

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Радиоэлектроника и телекоммуникации»

ИССЛЕДОВАНИЕ ТИПОВЫХ ЗВЕНЬЕВ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Методические указания к практическим занятиям
по дисциплине
«Б.1.2.9 Основы кибернетики»
направления подготовки
«01.03.02 "Прикладная математика и информатика"»
квалификация (степень) «бакалавр»»
Профиль «Математическое моделирование и вычислительная математика»

Одобрено
редакционно-издательским советом
Саратовского государственного
технического университета

Саратов 2015

ВВЕДЕНИЕ

В исследовании многомерных управляемых систем широкое использование получил метод пространства состояний. Пространство состояний - это метрическое пространство, каждый элемент которого полностью определяет состояние рассматриваемой системы (процесса).

Состояние динамической системы описывается совокупностью физических переменных, характеризующих поведение системы в будущем, при условии, если известно состояние в исходный момент времени и известно приложенное к системе воздействие.

Практические занятия имеют своей целью систематизацию, закрепление и расширение теоретических знаний, получение практических навыков при решении конкретных технических задач; развитие навыков самостоятельной работы с технической литературой в ходе расчета.

Задачи, рассматриваемые в методических указаниях, соответствуют рекомендациям программы изучения дисциплины, призваны способствовать лучшему усвоению теоретического материала, изучаемого в соответствующем разделе.

В начале рассматриваются решенные задачи, а затем приводятся задачи для самостоятельной работы.

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Рассмотрим более подробно оценки качества и точности. Они также могут быть различными, например временными и частотными, прямыми и косвенными. Остановимся лишь на временных оценках точности и качества процессов управления.

Известно, что переходной процесс состоит из двух составляющих

$$X(t) = X_{св}(t) + X_{вын}(t)$$

или по выходу

$$Y(t) = Y_{св}(t) + Y_{вын}(t).$$

Рассмотрим вначале одномерную систему.

Внешние воздействия могут быть сложными функциями времени. Обычно рассматривают поведение системы при следующих типовых воздействиях: единичной ступенчатой функции $1(t)$, импульсной $\delta(t)$ и гармонической $a \sin(\omega t + \varphi)$. Чаще всего прямые оценки качества получают по кривой переходной характеристики $h(t)$.

Пусть имеется одномерная система

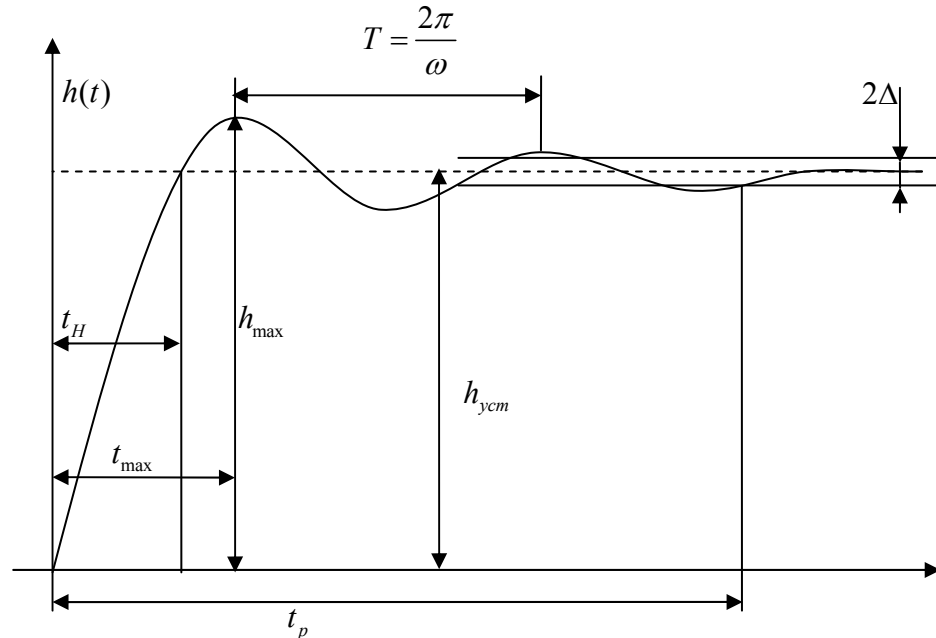
$$\begin{aligned}\dot{x}(t) &= ax(t) + bu(t) + f(t) \\ u(t) &= Fx(t)\end{aligned}$$

где a , b , F – числа.

Предположим, что $f(t) = 1(t) = \begin{cases} 1, t \geq 0 \\ 0, t < 0 \end{cases}$, начальные условия нулевые:

$x(0) = 0$.

Общий вид выходной переменной $h(t)$ может быть следующим:



К переходному процессу применяются следующие прямые оценки точности и качества:

1. Установившееся значение $h_{ycm} = \lim_{t \rightarrow \infty} h(t)$ (статическая ошибка h_{cm})
2. Время регулирования t_p – минимальное время, по истечении которого регулируемая величина будет устанавливаться близкой к установившемуся значению с заданной точностью

$$|h(t) - h_{ycm}| \leq \Delta,$$

где Δ - постоянная величина, значение которой нужно оговаривать. Задаётся Δ в % от установившегося значения h_{ycm} . Обычно это 5% или 10% от h_{ycm} . Таким образом, это то время, по истечении которого $h(t)$ войдёт и больше не выйдет за пределы 5% (или 10%) трубки.

