

# ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАМКНУТЫХ СИСТЕМ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.

(г. Москва, МГУС)

Устойчивость автоматических систем – необходимое условие их работоспособности. Система автоматизированного регулирования электропривода стана непрерывной прокатки металла – объект многосвязного регулирования, описывается системой нелинейных дифференциальных уравнений. Это система управления технологическими процессами с запаздыванием. Возникает вопрос об устойчивости такой системы. К ней неприменимы алгебраические критерии устойчивости (из-за трансцендентности  $e^{-ts}$  (блок запаздывания)).

Уравнения системы

- двигатель:  $G_1(s) = \frac{\kappa_\delta}{Ts + 1} = \frac{\omega(s)}{U_\delta(s)}$

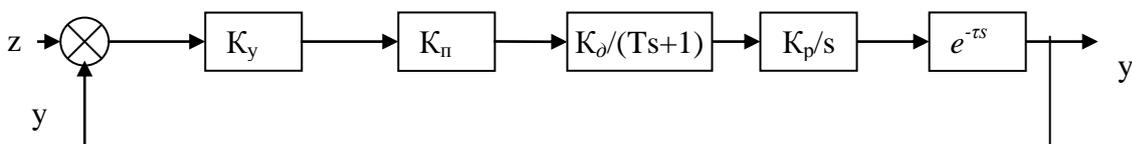
- редуктор:  $G_2(s) = \frac{x_n}{\omega} = \frac{\kappa_p}{s}$

- преобразователь:  $G_3(s) = \frac{U_\delta}{U_y} = \kappa_n$

- П-регулятор:  $G_4(s) = \frac{U_y}{(z - y)} = \kappa_y$

- измеритель толщины проката:  $G_5(s) = e^{-ts}$  (блок запаздывания, т.к. измерение толщины проката происходит на определенном расстоянии от нажимного устройства).

Структурная схема:



Для определения устойчивости такой системы наиболее целесообразно применение критерия Найквиста. С целью проверки точности расчетов с помощью асимптотических характеристик выполнено моделирование системы с помощью типовых программ и сравнены полученные параметры.

Исходные данные:

$$\tau = 0,1 \text{ с}, \kappa_y = \kappa_n = 5, \kappa_y = 2, T = 0,2, \kappa_p = 0,1.$$

Предварительный расчет:

$\omega$	0,1	1	4	5	10	100
$\varphi$	-91	-101	-129	-135	-153	-177
$\varphi_{бз}$	-0,6	-5,7	-23,6	-26,6	-57	-573
$\Sigma$	-91,6	-106,7	-152	-163	-210	-750

$$\Delta\varphi = 180 - 135$$

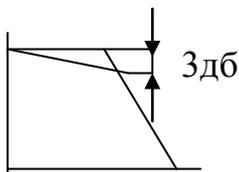
$$\tau_{кр} = \frac{\Delta\varphi}{\omega_c \cdot 57,3} = \frac{45}{5 \cdot 57,3} = 0,157 \quad - \quad \text{критическое время запаздывания,}$$

которое приводит систему на границу устойчивости.

Эксперимент:

$$\omega_c = 3,914; \varphi(\omega_c) = 128,5; \Delta\varphi = 51,95; \tau_{кр} = 0,232$$

Как видно, асимптотические характеристики отличаются от точных (экспериментальных) (особенно на частоте излома), что в ряде случаев могло бы помешать нормальному функционированию системы.



В целом, при моделировании систем управления в зависимости от конкретных задач, поставленных исследователями, используются либо оригинальные алгоритмы расчетов и библиотеки типовых элементов либо готовые программы.