

ГУАП

КАФЕДРА № 31

ОТЧЕТ
ЗАЩИЩЕН С ОЦЕНКОЙ
ПРЕПОДАВАТЕЛЬ

старший преподаватель

должность, уч. степень, звание

Н.Л. Гречкин

инициалы, фамилия

подпись, дата

ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №2

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНОЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

по курсу: НЕЛИНЕЙНЫЕ И АДАПТИВНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

РАБОТУ ВЫПОЛНИЛ

СТУДЕНТ ГР. №

Д. В. Самарин

подпись, дата

инициалы, фамилия

Санкт-Петербург 2025

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Исследовать математическую модель нелинейной автоматической системы регулирования температуры в сушильной камере.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Вариант №15 (3)

| Параметры системы | Номер варианта | | | | | | | | | | | |
|---|----------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|-----|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| $T_0, \text{с}$ | 15 | 5 | 10 | 15 | 20 | 10 | 18 | 20 | 12 | 10 | 15 | 20 |
| $k_0, ^\circ\text{C}/\text{рад}$ | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 15 | 12 | 18 | 8 | 10 | 30 |
| $k_1, \text{A}/^\circ\text{C}$ | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,2 | 0,25 | 0,35 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 0,4 | 0,35 |
| $k_2, \text{рад}/(\text{B}\cdot\text{с})$ | 2 | 1 | 3 | 4 | 2,5 | 1,5 | 3,5 | 4,5 | 5 | 5,5 | 1 | 1,5 |
| i_p | 800 | 700 | 900 | 500 | 100 | 120 | 110 | 750 | 850 | 950 | 900 | 110 |
| $k_{oc} \cdot 10^{-3}, \text{A}/\text{рад}$ | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 1,0 | 1,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0 | 3,5 | 1,5 |
| F_{cp}, A | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,55 | 0,65 | 0,45 | 0,75 | 0,6 | 0,65 |
| $U_{BD}, \text{В}$ | 100 | 110 | 120 | 130 | 125 | 100 | 110 | 120 | 130 | 125 | 130 | 120 |

Рисунок 1 – Численные значения параметров по варианту

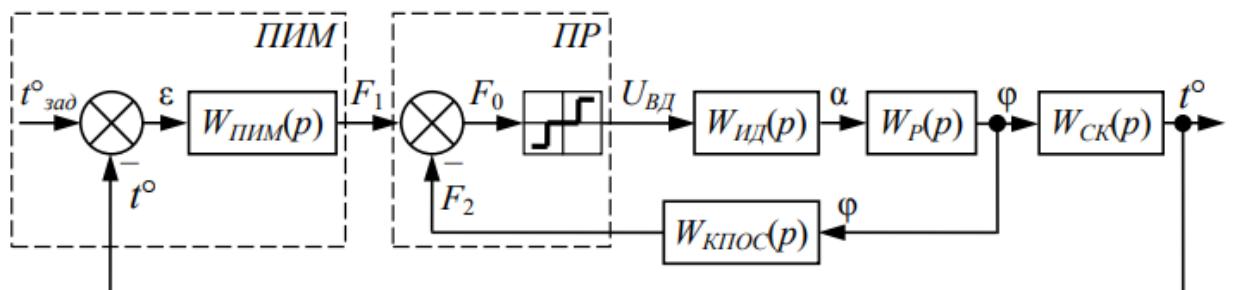


Рисунок 2 – Структурная схема модели автоматической системы
регулирования

На рисунке 3 представлены уравнения звеньев в операторной форме.

