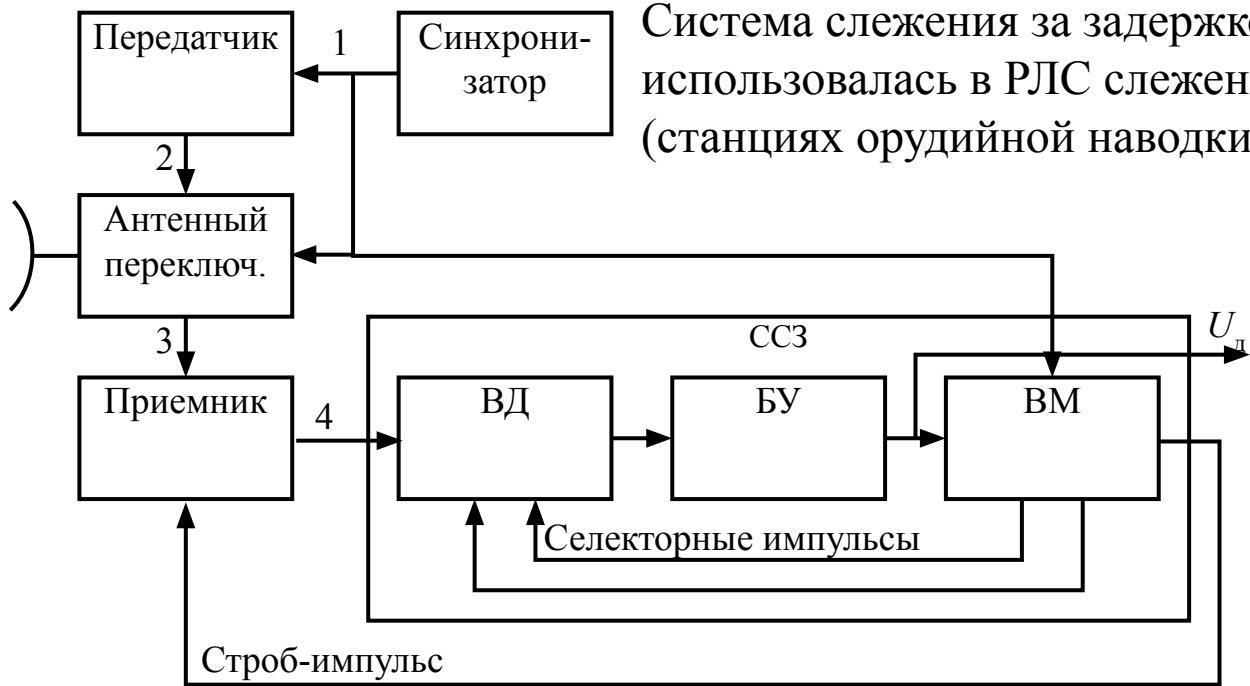


# **РАДИОАВТОМАТИКА**

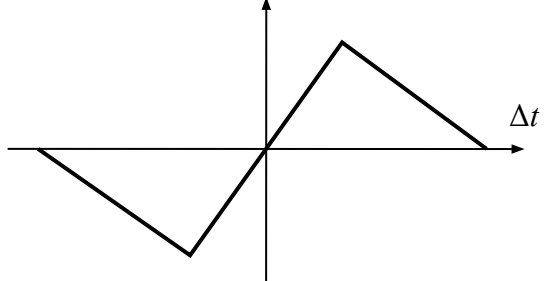
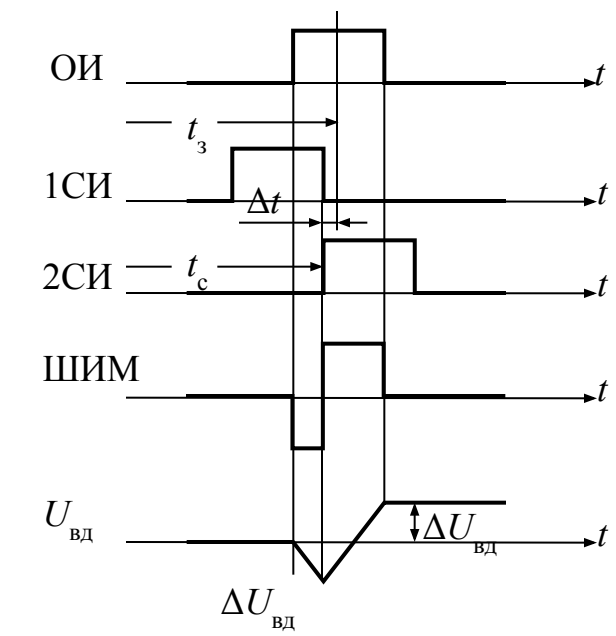
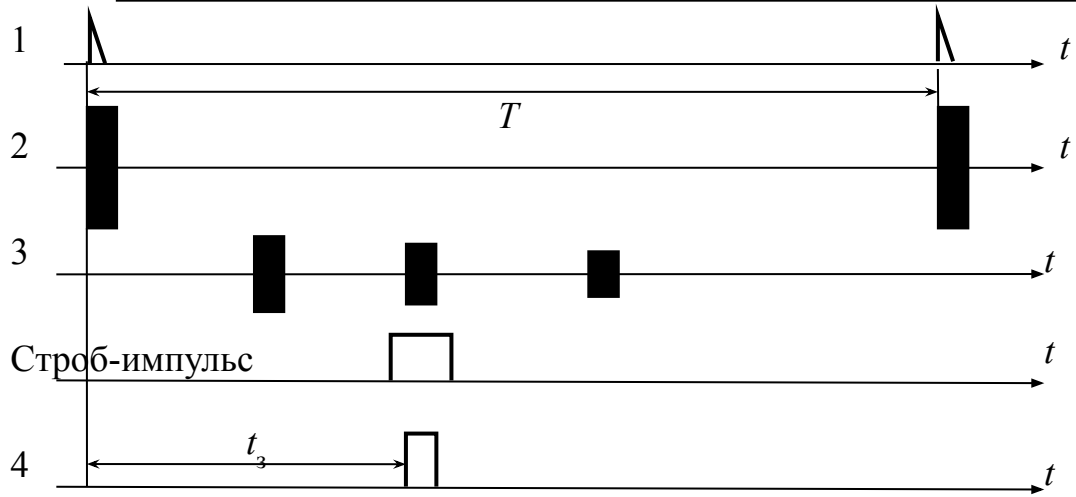
Лекция 16

**СЛЕЖЕНИЕ ЗА ЗАДЕРЖКОЙ  
ИМПУЛЬСНОГО СИГНАЛА**

