

5454

Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ И ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ



Кафедра автоматике и автоматизации
производственных процессов

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ И ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗВЕНЬЕВ И СИСТЕМ

Методические указания
к лабораторной работе
для студентов специальности 210301
направления 220300
и направлений подготовки
бакалавров и магистров 220200, 550200
всех форм обучения

Второе издание, исправленное



Санкт-Петербург 2008

УДК 621.078(052)

Лазарев В.Л., Кириков А.Ю. Исследование переходных и частотных характеристик звеньев и систем: Метод. указания к лабораторной работе для студентов спец. 210301 направления 220300 и направлений подготовки бакалавров и магистров 220200, 550200 всех форм обучения. 2-е изд., испр. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2008. – 14 с.

Рассматриваются вопросы экспериментальных исследований частотных и переходных характеристик различных объектов и корректирующих звеньев. Для проведения экспериментальных исследований дается описание и методика проведения таких исследований на специальном стенде.

Рецензент
Доктор техн. наук, проф. А.Н. Носков

Рекомендованы к изданию редакционно-издательским советом университета

© Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий, 2002, 2008

ВВЕДЕНИЕ

Переходные и частотные характеристики однозначно связаны с уравнением объекта, звена (передаточной функцией) и, следовательно, являются исчерпывающим описанием его динамических свойств. Эти характеристики могут быть получены из передаточной функции или сняты экспериментально.

Переходная функция $h(t)$ определяется как реакция объекта на единичное ступенчатое воздействие $1(t)$. Используя описание зависимости между сигналами на входе $x(t)$ и выходе $y(t)$ звена через его передаточную функцию $W(p)$ в виде

$$y(t) = x(t) W(p), \quad (1)$$

можно записать

$$h(t) = 1(t) W(p). \quad (2)$$

Наряду с переходной функцией для описания динамических свойств объектов также используется функция веса $w(t)$, которая определяется как реакция объекта на единичный импульс $\delta(t)$. В соответствии с выражением (1) можно записать

$$w(t) = \delta(t) W(p). \quad (3)$$

Реакцию объекта $y(t)$ на входное воздействие произвольного вида $x(t)$ можно определить через переходную функцию или функцию веса с помощью выражений, которые являются вариантами интеграла Дюамеля или интеграла свертки:

$$y(t) = h(t) x(0) + \int_0^t h(t-\tau) x(\tau) d\tau, \quad (4)$$

$$y(t) = w(0) x(t) + \int_0^t w(t-\tau) x(\tau) d\tau. \quad (5)$$

Применив к выражению (1) прямое преобразование Лапласа при нулевых начальных условиях получим

$$Y(s) = X(s) W(s), \quad (6)$$

здесь $X(s)$ и $Y(s)$ изображение по Лапласу функций $x(t)$ и $y(t)$, т. е.

$$L[x(t)] = X(s);$$

$$L[y(t)] = Y(s),$$

где L – оператор прямого преобразования Лапласа.

С учетом того, что изображения по Лапласу функций $1(t)$ и $\delta(t)$ равны соответственно $L[1(t)] = 1/s$ и $L[\delta(t)] = 1$, выражения (2) и (3) примут вид

$$L[h(t)] = W(s)/s, \quad (7)$$

$$L[w(t)] = W(s). \quad (8)$$

Выражения (7) и (8) используются для решения задачи идентификации объекта по переходным характеристикам.

Частотные характеристики снимаются при подаче на вход объекта гармонического сигнала $x(t) = X_m \sin \omega t$. В результате на выходе также устанавливаются гармонические колебания вида $y(t) = Y_m \sin(\omega t + \varphi)$. При $X_m = \text{const}$, величина Y_m зависит от частоты колебаний ω . Для характеристики этой зависимости используется величина $A(\omega) = X_m/Y_m$, которая называется амплитудно-частотной характеристикой АЧХ. Величина φ называется фазовым сдвигом между входным и выходным гармоническими сигналами и также зависит от частоты. Зависимость $\varphi(\omega)$ называется фазовой частотной характеристикой ФЧХ.

