

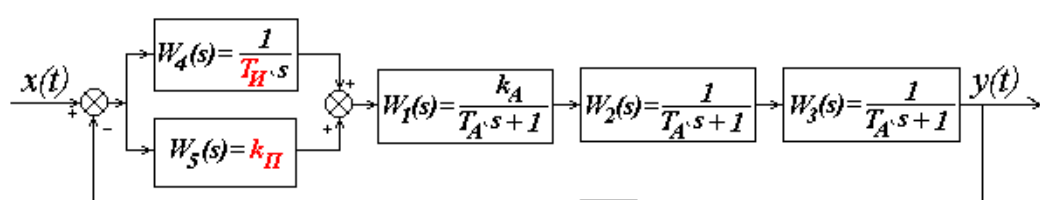
Лабораторная работа №6.

Цель работы.

Исследование устойчивости схемы комбинированного соединения с обратной связью.

1. По виду КЧХ разомкнутой системы экспериментально найти параметры интегрирующего и пропорционального звена соответствующие "критическому" состоянию границы и заданного запаса устойчивости системы.
2. По характеру переходных процессов в замкнутой системе экспериментально доказать правильность косвенной настройки с использованием частотного критерия Найквиста.
3. Аналитически рассчитать координаты линий границы устойчивости и заданного запаса устойчивости на плоскости параметров пропорционального и интегрирующего звеньев и нанести на линии экспериментально найденные точки.

Схема комбинированного соединения звеньев



Передаточные функции объекта регулирования.

$$W_1(s) = \frac{k_A}{T_A \cdot s + 1} \quad W_2(s) = \frac{1}{T_A \cdot s + 1} \quad W_3(s) = \frac{1}{T_A \cdot s + 1} \quad W_4(s) = \frac{1}{T_I \cdot s} \quad W_5(s) = k_{II}$$

Параметры аperiodического звена из лабораторной работы №1 $T_A := 10$ $k_A := 0.6$

1.1 График линии границы области устойчивой работы АСР

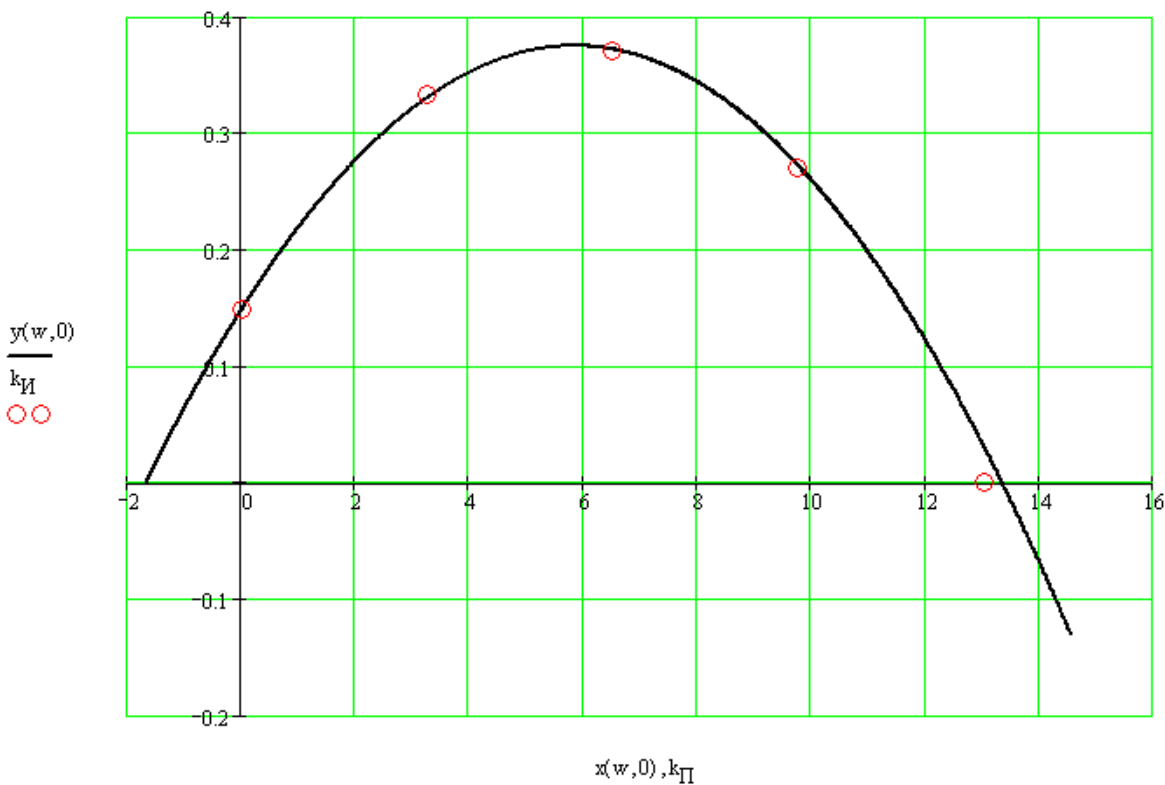
$$W(s) = \frac{k_A}{T_A \cdot s + 1} \cdot \frac{1}{T_A \cdot s + 1} \cdot \frac{1}{T_A \cdot s + 1} \quad w := 0.0001, 0.0002 \dots 0.18$$

$$x(w, m) := -\frac{m \cdot \text{Im}[W[(-m + i) \cdot w]] + \text{Re}[W[(-m + i) \cdot w]]}{\text{Re}[W[(-m + i) \cdot w]]^2 + \text{Im}[W[(-m + i) \cdot w]]^2} \quad y(w, m) := -\frac{(w) \cdot (1 + m^2) \cdot \text{Im}[W[(-m + i) \cdot w]]}{\text{Re}[W[(-m + i) \cdot w]]^2 + \text{Im}[W[(-m + i) \cdot w]]^2}$$

