

Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический университет



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Теория автоматического управления»
для студентов дневной и заочной форм обучения
направления 6.050102-«Компьютерная инженерия»

Севастополь
2008



УДК 681.5

Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине “Теория автоматического управления” для студентов дневной и заочной форм обучения направления 6.050102-“Компьютерная инженерия”/ Сост. Е.А. Кожаяев. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2008. -20с.

Методические указания предназначены для изучения основных характеристик линейных стационарных САУ путем анализа их поведения при типовых входных воздействиях, освоения практических методов оценки устойчивости систем управления, анализа точности систем управления, исследования нелинейных САУ.

Методические указания предназначены для студентов направления 6.050102 «Компьютерная инженерия» дневной и заочной форм обучения.

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры кибернетики и вычислительной техники (протокол № 1 от 05 сентября 2008г.).

Допущено учебно-методическим советом СевНТУ в качестве методических указаний.

Рецензент:

Бражников С.А., канд. техн. наук, доцент.

СОДЕРЖАНИЕ

1.Лабораторная работа №1.Расчет характеристик линейных стационарных систем автоматического управления.....	4
2.Лабораторная работа №2.Исследование устойчивости линейных стационарных систем автоматического управления.....	7
3.Лабораторная работа №3.Анализ точности линейных САУ под действием стационарных случайных возмущений.....	9
4.Лабораторная работа №4.Исследование нелинейной САУ методом гармонической линеаризации.....	12
5. Лабораторная работа №5.Исследование нелинейной САУ методом статистической линеаризации.....	15
Библиографический список.....	18

1. Лабораторная работа №1

РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ЛИНЕЙНЫХ СТАЦИОНАРНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

1.1 Цель работы

Изучить основные характеристики линейных стационарных САУ путем анализа их поведения при типовых входных воздействиях.

1.2 Необходимые теоретические сведения

Линейные стационарные САУ могут быть описаны обыкновенными дифференциальными уравнениями с постоянными коэффициентами. В ряде случаев более компактное описание таких систем может быть представлено их характеристиками: весовой, переходной, частотной и передаточной, между которыми существует взаимно однозначное соответствие. Передаточная функция воплощает в себе замечательные преимущества преобразования Лапласа для аналитического исследования линейных систем. Достоинства трех остальных характеристик связаны с удобствами их экспериментального определения, т.е. идентификации систем, и возможностями экономичного анализа процессов в них.

Порядок расчета всех характеристик определяется исходным видом математической модели системы. Сложности процедуры свертки структуры САУ можно преодолеть путем преобразования системы алгебраических операторных уравнений системы, исключения всех промежуточных переменных и расчета отношения выхода к входу. Если степень полинома числителя передаточной функции САУ оказывается равной степени полинома знаменателя, то, чтобы не использовать обобщенные функции, рекомендуется переформировать САУ к виду параллельного соединения чисто усилительного звена и обычной системы. И, таким образом, сосредоточить усилия преимущественно на ее исследовании, не забывая в окончательных выводах о свойствах исходной системы.

1.3 Постановка задачи и порядок исследования

- Путем структурных преобразований свернуть САУ для получения передаточной функции относительного заданного входа
- Зная характеристики отдельных звеньев, представить передаточную функцию САУ в виде отношения полиномов от параметра Лапласа
- Рассчитать частотную, переходную и весовую функции системы и построить их графики
- Проконтролировать асимптотические значения этих функций, используя предельные теоремы преобразования Лапласа
- Рассчитать переходную функцию САУ на имитационной модели и сравнить с аналитическим результатом.
- Рекомендуется максимально использовать возможности организации символьных преобразований в MathCad или MAPLE, а также - построения имитационных моделей в MatLab (Simulink)

1.4 Содержание отчета и порядок защиты работы

Выполнение и защита лабораторной работы производится каждым индивидуально. Защита результатов лабораторной работы осуществляется при наличии работающей программы и полностью оформленного отчета.

Отчет должен включать в себя следующие разделы

- титульный лист;
- цель работы;
- постановка задачи. Этот раздел должен содержать вариант задания в соответствии с таблицей 1.1 и рисунками 1.1-1.5;
- теоретическое обоснование (основные расчетные соотношения);
- схемы алгоритмов и тексты программ;
- результаты работы и их анализ;
- выводы.

Защита работы состоит в следующем:

- представление работающих программ на компьютере;
- предъявление отчета, оформленного в соответствии с указанными требованиями;
- ответы на вопросы преподавателя по теоретической и практической части работы. Примеры возможных вопросов приведены в подразделе 1.6.

1.5 Указания к выбору варианта

Для определения номера задания в таблице 1.1 необходимо использовать остаток от деления шифра зачетной книжки студента на 30.

