

Лабораторная работа №3

АНАЛИЗ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ И ТОЧНОСТИ В САУ

1. Цель работы

Исследовать влияние структуры и параметров системы на качество переходных процессов и статическую ошибку.

2. Основные сведения

Необходимо проанализировать свойства процессов в системе, структурная схема которой представлена на рис.3.1.

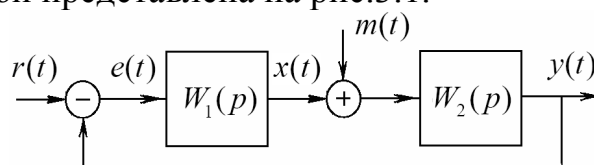


Рис.3.1. Структурная схема исследуемой системы

В изображениях по Лапласу данная структурная схема показана на рис.3.2.

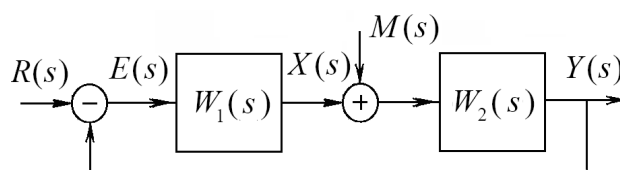


Рис.3.2. Структурная схема системы для изображений по Лапласу

Аналитическую оценку качества переходных процессов в системе можно получить на основе корневого способа и частотного способа.

1) Корневой способ.

По расположению корней на комплексной плоскости (рис.3.3) находят степень устойчивости и колебательность системы:

$$\eta = \min_i |\alpha_i|, \quad \mu = \max_i \left| \frac{\beta_i}{\alpha_i} \right|.$$

Соответственно приближенные оценки для времени переходного процесса и величины перерегулирования получают по формулам:

$$t_{II} \approx \frac{3}{\eta}, \quad \sigma \approx 100e^{-\pi/\mu} [\%].$$

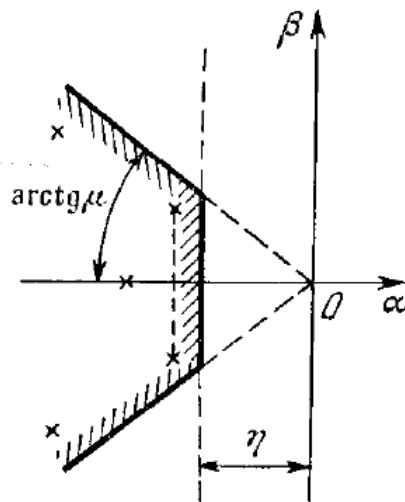


Рис.3.3. Размещение корней характеристического полинома исследуемой системы на комплексной плоскости

2) Частотный способ.

Качество переходных процессов в системе можно оценить по виду вещественной частотной характеристики замкнутой системы (рис.3.4) $P(\omega)$ и номограммам (рис.3.5), при этом приближенные оценки для величины перерегулирования и длительности переходного процесса получают по формулам:

$$\sigma \approx \frac{1.2P_{\max} + 0.3|P_{\min}| - P(0)}{P(0)} \cdot 100\% , \quad t_{\Pi} \approx \frac{N\pi}{\omega_{\Pi}}$$

