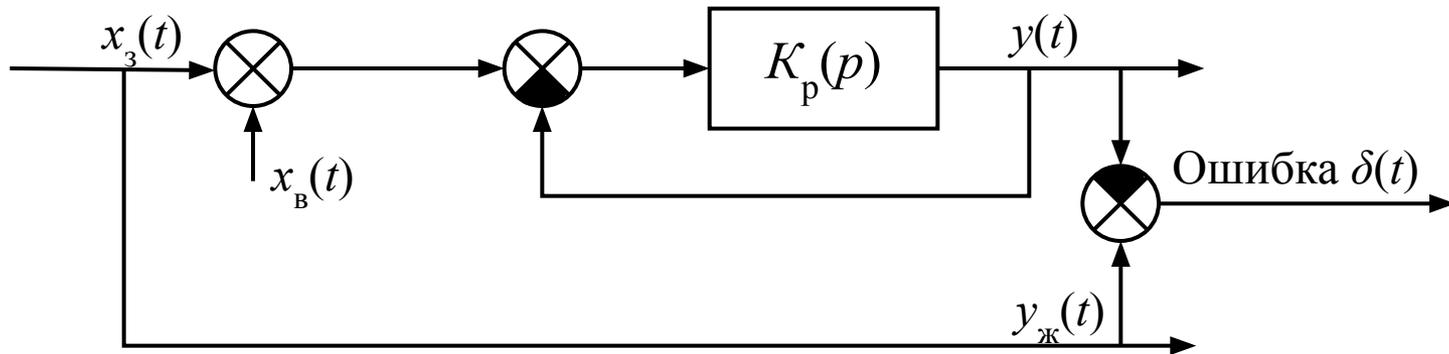


# **РАДИОАВТОМАТИКА**

## **Лекция 8**

### **ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ. ТИПОВЫЕ ЛАХ РАЗОМКНУТОЙ СИСТЕМЫ**

# ОШИБКИ ПРИ СЛУЧАЙНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ



$$\Delta(p) = Y_{\text{ж}}(p) - Y(p) = X_3(p) - [X_3(p) + X_B(p)]K_3(p) = X_3(p)[1 - K_3(p)] - X_B(p)K_3(p).$$

$K_{\text{ош}}(p) = 1 - K_3(p).$

Изображение динамической ошибки      Изображение ошибки по возмущению

Пусть  $x_3(t)$  и  $x_B(t)$  – стационарные нормальные некоррелированные процессы.

Тогда энергетический спектр ошибки  $S_{\delta}(\omega) = S_{x_3}(\omega) |K_{\text{ош}}(j\omega)|^2 + S_{x_B}(\omega) |K_3(j\omega)|^2$

Дисперсия ошибки:  $\sigma^2 = \sigma_{\text{дин}}^2 + \sigma_{\text{воз}}^2$

Дисперсия динамической ошибки:  $\sigma_{\text{дин}}^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S_{x_3}(\omega) |K_{\text{ош}}(j\omega)|^2 d\omega$

Дисперсия ошибки по возмущению:  $\sigma_{\text{воз}}^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S_{x_B}(\omega) |K_3(j\omega)|^2 d\omega$

Записанные интегралы сводятся к табличным

$$J_n = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \left| \frac{C(j\omega)}{D(j\omega)} \right|^2 d\omega,$$

где  $C(j\omega) = c_{n-1}(j\omega)^{n-1} + c_{n-2}(j\omega)^{n-2} + \dots + c_0$ ,

$$D(j\omega) = d_n(j\omega)^n + d_{n-1}(j\omega)^{n-1} + \dots + d_0.$$

Для этого представим случайное воздействие как результат прохождения белого шума с двусторонней спектральной плотностью  $N/2$  через формирующий фильтр с передаточной функцией  $K_{\phi\phi}(p)$ . Тогда

$$S(\omega) = \frac{N}{2} |K_{\phi\phi}(j\omega)|^2$$

и

$$\sigma^2 = \frac{N}{2} \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |K_{\phi\phi}(j\omega)K(j\omega)|^2 d\omega$$

Часто возмущающее воздействие является широкополосным и его считают белым шумом с спектральной плотностью  $N_{xв}/2$ .

$$\sigma_{\text{воз}}^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{N_{xв}}{2} |K_3(j\omega)|^2 d\omega = \frac{N_{xв}}{2} 2 \frac{1}{2\pi} \int_0^{\infty} |K_3(j\omega)|^2 d\omega = N_{xв} \Delta f_{\text{эф}}$$

