**Лабораторная работа №5**

**ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ МЕТОДОМ МИХАЙЛОВА**

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Экспериментальное построение областей устойчивости линейных систем автоматического управления и изучение влияния на устойчивость системы ее параметров.

2. УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ

При подготовке к данной лабораторной работе необходимо изучить тему «Устойчивость систем автоматического управления».

3. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Под устойчивостью САУ понимается способность системы возвращаться в заданное состояние или к заданному закону движения после отклонений, вызванными внешними возмущающими воздействиями.

Физической причиной неустойчивости замкнутых систем является инерционность их элементов, из-за чего воздействие обратной связи, направленное на ликвидацию отклонения, запаздывает и поступает на вход объекта регулирования, когда отклонение уже изменилось. Этот процесс протекает либо в виде непрерывно возрастающего отклонения от заданного закона движения, либо в виде колебаний вокруг заданного значения выходной величины.

Устойчивость системы зависит от знака вещественных частей корней характеристического уравнения замкнутой системы:



Кроме этого корневого критерия устойчивости существуют косвенные критерии: алгебраические – Рауса и Гурвица, частотные – Михайлова и Найквиста.

С повышением точности САУ, т.е. с увеличением коэффициента усиления, система становится менее устойчивой. Это объясняется тем, что с ростом коэффициента усиления на объект управления обратная связь действует сильнее. При этом увеличиваются отклонения под действием запаздывающего сигнала обратной связи.

Максимальный коэффициент, при котором система сохраняет устойчивость, называется критическим *Ккр(Т)*.

Кроме коэффициента усиления, устойчивость зависит от инерционных свойств звеньев системы: постоянных времени и постоянных запаздывания. Поэтому устойчивость часто рассматривают как функцию двух или нескольких параметров. Обычно это – коэффициент усиления и постоянная времени одного из звеньев. На основании любого критерия устойчивости могут быть получены области устойчивости в плоскости двух параметров.

Под областью устойчивости в пространстве параметров понимается множество значений параметров, при которых система является асимптотически устойчивой.

Под областью неустойчивости, соответственно, понимается множество значений параметров, при которых система является неустойчивой. Области устойчивости и неустойчивости отделены друг от друга так называемыми границами устойчивости.

Граница устойчивости связывает выбранные параметры в предельном режиме перехода к неустойчивости, так что *Ккр=f(Т)*.

Эта зависимость может быть получена расчетным путем на основе любого критерия устойчивости.

В частности, исходной информацией для определения устойчивости с помощью **критерия Михайлова** является характеристическое уравнение той системы, устойчивость которой определяется. При этом для устойчивости системы необходимо и достаточно, чтобы годограф

,

начинаясь при =0 на положительной вещественной полуоси комплексной плоскости, проходил последовательно *n-*квадрантов этой плоскости в положительном направлении.

Если годограф проходит через начало координат, то система находится на границе устойчивости (см. рис. 1).

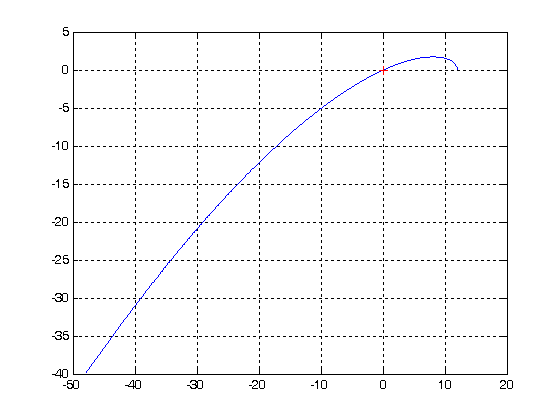


Рис. 1 - Годограф Михайлова для системы на границе устойчивости

Таким образом, уравнение границы устойчивости в пространстве варьируемых параметров *К* и *Т* согласно этому критерию примет вид:

.



Исключив из уравнения **, можно вывести уравнение границы устойчивости, связывающее параметры *Т* и *Ккр*.

Зависимость *Ккр(Т)* в данной работе определяется экспериментальным путем.

4. УКАЗАНИЯ И ПОЯСНЕНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

4.1. Передаточную функцию разомкнутой системы W(s) для схемы моделирования, представленной на рис. 2, выбрать по своему варианту из таблицы 1 ( для 3 и 4 вариантов = 0.5).