1.2 Экспериментальные значения параметров пропорционального и интегрального звеньев

ORIGIN := 1

Экспериментальные значения $T_I := \begin{pmatrix} 100000 \\ 6.7 \\ 2.7 \\ 3 \\ 3.7 \end{pmatrix}$ c $k_{II} := \begin{pmatrix} 13 \\ 0 \\ 6.5 \\ 3.25 \\ 9.75 \end{pmatrix}$ $k_{II} := \frac{1}{T_I}$ $k_{II} = \begin{pmatrix} 1 \times 10^{-5} \\ 0.149 \\ 0.37 \\ 0.333 \\ 0.27 \end{pmatrix}$



1.3 Графики переходных процессов

Экспериментальные данные

$t :=$	$\begin{pmatrix} 0 \\ 10 \\ 20 \\ 30 \\ 40 \\ 50 \\ 60 \\ 70 \\ 80 \\ 90 \\ 100 \end{pmatrix}$	c	$y_1 := \begin{pmatrix} 0 \\ 0.109 \\ 1.232 \\ 1.506 \\ 0.363 \\ 0.4238 \\ 1.538 \\ 1.156 \\ 0.163 \\ 0.828 \\ 1.619 \end{pmatrix}$	$y_2 := \begin{pmatrix} 0 \\ 0.0017 \\ 0.0797 \\ 0.363 \\ 0.833 \\ 1.356 \\ 1.765 \\ 1.925 \\ 1.784 \\ 1.387 \\ 0.862 \end{pmatrix}$	$y_3 := \begin{pmatrix} 0 \\ 0.059 \\ 0.856 \\ 1.783 \\ 1.581 \\ 0.546 \\ 0.151 \\ 0.962 \\ 1.828 \\ 1.516 \\ 0.469 \end{pmatrix}$	$y_4 := \begin{pmatrix} 0 \\ 0.312 \\ 0.524 \\ 1.388 \\ 1.897 \\ 1.592 \\ 0.746 \\ 0.125 \\ 0.296 \\ 1.109 \\ 1.829 \end{pmatrix}$	$y_5 := \begin{pmatrix} 0 \\ 0.085 \\ 1.093 \\ 1.782 \\ 0.926 \\ 0.151 \\ 0.93 \\ 1.811 \\ 1.143 \\ 0.184 \\ 0.743 \end{pmatrix}$
--------	--	-----	---	--	--	--	---

$$H1(s) := \frac{\left(k_{II1} + \frac{1}{T_{II1} \cdot s} \right) \cdot W(s)}{1 + \left(k_{II1} + \frac{1}{T_{II1} \cdot s} \right) \cdot W(s)} \cdot \frac{1}{s} \quad H2(s) := \frac{\left(k_{II2} + \frac{1}{T_{II2} \cdot s} \right) \cdot W(s)}{1 + \left(k_{II2} + \frac{1}{T_{II2} \cdot s} \right) \cdot W(s)} \cdot \frac{1}{s}$$

$$H3(s) := \frac{\left(k_{II3} + \frac{1}{T_{II3} \cdot s} \right) \cdot W(s)}{1 + \left(k_{II3} + \frac{1}{T_{II3} \cdot s} \right) \cdot W(s)} \cdot \frac{1}{s} \quad H4(s) := \frac{\left(k_{II4} + \frac{1}{T_{II4} \cdot s} \right) \cdot W(s)}{1 + \left(k_{II4} + \frac{1}{T_{II4} \cdot s} \right) \cdot W(s)} \cdot \frac{1}{s}$$

$$H5(S) := \frac{\left(k_{H_5} + \frac{1}{T_{H_5} \cdot S} \right) \cdot W(S)}{1 + \left(k_{H_5} + \frac{1}{T_{H_5} \cdot S} \right) \cdot W(S)} \cdot \frac{1}{S} \quad h_{1r}(t) := H1(S) \left| \begin{array}{l} \text{invlaplace,S} \\ \text{float,1} \end{array} \right. \rightarrow 1 - 2 \cdot \exp(-3 \cdot t) - 7 \cdot \exp(-8 \cdot 10^{-4} \cdot t) \cdot \cos(2 \cdot t) - 4 \cdot \exp(-8 \cdot 10^{-4} \cdot t) \cdot \sin(2 \cdot t) + 3 \cdot i \cdot (-6 \cdot 10^{-2} \cdot \exp(-8 \cdot 10^{-4} \cdot t) \cdot \cos(2 \cdot t) + 1 \cdot \exp(-8 \cdot 10^{-4} \cdot t) \cdot \sin(2 \cdot t)) + 3 \cdot i \cdot (6 \cdot 10^{-2} \cdot \exp(-8 \cdot 10^{-4} \cdot t) \cdot \cos(2 \cdot t) - 1 \cdot \exp(-8 \cdot 10^{-4} \cdot t) \cdot \sin(2 \cdot t)) - 1 \cdot \exp(-7 \cdot 10^{-7} \cdot t)$$

