

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 28.01.2022 10:51:41

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

1

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра теоретической механики и мехатроники

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор –
проректор по учебной работе

Е.А. Кудряшов



«*28*» *января* 2012 г.

Лабораторная работа № 4

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Теория автоматического управления» для студентов специальности 220401.65 Мехатроника; направлений 220200.62 Автоматизация и управление и 221000.62 Мехатроника и робототехника

Курск 2011

УДК 621.(076.1)

Составители: Лушников Б.В., Яцун С.Ф.

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *В.Я.Мищенко*

Исследование устойчивости систем автоматического управления: методические указания к выполнению лабораторной работы / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Б.В. Лушников, С.Ф.Яцун;. Курск, 2011. 10 с., ил. 8, табл. 3.Библиогр.: с.10.

Методические указания содержат краткие теоретические сведения из курса теории автоматического управления, необходимые для выполнения лабораторной работы, а также иллюстрированные примеры выполнения, варианты заданий и контрольные вопросы для самопроверки.

Предназначены для студентов направлений 220200.62 Автоматизация и управление, 221000.62 Мехатроника и робототехника и для студентов специальности 220401.65 Мехатроника всех форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16 .Усл.печ.л. .

Уч.-изд.л. .Тираж 20 экз. Заказ .Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040 г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

Лабораторная работа №4

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Цель работы:

экспериментальное построение областей устойчивости линейных систем автоматического управления и изучение влияния на устойчивость системы её параметров.

Объект исследования: линейная система автоматического управления.

Аппаратные средства: виртуальная лаборатория на ЭВМ IBM PC, программный пакет «MATLAB».

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:

$$\Phi(p) = \frac{M(p)}{D(p)};$$

$$D(p) = a_0 \cdot p^n + a_1 \cdot p^{n-1} + \dots + a_{n-1} \cdot p + a_n = 0.$$

Кроме этого корневого критерия устойчивости существуют косвенные критерии: алгебраические – Гаусса 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 ($K_{кр}$).

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 $K_{кр}=f(T)$.

Эта зависимость может быть получена расчётным путём на основе любого критерия устойчивости.

Например, по критерию устойчивости Михайлова система находится на границе устойчивости, если годограф

$$D(j\omega) = U_D(\omega) + jV_D(\omega)$$

проходит через начало координат.

Таким образом, уравнение границы устойчивости в пространстве варьируемых параметров K и T , согласно этому критерию примет вид:

$$U_D(K, T, \omega) = 0$$

$$V_D(K, T, \omega) = 0$$

Исключив из уравнения ω , можно вывести уравнение границы устойчивости, связывающее параметры T и $K_{кр}$.

Зависимость $K_{кр}=f(T)$ в данной работе определяется экспериментальным путём.

Порядок выполнения лабораторной работы

Передаточная функция разомкнутой системы:

$$W(p) = \frac{K}{(T \cdot p + 1) \cdot (T_1^2 \cdot p + T_2 \cdot p + 1)}$$

Постоянная времени: $T_1 = 0,75$ с.

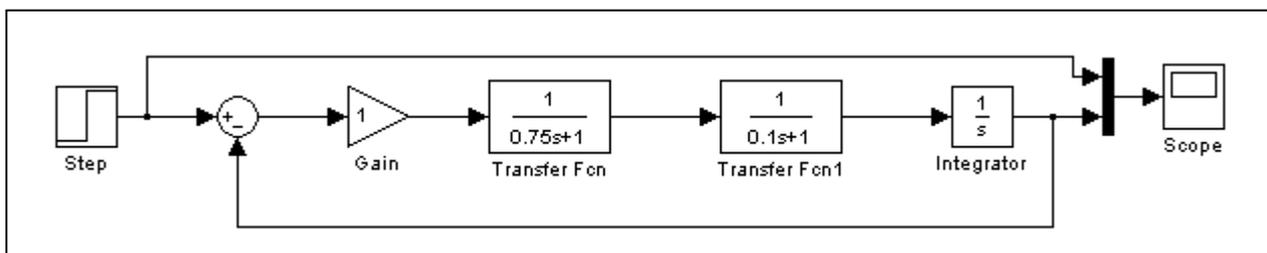


Рис.1 Структурная схема системы

Изменяя значение постоянной времени от 0,1 до 5 с (с шагом 0,5 с) и подбирая при каждом её значении коэффициент усиления $K_{кр}$, получили 11 точек для построения границы устойчивости исследуемой системы управления (таблица 1). График зависимости $K_{кр}=f(T)$ представлен на рисунке 2.

