплины, час	216	216
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	85	85
лекции	34	34
лабораторные	34	34
практические	17	17
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>	131	131

курсовый проект		
курсовая работа		
расчетно-графическое задание	18	18
индивидуальное домашнее задание		
<i>другие виды самостоятельной работы</i>	77	77
Форма промежуточная аттестация(зачет, экзамен)	36	Экзамен (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
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	-	-	2
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 контроллера I7188EX					
2.1	Назначение и области применения. Основные технические характеристики и электрические параметры. Устройство контроллера. Схемы подключения.	2	-	2	3
2.2	Способы и виды прошивок. Тестирование и настройка контроллера. Виртуализация последовательных портов. Поддерживаемые протоколы связи. Стандарты RS и 10BaseT.	2	-	2	3
2.3	Взаимодействие с операционной системой MiniOS7. Основные команды операционной системы MiniOS7.	-	2	-	2

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 контроллера. Таймер. Часы реального времени.	2	-	-	2
<b>3. Основы программирования микроконтроллера I7188EX</b>					
3.1	Инструментальные средства. Основы работы в различных интегрированных средах программирования (IDE) контроллера. Средства разработки и отладки программного обеспечения.	-	2	-	2
3.2	Программирование на Ассемблере. Регистры общего назначения. Флаги состояния. Память программ и данных. Прерывания. Структура кода программы Ассемблера. Стек.	2	-	-	2
3.3	Операции ввода-вывода символьной информации. Команды условных и безусловных переходов. Циклы. Основные команды ассемблера. Арифметические и логические операции. Ввод и вывод чисел.	2	4	-	5
3.4	Организация подпрограмм и процедур в языке Ассемблер. Системный таймер.	-	2	-	2
3.5	Целесообразность использования языка C++. Разработка прикладного программного обеспечения на языке C++. Цели и задачи объектно-ориентированного программирования (ООП). Объекты, абстракция, классификация. Свойства и методы – члены класса. Конструктор и деструктор.	2	2	-	3
3.6	Основные принципы и механизмы объектно-ориентированного программирования. Инкапсуляция, полиморфизм и наследование. Композиция и агрегация.	2	5	-	7
3.7	Состав библиотек разработчика. Работа с последовательными коммуникационными портами. Использование таймеров. Работа с памятью EEPROM, Flash и RTC.	2	-	-	2
<b>4. Разработка систем удалённого управления распределёнными промышленными объектами на базе микроконтроллеров</b>					
4.1	Построение распределённых микропроцессорных систем управления и мониторинга. Интеграция контроллера I7188EX в системы управления верхнего уровня. Требования надежности.	2	-	-	2
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	-	4	6
4.4	Управление преобразователями частоты серии Delta VFD. Настройка коммуникационных параметров портов связи. Группы программируемых параметров. Работа с преобразователем частоты по протоколу Modbus-RTU.	2	-	6	7
4.5	Особенности управления преобразователем частоты Danfoss VLD 2800 с помощью контроллера по интерфейсу RS-485 с использованием протокола Modbus-RTU.	2	-	4	5
4.6	Работа в сетях Ethernet/Internet по протоколу TCP/IP. Технология X-Server. Программирование Ethernet-порта. Технология Web-сервер для интеграции контроллера I7188EX в сеть Интернет.	2	-	6	7
4.7	Управление преобразователями частоты серии Altivar 71. Подключение преобразователя по шинам к различным информационным сетям. Основные коммуникационные функции протоколов связи. Работа с преобразователем частоты по протоколу Modbus-TCP.	-	-	6	6
4.8	Основы сотовой связи стандарта GSM, Физические и логические каналы GSM. Использование GSM-модемов для управления удалёнными объектами с помощью SMS-сообщений.	2	-	4	5
ВСЕГО:		34	17	34	77