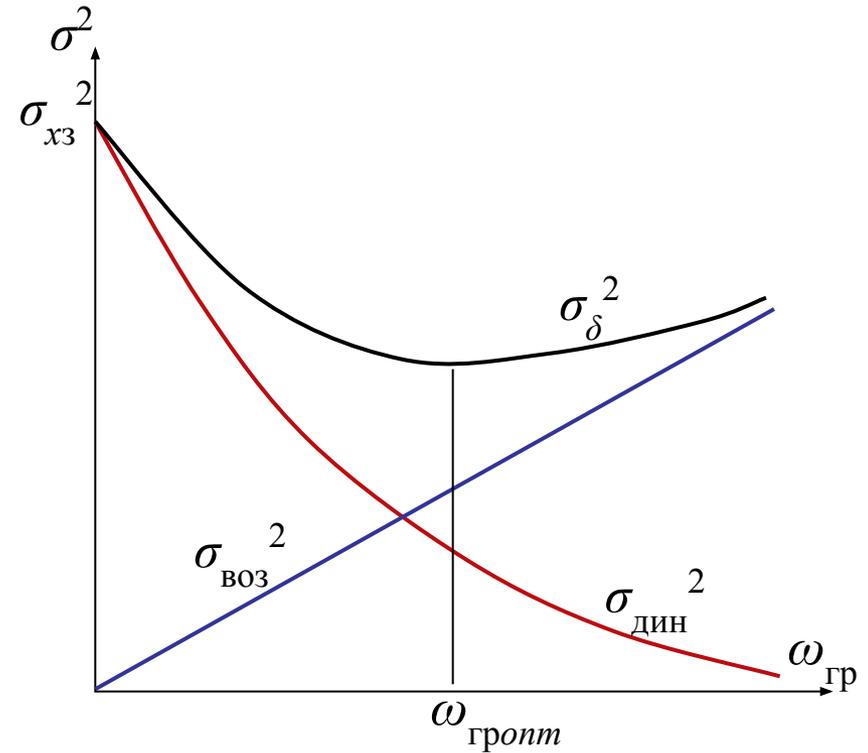
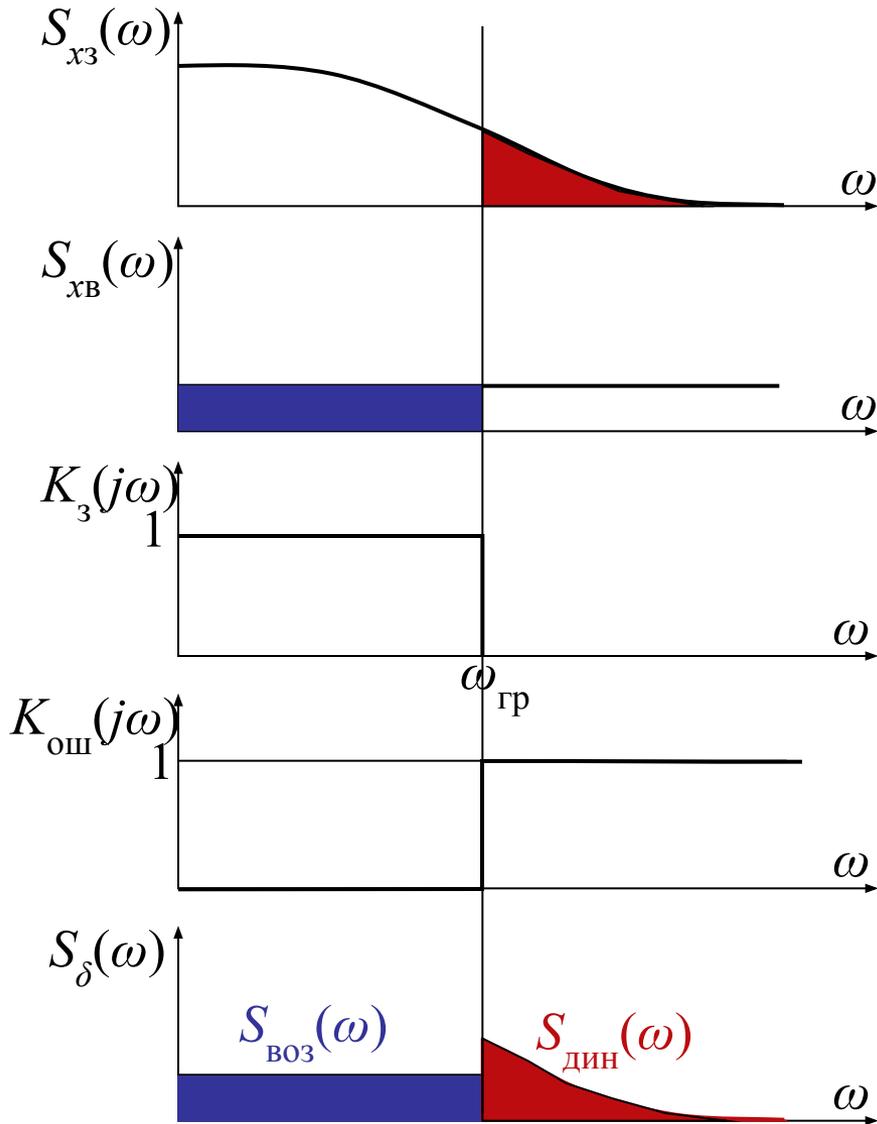
Здесь

