

ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

ЛЕКЦИЯ 2

1.4 Перспективы развития цифровых систем контроля и управления

Прогресс в развитии цифровых систем управления определяют четыре фактора:

- 1) технология измерений и измерительные преобразователи;*
- 2) цифровые управляющие устройства;*
- 3) знание динамических свойств объекта управления;*
- 4) теория управления.*

Рассмотрим коротко перспективы развития этих факторов.

Технология измерений и измерительные преобразователи. Измерительные преобразователи играют большую роль в управлении. Это датчики температуры, давления, уровня, расхода, веса, скорости, плотности, состава и других переменных. Часто появление нового датчика открывает новые возможности при создании систем управления. Основные принципы построения таких датчиков (измерительных преобразователей) известны давно. Тем не менее, применение новых технологий придает новое качество известным принципам, в результате могут быть созданы надежные, чувствительные и стабильные приборы. Это, в свою очередь, позволяет создать новые системы автоматизации, недоступные для создания в прошлом и повысить качество управления существующим системам. Примером этому могут служить датчики давления.

Ранее датчики давления имели достаточно большой корпус, который крепился с помощью специальных конструкций и подключался к объекту с помощью отдельных импульсных трубок (можно пояснить рисунком и более подробно – устройство прибора). Сигнал от этого датчика подавался на вторичный прибор – это блок внушительных размеров, и только с этого прибора получался выходной сигнал давления. На блок нужно было подавать напряжение питания 220 В, датчик давления соединялся с блоком как минимум, тремя (пятью) проводами. Сам датчик и прибор нужно было настраивать на специальном стенде. Теперь это – маленький приборчик цилиндрической формы размером 40 на 100 мм, который вкручивается своей резьбой М 20Х1,5 в штуцер, привариваемый к трубопроводу, где нужно измерить давление. К нему подводятся два провода, по которым подается питание от 12 до 36 В, и с этих же проводов снимается измерительная информация в виде токового сигнала 4...20 мА и наложенного на него цифрового сигнала по HART-протоколу. По этому же цифровому каналу можно дистанционно настраивать ноль, изменять диапазон измерения и выполнять другие действия.

Другой пример: создание чувствительных датчиков радиоактивного и рентгеновского излучения позволило использовать весьма слабые источники исходного излучения и обезопасить такие приборы для человека. Это обеспечило широкое распространение подобных приборов и позволило создать системы управления составом, плотности и других полезных переменных.

Следующий пример – вихревой расходомер для газов и жидкостей без сужающего устройства. Его принцип действия заключается в следующем. В измерительный трубопровод помещены тело обтекания и датчик давления. Когда жидкость огибает тело обтекания, на каждой из его граней поочередно формируются и срываются вихри. Частота появления этих вихрей пропорциональна скорости потока и, следовательно, пропорциональна объемному расходу. Срываясь с тела обтекания, каждый из вихрей создает локальную область низкого давления. Эти колебания давления воспринимаются (детектируются) емкостным датчиком (сенсором) и передается на электронику

расходомера. Для этого прибора нужен очень чувствительный датчик давления, который стало возможным сделать в последнее время.

И, наконец последний пример. Это датчики рН-метров типа CPS491D немецкой фирмы Endress+Hauser (Эндресс+Наузер). Эти датчики небольших размеров используют, во-первых, полевой транзистор для измерения электрического потенциала границе: раствор – электрод, электродом служит затвор полевого транзистора. Это позволило значительно повысить точность измерения. Во-вторых, в датчик вмонтирована микропроцессорная система, которая обрабатывает сигнал от полевого транзистора и передает его в цифровой форме на внешние приборы. Система также запоминает в своей памяти историю работы датчика. Это облегчило обслуживание системы измерения рН. Ранее каждый датчик перед применением нужно было индивидуально калибровать. Сейчас же достаточно просто заменить датчик, и измерительная система готова к работе. В третьих, этот датчик совершенно гальванически изолирован от внешних цепей. Это достигнуто благодаря индуктивной передачи энергии питания и цифровой передачи информации опять же через индуктивную связь. Это сильно повысило надежность прибора. Кто работал с рН-метрами, знает, что в обычном исполнении это – очень высокоомные и поэтому капризные приборы, сопротивление изоляции в них должно составлять десятки и сотни гигаом. Данный же датчик можно полностью поместить в воду, и он будет нормально работать. Подобный ряд примеров можно продолжить.

