

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 28.01.2022 10:51:41

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d0f1d39e5f1d11cbbf7e943d6a4816fb561088b

1

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра теоретической механики и мехатроники

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор –
проректор по учебной работе
Е.А. Кудряшов



« 28 » Января 2012 г.

Лабораторная работа №7

КОРРЕКЦИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ САУ

Методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Теория автоматического управления» для студентов специальности 220401.65 Мехатроника; направлений 220200.62 Автоматизация и управление и 221000.62 Мехатроника и робототехника

УДК 621.(076.1)

Составители: Лушников Б.В., Яцун С.Ф.

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *В.Я.Мищенко*

Коррекция динамических свойств САУ: методические указания к выполнению лабораторной работы / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Б.В. Лушников, С.Ф.Яцун; Курск, 2011. 13 с., ил. 15, табл. 1. Библиогр.: с.13.

Методические указания содержат краткие теоретические сведения из курса теории автоматического управления, необходимые для выполнения лабораторной работы, а также иллюстрированные примеры выполнения, варианты заданий и контрольные вопросы для самопроверки.

Предназначены для студентов направлений 220200.62 Автоматизация и управление, 221000.62 Мехатроника и робототехника и для студентов специальности 220401.65 Мехатроника всех форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16 .Усл.печ.л. .

Уч.-изд.л. .Тираж 20 экз. Заказ .Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040 г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

Лабораторная работа №7

КОРРЕКЦИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ САУ

Цель работы:

1. Выбор значений параметров регулятора, обеспечивающих желаемые динамические свойства САУ;
2. Подтверждение (путём моделирования) того, что в результате введения корректирующего устройства (регулятора) САУ приобрела желаемые свойства.

Объект исследования: линейная система автоматического управления.

Аппаратные средства: виртуальная лаборатория на ЭВМ IBM PC, программный пакет «MATLAB».

Краткие теоретические сведения

Коррекция динамических свойств САУ имеет своей целью повышение динамической точности отработки системой задающего воздействия (или парирование возмущающего воздействия), повышение запасов её устойчивости.

Улучшение динамических свойств САУ заключается в увеличении быстродействия САУ (уменьшении времени регулирования $t_{рег}$), уменьшении перерегулирования σ .

При этом

$$\sigma = \frac{h_{\max} - h_{\text{уст}}}{h_{\text{уст}}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где h_{\max} - максимальное значение переходной характеристики замкнутой САУ $h(t)$;

$h_{\text{уст}}$ - установившееся значение $h(t)$.

Время регулирования $t_{рег}$ – минимальная величина, при которой удовлетворяется условие:

$$|h(t_{\text{рег}}) - h_{\text{уст}}| \leq \delta,$$

где δ – заданная величина ошибки (обычно $\delta = 0,05h_{\text{уст}}$).

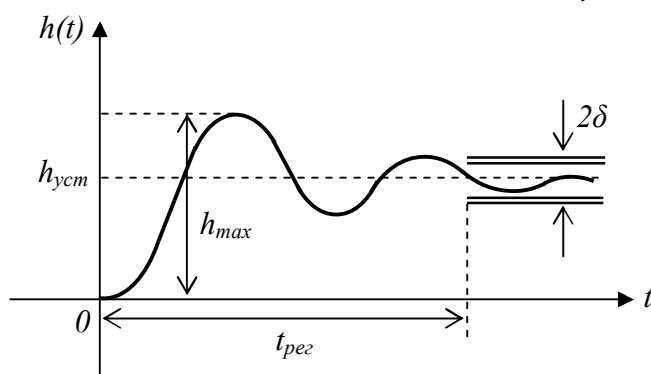


Рис.1 Переходная характеристика САУ

Одним из эффективных средств достижения этой цели является уменьшение отрицательных фазовых сдвигов в прямом тракте системы путём охвата неизменяемой части системы местными отрицательными обратными связями.

Порядок выполнения лабораторной работы

Исходные данные:

<i>Параметры</i>	
k_0	2
T	0,4
ξ	0,7
$t_{рез} \leq$	1,5
$\sigma, \% \leq$	10

Передаточная функция исследуемой системы имеет вид:

$$W(p) = \frac{k_0}{T^2 p^2 + 2T\xi p + 1}$$

1. Начальные данные о системе.

Для получения начальных данных о САУ необходимо создать её математическую модель в пакете MATLAB без обратной связи и по построенной характеристике измерить динамические параметры системы.

