ЦИФРОВЫЕ АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АППАРАТ ИХ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цифровые системы автоматического управления

Литература

- **Бесекерский В.А.,** Цифровые автоматические системы, М.: Наука, 1976.
- Микропроцессорные системы автоматического управления // **Бесекерский В.А. и др**., Л.: Машиностроение, 1989.

Структура курса

- Лекции -16 часов
- Практические занятия- 16 часов
- Лабораторные занятия – 16 часов
- Экзамен
- Курсовая работа
- Количество практических и лабораторных работ - 7 шт

1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**Итог по разделам**	**Экзамен**	**Итог**
7	7	8	8	10	10	10	60	40	100

Содержание КР

Введение

1. Преобразование структурной схемы ЦСАУ
2. Анализ устойчивости ЦСАУ
3. Анализ переходных процессов ЦСАУ
4. Анализ ЛАЧХ
5. Построение желаемой ЛАЧХ и ЛАЧХ корректирующего устройства
6. Расчет корректирующего устройства

Заключение

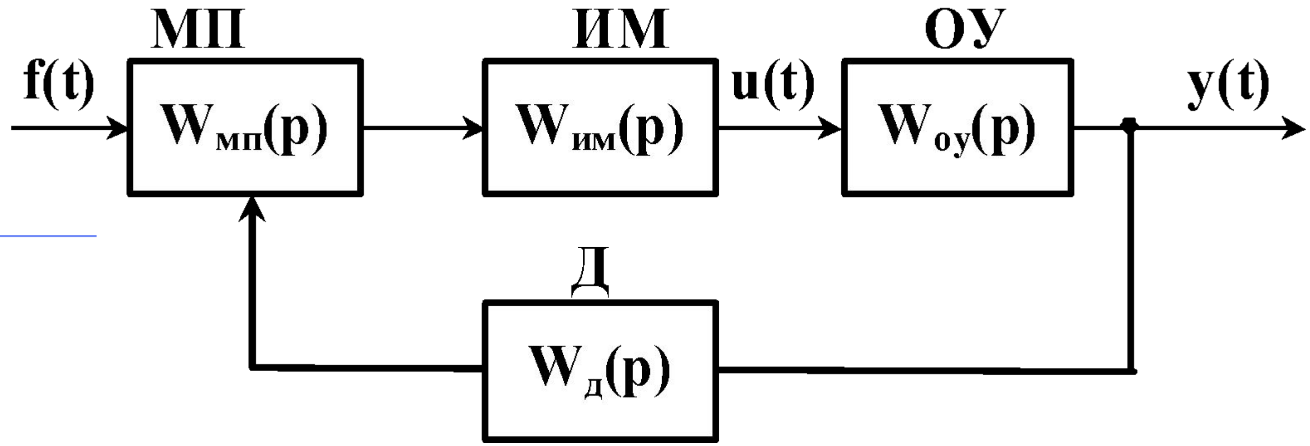
Сроки выполнения КР

1. 30% – 1-2п. – 01.03
2. 60% – 3-4п. – 09.03
3. 90% – 5-6п. – 15.03
4. Сдача готовой КР – 22.03 – 30.03
5. Защита КР – 29.03 – 06.04

Балл за КР – 100.

За невыполнение сроков (за каждый раздел) на 1 неделю «-10»

За невыполнение сроков (за каждый раздел) на 2 недели «-20»



- ОУ - объект управления
- ИМ - исполнительный механизм
- Д - датчик
- передаточные функции:

