

ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
ЛЕКЦИЯ 1  
РЕКОМЕНДУЕМЫЙ СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Теория автоматического управления: Учебник для вузов/ С.Е. Душин, Н.С.Зотов, Д.Х. Имаев и др. – М.: Высшая школа, 2003. – 567 с.
- 2 Изерман Р. Цифровые системы управления /Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 541 с.
- 3 Олсон Г., Пиани Д. Цифровые системы автоматизации и управления. – СПб.: Невский Диалект, 2001. – 557 с.: ил.
- 4 Острем К., Виттенмарк Б. Системы управления с ЭВ/ Пер. с англ. – М.: Мир, 1987. – 480 с., ил.
- 5 Дорф Р, Бишоп Р. Современные системы управления /Пер. с англ. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002. – 832 с
- 6 Крутько П.Д. и др. Алгоритмы и программы проектирования автоматических систем. – М.: Радио и связь, 1988. – 306 с.
- 7 Теория автоматического регулирования.- Часть первая. Под ред. А. А. Воронова. М. : Высшая школа, 1986.
- 9 Методы классической и современной теории автоматического управления. Учебник в пяти томах./Под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2004.
- 10 Теория автоматического регулирования.- Часть вторая. Под ред. А. А. Воронова. М.: Высшая школа, 1986. – 504с.
- 11 Мирошник И.В. Теория автоматического управления. Линейные системы. – СПб.: Питер, 2005. – 336 с.
- 12 Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т.1. Линейные системы. – М.: Физматлит, 2003. – 288 с.
- 13 Ротач В.Я. Теория автоматического управления: Учебник для вузов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 396 с.
- 14 Избранные главы теории автоматического управления. / Б.Р. Андриевский, А.Л. Фрадков – СПб.: Наука, 2000. – 475 с.
- 15 Куо Б. Теория и проектирование цифровых систем управления/Пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1986. – 448 с., ил.
- 16 Поляков К.Ю. Основы теории цифровых систем управления: учеб. пособие; СПбГМТУ. – СПб.: 2006. 161 с.
- 17 В.В. Григорьев, С.В. Быстров и др. Цифровые системы управления: учеб. пособие; СПбГУ ИТМО. – СПб.: 2011. 133 с.
- 18 Дьяконов В. VisSiv + Vathcad + MATLAB. Визуальное математическое моделирование. – М.: СОЛОН – Пресс, 2004. – 384 с.: ил.
- 19 Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов - СПб.: Питер, 2003. - 608 с.: ил.

- 21 Ли Т.Г., Адамс Г.Э., Гейнз У.М. Управление процессами с помощью вычислительных машин. Моделирование и оптимизация. – М.: Советское радио, 1972. – 312 с.
- 22 Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т.2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы: Учебное пособие. – М.: Физматлит, 2004. – 464 с.
- 23 Мирошник Б.Р. Теория автоматического управления. Нелинейные и оптимальные системы. – СПб.: Питер, 2006. – 272 с.
- 24 Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т.1 – М.: Физматлит, 2004.
- 256) Джексон Р.Г. Новейшие датчики - М.: Техносфера, 2007. - 387 с.
- 26) Бронштейн И. Н., Семендяев К. А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов.—13-е изд., исправленное. — М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986.— 544 с.

## 1 ВВЕДЕНИЕ

### 1.1 Применение вычислительной техники в управлении процессами

Наш курс называется "Цифровые системы управления". Термином "цифровые системы" обозначаются системы, в которых для управления объектом управления (ОУ) используются цифровое управляющее устройство. Причем объект может быть любым: непрерывным, периодическим или однократного действия. Важно, что для его управления используются цифровое устройство.

*Итак: Цифровые системы – это системы, в которых для управления объектом управления произвольного вида используется цифровое управляющее устройство.*

Цифровые устройства легко могут производить сложнейшие вычисления и запоминать большой объем данных, и в этом им нет равных в аналоговой технике. Это, наряду со сравнительно небольшой стоимостью цифровой элементной базы (микропроцессоров) определило широкое применение цифровых систем. Они составляют основу современных средств управления. Во многих случаях управления не существует реальной альтернативы для цифровых систем. Поэтому освоение методов анализа и синтеза цифровых систем является необходимым для специалиста по управлению.

Применение цифровых систем вовсе не значит, что все аналоговые методы для них не годятся. Напротив, там широко используются эти методы, и они могут быть основой создания цифровых систем. Однако эти системы имеют ряд особенностей, которые следует учитывать при их создании. К таким особенностям относятся квантование и восстановление сигналов, дискретизация, скрытые колебания и некоторые другие. Кроме того, для цифровых систем развиваются и широко используются современные методы, которые для непрерывных систем совсем не использовались или имели ограниченное применение. Это метод пространства состояний и связанные с ним методы модального управления, методы управления нелинейными объектами, компенсации, адаптивное и оптимальное управление. Эти методы связаны со сложными вычислениями, которые могут выполнять только цифровые устройства. Конечно, чтобы использовать цифровые устройства, нужно аналоговые сигналы преобразовать в цифровые, затем, после вычислений, выполнить обратное преобразование.