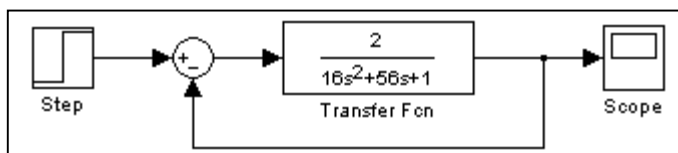


Рис.2 Математическая модель САУ

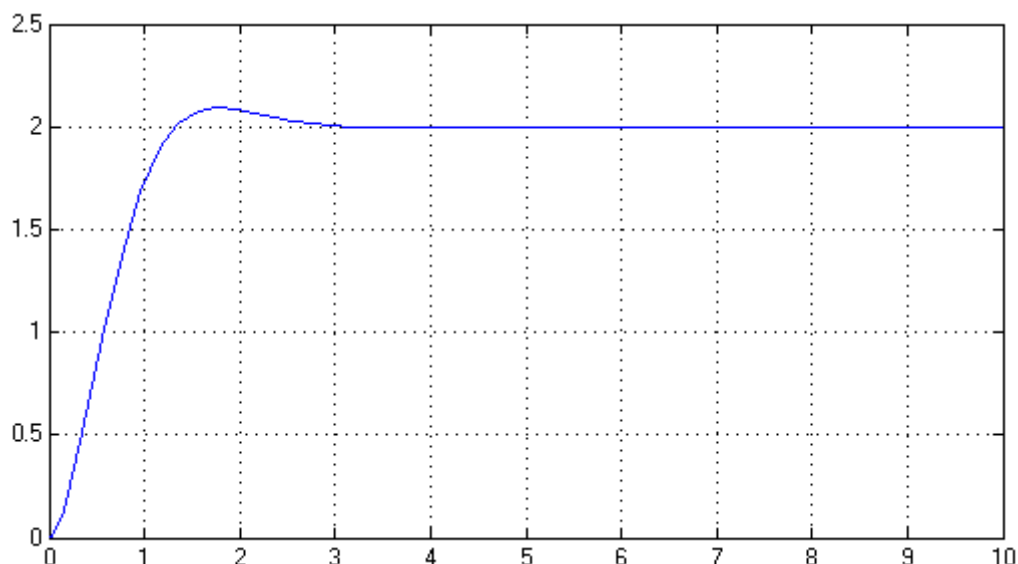


Рис.3 Характеристика САУ.

Найдём коэффициент перерегулирования и время установления:

$$\sigma = \frac{h_{\max} - h_{\text{оно}}}{h_{\text{оно}}} \cdot 100\% = \frac{2,092 - 2}{2} \cdot 100\% = 4,6\%;$$

$$t_{\text{уст}} = 4\text{с.}$$

2. Подключение ПИД-регулятора.

Регулятор пропорционально-интегрально-дифференциального типа (ПИД-регулятор) позволяет осуществить регулирование системы по следующему закону:

$$u(t) = k_{\text{П}}\varepsilon(t) + k_{\text{И}} \int_0^t \varepsilon(t)dt + k_{\text{Д}} \dot{\varepsilon}(t) \quad (2)$$

Коэффициенты $k_{\text{П}}$, $k_{\text{И}}$, $k_{\text{Д}}$ называются коэффициентами соответственно пропорциональной, интегральной и дифференциальной составляющих.

ПИД-регулятор (PID Controller) находится в папке Additional Linear библиотеки Simulink Extras.