Таблица 1.1-Варианты заданий

N вар.	№ рис.	k_1	k_2	k_3	k_4	T_1	T_2	Вход
0	1	2	5	1	1	0,03	-	f
1	2	50	10	5	-	0.10	-	f
2	3	15	1	7	0.20	0.70	1.12	g
3	4	10	2.5	2	1.25	2.00	0.10	f
4	5	6	0.02	1	-	0.20	0.20	f
5	1	6	1	5	2	0.10	-	g
6	2	25	2	25	-	0.15	-	f
7	3	7	1	0.7	2	0.50	0.55	f
8	4	5	2.1	4	1.1	0.10	0.20	f
9	5	5	0.3	1.5	-	0.15	0.25	f
10	1	10	1	1	3	0.11	-	f
11	2	4	12.5	4	-	0.12	-	f
12	3	3	1	1	7	0.65	1.00	g
13	4	4	2.5	5	1.25	0.10	2.00	g
14	5	6	0.02	0.5	-	0.20	0.10	g
15	1	1	4	2	4	0.02	-	g
16	2	20	15	3	-	0.20	-	g
17	3	10	1	5	0.2	0.80	1.20	g
18	4	8	2.5	1.5	1.1	3.00	0.10	f
19	5	5	0.01	0.5	-	0.50	0.10	f
20	1	4	2	1	2	0.05	-	g
21	2	20	10	3	-	0.20	-	g
22	3	5	1	10	0.1	0.50	0.60	g
23	4	4	2	4	1	4.00	0.10	g
24	5	10	0.02	0.5	-	0.25	0.10	f
25	1	3	3	1	2	0.04	-	f
26	2	10	8	6	-	0.30	-	f
27	3	4	1	8	0.2	0.40	0.30	f
28	4	3	1.5	5	1	2.00	0.10	f
29	5	20	0.01	0.2	-	0.20	0.15	f

