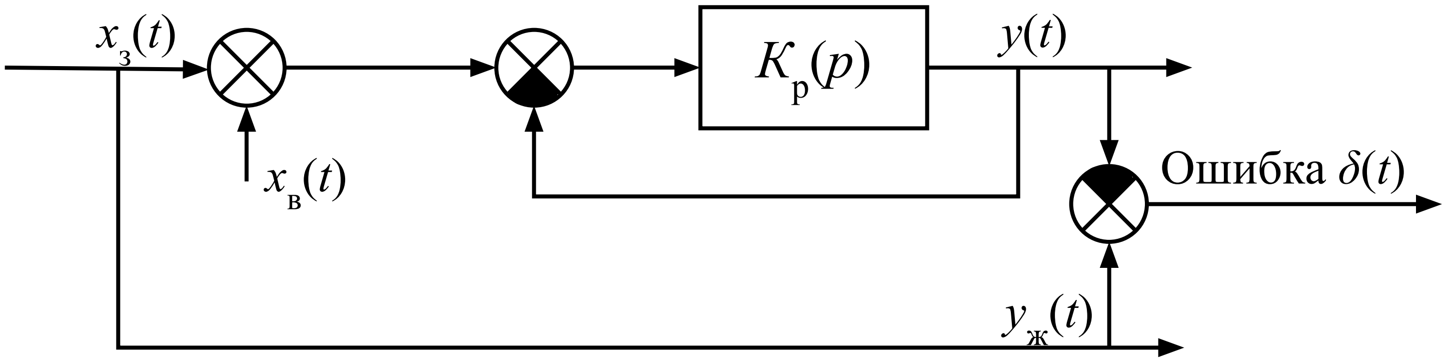
РАДИОАВТОМАТИКА

Лекция 8

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ. ТИПОВЫЕ ЛАХ РАЗОМКНУТОЙ СИСТЕМЫ

ОШИБКИ ПРИ СЛУЧАЙНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ



$$\Delta(p) = Y_ж(p) - Y(p) = X_з(p) - [X_з(p) + X_в(p)]K_з(p) = X_з(p)[1 - K_з(p)] - X_в(p)\, K_з(p)\ .$$

Изображение динамической ошибки

Изображение ошибки по возмущению

$$K_{ош}(p) = 1 - K_з(p).$$

Пусть $x_з(t)$ и $x_в(t)$ – стационарные нормальные некоррелированные процессы.

Тогда энергетический спектр ошибки $S_\delta(\omega) = S_{xз}(\omega)\ |K_{ош}(j\omega)|^2 + S_{xв}(\omega)\ |K_з(j\omega)|^2$

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

Дисперсия динамической ошибки: $\sigma^2_{дин} = \dfrac{1}{2\pi}\displaystyle\int_{-\infty}^{\infty} S_{xз}(\omega)\left|K_{ош}(j\omega)\right|^2 d\omega$

Дисперсия ошибки по возмущению: $\sigma^2_{воз} = \dfrac{1}{2\pi}\displaystyle\int_{-\infty}^{\infty} S_{xв}(\omega)\left|K_з(j\omega)\right|^2 d\omega$

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

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

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

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

и

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

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

$$\sigma^2_{воз} = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\frac{N_{хв}}{2}\left|K_з(j\omega)\right|^2 d\omega = \frac{N_{хв}}{2}2\frac{1}{2\pi}\int_0^{\infty}\left|K_з(j\omega)\right|^2 d\omega = N_{хв}\Delta f_{эф}$$