## 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 7				
1.	Изучение контроллера I7188EX	Изучение основных команд операционной системы MiniOS7 и контроллера I7188EX.	2	2
2.		Изучение интегрированных сред программирования (IDE) контроллера.	2	2
3.	Основы программирования микроконтроллера I7188EX	Операции ввода/вывода информации на языке Ассемблер.	2	2
4.		Арифметические и логические операции при программировании на Ассемблере.	2	2
5.		Работа процедурами и подпрограммами при программировании на Ассемблере. Работа с таймером.	2	2
6.		Создание классов. Реализация класса «Точка на экране».	2	2
7.		Реализация класса для управления частотным преобразователем Delta VFD-B	3	3



		по протоколу Modbus-RTU.		
8.		Реализация класса для управления частотным преобразователем Delta VFD-EL по протоколу Modbus-RTU с помощью агрегирования других классов.	2	2
ИТОГО:			17	17

### 4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 7				
1.	Изучение контроллера I7188EX	Изучение схем подключения контроллера I7188EX и работа с его коммуникационными портами.	4	4
2.	Разработка систем удалённого управления распределёнными промышленными объектами на базе микроконтроллеров	Разработка программы для управления модулем дискретного ввода/вывода I-7060 с помощью контроллера I7188EX по сети RS-485.	4	4
3.		Разработка Modbus-RTU клиента контроллера I7188EX для удалённого контроля и управления параметрами частотного преобразователя VFD-B по сети RS-485.	6	6
4.		Удалённое управление частотным преобразователем Danfoss VLT2800 по интерфейсу RS-485 с помощью контроллера I7188EX.	4	4
5.		Программирование Ethernet-порта контроллера I7188EX.	6	6
6.		Управление частотным преобразователем Altivar 71 с помощью контроллера I7188EX по сети Ethernet.	6	6
7.		Разработка SMS-клиента для GSM-модема Siemens MC35.	4	4
ИТОГО			34	34

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий)

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

3.	<p>Основы программирования микроконтроллера I7188EX</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>16. Общие сведения о языке Ассемблер. Раздельная компиляция и компоновка. Отладка программ.</li> <li>17. Формат ассемблерных команд. Структура программы на языке ассемблера.</li> <li>18. Команды пересылки данных на языке Ассемблер. Арифметические команды. Переходы и сравнения. Способы адресации. Переменные.</li> <li>19. Ввод-вывод символьной информации с использованием языка Ассемблер.</li> <li>20. Программирование на языке Ассемблер. Базовые алгоритмические структуры. Следование. Циклы и условия. Способы вложения.</li> <li>21. Организация подпрограмм на языке Ассемблер. Ближние и дальние переходы. Модели памяти. Стек. Организация рекурсивных вызовов.</li> <li>22. Программные прерывания. Вызов прерываний. Вектора прерываний. Маскирование прерываний. Пользовательские прерывания.</li> <li>23. Использование таймера в языке программирования Ассемблер.</li> <li>24. Технологии структурного и объектно-ориентированного программирования. Причины возникновения ООП.</li> <li>25. Понятие об объектно-ориентированном программировании. Основные принципы и идеи ООП.</li> <li>26. Понятие класса и его структура в языке C++. Отношения между классом и объектом. Создание и применение.</li> <li>27. Определение пользовательского класса, создание объекта, доступ к полям объекта и вызов методов.</li> <li>28. Разграничение доступа к полям и методам с помощью спецификаторов public, protected, private.</li> <li>29. Основные задачи конструктора и деструктора, особенности их определения и использования. Конструктор по умолчанию.</li> <li>30. Понятие инкапсуляции. Средства языка C++ для применения инкапсуляции.</li> <li>31. Понятие полиморфизма. Использование в языке C++.</li> <li>32. Понятие наследования. Реализация в языке C++.</li> <li>33. Что такое множественный интерфейс и какие ограничения существуют на выбор базового класса.</li> <li>34. Взаимодействие классов: композиция и агрегация. Объявление и использование агрегатных классов в программе C++.</li> <li>35. Иерархия классов. Изображение различных механизмов ООП на диаграмме классов.</li> <li>36. Программирование контроллера I7188EX. Взаимодействие с операционной системой. Способы прошивок. Тестирование и настройка контроллера.</li> <li>37. Разработка программного обеспечения контроллера I7188EX. Инструментальные средства. Состав библиотек разработчика.</li> <li>38. Программирование контроллера I7188EX. Работа с последовательными коммуникационными портами.</li> </ol>
----	---	--