Система слежения за задержкой импульса (ССЗ) впервые использовалась в РЛС слежения за одиночной целью (станциях орудийной наводки СОН)



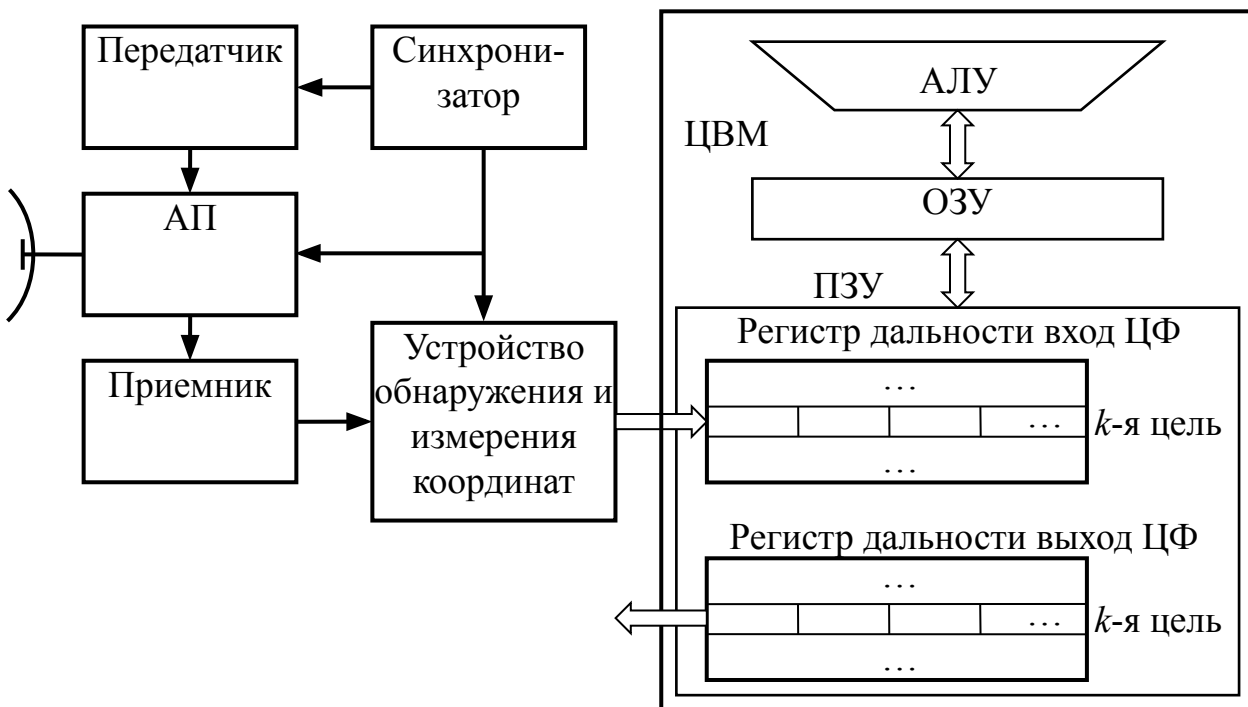
Временной дискриминатор формирует напряжение, зависящее от временного рассогласования  $\Delta t = t_3 - t_c$