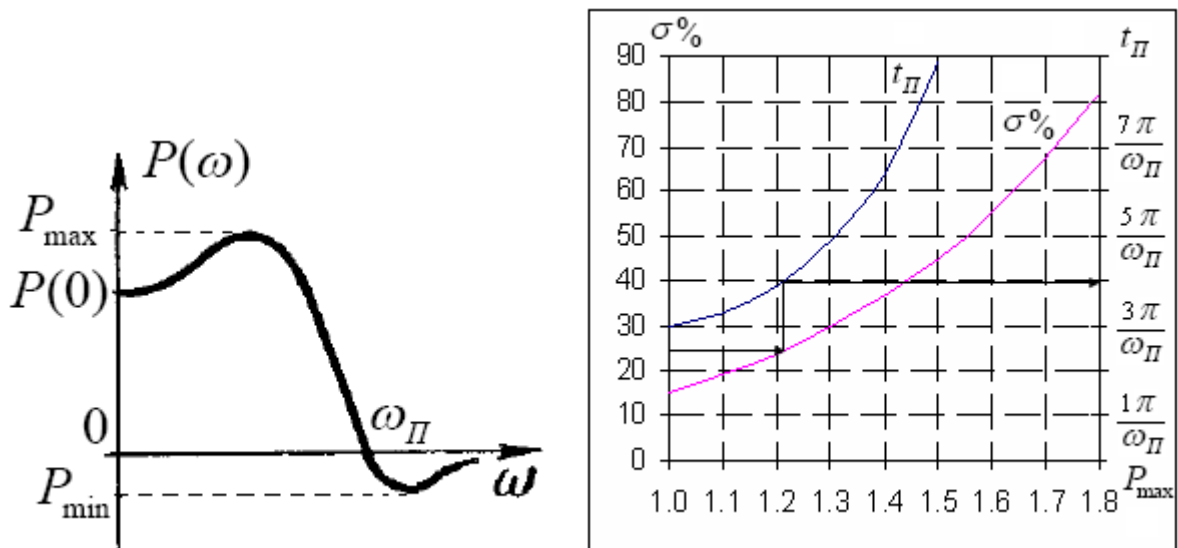


Рис.3.4. ВЧХ замкнутой системы. Рис.3.5. Номограммы для оценки t_{Π} и σ .

Изображение по Лапласу для ошибки в исследуемой системе имеет вид

$$E(s) = \frac{1}{1 + W_1(s)W_2(s)} R(s) + \frac{(-1)W_2(s)}{1 + W_1(s)W_2(s)} M(s)$$

При $r(t) = r_0 \cdot 1(t)$, $m(t) = m_0 \cdot 1(t)$ получим $R(s) = L\{r_0 1(t)\} = \frac{r_0}{s}$,

$$M(s) = L\{m_0 1(t)\} = \frac{m_0}{s}, \text{ где } r_0 = \text{const} \text{ и } m_0 = \text{const}.$$

Тогда ошибка в установившемся режиме равна

$$e_0 = \lim_{t \rightarrow \infty} e(t) = \lim_{s \rightarrow 0} sE(s) \\ = \lim_{s \rightarrow 0} s \left[\frac{1}{1 + W_1(s)W_2(s)} R(s) + \frac{(-1)W_2(s)}{1 + W_1(s)W_2(s)} M(s) \right]$$

В результате получим

$$e_0 = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{1}{1 + W_1(s)W_2(s)} \cdot r_0 + \lim_{s \rightarrow 0} \frac{(-1)W_2(s)}{1 + W_1(s)W_2(s)} \cdot m_0$$

В статической системе ошибка e_0 зависит от величин r_0 и m_0 , а также от коэффициента усиления разомкнутой системы, увеличение которого ведет к уменьшению ошибки. Однако увеличение коэффициента усиления разомкнутой системы приводит к уменьшению запаса устойчивости системы, т.е. требования точности и устойчивости являются взаимно противоречивыми.

В астатической системе в установившемся режиме составляющая ошибки e_0 от действия $r(t) = r_0 \cdot 1(t)$ равна нулю, а составляющая ошибки e_0 от действия $m(t) = m_0 \cdot 1(t)$ обращается в ноль только в том случае, когда точка приложения возмущения в прямой цепи на структурной схеме находится после интегратора. В режиме линейной заводки по входу для астатических систем, где $r(t) = a_r t 1(t)$, $a_r = \text{const}$, установившаяся ошибка e_0 называется скоростной ошибкой по входу $r(t)$ и обозначается как e_{clr} . Учитывая, что $R(s) = L\{a_r t 1(t)\} = \frac{a_r}{s^2}$ и полагая $m(t) = 0$, т.е. $M(s) = 0$, получаем выражение для скоростной ошибки по входу $r(t)$ вида

$$e_{clr} = e_0 = \lim_{s \rightarrow 0} sE(s) = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{1}{1 + W_1(s)W_2(s)} \cdot \frac{a_r}{s^2}.$$

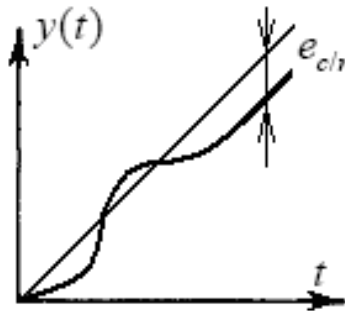


Рис.3.6. Качественный вид переходного процесса в астатической системе для режима линейной заводки по входу $r(t)$.

3. Методические указания

Поскольку для линейных систем справедлив принцип суперпозиции, то при исследовании статической ошибки, вызванной действием входного сигнала $r(t) = r_0 \cdot 1(t)$, полагают, что возмущение $m(t)$ равно нулю. При исследовании составляющей ошибки от возмущения полагают, что $m(t) = m_0 \cdot 1(t)$, а $r(t)$ равно нулю. Полная статическая ошибка e_0 в системе равна сумме двух составляющих ошибки e_0 , которую можно получить, полагая $r(t) = r_0 \cdot 1(t)$ и $m(t) = m_0 \cdot 1(t)$.

