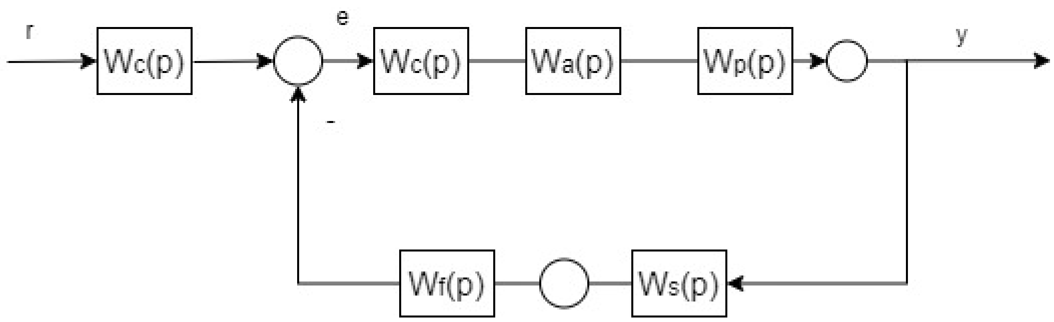
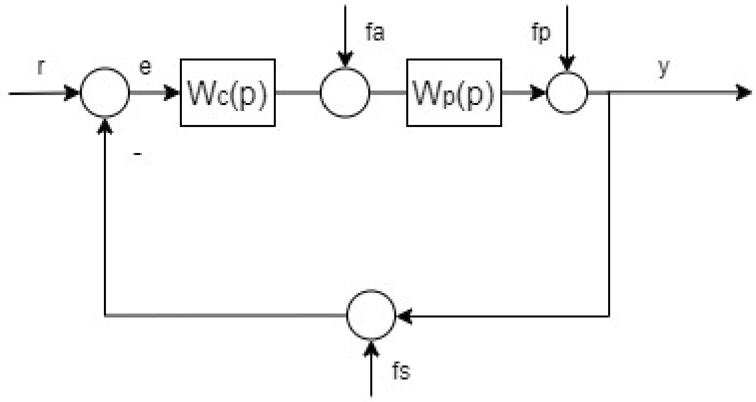
# Практика 12 - Построение весовых функций

Предположим уже имеется известный объект управления с передаточной функцией $W_p(p)$, есть обратная связь, реализуемая с помощью датчиков с передаточной функцией W_s(p), регулятор, который осуществляет как последовательную, так и параллельную коррекцию, с передаточной функцией W_f(p) в обратной связи и W_c(p), актуатор (кто непосредственно обеспечивает коррекцию, с передаточной функцией W_a(p), а также коэффициент усиления реализован передаточной функцией W_r(p). Есть задающее воздействие r, e – ошибка, y - выход. Структурная схема тогда имеет вид:




Данную схему можно упростить, записав в виде:




На данной схеме учтены некоторые возмущения:

- fp – возмущения, действующие непосредственно на объект управления. Предположим, если регулируем в объекте управления положение по высоте, то, к примеру, на массу оказали давление сверху. Данное возмущение будем считать ступенчатым, то есть оказали воздействие и смотрим, как система справится с тем, чтобы отработать данное возмущение.
- fs – возмущение, связанное с измерением. Обычно это какие-либо шумы в датчике. Будем считать это высокочастотным возмущением.
- fa – возмущение в актуаторе. Примем, что данное возмущение также низкочастотное, гармоническое.

Имеется передаточная функция объекта управления в виде:

$$W_p(p) = \frac{b_1 s + b_0}{(s + a_1)(s^2 + a_2 s + a_3)}$$

Например,

$$W_p(p) = \frac{2s + 20}{(s + 3)(s^2 + 4s + 50)}$$

Далее необходимо определить диапазоны частот возмущений. То есть для высокочастотной гармонической помехи fs мы должны указать, что будет являться нижней границей этой высокой частоты. Аналогично, для fa – низкочастотного воздействия. Необходимо определить задающее воздействия, которое должна отрабатывать системы, а также диапазоны неопределенности объекта управления.

