

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:

0b817ca911e6668abb13a5d01d39e5f1d11eabff7e947d6a4858fb561080

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**

«_____» _____ 20__г.

Лабораторная работа № 13

СИНТЕЗ И АНАЛИЗ РОБАСТНОЙ 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

Курск 2011

УДК 621.(076.1)

Составители: Лушников Б.В., Яцун С.Ф.

Рецензент

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

Синтез и анализ робастной САУ: методические указания к выполнению лабораторной работы / Юго-Зап. гос. ун-т.; сост.: Б.В. Лушников, С.Ф.Яцун; Курск, 2011. 14 с., ил. 15, табл.1. Библиогр.: с.14.

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 №13

СИНТЕЗ И АНАЛИЗ РОБАСТНОЙ САУ

Цель работы:

1. Выбор значений параметров регулятора, обеспечивающих желаемые динамические свойства САУ;
2. Исследование спроектированной САУ на робастность.

Объект исследования: линейная система автоматического управления.

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

Краткие теоретические сведения

Робастное управление – совокупность методов ТАУ, целью которых является синтез такого регулятора, который обеспечивал бы хорошее качество управления, если объект управления отличается от расчетного или его математическая модель неизвестна.

Системы, обладающие свойством робастности, называются робастными (грубыми) системами.

Главной задачей синтеза робастных систем управления является поиск закона управления, который сохранял бы выходные переменные системы и сигналы ошибки в заданных допустимых пределах несмотря на наличие неопределенностей в контуре управления.

Робастная система - система задающая качество управления с неточностью, которая бывает 3х видов:

- наличие ошибок;
- некоторые параметры неопределенны;
- структурная неопределенность.

Порядок выполнения лабораторной работы

Исходные данные:

<i>Параметры</i>	
k_0	2
T	0,4
ζ	0,7
$t_{рез} \leq$	1,5
$\sigma, \% \leq$	10
$\pm k_0, \%$	40
$\pm a, \%$	40
a	$2T\zeta$

Передаточная функция исследуемой системы имеет вид:

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

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

Подставляя исходные данные, получаем функцию:

$$W(p) = \frac{2}{0.16p^2 + 0.56p + 1}.$$

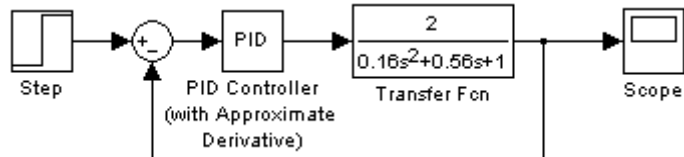


Рис.1 Математическая модель САУ

Подставим коэффициенты k , a и введем в систему NCD блок

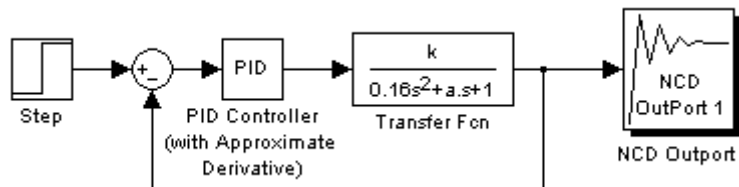


Рис.2 Схема для подбора оптимальных коэффициентов ПИД-регулятора

Напомним, как осуществляется подбор коэффициентов регулирования. Его можно осуществлять не только вручную, но и программным методом с помощью пакета MATLAB. Для этого используется специальный блок NCD Output из раздела NCD Blockset, который устанавливается в схему моделирования как это показано на Рис.2. Дважды щелкнув левой кнопкой мыши блок NCD_Outport1, в открывшемся окне появляется 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.3).