$$\Delta f_{\text{эф}} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\infty} |K_3(j\omega)|^2 d\omega \quad \text{— эффективная полоса пропускания замкнутой системы}$$

Оценим влияние полосы пропускания замкнутой системы на дисперсию динамической ошибки, ошибки по возмущению и суммарной ошибки при условии, что комплексная частотная характеристика идеальна в диапазоне частот от 0 до граничной частоты  $\omega_{гр}$ , то есть

$$K_3(j\omega) = \begin{cases} 1 & 0 < \omega < \omega_{гр} \\ 0 & \omega > \omega_{гр} \end{cases}.$$

$$S_{\delta}(\omega) = S_{x3}(\omega) |K_{\text{ош}}(j\omega)|^2 + S_{xВ}(\omega) |K_3(j\omega)|^2$$



Как правило, изменение какого-либо параметра системы ( $K$ ,  $T_i$ ) приводит к уменьшению одной составляющей ошибки и увеличению другой. Поэтому можно определить оптимальное значение параметра, обеспечивающего минимум ошибки.

# ТИПОВЫЕ ЛАХ РАЗОМКНУТОЙ СИСТЕМЫ

Под типовыми ЛАХ разомкнутой системы будем понимать обычно используемые ЛАХ, отобранные практикой проектирования САР.

На ЛАХ накладываются следующие ограничения.

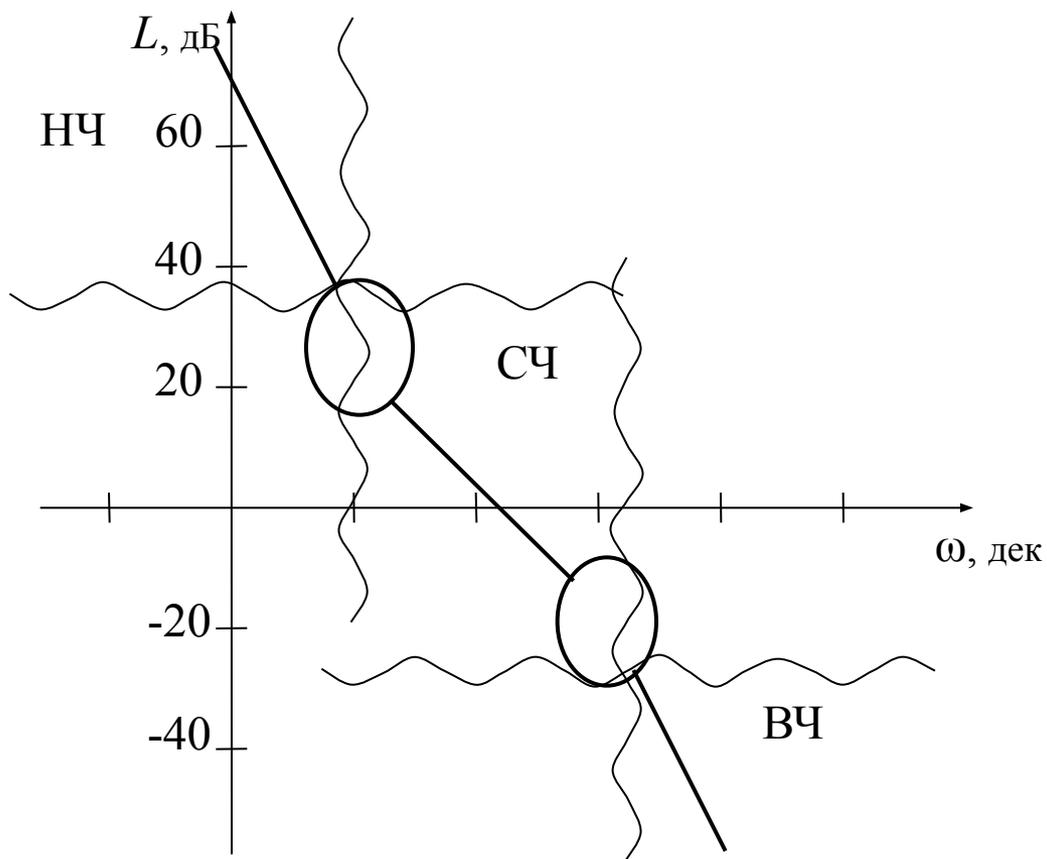
*Область НЧ:* Низкочастотная асимптота ЛАХ полностью определяется заданными ошибками – статической, скоростной и по ускорению