$$СК: \quad pT_0t^\circ(p) + t^\circ(p) = k_0\varphi(p); \quad (6.1)$$

$$ПИМ: \quad F_1(p) = k_1\varepsilon(p) = k_1t^\circ_{зад}(p) - k_1t^\circ(p); \quad (6.2)$$

$$ПР: \quad U_{ВД} = \begin{cases} +U_{ВД} & \text{при } F_0 > +F_{cp}; \\ 0 & \text{при } -F_{cp} \leq F_0 \leq +F_{cp}; \\ -U_{ВД} & \text{при } F_0 < -F_{cp}, \end{cases} \quad (6.3)$$

$$\text{где} \quad F_0(p) = F_1(p) - F_2(p); \quad (6.4)$$

$$ИД: \quad p\alpha(p) = k_2U_{ВД}(p); \quad (6.5)$$

$$\text{редуктор } P: \quad i_p\varphi(p) = \alpha(p); \quad (6.6)$$

$$КПОС: \quad F_2(p) = k_{oc}\varphi(p), \quad (6.7)$$

Рисунок 3 – Уравнения звеньев системы

Где p – оператор Лапласа; k_i – коэффициенты передачи; T_i – постоянные времени; α – угол поворота вала ИД; i_p – передаточное отношение редуктора; t° – текущее значение температуры в СК; $t^\circ_{зад}$ – заданное значение температуры в СК; F_{cp} – порог срабатывания ПР по результирующей МДС.

ХОД РАБОТЫ

ПФ сушильной камеры (СК):

$$W_{СК}(p) = \frac{t^\circ(p)}{\varphi(p)} = \frac{k_0}{T_0p + 1} = \frac{20}{10p + 1}.$$

ПФ потенциометрического измерительного моста (ПИМ):

$$W_{ПИМ}(p) = \frac{F_1(p)}{\varepsilon(p)} = k_1 = 0,5.$$

ПФ исполнительного двигателя (ИД):

$$W_{ИД}(p) = \frac{\alpha(p)}{U_{ВД}(p)} = \frac{k_2}{p} = \frac{3}{p}.$$

ПФ редуктора (P):

$$W_P(p) = \frac{\varphi(p)}{\alpha(p)} = \frac{1}{i_p} = \frac{1}{900}.$$

ПФ кольцевого потенциометра внутренней обратной связи (КПОС):

$$W_{\text{КПОС}}(p) = \frac{F_2(p)}{\varphi(p)} = k_{\text{OC}} = 3,5 * 10^{-3}.$$

Смоделируем нелинейную часть системы в виде статической характеристики, для этого составим модель в Simulink последовательно соединяя блоки «Dead zone», «Sign» и «Gain» (рис.4). В блок «Dead zone» вводятся значения порога срабатывания ПР по результирующей МДС $+/- F_{\text{cp}}$, блок «Sign» остается без изменений, а в «Gain» - значения питающего напряжения $U_{\text{ВД}}$. Полученная статическая характеристика приведена на рисунке 5.

