Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники

М. Е. Антипин

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Методические указания по выполнению самостоятельной работы студентов, обучающихся по направлениям подготовки 27.03.05 «Инноватика»; 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»; 15.03.06 «Мехатроника и робототехника»

Томск
2022

УДК 004.02
ББК 3стд2-02
А 72

Рецензент:

Лариошина И. А., доцент каф. управления инновациями ТУСУР,
канд. техн. наук

Антипин, Михаил Евгеньевич
А 72 Проектирование цифровых систем управления: Методические указания по выполнению самостоятельной работы студентов, обучающихся по направлениям подготовки 27.03.05 «Инноватика», 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника», 15.03.06 «Мехатроника и робототехника»/ М.Е. Антипин. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектронники, 2022. – 13 с.

Методические указания содержат рекомендации и материалы, необходимые для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Проектирование цифровых систем управления».
Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки 27.03.05 «Инноватика», 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника», 15.03.06 «Мехатроника и робототехника».

Одобрено на заседании кафедры УИ, протокол № 7 от 31.01.2022.

УДК 004.02
ББК 3стд2-02

© Антипин М.Е., 2022
© Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектронники, 2022

Оглавление

1 Общие положения 4
2 Разделы и содержание дисциплины 5
3 Организация самостоятельной работы студентов 6
4 Терминология дисциплины 7
5 Тестовые вопросы по дисциплине 9
6 Контрольные вопросы 12
Список рекомендуемой литературы 13

1 Общие положения

Данные методические указания разработаны для студентов, обучающихся в Томском государственном университете систем управления и радиоэлектроники (далее - Университет) по направлениям подготовки 27.03.05 «Инноватика», 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника», 15.03.06 «Мехатроника и робототехника».

Структура дисциплины «Проектирование цифровых систем управления» предполагает выполнение выполнение студентами самостоятельной работы как по освоению теоретического материала, так и в рамках выполнения лабораторных работ и курсовой работы. Рекомендации по выполнению курсовой работы, в том числе самостоятельно, и по самостоятельной работе студентов в рамках лабораторных работ приведены в соответствующих методических указаниях.

В ходе выполнения самостоятельной работы студентам прививаются навыки работы с учебно-методической документацией, умения увязывать теоретические знания с практикой, четко излагать свои мысли, отвечать на вопросы, оформлять и представлять результаты работы.

Рекомендации подготовлены с целью помочь студентам в успешном освоении дисциплины и прохождении аттестации, давая информацию об ее структуре и оценочных средствах.

2 Разделы и содержание дисциплины

Дисциплина «Проектирование цифровых систем» содержит следующие разделы:

1. Предприятие как система управления:
   Понятие управления. История систем управления. Классификация систем управления. Информация как составляющий элемент производства, её роль в управлении. Типы производств и производственных процессов. Классы систем автоматизированного управления: классификация, определение, задачи. Цели автоматизации производства.
2. Организация проектирования и разработки цифровых АСУ:
   Анализ бизнес-процессов. Сбор требований к автоматизированной системе. Моделирование автоматизированных процессов. Разработка технического задания на автоматизированную систему. Формирование функциональной структуры АСУ. Виды испытаний АСУ. Внедрение АСУ. Выбор дальнейшей судьбы: модернизация или утилизация.
3. Принципы построения и функционирования АСУ:
   Общие принципы автоматического управления. Обобщенная структура АСУ. Функции компонентов системы. Схема информационного обмена. Централизованное и децентрализованное управление. Интеграционные решения.
4. Интерфейсы обмена данными в цифровых системах:
   Принципы обмена данными в цифровых многокомпонентных системах. Синхронный и асинхронный обмен. Модель OSI. Типы данных. Способы адресации. Структура кадра. Дальность связи и скорость передачи данных. Стандартизованные интерфейсы обмена данными.
5. Программируемые логические контроллеры:
   Назначение и функции ПЛК. Обобщенная функциональная схема ПЛК. Модульная архитектура ПЛК. Типы модулей, их характеристики и параметры. Программное обеспечение ПЛК. Пользовательская задача в ПЛК. Особенности программирования ПЛК.
6. Проектирование цифровых автоматов:
   Понятие конечного автомата. Представления конечного автомата (сети Петри, машина Тьюринга). Связь с электронными цифровыми схемами. Виды конечных автоматов. Синтез конечных автоматов. Синхронные и асинхронные автоматы. Явление риска в конечных автоматах.
7. Оформление, представление и согласование результатов проектирования:
   Разработка проектных документов и научно-технических отчетов. Подготовка докладов и презентаций для представления выполненных работ. Согласование документов с заинтересованными лицами. Опубликование результатов работ.