Дискриминационная х-ка ВД

ССЗ формирует строб-импульс, открывающий приемник на время прихода импульса, отраженного от выбранной цели, и точно измеряет дальность до этой цели.

В РЛС обнаружения и многофункциональных РЛС часто производится сопровождение многих целей (сопровождение на проходе) и сопровождение траекторий. Эти системы сопровождения полностью цифровые и реализуются в ЦВМ.



С устройства обнаружения и измерения координат цифровой код дальности записывается в регистр дальности. В ЦВМ производится обработка в соответствии с разностным уравнением системы слежения и подтверждение обнаружения цели, заключающееся в проверке попадания кода дальности в предсказанные границы.

Такт обновления информации (интервал дискретизации) в РЛС сопровождения равен периоду повторения импульсов (миллисекунды), а в РЛС обнаружения – периоду обзора (секунды). Поэтому точность сопровождения на проходе низкая, достаточна только для целеуказания и недостаточна для наведения.

# ДИСКРЕТНАЯ САР С ДВУМЯ ИНТЕГРАТОРАМИ

Дискретная передаточная функция интегратора  $K(z) = Z\{1/q\} = z/(z - 1)$ .

Запишем разностное уравнение. Переходная характеристика.

$$\frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{z}{z-1} = \frac{1}{1-z^{-1}},$$

$$(1 - z^{-1})Y(z) = X(z),$$

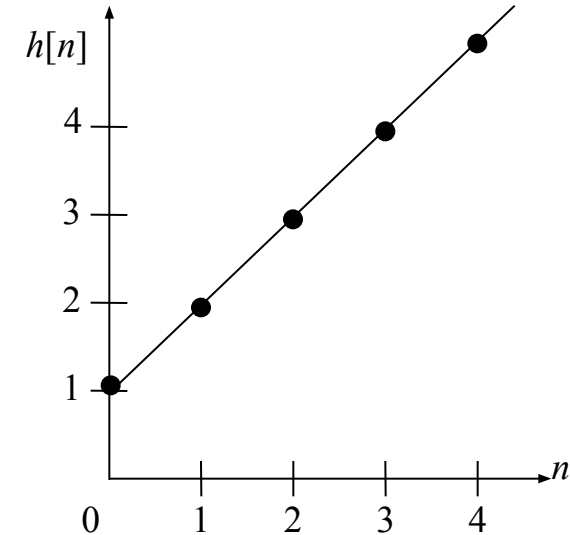
$$Y(z) = z^{-1}Y(z) + X(z),$$

$$y[n] = y[n - 1] + x[n]$$

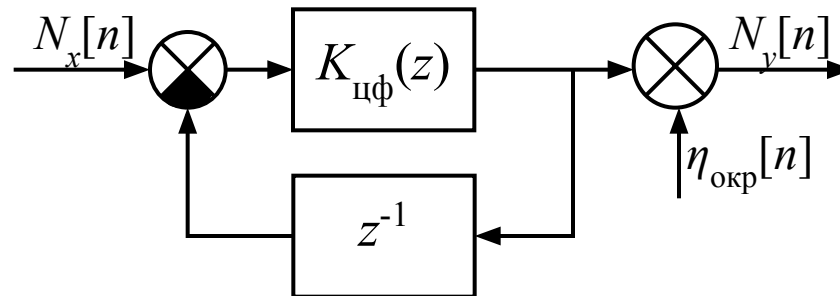
$$h[n] = h[n - 1] + 1[n].$$

Решим методом шагов.