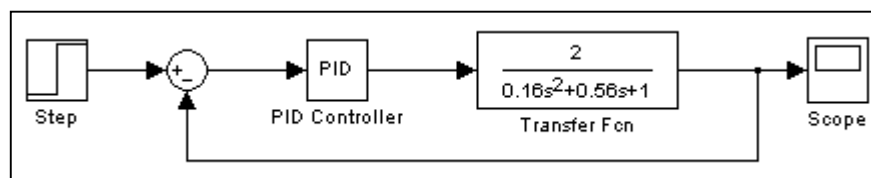


Рис.4 Модель системы с ПИД-регулятором

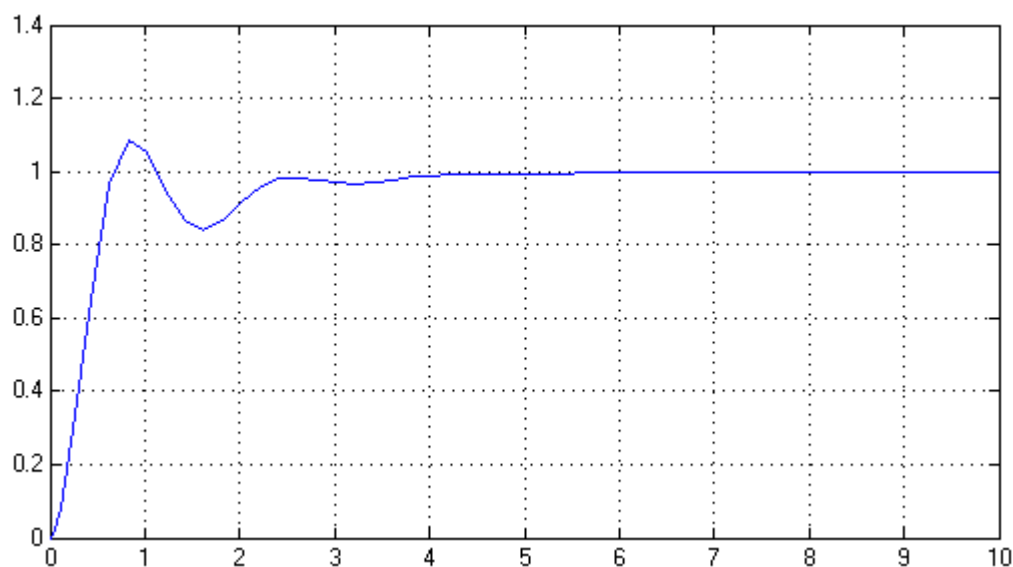


Рис.5 Характеристика САУ

Найдём коэффициент перерегулирования и время установления:

$$\sigma = \frac{h_{\max} - h_{\text{о\~{n}o}}}{h_{\text{о\~{n}o}}} \cdot 100\% = \frac{1,086 - 1}{1} \cdot 100\% = 4,3\%;$$

$$t_{\text{уст}} = 6\text{с.}$$

Таким образом, введение ПИД-регулятора без подбора коэффициентов регулирования практически не уменьшило значение коэффициента перерегулирования и в 1,5 раза увеличило время установления.

3. Подбор коэффициентов регулирования.

Подбор можно осуществлять не только вручную, но и программным методом с помощью пакета MATLAB. Для этого в главном окне программы в пункте Demos меню Help необходимо выбрать пункт PID Controller раздела Nonlinear Control Design и в окне справа активизировать гиперссылку Open this model однократным нажатием левой кнопки мыши.

В открывшемся окне ncddemo1 необходимо заменить блок Plant & Actuator блоком Transfer fcn из исследуемой нами схемы.

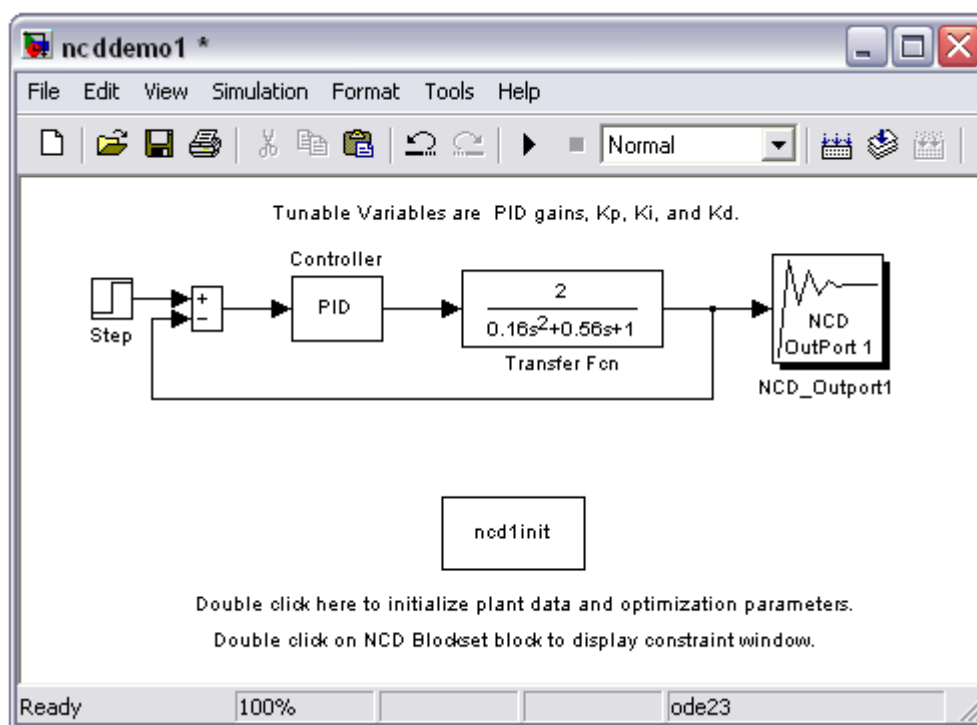


Рис.6 Замена блоков

Запустив работу схемы и дождавшись её завершения, дважды щёлкаем левой кнопкой мыши блок NCD_Outport1.