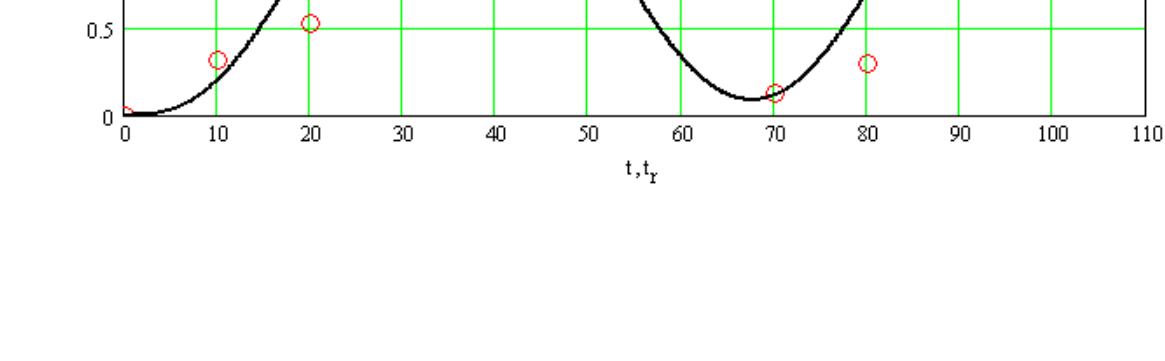
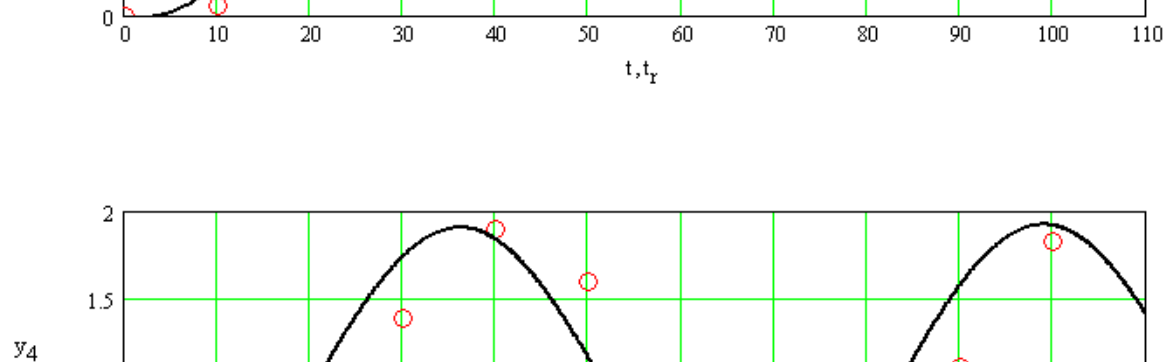
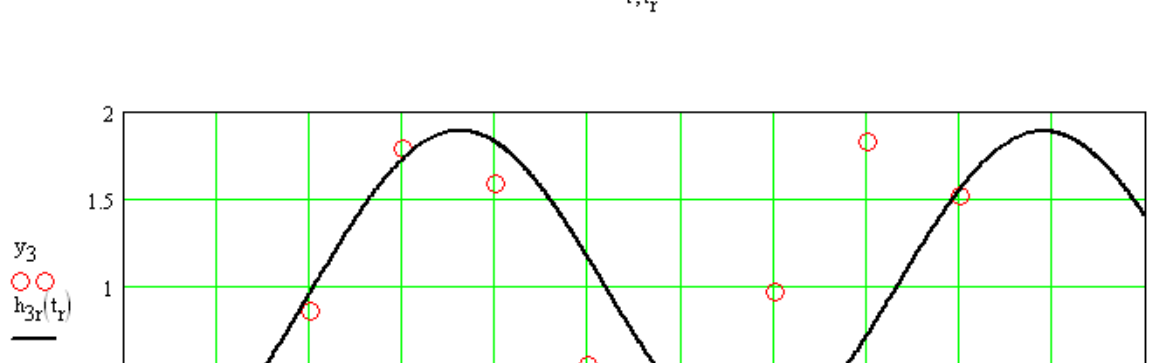
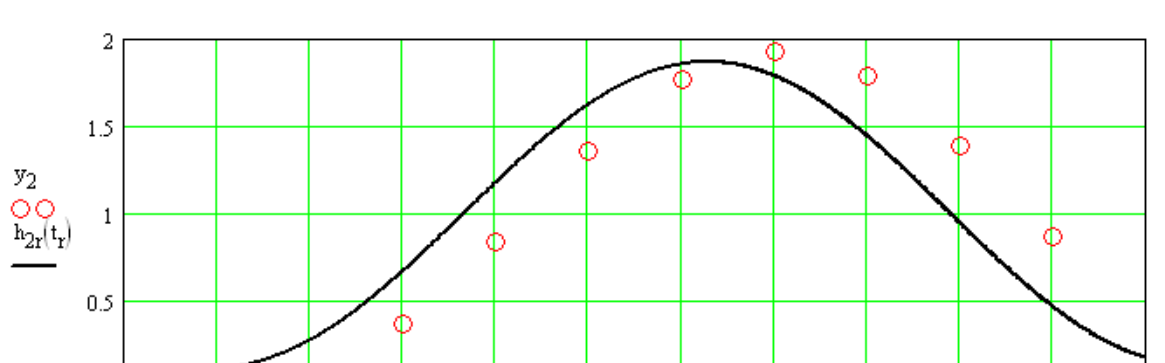
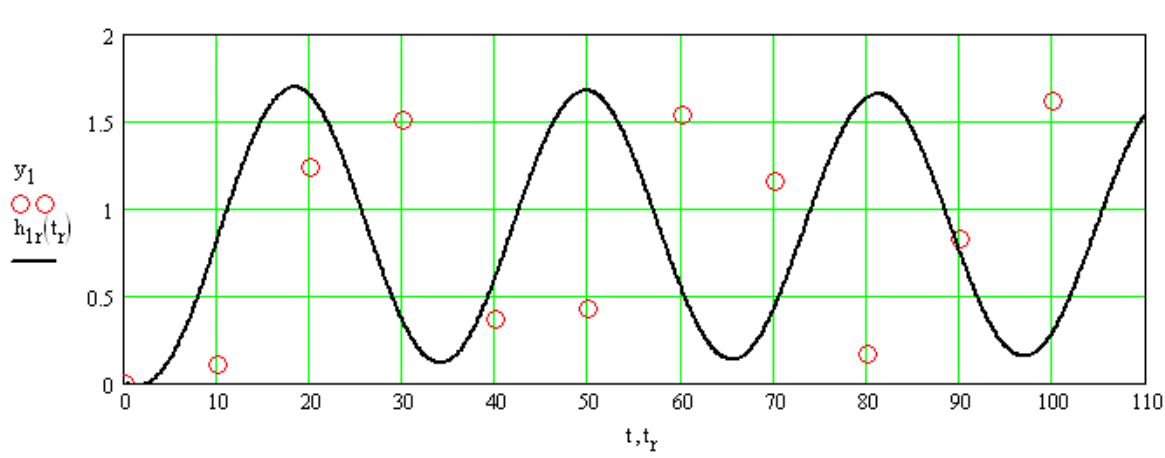
$$\begin{aligned} & (1 - 2 \cdot \exp(-3 \cdot t) - 7 \cdot \exp(-8 \cdot 10^{-4} \cdot t) \cdot \cos(2 \cdot t) - 4 \cdot \exp(-8 \cdot 10^{-4} \cdot t) \cdot \sin(2 \cdot t)) \dots \\ & + 3 \cdot i \cdot (-6 \cdot 10^{-2} \cdot \exp(-8 \cdot 10^{-4} \cdot t) \cdot \cos(2 \cdot t) + 1 \cdot \exp(-8 \cdot 10^{-4} \cdot t) \cdot \sin(2 \cdot t)) \dots \\ & + 3 \cdot i \cdot (6 \cdot 10^{-2} \cdot \exp(-8 \cdot 10^{-4} \cdot t) \cdot \cos(2 \cdot t) - 1 \cdot \exp(-8 \cdot 10^{-4} \cdot t) \cdot \sin(2 \cdot t)) - 1 \cdot \exp(-7 \cdot 10^{-7} \cdot t) \end{aligned}$$