3 Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная проработка лекционного материала направлена на получение навыков работы с конспектом, структурирования материала, а также умения выделить основные пункты и положения, изложенные на лекции. Целесообразно ознакомиться с информацией, представленной в файлах, содержащих презентации лекций, предоставляемых преподавателем. Кроме того, проработка лекционного материала способствует более глубокому пониманию и прочному запоминанию теоретической части дисциплины. Проработка лекционного материала включает деятельность, связанную с изучением рекомендуемых преподавателем источников, в которых отражены основные моменты, затрагиваемые в ходе лекций.

Важное место отведено работе с собственноручно составленным конспектом лекций. При конспектировании во время лекции помните, что не следует записывать все, что говорит и/или демонстрирует лектор: старайтесь выявить главное и записать только это. Цель конспекта – формирование целостного логически выстроенного взгляда на круг вопросов, затрагиваемых в ходе изучения соответствующей темы.

При проработке лекционного материала необходимо: - отработать прослушанную лекцию (прочитать конспект, прочитать дополнительную литературу по аналогичной теме и сопоставить записи с конспектом) и восполнить пробелы в знаниях, если таковые обнаружились; - перед каждой последующей лекцией прочитать предыдущую, чтобы обновить знания для восприятия последующей новой информации.

В ходе изучения дисциплины некоторые из тем курса выносятся исключительно на самостоятельное изучение. Следует обратить внимание на то, что работа по этим темам включает как подбор источников, так и изучение их содержания. В зависимости от особенностей усвоения учебного материала студентами и объема аудиторной работы некоторые из вопросов, рассматриваемые в ходе проведения лекций и лабораторных работ, могут быть также вынесены в формат самостоятельного изучения.

.

4 Терминология дисциплины

Чтобы свободно ориентироваться в материалах дисциплины студенту следует ознакомиться с применяемой терминологией:

- Управление - совокупность процессов, обеспечивающих поддержание системы в заданном состоянии и (или) перевод ее в новое состояние путем выработки и реализации целенаправленных воздействий.
- Системы управления - систематизированный (строго определённый) набор средств для управления подконтрольным объектом (объектом управления): возможность сбора показаний о его состоянии, а также средств воздействия на его поведение, предназначенный для достижения заданных целей.
- Технологические процессы – система взаимосвязанных операций производимых технологическим оборудованием для преобразования предмета труда.
- Производственные процессы – совокупность действий работников и орудий труда, в результате которых сырьё, материалы, полуфабрикаты и комплектующие изделия, поступающие на предприятие, превращаются в готовую продукцию или услугу
- Датчик (сенсор) – устройство, преобразующее измеряемый параметр в электрический сигнал.
- Актуатор (исполнительный механизм) - функциональный элемент системы автоматического управления, который воздействует на объект управления, изменяя поток энергии или материалов, которые поступают на объект.
- Искробезопасный барьер – узел законченной конструкции, удовлетворяющий требованиям, предъявляемым к искробезопасным цепям, служащий барьером между искробезопасными и искроопасными электрическими цепями
- Устройство сбора-передачи данных – микропроцессорное устройство, обеспечивающее опрос группы сенсоров и актуаторов, и передачу данных в диспетчерский пункт по промышленной сети.
- Программируемый логический контроллер - специальная разновидность электронной вычислительной машины, предназначенная для управления технологическим оборудованием, обеспечивающая высокую надежность, простоту программирования и диагностики технологических неисправностей.
- Промышленная сеть (индустриальная сеть, технологическая сеть) – сеть передачи данных, связывающая различные датчики, исполнительные механизмы, промышленные контроллеры и используемая в промышленной автоматизации.
- Сервер ввода-вывода – программная служба, обеспечивающая обмен информацией с устройствами сбора –передачи данных, кэширование текущих значений технологических сигналов и предоставление доступа к ним из пользовательских (клиентских) приложений.
- АРМ – автоматизированное рабочее место - программно-технический комплекс, предназначенный для автоматизации должностных обязанностей пользователя.
- Мнемосхема - наглядное графическое схематическое динамическое изображение управляемого или контролируемого объекта
- Телесигнализация - передача на расстояние дискретной информации о состоянии контролируемого объекта (например, открыто — закрыто, включено — выключено), представление её в виде, наиболее удобном для непосредственного восприятия оператором, и хранения текущего состояния в цифровой базе сервера ввода-вывода.