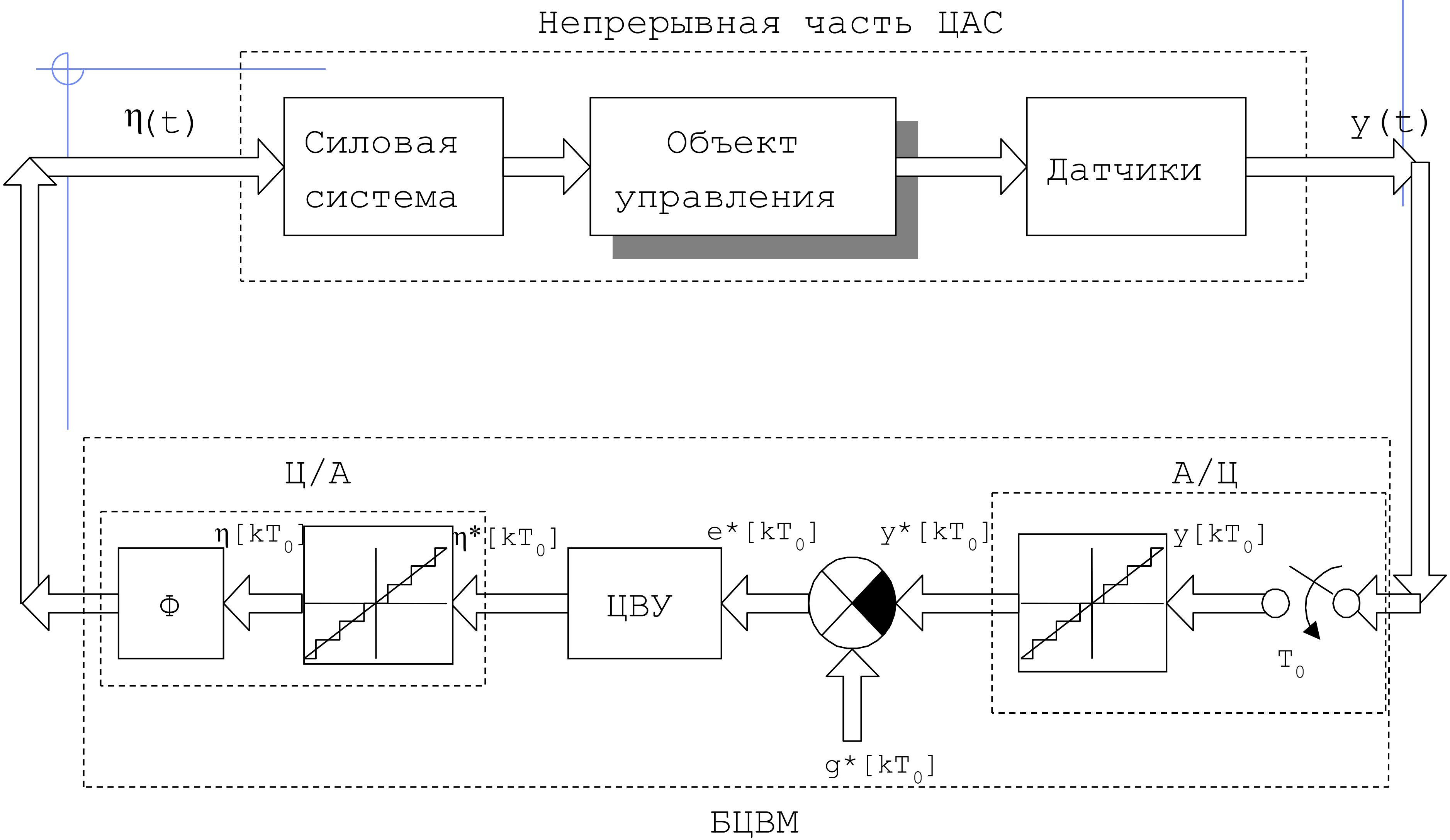
$$W_{оу}(p) = \frac{K_1}{T_1 p + 1}$$

$$W_{Д}(p) = \frac{K_2}{T_2 p + 1}$$

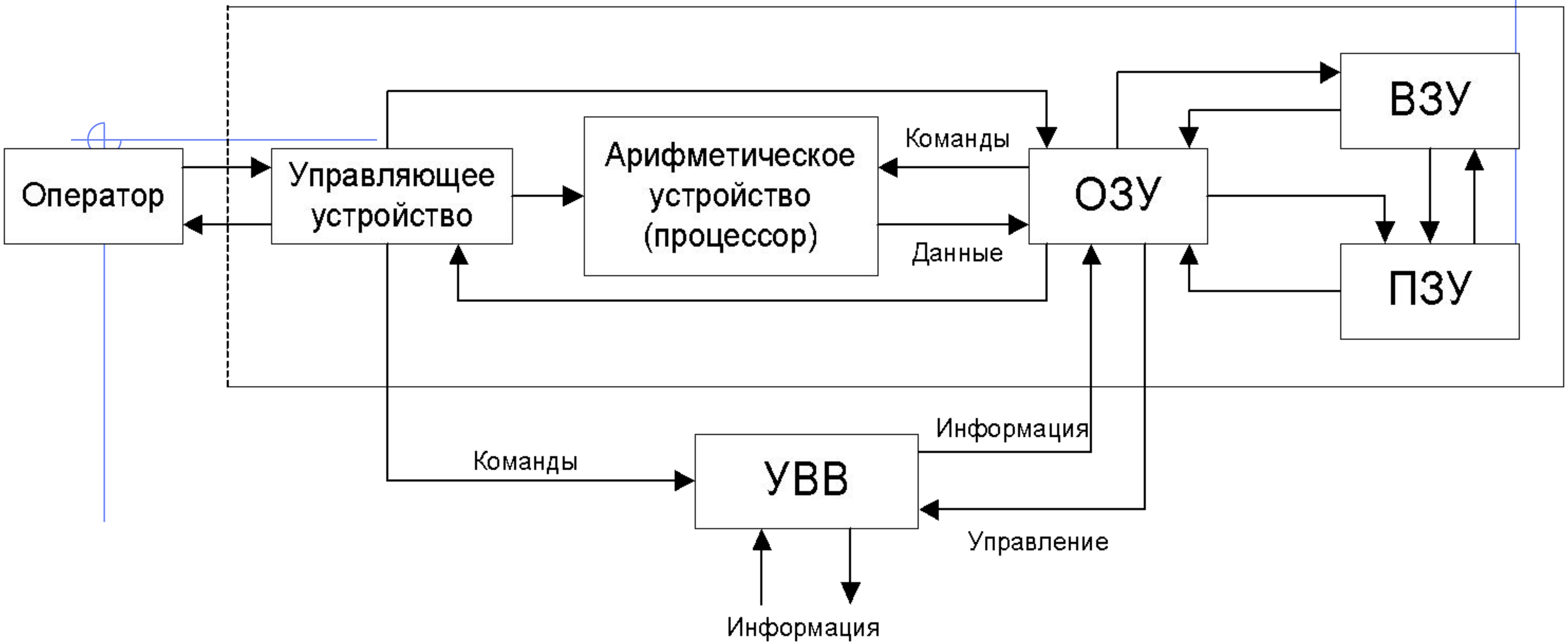
$$W_{ИМ}(p) = \frac{K_3}{T_3 p + 1}$$

№	Параметры						№	Параметры					
	$К_1$	$К_2$	$К_3$	$Т_1$	$Т_2$	$Т_3$		$К_1$	$К_2$	$К_3$	$Т_1$	$Т_2$	$Т_3$
1	1,0	0,2	2,0	0,4	0,2	0,07	11	0,9	0,6	2,4	0,7	0,5	0,05
2	1,2	0,4	1,8	0,4	0,4	0,04	12	0,8	0,4	2,1	0,6	0,3	0,03
3	1,0	0,6	2,0	0,5	0,6	0,05	13	1,1	0,4	2,0	0,6	0,2	0,02
4	1,2	0,3	1,9	0,3	0,4	0,03	14	1,0	0,3	1,9	0,4	0,1	0,01
5	1,1	0,2	2,3	0,4	0,3	0,04	15	1,2	0,6	2,3	0,5	0,1	0,01
6	1,4	0,4	2,0	0,6	0,4	0,06	16	1,4	0,1	1,8	0,5	0,7	0,07
7	1,0	0,5	2,3	0,6	0,8	0,06	17	1,3	0,3	2,1	0,5	0,4	0,04
8	1,0	0,3	1,9	0,1	0,5	0,01	18	1,2	0,1	2,0	0,4	0,8	0,08
9	1,4	0,5	2,2	0,2	0,3	0,02	19	1,3	0,5	2,4	0,8	0,2	0,02
10	1,5	0,2	1,5	0,3	0,1	0,03	20	1,5	0,2	2,1	0,8	0,6	0,06

Обобщенная схема ЦАС



Цифровое вычислительное устройство



- Если периоды T_{0i} повторения решений в БЦВМ алгоритмов, соответствующих i-му каналу управления можно считать постоянными, то такие системы – *периодические ЦАС.*
- Если интервалы T_{0i} повторения обслуживании оказываются случайными величинами – *непериодические ЦАС*

Особенности цифровых систем

Достоинства

- реализация сложных нелинейные алгоритмов управления, оптимизирующих работу системы по различным критериям качества;
- получение информации, необходимой для построения высокоточных, быстродействующих и надежных автоматических систем;
- гибкость, простота перестройки алгоритма управления.

Недостатки

- между моментами квантования система фактически не управляется, это может привести к потере устойчивости;
- возникновение нежелательных побочных эффектов;
- Дискретизация сигналов приводит к появлению явлений, которые не могут возникнуть в непрерывных системах.

Методы исследования цифровых систем

1) методы, основанные на приближенном сведении цифровой системы к чисто непрерывной системе, при этом игнорируются все процессы, связанные с квантованием и наличием цифровых элементов;
2) методы, которые сводятся к исследованию дискретной модели цифровой системы, при этом рассматриваются только значения сигналов в моменты квантования и игнорируются все процессы между этими моментами;
3) точные методы исследования, при которых цифровая система рассматривается в непрерывном времени без каких-либо упрощений и аппроксимаций.

Этапы преобразования непрерывного сигнала y(t) в цифровой код

1. квантование по времени,
2. квантование по уровню
3. кодирование.

