

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

Е.В. Иванова

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ КРИТЕРИЕВ ГУРВИЦА И РАУСА

*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 устойчивости автоматических систем с применением критериев Гурвица и Рауса.

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 критериев устойчивости Рауса и Гурвица.

Задачами лабораторной работы являются:

- экспериментальное определение устойчивости автоматических систем шестого и третьего порядка с применением критериев Рауса и Гурвица;
- проверка расчетов "вручную".

УСТОЙЧИВОСТЬ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ

Устойчивой считается та система, которая после исчезновения внешних воздействий может вернуться в состояние равновесия [1] (рис. 1).

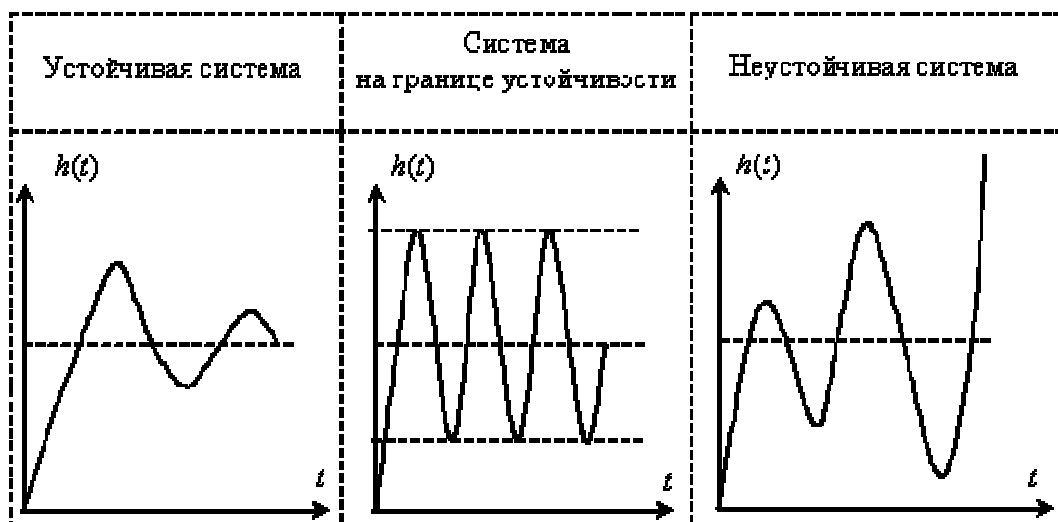


Рис. 1. Классификация устойчивости систем автоматического регулирования

Можно сформулировать условие устойчивости автоматических систем: для устойчивости линейной системы необходимо и достаточно, чтобы все корни ее характеристического уравнения были левыми, т.е. корни должны лежать слева от мнимой оси в комплексной плоскости.

Важное значение имеют правила, позволяющие определить устойчива система или нет, не вычисляя при этом корни характеристического уравнения. Такие правила называют критериями устойчивости.

Все критерии устойчивости делят на алгебраические и частотные.

Алгебраические критерии позволяют судить об устойчивости по коэффициентам характеристического уравнения. Наиболее распространенные из них критерии Рауса и Гурвица. Для устойчивой системы положительность коэффициентов характеристического уравнения является необходимым условием.

Критерий устойчивости Рауса

Критерий Рауса наиболее просто поясняет предложенная им таблица (таблица 1).

Таблица 1. Таблица Рауса

r	Номер строки	Номер столбца				
		1	2	3	...	K
	-	a_n	a_{n-2}	a_{n-4}	...	a_1
	-	a_{n-1}	a_{n-3}	a_{n-5}	...	a_0
$r_1 = \frac{a_n}{a_{n-1}}$	1	$c_{11} = a_{n-2}$ $r_1 \cdot a_{n-3}$	$c_{12} = a_{n-4}$ $r_1 \cdot a_{n-5}$	$c_{13} = a_{n-6}$ $r_1 \cdot a_{n-7}$...	$c_{1k} = a_{n-2k}$ $r_1 \cdot a_{n-2k-1}$
$r_2 = \frac{a_{n-1}}{c_{11}}$	2	$c_{21} = a_{n-3}$ $r_2 \cdot c_{12}$	$c_{22} = a_{n-5}$ $r_2 \cdot c_{13}$	$c_{23} = a_{n-7}$ $r_2 \cdot c_{14}$...	$c_{2k} = a_{n-2k-1}$ $r_2 \cdot c_{1,k+1}$
$r_3 = \frac{c_{11}}{c_{21}}$	3	$c_{31} = c_{12}$ $r_3 \cdot c_{22}$	$c_{32} = c_{13}$ $r_3 \cdot c_{23}$	$c_{33} = c_{14}$ $r_3 \cdot c_{24}$...	$c_{3k} = c_{1,k+1}$ $r_3 \cdot c_{2,k+1}$
...
$r_i = \frac{c_{i-2,1}}{c_{i-1,1}}$	i	$c_{i1} = c_{i-2,2}$ $r_i \cdot c_{i-1,2}$	$c_{i2} = c_{i-2,3}$ $r_i \cdot c_{i-1,3}$	$c_{i3} = c_{i-2,4}$ $r_i \cdot c_{i-1,4}$...	$c_{i,k} = c_{i-2,k+1}$ $r_i \cdot c_{i-1,k+1}$