*Итак: Основные особенности цифровых систем управления – это квантование и восстановление аналоговых сигналов, дискретизация во времени, возможность выполнения сложных вычислений.*

В данном курсе мы как раз коснемся этих вопросов. Причем мы рассмотрим основные идеи тех или иных построений и методов. Конечно, для рассмотрения будут привлекаться методы математики.

Работа всех цифровых вычислительных устройств в той или иной мере соответствует или архитектуре фон Неймана, или Гарвардской архитектуре, предложенных в пятидесятых годах прошлого столетия. Основными ее принципами являются: двоичное кодирование, адресуемость памяти, принцип последовательного программного управления и принцип жесткой архитектуры.

*Итак: Принципы архитектуры цифровых вычислительных устройств: двоичное кодирование, адресуемость памяти, принцип последовательного программного управления и принцип жесткой архитектуры.*

Этим принципам, в частности, соответствует следующая последовательность работы любого цифрового процессорного устройства: работа с числами в двоичном коде, ввод в память исходных данных, производство над ними вычислительных или иных операций согласно программе, вывод результата. Причем вычислительные операции производятся последовательно, одна за другой. Конечно, в многопроцессорных системах вычисления ведутся параллельно, но в каждом процессоре они по-прежнему выполняются последовательно.

*Итак: все действия в цифровом вычислительном устройстве выполняются последовательно, одно за другим.*

Когда мы используем компьютер в офисе, то результаты нашей работы не зависят от скорости работы этого компьютера, то есть результат будет один и тот же, работаем мы на быстром или медленном компьютере. Разница в том, что этот результат появится быстрее или позже. Другое дело – управляющий компьютер. Здесь сигналы управления нужно подавать в темпе с изменяющейся ситуацией на объекте управления, то есть из-за динамики объекта важно, когда подавать на этот объект сигналы управления. Эта особенность работы очень важна, и такой режим работы получил специальное название – режим реального времени (*real-time-mode "рил тайм моуд"*).

*Итак: Режим реального времени – такой режим, при котором цифровое устройство выдает сигналы управления в определенные моменты времени, согласованные с динамикой объекта управления. Для реализации такого режима управляющее устройство циклически получает данные с объекта, выполняет вычисления, связанные с обработкой данных и в определенные моменты времени выдает управляющие воздействия на объект. Время цикла может быть самым разным, от тысячных долей секунды до десятков минут.*

*Итак: цифровое управляющее устройство циклически получает данные с объекта, выполняет вычисления, связанные с обработкой данных и в определенные моменты времени выдает управляющие воздействия на объект.*

## **1.2. Основные особенности цифровых систем управления.**

Таким образом, основными особенностями цифровых систем, отличающими их от аналоговых систем, следующие:

- 1) алгоритмы управления реализуются в форме программ для цифровых управляющих устройств;
- 2) производится преобразование аналоговых сигналов в цифровые и цифровых в аналоговые;
- 3) обрабатываются только цифровые сигналы, дискретные по времени и амплитуде;

- 4) *все действия в цифровом вычислительном устройстве выполняются последовательно, одно за другим;*
- 4) *сложность применяемых алгоритмов управления практически не ограничивается;*
- 5) *высокая точность реализации алгоритмов управления;*
- 6) *легкость коррекции алгоритмов и перенастройки на другие алгоритмы управления;*
- 7) *более высокая трудоемкость программирования цифровых управляющих устройств;*

### **1.3 Этапы применения цифровой техники для управления**

Несколько слов об истории развития цифровых управляющих устройствах. Совсем недавно (50 лет назад) никто и не думал, что цифровая техника будет играть большую роль в управлении, да и в жизни тоже. До появления ЭВМ управляющая техника и средства отображения информации были аналоговыми. Вычислительные возможности аналоговых устройств были весьма ограничены. Для выполнения вычислительных операций широко использовались пневматические и гидравлические системы, они часто были более надежными, чем электрические. Сейчас пневматические и гидравлические устройства используются в основном в качестве исполнительных механизмов, они по-прежнему часто дешевле и надежнее электрических.

Процесс внедрения ЦВМ можно условно разбить на ряд этапов:

- 1) начальный этап (начало этапа около 1955г);
- 2) прямое цифровое управление (примерно с 1962г)
- 3) период миникомпьютерной техники (около 1967г)
- 4) этап микропроцессорной техники (около 1972)

В процессе развития и совершенствования электроники появились микросхемы, совмещающие в себе все узлы управляющей ЭВМ: память разных видов, вычислитель, АЦП и ЦАП. Их называют "однокристальные микроконтроллеры", или просто "микроконтроллеры". Это – удивительные изделия. Благодаря им стало возможным изготовление интеллектуальных измерительных приборов и исполнительных механизмов в автоматизации. Их сфера применения очень велика. Далеко ходить не нужно – это наши сотовые телефоны, стиральные машины и другая бытовая техника. В промышленности цифровая электроника находит широчайшее применение для управления производством.