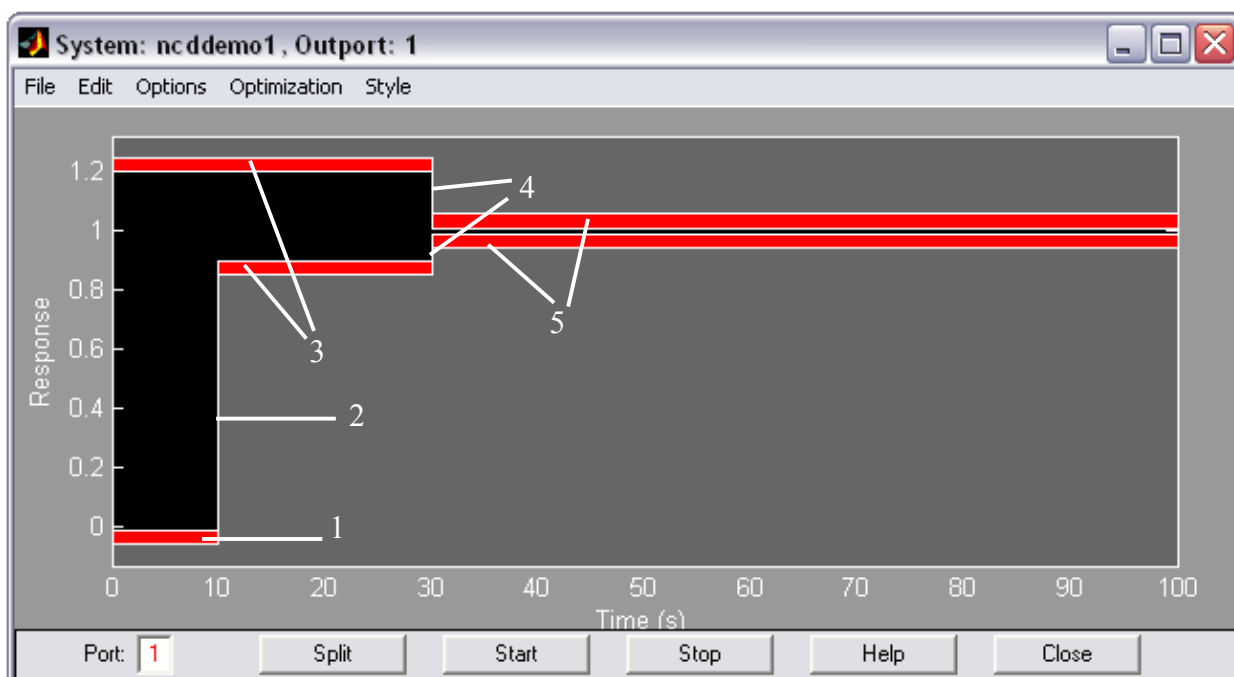


Рис.7 Окно управления выходными характеристиками САУ.

Открывшееся окно представляет собой поле для подбора коэффициентов ПИД-регулятора путём изменения динамических параметров САУ (коэффициента перерегулирования и времени установления). Выполнение данной операции обеспечивается системой подвижных границ 1-5 (рис.7).

Для получения оптимальных значений коэффициентов регулирования необходимо выполнить следующие действия:

- 1) в меню Optimization выбрать пункт Parameters и в открывшемся окне в поле Discretization Interval установить значение 0.01 (рис.8) (уменьшение интервала дискретизации позволит получить более точную характеристику, но займёт определённое время). Нажать кнопку Done;
- 2) в меню Optimization выбрать пункт Uncertainty и в соответствии с рис.9 очистить поля Uncertain variables, Lower bounds и Upper bounds. Нажать кнопку Done.