- Телеуправление - управление на расстоянии с помощью средств телемеханики, передача на расстояние управляющей информации (команд ТУ) и преобразование её в управляющие воздействия на объект управления.
- Телеизмерение - получение информации о значениях измеряемых параметров контролируемых или управляемых объектов методами и средствами телемеханики.
- Метка времени - последовательность символов или закодированной информации, показывающей, когда произошло определённое событие.
- Синхронный обмен данными - способ передачи цифровых данных по последовательному интерфейсу, при котором приёмнику и передатчику известно время передачи данных, то есть, передатчик и приёмник работают синхронно, в такт.
- Асинхронный обмен данными - способ передачи цифровых данных от передатчика к приемнику по последовательному интерфейсу, при котором данные передаются в любой момент времени. При асинхронном обмене процессор заканчивает обмен только тогда, когда устройство-исполнитель подтверждает выполнение операции специальным сигналом (так называемый режим handshake — рукопожатие).
- Конечный автомат - модель дискретного устройства, имеющего один вход, один выход и в каждый момент времени находящегося в одном состоянии из множества возможных.
- Явление риска (явление состязаний) - в цифровых устройствах несоответствия работы данного устройства с заданным алгоритмом работы по причине возникновения переходных процессов в реальной аппаратуре.

.

5 Тестовые вопросы по дисциплине

Тестирование является обязательной частью аттестации по дисциплине, а также важным средством проверки остаточных знаний студентов. Подготовка к тестированию предполагает повторение материала по всем разделам дисциплины. Для тестирования может использоваться следующий перечень вопросов (с вариантами ответов):

1. Каким решениям следует отдавать предпочтение при проектировании систем управления?

а) новейшим разработкам;

б) собственным разработкам;

в) серийным разработкам;

г) уникальным устройствам.

2. Какой принцип управления позволяет использовать упрощенную модель объекта управления?

а) разомкнутое управление;

б) управление по отклонению;

в) управление по возмущению.

3. Что выходит за рамки задач SCADA?

а) сбор данных с датчиков;

б) предоставление пользовательского интерфейса;

в) сохранение истории технологического процесса;

г) формирование производственных заданий персоналу.

4. Укажите программный продукт, который можно использовать для моделирования процессов управления?

а) MATLAB;

б) Excel;

в) Word;

г) Powerpoint.

5. Сколько уровней в модели интерфейса OSI?

а) 4;

б) 5;

в) 6;

г) 7.

6. Что входит в состав исходных данных для проектирования системы управления?

а) нормативные документы;

б) техническая документация на объекты управления;

в) должностные инструкции персонала;

г) все вышеперечисленное.

7. В каком случае система управления называется автоматической?

а) если человек (оператор) непосредственно управляет объектом;

б) если человек управляет объектом с помощью технических средств;

в) если человек управляет объектом с помощью компьютера;

г) если система управляет объектом без участия человека.

8. Какая система управления называется детерминированной?

а) в которой поведение объекта управления можно предсказать в любой момент времени;

б) характеристики которой известны;

в) для которой известны коэффициенты регулятора;

г) для которой заданы все состояния.

9. Что не может быть целью автоматизации производства?

а) защита оборудования от действий персонала

б) получение дополнительной прибыли;
в) повышение уровня безопасности персонала;
г) установка нового технологического оборудования.
10. Какой тип резервирования не применяется для серверов ввода-вывода?
а) холодное;
б) горячее;
в) кластерная система;
г) полное дублирование.
11. Назначение стандарта OPC:
а) подключить аналоговые датчики к цифровым интерфейсам;
б) обеспечить корректное взаимодействие компонентов различных производителей;
в) обеспечить возможность создания систем реального времени;
г) определить правила проектирования систем управления.
12. Главная цель разработки и применения интеграционных решений:
а) обеспечить обмен информацией между разнородными системами;
б) обеспечить дистанционное подключение клиентов;
в) организовать разграничение прав доступа к информации;
г) создание единого информационного пространства предприятия
13. Укажите основные признаки ПЛК:
а) модульная структура;
б) наличие интерфейса RS-232;
в) наличие среды исполнения пользовательских задач;
г) наличие источника бесперебойного питания.
14. Какие требования предъявляются к аппаратному обеспечению сервера ввода-вывода:
а) комплектация источником бесперебойного питания;
б) наличие не менее двух сетевых карт;
в) зеркалирование жесткого диска;
г) объем оперативной памяти не менее 4 ГБ.
15. Какими преимуществами обладают беспроводные сети перед проводными?
а) выше степень защиты от НСД;
б) меньше затрат на монтаж;
в) выше скорость передачи данных;
г) возможность установки на мобильные объекты.
16. В структуру какого модуля ПЛК может не входить процессор?
а) модуль аналогового ввода;
б) модуль питания;
в) коммуникационный модуль;
г) модуль дискретного вывода.
17. Что такое датчик?
а) средство измерения физической величины;
б) устройство, преобразующее измеряемый параметр в электрический сигнал;
в) любое устройство, реагирующее на изменение параметра;
г) устройство, выдающее цифровой сигнал.
18. Какой датчик называется дискретным?
а) имеющий только два состояния;
б) выдающий цифровой сигнал;
в) выдающий сигнал в заданные моменты времени;
г) выдающий сигнал, квантованный по значению.
19. Назначение искробезопасного барьера:
а) снять необходимость сертификации устройств, размещенных в безопасной зоне;