$$h_{2r}(t) := H2(S) \left| \begin{array}{l} \text{invlaplace,S} \\ \text{float,1} \end{array} \right. \rightarrow 1 - 3 \cdot \exp(-2 \cdot t) \cdot \cos(6 \cdot 10^{-2} \cdot t) - 1 \cdot \exp(-2 \cdot t) \cdot \sin(6 \cdot 10^{-2} \cdot t) + 4 \cdot 10^{19} \cdot i \cdot (-1 \cdot 10^{-21} \cdot \exp(-2 \cdot t) \cdot \cos(6 \cdot 10^{-2} \cdot t) + 3 \cdot 10^{-21} \cdot \exp(-2 \cdot t) \cdot \sin(6 \cdot 10^{-2} \cdot t)) + 4 \cdot 10^{19} \cdot i \cdot (1 \cdot 10^{-21} \cdot \exp(-2 \cdot t) \cdot \cos(6 \cdot 10^{-2} \cdot t) - 3 \cdot 10^{-21} \cdot \exp(-2 \cdot t) \cdot \sin(6 \cdot 10^{-2} \cdot t)) - 7 \cdot \exp(1 \cdot 10^{-4} \cdot t) \cdot \cos(6 \cdot 10^{-2} \cdot t) - 5 \cdot \exp(1 \cdot 10^{-4} \cdot t) \cdot \sin(6 \cdot 10^{-2} \cdot t) + 4 \cdot 10^{19} \cdot i \cdot (-6 \cdot 10^{-21} \cdot \exp(1 \cdot 10^{-4} \cdot t) \cdot \cos(6 \cdot 10^{-2} \cdot t) + 8 \cdot 10^{-21} \cdot \exp(1 \cdot 10^{-4} \cdot t) \cdot \sin(6 \cdot 10^{-2} \cdot t)) + 4 \cdot 10^{19} \cdot i \cdot (6 \cdot 10^{-21} \cdot \exp(1 \cdot 10^{-4} \cdot t) \cdot \cos(6 \cdot 10^{-2} \cdot t) - 8 \cdot 10^{-21} \cdot \exp(1 \cdot 10^{-4} \cdot t) \cdot \sin(6 \cdot 10^{-2} \cdot t))$$