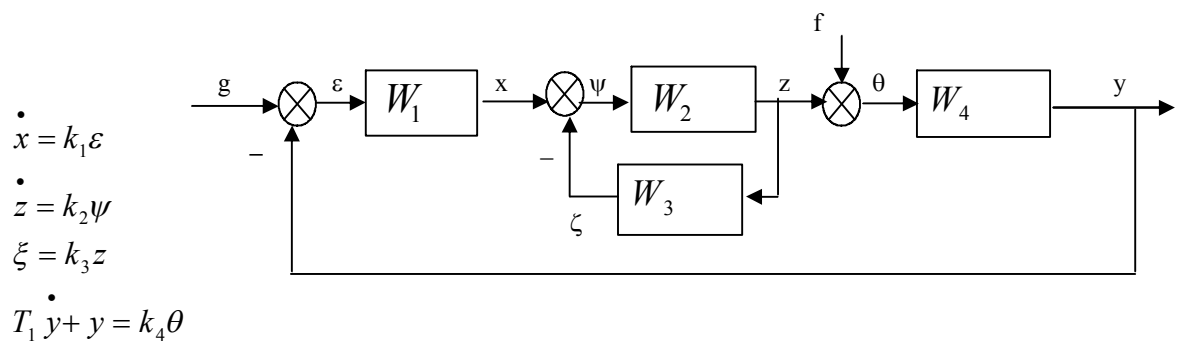


Рисунок 1.1-Структурная схема САУ1

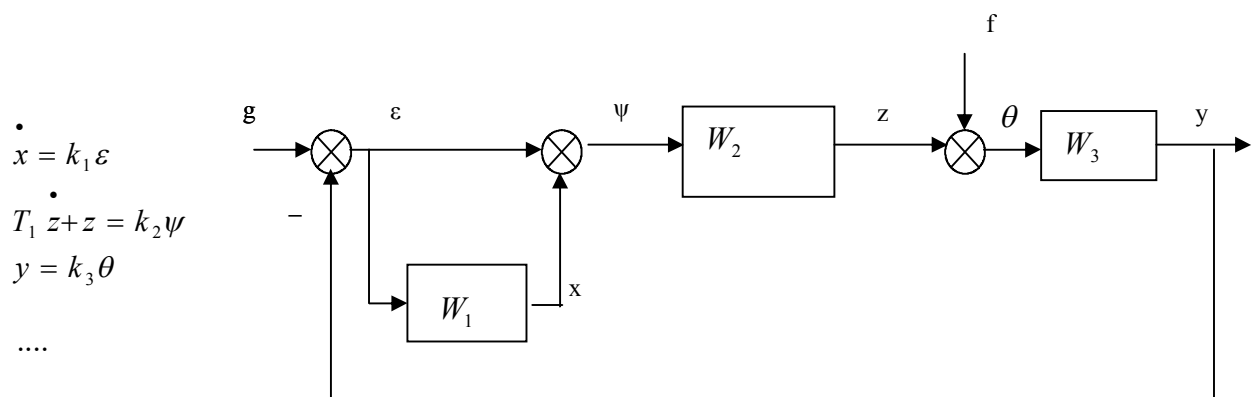


Рисунок 1.2-Структурная схема САУ2

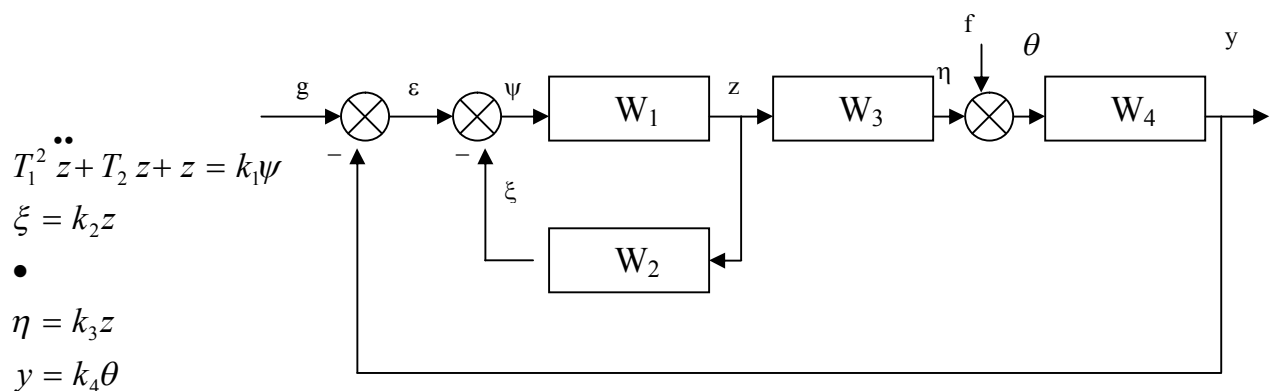


Рисунок 1.3-Структурная схема САУ3

$$T_1 \dot{x} + x = k_1 \varepsilon$$

$$\dot{z} = k_2 x$$

$$T_2 \dot{y} + y = k_3 \xi$$

$$\psi = k_4 x$$

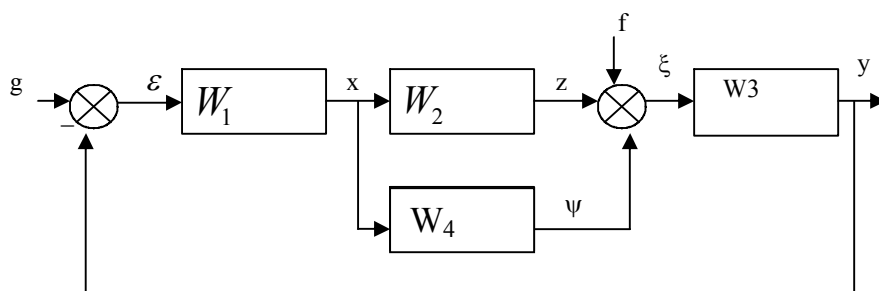


Рисунок 1.4-Структурная схема САУ4

$$T_1 \dot{z} + z = k_1 \psi$$

$$\xi = k_2 \dot{z}$$

$$T_2 \dot{y} + y = k_3 x$$

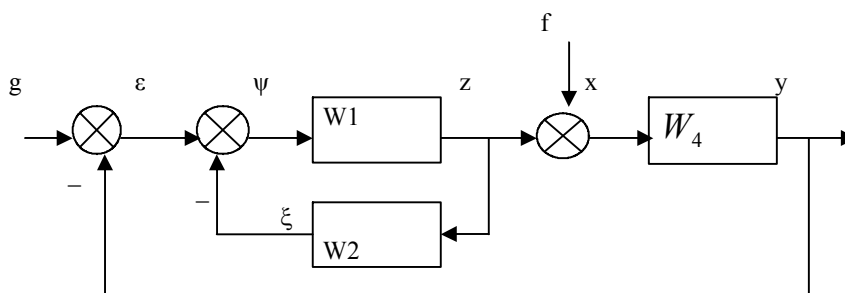


Рисунок 1.5-Структурная схема САУ5

1.6 Контрольные вопросы

- 1) Сформулируйте фундаментальные принципы управления.
- 2) Перечислите виды возмущающих и задающих воздействий.
- 3) Какая связь между единичной ступенчатой функцией и дельта-функцией?
- 4) Дайте определение собственного оператора, оператора управляющего воздействия и оператора возмущающего воздействия.
- 5) Дайте определение передаточной функции САУ.
- 6) Перечислите основные правила структурных преобразований схем САУ.
- 7) Дайте определение переходной и импульсной функции.
- 8) Перечислите основные виды частотных характеристик.

2. Лабораторная работа №2

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ЛИНЕЙНЫХ СТАЦИОНАРНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

2.1. Цель работы

Освоить практические методы оценки устойчивости систем управления

2.2 Необходимые теоретические сведения

Исследование устойчивости нелинейных САУ при определенных допущениях может быть сведено к исследованию линейных систем. Необходимым и достаточным условием устойчивости линейной стационарной САУ является расположение всех

поллюсов ее передаточной функции в левой части комплексной плоскости. Пребывание на границе устойчивости, т.е. наличие полюсов на мнимой оси, для реальных систем с потерями является нереальным.

Прямые методы определения полюсов, связанные с решением степенных уравнений высоких порядков, для решения задачи устойчивости являются явно избыточными.

Косвенные критерии оценки расположения полюсов относительно мнимой оси в вычислительном отношении оказываются здесь существенно эффективнее. В зависимости от математической модели САУ и специфики имеющихся программных средств применяют алгебраические, либо частотные критерии.