*y(t)*

*g(t)*

W(s)

(-)

Рис. 2 - Структурная схема линейной системы автоматического управления

Таблица 1

|  |  |
| --- | --- |
| № варианта | Передаточная функция разомкнутой системы |
| 1 |  |
| 2 |  |
| 3 |  |
| 4 |  |

4.2. Значение постоянной времени выбрать в соответствии с вариантом:

Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| *Т1,с* | 0,5 | 0,75 | 1,0 | 1,25 | 1,5 | 1,75 | 2,0 | 2,25 | 2,5 | 2,75 | 3,0 | 0,25 |

4.3. Для выбранных значений подобрать и , прикоторых система находится на границе устойчивости, и построить график . График рассчитывается следующим образом:

1) Значение выбрать равным 0.5, *K* выбрать незначительным (порядка 0.00001). Построить годограф (см. пункт 5.4), определить расстояние от начала координат до точки пересечения годографа с осью абсцисс, оно равно (с помощью zoom).

2) Перестроить годограф для , убедиться, что система находится на границе устойчивости как по критерию Михайлова, так и по виду переходной функции (step) и ЛАХ.

4) Построить годографы, графики переходных функций и ЛАХ для одной из точек при , и .

5) Перебирая значения в диапазоне [1 1.5 2 … 5], определить для них *.*

6) Построить график с помощью следующего кода:

T2=[0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5 5]

K=[…….] % (десять полученных значений)

plot(T,K)

4.4. Для построения годографа в окне редактора M-файлов набрать следующий код:

clc % (очистить экран)

clear % (удалить ненужные переменные)

K=… % (передаточный коэффициент)

T0=… % (по варианту, если нужно)

T1=… % (по варианту)

T2=… % (изменяется в диапазоне от 0.5 до 5)

W1=tf([1],[1 0]) % (для интегрирующего звена)

W2=tf([1],[T 1]) % (для апериодического звена)

W3=tf([1],[T1\*T1 T2 1]) % (для колебательного звена)

W=K\*W1\*W2\*W3 % (для разомкнутой системы)

Wf=feedback(W,1) % (для замкнутой системы)

[num,den]=tfdata(wf,’v’) % (числитель и знаменатель ПФ)

omega=0.1:0.01:10 % (диапазон и шаг частот)

G=freqs(den,1,omega) % (расчет годографа)

u=real(G) % (вещественная часть годографа)

v=imag(G) % (мнимая часть годографа)

figure(1) % (график строится в 1-м окне)

plot(u,v,0,0,’r\*’) %(график годографа, в т.(0,0) красная \*)

grid on % (координатная сетка)

figure(2) % (график строится в 2-м окне)

step(Wf) % (переходная функция)

grid on % (координатная сетка)

figure(3) % (график строится в 3-м окне)

bode(Wf) % (ЛАХ)

grid on % (координатная сетка)

Замечание Для построения годографа АФЧХ замкнутой системы можно воспользоваться командой freqs(B, A, w), где А – вектор коэффициентов числителя передаточной функции, В – вектор коэффициентов знаменателя.

5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать следующие разделы:

1. Цель работы.

2. Порядок выполнения работы.

3. Результаты работы.

Примечание: этот раздел должен содержать структурную схему, годографы Михайлова, переходные функции и графики ЛАХ для систем устойчивых, неустойчивых и на границе устойчивости. экспериментальную зависимость *Ккр(Т)*.

4. Выводы.

6. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

6.1. Какие функции реализуют операторы freqs, feedback ?

6.2. Сформулировать корневой критерий устойчивости. Что такое годограф ? Как строится корневой годограф (что откладывается по осям графика) ? Как коэффициент усиления, который находится в числителе передаточной функции, влияет на поведение корней характеристического уравнения, которое находится в знаменателе передаточной функции ? Вручную посчитать две точки корневого годографа.

6.3. Сформулировать критерии устойчивости Гурвица, Михайлова, логарифмический критерий. Как строится годограф Михайлова (что откладывается по осям графика) ? Вручную посчитать одну точку годографа.

6.4. Как по логарифмическому критерию устойчивости определить *Ккр* и *кр*?

6.5. Как построить *Ккр(Т),* используя критерий устойчивости Гурвица?

6.6. Постройте, используя любой критерий устойчивости, зависимость *Ккр(Т)* для варианта системы, передаточная функция которой имеет вид, указанный в таблице 1.