

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

---

Е.В. Иванова

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ НАСТРОЙКИ ПИ-РЕГУЛЯТОРА МЕТОДОМ РАФЧХ**

*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

Определение параметров настройки ПИ-регулятора методом РАФЧХ.

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. - 8 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 метода расширенных амплитудно-фазочастотных характеристик.

Задачами лабораторной работы являются:

- экспериментальное определение границы заданного запаса устойчивости;
- вычисление оптимальных параметров настройки П, И, ПИ - регуляторов;
- графическое построение границы заданного запаса устойчивости.

## **КОРНЕВОЙ МЕТОД СИНТЕЗА ЛИНЕЙНЫХ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

При синтезе системы передаточная функция регулируемого объекта известна и требуется найти параметры настройки регулятора, чтобы они удовлетворяли заданным требованиям.

### **Корневой метод**

Рассматриваемый корневой метод параметрического синтеза систем автоматического управления основан на понятии расширенных амплитудно-фазочастотных характеристик (РАФЧХ). РАФЧХ какого-либо звена можно получить подстановкой в передаточную функцию этого звена  $W(P)$  оператора  $P = -m \cdot \omega + i \cdot \omega$ . Расчетные формулы обеспечивают получение границы заданной степени колебательности системы в пространстве параметров настройки регулятора [1].

Структурная схема ПИ-регулятора представлена на рисунке 1.

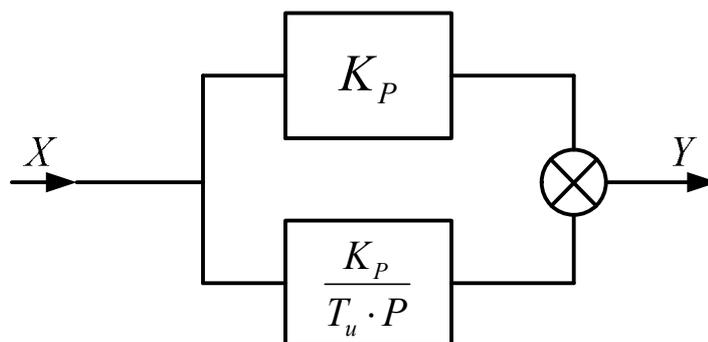


Рис. 1. Структурная схема ПИ-регулятора

Расчетные формулы корневого метода для ПИ-регулятора имеют следующий вид:

$$\frac{K_p}{T_u} = -\frac{\omega \cdot (m^2 + 1) \cdot \text{Im}_{o\bar{o}}(m, \omega)}{A_{o\bar{o}}^2(m, \omega)}, \quad K_p = -\frac{m \cdot \text{Im}_{o\bar{o}}(m, \omega) + \text{Re}_{o\bar{o}}(m, \omega)}{A_{o\bar{o}}^2(m, \omega)}.$$

Здесь и в дальнейшем:  $\text{Re}_{o\bar{o}}(m, \omega)$  - расширенная вещественная частотная характеристика объекта;  $\text{Im}_{o\bar{o}}(m, \omega)$  - расширенная мнимая частотная характеристика объекта;  $A_{o\bar{o}}(m, \omega)$  - расширенная амплитудно-частотная характеристика объекта  $A_{o\bar{o}}(m, \omega) = \sqrt{\text{Re}_{o\bar{o}}^2(m, \omega) + \text{Im}_{o\bar{o}}^2(m, \omega)}$ , где  $\omega$  - частота;  $m$  - заданная величина степени колебательности (таблица 1).

Таблица 1. Таблица соответствия оценок запаса устойчивости

$\Psi$	0	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	0.998	1.0
$m$	0	0.221	0.256	0.302	0.366	0.477	0.989	$\infty$
$M$	$\infty$	2.38	2.08	1.81	1.55	1.29	1.0	1.0

Порядок применения расчетных формул следующий:

1. Задаются величиной  $m$  в зависимости от заданного значения степени затухания, диапазоном и шагом изменения частоты  $\omega$ .
2. По передаточной функции объекта рассчитываются значения расширенных частотных характеристик объекта и в явном виде определяют настройки регулятора в заданном диапазоне частот.