Постоянная ошибка	Наклон ЛАХ	Коэффициент передачи	Тип системы
$\delta_{ст} = x_0 / (1 + K)$	0 дБ/дек.	$K = x_0 / \delta_{ст} - 1$	статическая
$\delta_{ск} = v_x / K$	- 20 дБ/дек.	$K = v_x / \delta_{ск}$	астатическая 1-го порядка
$\delta_{уск} = a_x / K$	- 40 дБ/дек.	$K = a_x / \delta_{уск}$	астатическая 2-го порядка

*Область СЧ:* ЛАХ должна пересекать ось частот под наклоном -20 дБ/дек. и длина участка с таким наклоном должна составлять 1 - 2 декады в зависимости от величины перерегулирования.

*Область ВЧ:* ЛАХ должна идти по возможности круче, чтобы лучше подавить высокочастотные составляющие возмущающих воздействий.

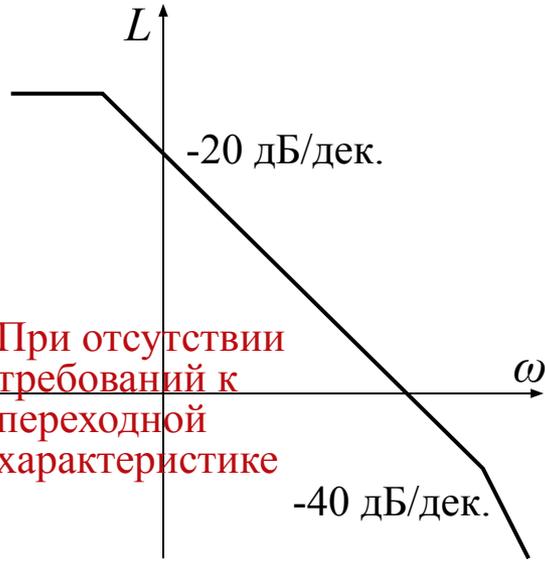
Построим отрезки ЛАХ разомкнутой системы в соответствии с этими ограничениями



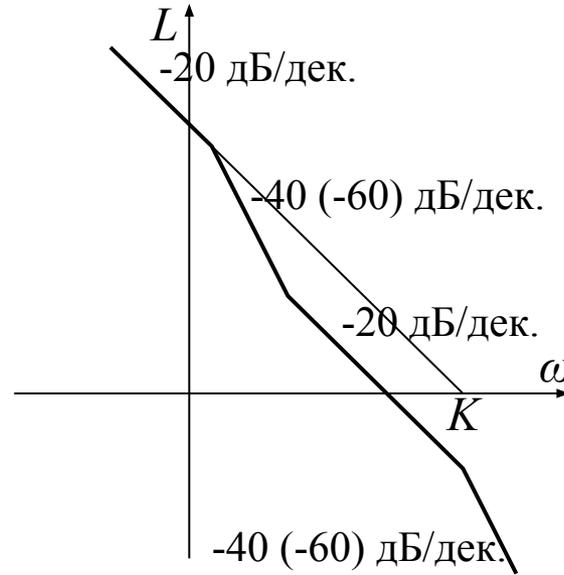
Свобода творчества ограничена указанными пунктиром областями. При этом надо помнить еще об одном требовании: обойтись звеньями по возможности более низкого порядка.

Избегая неоправданного усложнения структуры САР, получим следующие ЛАХ для статической и астатических систем.

Статическая система



Астатическая система 1-го порядка



Астатическая система 2-го порядка