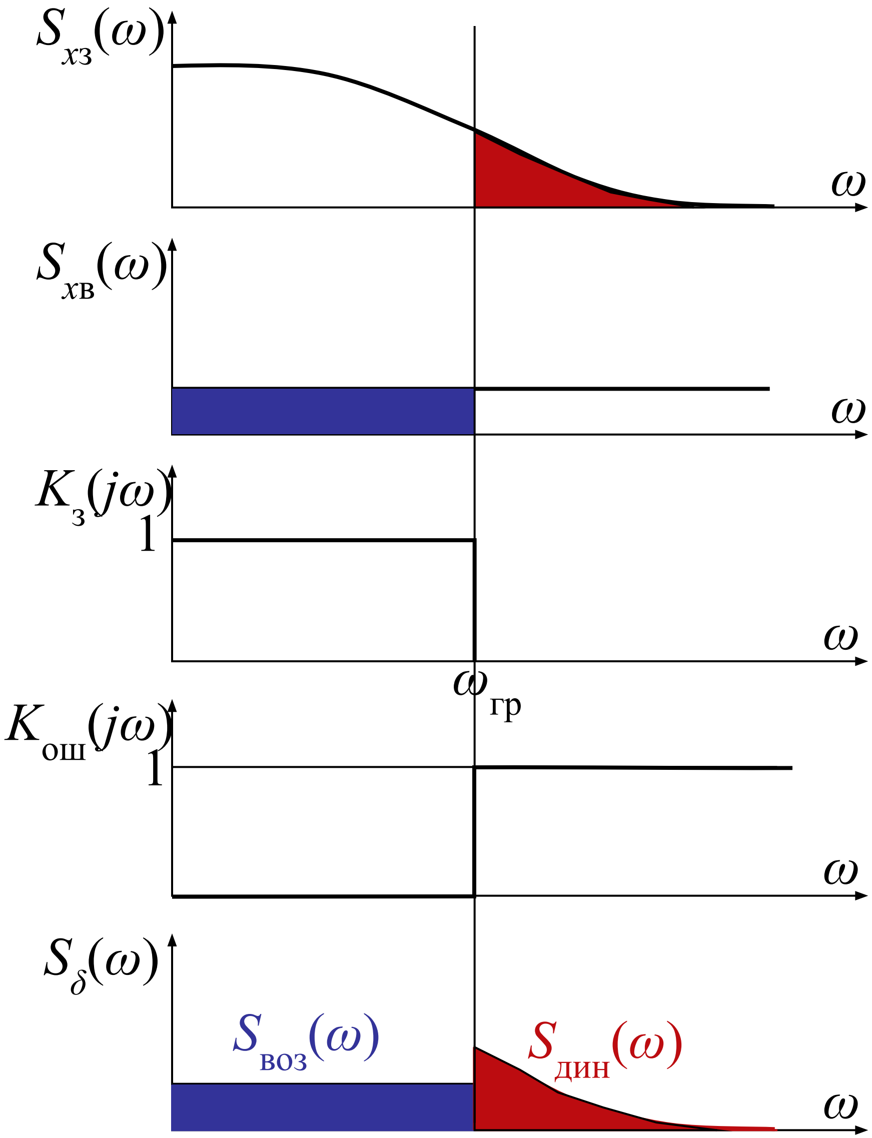
Здесь

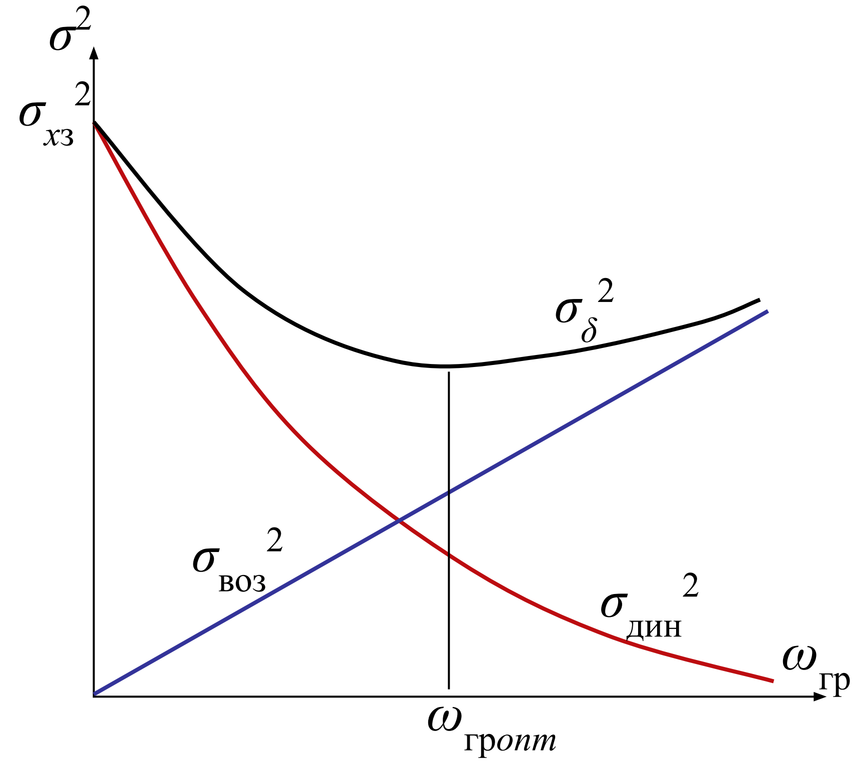
$$\Delta f_{эф} = \frac{1}{2\pi}\int_0^{\infty}\left|K_з(j\omega)\right|^2 d\omega$$ – эффективная полоса пропускания замкнутой системы