К примеру, $r = f_r(t) = t,$

$$f_p = f_p(t) = k_p = 1,$$

$$f_a = f_a(t) = A_a \sin(\omega_a t) : A_a \leq 0.1, \omega_a \leq 0.1,$$

$$f_s = f_s(t) = A_s \sin(\omega_s t) : A_s \leq 0.1, \omega_s \geq 100\,.$$

Далее мы вводим требования. То есть у нас должна быть некоторая конечная ошибка по заданию $e_r^\infty$, амплитуда максимальной установившейся ошибка по низкочастотному возмущению $|e_{fa}^\infty|$, амплитуда максимальной установившейся ошибка по высокочастотному возмущению $|e_{fs}^\infty|$ и конечное подавление по возмущению fp - $|e_{fp}^\infty|$. Также должны быть требования к динамике регулируемой системы: максимальное перерегулирование и время регулирования.

Например, $|e_r^\infty| \leq 0.15$

$$|e_{fa}^\infty| \leq 0.01$$

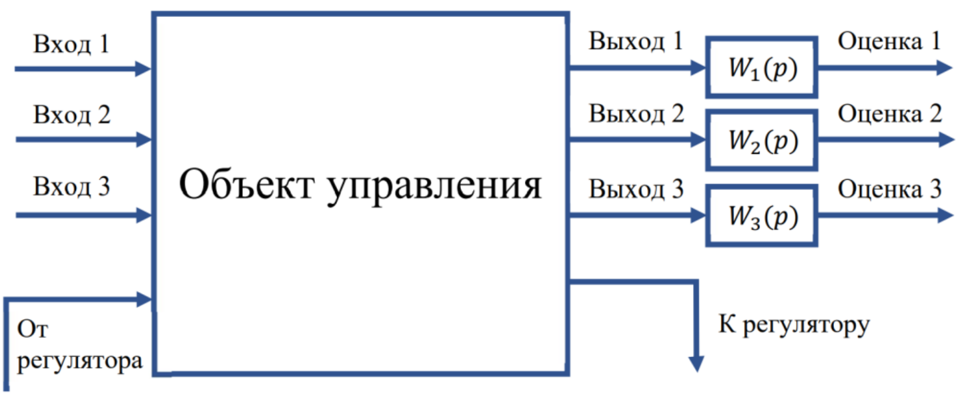
$$|e_{fs}^\infty| \leq 0.001$$

$$|e_{fp}^\infty| \leq 0.2$$

$$\sigma \leq 0\%$$

$$t_p = 0.3 \text{ с}$$

Синтез робастного управления осуществляется с помощью метода Hinf, реализованного в Matlab в виде готовой функции. Функция принимает в качестве аргумента систему с входами – воздействиями, и выходами – наблюдаемыми сигналами с весовыми функциями, описывающими необходимую динамику каждого сигнала. Также указывается пара вход-выход для регулятора. Схема объекта, подаваемого на вход функции Hinf:



В рассматриваемой системе входами являются задающее воздействие и несколько возмущающих сигналов, а выходами – выходная переменная и ошибка управления. Тогда у нас присутствуют 2 весовые функция для данных сигналов, которые нам необходимо найти.

Будем называть данные функции функциями чувствительности S и T. Мы можем подсчитать данные функции через некоторый стандартный полином, описывающий динамику, требуемую в системе. Так как воздействие линейное и мы хотим, чтобы установившаяся ошибка была постоянна, нам необходим 1 порядок астатизма в системе.

| | **вход** | | |
|---|---|---|---|
| **Астатизм** | **ступень** | **рампа** | **синус** |
| **0** | $\frac{K_d^2 R_0}{K_d + K_p K_c G_a}$ | $\infty$ | $\infty$ |
| **1** | 0 | $\frac{K_d^2 R_0}{K_p K_c G_a}$ | $\infty$ |
| **2** | 0 | 0 | $\frac{K_d^2 R_0}{K_p K_c G_a}$ |

