

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И  
ОПТИКИ"(УНИВЕРСИТЕТ ИТМО)

Факультет Систем управления и робототехники

Кафедра Систем управления и информатики

Группа Р3340

## ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Лабораторная работа №10

ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ  
ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ  
Вариант 9

Проверил: \_\_\_\_\_

Выполнил: \_\_\_\_\_

СПб 2017

Цель работы. Изучение математических моделей и исследование характеристик электромеханического объекта управления, построенного на основе электродвигателя постоянного тока независимого возбуждения

Исходные данные:

Un, V	n0, рад/сек	In, A	Mn, Нм	R, Ом	Tя, с	Jд, кг*м^2	Ty, с	ip	Jм кг*м^2
27	255,5162	0,38	0,04	32	0,006	0,0000055	0,003	40	0,03

Таблица 1-Исходные данные

Расчет параметров математической модели:

$$K_y = \frac{U_n}{U_m} = \frac{27}{10} = 2.7$$

$$K_d = \frac{1}{R} = \frac{1}{32} = 0.0313$$

$$K_m = \frac{M_n}{I_n} = \frac{0.04}{0.38} = 0.1053$$

$$J_p = 0.2J_d = 0.0000011$$

$$J_\Sigma = J_d + J_p + \frac{J_m}{i_p^2} = 0.0000066 + \frac{0.03}{1600} = 0.00002535$$