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

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

$$S_\delta(\omega) = S_{x\text{з}}(\omega)\,|K_{\text{ош}}(j\omega)|^2 + S_{x\text{в}}(\omega)\,|K_{\text{з}}(j\omega)|^2$$





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.

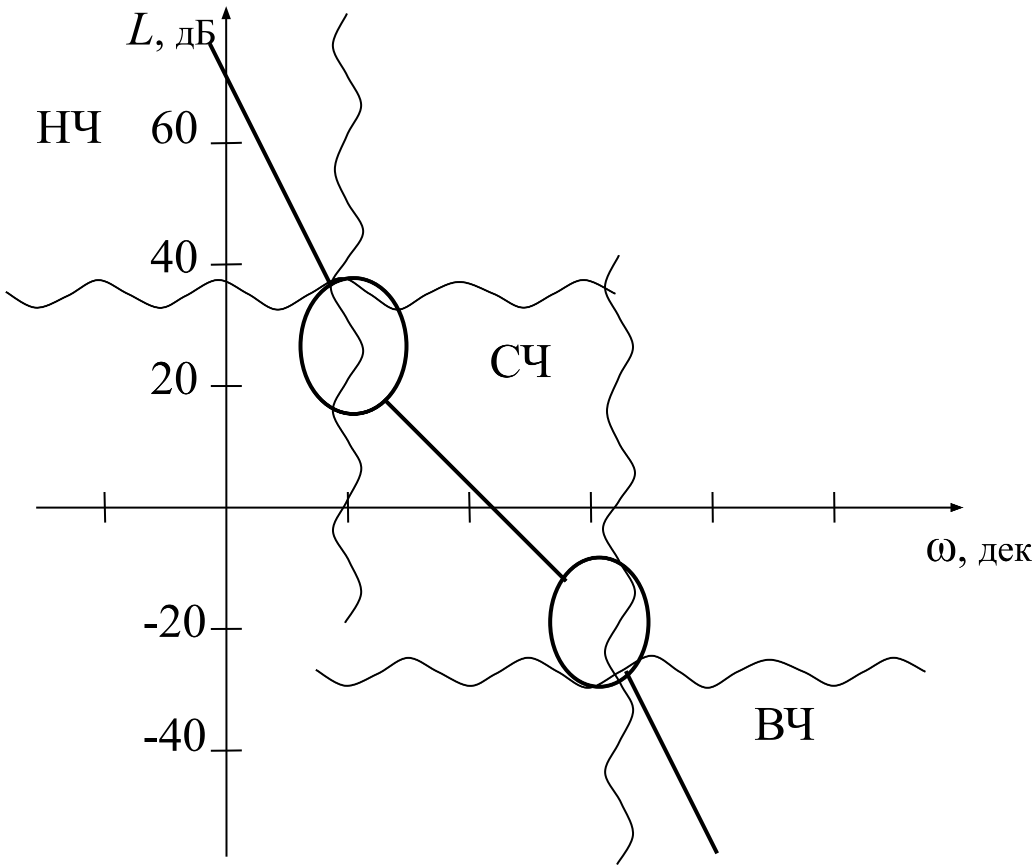
Область НЧ: Низкочастотная асимптота ЛАХ полностью определяется заданными ошибками – статической, скоростной и по ускорению

