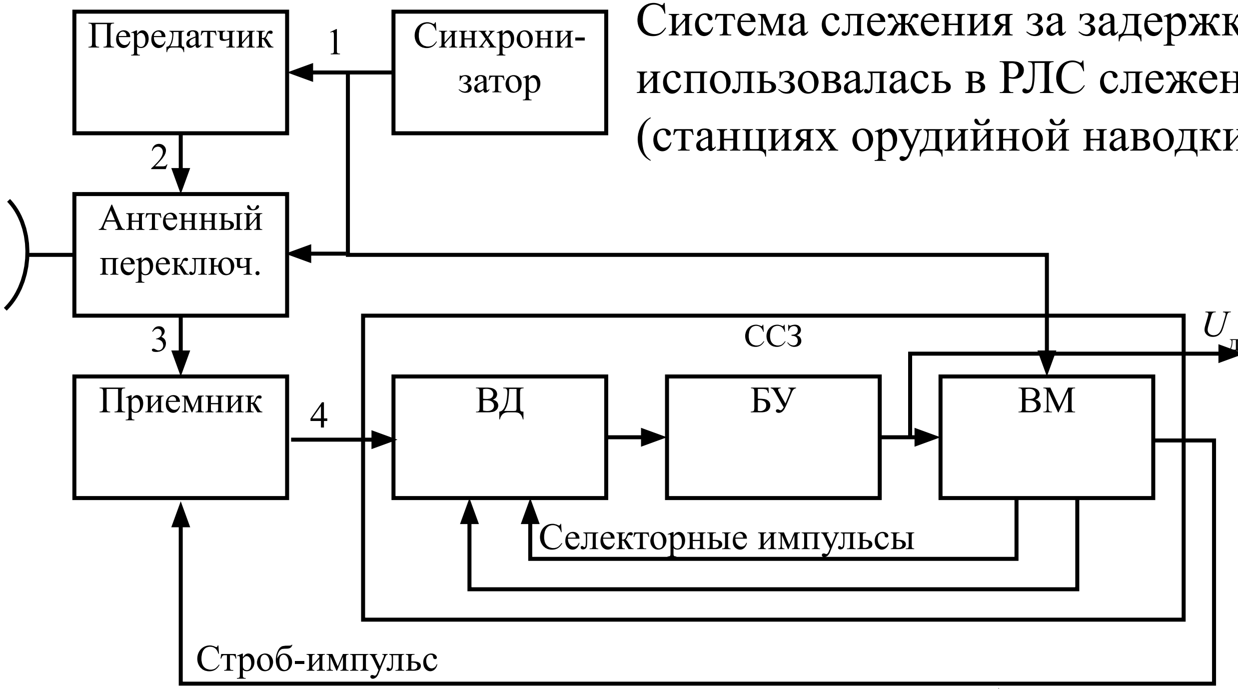
РАДИОАВТОМАТИКА

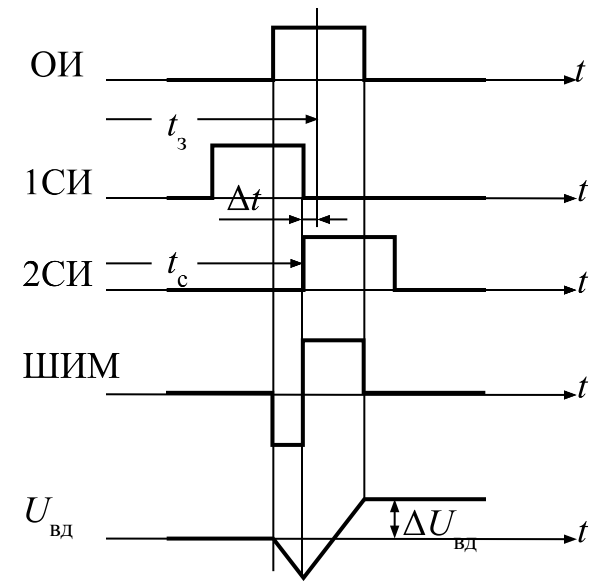
Лекция 16

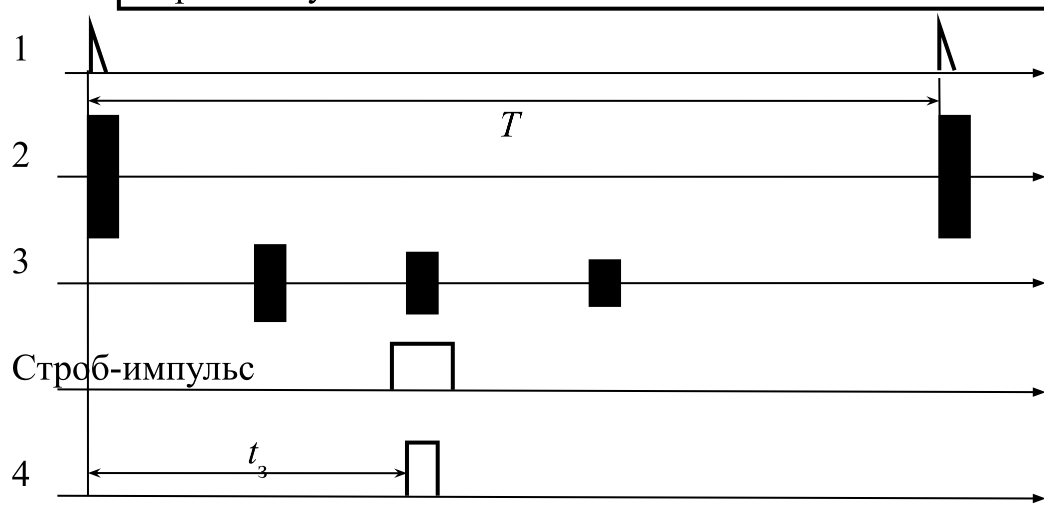
СЛЕЖЕНИЕ ЗА ЗАДЕРЖКОЙ ИМПУЛЬСНОГО СИГНАЛА

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

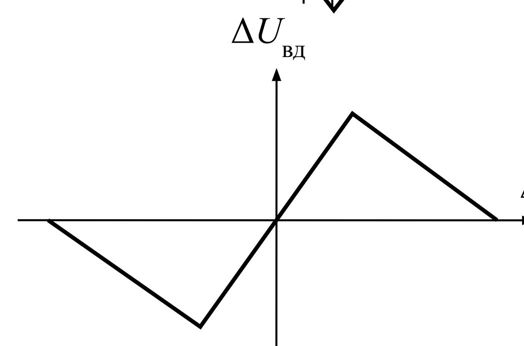


Временной дискриминатор формирует напряжение, зависящее от временного рассогласования $\Delta t = t_з - t_с$