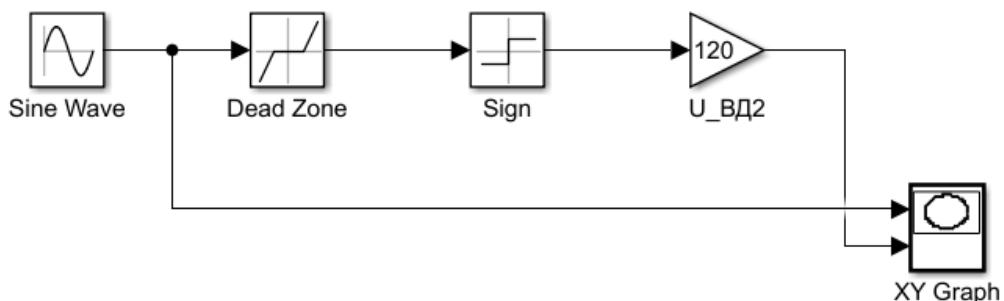


Рисунок 4 – Модель для исследования нелинейной части системы

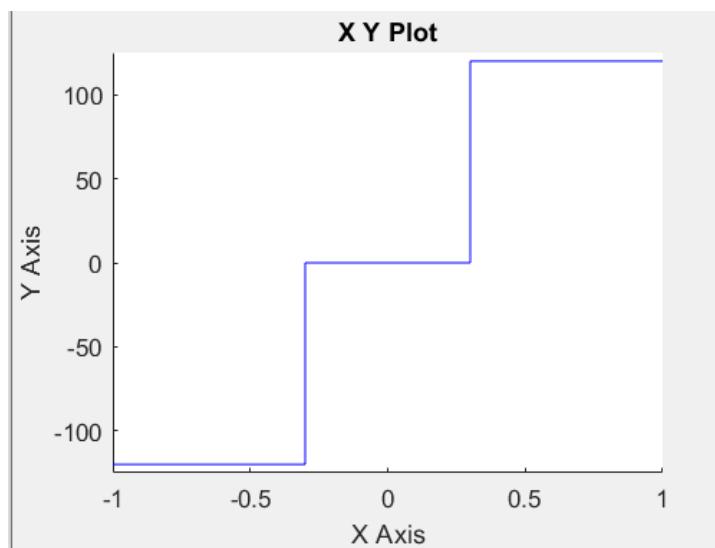


Рисунок 5 – Статическая характеристика поляризованного реле

Теперь переходим к составлению структурной схемы модели нелинейной автоматической системы регулирования (рис. 6).

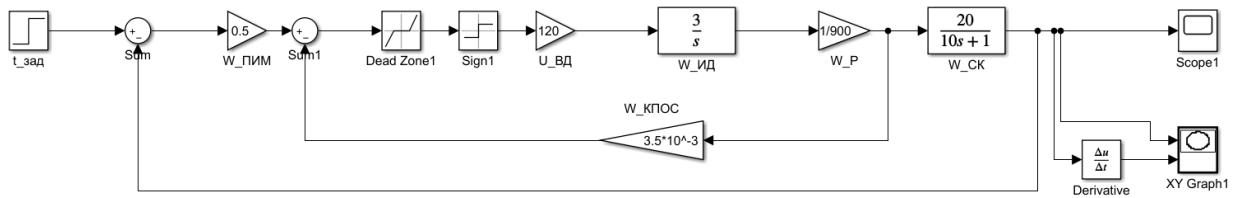


Рисунок 6 – Структурная схема модели системы регулирования

Рассмотрим получаемый график переходного процесса при ступенчатом задающем воздействии $t_{\text{зад}}^{\circ} = 100^{\circ}\text{C}$ (рис. 7).

