

Лабораторная работа № 3.

Исследование системы автоматического регулирования.

Цель работы: 1). Изучение показателей качества линейных систем автоматического регулирования.

2). Изучение влияния параметров САУ на показатели качества.

В данной лабораторной работе изучаются прямые и косвенные оценки качества линейных систем, наиболее часто применяемые при анализе и синтезе систем, и влияние на них одного из параметров - коэффициента усиления системы.

Прямые оценки качества определяют по кривой переходной характеристики $x_{\text{вых}}(t) = h(t)$, получаемой при воздействии единичной ступенчатой функции $x_{\text{вх}}(t) = 1(t)$ при нулевых начальных условиях. Если САУ описывается линейным дифференциальным уравнением с постоянными коэффициентами, то при подаче на вход воздействия $x_{\text{вх}}(t)$, выходную величину $x_{\text{вых}}(t)$ можно записать так:

$$x_{\text{вых}}(t) = x_{\text{св}}(t) + x_{\text{в}}(t),$$

где: $x_{\text{вых}}(t)$ - решение дифференциального уравнения, описывающего систему;

$x_{\text{св}}(t)$ - свободная составляющая переходного процесса, соответствующая решению однородного дифференциального уравнения;

$x_{\text{в}}(t)$ - вынужденная (установившаяся) составляющая, по которой определяют точность системы.

Точность системы при подаче на вход единичного ступенчатого воздействия - **статическая ошибка** ε определяется как разность между заданным x_3 и установившимся $h_{\text{уст}}$ значениями выходной величины и выражается в процентах от заданного значения:

$$\varepsilon = \frac{x_3 - h_{\text{уст}}}{x_3} 100\% = (1 - h_{\text{уст}}) \cdot 100\%$$

В данной работе рассматриваются следующие **прямые оценки качества**, характеризующие переходный процесс:

1. **Перерегулирование** σ - максимальное отклонение переходной характеристики от установившегося значения выходной величины, выраженное в относительных единицах или процентах:

$$\sigma = \frac{h_{\text{max1}} - h_{\text{уст}}}{h_{\text{уст}}} 100\%$$

где h_{max1} - значение первого максимума переходной характеристики.

2. **Время регулирования** t_p - минимальное время, по истечении которого регулируемая величина будет оставаться близкой к установившемуся значению с заданной точностью:

$$|h(t) - h_{\text{уст}}| \leq \Delta \quad \text{при } t \geq t_p,$$

где Δ - постоянная величина, задаваемая в процентах от установившегося значения выходной величины $h_{\text{уст}}$. Обычно принимают $\Delta = 0,05 h_{\text{уст}}$.

Косвенные оценки качества системы, рассматриваемые в данной работе:

1. **Показатель колебательности системы M** - определяется по **амплитудной частотной характеристике*** замкнутой системы как отношение максимального значения АЧХ $A_{\max}(\omega)$ к ее значению при $\omega = 0$

$$M = A_{\max}(\omega) / A(0)$$

Для астатических систем $A(0) = 1$ и $M = A_{\max}$.

2. **Корневые методы оценки качества регулирования** - определяются по расположению корней характеристического уравнения замкнутой системы на комплексной плоскости.

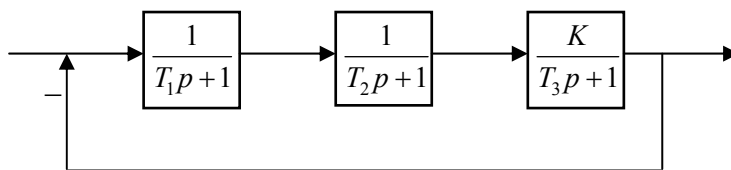
а). **Степень устойчивости η** - расстояние от мнимой оси до ближайшего корня или ближайшей пары сопряженных комплексных корней.

б). **Колебательность системы μ** - максимальное отношение мнимой части корня β_i к его действительной части α_i

$$\mu = \operatorname{tg} \varphi = (\beta_i / \alpha_i)_{\max}.$$

Иными словами колебательность системы μ определяет тангенс угла, образованного отрицательной вещественной полуосью и лучом, проведенным из начала координат к корню, у которого отношение мнимой части к действительной максимально.

В данной работе исследуется система автоматического регулирования, имеющая структурную схему:



Постоянные времени T_1 , T_2 и T_3 , ($T_1 > T_2 > T_3$), задаются преподавателем.

Для выполнения работы используется программа CONTROL, входящая в пакет ТАУЗ.

* **Амплитудная частотная характеристика (АЧХ – $A(\omega)$)** – зависимость модуля частотной передаточной функции от частоты при изменении частоты от 0 до $+\infty$. (Экспериментально определяется как отношение амплитуд выходного гармонического сигнала к входному при изменении частоты в заданном диапазоне).

Порядок выполнения работы.

1. Предварительные расчеты.