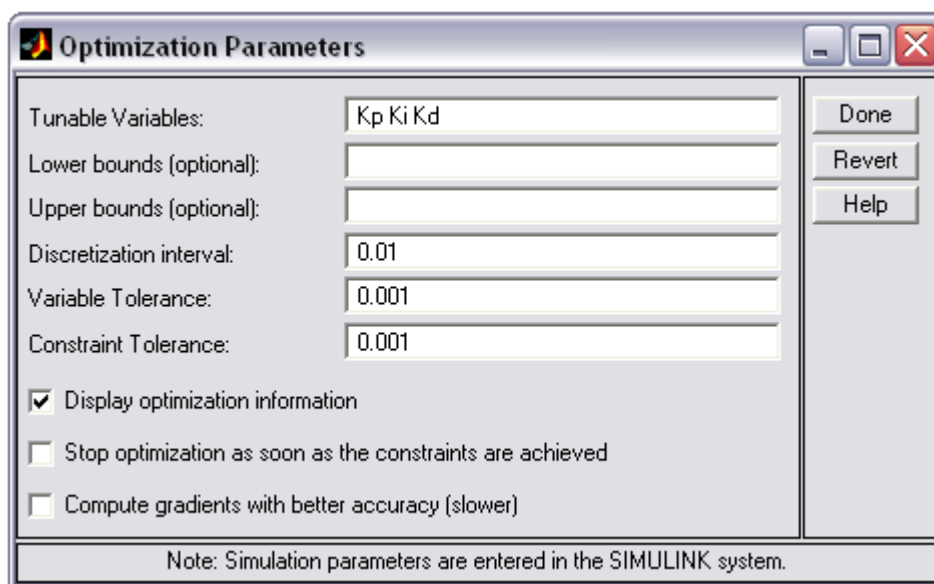


Рис.8 Окно оптимизации параметров

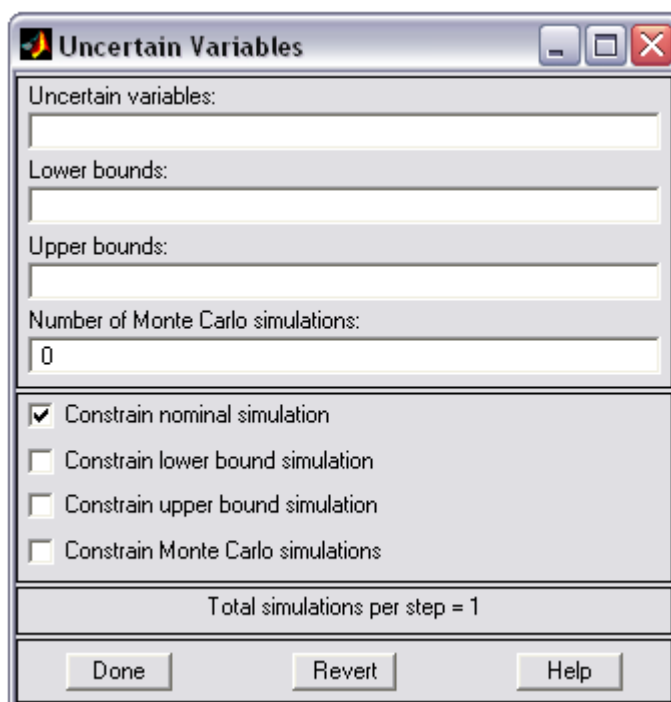


Рис.9 Окно задания дополнительных переменных

После настройки запускаем работу системы нажатием кнопки Start. Начнётся производиться подбор коэффициентов регулирования, что будет сопровождаться трансформацией графика САУ, пока основные его параметры не станут удовлетворять установленным границам 1-5 (рис.7).

По условию необходимо установить следующие значения:

$$\sigma \leq 10\% ;$$

$$t_{уст} = 1,5с .$$

Перемещая соответствующие границы регулирования в вертикальном и горизонтальном направлениях, добиваемся оптимального вида характеристики (рис.10). Для точной установки параметра $t_{уст}$ можно воспользоваться вкладкой Time range меню Options, выставив нужное конечное значение времени в поле Time axis limits (рис.11). Для установки коэффициента перерегулирования существует вкладка Y-Axis меню Options (рис.12).