$$K_e = \frac{U_n}{\omega_0} = \frac{27}{255.5} = 0.105668447$$

$$K = \frac{K_y}{K_e * i_p} = 0.63879$$

$$T_m = \frac{R J_\Sigma}{K_M * K_E} = 0.07265$$

$$K_f = \frac{R}{K_m * K_e * i_p^2} = 1.79118$$

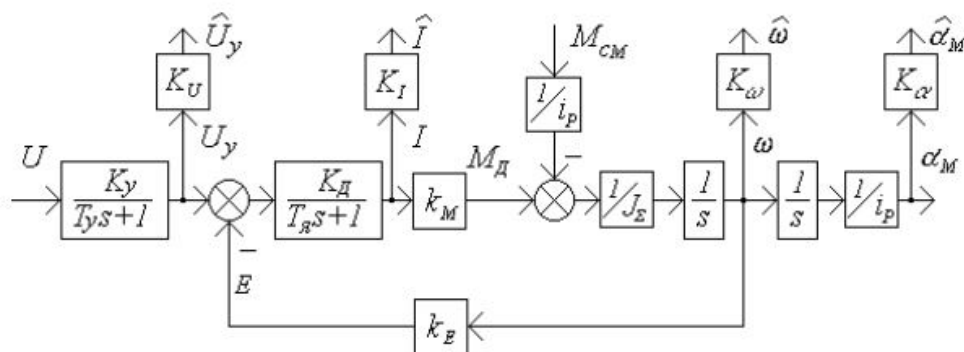


Рис. 1: Структурная схема системы

Ky	Ki	Kw	Ka
0,74	28,33	0,078	0,315

Таблица 2-Коэффициенты передачи

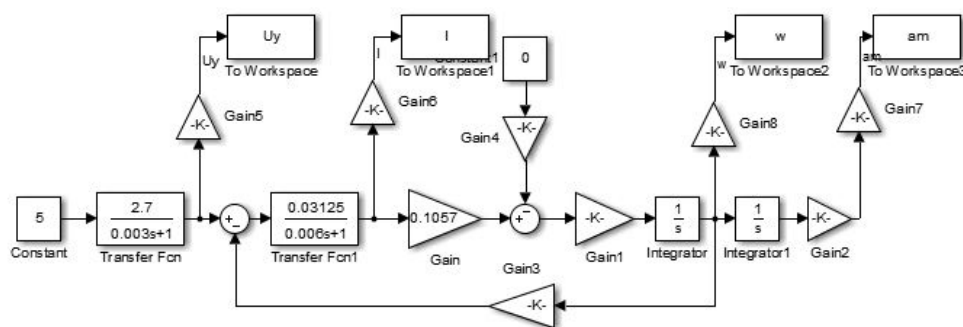
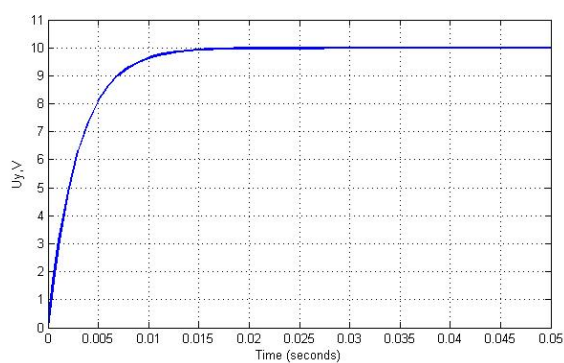
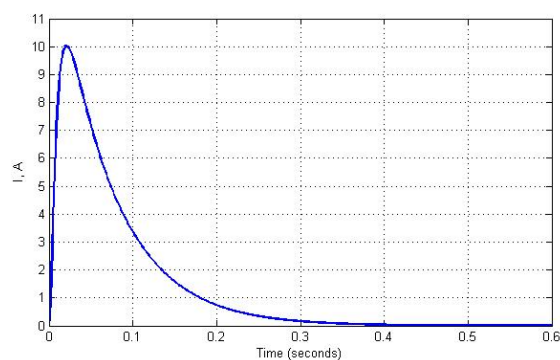


Рис. 2: Схема моделирования системы

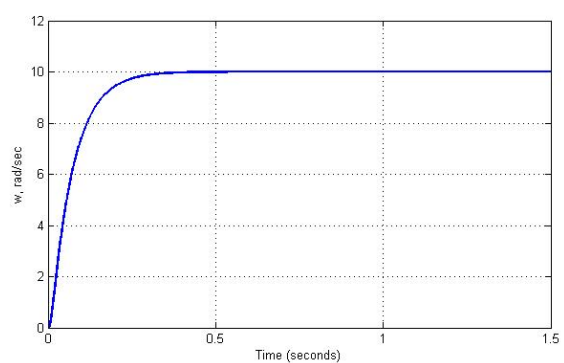
# 1 Получение графиков переходных процессов при $M=0$ , $U=5V$