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ НЕПРЕРЫВНЫХ СИГНАЛОВ В ЦИФРОВОЙ КОД. КВАНТОВАНИЕ ПО ВРЕМЕНИ И УРОВНЮ

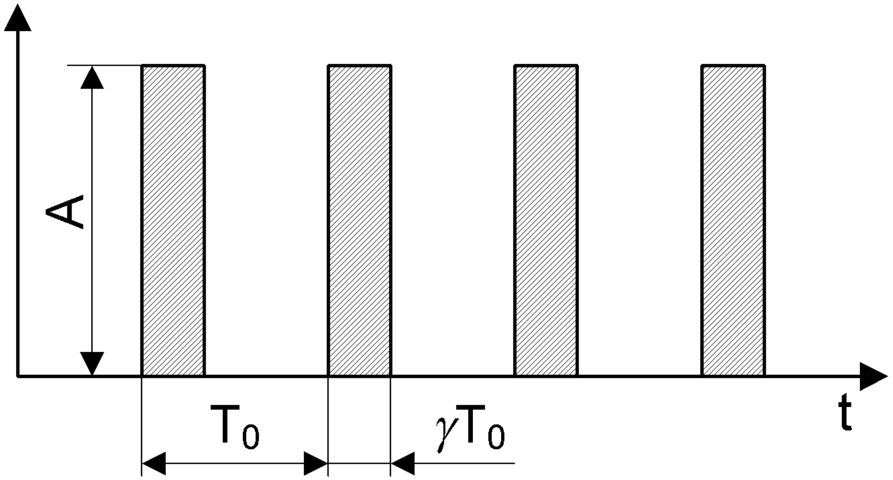
Квантование по времени –

фиксация мгновенных значений непрерывно изменяющейся функции *y(t)* в дискретные моменты времени kT_0 (k=0, 1, 2, ...— дискретное время, To—период дискретности по времени).

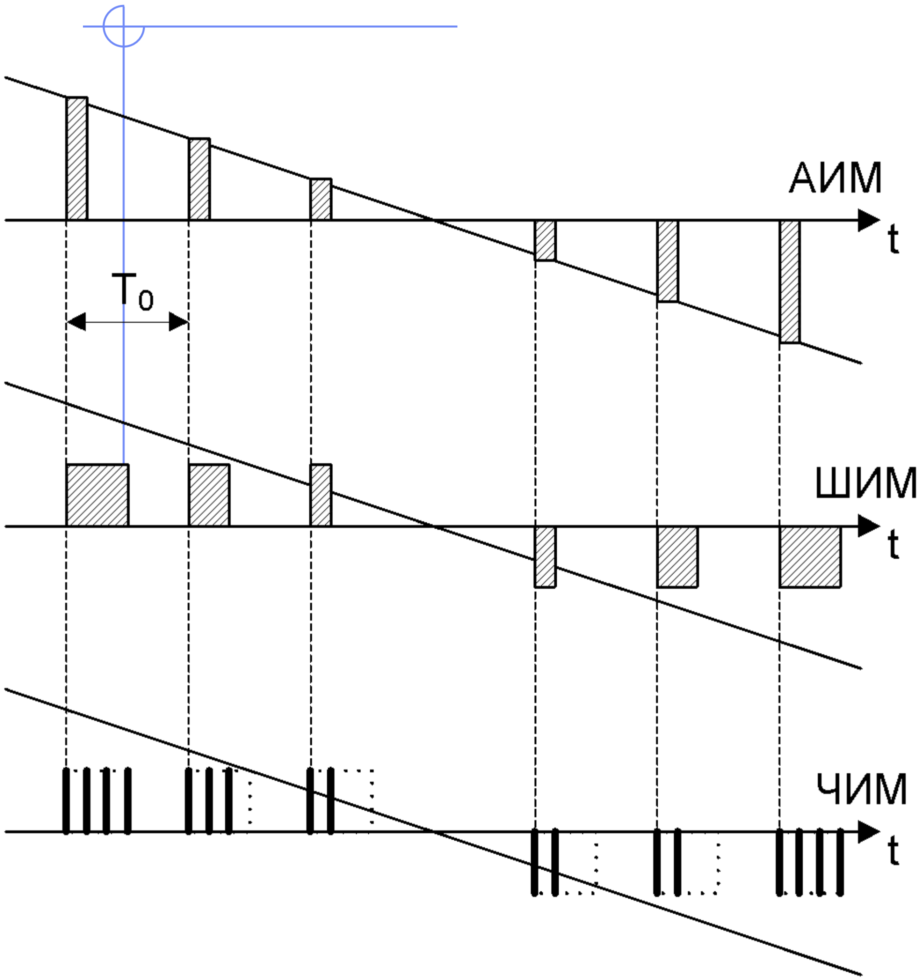
Параметры немодулированной последовательности импульсов:

- A – высота или амплитуда импульса,
- γT_0 – длительность или ширина импульса
- T_0 – расстояние между импульсами или период повторения

y(t), определяющая закон модуляции, называется *модулирующей величиной*



Виды модуляции

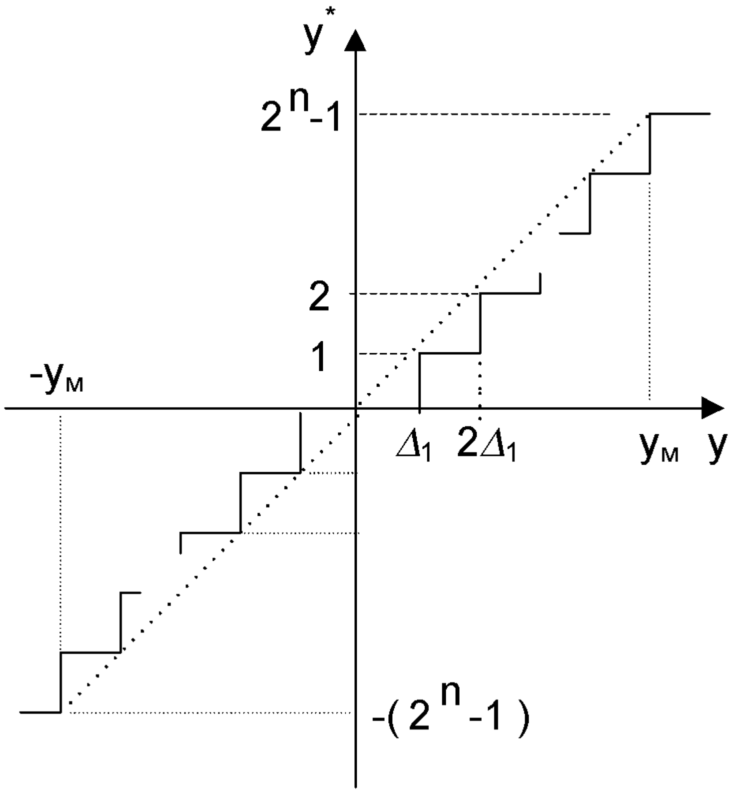


- амплитудно-импульсная модуляция — варьируется высота *A;*
- широтно-импульсная модуляция — варьируется параметр γ;
- частотно-импульсная модуляция — варьируется временной параметр последовательности импульсов