Примеры изменения гармонического сигнала при прохождении через различные объекты приведены на рис. 1 и 2. На рис. 1 приведен пример изменения гармонического сигнала при прохождении его через объект. На рис. 2 приведен пример затухания амплитуды колебания подвижной части самопишущего прибора с увеличением частоты ω .

У инерционных звеньев АЧХ с ростом ω стремится к нулю, а ФЧХ – отрицательна. Наличие максимума у АЧХ свидетельствует о резонансных свойствах таких звеньев. Обе характеристики АЧХ и ФЧХ могут быть сведены в одну амплитудно-фазовую частотную характеристику АФЧХ, которая на графике представляется соответствующей кривой годографа. Частотные характеристики могут быть также получены из передаточной функции объекта $W(p)$

$$W(p) \Big|_{p \rightarrow j\omega} = W(j\omega) = A(\omega) e^{j\varphi(\omega)}, \quad (9)$$

здесь $W(j\omega)$ – функция комплексной переменной, которая получается из передаточной функции $W(p)$ при замене оператора $p = d/dt$ на комплексную переменную $j\omega$ и которая может быть представлена в виде суммы вещественной и мнимой частей

$$W(j\omega) = U(j\omega) + V(j\omega); \quad (10)$$

$A(\omega)$ – модуль этой функции – АЧХ;

$$A(\omega) = \sqrt{U^2(\omega) + V^2(\omega)}; \quad (11)$$

$\varphi(\omega)$ – аргумент ФЧХ

$$\varphi(\omega) = \text{Arctg } V(\omega) / U(\omega). \quad (12)$$

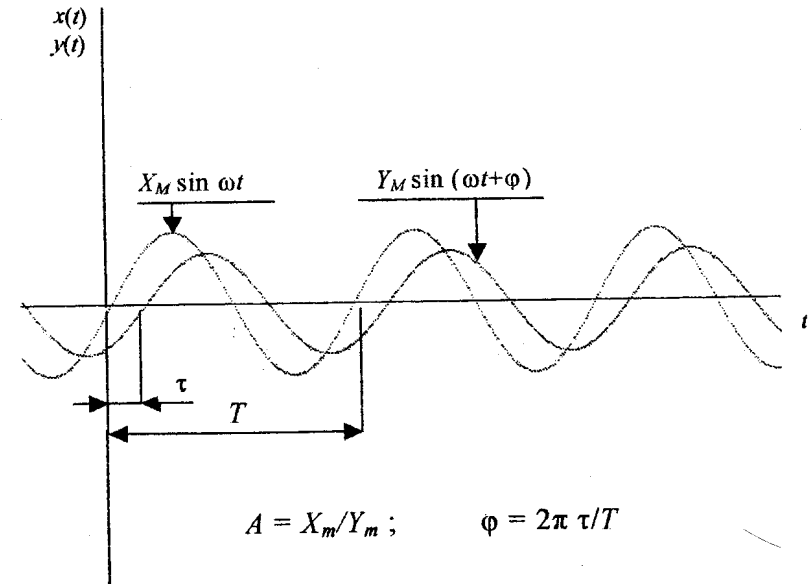


Рис. 1. Пример изменения гармонического сигнала при прохождении через объект

Переходные и частотные характеристики используются в инженерной практике для решения задач анализа и синтеза систем управления.