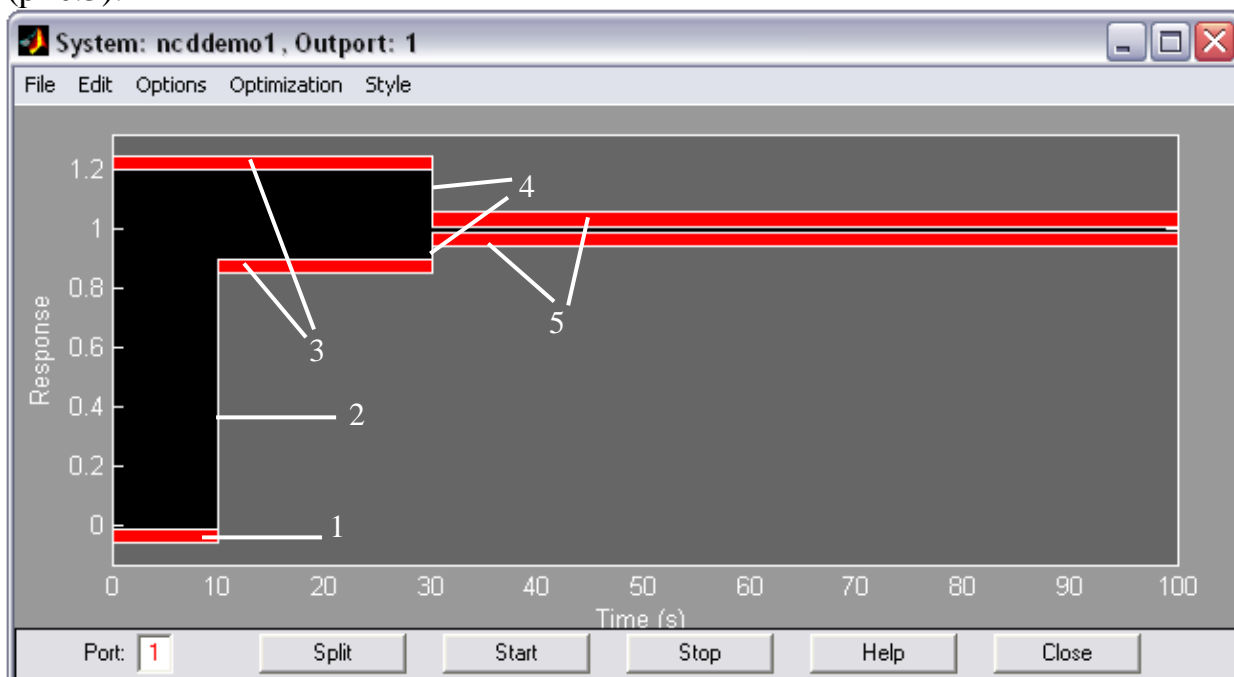


Рис.3 Окно управления выходными характеристиками САУ

Для получения оптимальных значений коэффициентов регулирования необходимо выполнить следующие действия:

- 1) в меню Optimization выбрать пункт Parameters и в открывшемся окне (рис.4) в поле Tunable Variables поместить обозначения искомых коэффициентов **Kp, Ki и Kd** через пробел, а в поле Discretization Interval установить значение 0.1 (уменьшение интервала дискретизации позволит получить более точную характеристику, но займёт определённое время). Нажать кнопку Done;

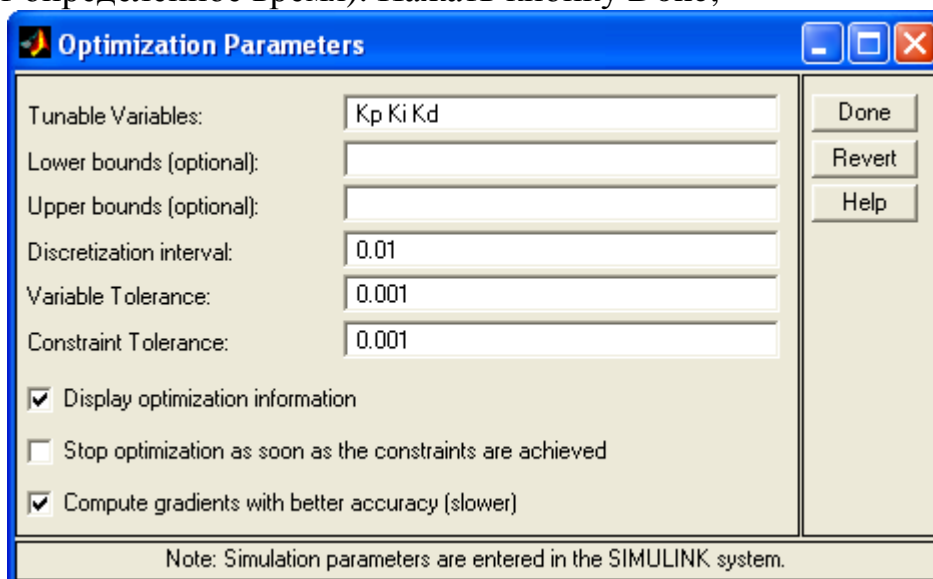


Рис.4 Окно оптимизации параметров

- 2) в меню Optimization выбрать пункт Uncertainty и в соответствии с рис.5 заполнить поля Uncertain variables («неуверенные» переменные), Lower bounds (нижние границы) и Upper bounds (верхние границы). Нажать кнопку Done;