		<p>39. Программирование контроллера I7188EX. Использование таймеров.</p> <p>40. Программирование контроллера I7188EX. Работа с памятью EEPROM, Flash и RTC.</p>
4.	Разработка систем удалённого управления распределёнными промышленными объектами на базе микроконтроллеров	<p>41. Основные преимущества распределённых систем управления технологическими процессами на базе микроконтроллеров перед централизованными системами.</p> <p>42. Промышленный протокол связи Modbus. Основные принципы организации и функции протокола Modbus и его модификаций.</p> <p>43. Основные особенности разработки программ для контроллера I7188EX с поддержкой промышленного протокола связи Modbus.</p> <p>44. Основы работы в сетях Ethernet/Internet по протоколу TCP/IP. Технология X-Server.</p> <p>45. Программирование Ethernet-порта контроллера I7188EX.</p> <p>46. Особенности и этапы разработки программ с поддержкой протокола Modbus-TCP для контроллера I7188EX.</p> <p>47. Разработка специальных протоколов обмена. Интеграция контроллера I7188EX в системы управления верхнего уровня.</p> <p>48. Состав и назначение серии микропроцессорных модулей I7000. Модули удаленного ввода-вывода. Преобразовательные модули.</p> <p>49. Взаимодействие модулей I7000. Построение модульных сетей.</p> <p>50. Особенности управления модулями дискретного и аналогового ввода-вывода серии I7000.</p> <p>51. Особенности взаимодействия модулей серии I7000 по протоколу DCON.</p> <p>52. Особенности взаимодействия модулей серии I7000 по протоколу Modbus-RTU.</p> <p>53. Управление модулями I7000 через сеть с помощью контроллера I7188EX.</p> <p>54. Взаимодействие нескольких контроллеров I7188EX.</p>

		<p>Построение распределенных микропроцессорных систем и основные требования к ним.</p> <p>55. Технология Web-server. Интеграция контроллера I7188EX с помощью технологии Web-server.</p> <p>56. Сотовая система подвижной радиосвязи стандарта GSM. Общие характеристики стандарта GSM.</p> <p>57. Сотовая система подвижной радиосвязи стандарта GSM. Структурная схема сети связи. Организация логических каналов связи.</p> <p>58. Основные параметры и особенности настройки GSM-модема Siemens MC35.</p> <p>59. Разработка управляющей программы работы GSM-модема Siemens MC35. Основные AT-команды.</p>
--	--	--

## **5.2. Перечень тем курсовых проектов, курсовых работ, их краткое содержание и объем**

Курсовые проекты (работы) учебным планом не предусмотрены.

## **5.3. Перечень индивидуальных домашних заданий, расчетно-графических заданий**

Учебным планом предусмотрено выполнение одного расчетно-графического задания на тему: «Управление частотно-регулируемым электроприводом с помощью контроллера I7188EX».

Расчетно-графическое задание формирует у обучающегося компетенцию ПК-7 (готовность обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике) и преследует следующие цели:

- Закрепить практические навыки проектирования систем управления частотных электроприводов на базе преобразователей частоты с применением микроконтроллера I7188EX.

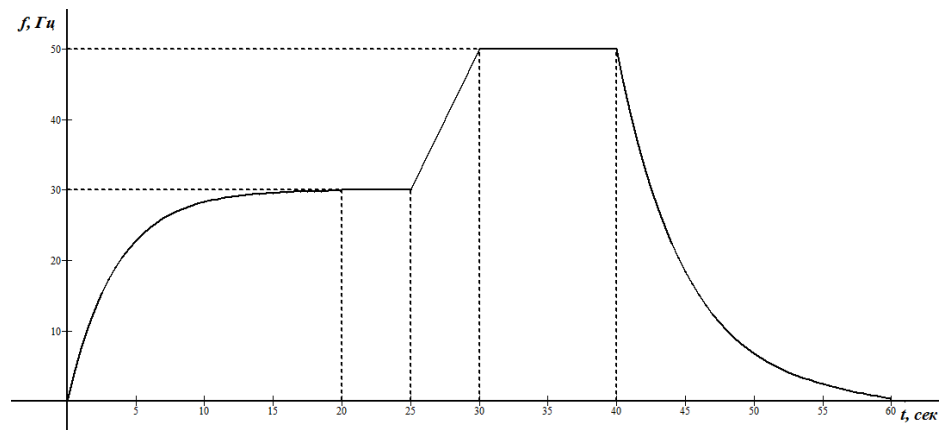
- Закрепить практические навыки по монтажу, подключению и настройке микроконтроллеров, частотных преобразователей и других интеллектуальных устройств.