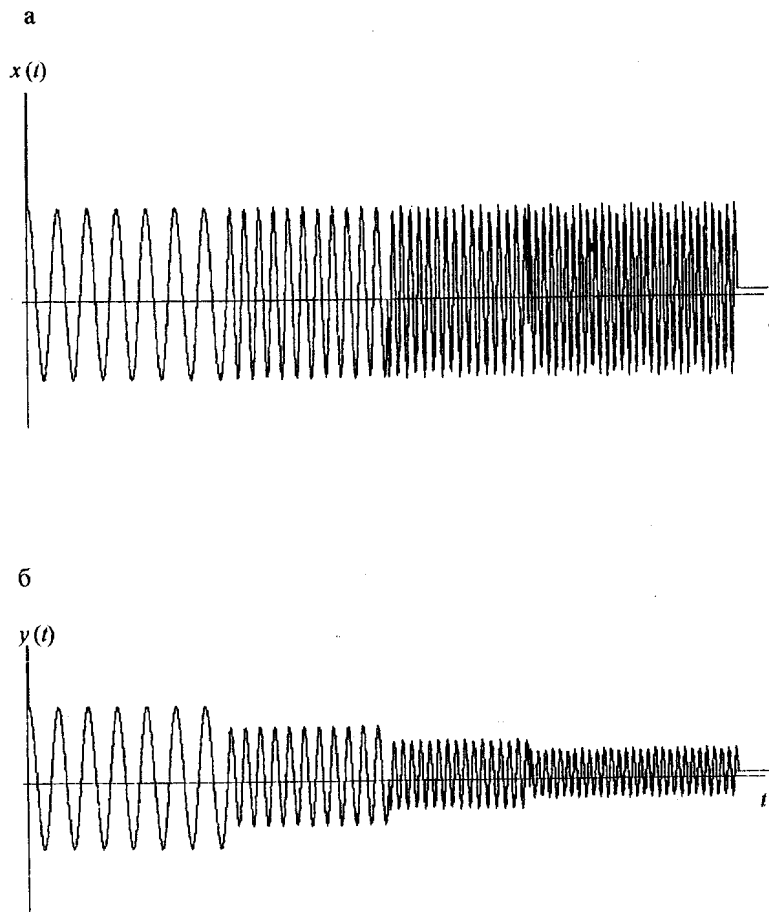


Рис. 2. Пример затухания амплитуды колебаний пера самописца с увеличением частоты:
а – входной сигнал; б – выходной сигнал

Цель работы

Целью данной работы является привитие студентам практических навыков по построению и исследованию динамических характеристик различных объектов. Для этого разработан специальный стенд, на котором студенты выполняют данную лабораторную работу после чего оформляют отчет. При работе может быть использована литература, список которой приведен в конце методических указаний.

Описание стенда

Лабораторный стенд предназначен для исследования частотных и переходных характеристик различных объектов управления. На рис. 3 приведена схема размещения приборов на стенде, на рис. 4 – схема электрических соединений приборов стенда.

В состав стенда входят следующие приборы:

- С1-68 – осциллограф (С1-68);
- ГС – генератор сигналов (Г6-15);
- ИП – источник питания (ЭПМ N 61);
- КСП – исследуемый электромеханический объект (в одном из вариантов);
- БЭЗ – блок электрических звеньев.

Данный состав приборов позволяет формировать электрические гармонические сигналы заданной частоты и амплитуды, а также ступенчатые и импульсные сигналы и передавать их на исследуемый объект с последующей регистрацией соответствующих динамических характеристик.

Подготовка стенда к работе

Подготовка лабораторного стенда к работе осуществляется в нижеприведенной последовательности:

1. Перед началом работы необходимо установить органы управления приборами стенда в положения, согласно табл. 1.
2. Разъединить электрическую связь между генератором сигналов (ГС) и исследуемым объектом (КСП), отсоединив провода с клемм "Основной выход" ГС.

