

# ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

## ЛЕКЦИЯ 3

### 2.3 Функциональная структура цифровой системы управления

Теперь рассмотрим особенности функционирования цифровых систем управления. Простейшую структуру цифровой системы регулирования можно представить так, как показано на рисунке 2.4. Простота заключается в том, что система имеет одно цифровое управляющее устройство. Мы рассмотрим особенности цифровых систем на этом примере, нам это проще сделать. Сложные структуры имеют те же особенности, что и простая система, но эти особенности сочетаются сложным образом. Итак, рассмотрим рисунок 2.4.

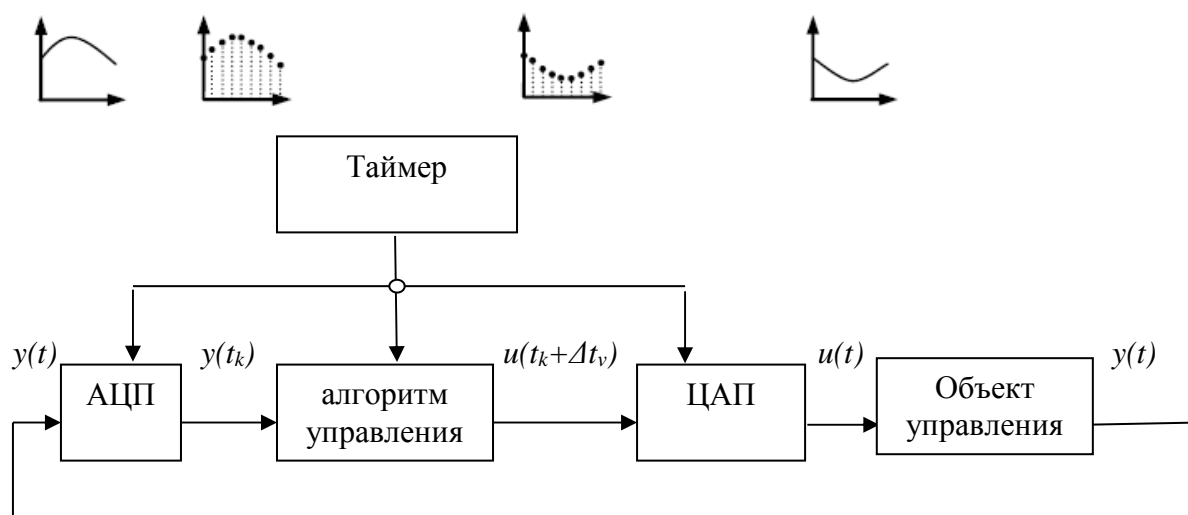


Рисунок 2.4. Функциональная структура цифровой системы управления. АЦП – аналого-цифровой преобразователь; ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь; Ф – фиксатор сигнала управления; ОУ – объект управления.

$y(t)$  – аналоговая регулируемая переменная ОУ;

$y(t_k)$  – регулируемая переменная ОУ в цифровом виде;

$u(t_k + \Delta t_v)$  – управляющее воздействие в цифровом виде;

$u(t)$  – аналоговое управляющее воздействие на входе ОУ;

$t$  – текущее время;

$t_k$  –  $k$ -й момент времени;

$\Delta t_v$  – время вычисления управляющего воздействия.

Как видно, в системе фигурируют как непрерывно изменяющиеся величины, так и дискретные цифровые сигналы. Работой системы управляет таймер. Таймер выдаёт сигналы, по которым начинают работать другие элементы. Отметим, что дискретные цифровые сигналы  $y(t_k)$  и  $u(t_k + \Delta t_v)$  появляются только в фиксированные моменты времени. Их значения между этими моментами не определено, нам они не требуются (не нужны) по принципу работы цифрового управляющего устройства. Однако в ОУ все переменные определены в любой момент времени.

Система работает следующим образом. Непрерывно изменяющаяся регулируемая переменная  $y(t)$  аналого-цифровым преобразователем (АЦП) в фиксированные моменты времени  $t_k$  (по сигналу таймера) преобразуется в цифровой сигнал  $y(t_k)$ . Заметим, что при преобразовании происходит дискретизация непрерывной переменной, как по времени, так и по амплитуде (уровню).

Далее микропроцессорный контроллер производит вычисление управляющего воздействия и выдает его на цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП). Контроллеру нужно некоторое время для вычисления управления, поэтому сигнал управления появляется на входе ЦАП через время  $\Delta t_v$  после момента АЦП преобразования. Это время для повышения качества регулирования нужно уменьшать, поэтому алгоритм вычисления должен максимально быстро вычислить и выдать управление, затем производить другие вычисления. Обычно время  $\Delta t_v$  невелико, поэтому в дальнейшем считаем  $\Delta t_v=0$ .