Прежде чем приступить к экспериментальной части работы, необходимо произвести следующие расчеты:

- 1) определить критический коэффициент усиления системы $K_{кр}$ замкнутой системы, используя любой критерий устойчивости;
- 2) меняя коэффициент усиления K_i от $0,1K_{кр}$ до $0,4K_{кр}$ с шагом $0,05K_{кр}$, вычислить установившиеся значения переходного процесса $h_{i\text{уст}}$

$$h_{i\text{уст}} = \frac{K_i}{1 + K_i}$$

и рассчитать граничные значения трубки точности, по которой определяется время переходного процесса

$$[h_{i\text{уст}} - \Delta_i, h_{i\text{уст}} + \Delta_i], \text{ где } \Delta_i = 0,05 h_{i\text{уст}}.$$

2. Исследование статической системы.

1) Задание элементов схемы.

В пункте главного меню программы CONTROL “Формирование элементов схемы” задаем передаточные функции регулятора R (пропорциональный, $K = A$) и объекта W (три последовательно соединенных апериодических звена).

2) Определение показателей качества.

Все нижеперечисленные оценки качества должны быть получены при изменении K в заданном диапазоне от $0,1K_{кр}$ до $0,4K_{кр}$ с шагом $0,05K_{кр}$.

а) Построение амплитудной частотной характеристики замкнутой системы.

В главном меню выбираем пункт “Исследование замкнутой системы” → “Амплитудная частотная характеристика”. В появившемся окне задаем первое значение K . После этого на экране появляется амплитудная частотная характеристика. Вы можете выбрать интересующую Вас область графика, вызвав из всплывающего меню пункт “Выбор области”.

По амплитудной частотной характеристике следует определить показатель колебательности M (подведя курсор к нужной точке графика, Вы увидите ее координаты).

Для того чтобы определить степени устойчивости η и колебательность системы μ , вызовите из всплывающего меню пункт “Таблица корней”.

Далее повторяем ту же последовательность действий для остальных значений K .

б) Построение переходного процесса.

В главном меню выбираем пункт “Процесс регулирования”. В появившемся окне задаем первое значение K . После этого на экране появляется переходная характеристика. Вы можете выбрать интересующую Вас область графика, вызвав из всплывающего меню пункт “Выбор области”.

По переходной характеристике следует определить статическую ошибку ε , перерегулирование σ и время регулирования t_p .

Далее повторяем ту же последовательность действий для остальных значений K .

Полученные данные заносим в таблицу:

K	$h_{уст}$	M	ε	σ	t_p	η	μ

в) Построение графиков.

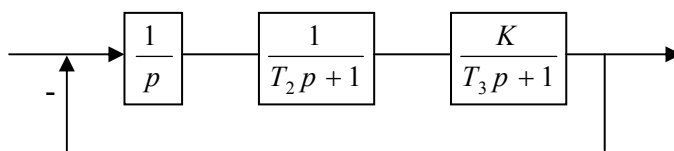
По полученным данным строим графики зависимостей показателей качества M , ε , σ , t_p , η , μ от коэффициента усиления системы K . На основании полученных графиков надо сделать вывод о влиянии коэффициента усиления системы на показатели качества. Кроме того, следует построить графики зависимостей $\sigma = f(M)$ и $\sigma = f(\mu)$, которые используются при анализе и синтезе систем.

3. Выбор значения коэффициента усиления.

Выбирается значение показателя колебательности M в диапазоне 1,2 - 1,5 и по кривой $M = f(K)$ определяется соответствующее значение коэффициента усиления. При этом значении K следует построить переходный процесс (должен быть в отчете). По построенному переходному процессу определяются ε , σ и t_p .

4. Сравнение статической и астатической систем.

В заданной выше структурной схеме аperiodическое звено с большей постоянной времени T_1 заменяется интегрирующим звеном. В результате получаем структурную схему системы:



Для этой структурной схемы нужно сначала определить коэффициент усиления K , который обеспечивал бы выбранное в предыдущем пункте значение показателя колебательности M (строая амплитудные частотные характеристики в программе CONTROL и подбирая нужный вариант). При найденном значении K следует построить переходный процесс (должен быть в отчете) и определить его качественные показатели.

Полученные показатели качества следует сравнить с качественными показателями переходного процесса в статической системе при том же значении M .

Содержание отчета.

Отчет должен содержать:

1. структурные схемы исследуемых систем;
2. расчеты, выполненные при подготовке к работе;
3. таблицу экспериментальных данных;
4. графики зависимостей показателей качества от коэффициента усиления системы K : $\varepsilon = f(K)$, $M = f(K)$, $\sigma = f(K)$, $\eta = f(K)$, $\mu = f(K)$;
5. графики зависимостей $\sigma = f(M)$ и $\sigma = f(\mu)$;
6. переходные процессы в статической и астатической системах и их качественные показатели (ε , σ и t_p);
7. выводы.

При защите лабораторной работы обязательно нужно:

- а) знать показатели качества регулирования, методы их определения;
- б) уметь пояснять полученные результаты и знать, как можно обеспечить заданные качественные показатели в системе.