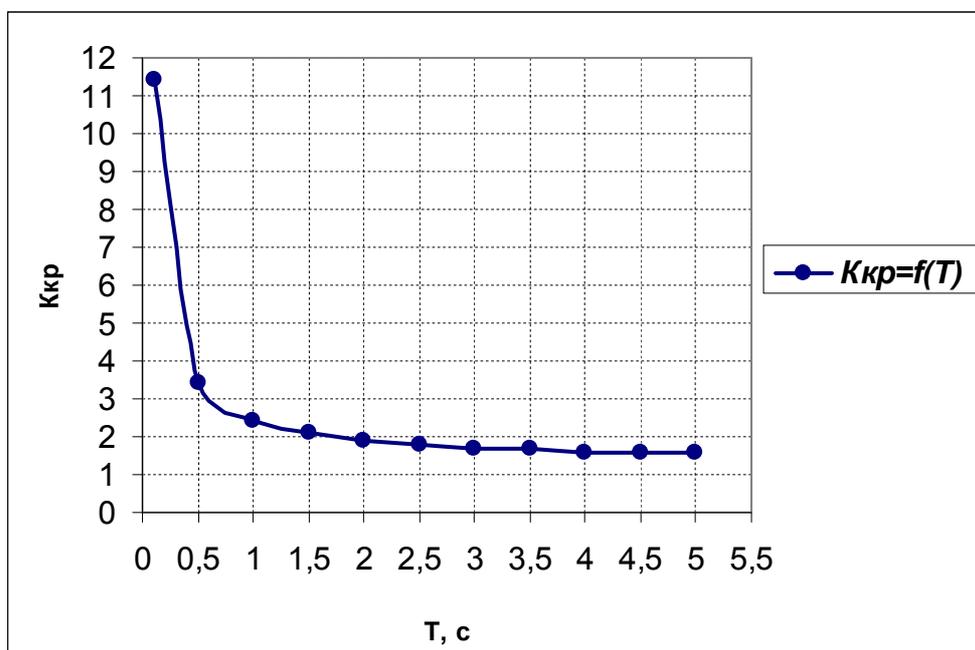


Рис.2 График зависимости $K_{кр}=f(T)$

Таблица 1.

T, с	0,1	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Kкр	11,4	3,4	2,4	2,1	1,9	1,8	1,7	1,7	1,6	1,6	1,6

Для построения годографа Михайлова выполним следующие преобразования:

$$\begin{aligned}
 & k \cdot \frac{1}{3 \cdot p + 1} \cdot \frac{1}{0,75 \cdot p + 1} \cdot \frac{1}{p} = \frac{k}{(3 \cdot p + 1) \cdot (0,75 \cdot p + 1) \cdot p}, \\
 & \frac{k}{(3j\omega + 1) \cdot (0,75j\omega + 1) \cdot j\omega} = \frac{k}{(2,25j^2\omega^2 + 0,75j\omega + 1 + 3j\omega)j\omega} = \\
 & = \frac{k}{2,25j^3\omega^3 - 0,75\omega^2 + j\omega - 3\omega^2} = \frac{k}{(\omega - 2,25\omega^3)j - 3,75\omega^2} = \frac{k((\omega - 2,25\omega^3)j - 3,75\omega^2)}{-((\omega - 2,25\omega^3)^2 - 14,06\omega^4)} = \\
 & = \frac{7,5\omega^2}{-14,06\omega^4 - (\omega^2 - 4,5\omega^4 + 5,06\omega^6)} + \frac{k(\omega - 2,25\omega^3)j}{5,06\omega^6 - 4,5\omega^4 - \omega^2}.
 \end{aligned}$$

По полученному выражению построим в среде MathCAD характеристику, отображающую состояние исследуемой САУ (годограф Михайлова) и подберём коэффициент $K_{кр}$ так, чтобы система находилась на границе устойчивости (рис.3).