Особый интерес представляет расчет критических значений отдельных параметров САУ, влияющих на ее устойчивость. Наиболее развиты в этом направлении методы D-разбиений. В соответствии с ними характеристическое уравнение САУ, по возможности, представляют в виде

$$M(s) + k \cdot N(s) = 0 ,$$

где $M(s)$ и $N(s)$ - полиномы, а k – параметр системы. Граница D-разбиения определяется уравнением

$$k = -M(j\omega / N(j\omega)) .$$

Изменяя круговую частоту $\omega \in [0, \infty)$, строят годограф параметра и зеркально его отображают относительно действительной оси, что соответствует $\omega \in (-\infty, 0]$. Данный годограф, являясь границей D-разбиения, разбивает комплексную плоскость на области устойчивости и неустойчивости САУ. Соответствующая принадлежность определяется экспериментально путем исследования устойчивости САУ любым известным методом для пробных значений параметра из каждой области. Учитывая, что параметр k является, на самом деле, вещественным, в качестве области его допустимых изменений выбирают отрезок на действительной оси.

2.3 Постановка задачи и порядок исследования

- Исследовать устойчивость заданной САУ, пользуясь алгебраическим критерием Гурвица.
- Исследовать устойчивость заданной САУ, пользуясь частотным критерием Михайлова.
- Построить численно область устойчивости САУ по одному из ее параметров методом D-разбиений.

2.4 Содержание отчета и порядок защиты работы

Выполнение и защита лабораторной работы производится каждым индивидуально. Защита результатов лабораторной работы осуществляется при наличии работающей программы и полностью оформленного отчета.

Отчет должен включать в себя следующие разделы

- титульный лист;
- цель работы;
- постановка задачи. Этот раздел должен содержать вариант задания в соответствии с таблицей 1.1 и рисунками 1.1-1.5;
- теоретическое обоснование (основные расчетные соотношения);
- схемы алгоритмов и тексты программ;

- результаты работы и их анализ;
 - выводы.
- Защита работы состоит в следующем:
- представление работающих программ на компьютере;
 - предъявление отчета, оформленного в соответствии с указанными требованиями;
 - ответы на вопросы преподавателя по теоретической и практической части работы. Примеры возможных вопросов приведены в подразделе 2.6.

2.5 Указания к выбору варианта

Выбор варианта осуществляется по схеме, указанной в Лабораторной работе №1.

2.6 Контрольные вопросы

- 1) Что называется модулем и аргументом частотной передаточной функции?
- 2) Дайте определение амплитудной и фазовой частотной характеристики САУ.
- 3) Сформулируйте понятие устойчивости САУ.
- 4) Сформулируйте алгебраический критерий Гурвица.
- 5) В чем смысл частотного критерия устойчивости Михайлова?

3. Лабораторная работа №3

АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ЛИНЕЙНЫХ САУ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СТАЦИОНАРНЫХ СЛУЧАЙНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ

3.1. Цель работы

Освоить практические алгоритмы расчета выходных статистических характеристик линейных САУ в переходных и установившихся режимах

3.2 Необходимые теоретические сведения

Чаще всего такой анализ проводится в рамках корреляционной теории случайных процессов (СП), когда предметом исследования является корреляционная матрица вектора фазовых координат системы.

В задачах анализа точности систем управления, в основном, рассматривают способы определения дисперсии избранной координаты системы

$$D_y(t) = \int_0^t \int_0^t w(t, \tau) \cdot w(t, \theta) \cdot K_f(\tau, \theta) \cdot d\tau d\theta,$$

где $w(t)$ – весовая функция выхода $y(t)$ системы относительно входа $f(t)$, а $K_f(\tau, \theta)$ –

корреляционная функция случайного процесса на входе системы. Вычисление двойного интеграла может быть организовано, например:

- непосредственно любым численным методом,
- переходом от интегралов к формирующим дифференциальным уравнениям (в случае экспоненциальных корреляционных функций входа),
- с помощью формирующего фильтра с использованием "белого шума".

Даже в случае стационарности САУ и входного СП, процесс на выходе будет нестационарным в переходном режиме. Только установившийся процесс становится

стационарным и характеризуется постоянством дисперсии выхода. В этом случае, учитывая, что

$$S_y(\omega) = |W(j\omega)|^2 \cdot S_f(\omega),$$

$$D_y(\infty) = K_y(0) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} S_y(\omega) d\omega,$$

где $W(j\omega)$ - соответствующая передаточная функция, а $S(\omega)$ - спектральная плотность стационарного случайного процесса.

Достаточно просто решается вопрос расчета математического ожидания выхода при нецентрированном случайном процессе на входе в переходном режиме:

$$M_y(t) = \int_0^t w(t, \tau) \cdot M_f d\tau.$$

В установившемся режиме эта свертка может быть оценена с помощью предельной теоремы преобразования Лапласа:

$$M_y(\infty) = W(0) \cdot M_f.$$

При этом необходимо скорректировать и выходную дисперсию:

$$\tilde{D}_y(\infty) = D_y(\infty) + M_y^2(\infty).$$

3.3 Постановка задачи и порядок исследования

Даны корреляционная функция и математическое ожидание входного стационарного случайного процесса. Полагая известными все характеристики линейной стационарной САУ:

- исследовать зависимость математического ожидания выходного сигнала в функции времени вплоть до перехода к установившемуся режиму;
- исследовать зависимость дисперсии выходного сигнала в функции времени вплоть до перехода к установившемуся режиму;
- рассчитать любым другим методом статистические характеристики установившегося выходного сигнала (дисперсию и математическое ожидание) стационарной линейной САУ и сравнить результаты.