- Закрепить и углубить навыки разработки прикладного программного обеспечения для управления преобразователем частоты с помощью контроллера I7188EX на языке C++ с применением методов объектно-ориентированного программирования.

- Приобретение навыков работы с руководствами по подключению, настройке и программированию различных микропроцессорных устройств.

Расчетно-графическое задание предусматривает реализацию специально заданного алгоритма движения (вращения) асинхронного трехфазного электрического двигателя с короткозамкнутым ротором на базе преобразователя частоты по протоколу Modbus с помощью контроллера I7188EX.

Основной алгоритм задается в виде тахограммы движения вала двигателя. Пример тахограммы для выполнения расчётно-графического задания:



В ходе выполнения расчетно-графического задания необходимо:

- Разработать схему подключения преобразователя частоты (ПЧ), управляющего трёхфазным асинхронным двигателем, к контролеру 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.
- Предусмотреть возможность дистанционного диспетчерского управления посредством SMS-сообщений.
- Выполнить реализацию для выполнения разработанных функций и алгоритмов в виде приложения для контроллера I7188EX.

После выполнения всех вышеперечисленных этапов, студент должен предоставить преподавателю отчёт, самостоятельно осуществить подключение контроллера к преобразователю частоты, загрузить в его память разработанную программу и продемонстрировать её работоспособность.

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 устройств должны приводиться в отчёте. Отчёт также должен содержать все необходимые теоретические сведения об использованном оборудовании и протоколе Modbus, скриншоты, демонстрирующие результаты работы, листинги исходных файлов и блок-схемы алгоритмов работы программы.

#### **5.4. Перечень контрольных работ**

Контрольные работы учебным планом не предусмотрены.

### **6. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

#### **6.1. Перечень основной литературы**

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. Кижук А. С. Микроконтроллеры в системах управления: учебное пособие/ А.С. Кижук; БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2009. – 203 с.
4. Русанов В.В. Микропроцессорные устройства и системы [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.В. Русанов, М.Ю. Шевелёв. – Электрон. текстовые данные. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 184 с. – 978-5-94154-128-7. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13946.html>. – Загл. с экрана.
5. Ключев, А.О. Интерфейсы периферийных устройств [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.О. Ключев, Д.Р. Ковязина, Е.В. Петров, А.Е. Платунов. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2010. — 290 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/43548>. — Загл. с экрана.

#### **6.2. Перечень дополнительной литературы**

1. Сальников И.И. Микропроцессорные системы [Электронный ресурс]: учебное пособие / И.И. Сальников. – Электрон. дан. – Пенза: ПензГТУ, 2013. — 129 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/62657>. – Загл. с экрана.
2. Китаев Ю.В. Основы микропроцессорной техники. Ч. 1 [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю.В. Китаев. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2016. – 51 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/91388>. – Загл. с экрана.
3. Смирнов Ю.А. Основы микроэлектроники и микропроцессорной техники [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю.А. Смирнов, С.В. Соколов, Е.В. Титов. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2013. – 496 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/12948>. – Загл. с экрана.
4. Рассадкин Ю.И. Основы проектирования микропроцессорной техники [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю.И. Рассадкин, А.В. Сеницын. – Электрон. дан. – Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. – 75 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/103544>. – Загл. с экрана.
5. 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.
6. Белов А.В. Самоучитель по микропроцессорной технике [Электронный ресурс] / А.В. Белов. – Электрон. текстовые данные. – СПб.: Наука и Техника, 2007. – 240 с. – 978-5-94387-190-0. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/28814.html> – Загл. с экрана.
7. 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.
8. 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.
9. Николайчук О.И. Современные средства автоматизации [Электронный ресурс] / О.И. Николайчук. – Электрон. текстовые данные. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2009. – 248 с. – 5-98003-287-8. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/8693.html> – Загл. с экрана.
10. Страуструп Б. Язык программирования С++ для профессионалов [Электронный ресурс] / Б. Страуструп. – 2-е изд. – Электрон. текстовые данные. – М.: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016. – 670 с. – 2227-8397. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/73737.html> – Загл. с экрана.