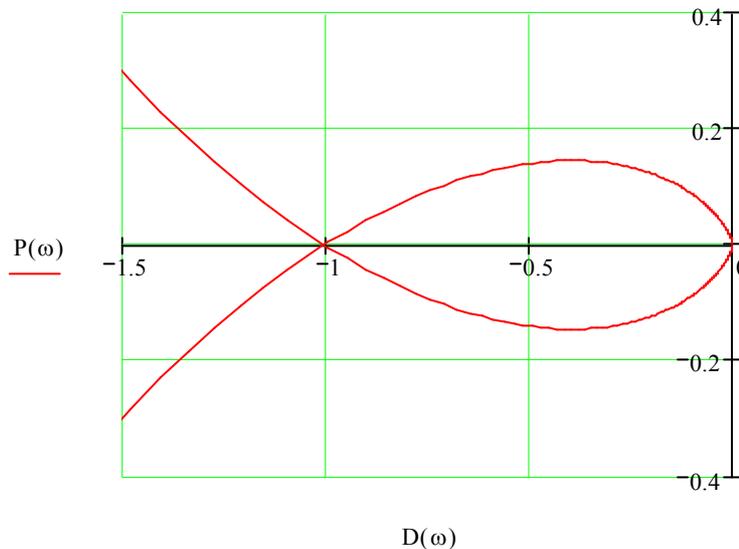


Рис.3 Годограф Михайлова

Характеристика получена при $K_{кр} = 1,84$; $T = 2$ с.

С учётом данных параметров в среде MATLAB получили график выходного сигнала (рис.4).

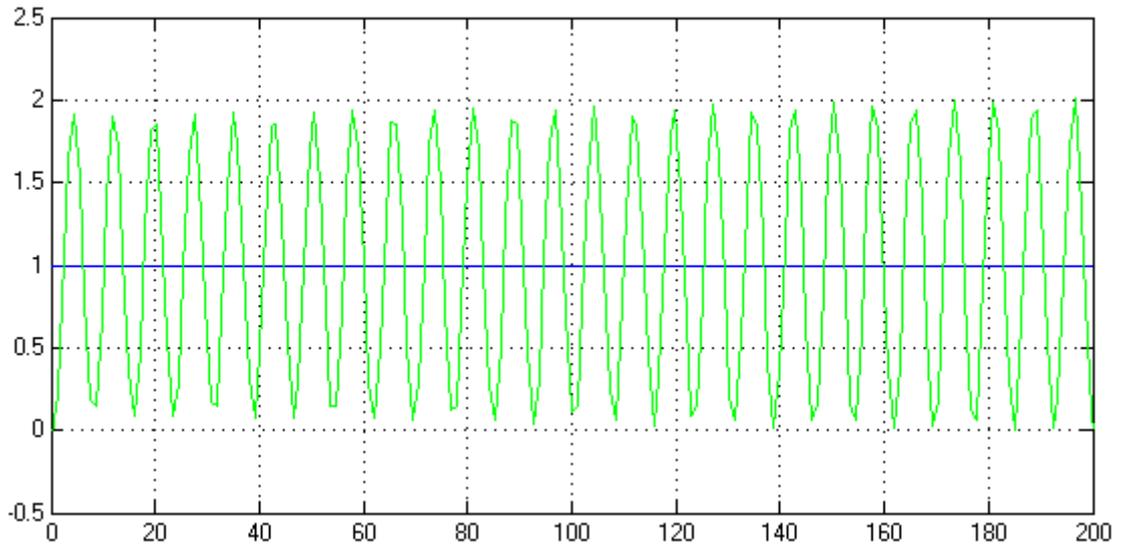


Рис.4 Характеристика выходного сигнала

Выполним проверку.