$$h_{3r}(t) := H3(S) \left| \begin{array}{l} \text{invlaplace,S} \\ \text{float,1} \end{array} \right. \rightarrow 1 - 2 \cdot \exp(-2 \cdot t) - 2 \cdot 10^{-2} \cdot \exp(-6 \cdot 10^{-2} \cdot t) - 8 \cdot \exp(-1 \cdot 10^{-4} \cdot t) \cdot \cos(1 \cdot t) - 4 \cdot \exp(-1 \cdot 10^{-4} \cdot t) \cdot \sin(1 \cdot t) + 3 \cdot i \cdot (-7 \cdot 10^{-2} \cdot \exp(-1 \cdot 10^{-4} \cdot t) \cdot \cos(1 \cdot t) + 1 \cdot \exp(-1 \cdot 10^{-4} \cdot t) \cdot \sin(1 \cdot t)) + 3 \cdot i \cdot (7 \cdot 10^{-2} \cdot \exp(-1 \cdot 10^{-4} \cdot t) \cdot \cos(1 \cdot t) - 1 \cdot \exp(-1 \cdot 10^{-4} \cdot t) \cdot \sin(1 \cdot t))$$

$$h_{4r}(t) := H4(S) \left| \begin{array}{l} \text{invlaplace,S} \\ \text{float,1} \end{array} \right. \rightarrow 1 - 2 \cdot \exp(-2 \cdot t) + 9 \cdot 10^{-6} \cdot \exp(-1 \cdot t) - 8 \cdot \exp(3 \cdot 10^{-4} \cdot t) \cdot \cos(1 \cdot t) - 4 \cdot \exp(3 \cdot 10^{-4} \cdot t) \cdot \sin(1 \cdot t) + 1 \cdot i \cdot (-2 \cdot \exp(3 \cdot 10^{-4} \cdot t) \cdot \cos(1 \cdot t) + 4 \cdot \exp(3 \cdot 10^{-4} \cdot t) \cdot \sin(1 \cdot t)) + 1 \cdot i \cdot (2 \cdot \exp(3 \cdot 10^{-4} \cdot t) \cdot \cos(1 \cdot t) - 4 \cdot \exp(3 \cdot 10^{-4} \cdot t) \cdot \sin(1 \cdot t))$$

$$h_{5r}(t) := H5(S) \left| \begin{array}{l} \text{invlaplace,S} \\ \text{float,1} \end{array} \right. \rightarrow 1 - 2 \cdot \exp(-3 \cdot t) - 7 \cdot 10^{-2} \cdot \exp(-3 \cdot 10^{-2} \cdot t) - 7 \cdot \exp(-1 \cdot 10^{-4} \cdot t) \cdot \cos(2 \cdot t) - 4 \cdot \exp(-1 \cdot 10^{-4} \cdot t) \cdot \sin(2 \cdot t) + 9 \cdot i \cdot (-2 \cdot 10^{-2} \cdot \exp(-1 \cdot 10^{-4} \cdot t) \cdot \cos(2 \cdot t) + 4 \cdot 10^{-2} \cdot \exp(-1 \cdot 10^{-4} \cdot t) \cdot \sin(2 \cdot t)) + 9 \cdot i \cdot (2 \cdot 10^{-2} \cdot \exp(-1 \cdot 10^{-4} \cdot t) \cdot \cos(2 \cdot t) - 4 \cdot 10^{-2} \cdot \exp(-1 \cdot 10^{-4} \cdot t) \cdot \sin(2 \cdot t))$$



