

**Министерство образования и науки Российской Федерации**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ,  
МЕХАНИКИ И ОПТИКИ**

Кафедра Систем Управления и Информатики Группа Р3340

**Лабораторная работа №11  
ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ  
ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО  
УСТРОЙСТВА  
Вариант - 11**

Выполнил Та М.Ш (подпись)  
(фамилия, и.о.)

Проверил \_\_\_\_\_ (подпись)  
(фамилия, и.о.)

“\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_г. Санкт-Петербург, 20\_\_ г.

Работа выполнена с оценкой \_\_\_\_\_

Дата защиты “\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_г.

## Цель работы:

Целью работы является изучение математических моделей и исследование характеристик исполнительного устройства, построенного на основе пьезоэлектрического двигателя микроперемещений.

Таблица 1- Исходные данные:

№ варианта	$C_p$ Н/м	$m$ кг	$K_0$ Н/В	$K_d$ Нс/м	$T_u$ мс	$F_B$ Н
11	$2 \cdot 10^6$	0,125	7,5	$0.9 \cdot 10^2$	0,15	4

### 1. Построение математической модели

$$K_U = \frac{U_{pm}}{U_m} = 30$$

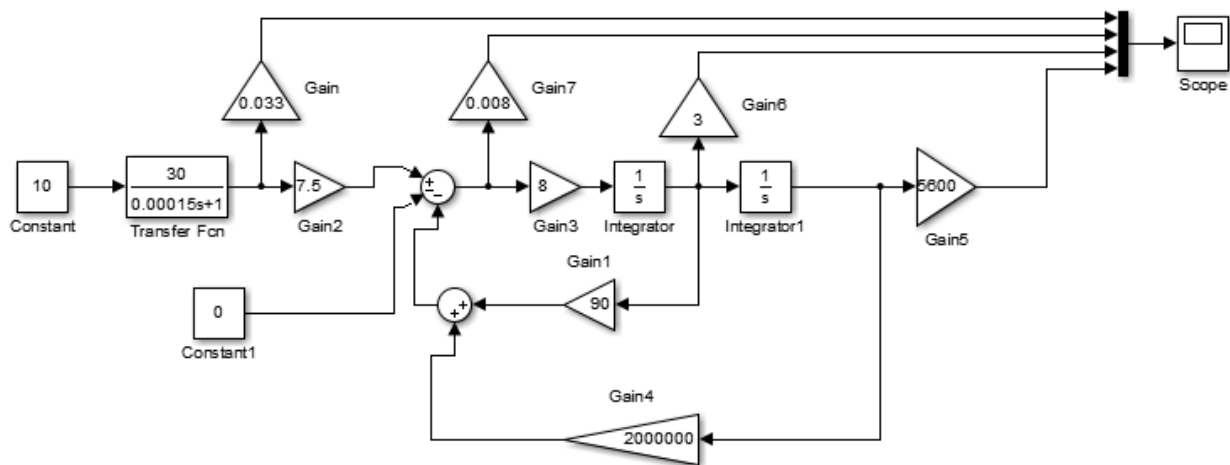


Рисунок 1.1- Схема моделирования пьезоэлектрического исполнительного устройства

## 2. Получим графики переходных процессов при $F=0$ и $U=10$ В

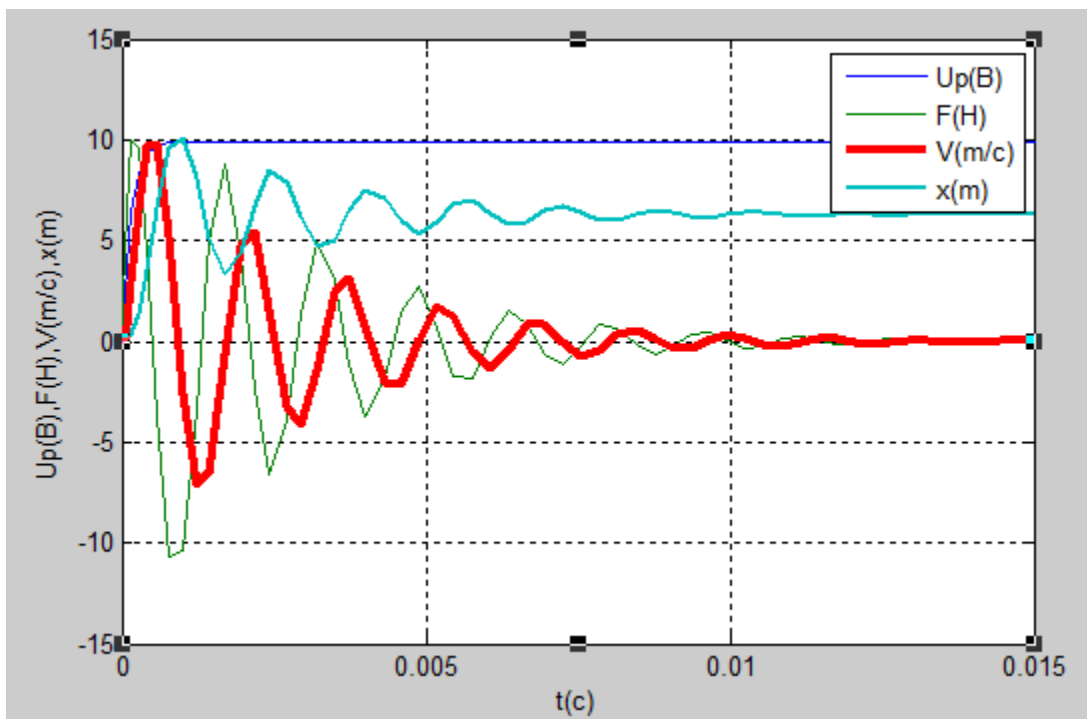


Рисунок 2.1- Графика переходных процессов

## 3. Исследование влияния массы нагрузки $m$ на вид переходных процессов

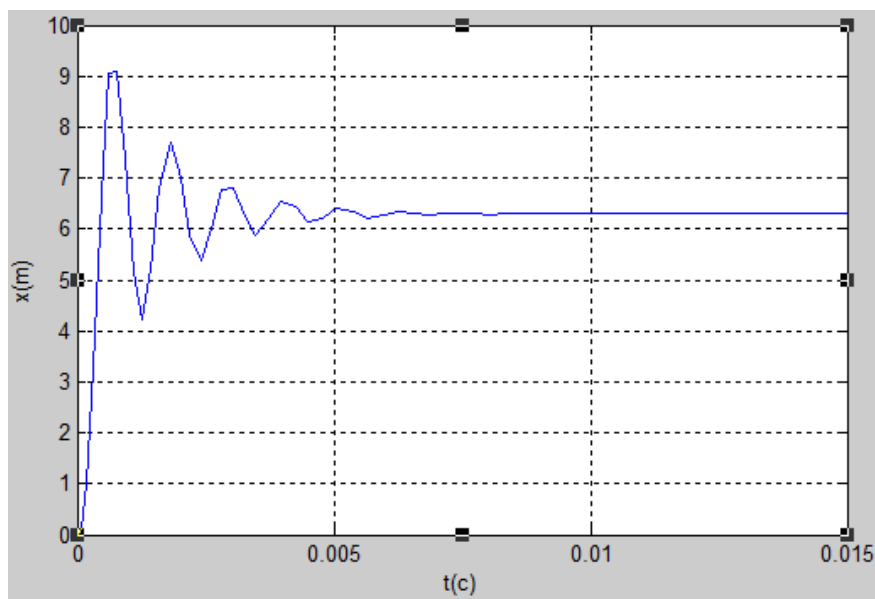


Рисунок 3.1- Графика переходного процесса при  $m=0,0625$  кг

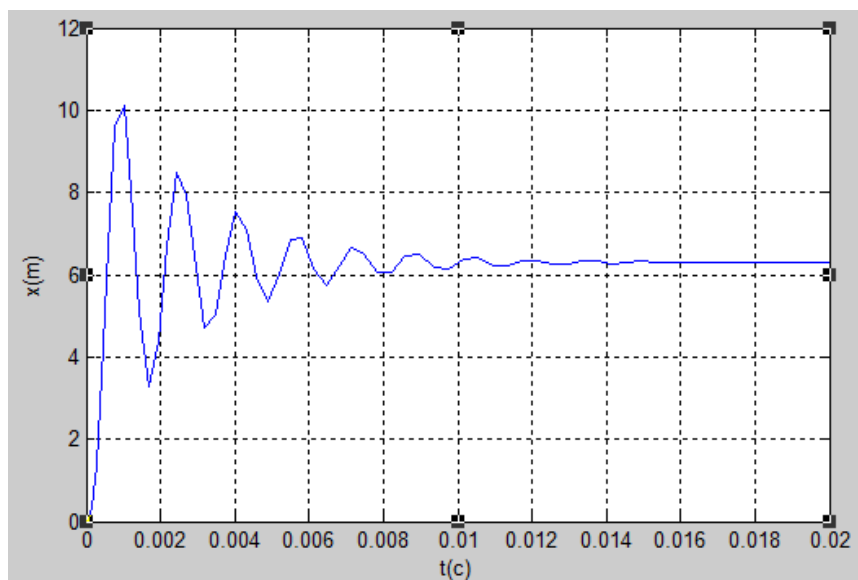


Рисунок 3.2- Графика переходного процесса при  $m=0,125\text{кг}$