1) $K_{кр} = 1,9$.

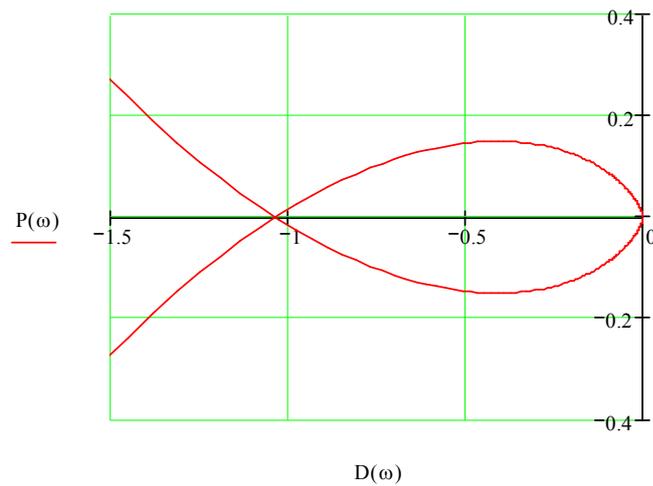


Рис.5 Годограф Михайлова

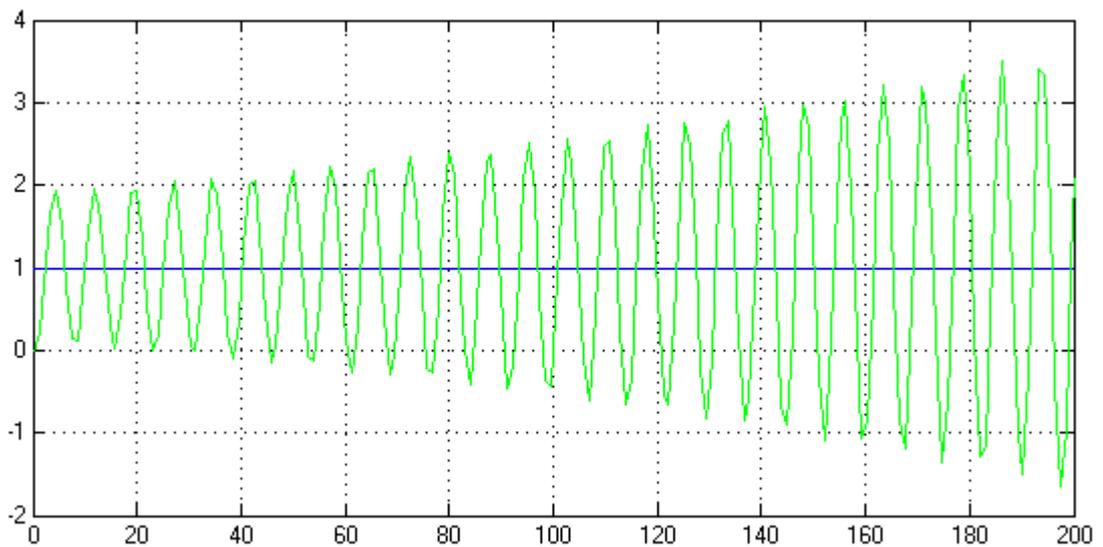


Рис.6 Характеристика выходного сигнала

Анализируя годограф Михайлова, можно сделать вывод о том, что САУ будет находиться в зоне неустойчивости (петля охватывает «-1»). График выходного сигнала, снятый с осциллографа исследуемой системы, доказывает это утверждение.

2) $K_{кр} = 1,8$.