В соответствии с вариантом задания вычисляем значения нижних и верхних границ:

$$k=2$$

$$k_{\text{lower}}=2-2\cdot 0.4=1.2,$$

$$k_{\text{upper}}=2+2\cdot 0.4=2.8,$$

аналогично вычисляем а.

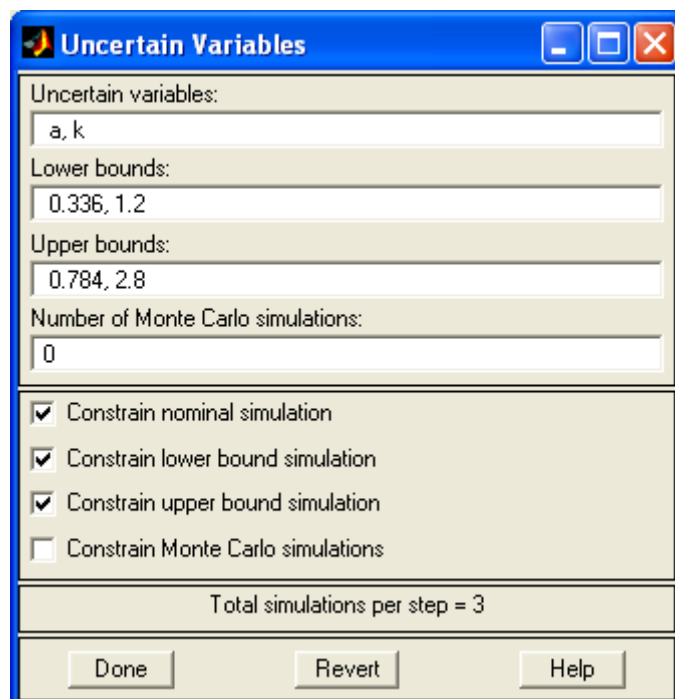
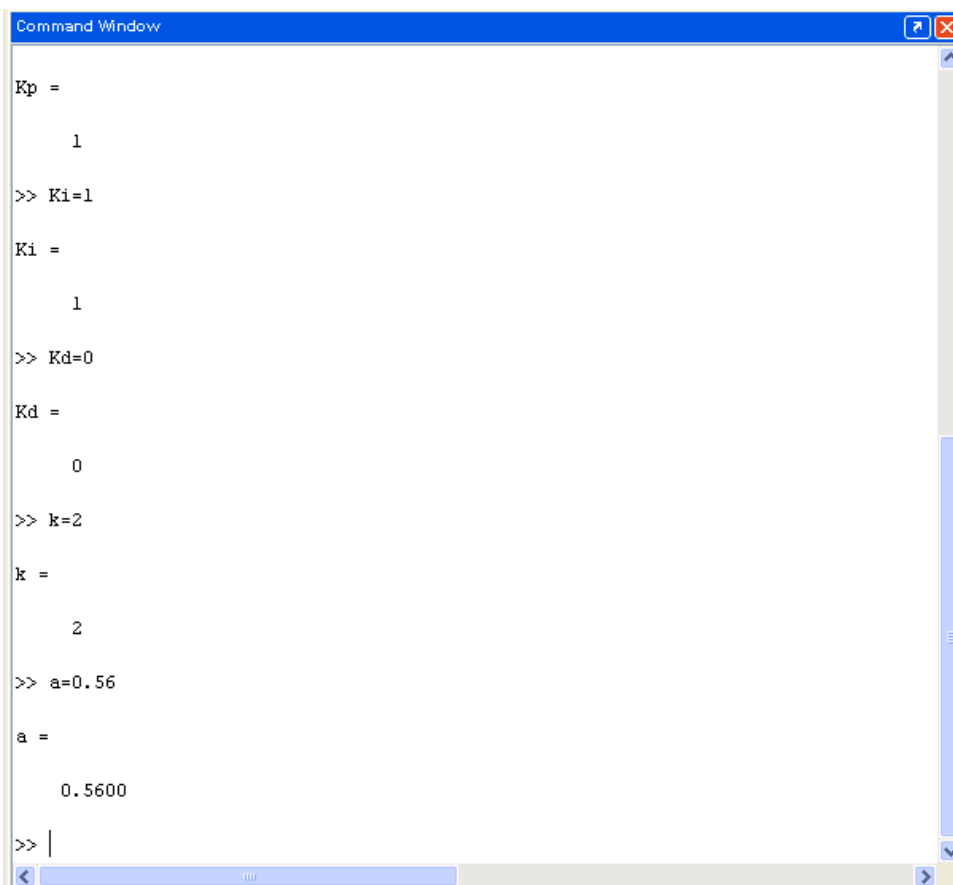