3. Перерегулирование σ - задаётся в %

$$\sigma = \frac{h_{\max} - h_{ycm}}{h_{ycm}} 100\%.$$

4. Допустимое перерегулирование в каждом конкретном случае подсказывается опытным путём, обычно $\sigma = 10 \div 30\%$. Иногда допускается до 70%. Иногда не допускается вообще.

5. Частота колебаний $\varpi = \frac{2\pi}{T}$.

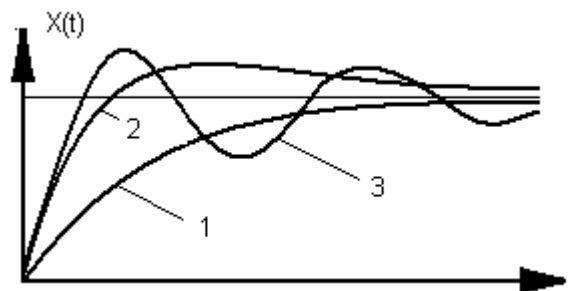
6. Число колебаний n за время регулирования. При проектировании системы чаще всего допускают $n = 1 \div 2$, иногда $3 \div 4$, а в некоторых случаях колебания не допустимы.
7. Время достижения первого максимума t_{\max} .
8. Время нарастания переходного процесса t_H – абсцисса первой точки пересечения $h(t)$ с уровнем $h_{уст}$.
9. Декремент затухания ψ

$$\psi = \frac{|h_{\max 1} - h_{уст}|}{|h_{\max 2} - h_{уст}|}$$

Могут быть и другие показатели, но это обусловлено спецификой конкретной системы.

Переходные процессы при скачкообразных внешних воздействиях принято делить на:

1. *монотонные*, первая производная \dot{X} не меняет знак;
2. *апериодические*, знак первой производной \dot{X} меняется не более одного раза;
3. *колебательные*, \dot{X} меняет свой знак теоретически Q число раз.



При исследовании многомерной системы также важно ввести понятие о точности и качестве этой системы.

Рассмотрим объект вида

$$\begin{aligned}\dot{X}(t) &= AX(t) + BU(t) + Gf(t), \\ Y(t) &= CX(t), \\ \Theta(t) &= DX(t),\end{aligned}$$

В качестве компонент вектора $f(t)$ примем

$$f_i(t) = \begin{cases} f_i = \text{const}, \text{ при } t \geq 0; \\ 0, \text{ при } t < 0, \end{cases} \quad i = \overline{1, k}.$$

Точность системы определяется значениями вектора установившихся ошибок по регулируемым переменным. При ступенчатых возмущениях он называется вектором статических ошибок, компоненты которого

$$\Theta_{cmi} = \lim_{t \rightarrow \infty} \Theta_i(t), \quad i = \overline{1, m}.$$

Качество рассматриваемой системы определяется временем регулирования $t_{регi} (i = \overline{1, m})$, и перерегулированием $\sigma_i (i = \overline{1, m})$ по каждой из регулируемых переменных.

Требования к точности и качеству системы выражаются соотношениями

$$|\Theta_{cmi}| \leq \Theta_{cmi}^* \quad i = \overline{1, m},$$

$$t_{регi} = t_{регi}^*, \sigma_i = \sigma_i^* \quad i = \overline{1, m},$$

где $\Theta_{регi}^*, t_{регi}^*, \sigma_i^*$ - заданные числа.

2. МЕТОДИКА РАБОТЫ

1. Используя пакет Matlab, решить задачу 1:

1.1. Разработать на входном языке пакета Matlab программу решения задачи 1 (раздельно для каждого вида типовых звеньев).

1.2. Изменяя параметры типового звена в пределах $\pm 50\%$ с шагом $\mp 10\%$ от номинального значения определить переходные характеристики.

1.3. Для каждой построенной переходной характеристики определить количественные показатели качества.

1.4. Построить графики изменения количественных показателей качества.

1.5. Проанализировать и объяснить полученные результаты.

2. Используя пакет Matlab, решить задачу 2:

2.1. Разработать на входном языке пакета Matlab программу решения задачи 2 (раздельно для каждого вида типовых звеньев).

2.2. Построить отдельные (каждый на отдельном рисунке) и сводные (на одном рисунке) графики ЛАХ и ЛФХ при изменении параметров типового звена в пределах $\pm 50\%$ с шагом $\mp 10\%$ от номинального значения.

2.3. Проанализировать и объяснить полученные результаты.

3. Оформить отчет.

3. ЗАДАНИЯ

Лабораторная работа предусматривает решение нескольких задач.

Задача 1. Исследование типовых характеристик типовых звеньев САУ методом математического моделирования

Цель: изучение влияния изменения параметров типовых звеньев САУ на их переходные характеристики и получение навыков исследования САУ методом математического моделирования на ЭВМ.