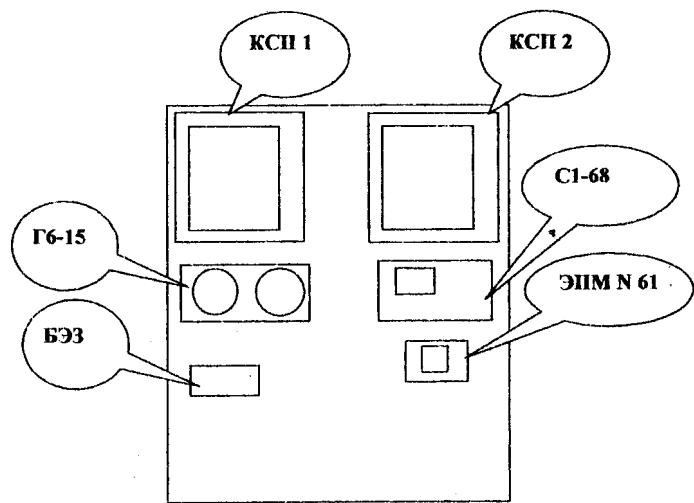


Рис. 3. Схема расположения приборов в стенде

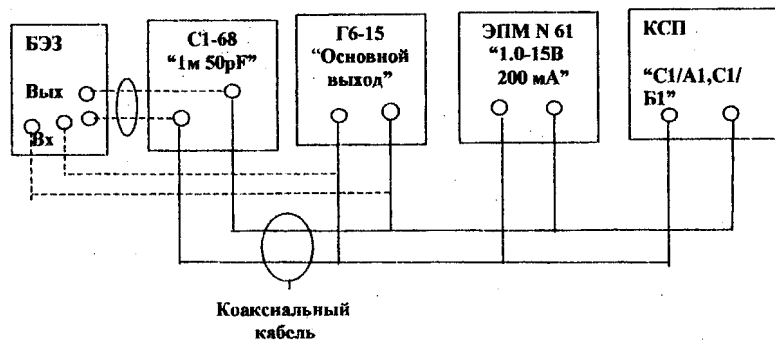


Рис. 4. Схема подключения приборов стенда

3. Проверить работоспособность КСП, для чего:
 - включить питание КСП согласно табл. 2;
 - включить питание ИП согласно табл. 2;
 - вращая ручку потенциометра регулировки ИП «Регулировка напряжения» и контролируя перемещение стрелки индикатора напряжения на приборе, убедиться в перемещении подвижной части КСП;
 - установить подвижную часть КСП в среднее положение.
4. Проверить работоспособность ГС, для чего:
 - включить электропитание на осциллограф С1-68 согласно табл. 2; вращая потенциометры ориентации луча на экране – «↑» и «→», установить на экране положение луча в среднее горизонтальное положение;
 - включить ГС согласно табл. 2 и удостовериться в появлении синусоидального сигнала на экране осциллографа.
5. В случае выполнения вышеперечисленных пунктов проверки провести восстановление электрической связи между ГС и КСП, прерванной в п. 2 и убедиться в появлении колебательного (синусоидального) движения подвижной части КСП.
6. После окончания проверки получить задание у преподавателя для исследования частотных и переходных характеристик объекта.

Таблица 1

Положение органов управления приборами стенда перед подачей питания

Вид переключателя	Обозначение	Начальное положение
<i>Генератор низкочастотных сигналов (Г6-15)</i>		
1. Галетный	“Множитель частоты”	“1”
2. Кнопочный	“Форма сигнала”	“~”
3. Тумблер	“Работа-Подготовка”	“Работа”
4. Кнопочный	“Ослабление dB”	“40”
5. Потенциометр	“Рег. частоты”	Среднее положение
6. Потенциометр	“Рег. амплитуды”	Среднее положение
<i>Осциллограф (С1-68)</i>		
1. Тумблер	“~”, “~/-”	“~”
2. Галетный	“Усилит. Y”	“10mV/c”
3. Тумблер	“x10”, “x1”	“x1”
<i>Синхронизация</i>		
4. Рычажный	“+/-, ~”, “+/-, ~”	“+/-, ~”
5. Рычажный	“Сеть, внутр, 1:10, 1:1”	“1:1”
<i>Развертка</i>		
6. Рычажный	“x1”, “x0,2”	“x1”
7. Галетный	“Время/мс”	“20мс”

Продолжение табл. 1

Вид переключателя	Обозначение	Начальное положение
<i>Источник питания (ЭПМ N61)</i>		
1. Тумблер	“Вольтметр”	Левое положение
2. Тумблер	“5В”, “15В”	“5В”
3. Потенциометр	“Регулировка напряжения”	Левое положение (крайнее)
<i>КСП-4</i>		
1. Тумблер	“Прибор”	“Выкл”
2. Тумблер	“Диаграмма”	“Выкл”