3.4. Содержание отчета и порядок защиты работы

Выполнение и защита лабораторной работы производится каждым индивидуально. Защита результатов лабораторной работы осуществляется при наличии работающей программы и полностью оформленного отчета.

Отчет должен включать в себя следующие разделы

- титульный лист;
- цель работы;
- постановка задачи. Этот раздел должен содержать вариант задания в соответствии с таблицей 3.1;
- теоретическое обоснование (основные расчетные соотношения);
- схемы алгоритмов и тексты программ;
- результаты работы и их анализ;

- выводы.
- Защита работы состоит в следующем:
- представление работающих программ на компьютере;
 - предъявление отчета, оформленного в соответствии с указанными требованиями;
 - ответы на вопросы преподавателя по теоретической и практической части работы. Примеры возможных вопросов приведены в подразделе 3.6.

3.5. Указания к выбору варианта

Для определения номера задания в таблице 3.1 необходимо использовать остаток от деления шифра зачетной книжки студента на 30. Математическое ожидание входного сигнала постоянно. Исследования проводить для схемы САУ, указанной в Лабораторной работе №1.

Таблица 3.1-Виды корреляционных функций входного сигнала

N варианта	Корреляционная функция входного сигнала $K_f(\tau)$
0-2	$\exp(-h \tau)$
3-5	$\exp(-h^2\tau^2/2)$
6-8	$\sin(a\tau)/(a\tau)$
9-11	$\exp(-h \tau) \cdot \cos(\beta\tau)$
12-14	$(1 + h \tau) \cdot \exp(-h \tau)$
15-17	$(\cos \beta\tau + (h/\beta) \cdot \sin \beta \tau)\exp(-h \tau)$
18-20	$\cos(\beta\tau) \cdot \exp(-h^2\tau^2/2)$
21-23	«Белый шум»
24-26	«Телеграфный сигнал»
27-29	$\exp(-h\tau^2) \cdot (\cos(\beta\tau) + \sin(\beta\tau))$

3.6 Контрольные вопросы

- 1) Сформулируйте понятия плотности вероятности, математического ожидания, дисперсии случайного процесса.
- 2) Что называется корреляционной и взаимной корреляционной функцией случайного процесса?
- 3) Дайте определение стационарного случайного процесса.

4. Лабораторная работа №4

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНОЙ САУ МЕТОДОМ ГАРМОНИЧЕСКОЙ ЛИНЕАРИЗАЦИИ

4.1 Цель работы

Освоить методику линеаризации САУ, содержащей лишь одну статическую нелинейность, в условиях установившегося колебательного режима

4.2 Необходимые теоретические сведения

Как правило, нелинейные САУ принято исследовать путем их линеаризации относительно рабочей точки (установившегося режима) или относительно некоторой траектории. При этом появляется возможность применить весь мощный арсенал методов теории линейных систем (конечно, с соответствующей адаптацией).

Если в нелинейной САУ возникает установившийся автоколебательный режим, применим, так называемый метод гармонической линеаризации. Кроме определения автоколебательных режимов, в том числе и с учетом высших гармоник, метод позволяет исследовать качество переходных процессов, в которых частота меняется вместе с амплитудой колебаний, оценивать границы устойчивости и пр. Несмотря на приближенность и нестрогость метода, во многих случаях он дает правильные для практических потребностей результаты применительно к различным классам систем.

В простейшем варианте рассматривается система управления, содержащая стационарную линейную часть с частотной функцией $W(j\omega)$ и статическую нелинейность вида $y = F(x)$ с нечетной характеристикой. Основное допущение формулируется как «гипотеза фильтра», подразумевающее, что линейная часть не пропускает все частотные составляющие колебательного процесса, кроме основной. В результате, нелинейное звено замещается эквивалентным линейным звеном $W_3(s)$ с коэффициентами гармонической линеаризации k_1, k_2 , являющимися функциями амплитуды a и частоты ω колебаний. Этим фактом отражается специфика нелинейных звеньев.

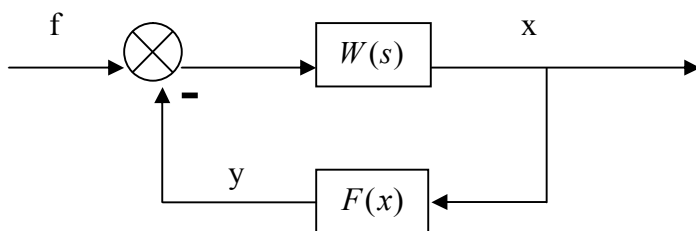


Рисунок 4.1-Иллюстрация метода

Итак, речь идет о расчете простейшей системы. Опишем ее системой выражений:

$$\begin{aligned} f &= 0, & x &= a \cdot \sin(\omega \cdot t), & W(s) &= \frac{R(s)}{Q(s)}, \\ W_3(a, s) &= k_1(a) + \frac{k_2(a)}{\omega} \cdot s, & X(s) &= -Y(s) \cdot W(s), \\ & & Y(s) &= X(s) \cdot W_3(s) \end{aligned}$$