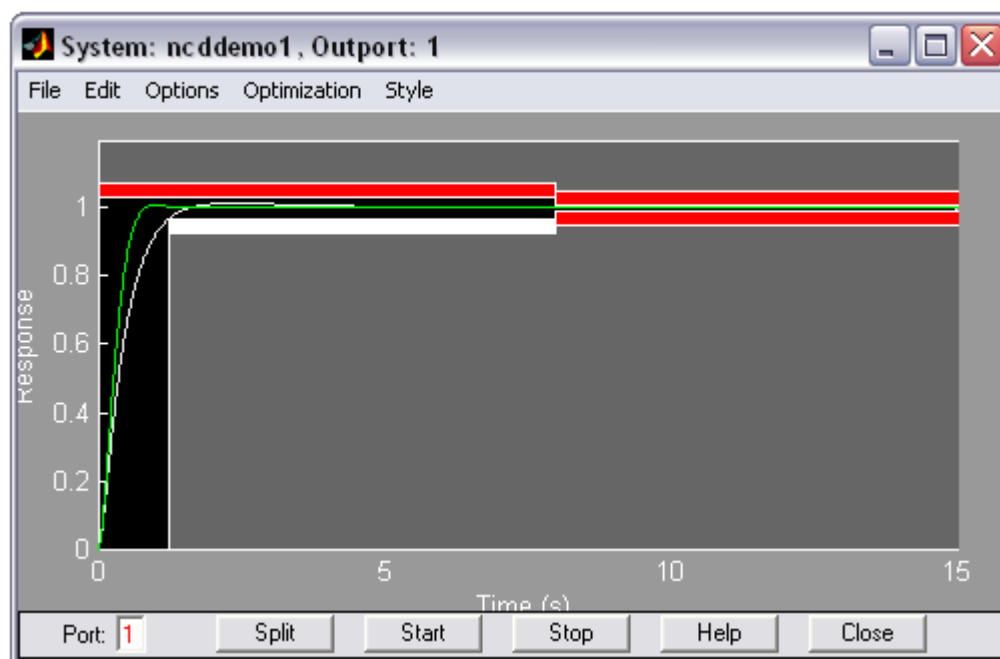


Рис.10 Характеристика САУ, оптимизированная NCD-блоком

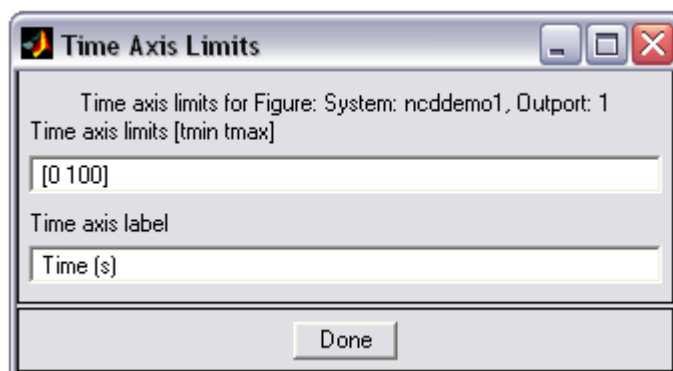


Рис.11 Окно управления интервалом времени оптимизации

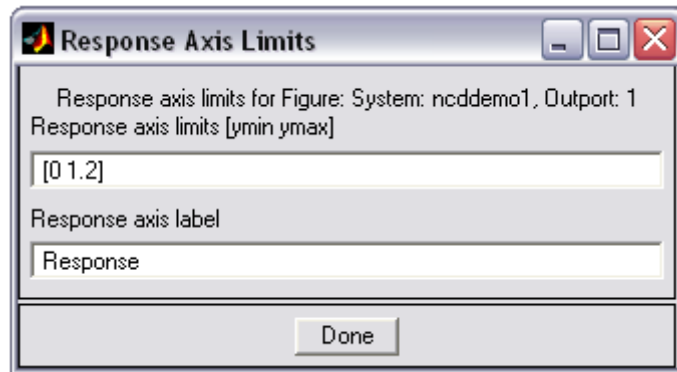


Рис.12 Окно управления предельными значениями оси Y

Внимание! После окончания работы с NCD-блоком НЕ нужно ничего сохранять, закрывая окна.

4. Проверка коэффициентов ПИД-регулятора

После получения оптимальной характеристики необходимо выполнить проверку. Для этого нужно записать коэффициенты k_P , k_I , k_D , подобранные NCD-блоком. Вывести значения коэффициентов можно в главном окне программы MATLAB следующим образом: в командном окне справа необходимо ввести поочерёдно K_i (нажать Enter) K_d (Enter) K_p (Enter), что проиллюстрировано на рис.13.

