

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Е.В. Иванова

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ**

*Методические указания к выполнению лабораторной работы  
по дисциплине «Автоматизированные системы управления АЭС» для студентов  
направления 140404 "Атомные электрические станции и установки" Энергетического  
института*

Издательство  
Томского политехнического университета  
2015

УДК 621.311.25

Исследование частотных характеристик систем автоматического регулирования.

Методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Автоматизированные системы управления АЭС» для студентов направления 140404 "Атомные электрические станции и установки" Энергетического института. – Томск: Изд-во ТПУ, 2015. - 7 с.

Составитель: ст. преп., к.ф.-м.н. Иванова Е.В.

Рецензент: доцент, к.т.н. Озерова И.П.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы методическим семинаром кафедры автоматизации теплоэнергетических процессов «\_\_» \_\_\_\_\_ 2015 г.

Заведующий кафедрой АТП,  
канд. техн. наук, доцент \_\_\_\_\_ Озерова И.П.

## ВВЕДЕНИЕ

Цель работы заключается в изучении частотных характеристик систем автоматического регулирования (АФЧХ, АЧХ, ФЧХ, МЧХ, ВЧХ), а также получении навыков практического определения частотных характеристик.

Задачами лабораторной работы являются:

- экспериментальное определение частотных характеристик системы;
- вычисление АЧХ, ВЧХ, МЧХ, ФЧХ;
- графическое построение амплитудно-фазочастотной характеристики.

## ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Часто при описании стационарных систем управления пользуются частотными характеристиками [1]. Они нужны, чтобы можно было оценить динамические свойства системы.

Частотную передаточную функцию получают с помощью формальной замены в передаточной функции системы  $W(P)$  оператора  $P$  на произведение  $i\omega$ . Схема замены следующая:

$$W(P) \rightarrow P = i\omega \rightarrow W(i\omega).$$

Как комплексное выражение от аргумента  $\omega$ ,  $W(i\omega)$  можно представить двумя способами:

$$W(i\omega) = A(\omega) \cdot e^{i\varphi(\omega)};$$

$$W(i\omega) = Re(\omega) + i \cdot Im(\omega),$$

где  $A(\omega)$  – амплитудно-частотная характеристика системы (АЧХ);  $\varphi(\omega)$  – фазочастотная характеристика (ФЧХ);  $Re(\omega)$  – вещественная частотная характеристика (ВЧХ);  $Im(\omega)$  – мнимая частотная характеристика (МЧХ).

Связь между различными видами частотных характеристик [2]:

$$A(\omega) = \sqrt{\operatorname{Re}^2(\omega) + \operatorname{Im}^2(\omega)};$$

$$\varphi(\omega) = \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{Im}(\omega)}{\operatorname{Re}(\omega)} \pm k \cdot \pi, k = 0, 1, 2, \dots;$$

$$\operatorname{Re}(\omega) = A(\omega) \cos \varphi(\omega);$$

$$\operatorname{Im}(\omega) = A(\omega) \sin \varphi(\omega).$$

При определении  $\varphi(\omega)$  следует учитывать свойство периодичности функции  $\operatorname{arctg}$  путем выбора значения  $k$  и знака перед ним.

## ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. Запустить программу "Частотные характеристики" с рабочего стола.
2. Изучить информацию о частотных характеристиках.
3. В соответствии с заданным вариантом получить значения вещественной и мнимой составляющих, а также график АФЧХ.
4. Зафиксировать значения вещественной и мнимой составляющих, построить АФЧХ.
5. Вывести формулы для ВЧХ, МЧХ, АЧХ, ФЧХ.
6. Рассчитать значения ВЧХ, МЧХ, АЧХ, ФЧХ для трех точек ( $\omega=0$ ;  $\omega=0,01$ ;  $\omega=0,1$ ).
7. Выполнить тест.

## ВАРИАНТЫ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

Варианты индивидуальных заданий приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Варианты исходных данных

**$b_0 = a_0 = 1$  для всех вариантов**

№ вар	$b_1$	$a_2$	$a_1$
1	1	10	2
2	2	20	3
3	3	30	4
4	4	15	2

5	5	25	3
6	1,5	35	4
7	2,5	40	2
8	3,5	50	3
9	4,5	60	4
10	5,5	45	2
11	10	55	3
12	8	65	4

## **СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Теоретические сведения о частотных характеристиках систем.
2. Порядок проведения лабораторной работы.
3. Полученные с помощью программы "Частотные характеристики" таблицы и рисунки.
4. Вывод АФЧХ, ВЧХ, МЧХ, АЧХ, ФЧХ.
5. Ответы на контрольные вопросы.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Какие бывают частотные характеристики?
2. Как связаны амплитудно-частотная характеристика и фазочастотная характеристика?
3. Как из передаточной функции получить амплитудно-фазочастотную характеристику?
4. Как можно получить вещественную частотную характеристику?
5. Запишите формулы для определения амплитудно-частотной характеристики.

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Теория автоматического управления, часть 1 / под ред. Воронова А.А.,  
– Москва: Высшая школа, 1977 г. – 153 с.
2. Ефимов М.В. Теория автоматического управления, – Москва: МГУП,  
2006 г. – 420 с.

Евгения Владимировна Иванова

Исследование частотных характеристик систем автоматического регулирования.

Методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Автоматизированные системы управления АЭС» для студентов направления 140404 "Атомные электрические станции и установки" Энергетического института.

Подписано к печати \_\_\_\_\_.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная.

Печать RISO. Усл. печ. л. 0.75. Уч.-изд. л. 0.7.

Тираж \_\_\_\_\_ экз. Заказ \_\_\_\_\_ . Цена свободная.

Издательство ТПУ. 634050, Томск, пр. Ленина 30.