Создание таких замечательных проборов стало возможным благодаря развитию электроники. Электроника вносит существенный вклад в развитие приборостроения. В современном датчике многие промежуточные преобразования производятся в цифровом виде. Это позволило выполнять в датчике сложные вычисления, производить дистанционную настройку таких датчиков и наделять их свойствами самодиагностики и самоприспособления к условиям работы. Такие датчики называются интеллектуальными, или "умными" приборами.

Итак: Применение микроэлектроники и современных технологий позволило создать компактные, высоконадежные и удобные для применения измерительные преобразователи (датчики) технологических переменных.

Цифровые управляющие устройства. Как известно, цифровые устройств управления за последнее время значительно усовершенствовались. Современные цифровые управляющие устройства обладают характеристиками, о которых и не мечтали ранее. Это касается скорости вычислений, объема памяти всех видов, цифровых и аналоговых средств связи с объектом, средств отображения информации, надежности и габаритов.

Очень многие фирмы выпускают комплекты цифровых управляющих устройств разного назначения и уровня от простых цифровых регуляторов до сложных управляющих комплексов. Широко известна продукция фирмы Siemens, комплект Дельта-Ви фирмы Эмерсон, Мицубиши, Шнайдер Электрик и многие другие. Можно назвать...

Знание динамических свойств объекта управления. Еще на первом этапе применения ЦВМ в промышленности стала ясной актуальность построения математических моделей процессов. Дело в том, что цифровые системы способны производить сложные, практически любые вычисления с большими массивами данных. Это значит, что является эффективным более глубокие знания закономерностей поведения объектов с тем, чтобы более точно предсказывать их поведение и, следовательно, точнее вести управление. Иными словами, является эффективным построение более сложных математических моделей объектов управления.

Итак: Из-за возможности сложных вычислений цифровыми системами является эффективным создание более точных математических моделей поведения объектов управления и реализация более сложных законов управления.

За время применения ЦВМ теория и практика построения математических моделей получила значительное развитие. Это аналитические и экспериментальные методы, теория экспериментов, методы параметрической идентификации, спектральный анализ и другие методы построения математических моделей процессов. Развитию этих методов способствует легкость накопления информации в системе, оснащенной ЭВМ. Легкость перехода от одного алгоритма к другому в цифровой системе позволяет оснастить объект техническими средствами управления, не имея математической модели объекта и его алгоритма управления. Затем можно, накапливая экспериментальные данные, построить такую модель и управляющий алгоритм. Полученный алгоритм реализуется на той же ЭВМ путем изменения ее программного обеспечения. Конечно, всякое усложнение математической модели должно быть экономически и технически оправданным. Например, нестационарность объектов управления может «свести на нет» усложнение модели и приведет к излишним затратам на ее создание.

Эта тема, как и многие разделы теории управления, неисчерпаема и продолжает активно развиваться.

Теория управления. Одним из преимуществ цифровых систем управления, как об этом уже говорилось, является возможность реализации сложных законов управления. Это весьма сильно стимулирует развитие теории управления. Соблазнительно синтезировать совершенный, пусть даже сложный алгоритм, учитывающий основные тонкости поведения динамического объекта. Становится возможным создание алгоритмов управления сложными многомерными объектами с несколькими управляемыми переменными. Но здесь также следует учесть нестационарность объектов. То есть создаваемые алгоритмы должны обеспечивать робастность системе управления и требовать минимальных затрат на настройку на процесс.

Цифровые системы управления по своей природе являются дискретными, поэтому наиболее точным будет применение теории дискретных систем. Однако управляем мы непрерывным объектом, поэтому при малом периоде дискретизации цифровые системы ведут себя, как непрерывные системы. Это открывает возможность применения привычных методов синтеза непрерывных систем. Поэтому при синтезе цифровых систем нашли применение два подхода: применение теории непрерывных систем и применение теории цифровых, то есть дискретных систем.

Итак: При синтезе цифровых систем управления используется два подхода: применение теории непрерывных систем и применение теории дискретных систем.

При первом подходе синтезируется алгоритм управляющего устройства непрерывного вида, он может быть достаточно сложным. При этом используются методы теории непрерывных систем. Эти методы достаточно хорошо развиты и многократно опробованы. Затем непрерывный алгоритм переводится в дискретную форму и реализуется на цифровом управляющем устройстве.