1.4 График линии заданного запаса устойчивости АСР

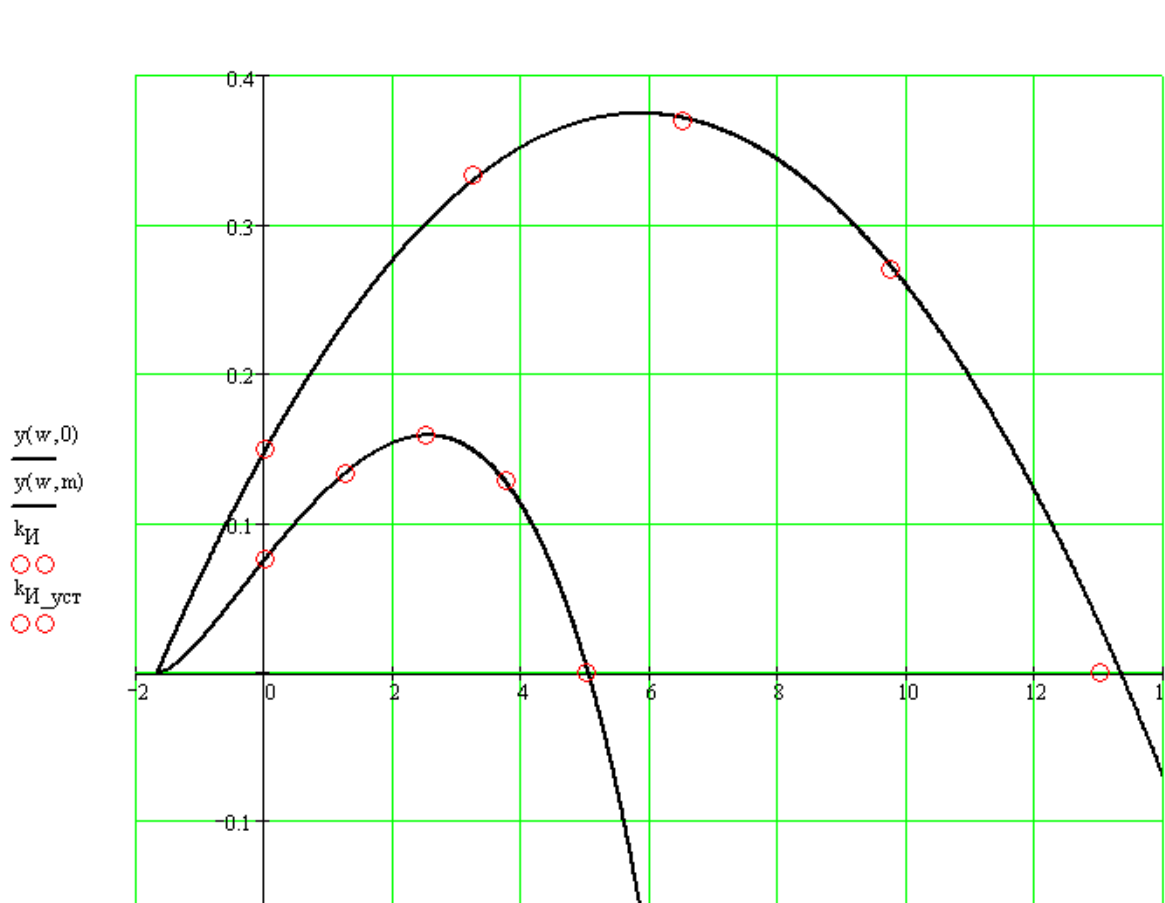
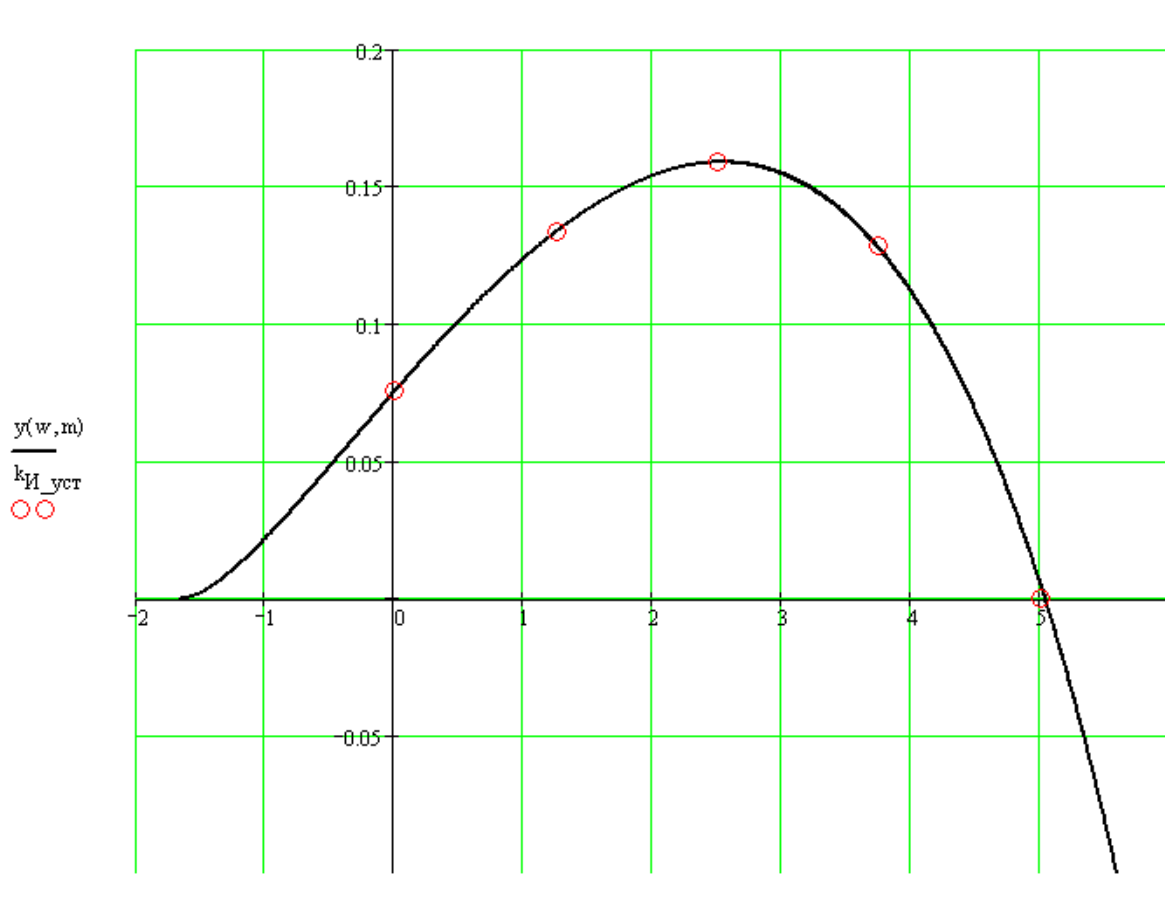
$$m := 0.221$$

$$x(w, m) := \frac{-m \cdot \text{Im}[W[(-m + i) \cdot w]] + \text{Re}[W[(-m + i) \cdot w]]}{\text{Re}[W[(-m + i) \cdot w]]^2 + \text{Im}[W[(-m + i) \cdot w]]^2} \quad y(w, m) := \frac{(w) \cdot (1 + m^2) \cdot \text{Im}[W[(-m + i) \cdot w]]}{\text{Re}[W[(-m + i) \cdot w]]^2 + \text{Im}[W[(-m + i) \cdot w]]^2}$$

1.5 Экспериментальные значения параметров пропорционального и и нтегрального звеньев на линии заданного запаса устойчивости АСР.