б) ограничить токи в опасной зоне;
в) гальванически разделить опасную и безопасную зоны;
г) устранить возможность возникновения искр в опасной зоне.
20. Какой обмен данными называется асинхронным?
а) в котором транзакция завершается по строб-сигналу;
б) в котором транзакция завершается по времени;
в) в котором транзакция завершается "рукопожатием";
г) в котором не задана скорость передачи информации.

При организации реального тестирования могут быть изменены порядок и количество вариантов ответа, а также формулировки вопросов.

Тестирование может производиться преподавателем в несколько этапов. В этом случае из общего набора выбираются только те вопросы, ответы на которые можно дать на основании уже изученного материала. Проведение итогового тестирования с общим набором вопросов является обязательным этапом аттестации по дисциплине.

Результаты тестирования считаются удовлетворительными, если студент ответил не менее чем на 80% вопросов. Ответ считается верным, если студент выбрал все правильные варианты ответов, и не выбрал ни одного неверного. Если выбран хоть один неверный вариант, или не выбран хотя бы один верный вариант, то ответ на вопрос считается неправильным.

6 Контрольные вопросы

Приведенный ниже перечень вопросов рекомендуется использовать студенту для подготовке к аттестации по дисциплине:

1. Понятие системы. Свойства систем. Управление. Системы управления.
2. Этапы жизненного цикла разработки системы управления. Роль проектирования. Требования к результатам проектирования.
3. Принципы управления. Достоинства и недостатки.
4. Организационно-распорядительная и нормативно-техническая документация объекта.
5. Моделирование процессов управления.
6. Моделирование информационных потоков.
7. Управление требованиями к системе.
8. Назначение Use Case-диаграмм.
9. Функциональная схема системы управления.
10. Формулировка функциональных требований.
11. Визуализация истории технологических процессов.
12. Принципы проектирование пользовательского интерфейса системы управления.
13. Мнемосхемы: назначение, разработка, функции.
14. Типовая схема АСУ ТП
15. Датчики. Исполнительные механизмы. Пересчет значений.
16. Функции регистрации и просмотра событий.
17. Устройства сбора-передачи данных.
18. Программируемые логические контроллеры.
19. Технологические сети. Организация, типы данных, адресация.
20. Структурная схема системы управления.
21. Информация. Сигнал. Виды сигналов. Каналы связи.
22. Вычисление значений технологических параметров.
23. Качество сигнала в методологии OPC.
24. Требование к аппаратному обеспечению серверов.
25. Резервирование серверов.

Список рекомендуемой литературы

1. Трусов, А. В. Проектирование систем управления технологическими процессами и производствами : учебное пособие / А. В. Трусов, А. Б. Петроченков. — Пермь : ПНИПУ, 2006. — 312 с.

2. Захахатнов, В. Г. Технические средства автоматизации: учебное пособие / В. Г. Захахатнов, В. М. Попов, В. А. Афонькина. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 144 с.

3. Ларман, К. Применение UML и шаблонов проектирования. Введение в объектно-ориентированный анализ, проектирование и унифицированный процесс UP : Пер. с англ. / К. Ларман ; ред. пер., пер. А. Ю. Шелестов. - 2-е изд. - М. : Вильямс, 2002. - 619с.

4. Гайдук, А. Р. Анализ и аналитический синтез цифровых систем управления: монография / А. Р. Гайдук, Е. А. Плаксиенко. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 272 с.