Рис.5 Окно задания дополнительных переменных

- 3) щелкнув по блоку «PID», в открывшемся окне установить обозначения искомых коэффициентов **K_p**, **K_i** и **K_d** таким же форматом, каким они были заданы в блоке NCD_Outport1;
- 4) в окне «Command Window» MatLab задать начальные значения коэффициентов, например K_p=1, K_i=1, K_d=0, k=2, a=0.56 (рис.6).



```
Command Window

Kp =

     1

>> Ki=1

Ki =

     1

>> Kd=0

Kd =

     0

>> k=2

k =

     2

>> a=0.56

a =

    0.5600

>> |
```

Рис. 6 Задание начальных значений коэффициентов в командном окне Matlab

После настройки запускаем работу системы нажатием кнопки Start. Начнёт производиться подбор коэффициентов регулирования, что будет сопровождаться трансформацией графиков 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.7).

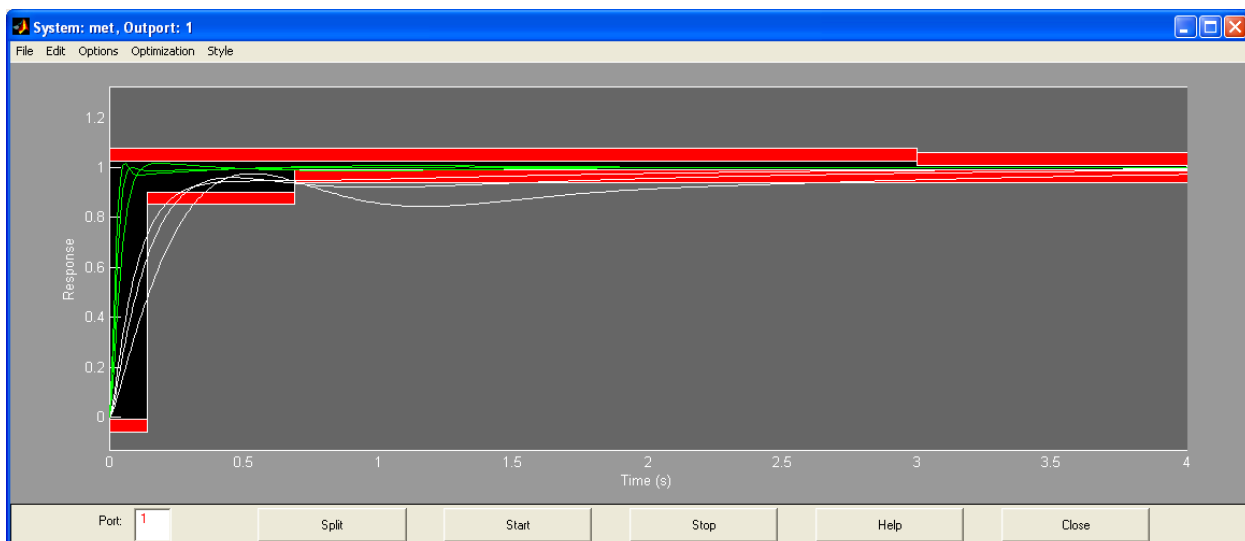


Рис.7 Характеристика САУ, оптимизированная NCD-блоком.

Для точной установки параметра $t_{уст}$ можно воспользоваться вкладкой Time range меню Options, выставив нужное конечное значение времени в поле Time axis limits (рис.8). Для установки коэффициента перерегулирования существует вкладка Y-Axis меню Options (рис.9).