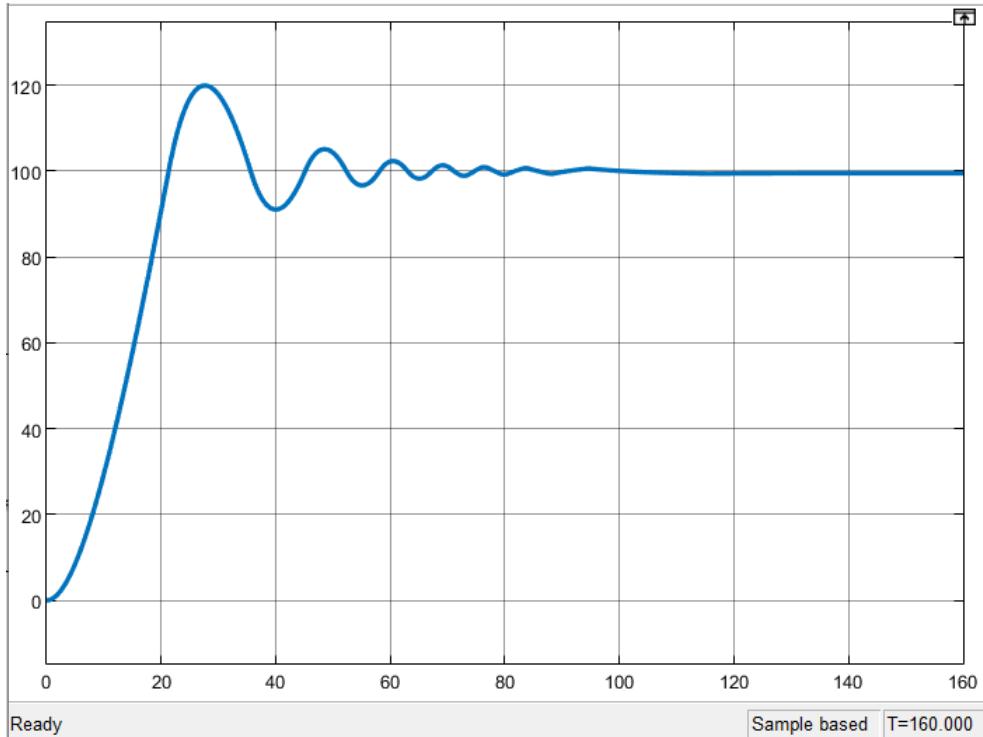


Рисунок 7 – Переходный процесс системы

Полученные параметры переходного процесса:

- перерегулирование $\sigma = 20\%$;
- установившееся значение $t = 99,5^{\circ}\text{C}$;
- установившаяся ошибка $\varepsilon = 0,5\%$;
- время переходного процесса $t_p = 48,2 \text{ с}$;

Получим фазовую траекторию выходного параметра системы при ступенчатом задающем воздействии $t_{\text{зад}}^{\circ} = 100^{\circ}\text{C}$. Исследование фазовой траектории нелинейной системы проводить при помощи блока «XY Graph», на вход «X» которого подается величина исследуемого сигнала, а на вход «Y» - производная сигнала по времени. Результат приведен на рисунке 8.

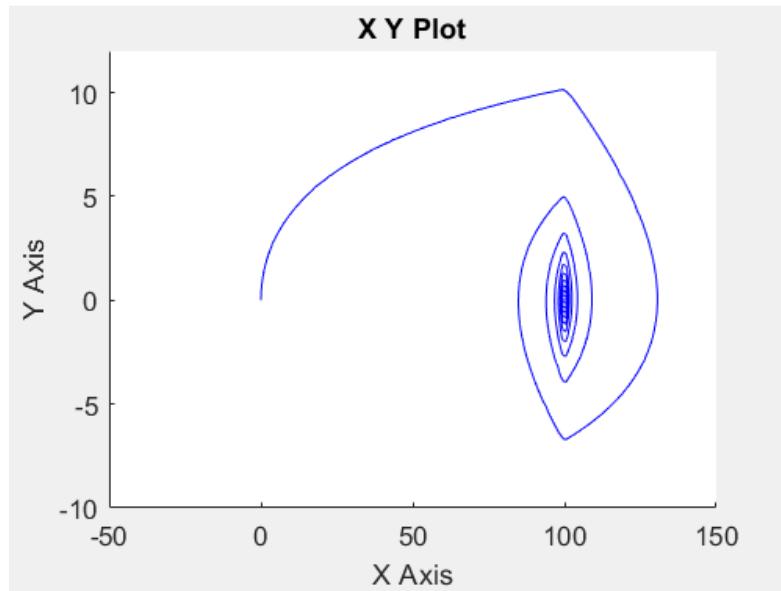


Рисунок 8 – Полученная фазовая траектория

Из полученной фазовой траектории определяем:

- тип фазовой траектории – незамкнутая кривая;
- система является устойчивой;
- особая точка типа «устойчивый фокус (спираль)».

ВЫВОД

Исследована математическая модель нелинейной автоматической системы регулирования температуры в сушильной камере.

Были получены ПФ линейных элементов системы, смоделирована нелинейная часть системы, составлена структурная схема нелинейной автоматической системы регулирования, получены график переходного процесса и фазовая траектория.

По графику переходного процесса выполнена оценка численных показателей качества регулирования.