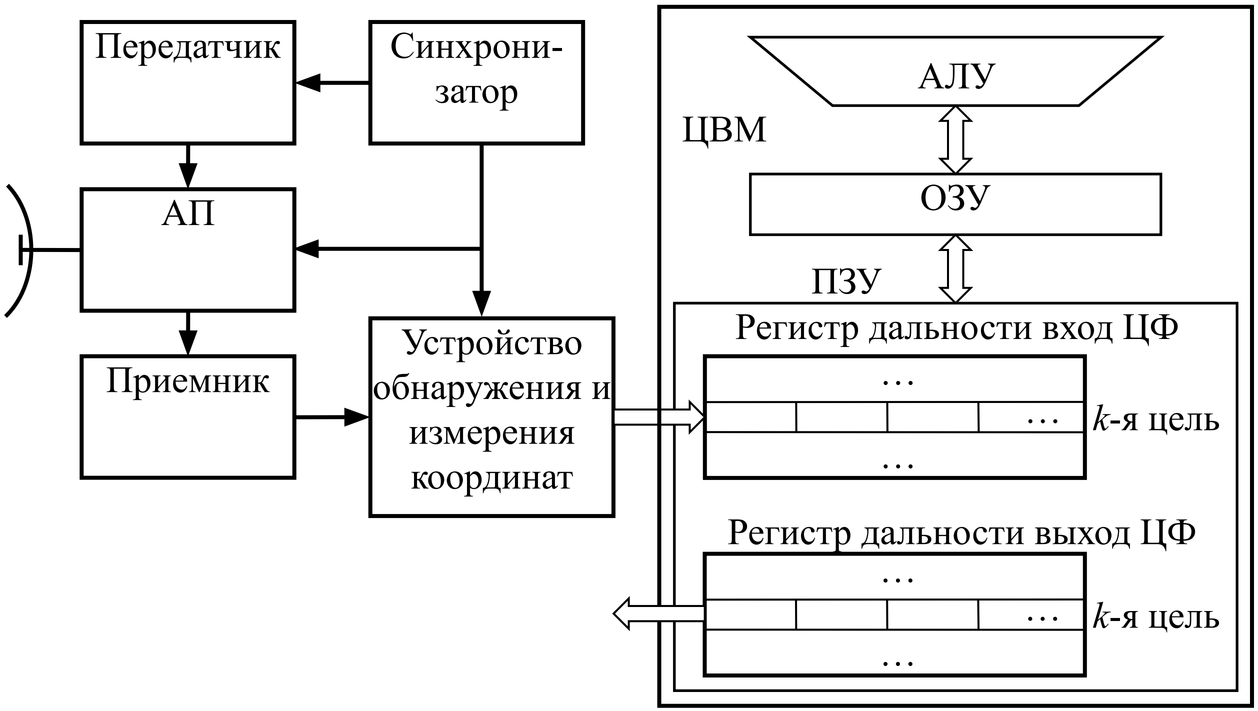


ССЗ формирует строб-импульс, открывающий приемник на время прихода импульса, отраженного от выбранной цели, и точно измеряет дальность до этой цели.



Дискриминационная х-ка ВД

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 $K(z) = \mathrm{Z}\{1/q\} = z/(z - 1)$.

Запишем разностное уравнение.

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

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

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

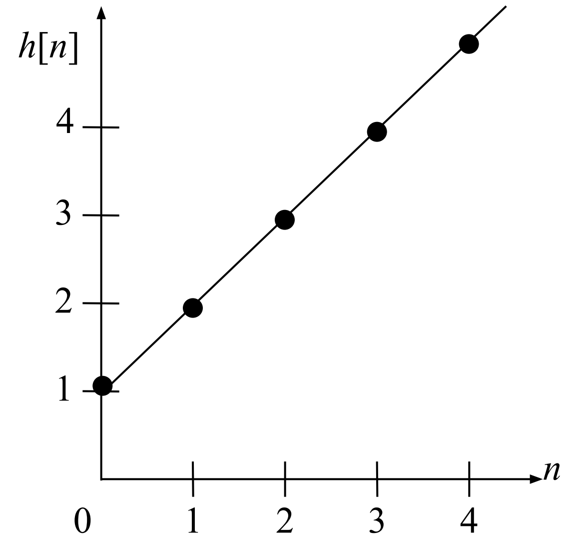
$$y[n] = y[n - 1] + x[n]$$

Переходная характеристика.

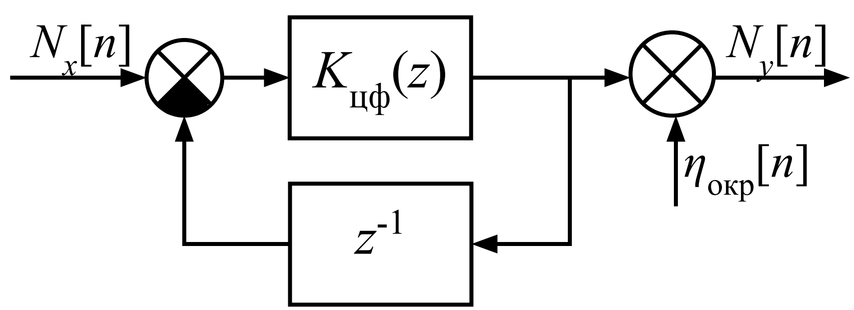
$$h[n] = h[n - 1] + 1[n].$$

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

$$K_з(z) = \frac{K_{цф}(z)}{1+z^{-1}K_{цф}(z)} = \frac{\dfrac{b_2z^2+b_1z}{(z-1)^2}}{1+z^{-1}\dfrac{b_2z^2+b_1z}{(z-1)^2}} = \frac{b_2z^2+b_1z}{(z-1)^2+b_2z+b_1}.$$