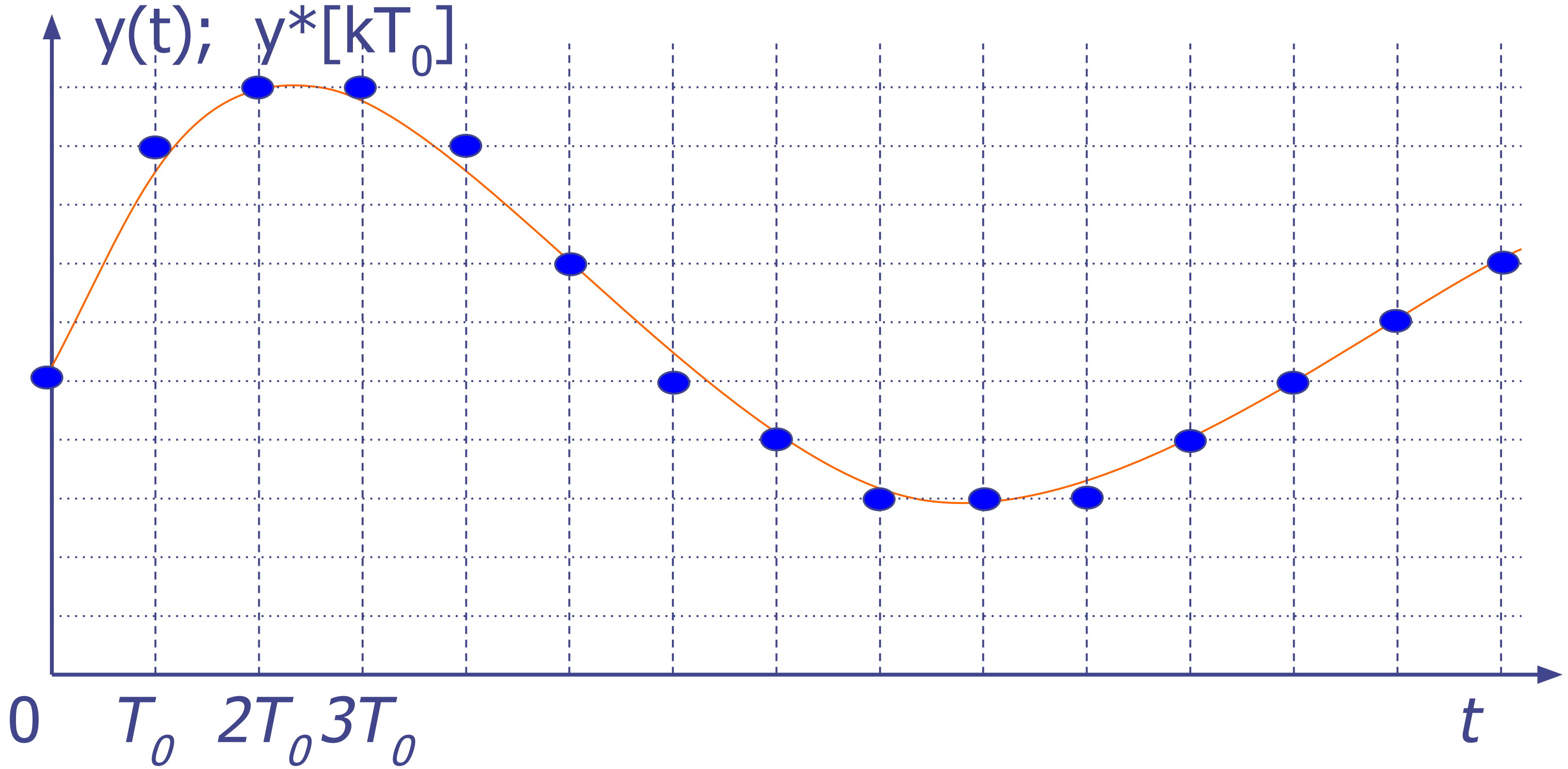
Квантование по уровню –

- замена в соответствующие моменты времени мгновенных значений непрерывной величины *y* ближайшими разрешенными дискретными значениями y^* в соответствии со статической характеристикой преобразователя А/Ц.

Число уровней однозначно связано с числом двоичных разрядов преобразователя А/Ц



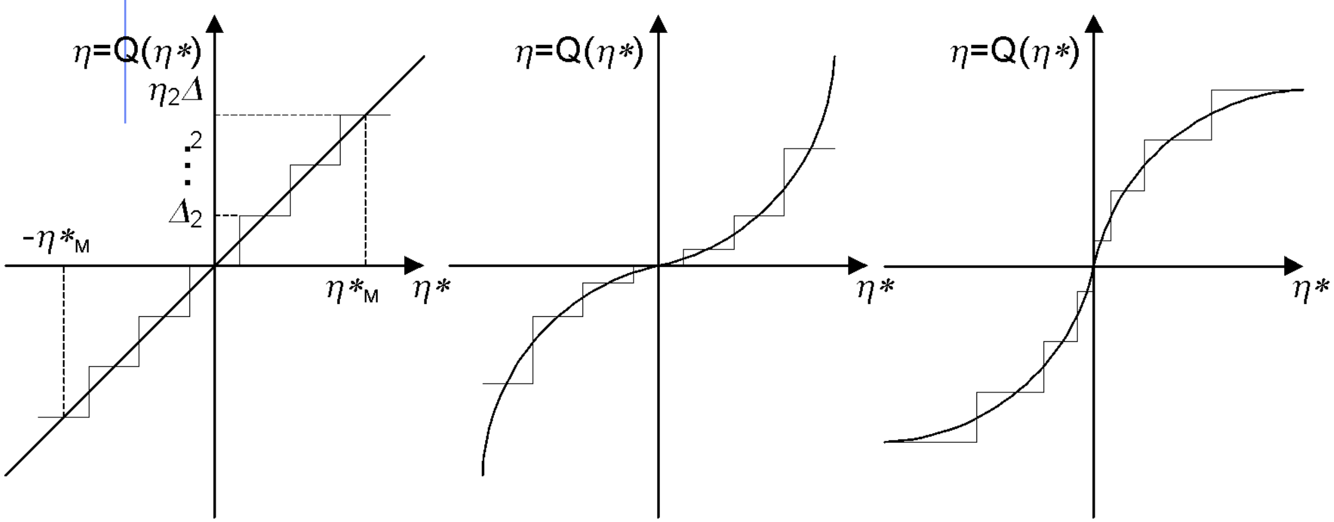
- При *одновременном квантовании по времени и уровню* непрерывный сигнал *y(t)* заменяется ближайшими к значениям непрерывного сигнала в дискретные моменты времени *kTo* разрешенными дискретными уровнями $y^*[kTo]$



- *Кодирование* – преобразование сигнала $y^*[kT_0]$ в цифровой код БЦВМ.