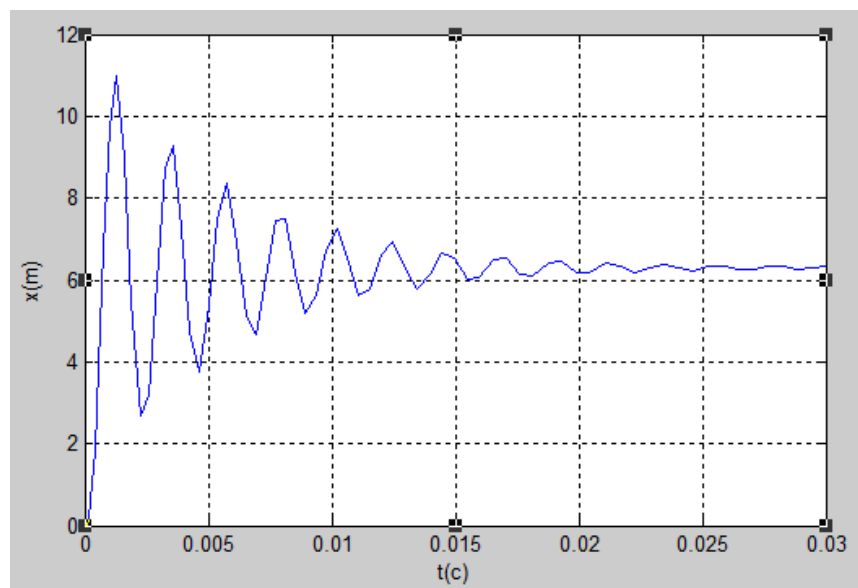


Рисунок 3.3- Графика переходного процесса при  $m=0,1875\text{кг}$

m, кг	0,0625	0,125	0,1875
t, с	0,006	0,012	0,022
$\sigma$ , %	45,6	60	76
$x_y$ ,m	6,25	6,25	6,25

Увеличение массы нагрузки приводит к увеличению времени переходного процесса и перерегулирования, также увеличивается колебательность. На установившееся значение перемещения масса нагрузки не влияет

#### 4. Исследование влияния постоянной времени $T_u$ на вид переходных процессов:

Передаточная функция замкнутой системы по задающему воздействию U имеет вид

$$W(s) = \frac{K_u K_0}{T_u m s^3 + (m + K_d T_u) s^2 + (K_d + C_p T_u) s + C_p} =$$

$$= \frac{30 \cdot 7.5}{0.125 \cdot T_u \cdot s^3 + (0.125 + 0.9 \cdot 10^2 \cdot T_u) s^2 + (0.9 \cdot 10^2 + 2 \cdot 10^6 \cdot T_u) s + 2 \cdot 10^6}$$