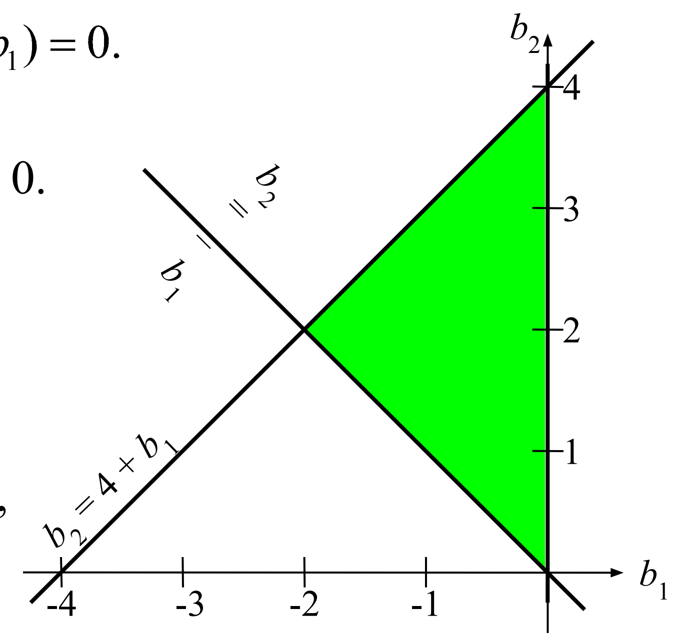
Характеристическое уравнение $z^2 + (b_2 - 2)z + (1 + b_1) = 0$.

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

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

Модифицированное характеристическое уравнение

$(b_1 + b_2)w^2 - 2b_1w + (4 + b_1 - b_2) = 0.$



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

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

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

$$\begin{array}{l|l} b_2 z^3 + b_1 z^2 & z^3 - c_2 z^2 - c_1 z - c_0 \\ \cline{2-2} -\;b_2 z^3 - b_2 c_2 z^2 - b_2 c_1 z - b_2 c_0 & b_2 + (b_1 + b_2 c_2) z^{-1} + [b_2 c_1 + (b_1 + b_2 c_2) c_2] z^{-2} + \ldots \\ \cline{1-1} \qquad (b_1 + b_2 c_2) z^2 + b_2 c_1 z + b_2 c_0 & \\ \qquad -\;(b_1 + b_2 c_2) z^2 - (b_1 + b_2 c_2) c_2 z - (b_1 + b_2 c_2) c_1 - (b_1 + b_2 c_2) c_0 z^{-1} & \end{array}$$

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

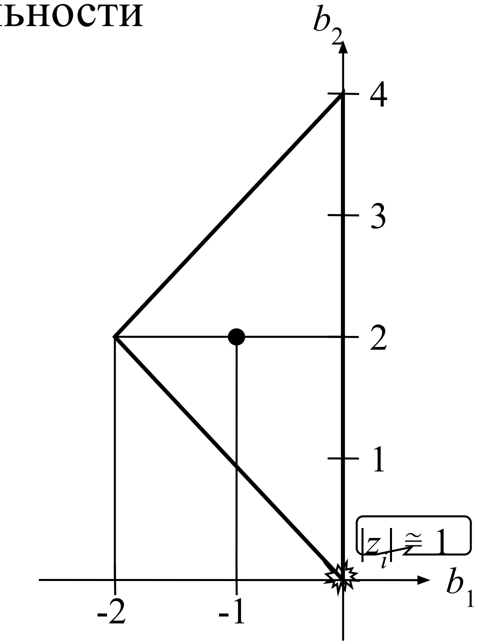
1) Переходная характеристика начинается в момент подачи единичного скачка и $h[0] = b_2$.