Время между соседними вычислениями управляющих воздействий  $u(t_k)$  называется периодом дискретизации, или тактом квантования.

ЦАП в момент времени  $t_k + \Delta t_v$  формирует на своем выходе аналоговый сигнал управления. Поскольку на входе объекта нужен непрерывный сигнал, сигнал управления необходимо удерживать в течение времени между соседними вычислениями управляющих воздействий  $u(t_k)$  (в течение такта квантования). Элемент, производящий такое удержание, называется "фиксатор", или «экстраполятор». Экстраполяция – это прогнозирование значения переменной за пределами ее измерения. Сигнал, вычисленный на начало такта управления, удерживается в течение всего такта, как бы предсказывая (прогнозируя) значение сигнала за время такта, поэтому устройство удержания называется экстраполятором. На схеме рисунка 2.4 принято, что фиксатор входит в состав ЦАП. В итоге на выходе ЦАП будет аналоговый сигнал  $u(t)$ , но изменяться он будет ступенчато. Экстраполятор является динамическим элементом, эта динамика дополняется к объекту и должна учитываться при расчете систем управления. Что это за динамика, мы рассмотрим позже.

Из описания работы цифровой системы регулирования следует, что управляющие воздействия вычисляются и обновляются один раз за такт управления, между тактами с точки зрения управления с объектом ничего не делается и ОУ предоставлен самому себе. Эта значит, что система в период между соседними вычислениями управляющих воздействий  $u(t_k)$  разомкнута. Итак: *система в период между соседними вычислениями управляющих воздействий  $u(t_k)$  разомкнута*. Следовательно, длительность такта квантования должна быть согласована с инерционностью объекта управления. Слишком большая длительность может снизить качество управления (система то разомкнута!), слишком малая "напрягает" устройство управления и потребует применения более быстрой, следовательно, и более дорогой вычислительной техники.

Наличие в системе управления непрерывных и дискретных сигналов сильно затрудняет ее полное описание и исследование. Полное – это когда поведение системы определено в любой момент времени, не только в моменты квантования. Однако в большинстве случаев, когда длительность такта квантования согласована с инерционностью объекта, можно ограничиться описанием системы только в моменты квантования. В этом случае сигналы выделяются только в дискретные моменты времени. Между декретами, как мы уже говорили, поведение системы не определено. Такие системы называются системами дискретного времени, или дискретными системами. В дальнейшем мы будем рассматривать или только непрерывные, или дискретные системы, но не их сочетание. Конечно, в дискретной системе будет и непрерывная часть, но мы будем рассматривать ее переменные только в дискретные моменты времени.

В непрерывных системах динамические процессы описываются дифференциальными уравнениями. Но эти уравнения не годятся для описания работы дискретных систем, так как время в дискретных системах изменяется скачком, и в них фигурируют последовательности чисел. Как же описать в этих уравнениях динамику процессов? Ясно, что для этого в вычислениях на данном такте нужно использовать значения сигналов на предыдущих тактах. Уравнения, в которых используются эти значения, называются разностными уравнениями. Разностные, потому, что в них явно или неявно используются

разности значений переменных в соседних тактах. Такие разности являются аналогами дифференциалов в дифференциальных уравнениях. Что такое разностные уравнения, мы с Вами рассмотрим позже.

Итак: *дискретные системы представляют поведение системы только в дискретные моменты времени, они описываются разностными уравнениями.*

Часть контроллеров уже имеют программные средства, преобразующие непрерывные сигналы в дискретные. В этом случае исходные данные для регулятора представляются в виде непрерывных уравнений. Таким образом, необходимо уметь разрабатывать как непрерывные, так и дискретные регуляторы.

Для расчета и исследования систем используются математические методы. Известно, что наиболее развиты методы описания и расчета линейных стационарных систем с сосредоточенными параметрами. Для нелинейных систем нет общих методов, есть только отдельные направления, в которых используются методы линейных систем. Поэтому рассмотрим основы описания сигналов и линейных стационарных систем с сосредоточенными параметрами в непрерывном и дискретном времени. Материал, касающийся непрерывных сигналов и систем студенту частично известен, но полезно вспомнить, что известно и дополнить его тем, что неизвестно для того, чтобы легче воспринять описание дискретных сигналов и систем, а это описание вовсе не простое!