$n$	0	1	2	3	4
$h[n]$	1	2	3	4	5



Дискретная модель полностью цифровой САР была получена в предыдущей лекции и в части, касающейся цифровых кодов  $N[n]$ , имеет вид:



Цифровой фильтр содержит два интегратора, примем его передаточную функцию в следующем виде:

$$K_{цф}(z) = \frac{b_2 z^2 + b_1 z}{(z - 1)^2}$$

# УСТОЙЧИВОСТЬ

Воспользуемся критерием устойчивости Гурвица

Дискретная передаточная функция замкнутой системы

$$K_3(z) = \frac{K_{уф}(z)}{1 + z^{-1}K_{уф}(z)} = \frac{\frac{b_2 z^2 + b_1 z}{(z-1)^2}}{1 + z^{-1} \frac{b_2 z^2 + b_1 z}{(z-1)^2}} = \frac{b_2 z^2 + b_1 z}{(z-1)^2 + b_2 z + b_1}.$$

Характеристическое уравнение  $z^2 + (b_2 - 2)z + (1 + b_1) = 0$ .

Заменяем  $z = \frac{1+w}{1-w}$ , тогда  $\left(\frac{1+w}{1-w}\right)^2 + (b_2 - 2)\left(\frac{1+w}{1-w}\right) + (1 + b_1) = 0$ .

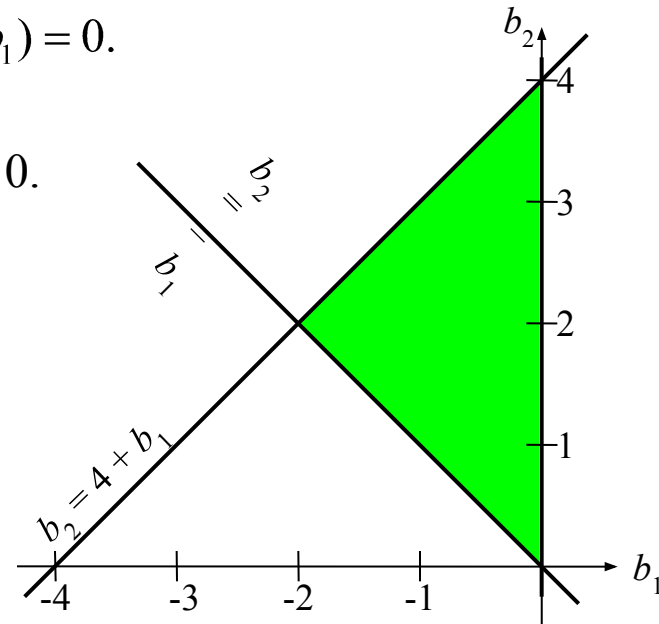
Отсюда  $(1+w)^2 + (b_2 - 2)(1+w)(1-w) + (1 + b_1)(1-w)^2 = 0$ .

Модифицированное характеристическое уравнение

$$(b_1 + b_2)w^2 - 2b_1 w + (4 + b_1 - b_2) = 0.$$

По критерию Гурвица система второго порядка устойчива, если все коэффициенты характеристического полинома положительны

$$\begin{cases} b_1 + b_2 > 0, \\ -2b_1 > 0, \\ 4 + b_1 - b_2 > 0. \end{cases} \quad \begin{cases} b_2 > -b_1, \\ b_1 < 0, \\ b_2 < 4 + b_1. \end{cases}$$



# ПЕРЕХОДНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Изображение переходной характеристики

$$H(z) = \frac{z}{z-1} K_3(z) = \frac{z}{z-1} \frac{b_2 z^2 + b_1 z}{z^2 + (b_2 - 2)z + (1 + b_1)} = \frac{b_2 z^3 + b_1 z^2}{z^3 - (3 - b_2)z^2 - (b_2 - b_1 - 3)z - (1 + b_1)}$$

Найдем первые отсчеты переходной характеристики разложением изображения в ряд Лорана, поделив числитель на знаменатель.

$$\begin{array}{r} \frac{b_2 z^3 + b_1 z^2}{b_2 z^3 - b_2 c_2 z^2 - b_2 c_1 z - b_2 c_0} \quad \left| \frac{z^3 - c_2 z^2 - c_1 z - c_0}{b_2 + (b_1 + b_2 c_2)z^{-1} + [b_2 c_1 + (b_1 + b_2 c_2)c_2]z^{-2} + \dots} \right. \\ \underline{-(b_1 + b_2 c_2)z^2 + b_2 c_1 z + b_2 c_0} \\ \underline{-(b_1 + b_2 c_2)z^2 - (b_1 + b_2 c_2)c_2 z - (b_1 + b_2 c_2)c_1 - (b_1 + b_2 c_2)c_0 z^{-1}} \end{array}$$

Получим  $h[0] = b_2$ ;  $h[1] = b_1 + b_2 c_2 = b_1 + b_2(3 - b_2)$ .

- 1) Переходная характеристика начинается в момент подачи единичного скачка и  $h[0] = b_2$ .
- 2) Значение  $h[1]$  может быть и больше, и меньше  $h[0]$  в зависимости от значений  $b_1$  и  $b_2$ .

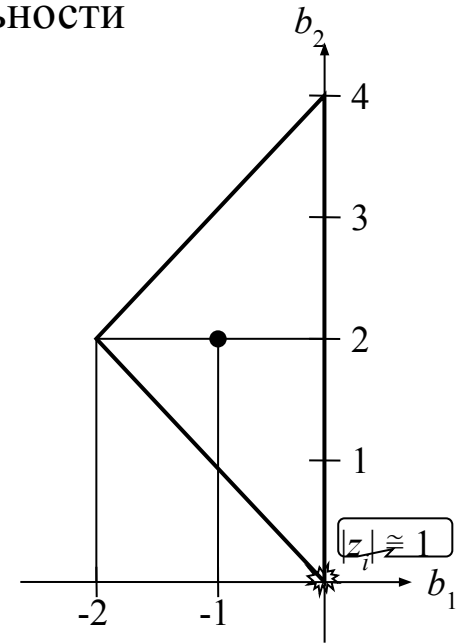
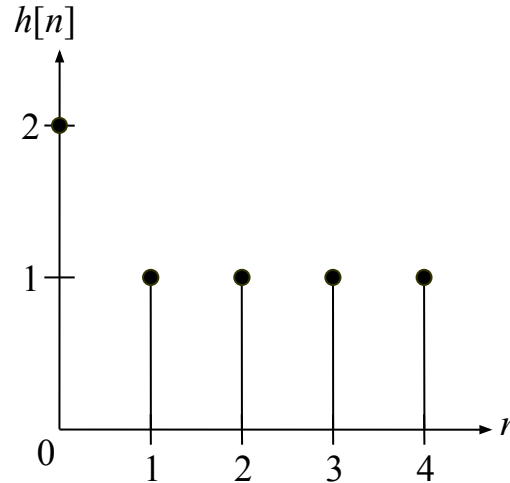
Найдем переходную характеристику минимальной длительности, которая будет при нулевых корнях характеристического уравнения  $z^2 + (b_2 - 2)z + (1 + b_1) = 0$ , то есть при  $b_2 - 2 = 0$  и  $1 + b_1 = 0$ . Откуда следует  $b_1 = -1$  и  $b_2 = 2$ .

## Изображение переходной характеристики минимальной длительности

$$H(z) = \frac{z}{z-1} \frac{2z^2 - z}{z^2} = \frac{2z - 1}{z - 1}$$

Поделим числитель на знаменатель.

$$\begin{array}{r} 2z - 1 \\ - 2z - 2 \\ \hline 1 \\ - 1 - z^{-1} \\ \hline z^{-1} \end{array} \quad \left| \begin{array}{l} z - 1 \\ 2 + z^{-1} + z^{-2} + \dots \end{array} \right.$$



Примем  $b_1 = -0,09$ ;  $b_2 = 0,1$ .