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 $b_2 = 2$.

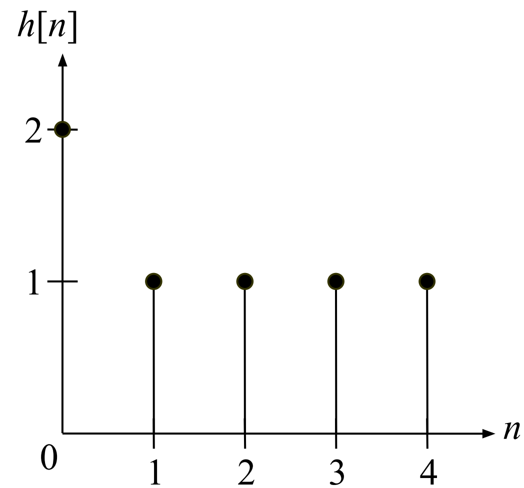
Изображение переходной характеристики минимальной длительности

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



Поделим числитель на знаменатель.

$$\begin{array}{r|l} 2z-1 & z-1 \\ \cline{2-2} -\underline{2z-2} & 2 + z^{-1} + z^{-2} + \ldots \\ 1 & \\ -\underline{1 - z^{-1}} & \\ z^{-1} & \end{array}$$



Примем b_1 = -0,09; b_2 = 0,1.

Тогда передаточная функция замкнутой системы

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

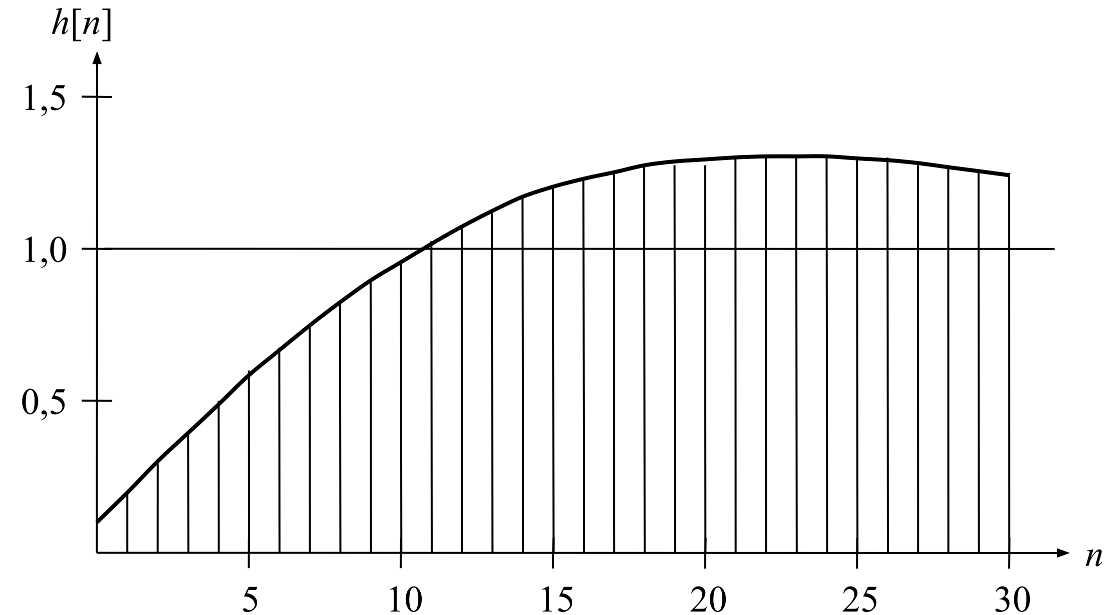
Разностное уравнение для переходной характеристики

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

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.

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

Переходная характеристика

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

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 $K(q) = K(z = 1 + q)$.