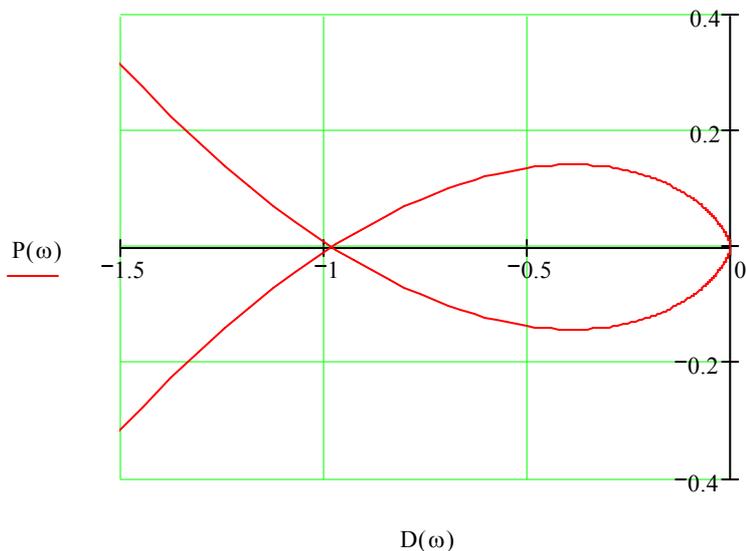


Рис.7 Годограф Михайлова

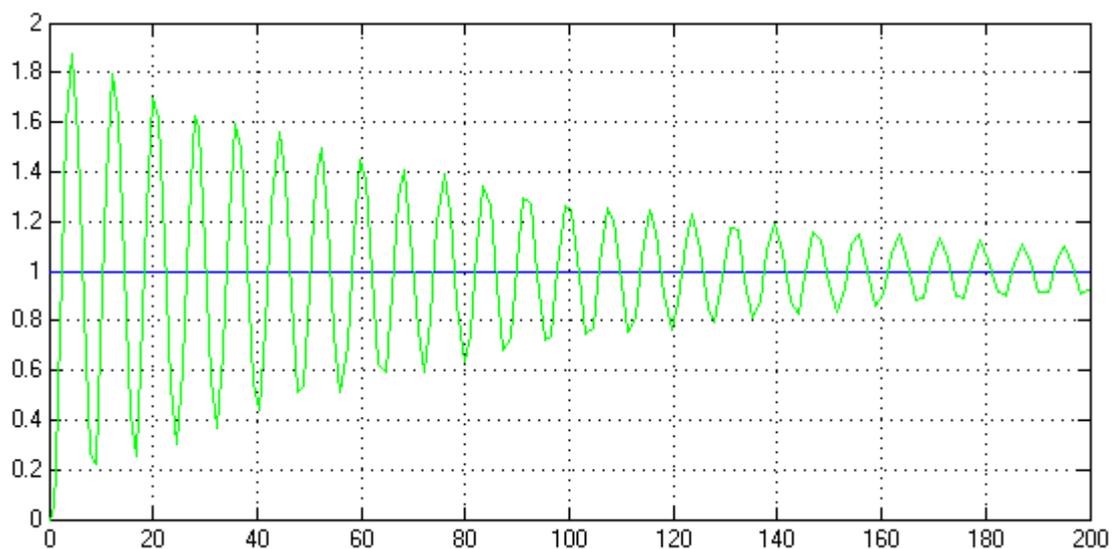


Рис.8 Характеристика выходного сигнала

В данном случае система находится в области устойчивости.

T, c	0,5	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0	0,25
--------	-----	-----	------	-----	------	-----	------	-----	------	-----	------

Таблица 3.

Граница устойчивости

T, c	0,1										5
$K_{кр}$											

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

Отчет должен содержать следующие разделы:

1. Цель работы.
2. Программа работы.
3. Результаты работы.

Примечание: этот раздел должен содержать структурную схему, схему модели системы, экспериментальную зависимость $K_{кр}=f(T)$, годограф Михайлова.

4. Выводы.
5. Использованная литература.

ЛИТЕРАТУРА

1. MATLAB 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5. Основы применения / Дьяконов В. П. М.: СОЛОН-Пресс, 2004. 768 с. – (Серия «Полное руководство пользователя»).
2. SIMULINK: среда создания инженерных приложений / Под общ. ред. к. т. н. В. Г. Потёмкина. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2003.-496 с.
3. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория линейных систем автоматического регулирования - М.: Наука, 2008.