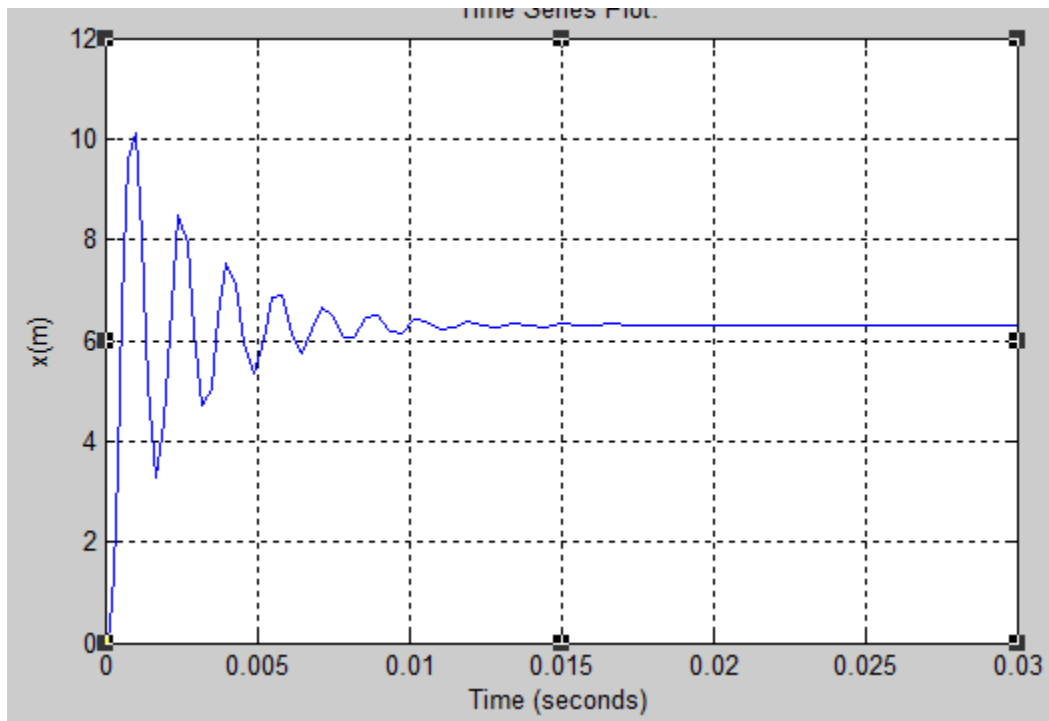


Рисунок 4.1- Графика переходного процесса при  $T_u = 0.15[мс]$

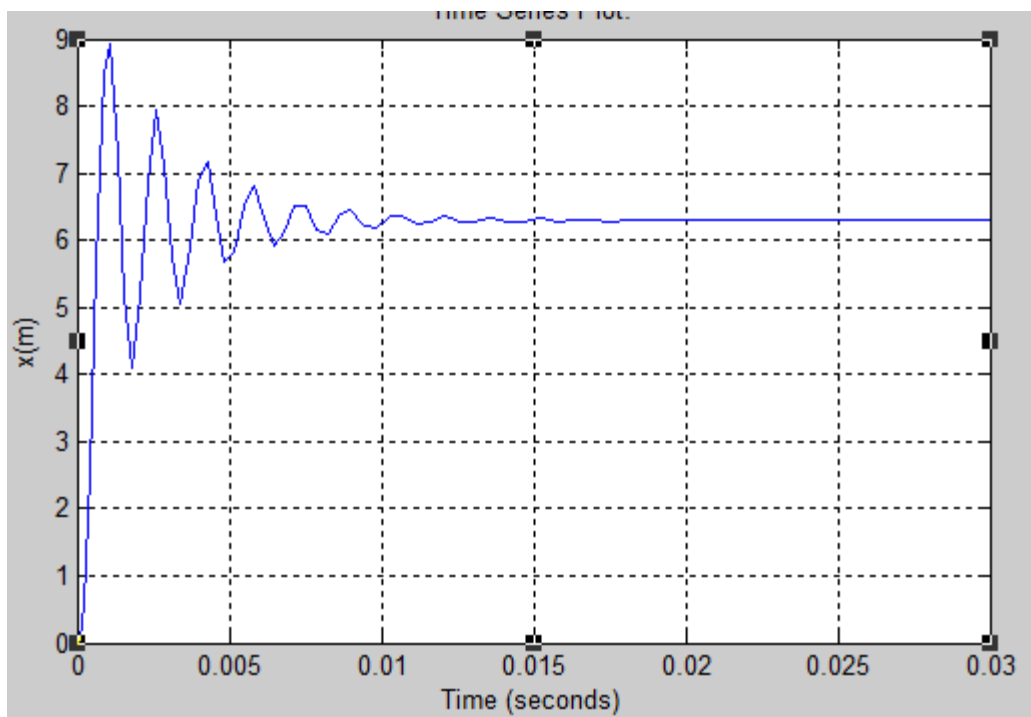


Рисунок 4.2- Графика переходного процесса при  $T_u = 0.3[мс]$

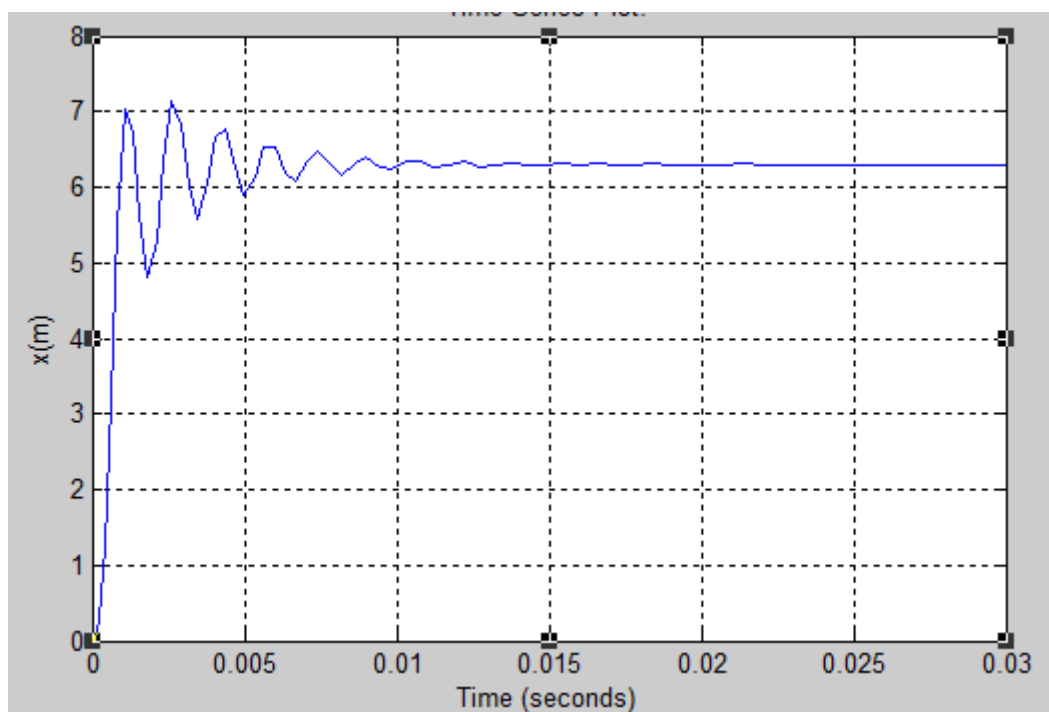


Рисунок 4.3- Графика переходного процесса при  $T_u = 0.6[мс]$

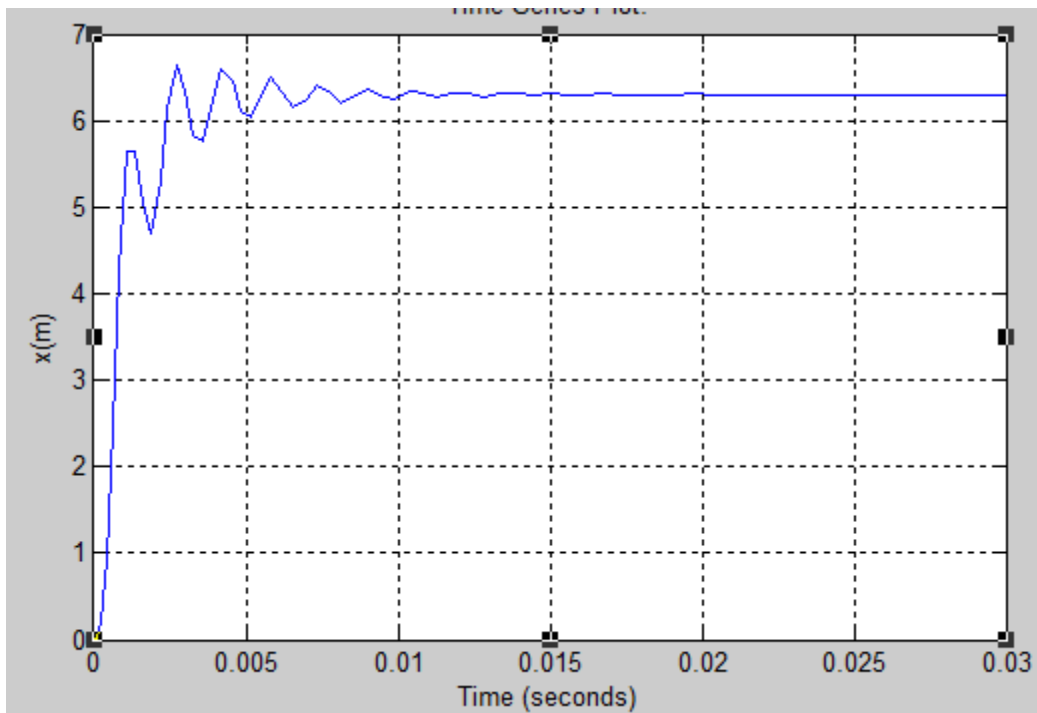


Рисунок 4.4- Графика переходного процесса при  $T_u = 0.9[мс]$

$T_u, мс$	0,15	0,3	0,6	0,9
$t_{II}, с$	0.012	0.011	0,009	0,008
$\sigma, \%$	60	44	12	5,6
$x_y, м$	6,25	6,25	6,25	6,25
$s_1$	-6666.67	-3333.33	-1666.67	-1111.11
$s_2$	$-360 + 3983.77i$	$-360 + 3983.77i$	$-360 + 3983.77i$	$-360 + 3983.77i$
$s_3$	$-360 - 3983.77i$	$-360 - 3983.77i$	$-360 - 3983.77i$	$-360 - 3983.77i$

Увеличение постоянной времени высоковольтного усилителя снижает перерегулирование и время переходного процесса. На установившееся значение перемещения постоянная времени не влияет

5. Графики переходных процессов по возмущению ( $F_v = 4 \text{ Н}$ ,  $U = 0$ ) при различных значениях коэффициента упругости:

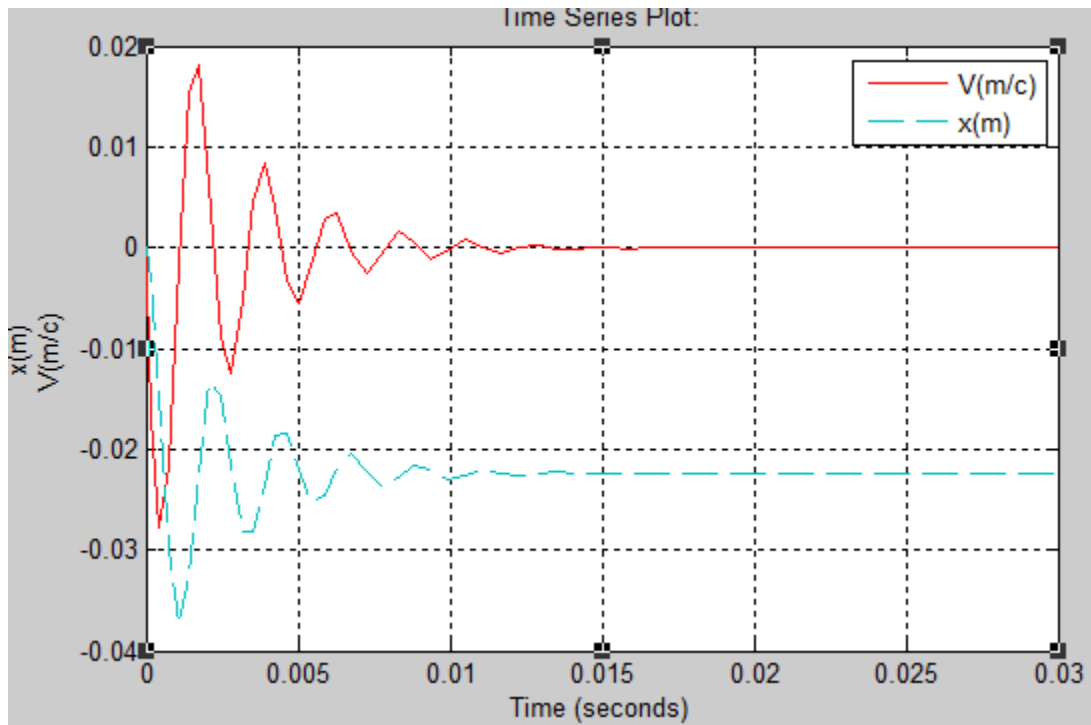


Рисунок 5.1- Графика переходного процесса при  $C_p = 10^6 [\text{Н/м}]$

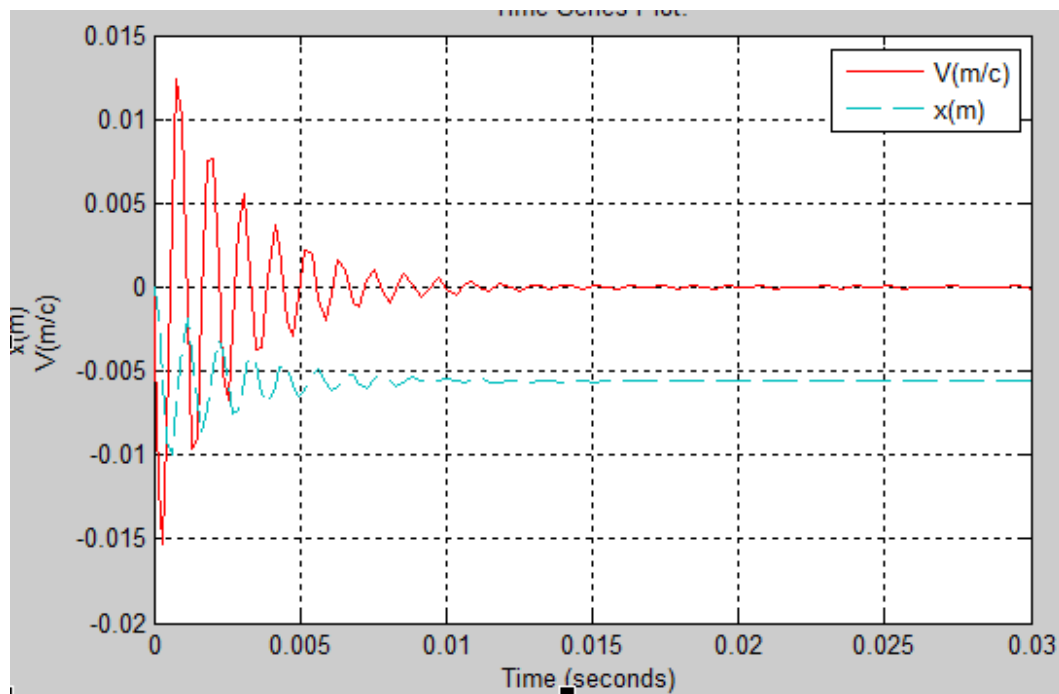


Рисунок 5.2- Графика переходного процесса при  $C_p = 4 \cdot 10^6 [\text{Н/м}]$



## 6. Построение асимптотической ЛАЧХ пьезодвигателя:

$$W(s) = \frac{K_u K_0}{T_u m s^2 + (m + K_d T_u) s^2 + (K_d + C_p T_u) s + C_p}$$