Таблица 2

Сигналы, подтверждающие подачу питания на приборы стенда

Название тумблера	Положение включения	Индикация включения
<i>Генератор сигналов (Г6-15)</i>		
“Сеть ВКЛ”	“Сеть ВКЛ”	Загорание зеленой лампы
<i>Источник питания (ЭПМ N 61)</i>		
“Сеть 220В”	“ВКЛ”	Загорание красной лампы
<i>Осциллограф (С1-68)</i>		
“Сеть”	Верхнее положение	Свечение экрана
<i>КСП</i>		
“Прибор”	“Вкл”	Шум работающего электромотора
“Диаграмма”	“Вкл”	Шум двух работающих электромоторов

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с содержанием работы, устройством лабораторного стенда и получить допуск к работе у преподавателя.
2. Получить задание на исследование конкретного объекта в виде:
 - а) электрической схемы звена, которая впоследствии набирается в блоке БЭЗ, с указанием вариантов параметров элементов схемы;
 - б) электромеханического объекта, например электромеханической системы перемещения регистрирующего устройства самопишущего прибора (типа КСП или КСМ какой-либо модели) с заданием по изменению параметров.

В качестве изменяемых параметров таких объектов могут быть выбраны:

а) масса подвижной части (каретки) самописца, для изменения которой может быть использована система грузов с креплениями;

б) момент инерции реверсивного двигателя, используемого для перемещения каретки, для изменения которого может быть использована система специальных грузов, закрепляемых на оси ротора.

3. Для полученного варианта задания определить экспериментальным путем переходные и частотные характеристики.

4. Исследовать влияние указанных варьируемых параметров на динамические характеристики объектов и сделать соответствующие выводы. По указанию преподавателя для какого-либо варианта задания составить математическое описание объекта аналитическим путем в виде передаточной функции $W(p)$

Далее, исходя из полученного математического описания, аналитическим путем провести расчет и построение заданных вариантов характеристик объекта.

6. Провести сравнение результатов, полученных экспериментально и аналитическим путем, объяснить имеющиеся расхождения, сделать обобщающие выводы.

7. Оформить отчет по работе.

Содержание отчета

Отчет должен включать в себя следующие разделы:

1. Вариант задания: схема звена, вариант объекта, варьируемые параметры.
2. Схема и план проведения эксперимента.
3. Результаты экспериментальных исследований характеристик $h(t)$; $w(t)$; $A(\omega)$; $\varphi(\omega)$; АФЧХ для заданных вариантов.
4. Результаты математического моделирования динамических характеристик объекта.
5. Выводы по результатам проведенных исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. – СПб.: Профессия, 2003. – 752 с.
2. Егоров В.Л. Основы теории управления. – М.: Физматлит, 2004. – 504 с.
3. Лазарев В.Л. Робастные системы управления в пищевой промышленности: Учеб. пособие. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2003. – 150 с.
4. Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления / Под ред. В.А. Бесекерского. – М.: Высш. шк. – 588 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ЦЕЛЬ РАБОТЫ	7
ОПИСАНИЕ СТЕНДА	7
ПОДГОТОВКА СТЕНДА К РАБОТЕ	7
ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ	10
СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА	11
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	12

Лазарев Виктор Лазаревич
Кириков Александр Юрьевич

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ И ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗВЕНЬЕВ И СИСТЕМ

Методические указания
к лабораторной работе
для студентов специальности 210301
направления 220300
и направлений подготовки
бакалавров и магистров 220200, 550200
всех форм обучения

Второе издание, исправленное

Редакторы

Т.В. Белянкина, Е.С. Лаврентьева

Корректор

Н.И. Михайлова

Подписано в печать 21.04.08. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 0,93. Печ. л. 1,0. Уч.-изд. л. 0,88
Тираж 100 экз. Заказ № 163 С 61

СПбГУНиПТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9
ИИК СПбГУНиПТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9