Анализ влияние типа и параметров регулятора на устойчивость в частотной области

Представление амплитудно-фазовой характеристики системы в разомкнутом состоянии на комплексной плоскости позволяет просто и наглядно рассмотреть вопрос о влиянии типа и параметров регулятора на запасы устойчивости.

При анализе будем, как и ранее считать, что передаточная функция объекта известна, следовательно, известна и его амплитудно-фазовая характеристика $W_{i\dot{\alpha}}(j\omega)$.

Влияние вида и параметров регулятора можно выявить, представив конкретный вектор годографа амплитудно-фазовой характеристики в разомкнутом состоянии при некоторой частоте ω_k в следующем виде

$$W_{pas}(j\omega_{k}) = W_{o\delta}(j\omega_{k}) \cdot W_{p}(j\omega_{k}) =$$

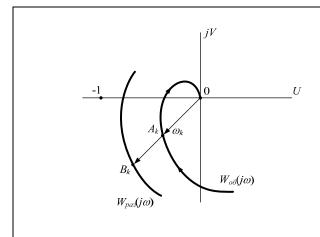
$$= W_{o\delta}(j\omega_{k}) \cdot \left[K_{p} + K_{\delta} \cdot j\omega_{k} + \frac{K_{u}}{j\omega_{k}} \right] =$$

$$= W_{o\delta}(j\omega_{k}) \cdot K_{p} + W_{o\delta}(j\omega_{k}) \cdot K_{\delta} \cdot \omega_{k} \cdot e^{j90^{\circ}} + W_{o\delta}(j\omega_{k}) \cdot \frac{K_{u}e^{-j90^{\circ}}}{\omega_{k}}.$$
(51)

Соотношение (50) дает очевидное правило построения вектора амплитуднофазовой характеристики системы в разомкнутом состоянии.

Рассмотрим частные случаи.

1.
$$\Pi$$
 - регулятор ($K_p > 0$; $K_o = 0$; $K_u = 0$).



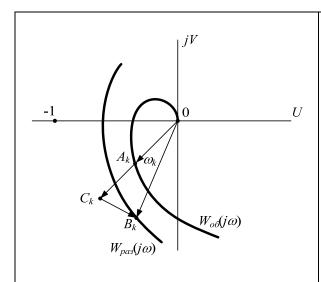
$$W_{o\delta}(j\omega_k) = \overline{0A_k}; \quad W_{pas}(j\omega_k) = \overline{0B_k} = \overline{0A_k} \cdot K_p$$

$$\begin{split} W_{pas}(j\omega_k) &= W_{o\delta}(j\omega_k) \cdot W_p(j\omega_k) = \\ &= W_{o\delta}(j\omega_k) \cdot K_p \end{split}$$

Рис 16.

Как показано выше в системе с Π - регулятором увеличение K_p приводит к повышению статической точности (снижению статизма). Одновременно, как это видно из рисунка 16 увеличение K_p может приводить к снижению запасов устойчивости, а при некотором достаточно большом значении K_p может произойти нарушение устойчивости.

2. ПД - регулятор ($K_p > 0$; $K_o > 0$; $K_u = 0$).



$$\begin{split} W_{o\delta}(j\omega_k) &= \overline{0A_k}; \\ W_{pa3}(j\omega_k) &= \overline{0A_k} \cdot K_p + \overline{C_k B_k}; \\ \overline{C_k B_k} &= \overline{0A_k} \cdot T_o \cdot \omega_k \cdot e^{j90^\circ} \end{split} .$$

$$\begin{split} W_{pas}(j\omega_{k}) &= W_{o\delta}(j\omega_{k}) \cdot W_{p}(j\omega_{k}) = \\ &= W_{o\delta}(j\omega_{k}) \cdot \left[K_{p} + K_{\delta} \cdot j\omega_{k} \right] = \\ &= W_{o\delta}(j\omega_{k}) \cdot K_{p} + W_{o\delta}(j\omega_{k}) \cdot K_{\delta} \cdot \omega_{k} \cdot e^{j90^{\circ}} \end{split}$$

Дифференциальная составляющая не влияет на свойства системы в установившемся режиме, но как видно из рисунка 17 при прочих равных условиях приводит к увеличению запасов устойчивости.

3. **И** - регулятор (
$$K_p = 0$$
; $K_{\partial} = 0$; $K_u > 0$).