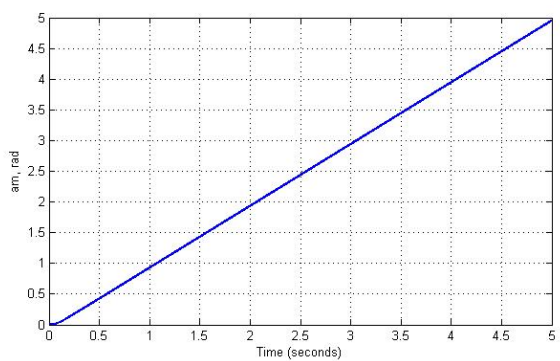
$U_y$



$I$



$\omega$



$m$

Рис. 3: Графики переходных процессов при  $M_{cm}=0$ ,  $U=5V$

## 2 Исследование влияния $M_{cm}$ на вид переходных процессов

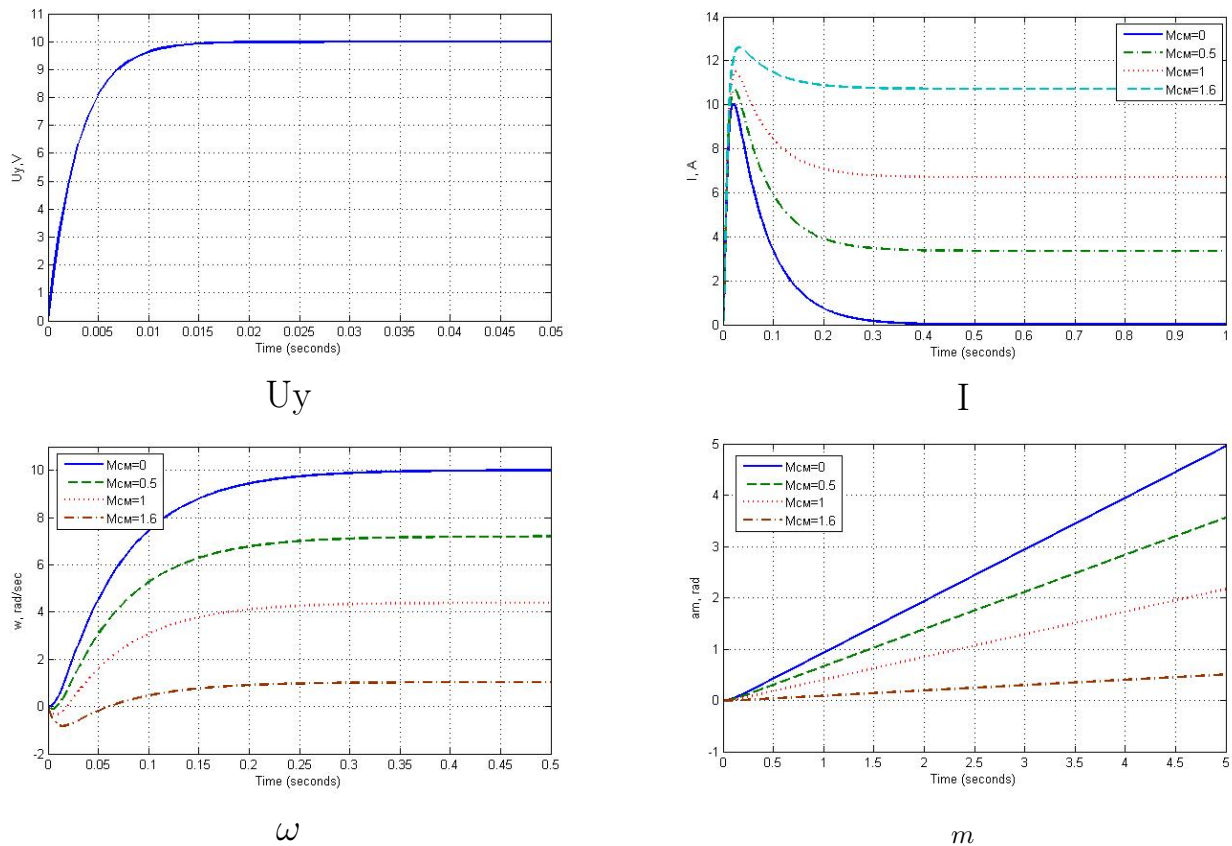


Рис. 4: Графики переходных процессов при различном  $M_{cm}$

Определение параметров:

$I$ :  $t_p=0.3c$ ,  $I_y=0/3.5/6.8/10.8 \cdot K_i$  A

$\omega$ :  $t_p=0.25c$ ,  $\omega=10/7.2/4.5/3 \cdot K_w$  rad/sec

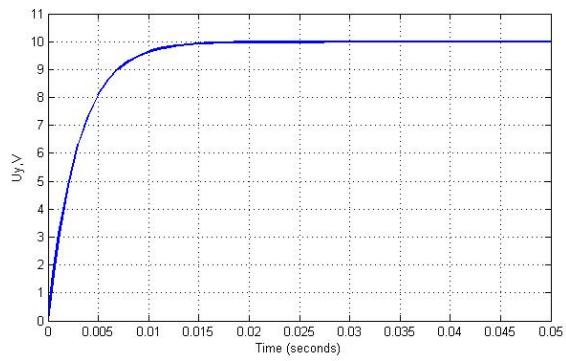
Вывод: при увеличении момента установившееся значение  $I$  увеличивается, а  $w$  уменьшается.

## 3 Исследование влияния $J_m$ на вид переходных процессов

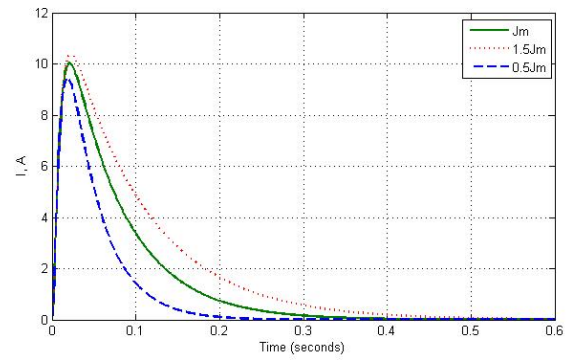
Определение параметров:

$I$ :  $I_y=0A$ ,  $t_p=0.2/0.35/0.5$  c

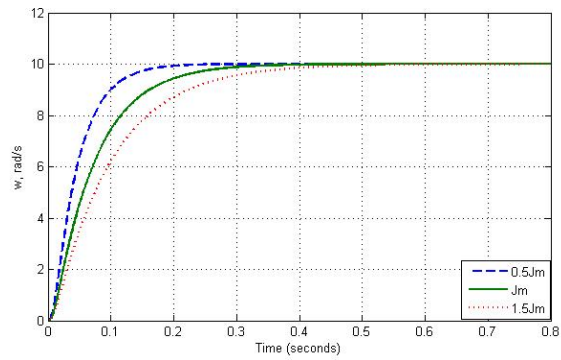
$\omega$ :  $t_p=0.2/0.3/0.4c$ ,  $\omega=10 \cdot K_w$  rad/sec



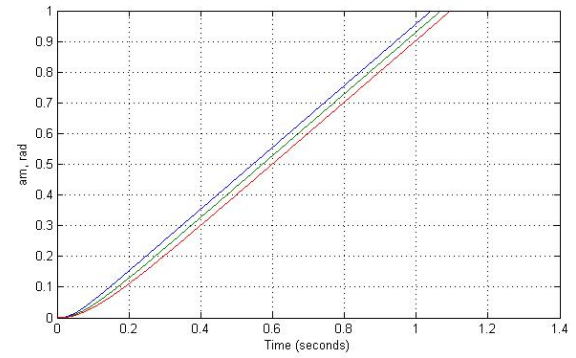
$U_y$



$I$



$\omega$

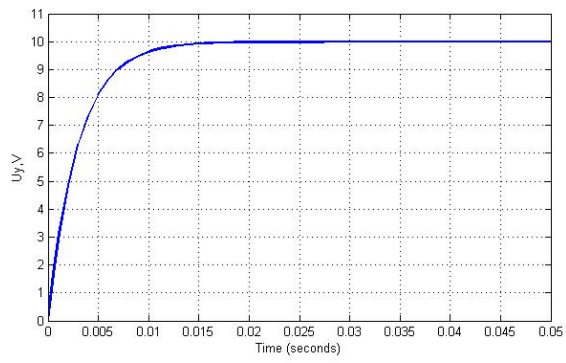


$\varphi$

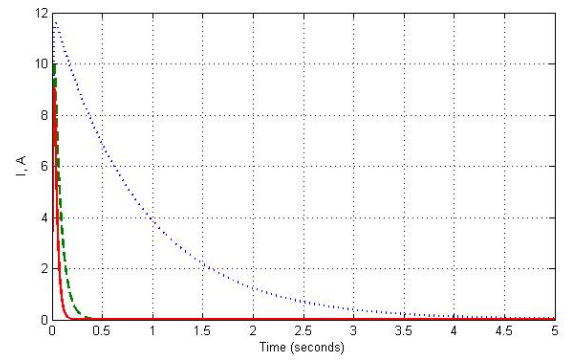
Рис. 5: Графики переходных процессов при различном  $J_m$

Установившиеся значения не зависят от  $J_m$ , время переходного процесса увеличивается.

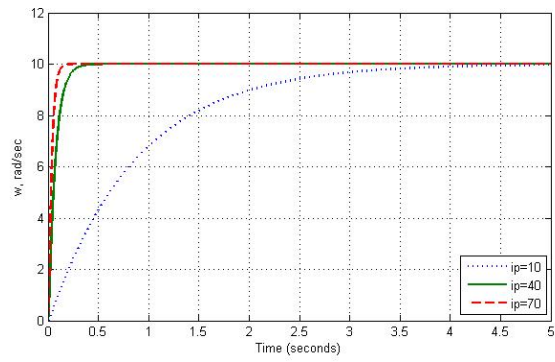
## 4 Исследование влияния $i_p$ на вид переходных процессов