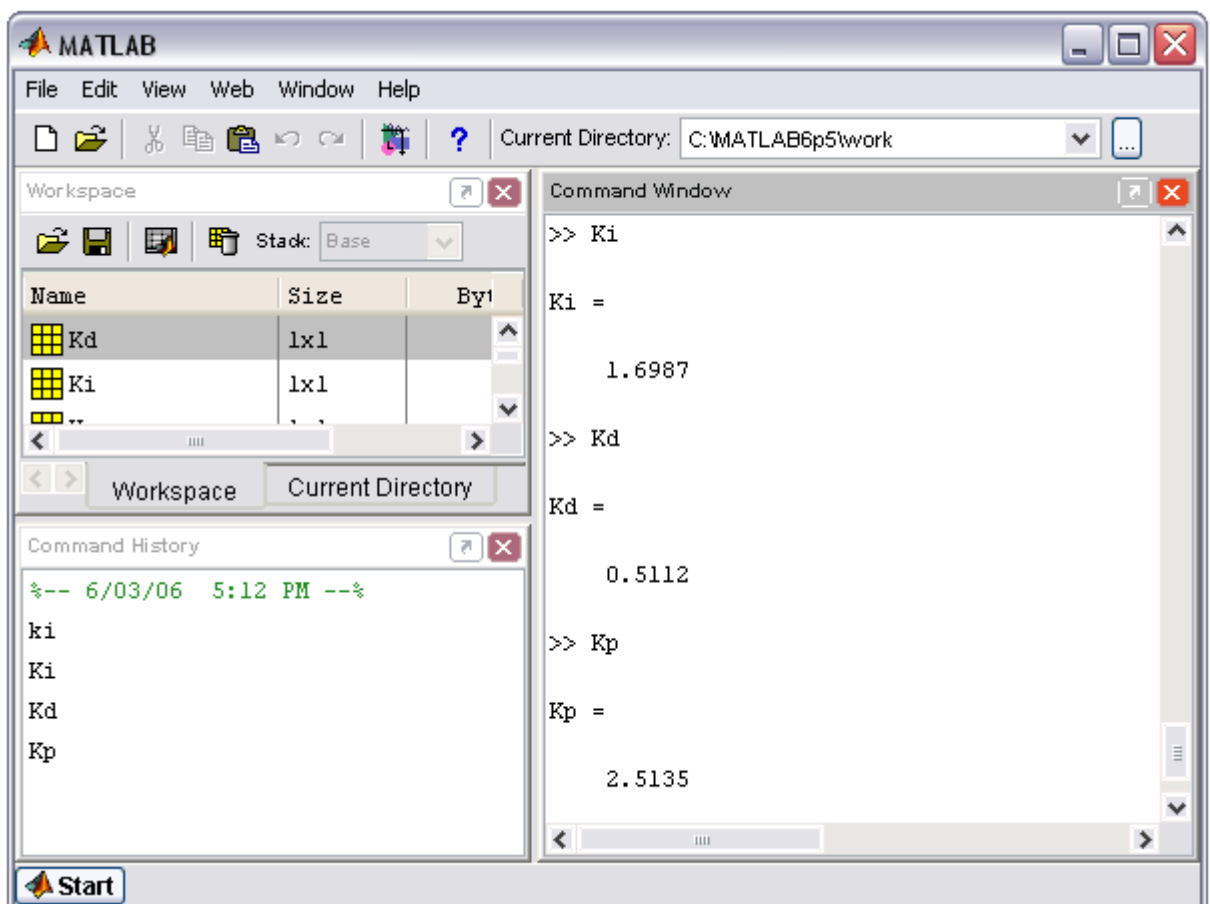


Рис.13 Вывод значений коэффициентов регулирования

Те же значения можно получить двойным щелчком левой кнопки мыши на соответствующих символах в левом верхнем окне Workspace (рис.13).

Полученные коэффициенты нужно вписать в соответствующие поля блока PID Controller исходной схемы (см. рис.4). В поле Proportional записываем значение коэффициента K_p , Integral – K_i , Derivative – K_d (рис.14). Запускаем схему.

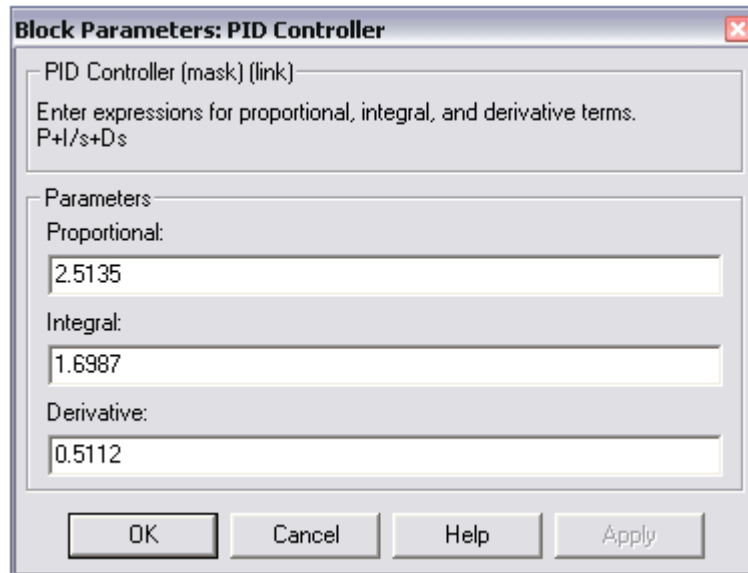


Рис.14 Окно задания значений коэффициентов регулирования

Получив новую характеристику (рис.14), вычислим коэффициент перерегулирования и время установления:

$$\sigma = \frac{h_{\max} - h_{\text{ош}}}{h_{\text{ош}}} \cdot 100\% = \frac{1,005 - 1}{1} \cdot 100\% = 0,5\% < 10\%;$$

$$t_{\text{уст}} = 1,2\text{с.}$$

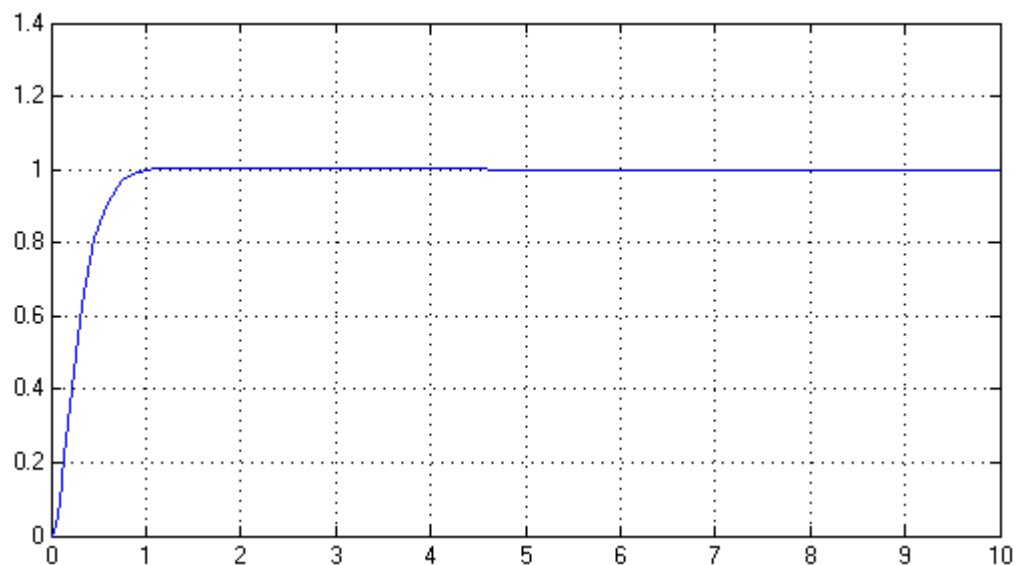


Рис.15. Характеристика САУ с подобранными коэффициентами

регулирования

Таким образом, используя программные средства пакета MATLAB, были подобраны оптимальные динамические параметры передаточной характеристики САУ, удовлетворяющие заданным условиям.

ПОРЯДОК И МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. При исследовании рассмотренного *способа коррекции динамических свойств САУ* в качестве исходных данных выступают передаточная функция $W(p)$ неизменяемой части системы вида

$$W(p) = \frac{K_0}{T^2 p^2 + 2T\xi p + 1}.$$

Задающее воздействие $g(t) = 1(t)$.

2. В процессе выполнения данной части работы студенты должны:

1) получить путём математического моделирования в программном пакете MATLAB графики $y(t)$, $\varepsilon(t)$ в системе;

2) определить время установления $t_{уст}$ и перерегулирование δ ;

3) применяя вышеописанный способ коррекции динамических свойств САУ, найти с помощью NCD-блока пакета MATLAB коэффициенты регулирования $k_{П}$, $k_{И}$, $k_{Д}$;

4) выполнить проверку полученных значений применительно к своей математической модели САУ.

3. Сделать вывод о проделанной работе и её результатах.

Таблица 1

<i>№ вар.</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>К₀</i>	1	4	3	4	5	6	7	8	6	5	7
<i>T, с</i>	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,5	0,6	0,3
<i>ξ</i>	0,6	0,7	0,8	0,8	0,7	0,9	0,5	0,4	0,6	0,5	0,5
<i>t_{уст}, с ≤</i>	1,3	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,0	2,5	3	3
<i>σ, % ≤</i>	0	10	10	5	5	5	0	0	5	10	0

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

Отчет должен содержать следующие разделы:

1. Цель работы.
2. Структурные схемы исследуемых систем.
3. Полученные графики и характеристики.

4. Расчётная часть.
5. Основные выводы.

ЛИТЕРАТУРА

1. MATLAB 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5. Основы применения / Дьяконов В. П. М.: СОЛОН-Пресс, 2004. 768 с. – (Серия «Полное руководство пользователя»).
2. SIMULINK: среда создания инженерных приложений / Под общ. ред. к. т. н. В. Г. Потёмкина. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2003.-496 с.
3. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория линейных систем автоматического регулирования - М.: Наука, 2008.