### 6.3. Перечень интернет ресурсов

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](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](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](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. Assembler & Win32. Курс молодого бойца [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.codenet.ru/progr/asm/newbee/> . — Заглавие с экрана.
6. 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.
7. Новинки ICP DAS для задач промышленной автоматизации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://icp-das.ru> .— Заглавие с экрана.
8. 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/>
9. Демо-версии программ для контроллеров модели I7188e [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <ftp://ftp.icpdas.com.tw/pub/cd/8000cd/napdos/7188e/demo/>
10. Руководства по использованию операционной системы MiniOS7 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <ftp://ftp.icpdas.com.tw/pub/cd/8000cd/napdos/minios7/document/>
11. Преобразователи частоты Delta серии VFD-B. Руководство по эксплуатации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.deltaelectronics.info/content/files/VFD-B\\_manual\\_rus.pdf](http://www.deltaelectronics.info/content/files/VFD-B_manual_rus.pdf) . — Заглавие с экрана.
12. Преобразователи частоты Delta серии VFD-EL. Руководство по эксплуатации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.deltaelectronics.info/content/files/VFD-EL\\_manual\\_rus.pdf](http://www.deltaelectronics.info/content/files/VFD-EL_manual_rus.pdf) . — Заглавие с экрана.
13. 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\\_20](https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=User+guide&p_File+Name=ATV_71_manual_20)

[12\\_tip.pdf&p\\_Doc\\_Ref=MKP-MAN-ATV71-12](#) .— Заглавие с экрана.

14. 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](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.
15. Инструкция по эксплуатации преобразователя частоты Danfoss VLT 2800 9 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.danfoss.ru.com/content/files/instructions\\_VLT2800.pdf](http://www.danfoss.ru.com/content/files/instructions_VLT2800.pdf). — Заглавие с экрана.

## **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Лекционные занятия – поточная аудитория, оснащенная интерактивной доской, презентационной техникой (ноутбук, проектор, экран, LED-телевизор) и комплектом электронных презентаций.

Лабораторные занятия – специализированная лаборатория автоматизированного электропривода МК211, оснащенная тематическими плакатами по дисциплине «Микропроцессоры в электроприводе» и универсальными лабораторными стендами, разработанными в БГТУ им. В.Г. Шухова для данной специальности с применением преобразователей частоты и различных микропроцессорных устройств. Основное оборудование:

- Специализированные персональные компьютеры с коммуникационными портами; (Intel Core i3-3070/ H81/ 4096Mb/ 1Tb/ 20”IPS/ Wi-Fi/ LAN100Mb/DWD-RW, Intel Pentium Dual CPU1,6GHz/1024Mb/ 250 Gb/ 20”IPS/ Wi-Fi/ LAN100Mb/DWD-RW), подключенные к локальной сети университета с доступом в интернет;
- ноутбуки с преобразователями коммуникационных портов;
- переносные цифровые вольтметры и амперметры;
- персональные цифровыми мультиметрами DT890B+;
- цифровой осциллограф Velleman APS230;
- аналоговый осциллограф GW INSTEK GOS-620;
- частотные преобразователи фирмы Delta моделей VFD-B и VFD-EL;
- частотные преобразователи фирмы Siemens модели Altivar 71;
- частотный преобразователь Danfoss VLT2800;
- асинхронные электродвигатели 0,37 кВт;
- микроконтроллеры I7188EX;
- микропроцессорные модули дискретного ввода-вывода I7060 и I7080;
- преобразователи интерфейсов I7520;
- GSM-модем Siemens MC35.