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

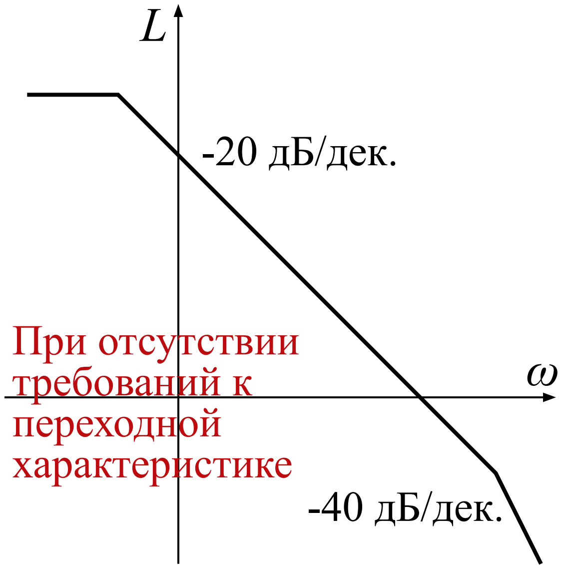
Построим отрезки ЛАХ разомкнутой системы в соответствии с этими ограничениями

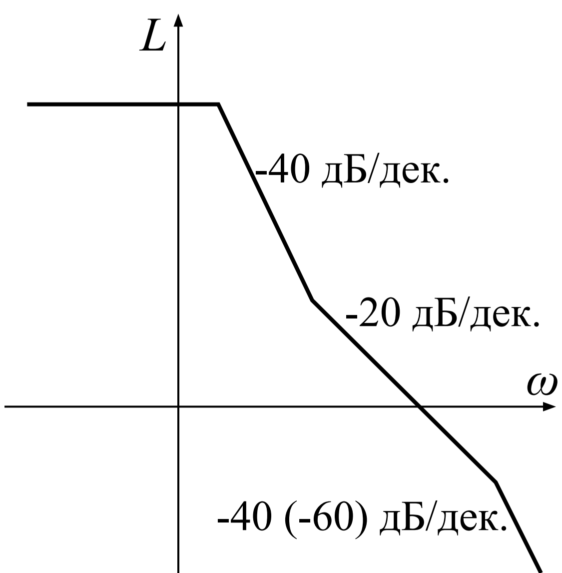


Свобода творчества ограничена указанными пунктиром областями. При этом надо помнить еще об одном требовании: обойтись звеньями по возможности более низкого порядка.

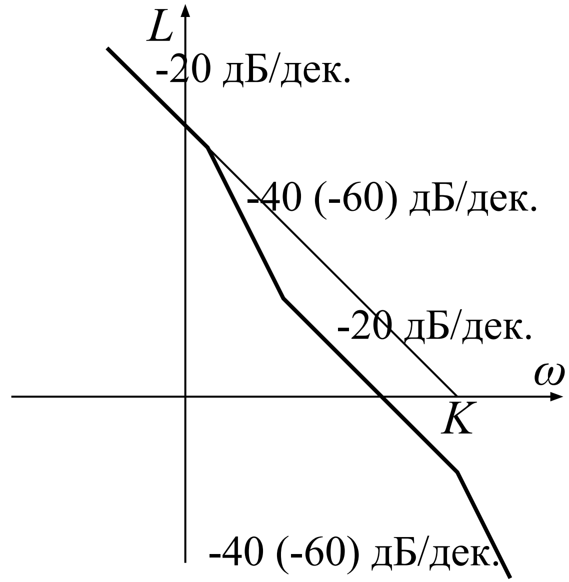
Избегая неоправданного усложнения структуры САР, получим следующие ЛАХ для статической и астатических систем.

Статическая система





Астатическая система 1-го порядка



Астатическая система 2-го порядка