Экспериментальные значения

$$T_{И_уст} := \begin{pmatrix} 100000 \\ 13.2 \\ 6.3 \\ 7.5 \\ 7.8 \end{pmatrix} \quad c \quad k_{П_уст} := \begin{pmatrix} 5 \\ 0 \\ 2.5 \\ 1.25 \\ 3.75 \end{pmatrix} \quad k_{И_уст} := \frac{1}{T_{И_уст}} \quad k_{И_уст} = \begin{pmatrix} 1 \times 10^{-5} \\ 0.076 \\ 0.159 \\ 0.133 \\ 0.128 \end{pmatrix}$$



1.6 Графики переходных процессов

Экспериментальные данные

$$y_6 := \begin{pmatrix} 0 \\ 0.042 \\ 0.532 \\ 1.021 \\ 1.002 \\ 0.715 \\ 0.588 \\ 0.693 \\ 0.815 \\ 0.814 \\ 0.743 \end{pmatrix} \quad y_7 := \begin{pmatrix} 0 \\ 0.0009 \\ 0.00405 \\ 0.186 \\ 0.435 \\ 0.739 \\ 1.036 \\ 1.275 \\ 1.423 \\ 1.468 \\ 1.422 \end{pmatrix} \quad y_8 := \begin{pmatrix} 0 \\ 0.0229 \\ 0.0357 \\ 0.925 \\ 1.347 \\ 1.421 \\ 1.215 \\ 0.942 \\ 0.79 \\ 0.812 \\ 0.941 \end{pmatrix} \quad y_9 := \begin{pmatrix} 0 \\ 0.012 \\ 0.21 \\ 0.62 \\ 1.064 \\ 1.37 \\ 1.456 \\ 1.347 \\ 1.133 \\ 0.922 \\ 0.795 \end{pmatrix} \quad y_{10} := \begin{pmatrix} 0 \\ 0.033 \\ 0.471 \\ 1.075 \\ 1.327 \\ 1.164 \\ 0.888 \\ 0.783 \\ 0.881 \\ 1.029 \\ 1.087 \end{pmatrix}$$

$$H6(S) := \frac{\left[\frac{k_{П_уст1} + \frac{1}{T_{И_уст1} \cdot S}}{1 + \left(k_{П_уст1} + \frac{1}{T_{И_уст1} \cdot S} \right) \cdot W(S)} \right] \cdot \frac{1}{S}}{1 + \left(k_{П_уст1} + \frac{1}{T_{И_уст1} \cdot S} \right) \cdot W(S)} \quad H7(S) := \frac{\left[\frac{k_{П_уст2} + \frac{1}{T_{И_уст2} \cdot S}}{1 + \left(k_{П_уст2} + \frac{1}{T_{И_уст2} \cdot S} \right) \cdot W(S)} \right] \cdot \frac{1}{S}}{1 + \left(k_{П_уст2} + \frac{1}{T_{И_уст2} \cdot S} \right) \cdot W(S)}$$

$$H8(S) := \frac{\left[\frac{k_{П_уст3} + \frac{1}{T_{И_уст3} \cdot S}}{1 + \left(k_{П_уст3} + \frac{1}{T_{И_уст3} \cdot S} \right) \cdot W(S)} \right] \cdot \frac{1}{S}}{1 + \left(k_{П_уст3} + \frac{1}{T_{И_уст3} \cdot S} \right) \cdot W(S)} \quad H9(S) := \frac{\left[\frac{k_{П_уст4} + \frac{1}{T_{И_уст4} \cdot S}}{1 + \left(k_{П_уст4} + \frac{1}{T_{И_уст4} \cdot S} \right) \cdot W(S)} \right] \cdot \frac{1}{S}}{1 + \left(k_{П_уст4} + \frac{1}{T_{И_уст4} \cdot S} \right) \cdot W(S)}$$

$$H10(S) := \frac{\left[\frac{k_{П_уст5} + \frac{1}{T_{И_уст5} \cdot S}}{1 + \left(k_{П_уст5} + \frac{1}{T_{И_уст5} \cdot S} \right) \cdot W(S)} \right] \cdot \frac{1}{S}}{1 + \left(k_{П_уст5} + \frac{1}{T_{И_уст5} \cdot S} \right) \cdot W(S)}$$

$$h_{6f}(t) := H6(S) \left| \begin{array}{l} \text{invlaplace,S} \\ \text{float,1} \end{array} \right. \rightarrow 1. - 2 \cdot \exp(-2 \cdot t) - 6 \cdot \exp(-3 \cdot 10^{-2} \cdot t) \cdot \cos(1 \cdot t) - 5 \cdot \exp(-3 \cdot 10^{-2} \cdot t) \cdot \sin(1 \cdot t) + 3 \cdot i \cdot (-8 \cdot 10^{-2} \cdot \exp(-3 \cdot 10^{-2} \cdot t) \cdot \cos(1 \cdot t) + 9 \cdot 10^{-2} \cdot \exp(-3 \cdot 10^{-2} \cdot t) \cdot \sin(1 \cdot t)) + 3 \cdot i \cdot (8 \cdot 10^{-2} \cdot \exp(-3 \cdot 10^{-2} \cdot t) \cdot \cos(1 \cdot t) - 9 \cdot 10^{-2} \cdot \exp(-3 \cdot 10^{-2} \cdot t) \cdot \sin(1 \cdot t)) - 2 \cdot \exp(-2 \cdot 10^{-6} \cdot t)$$