Для самостоятельной работы студентов предусмотрен компьютерный класс, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети

«Интернет», обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета, а так же обеспечивается участием в программах Microsoft Imagine (№ дог. 52031/МОС 2793 от 16.06.15г) / Office 365 (№ дог. E04002C51M от 22.06.2016)с возможностью бесплатной загрузки программного обеспечения Microsoft, в том числеMicrosoft Visual Studio 2015 (или более поздней редакции) с подпиской MSDN. Всё необходимое программное обеспечение для контроллера I7188EX предоставляется компанией-производителем ICP DAS на CD-диске, который входит в комплект поставки контроллера. Различные интегрированные среды разработки программного обеспечения для микроконтроллера, такие как Borland C++, Turbo C v2.01, Turbo C++ v1.01 и др., распространяются как свободное ПО и их можно бесплатно скачать с веб-сайта компании Borland (Режим доступа: <http://edn.embarcadero.com/museum> ).

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа с изменениями, дополнениями утверждена на 2017/2018 учебный год.

Протокол № 15 заседания кафедры от « 10 » 06 20 14 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  А.В. Белоусов

Директор института \_\_\_\_\_  А.В. Белоусов

В пункт 6.2 добавлены следующие литературные источники:

1. Петров И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования [Электронный ресурс] / И.В. Петров. – Электрон. текстовые данные. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2010. – 254 с. – 5-98003-079-4. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/65117.html> – Загл. с экрана.
2. Зубков С.В. Assembler. Для DOS, Windows и Unix [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.В. Зубков. – Электрон. дан. – Москва: ДМК Пресс, 2008. – 640 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/1243>. – Загл. с экрана.
3. Ковган Н.М. Компьютерные сети [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.М. Ковган. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2014. – 180 с. – 978-985-503-374-6. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67638.html> – Загл. с экрана.

В пункт 6.3 добавлены следующие литературные источники:

1. АЛЁНА С++. Программирование для прагматиков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://alenaspp.blogspot.ru>. – Заглавие с экрана.
2. 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.



**Рабочая программа с изменениями, дополнениями утверждена на 2018 /2019 учебный год.**

Протокол № 10 заседания кафедры от «14» 05 2018 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ А.В. Белоусов

Директор института \_\_\_\_\_ А.В. Белоусов

В пункт 6.1 добавлены следующие литературные источники:

1. 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.
2. 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.
3. Куляс О.Л. Курс программирования на ASSEMBLER [Электронный ресурс]: учебное пособие / О.Л. Куляс, К.А. Никитин. – Электрон. дан. – Москва: СОЛОН-Пресс, 2017. – 220 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/107672>. – Загл. с экрана.

В пункт 6.2 добавлены следующие литературные источники:

1. 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.
2. 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.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Самостоятельная работа является главным условием успешного освоения изучаемой учебной дисциплины и формирования высокого профессионализма будущих выпускников.

Исходный этап изучения данного курса предполагает ознакомление с *Рабочей программой*, характеризующей границы и содержание учебного материала, который подлежит освоению.

Изучение отдельных тем курса необходимо осуществлять в соответствии с поставленными в них целями, их значимостью, основываясь на содержании и вопросах, поставленных в лекции преподавателя и приведенных в планах и заданиях к лабораторным занятиям, а также методических указаниях для студентов.

В учебниках и учебных пособиях, представленных в *списке рекомендуемой литературы*, содержатся возможные ответы на поставленные вопросы. Инструментами освоения учебного материала являются основные *термины и понятия*, составляющие категориальный аппарат дисциплины. Их осмысление, запоминание и практическое использование являются обязательным условием овладения курсом.

Для обеспечения систематического контроля над процессом усвоения тем курса следует пользоваться перечнем контрольных вопросов для проверки знаний по дисциплине, содержащихся в планах и заданиях к лабораторным занятиям и методических указаниях для студентов. Если при ответах на сформулированные в перечне вопросы возникнут затруднения, необходимо очередной раз вернуться к изучению соответствующей темы, либо обратиться за консультацией к преподавателю. Успешное освоение курса дисциплины возможно лишь при систематической работе, требующей глубокого осмысления и повторения пройденного материала, поэтому необходимо делать соответствующие записи по каждой теме.

