

ГУАП

КАФЕДРА № 31

ОТЧЕТ
ЗАЩИЩЕН С ОЦЕНКОЙ
ПРЕПОДАВАТЕЛЬ

старший преподаватель

должность, уч. степень, звание

подпись, дата

Н.Л. Гречкин

инициалы, фамилия

ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №2

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНОЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

по курсу: НЕЛИНЕЙНЫЕ И АДАПТИВНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

РАБОТУ ВЫПОЛНИЛ

СТУДЕНТ ГР. № _____

подпись, дата

Д. В. Самарин

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
$k_0, \text{°C/рад}$	10	15	20	25	30	35	15	12	18	8	10	30
$k_1, \text{А/°C}$	0,3	0,4	0,5	0,2	0,25	0,35	0,6	0,7	0,8	0,9	0,4	0,35
$k_2, \text{рад/(В·с)}$	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
$k_{oc} \cdot 10^{-3}, \text{А/рад}$	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	1,0	1,5	5,0	5,5	6,0	3,5	1,5
$F_{cp}, \text{А}$	0,5	0,4	0,3	0,6	0,7	0,8	0,55	0,65	0,45	0,75	0,6	0,65
$U_{ВД}, \text{В}$	100	110	120	130	125	100	110	120	130	125	130	120

Рисунок 1 – Численные значения параметров по варианту

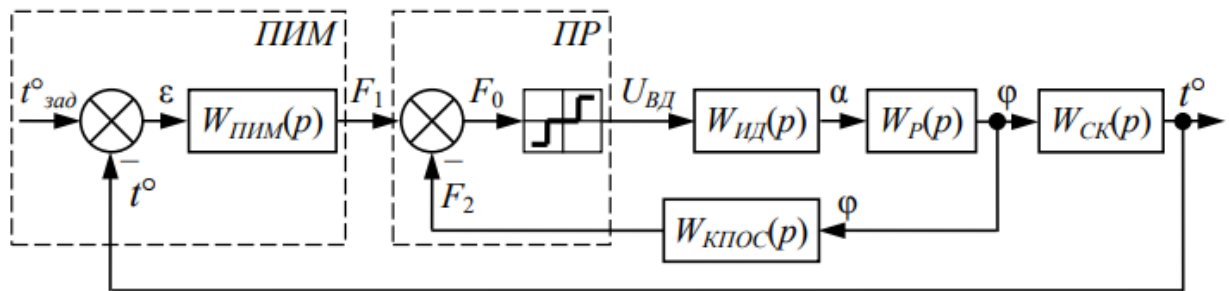


Рисунок 2 – Структурная схема модели автоматической системы регулирования

На рисунке 3 представлены уравнения звеньев в операторной форме.

$$СК: \quad pT_0 t^\circ(p) + t^\circ(p) = k_0 \varphi(p); \quad (6.1)$$

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

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

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

$$ИД: \quad p\alpha(p) = k_2 U_{ВД}(p); \quad (6.5)$$

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

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

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; $F_{ср}$ – порог срабатывания ПР по результирующей МДС.

ХОД РАБОТЫ

ПФ сушильной камеры (СК):

$$W_{СК}(p) = \frac{t^\circ(p)}{\varphi(p)} = \frac{k_0}{T_0 p + 1} = \frac{20}{10p + 1}.$$

ПФ потенциометрического измерительного моста (ПММ):

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

ПФ исполнительного двигателя (ИД):

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

ПФ редуктора (Р):

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

ПФ кольцевого потенциометра внутренней обратной связи (КПОС):

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

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 $\pm F_{\text{ср}}$, блок «Sign» остается без изменений. а в «Gain» - значения питающего напряжения $U_{\text{ВД}}$. Полученная статическая характеристика приведена на рисунке 5.