Тогда передаточная функция замкнутой системы

$$K_3(z) = \frac{0,1z^2 - 0,09z}{z^2 - 1,9z + 0,91}$$

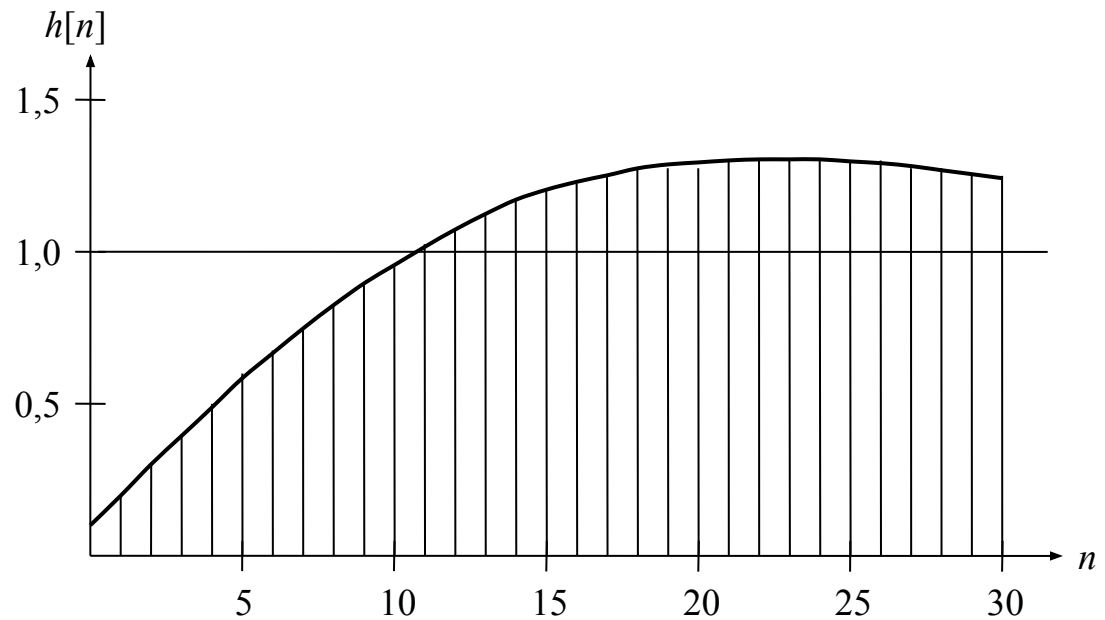
Разностное уравнение для переходной характеристики

$$h[n + 2] - 1,9h[n + 1] + 0,91h[n] = 0,1 \cdot 1[n + 2] - 0,09 \cdot 1[n + 1].$$

Перепишем его в форме, удобной для решения методом шагов.

$$h[n] = 1,9h[n - 1] - 0,91h[n - 2] + 0,1 \cdot 1[n] - 0,09 \cdot 1[n - 1].$$

Переходная характеристика  
при  $b_1 = -0,09$ ;  $b_2 = 0,1$ .



Сравним ее с переходной характеристикой непрерывной системы, передаточная функция которой получена из передаточной функции дискретной системы заменой  $z = 1 + q$ . Такая замена эквивалентна замене оператора разности  $z - 1$  на оператор дифференцирования  $q$ .

$$K_3(q) = \frac{0,1(1+q)^2 - 0,09(1+q)}{q^2 + 0,1(q+1) - 0,09} = \frac{0,1q^2 + 0,11q + 0,01}{q^2 + 0,1q + 0,01}$$

Переходная характеристика

$$h(\bar{t}) = 0,1 \cdot 1(\bar{t}) + 0,9 - 1,1016e^{-0,05\bar{t}} \cos(4,962\bar{t} + 35,21^\circ).$$

Она практически совпадает с огибающей переходной характеристики дискретной системы.

Если все полюса передаточной функции дискретной системы расположены вблизи 1 ( $b_1$  и  $b_2$  вблизи нуля), то дискретную систему можно анализировать как непрерывную с передаточной функцией  $K(q) = K(z = 1 + q)$ .