Перед началом самостоятельного изучения дисциплины необходимо вспомнить основы расчета радиотехнических электронных цепей, а также характеристики и принципы работы наиболее распространенных активных электронных элементов, таких как диоды, транзисторы, тиристоры, операционные усилители и пр. базовые элементы, поскольку на их основе строятся все радиоэлектронные элементы. Необходимо также разобраться со схемотехническими решениями, применяемыми для реализации таких высокоуровневых элементов как память, регистры, ЦАП, АЦП, порты ввода-вывода и пр.

Поскольку рассматриваемые процессоры и микроконтроллеры выпускаются в оригинале иностранными компаниями, настоятельно рекомендуется ознакомиться с официальной документацией по этим процессорам, которую

можно найти на сайтах соответствующих фирм: [www.intel.com](http://www.intel.com), и [www.amd.com](http://www.amd.com). На обоих порталах представлено описание процессоров семейства x86, включая подробные описания архитектур, функциональных блоков и особенностей работы.

Для изучения системы команд 8- и 16-разрядных x86 процессоров наилучшим образом подходит язык программирования ассемблер, либо Microsoft assembler (MASM), либо Borland turbo assembler (TASM). Оба компилятора полностью совместимы с 16-разрядными x86-процессорами и имеют сходные возможности.

Программирование на ассемблере в целом, безусловно, отличается от высокоуровневого, потому начинать лучше с азов, для чего рекомендуется использовать именно учебники по программированию на ассемблере для 16-разрядных систем, а не соответствующие справочники.

Помощь в освоении ассемблера можно получить на специализированных интернет-сайтах, например [www.sources.ru](http://www.sources.ru) или [forum.ixbt.com](http://forum.ixbt.com) – раздел программирование на ассемблере.

Изучение микроконтроллеров рекомендуется начинать с чтения книги Фрунзе А.В. "Микроконтроллеры? Это же просто". Книги написаны простым языком и постепенно вводят читателя в курс, не перегружая материал терминологией на начальном этапе, и кроме того, снабжены большим количеством практических примеров.

При изучении контроллеров I7188EX, и серии I7000 вообще, рекомендуется посетить сайт производителя [www.icp-das.com](http://www.icp-das.com). На сайте можно найти множество примеров решения задач автоматизации и управления всевозможными объектами, а также официальную документацию на все процессорные модули I7000. Производитель постоянно совершенствует программные библиотеки и прошивки контроллеров, поэтому есть смысл посмотреть соответствующие разделы сайта. Там же можно познакомиться с разделом часто задаваемых вопросов или самостоятельно задать интересующий вопрос непосредственно производителю контроллеров.

Контроллеры I7000 программируются на языке C++, поэтому после знакомства с архитектурой контроллеров необходимо изучить этот язык, хотя бы на базовом уровне, включая такие разделы как: общие сведения о языке, переменные, константы, типы данных, декларации и определения, операции, приоритеты операций, выражения, функции, передача параметров в функции, массивы, работа с указателями и динамически распределяемой областью памяти. Этого, в целом, будет достаточно для реализации большинства задач управления, однако для более углубленного изучения языка рекомендуется почитать книгу Б. Страуструпа "Язык программирования C++. Специальное издание". В книге изложен полный синтаксис языка, включая объектно-ориентированное программирование и работу с исключениями. Книга написана понятным и

лаконичным языком и снабжена огромным количеством примеров программного кода.

Управление конечными электроприводами с помощью контроллеров, в большинстве случаев, реализуется по стандартным или специальным протоколам связи. Эти протоколы будут описаны в документации на соответствующее оборудование, однако, описание стандартных протоколов можно найти и отдельно. Так например, одним из самых распространенных промышленных протоколов связи является протокол Modbus и его модификации Modbus-ASCII, Modbus-RTU, и Modbus-TCP. Спецификации на эти протоколы можно найти, например на [www.modbus.org](http://www.modbus.org).