Итак: При синтезе цифровых систем управления непрерывными методами сначала синтезируется непрерывный алгоритм управления, затем производится его дискретизация.

Преимущество – применяются хорошо разработанные методы синтеза непрерывных систем.

При этом нужно, чтобы процессы управления в цифровой системе не сильно отличались от процессов исходной непрерывной системы. Для этого частота дискретизации управляющего контроллера должен быть достаточно большой. Это предъявляет повышенные требования к быстродействию этого контроллера, что является недостатком данного подхода.

Итак: *недостаток – повышенная частота дискретизации управляющего контроллера.* Современная электронная промышленность выпускает быстродействующие цифровые устройства, поэтому при управлении сравнительно инерционных объектов этот недостаток несущественен.

При втором подходе система сразу рассматривается, как дискретная, и все преобразования производятся в дискретной форме. При этом высокое качество управления достигается при более низкой частоте дискретизации. Пример тому – так называемое аperiodическое управление, когда цель регулирования достигается за небольшое число тактов управления. Однако для достижения такого качества нужно знать особенности дискретных систем и объектов управления, использовать специальные методы проектирования. Несмотря на имеющиеся проработки, общей теории таких систем пока нет.

Итак: *Преимущество синтеза цифровых систем дискретными методами в возможности получения заданного качества управления при более низкой частоте дискретизации.*

Недостаток – *в отсутствии общей теории синтеза таких систем.*

В настоящее время используется в основном синтез цифровых систем управления непрерывными методами, но активно развивается теория дискретных систем.

В теории как непрерывных, так и дискретных систем до сих пор остаются нерешенными важные вопросы, это теория робастных, многомерных, нелинейных, самонастраивающихся, оптимальных и ряда других систем.

Таким образом, развитие теории синтеза цифровых систем является актуальной до настоящего времени.

2 СТРУКТУРА ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Цифровую систему управления можно рассматривать с разных позиций. В зависимости от этого будем иметь разные структуры этой системы.

2.1 Техническая структура распределенной цифровой системы управления

В первую очередь рассмотрим такую систему с точки зрения ее технической реализации. Сейчас, как известно, используются распределенные системы управления. Структура такой системы подобна структуре самого объекта управления. Данный ОУ или его функциональная часть оснащается группой датчиков, исполнительных устройств и связанного с ними управляющим контроллером. Эта группа устройств обслуживают данную часть ОУ и обладают значительной автономностью работы. В тоже время все группы посредством серверов связаны через цифровую сеть с вышестоящим уровнем управления.

Таким образом, *распределенная система управления – это система, состоящая из множества автономных подсистем, разнесенных в пространстве и взаимодействующих между собой для выполнения общей задачи.* Достаточно общая структура распределенной структуры управления показана на рисунке 2.1, одна из возможных структур - на рисунке 2.2.