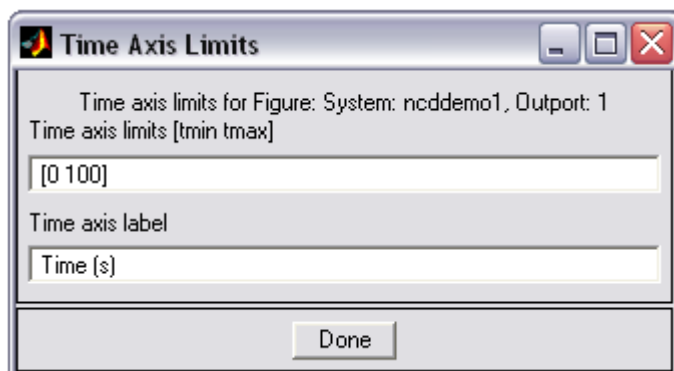


Рис.8 Окно управления интервалом времени оптимизации

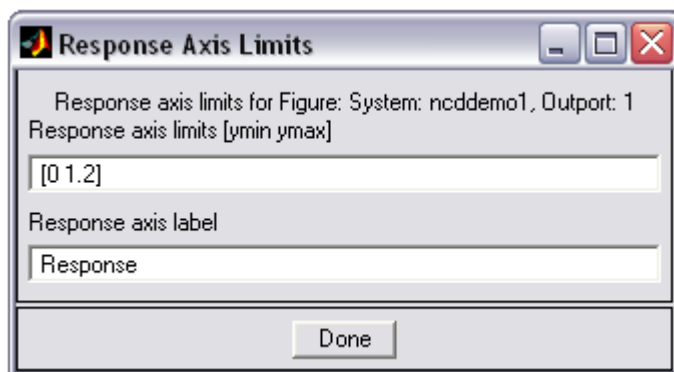


Рис.9 Окно управления предельными значениями оси Y

Коэффициенты k_P , k_I , k_D , подобранные NCD-блоком:

$$K_p = 7.7027$$

$$K_i = 15.4268$$

$$K_d = 2.9280$$

Полученные коэффициенты нужно вписать в соответствующие поля блока PID Controller исходной схемы (см. рис.1). В поле Proportional записываем значение коэффициента K_p , Integral – K_i , Derivative – K_d (рис.10).

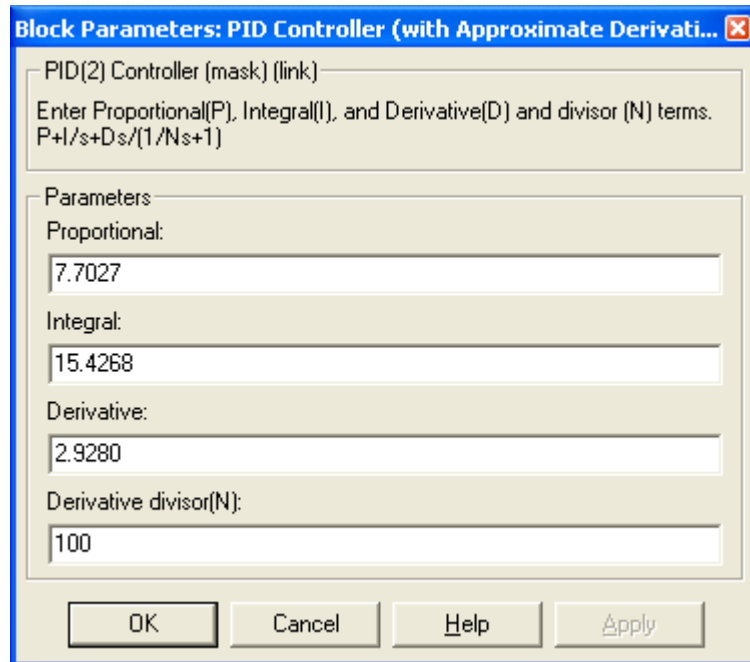


Рис.10 Окно задания значений коэффициентов регулирования

Далее оценим, при каких из предельных значений коэффициентов k , a получаются худшие значения коэффициента перерегулирования, время установления, установившаяся ошибка и колебательность. Для этого используем средство Linear analysis.