$$W(j\omega) = \frac{K_o K_u}{(C_p - m\omega^2 - K_d T_u \omega^2) + j(C_p T_u + K_d \omega - T_u m \omega^3)}$$

$$A(\omega) = \frac{K_o K_u}{\sqrt{(C_p - (m + K_d T_u) \omega^2)^2 + (C_p T_u + K_d \omega - T_u m \omega^3)^2}}$$

$$L(\omega) = 20 \lg \frac{K_o K_u}{\sqrt{(C_p - (m + K_d T_u) \omega^2)^2 + (C_p T_u + K_d \omega - T_u m \omega^3)^2}}$$

$$\omega_1 = \frac{1}{T_u} = 6666.67 [c^{-1}]$$

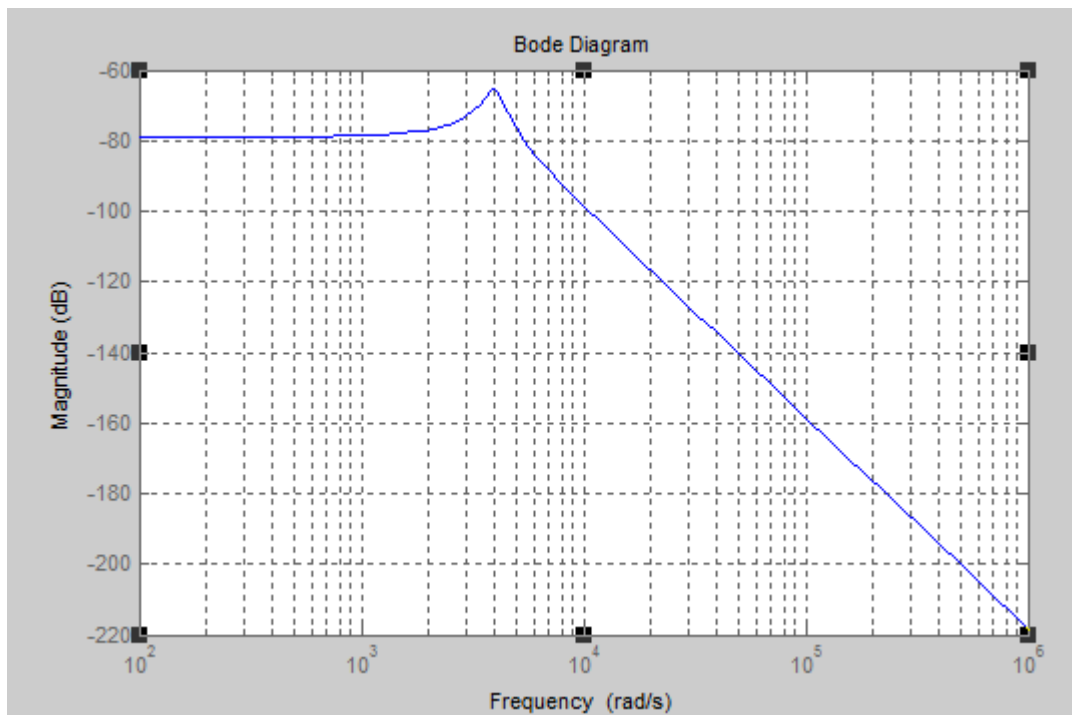


Рисунок 6.1- ЛАЧХ пьезодвигателя

**Вывод:**

В работе была исследована математическая модель и зависимости переходных процессов исполнительного устройства, построенного на основе пьезоэлектрического двигателя микроперемещений, от его параметров и внешних воздействий. Исполнительное пьезоэлектрическое устройство моделируется колебательным звеном с малой постоянной времени. На вид переходных процессов оказывают влияние масса нагрузки и внешние возмущения.