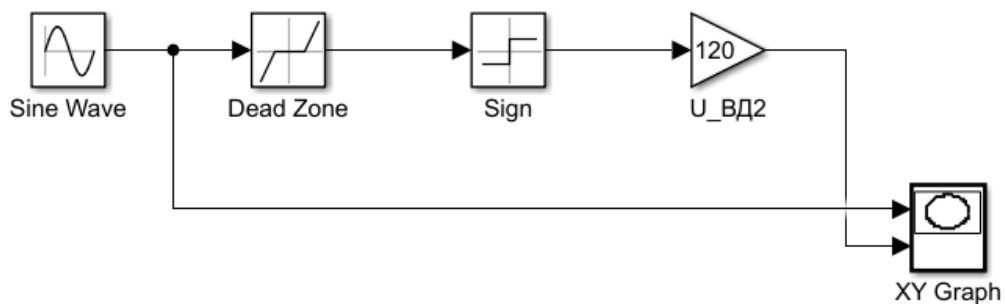


Рисунок 4 – Модель для исследования нелинейной части системы

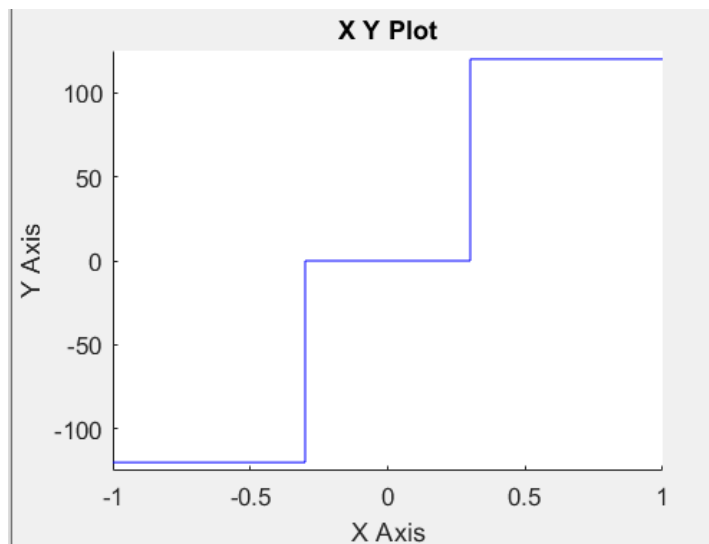


Рисунок 5 – Статическая характеристика поляризованного реле

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

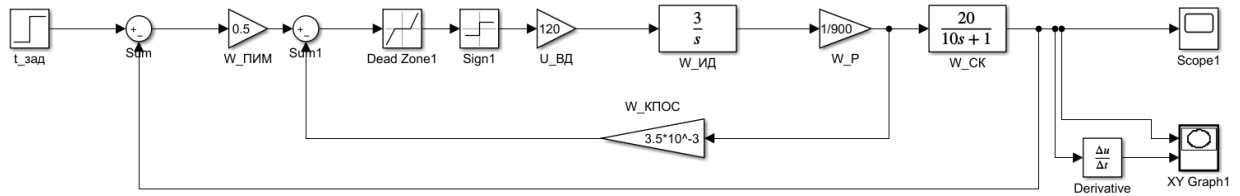


Рисунок 6 – Структурная схема модели системы регулирования

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

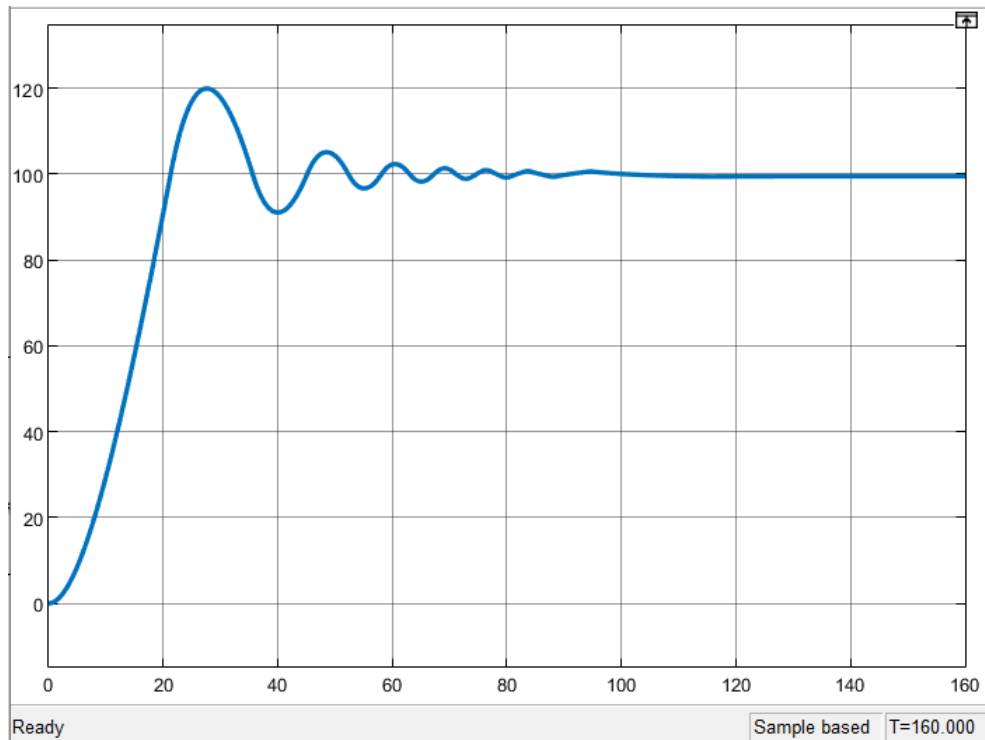


Рисунок 7 – Переходный процесс системы

Полученные параметры переходного процесса:

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

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.

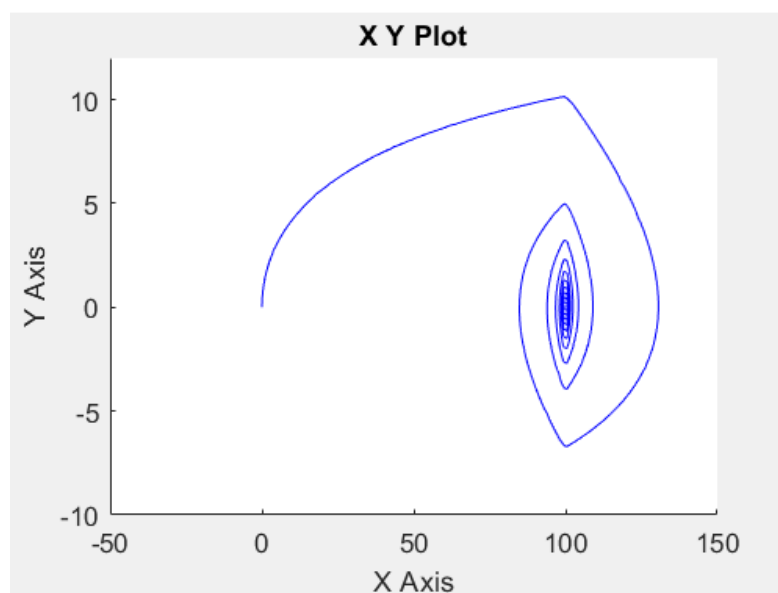


Рисунок 8 – Полученная фазовая траектория

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.