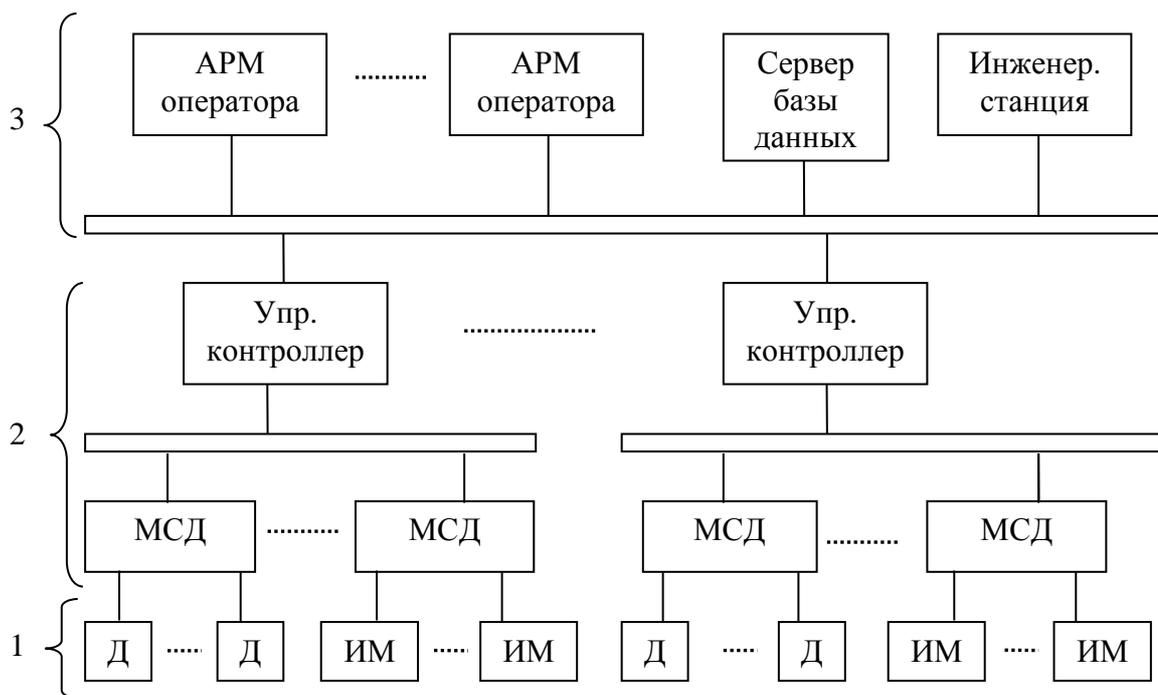


Рисунок 2.1 – Типовая техническая структура РСУ.

АРМ – автоматизированное рабочее место; Упр. – управляющий; МСД – модуль сбора данных; Д – датчик, ИМ – исполнительный механизм.

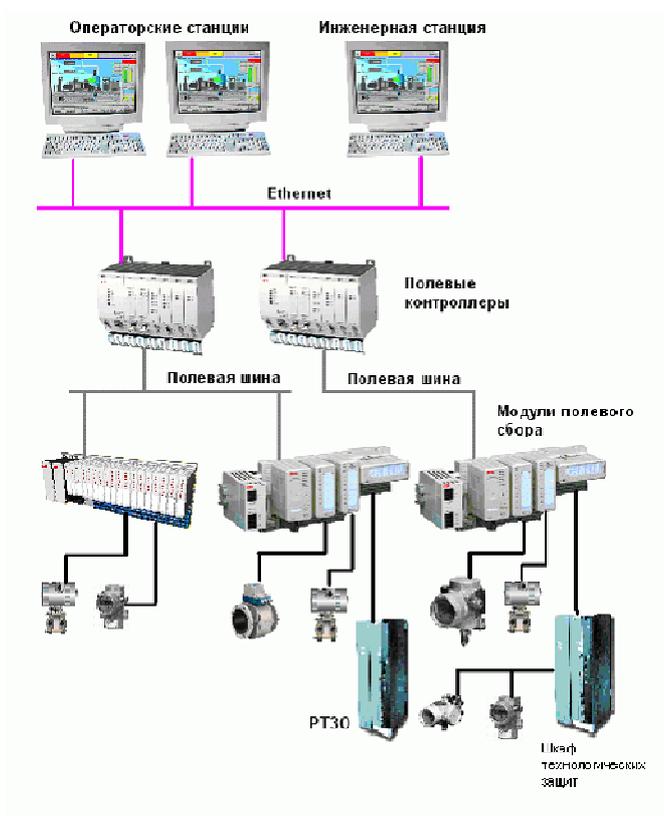


Рисунок 2.2 – Пример технической структуры распределенной цифровой системы управления

Здесь система управления представлена в виде нескольких уровней. Напомним эти уровни.

Нулевой уровень. Как видно, внизу расположен объект управления (ОУ), с ним мы ничего не делаем.

Первый уровень. Здесь расположены датчики технологических переменных объекта D_i и исполнительные механизмы $ИМ_i$, реализующие управляющие воздействия. Эти устройства имеют на своем входе-выходе аналоговый или цифровой сигнал, или то и другое. Здесь же могут быть расположены модули полевого сбора данных, воспринимающие сигналы от датчиков и формирующие сигналы управления ИМ. Эти модули позволяют осуществить цифровую связь между датчиками, ИМ и удаленными контроллерами. Рассмотренные устройства составляют первый уровень системы управления.

Полевая шина. Цифровые сигналы датчиков и исполнительных механизмов объединяются в общую сеть передачи цифровых сигналов. Эта сеть называется "промышленная сеть", или fieldbus (переводится: полевая шина). Итак: *Сети, обеспечивающие информационные потоки между датчиками, исполнительными механизмами, модулями сбора данных и контроллерами, называются «промышленные сети» (FieldBus, полевая шина).*

Второй уровень. Аналоговые и цифровые сигналы поступают на управляющий контроллер, на его блок, который называется "устройство связи с объектом" (используется сокращение – УСО). Эти контроллеры составляют второй уровень управления.