$$h_{7f}(t) := H7(S) \left| \begin{array}{l} \text{invlaplace,S} \\ \text{float,1} \end{array} \right. \rightarrow 1. - 2 \cdot \exp(-1 \cdot t) \cdot \cos(5 \cdot 10^{-2} \cdot t) - 1 \cdot \exp(-1 \cdot t) \cdot \sin(5 \cdot 10^{-2} \cdot t) + 2 \cdot 10^{19} \cdot i \cdot (-3 \cdot 10^{-21} \cdot \exp(-1 \cdot t) \cdot \cos(5 \cdot 10^{-2} \cdot t) + 5 \cdot 10^{-21} \cdot \exp(-1 \cdot t) \cdot \sin(5 \cdot 10^{-2} \cdot t)) + 2 \cdot 10^{19} \cdot i \cdot (3 \cdot 10^{-21} \cdot \exp(-1 \cdot t) \cdot \cos(5 \cdot 10^{-2} \cdot t) - 5 \cdot 10^{-21} \cdot \exp(-1 \cdot t) \cdot \sin(5 \cdot 10^{-2} \cdot t)) - 8 \cdot \exp(-1 \cdot 10^{-2} \cdot t) \cdot \cos(4 \cdot 10^{-2} \cdot t) - 8 \cdot \exp(-1 \cdot 10^{-2} \cdot t) \cdot \sin(4 \cdot 10^{-2} \cdot t) + 2 \cdot 10^{19} \cdot i \cdot (-2 \cdot 10^{-20} \cdot \exp(-1 \cdot 10^{-2} \cdot t) \cdot \cos(4 \cdot 10^{-2} \cdot t) + 2 \cdot 10^{-20} \cdot \exp(-1 \cdot 10^{-2} \cdot t) \cdot \sin(4 \cdot 10^{-2} \cdot t)) + 2 \cdot 10^{19} \cdot i \cdot (2 \cdot 10^{-20} \cdot \exp(-1 \cdot 10^{-2} \cdot t) \cdot \cos(4 \cdot 10^{-2} \cdot t) - 2 \cdot 10^{-20} \cdot \exp(-1 \cdot 10^{-2} \cdot t) \cdot \sin(4 \cdot 10^{-2} \cdot t))$$

$$h_{8f}(t) := H8(S) \left| \begin{array}{l} \text{invlaplace,S} \\ \text{float,1} \end{array} \right. \rightarrow 1. - 2 \cdot \exp(-2 \cdot t) - 5 \cdot 10^{-2} \cdot \exp(-6 \cdot 10^{-2} \cdot t) - 8 \cdot \exp(-2 \cdot 10^{-2} \cdot t) \cdot \cos(9 \cdot 10^{-2} \cdot t) - 6 \cdot \exp(-2 \cdot 10^{-2} \cdot t) \cdot \sin(9 \cdot 10^{-2} \cdot t) + 3 \cdot i \cdot (-1 \cdot \exp(-2 \cdot 10^{-2} \cdot t) \cdot \cos(9 \cdot 10^{-2} \cdot t) + 1 \cdot \exp(-2 \cdot 10^{-2} \cdot t) \cdot \sin(9 \cdot 10^{-2} \cdot t)) + 3 \cdot i \cdot (1 \cdot \exp(-2 \cdot 10^{-2} \cdot t) \cdot \cos(9 \cdot 10^{-2} \cdot t) - 1 \cdot \exp(-2 \cdot 10^{-2} \cdot t) \cdot \sin(9 \cdot 10^{-2} \cdot t))$$

$$h_{9f}(t) := H9(S) \left| \begin{array}{l} \text{invlaplace,S} \\ \text{float,1} \end{array} \right. \rightarrow 1. - 2 \cdot \exp(-2 \cdot t) + 4 \cdot 10^{-4} \cdot \exp(-1 \cdot t) - 8 \cdot \exp(-1 \cdot 10^{-2} \cdot t) \cdot \cos(7 \cdot 10^{-2} \cdot t) - 6 \cdot \exp(-1 \cdot 10^{-2} \cdot t) \cdot \sin(7 \cdot 10^{-2} \cdot t) + 3 \cdot i \cdot (-1 \cdot \exp(-1 \cdot 10^{-2} \cdot t) \cdot \cos(7 \cdot 10^{-2} \cdot t) + 1 \cdot \exp(-1 \cdot 10^{-2} \cdot t) \cdot \sin(7 \cdot 10^{-2} \cdot t)) + 3 \cdot i \cdot (1 \cdot \exp(-1 \cdot 10^{-2} \cdot t) \cdot \cos(7 \cdot 10^{-2} \cdot t) - 1 \cdot \exp(-1 \cdot 10^{-2} \cdot t) \cdot \sin(7 \cdot 10^{-2} \cdot t))$$

$$h_{10f}(t) := H10(S) \left| \begin{array}{l} \text{invlaplace,S} \\ \text{float,1} \end{array} \right. \rightarrow 1. - 2 \cdot \exp(-2 \cdot t) - 2 \cdot \exp(-3 \cdot 10^{-2} \cdot t) - 6 \cdot \exp(-2 \cdot 10^{-2} \cdot t) \cdot \cos(1 \cdot t) - 6 \cdot \exp(-2 \cdot 10^{-2} \cdot t) \cdot \sin(1 \cdot t) + 3 \cdot i \cdot (-1 \cdot \exp(-2 \cdot 10^{-2} \cdot t) \cdot \cos(1 \cdot t) + 1 \cdot \exp(-2 \cdot 10^{-2} \cdot t) \cdot \sin(1 \cdot t)) + 3 \cdot i \cdot (1 \cdot \exp(-2 \cdot 10^{-2} \cdot t) \cdot \cos(1 \cdot t) - 1 \cdot \exp(-2 \cdot 10^{-2} \cdot t) \cdot \sin(1 \cdot t))$$