Преобразование цифрового кода в непрерывный сигнал

- *Декодирование* состоит в преобразовании числового кода в импульсный сигнал с амплитудно-импульсной модуляцией.
- *Экстраполяция* заключается в преобразовании импульсного сигнала *η[kTo]* в аналоговый сигнал *η(t)*.



Равномерное квантование - шаг квантования по уровню не зависит от величины преобразуемого сигнала

неравномерное квантование сигналов по уровню – воспроизведение с большей точностью малых или больших уровней сигналов.

Решетчатая функция –

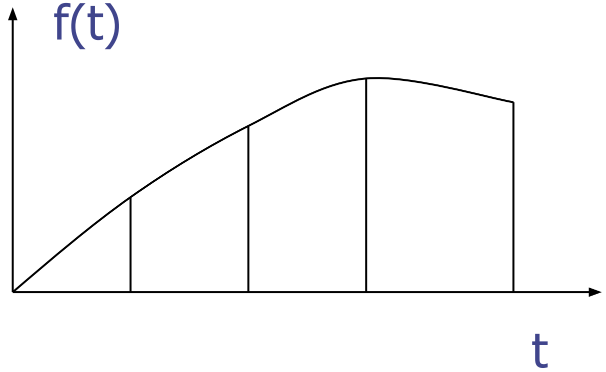
это функция, значения которой определены лишь в некоторые, тактовые моменты времени

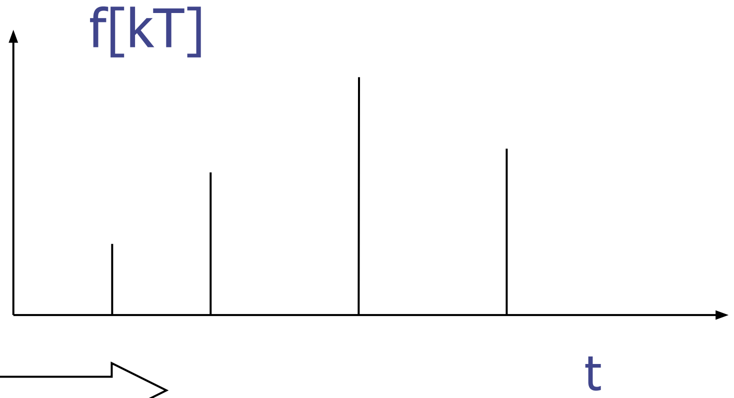
$f[kT] = f(t); \quad t=kT, \quad k=0, 1, 2 \ldots,$

Смещенная решетчатая функция

это функция, значения которой определены для смещенных моментов времени

$f[kT, \varepsilon T] = f(t); \quad t=kT+\varepsilon T, \quad k=0, 1, 2 \ldots; \quad 0 \le |\varepsilon| < 1.$





порождающая непрерывная функция

решетчатая функция

преобразование однозначно ⇒

⇐ преобразование неоднозначно

Исследование динамики дискретных систем

с использованием переменных состояния

- Исследование проводят во временной области
- Рассматривают систему разностных уравнений
- Анализируют свойства ее решений.

Позволяют

- рассматривать нелинейные многомерные дискретные системы
- проводить исследование их свойств
- решать задачи синтеза

с использованием входных и выходных переменных системы

- Исследуют поведение некоторых величин, по изменению которых и оценивается качество САУ – выходных переменных системы

Позволяют

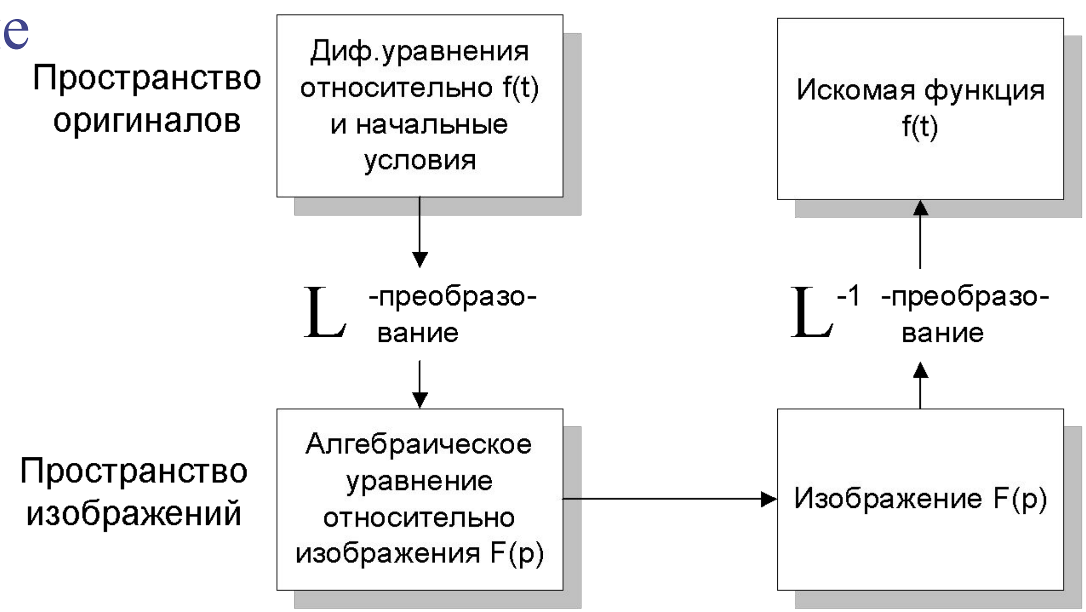
- проводить анализ зависимости выходных переменных от входных величин,
- определять, как придать системе требуемые свойства по этим переменным.

