

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

Исследование нелинейных САУ методом фазовой плоскости

Цель работы

Научиться применять метод фазовой плоскости исследования систем управления.

Теория

Исследуется замкнутая система автоматического управления, состоящая из нелинейного элемента и линейной части (ЛЧ) (рис. 1.1,а). В качестве нелинейного элемента рассматривается идеальное реле (1.1,б). Передаточная функция линейной части имеет вид

$$W(p) = \frac{k}{T^2 p^2 + 2\zeta Tp + 1}.$$

Система исследуется вне влияния каких-либо воздействий. Поэтому при $g = 0$ рассматриваемая система описывается уравнением

$$y = \frac{k}{T^2 p^2 + 2\zeta Tp + 1} u, \quad u = a \operatorname{sign}(-y),$$

или

$$(T^2 p^2 + 2\zeta Tp + 1)y = ku, \quad u = a \operatorname{sign}(-y).$$

Что вытекает из определения передаточной функции.

Введем замены: $x_1 = y$, $x_2 = \dot{y}$

Для исследования (решения) этих уравнений с помощью пакета Scilab нужно их записать в нормальной форме Коши:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_2 \\ -a_1 x_1 - a_2 x_2 - b \operatorname{sign}(x_1) \end{bmatrix}, \quad (1.1)$$

$$a_1 = \frac{1}{T^2}, \quad a_2 = \frac{2\zeta}{T}, \quad b = \frac{ka}{T^2}. \quad (1.2)$$

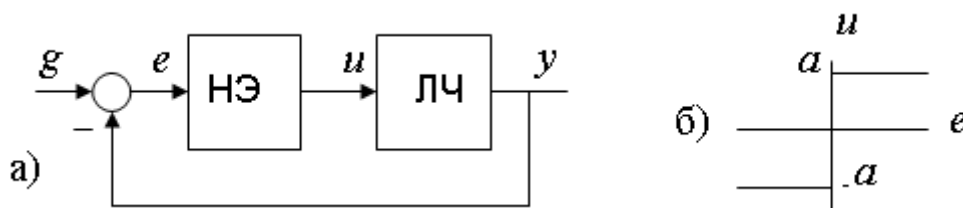


Рис. 1.1

Фазовый портрет получается следующим образом: по оси абсцисс откладывается переменная (это может быть перемещение, давление, температура, любая необходимая переменная), а по оси ординат – ее производная. Каждому движению в момент времени t соответствует изображающая точка на фазовой плоскости, однозначно определяемая мгновенными значениями отклонения переменной и ее производной. Изображающая точка с течением времени перемещается, описывая фазовую траекторию. Время играет роль параметра.

Ниже представлен пример выполнения первого задания для $a_1=a_2=0$ и одного начального условия. Функции `plot` и `xgrid` уже известны. Для решения ОДУ (обыкновенных дифференциальных уравнений) используется функция `ode`. Для интегрирования пишется головная программа, содержащая обращение к процедуре `ode` и подпрограмму-функцию, в которой вычисляются правые части системы дифференциальных уравнений. В головной программе задаются начальные условия для всех переменных, начальное и конечное значения аргумента интегрирования. Оператор `subplot` использован, чтобы вывести несколько графиков в одном графическом окне. Так, запись `subplot(1,2,1)` означает, что график будет выведен в первой ячейке «таблицы» графиков, которая получена разделением графического окна на одну строку и два столбца (нумерация ячеек слева–направо, сверху–вниз).

```
a1=a2=0; b=1;
function G=sgnf(t,x)
a1=1; a2=0.2; b=1;
G=[x(2); -a1*x(1)-a2*x(2)-b*sign(x(1))];
endfunction
x0=[1;0]; //начальные условия
t0=0;
T=0:0.01:(4*pi);
y=ode(x0,t0,T,sgnf);
subplot(1,2,1),plot(T(1,:),y(1,:)),xgrid;
subplot(1,2,2),plot(y(1,:),y(2,:)),xgrid;
```

В итоге программа строит фазовую траекторию и временную характеристику на интервале времени $[0, 4\pi]$ в соседних графических окнах.

Задание и порядок его выполнения

1. Составьте программы решения и построения фазового портрета и временных характеристик системы (1.1) при $a_1 = a_2 = 0$, $b = 1$ и начальных условиях $x(0) = (1 \ 0)^T$, $x(0) = (2 \ 0)^T$, $x(0) = (3 \ 0)^T$. Составьте программу и проанализируйте фазовый портрет и временные характеристики.

2. По формулам (1.2) рассчитайте коэффициенты a_1 и a_2 по табличным данным. При найденных значениях параметров и $b = 1$ постройте фазовый портрет и временные характеристики при тех же начальных условиях, что и в п.1.

3. Прodelайте то же, что и в п.2 при половинном и удвоенном значениях T и при половинном и удвоенном значениях ζ .

4. При рассчитанных a_1 , a_2 , a , близким к 0, получите ФП системы и временные характеристики при НУ из п.1.

5. При рассчитанных a_1 , a_2 , $a > 1$ получите ФП системы и временные характеристики при НУ из п.1.

6. Дополнительное задание. А. Измените НЭ таким образом, чтобы в нем появилась зона нечувствительности (из двухпозиционного в трехпозиционное). Получите ФП системы и временные характеристики при НУ из п.1, а также рассчитанных a_1 , a_2 . Б. Измените НЭ на ограничение (насыщение). Получите ФП системы и временные характеристики при НУ из п.1, а также рассчитанных a_1 , a_2 .

Таблица 1.1

Номер Вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T	1	0,8	0,6	0,8	0,6	0,4	0,4	0,2	0,2	0,1
ζ	0,1	0,2	0,4	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6

Содержание отчета

Отчет должен содержать задание, код программы, фазовые портреты, временные характеристики, анализ результатов.

Дополнительные вопросы

1. В чем заключаются отличия нелинейных САУ от линейных, перечислите.
2. В чем суть метода фазовой плоскости, перечислите его достоинства и недостатки.
3. Что такое особая точка, какие типы особых точек представлены в лабораторной работе и какие бывают еще?
4. Как построить качественно фазовую траекторию по временной характеристике и наоборот качественно временную характеристику по фазовой траектории?
5. Объясните, как дифференциальное уравнение системы преобразовать в уравнение в нормальной форме Коши.