и преобразуем к одному уравнению

$$Q(s) + R(s) \cdot [k_1(a) + \frac{k_2(a)}{\omega} \cdot s] = 0 .$$

На мнимой оси, где $s = j \cdot \omega$, это уравнение распадается на два: относительно вещественной и мнимой составляющих, - из которых можно определить неизвестные параметры автоколебательного режима (a и ω), зная следующие зависимости.

$$k_1(a) = \frac{1}{a \cdot \pi} \int_0^{2\pi} F(a \cdot \sin \psi) \cdot \sin \psi \cdot d\psi ,$$
$$k_2(a) = \frac{1}{a \cdot \pi} \int_0^{2\pi} F(a \cdot \cos \psi) \cos \psi \cdot d\psi ,$$

где $\psi = a \cdot t$.

Интересно отметить, что для любой однозначной нелинейности второй коэффициент k_2 равен нулю; это соответствует отсутствию сдвига фаз основной гармоники между входом и выходом нелинейного звена. Условие нечетности характеристики нелинейности, обеспечивающее устранение постоянной составляющей колебательного процесса, привлечено здесь лишь с целью сокращения расчетов.

4.3 Постановка задачи и порядок исследования

- рассчитать коэффициенты гармонической линеаризации для заданных нелинейностей (соответствующие расчеты рекомендуется сверить с приведенными в учебно-методической литературе по ТАУ, (например, в книге .Пальтов И.П. Качество процессов и синтез корректирующих устройств в нелинейных автоматических системах/ И.П.Пальтов.-М.: Наука,1975.-368 с);
- построить характеристики эквивалентного линейного звена;
- вычислить амплитуду и частоту автоколебательного режима;
- проверить результаты на имитационной модели, например, с помощью Simulink .

4.4 Содержание отчета и порядок защиты работы

Выполнение и защита лабораторной работы производится каждым индивидуально. Защита результатов лабораторной работы осуществляется при наличии работающей программы и полностью оформленного отчета.

Отчет должен включать в себя следующие разделы

- титульный лист;
- цель работы;
- постановка задачи. Этот раздел должен содержать вариант задания в соответствии с таблицей 4.1;
- теоретическое обоснование (основные расчетные соотношения);
- схемы алгоритмов и тексты программ;
- результаты работы и их анализ;
- выводы.

Защита работы состоит в следующем:

- представление работающих программ на компьютере;
- предъявление отчета, оформленного в соответствии с указанными требованиями;

- ответы на вопросы преподавателя по теоретической и практической части работы. Примеры возможных вопросов приведены в подразделе 4.6.

4.5 Указания к выбору варианта

Для определения номера задания в таблице 4.1 необходимо использовать остаток от деления шифра зачетной книжки студента на 30. Исследования проводить для передаточной функции САУ, указанной в схеме Лабораторной работы №1. Соответствующие нелинейности выбрать из нижеприведенных рисунков. Необходимые параметры подобрать самостоятельно или после консультации с преподавателем с целью обеспечения устойчивого и демонстрационного характера результатов.

Таблица 4.1-Выбор варианта

№ варианта	№ рисунка
0-3	4.2
4-7	4.3
8-11	4.4
12-15	4.5
16-19	4.6
20-23	4.7
24-27	4.8
21-23	4.9
24-26	4.1
27-29	4.2