Преобразование Лапласа

- каждой преобразуемой по Лапласу функции f(t) (оригиналу), поставить в соответствие функцию F(p) комплексной переменной p (изображение).
- дифференциальное уравнение заменить на алгебраическое уравнение

Дискретное преобразование Лапласа

- преобразование решетчатой функции f[кT] в функцию F*(p) комплексного переменного p
- используются разностные уравнения



Дискретное преобразование Лапласа

$$F^*(p) = \sum_{k=0}^{\infty} f[kT] \cdot e^{-pkT}$$

- p = c+jω;
- f [kT]- решетчатая функция (оригинал);
- F*(p)-изображение.

$$F^*(p) = D\{f[kT]\}$$

Для смещенной решетчатой функции f [k,ε]

$$F^*(p,\varepsilon) = D\{f[k,\varepsilon]\} = \sum_{k=0}^{\infty} f[k,\varepsilon] \cdot e^{-pkT}$$

Взаимосвязь F*(p) и F(p)

$$F^*(p)=\frac{1}{T}\sum_{m=-\infty}^{\infty}F\left(p+j\frac{2\pi}{T}m\right)+\frac{f(0)}{2}$$

$$F^*(p)=\overline{D}\{F(p)\}$$

$$\mathrm{F}^*(\mathrm{p})=\sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{r}}\mathrm{ResF}(\mathrm{s})\cdot\frac{1}{1-\mathrm{e}^{-\mathrm{T}(\mathrm{p}-\mathrm{S})}}\Big|_{\mathrm{S_i}}=\sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{r}}\mathrm{ResF}(\mathrm{S})\frac{\mathrm{z}}{\mathrm{z}-\mathrm{e}^{\mathrm{TS}}}\Big|_{\mathrm{Si}}$$

S_i – полюсы изображения

Для смещенного оригинала

$$\mathrm{F}^*(\mathrm{p},\varepsilon)=\overline{\mathrm{D}}\{\mathrm{F}(\mathrm{p})\}\Big|_{\mathrm{e^{pT}=z}}=\sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{r}}\mathrm{ResF}(\mathrm{S})\frac{\mathrm{e}^{\varepsilon\mathrm{S}}}{1-\mathrm{e}^{\mathrm{TS}}\cdot\mathrm{z}^{-1}}\Big|_{\mathrm{s=s_i}}$$

Z-преобразование

$z=e^{pT}$

$$\mathrm{F}(\mathrm{z})=\mathrm{Z}\{\mathrm{f}[\mathrm{kT}]\}=\sum_{\mathrm{k}=0}^{\infty}\mathrm{f}[\mathrm{kT}]\mathrm{z}^{-\mathrm{k}}$$

Для смещенной решетчатой функции - модифицированное Z-преобразование.

$$\mathrm{F}(\mathrm{z},\varepsilon)=\mathrm{Z}\{\mathrm{f}[\mathrm{kT},\varepsilon\mathrm{Å}]\}=\sum_{\mathrm{k}=0}^{\infty}\mathrm{f}[\mathrm{kT},\varepsilon\mathrm{T}]\mathrm{z}^{-\mathrm{k}}$$

Z- преобразование

- результат применения к оригиналу f[kT] или изображению F(p), D или $\overline{D}$ преобразования с последующей заменой $z=e^{pT}$
- Z-преобразование несмещенной функции

$$F(z)=\sum_{k=0}^{\infty} f[kT]\cdot z^{-k}$$

- Z-преобразование смещенной функции

$$F(z,\varepsilon)=\sum_{k=0}^{\infty} f[k,\varepsilon]\cdot z^{-k}$$

Свойства Z- преобразования

- самостоятельно