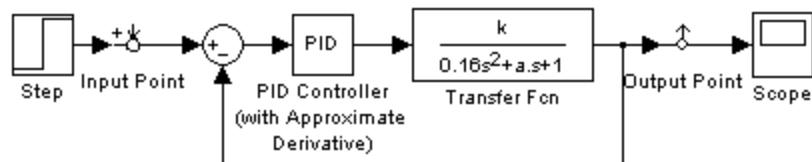


Рис.11 Математическая модель САУ

Вместо коэффициентов k и a вводим их граничные значения:

$$1. k=1.2 \quad a=0.336$$

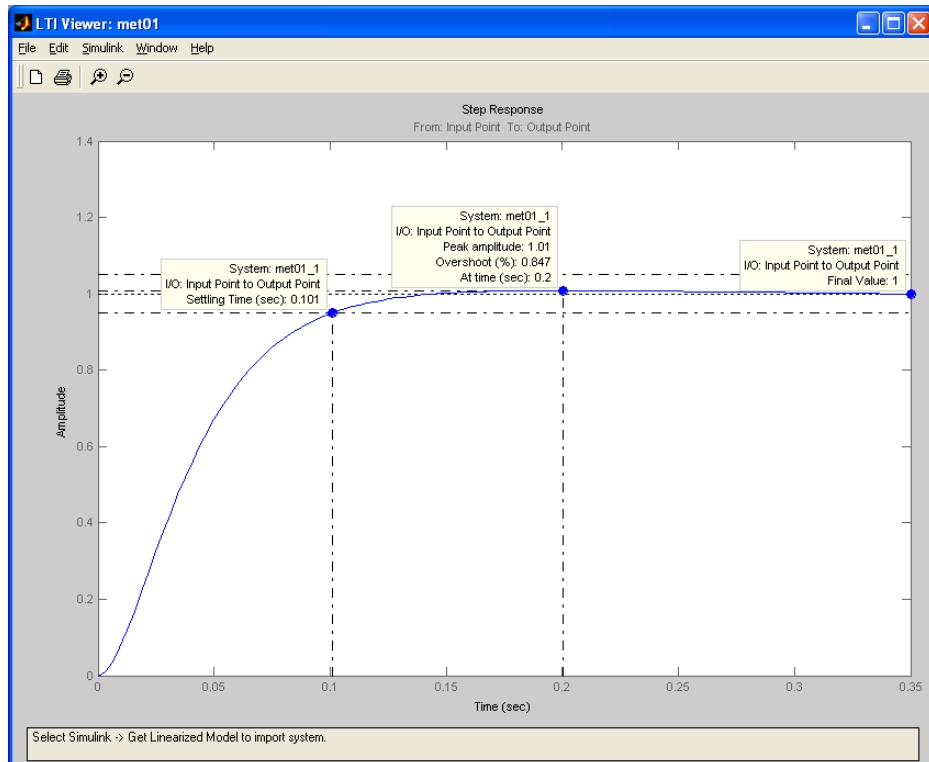


Рис.12 Характеристика САУ с подобранными коэффициентами

2. $k=1.2$ $a=0.784$

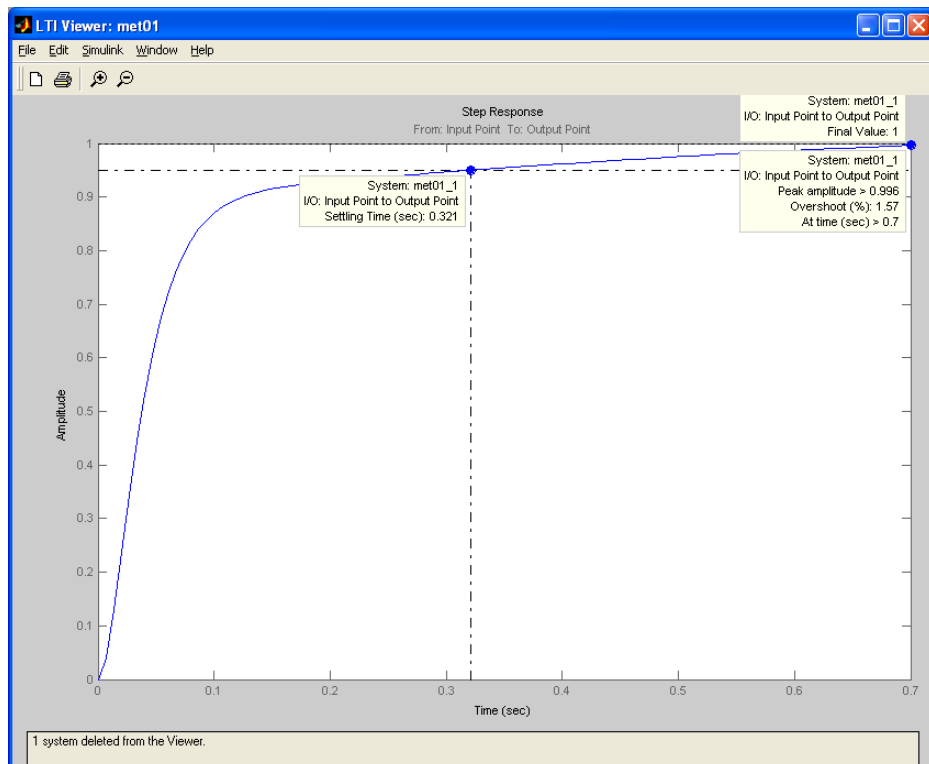


Рис.13 Характеристика САУ с подобранными коэффициентами

3. $k=2.8$ $a=0.336$

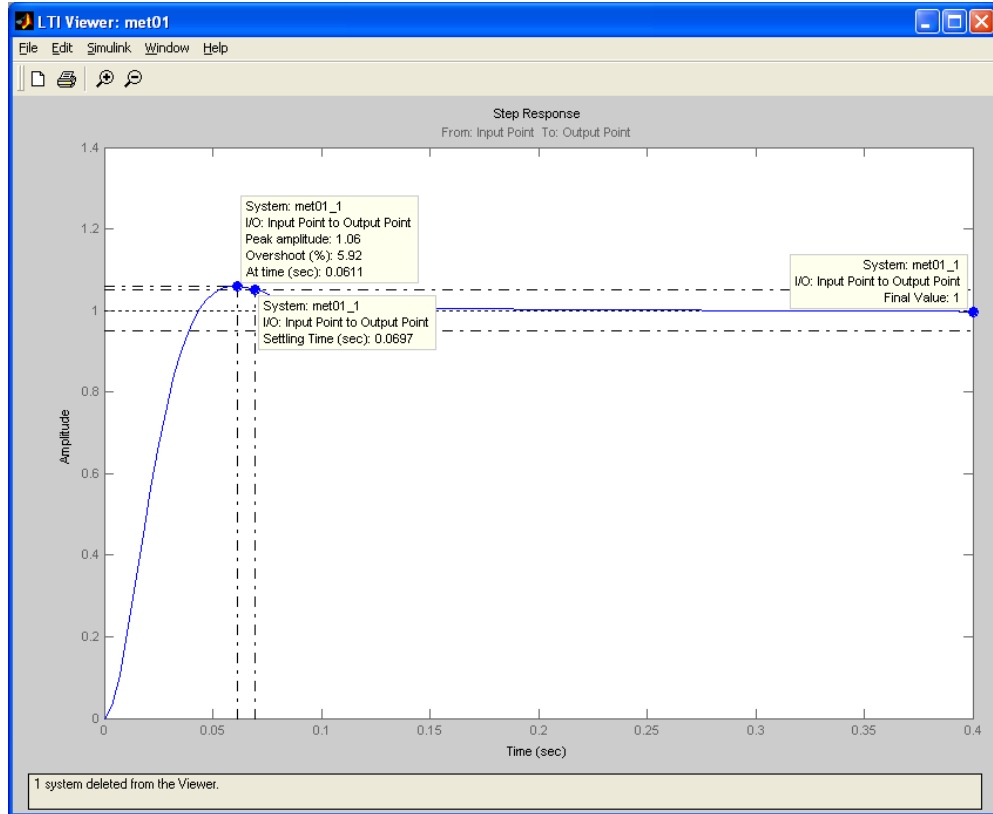


Рис.14 Характеристика САУ с подобранными коэффициентами

4. $k=2.8$ $a=0.784$

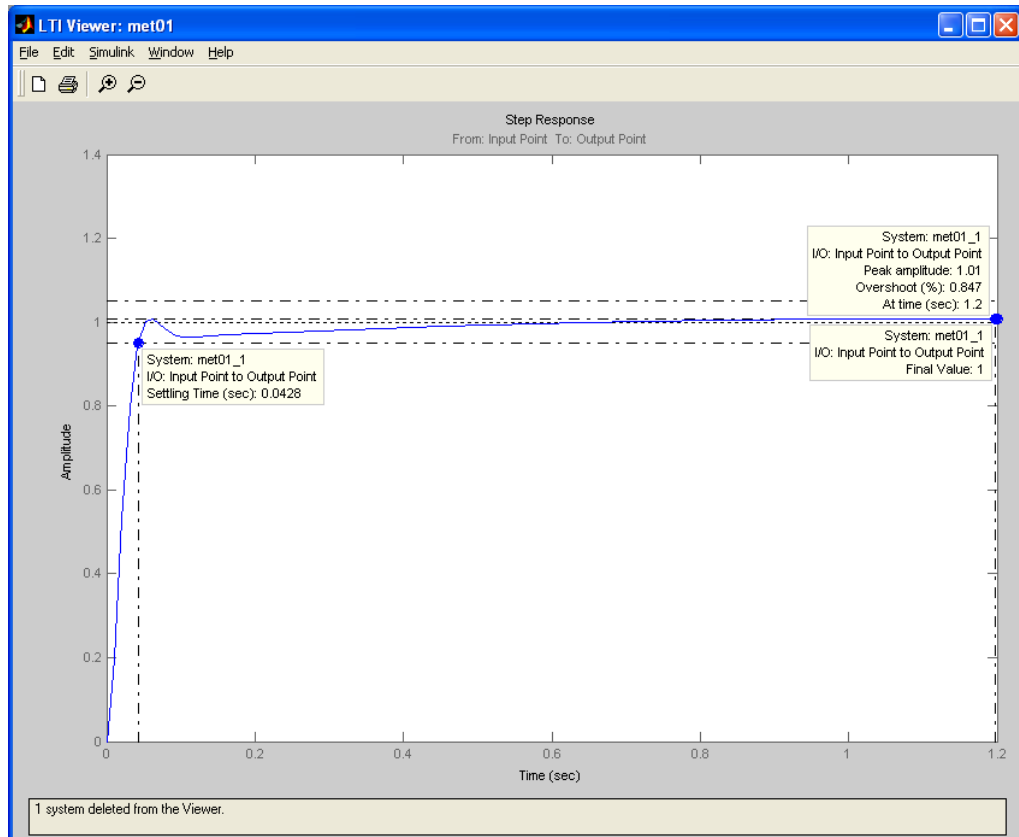