Контроллер, помимо УСО, содержит микропроцессорный вычислитель и другие узлы и модули. В частности, контроллеры могут оснащаться дисплеями и клавиатурами в промышленном исполнении, достаточные для отображения параметров и настройки системы, а также эксплуатации низовых систем регулирования при отказе вышестоящих систем или линий связи.

На третьем, верхнем уровне находятся рабочая станция оператора-технолога. Это, как правило, персональный компьютер в обычном или промышленном исполнении. Компьютер обменивается с управляющим контроллером информацией по цифровой сети, обычно это сеть Изернет (Ethernet) (семейство технологий пакетной передачи данных между устройствами для компьютерных и промышленных сетей). На мониторе компьютера отображается информация о ходе технологического процесса в удобном виде. Это мнемосхемы с изображением оборудования и параметров состояния этого оборудования, графики изменения параметров во времени (их еще называют "тренды"), таблицы показателей процесса за час, смену, сутки, месяц и другие формы. Диспетчер имеет возможность вмешаться в ход процесса путем дистанционного включения и отключения оборудования, изменения положения регулирующих органов и выполнять другие действия.

Технические средства ЦСУ мы в данном курсе рассматривать не будем.

2.2 Информационная структура системы управления

Теперь рассмотрим структуру этой же системы с информационной точки зрения. Общая структура системы управления (любой, не только цифровой) показана на рисунке 2.2.

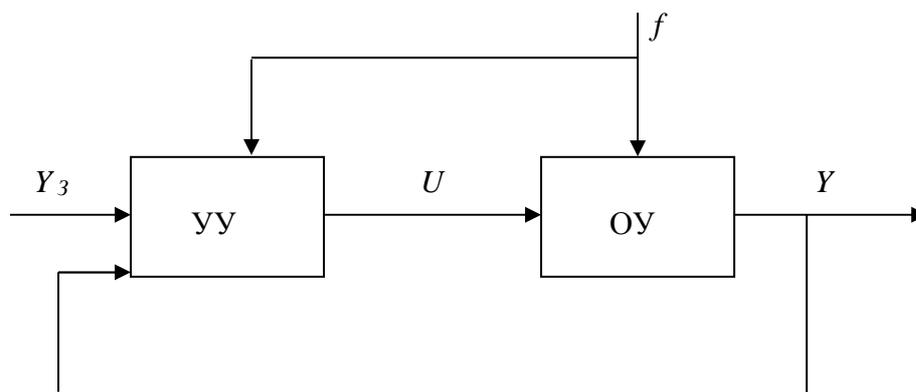


Рисунок 2.3 – Информационная структура системы управления

ОУ – объект управления; УУ – устройство управления;

Y_z – инструкция, или предписание о том, какой должна быть переменная Y ;

Y – фактическое состояние объекта управления;

U – управляющее воздействие объекта управления;

f – отражает влияние внешней среды.

Эта схема у нас уже была и должна быть Вам известна, она не требует пояснений. Отметим, что здесь реализованы все принципы управления. На рисунке 2.3 все переменные в общем случае – векторные величины. То есть каждая переменная может обозначать несколько однотипных переменных. Например, когда мы управляем автомобилем, то U может означать угол поворота руля α , положение педали газа β , положение педали тормоза γ , состояние коробки передач δ . Это записывается так

$$U = \begin{bmatrix} \alpha \\ \beta \\ \gamma \\ \delta \end{bmatrix}. \quad (2.1)$$

Аналогичным образом могут записываться и другие переменные.

Напомним, что особенностью системы на рисунке 2.3. прежде всего является то, что объект управления обладает инерционностью. Это значит, что этот объект, а также и устройство управления являются с информационной точки зрения динамическими преобразователями. То есть их выходные переменные зависят не только от текущих значений входных переменных, но и от значений всех переменных (входных и выходных) в предыдущее время. Иными словами, эти элементы обладают памятью. Это придает системе специфические свойства: реакция на входные воздействия может запаздывать и быть растянута во времени, система может самопроизвольно раскачиваться и вообще потерять устойчивость. Такие свойства требуют для расчета системы управления применение адекватного математического аппарата. Итак: *Особенностью систем управления является их динамические свойства, которые могут сделать их неработоспособными.*