Из анализа приведенной таблицы легко просматривается правило составления. Процесс заполнения таблицы продолжается до тех пор, пока при

заданном порядке характеристического уравнения не получится строка, содержащая один коэффициент, соответствующий свободному члену характеристического уравнения.

Автоматическая система устойчива тогда, когда все коэффициенты первого столбца таблицы Рауса положительны [2].

Если есть хотя бы один отрицательный коэффициент в первом столбце, то система неустойчива.

Критерий Гурвица

Критерий Гурвица состоит в следующем: устойчивой считается та система, для которой все определители Гурвица положительны [2].

$$\Delta_4 = \begin{vmatrix} a_{n-1} & a_{n-3} & 0 & 0 \\ a_n & a_{n-2} & a_{n-4} & 0 \\ 0 & a_{n-1} & a_{n-3} & 0 \\ 0 & a_n & a_{n-2} & a_0 \end{vmatrix}$$

Отчеркивая в определителе диагональные миноры, получим определители Гурвица низшего порядка.

Мнемоническое правило образования определителя Гурвица: первой заполняется сверху вниз главная диагональ определителя, начиная с коэффициента a_{n-1} и последовательно заканчивая коэффициентом a_0 . Ниже коэффициентов главной диагонали ставятся коэффициенты с последовательно возрастающими индексами, выше – с последовательно убывающими индексами. Взамен недостающих коэффициентов ставятся нули.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. Запустить программу "TauLab" с рабочего стола.
2. Выбрать в меню "Программы" пункт «КМ».
3. На вкладке «Выбор критерия» нажать кнопку «Критерий Рауса».

4. Перейти на вкладку «Ввод исходных данных и Решение». Согласно заданному варианту рассчитать коэффициенты первого столбца таблицы Рауса для системы шестого порядка.
5. Проверить «вручную» правильность расчетов.
6. Перейти на вкладку «Выбор критерия», нажать кнопку «Критерий Гурвица».
7. Перейти на вкладку «Ввод исходных данных и Решение». Согласно заданному варианту рассчитать определители от первого до третьего порядка матрицы Гурвица.
8. Проверить «вручную» правильность расчетов.
9. Сделать выводы.

ВАРИАНТЫ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

Варианты индивидуальных заданий приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1 – Варианты исходных данных для проверки системы критерием Рауса ($a_0 = 1$)

№ вар	a_6	a_5	a_4	a_3	a_2	a_1
1	112	50	46	88	24	13
2	856	43	453	53	748	12
3	55	45	35	25	15	5
4	1	2	3	4	5	6
5	100	80	46	67	15	1
6	78	88	98	78	68	58
7	10	9	8	7	6	5
8	103	98	86	74	61	55
9	200	175	150	125	100	50
10	413	56	34	28	79	16
11	35	34	31	29	18	10
12	64	13	57	16	49	19

Таблица 2 – Варианты исходных данных для проверки системы критерием Гурвица ($a_0 = 1$)

№ вар	a_3	a_2	a_1
1	28	14	7
2	11	21	15

3	2	4	6
4	15	10	5
5	80	45	16
6	22	12	48
7	3	6	9
8	9	6	3
9	14	11	8
10	24	19	5
11	38	21	17
12	57	44	3

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Теоретические сведения об устойчивости автоматических систем, критериях Рауса и Гурвица.
2. Порядок проведения лабораторной работы.
3. Полученные коэффициенты первого столбца Рауса и определителей Гурвица.
4. Расчет «вручную» таблицы Рауса и определителей Гурвица.
5. Ответы на контрольные вопросы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что значит "Автоматическая система - устойчива"?
2. Как определить устойчивость системы с применением критерия Рауса?
3. Как определить устойчивость системы с применением критерия Гурвица?
4. Как выглядит система на границе устойчивости?
5. Сформулируйте правило составления матрицы Гурвица.

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 устойчивости автоматических систем с применением критериев Гурвица и Рауса.

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.