Для определения скоростной ошибки по входу $r(t)$ исследуемой системы полагают $r(t) = a_r t 1(t)$ и $m(t) = 0$.

4. Порядок выполнения работы

4.1. Подготовить модель системы, структурная схема которой приведена на рис. 3.1, где

$$W_1(s) = \frac{K_1}{T_1^2 s^2 + 2dT_1 s + 1}; \quad W_2(s) = \frac{K_2}{s}.$$

Параметры передаточных функций приведены в табл.3.1.

Таблица 3.1

Параметр	1	2	3	4	5	6	7	8
K_1	3	2	2	3	2	10	1	2
T_1	0,1	0.2	0.5	0.4	0.05	0.08	0.1	0.5
d	0.8	1.0	1.3	1.1	2.0	1.5	1.2	1.5
K_2	4	3	2	1	20	2	4	3
T_2	0,7	0.1	0.8	0.2	0.9	0.5	0.7	0.5
a_r	2	3	5	1	4	2.5	2	4

Получить графики сигналов $r(t)$, $y(t)$ и $e(t)$ при $r(t) = r_0 \cdot 1(t)$ и $m(t) \equiv 0$. Оценить по графикам показатели качества переходного процесса (время переходного процесса, перерегулирование) и ошибку в установившемся режиме от ступенчатого входного воздействия.

4.2. Получить графики сигналов $m(t)$, $y(t)$ и $e(t)$ при $m(t) = m_0 \cdot 1(t)$ и $r(t) \equiv 0$. Оценить по графикам ошибку в установившемся режиме от ступенчатого возмущающего воздействия.

4.3. Получить графики сигналов $r(t)$, $y(t)$ и $e(t)$ для режима линейной заводки по входу, где $r(t) = a_r t 1(t)$, $a_r = const$ и $m(t) \equiv 0$. Оценить по графикам величину скоростной ошибки по входу $r(t)$.

4.4. Изменить модель системы следующим образом:

$$W_1(s) = \frac{K_2}{s}; \quad W_2(s) = \frac{K_1}{T_1^2 s^2 + 2dT_1 s + 1};$$

и повторить пп. 4.1 и 4.2.

4.5. Заменить интегрирующее звено апериодическим с передаточной функцией

$$W_1(s) = \frac{K_2}{T_2 s + 1}$$

и повторить пп. 4.1, 4.2. Сравнить полученные результаты с результатами пп.4.1, 4.2 и 4.4.

4.6. В системе по п. 4.5, получить графики для $r(t)$, $y(t)$ и $e(t)$ при $r(t) = r_0 \cdot 1(t)$ и $m(t) = m_0 \cdot 1(t)$. Оценить по графикам величину полной ошибки в установившемся режиме, сравнить полученный результат с расчетным значением ошибки.

4.7. В системе по п. 4.5, получить графики для $r(t)$, $y(t)$ и $e(t)$ при $r(t) = r_0 \cdot 1(t)$ и $m(t) \equiv 0$. Оценить по графикам величины t_{II} , σ и e_0 для четырех различных значений параметра K_2 , где значения параметра K_2 выбираются в области устойчивости системы. Построить графики для зависимостей t_{II} , σ и e_0 от величины параметра K_2 .

5. Содержание отчета

5.1. Цель работы.

5.2. Структурные схемы исследованных систем.

5.3. Графики всех переходных процессов.

5.4. Экспериментально найденные t_{II} , σ и e_0 для п.4.1 и их значения, рассчитанные частотным и корневым способами.

5.5. Расчетные и экспериментально найденные значения скоростной ошибки по входу для п.4.3.

5.6. Расчетные и экспериментально найденные значения полной ошибки для п.4.6.

5.7. Выводы к работе.

6. Контрольные вопросы

- 6.1. Как влияет местоположение интегратора в системе на статическую ошибку ?
- 6.2. Записать выражение для АЧХ и ВЧХ замкнутой системы.
- 6.3. Как по ВЧХ системы оценить t_{II} , σ и e_0 ?
- 6.4. Какая взаимосвязь существует между ВЧХ и переходной характеристикой системы ?
- 6.5. Как оценить качество переходного процесса по корням характеристического уравнения ?
- 6.6. Записать выражение для статической ошибки от действия входного сигнала и возмущения в статической системе.
- 6.7. Как влияет изменение коэффициента усиления разомкнутой системы на статическую ошибку и качество переходного процесса ?
- 6.8. Какая система называется астатической ?