3. Для ПИ-регулятора расчетные формулы дают в пространстве параметров настройки границу заданного запаса устойчивости.

На границе заданного запаса устойчивости ищут значения параметров настройки для регуляторов.

Точки на графике определяют параметры настройки регуляторов:

1. Пересечение с осью  $K_p$  – П-регулятор;
2. Пересечение с осью  $K_p/T_i$  – И-регулятор;
3. Максимум отношения  $K_p/T_i$  – ПИ-регулятор.

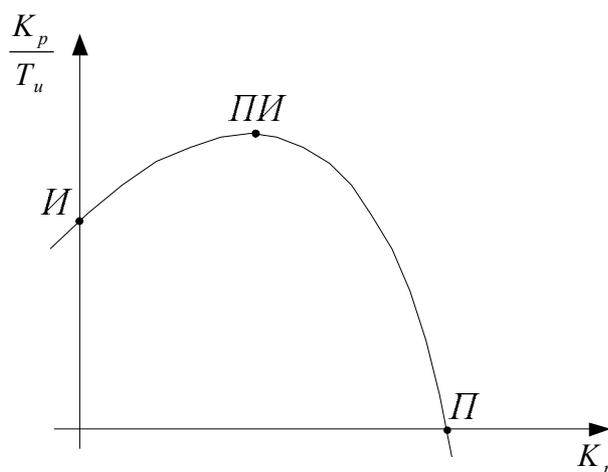


Рис. 2. Граница заданного запаса устойчивости

## ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. Запустить программу "НАСТРОЙКИ РЕГУЛЯТОРОВ" с рабочего стола.
2. Выбрать тип регулятора - "ПИ", ввести исходные данные согласно заданному варианту.
3. Подобрать максимум частоты и шаг по частоте так, чтобы поручаемая граница заданного запаса устойчивости пересекала координатные оси.
4. Зафиксировать значения частоты,  $K_p/T_i$  и  $K_p$ .

5. Определить оптимальные параметры настройки П, И и ПИ - регуляторов.
6. Построить полученную границу заданного запаса устойчивости, отметить на графике точки, соответствующие оптимальным параметрам настройки для трех типов регуляторов.
7. Сделать выводы.
8. Выполнить тест.

## ВАРИАНТЫ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

Варианты индивидуальных заданий приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Варианты исходных данных

<b>№ вар</b>	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>K</b>	<b>tau</b>	<b>Ψ</b>
1	100	50	15	10	2	2	0.75
2	75	40	10	9	3	3	0.8
3	50	30	5	8	4	4	0.85
4	25	50	20	7	2	5	0.9
5	80	40	25	6	3	6	0.95
6	55	30	15	5	4	7	0.998
7	30	55	10	4	2	8	0.75
8	85	45	5	3	3	9	0.8
9	60	35	20	2	4	10	0.85
10	35	55	25	10	2	11	0.9
11	90	45	15	3	3	12	0.95
12	70	35	10	4	4	13	0.998

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Теоретические сведения о синтезе автоматических систем.
2. Порядок проведения лабораторной работы.
3. Полученные с помощью программы "НАСТРОЙКИ РЕГУЛЯТОРОВ" таблицы и рисунки.

4. Точки оптимальных параметров настройки П, И, ПИ - регуляторов.
5. Ответы на контрольные вопросы.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Чем синтез автоматических систем отличается от анализа?
2. Как получить РАФЧХ?
3. Какие параметры являются настроечными для ПИ-регулятора?
4. Как можно на границе заданного запаса устойчивости для ПИ-регулятора найти оптимальные настройки П и И - регуляторов?
5. Запишите расчетные формулы корневого метода для ПИ-регулятора.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Лазарева Т.Я., Мартемьянов Ю.Ф. Основы теории автоматического управления, – Тамбов: изд-во ТГТУ, 2004 г. – 256 с.

Евгения Владимировна Иванова

Определение параметров настройки ПИ-регулятора методом РАФЧХ.  
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.