Исходные данные: передаточные функции типовых звеньев САУ:
 $W(s) = k$ - идеальное усилительное звено; $W(s) = k/s$ - интегрирующее звено;
 $W(s) = k/(Ts + 1)$ - инерционное звено 1-го порядка;
 $W(s) = k/(T^2 s^2 + 2T\xi s + 1)$ - колебательное звено (см. таблицу 1).

Требуется:

1. Варьируя параметры звеньев в пределах установленных преподавателем, определить методом математического моделирования на ЭВМ их переходные характеристики с использованием математического инструментария MatLAB.

2. Описать полученные переходные процессы с помощью количественных показателей качества, проанализировать их изменение при варьировании параметров типовых звеньев.

Задача 2. Построение частотных характеристик САУ

Цель: получение студентом навыков построения ЛАХ и ЛФХ методом типовых звеньев.

Исходные данные: передаточная функция САУ (см. таблицу 1).

Требуется:

С использованием математического инструментария MatLAB построить графики ЛАХ и ЛФХ.

4. ВАРИАНТЫ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

Таблица 1

Номинальные значения параметров типовых звеньев

Вариант	k	T	ξ	Вариант	k	T	ξ
1	1	1	1,00	16	16	16	0,85
2	2	2	0,95	17	17	17	0,80
3	3	3	0,90	18	18	18	0,75
4	4	4	0,85	19	19	19	0,70
5	5	5	0,80	20	20	20	0,65
6	6	6	0,75	21	21	21	0,60
7	7	7	0,70	22	22	22	0,55
8	8	8	0,65	23	23	23	0,50
9	9	9	0,60	24	24	24	0,45
10	10	10	0,55	25	25	25	0,40
11	11	11	0,50	26	26	26	0,35
12	12	12	0,45	27	27	27	0,30
13	13	13	0,40	28	28	28	0,25
14	14	14	0,35	29	29	29	0,20
15	15	15	0,30	30	30	30	0,15

ОТЧЕТ ПО РАБОТЕ

Отчет по лабораторной работе включает:

1. Цель работы.
2. Постановку задачи.
3. Ход выполнения работы.
4. Полученные результаты.
5. Выводы

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Абдуллаев Н.Д. Теория и методы проектирования оптимальных регуляторов / Н.Д. Абдуллаев, Ю.П. Петров. – Л.: Энергоатомиздат, 1985.
2. Александров А.Г. Оптимальные и адаптивные системы /А.Г. Александров. – М.: Высшая школа, 1989.
3. Воронов А.А. Основы автоматического регулирования и управления / А.А. Воронов, В.К. Титов, Б.Н. Новограмов. – М.: Высшая школа, 1977.
4. Гноенский Л.С. Математические основы теории управляемых систем / Л.С. Гноенский, Г.А. Каменский, Л.Э. Эльсгольц. – М.: Наука, 1969.
5. Олейников В.А. Основы оптимального и экстремального управления / В.А. Олейников, Н.С. Зотов, А.М. Пришвин. – М.: Наука, 1969.
6. Сборник задач по теории автоматического регулирования / под ред. В.А. Бесекерского. – М.: Наука, 1970.
7. Справочник по теории автоматического управления / под ред. А.А. Красовского. – М.: Наука, 1987.
8. Тимофеев Ю.К. Вариационное исчисление в оптимальном управлении: учеб. пособие / Ю.К. Тимофеев. – Саратов: СГТУ, 2003.
9. Теория автоматического управления: в 2 ч. / под ред. А.А. Воронова. – М.: Высшая школа, 1986. – Ч.2.
10. Эльсгольц Л.Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление / Л.Э. Эльсгольц. – М.: Наука, 1965.

Дополнительная

1. Алексеев В.М. Сборник задач по оптимизации / В.М. Алексеев, Э.М. Галеев, В.М. Тихомиров. – М.: Наука, 1984.
2. Ванько В.И. Вариационное исчисление и оптимальное управление: учебник для вузов / В.И. Ванько, О.В. Ермошина, Г.Н. Кувыркин; под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001.
3. Дорф Р. Современные системы управления / Р. Дорф, Р. Бишоп. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2002.
4. Куропаткин П.В. Оптимальные и адаптивные системы / П.В. Куропаткин. – М.: Высшая школа, 1980.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТИПОВЫХ ЗВЕНЬЕВ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Методические указания к практическим занятиям
по дисциплине
«Б.1.2.9 Основы кибернетики»
направления подготовки
«01.03.02 "Прикладная математика и информатика"»
квалификация (степень) «бакалавр»»
Профиль «Математическое моделирование и вычислительная математика»

Составил: СТЕПАНОВ Михаил Федорович
Рецензент Ю.К. Тимофеев
Редактор

Подписано в печать

Бум. тип.

Тираж 100 экз.

Усл. печ.л. 1,16 (1,25)

Заказ

Формат 60x84 1/16

Уч.-изд.л. 1,1

Бесплатно

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

410054, Саратов, Политехническая ул. 77

Отпечатано в РИЦ СГТУ имени Гагарина Ю.А. 410054, Саратов, Политехническая ул. 77