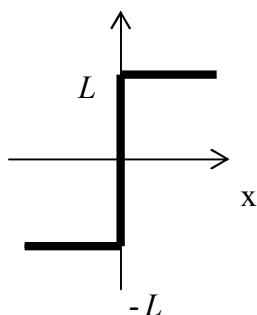


Рисунок 4.2

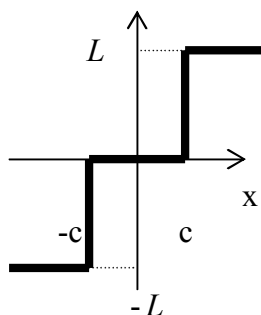


Рисунок 4.3

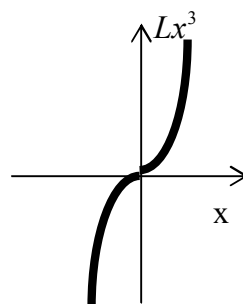


Рисунок 4.4

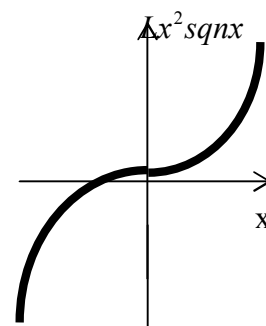


Рисунок 4.5

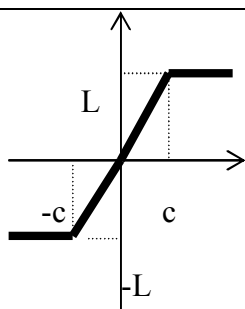


Рисунок 4.6

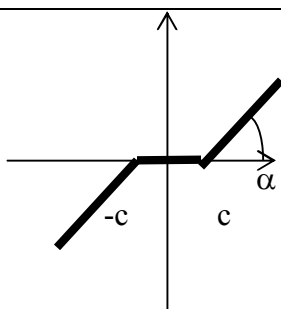


Рисунок 4.7

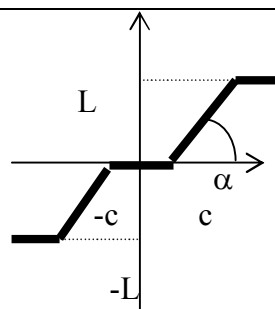


Рисунок 4.8

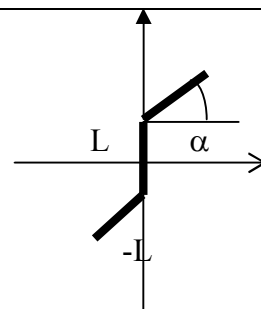


Рисунок 4.9

4.6 Контрольные вопросы

- 1) Дайте определение нелинейной системы.
- 2) Поясните понятие автоколебаний в нелинейных системах.
- 3) В чем состоит идея гармонической линеаризации?

5. Лабораторная работа №5

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНОЙ САУ МЕТОДОМ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ЛИНЕАРИЗАЦИИ

5.1 Цель работы

Освоить методику линеаризации САУ, содержащей лишь одну статическую нелинейность, в условиях стационарного случайного процесса на входе

5.2 Необходимые теоретические сведения

В общем случае, решение задач определения статистических характеристик выходных сигналов нелинейных систем можно выполнять лишь приближенными методами, такими как метод Монте-Карло, метод Б.Г.Доступова, интерполяционный метод В.И.Чернецкого и пр.

В рамках корреляционной теории анализ точности нелинейных систем наиболее просто проводить методом статистической линеаризации И.Е.Казакова. Его основу составляет замена безынерционного нелинейного звена такой приближенной линейной зависимостью, которая в статистическом смысле является эквивалентной, то есть (в обозначениях рисунка.5.1), обеспечиваются равенства $m_y = m_z$ и $D_y = D_z$.

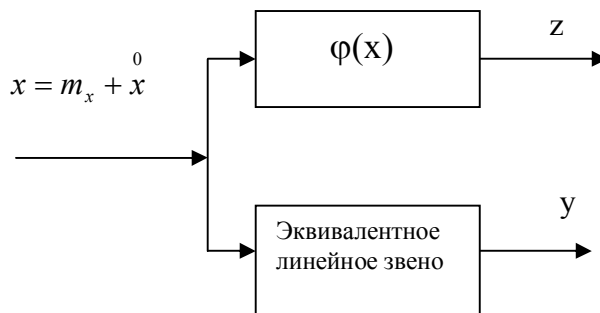


Рисунок 5.1-Иллюстрация эквивалентности

Учитывая, что

$$m_y = \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(x) \cdot f(x) dx,$$
$$D_y = \int_{-\infty}^{\infty} \varphi^2(x) \cdot f(x) dx - m_y^2,$$

где $f(x)$ – плотность распределения вероятности входного сигнала, условиям статистической линеаризации соответствует линейная зависимость

$$z = k_0 \cdot m_x^0 + k_1 \cdot x,$$

в которой коэффициенты статистической линеаризации $k_0 = m_y / m_x$ и $k_1 = (D_y / D_x)^{1/2}$.

В системах управления, обычно, нелинейные звенья соединяются с инерционными линейными звеньями, которые обладают эффектом нормализации закона распределения входного сигнала. Причем, чем уже полоса пропускания системы (т.е., чем больше инерционность), тем эффект нормализации проявляется сильнее. Таким образом, на практике часто принимают гипотезу нормального закона распределения сигнала на входе нелинейности.

Используем данную теорию для анализа точности неколебательных стационарных систем с одной нелинейностью, например, следующей структуры (рисунк 5.2)

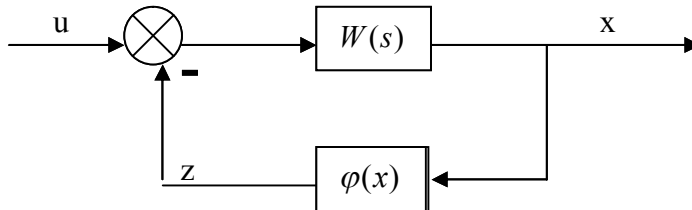


Рисунок 5.2-К анализу точности неколебательных стационарных систем

Здесь u - стационарный случайный процесс с параметрами m_u, D_u и спектральной плотностью $S_u(\omega)$, $W(s)$ – передаточная характеристика линейной части исследуемой САУ. Соответствующая система уравнений имеет вид:

$$z = \varphi(x),$$

$$X(s) = [U(s) - Z(s)] \cdot W(s).$$

После линеаризации и подстановки получим операторное уравнение

$$M_x(s) + \overset{0}{X}(s) = [(m_u / s + \overset{0}{U}(s)) - (k_0 \cdot M_x(s) + k_1 \cdot \overset{0}{X}(s))] \cdot W(s).$$