Рис.15. Характеристика САУ с подобранными коэффициентами регулирования

Получив переходные характеристики (рис.12- рис.15), составим таблицу:

k	a	δ , %	t	n	σ , %
1.2	0.336	0	0.101	0	0.847
1.2	0.784	0	0.321	0	1.57
2.8	0.336	0	0.0697	1	5.92
2.8	0.784	0	0.0428	0	0.847

При $k=1,2..2,8$ $a=0,336..0,784$ и коэффициентах, полученных после настройки ПИД – регулятора

$$K_p = 7.7027$$

$$K_i = 15.4268$$

$$K_d = 2.9280,$$

можно сказать, что

-наибольший коэффициент перерегулирования равен 5.92%,

-время переходного процесса не более 0,321 сек,

-колебательность – 1 колебание

и ошибка в установившемся режиме $\delta=0\%$

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>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
<i>ко</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>a</i>	$2T\xi$	T^2	$2T\xi$	T^2	$2T\xi$	T^2	$2T\xi$	T^2	$2T\xi$	T^2	$2T\xi$
ξ	0,35	0,47	0,68	0,28	0,57	0,69	0,5	0,4	0,6	0,45	0,55
$t_{уст}, с \leq$	0,3	0,5	0,7	0,5	0,4	0,5	0,35	0,23	0,5	0,45	0,3
$\sigma, \% \leq$	0	3	8	4	5	6	0	0	5	10	0
$\pm k_0, \%$	40	30	25	15	45	40	30	50	10	20	35
$\pm a, \%$	40	30	25	15	45	40	30	50	10	20	35

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.