Так как у исходного объекта управления 0 порядок астатизма, тогда регулятор должен содержать как минимум 1 интегратор, то есть $\nu$=1, при воздействии r(t)=t - $R(s) = \frac{1}{s^2}$

$$|e_r^\infty| = \lim_{t\to\div\infty} e_r(t) = \lim_{t\to\div\infty} S(s) * e_r(s) \le 0.15$$

$$|e_r^\infty| = \lim_{s\to 0} s * S(s) * s^\nu * R(s) = \lim_{t\to\div\infty} S(s) \le 0.15$$

Аналогично рассмотрим возмущение по теореме о конечных значениях:

$$f_p(s) = \frac{1}{s}$$

$$\left|e_{fp}^\infty\right| = \lim_{s\to 0} s * S(s) * s^\nu * \frac{1}{s} * \frac{W_p(0)}{s} = S(s) * \frac{2}{15} \le 0.2 \to S(s) \le 1.5$$

Так как первое условие более строгое, чем второе, то примем во внимание именно его. Далее получим ограничения с учетом высокочастотных и низкочастотных помех:

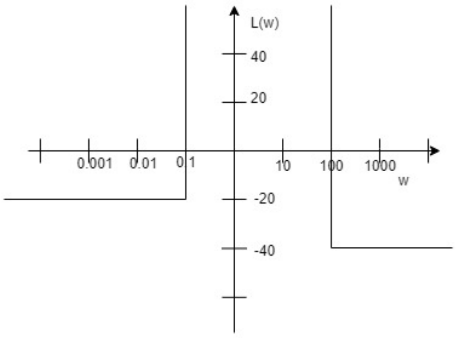
$$|S(j\omega)| = \frac{\left|e_{fa}^\infty\right|}{A_a} = \frac{0.01}{0.1} = 0.1$$

Тогда нижняя граница низкочастотных ограничений: $M_S^{LF} = 20 \lg 0.1 = -20$ дБ.

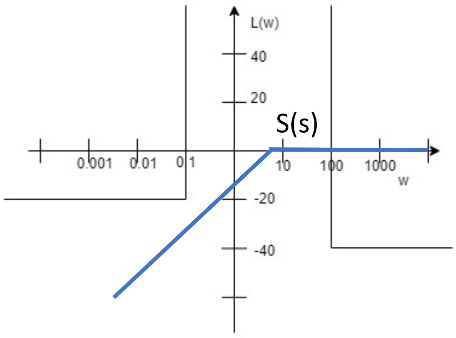
$$|T(j\omega)| = \frac{\left|e_{fs}^\infty\right|}{A_s} = \frac{0.001}{0.1} = 0.01$$

Тогда нижняя граница высокочастотных ограничений: $M_S^{HF} = 20 \lg 0.01 = -40$ дБ.

С учетом граничных частот получим:



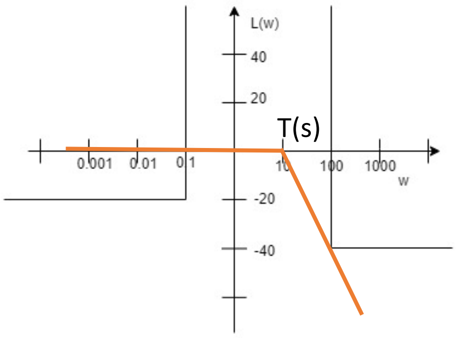

Так как $S(0) = 0.15, \frac{1}{\omega_c} = 0.15$, $\omega_c = 6.7$. Также из рисунка мы видим, что нам достаточно взять наклон для S равный +1.




Тогда

$$S(s) = \frac{s * 0.15}{\frac{1}{6.7}s + 1}$$

Аналогично, функция чувствительности T определяется временем регулирования и высокочастотными воздействиями. Тогда так как переходный процесс заканчивается через 3 постоянных времени, $t_p = 0.3$ в нашем случае, значит T=0.1, то есть частота среза замкнутой системы не ниже 10 рад/с.




Тогда так как частота не ниже 10 рад/с, а ограничения не выше 100 рад/с, то можем увидеть, что необходим наклон как минимум -2. Тогда

$$T(s) = \frac{1}{(0.1s + 1)^2}$$

Тогда $W_1(s) = S(s)^{-1}, W_2(s) = T(s)^{-1}$