Усреднив его и вычитая результат усреднения из него же, получим

$$M_x(s) = [m_u / s - k_0 \cdot M_x(s)] \cdot W(s),$$

$$\overset{0}{X}(s) = [\overset{0}{U}(s) - k_1 \cdot \overset{0}{X}(s)] \cdot W(s).$$

В установившемся стационарном режиме предельная теорема преобразования Лапласа позволяет определить математическое ожидание

$$m_x = \frac{W(0)}{1 + W(0) \cdot k_0(m_x, D_x)} \cdot m_u.$$

С помощью теории случайных процессов в динамических системах можно рассчитать и установившуюся дисперсию

$$D_x = 2 \cdot \int_0^\infty \left| \frac{W(j\omega)}{1 + W(j\omega) \cdot k_1(m_x, D_x)} \right|^2 \cdot S_u(\omega) d(\omega).$$

Совместное решение двух последних нелинейных уравнений дает возможность определить искомые значения m_x, D_x .

Рекомендуется максимально использовать вычислительные возможности Mathcad и Matlab.

5.3 Постановка задачи и порядок исследования

- рассчитать коэффициенты статистической линеаризации для заданных нелинейностей;
- вычислить математическое ожидание и дисперсию сигнала на входе нелинейности;
- построить характеристики эквивалентного линейного звена;
- исследовать и сравнить реакцию исходной и линеаризованной САУ на «белый шум».

5.4 Содержание отчета и порядок защиты работы

Выполнение и защита лабораторной работы производится каждым индивидуально. Защита результатов лабораторной работы осуществляется при наличии работающей программы и полностью оформленного отчета.

Отчет должен включать в себя следующие разделы

- титульный лист;
- цель работы;
- постановка задачи. Этот раздел должен содержать вариант задания в соответствии с таблицей 4.1;
- теоретическое обоснование (основные расчетные соотношения);
- схемы алгоритмов и тексты программ;
- результаты работы и их анализ;
- выводы.

Защита работы состоит в следующем:

- представление работающих программ на компьютере;
- предъявление отчета, оформленного в соответствии с указанными требованиями;
- ответы на вопросы преподавателя по теоретической и практической части работы. Примеры возможных вопросов приведены в подразделе 5.6.

5.5 Указания к выбору варианта

Для определения номера задания в таблице 4.1 необходимо использовать остаток от деления шифра зачетной книжки студента на 30. Исследования проводить для параметров САУ, указанных в Лабораторной работе №4. Остальные необходимые параметры подобрать самостоятельно или после консультации с преподавателем, с целью обеспечения устойчивого и демонстрационного характера результатов.

5.6 Контрольные вопросы

- 1) Дайте определение нелинейной системы.
- 2) В чем суть метода статистической линеаризации?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Воронов А.А. Теория автоматического управления / А.А.Воронов.-М.:Высшая школа,1977.-437 с.
2. Юревич Е.И. Теория автоматического управления / Е.И.Юревич.-Л.:Энергия,1975.-346 с.
3. Пугачев В.С. Основы автоматического управления / В.С.Пугачев.-М.:Наука,1974.-427 с.
4. Цыпкин Я.З. Основы теории автоматических систем / Я.З.Цыпкин.-М.:Наука,1977.-573 с.
5. Астапов Ю.М. Статистическая теория систем автоматического регулирования и управления / Ю.М. Астапов., В.С. Медведев.- М.:Наука,1982.-448 с.
6. Деч Г. Руководство к практическому применению преобразования Лапласа и Z-преобразования / Г.Деч.-М.:Наука,1971.-241 с.
7. Росин М.Ф. Статистическая динамика и теория эффективности систем управления /М.Ф.Росин.-М.:Машиностроение,1970.-501 с.
8. Солодов А.В. Линейные автоматические системы с переменными параметрами / А.В. Солодов, Ф.С.Петров.-М.:Наука,1971.-452 с.
9. Сю Д., Мейер А. Современная теория автоматического управления и ее применение / Д. Сю, А. Мейер; под ред. Топчиева Ю.И.-М.:Машиностроение,1972.-352 с.
10. Расстригин Л.А. Системы экстремального управления / Л.А. Расстригин .- М.:Наука,1974.-354 с.
11. Попов Е.П.Теория нелинейных систем автоматического регулирования и управления / Е.П. Попов.-М.:Наука,1979.-452 с.
12. Иванов В.А. Математические основы теории автоматического регулирования / В.А.Иванов.- М.:Высшая школа,1971.-351 с.
13. Макаров И.М. Линейные автоматические системы (элементы теории, методы расчета и справочный материал) / И.М. Макаров, Б.М. Менский.- М.:Машиностроение,1977.-510 с.
14. Бесекерский В.А Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления / В.А.Бесекерский В.А.- М.:Наука,1978.-613 с.
15. Санковский Е.А.Справочное пособие по теории автоматического регулирования и управления / Санковский Е.А.-Минск: Высшейшая школа,1973.-342 с.

Заказ №-----от «-----»-----2008. Тираж-----экз.
Изд-во СевНТУ