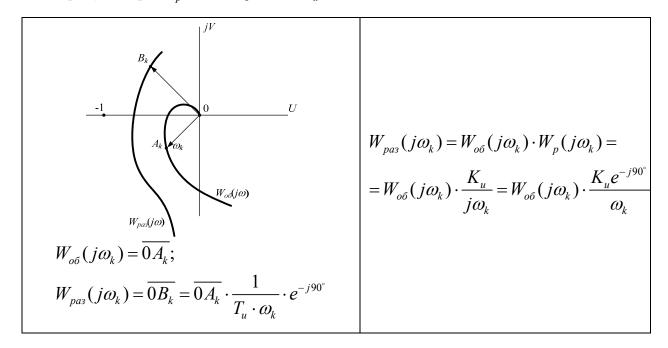


Рис 18.

В установившемся режиме в системе с **И** - регулятором принципиально отсутствуют статические ошибки (нулевой статизм). Однако, как видно вместе с этим интегральный регулятор приводит к снижению запасов устойчивости, так как все векторы $W_{\delta\hat{a}\varsigma}(j\omega)$ поворачиваются на 90° в сторону точки -1; j0.

4. ПИ - регулятор ($K_p > 0$; $K_o = 0$; $K_u > 0$).

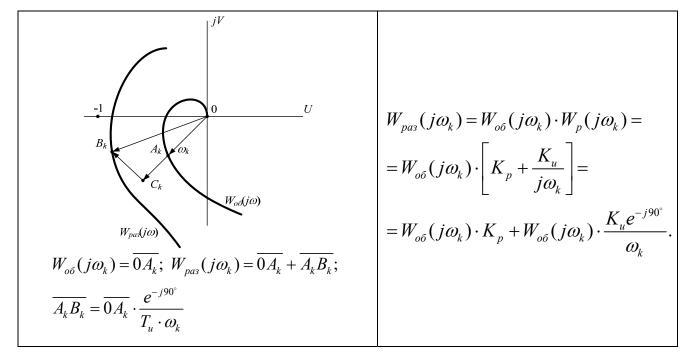


Рис 19.

Интегральная составляющая в законе регулирования *приводит к полному* устранению статических ошибок, но одновременно при прочих равных условиях снижает запасы устойчивости (за счет составляющей $B_{\nu}C_{\nu}$).

Сопоставление влияния типа регулятора и его параметров на свойства системы в установившемся режиме и на запасы устойчивости позволяет установить, что условие повышения точности работы системы автоматического регулирования и условие повышение запасов устойчивости являются противоречивыми. Именно поэтому, как было обращено внимание выше, вопросы о характеристиках системы в установившемся режиме должны решаться одновременно с вопросами о свойствах системы в переходном режиме и ее устойчивости.

Основным путем разрешения противоречия между точностью и устойчивостью системы является изменение структуры системы введением дополнительных связей.

В качестве примера использования такого пути является применение системы с ПИД -регулятором. Установившийся режим такой системы

рассмотрен выше и установлено, что при этом в системе отсутствуют статические ошибки.

На рисунке 20 иллюстрируется влияние всех трех составляющих на положение амплитудно-фазовой характеристики системы в разомкнутом состоянии.

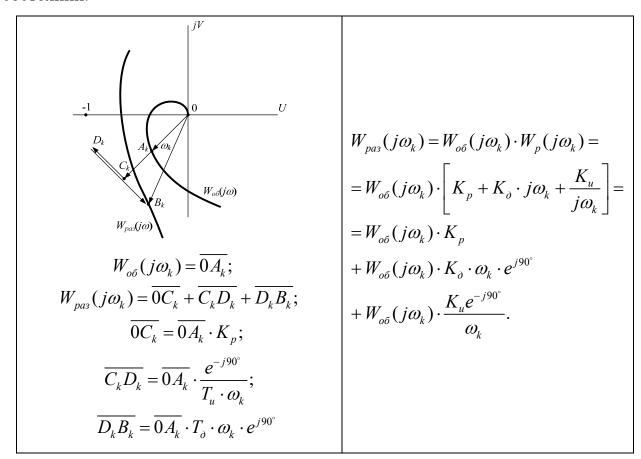


Рис 20.

Из рисунка 20 очевидно, что снижение запаса устойчивости за счет интегральной составляющей (вектор $C_k D_k$), может быть устранено за счет одновременного использования дифференциальной составляющей (вектор $D_k B_k$).

Что следует помнить.

1. При увеличении коэффициента усиления в пропорциональном регуляторе в системе уменьшается время нарастания переходного процесса, уменьшается статическая ошибка, но при этом увеличивает

- перерегулирование. Неконтролируемое увеличение коэффициента усиления приводит к неустойчивости системы.
- 2. Интегральный регулятор уменьшает статическую ошибку, но ухудшает динамические характеристики системы, то есть увеличивает время нарастания переходного процесса, увеличивает перерегулирование и время регулирования.
- 3. Дифференциальный регулятор увеличивает устойчивость системы, уменьшает перерегулирование и время регулирования, то есть улучшает динамические характеристики системы, не влияет на систему в установившемся режиме.