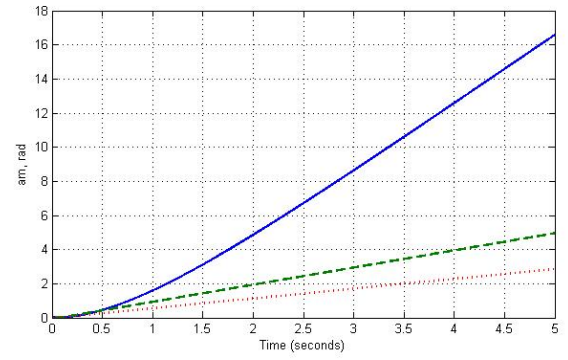
$U_y$



$I$

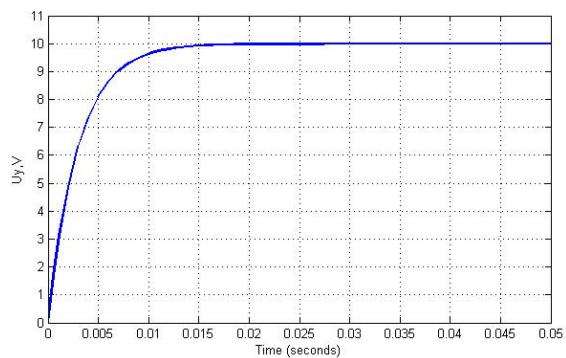


$\omega$

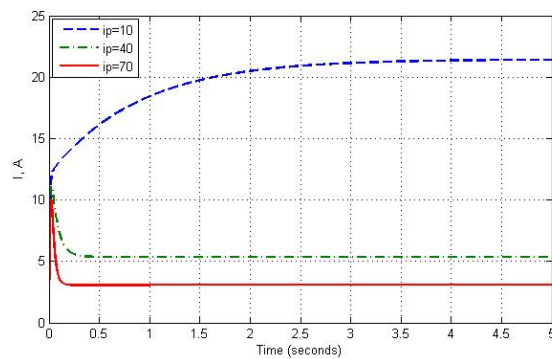


$m$

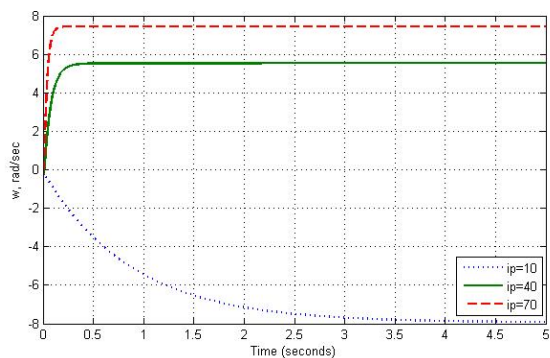
Рис. 6: Графики переходных процессов при различном  $i_p$ ,  $M_{cm}=0\text{Нм}$



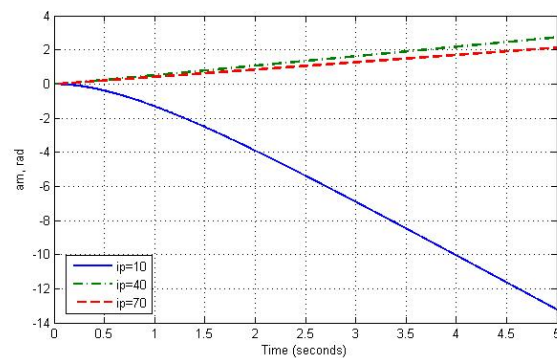
$U_y$



$I$



$\omega$



$m$

Рис. 7: Графики переходных процессов при различном  $i_p$ ,  $M_{cm}=0.8\text{Нм}$

## 5 Анализ погрешности вызванной упрощением модели

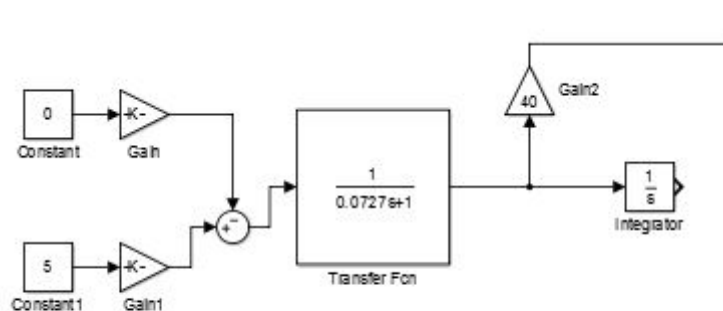


Рис. 8: Схема моделирования упрощенной модели

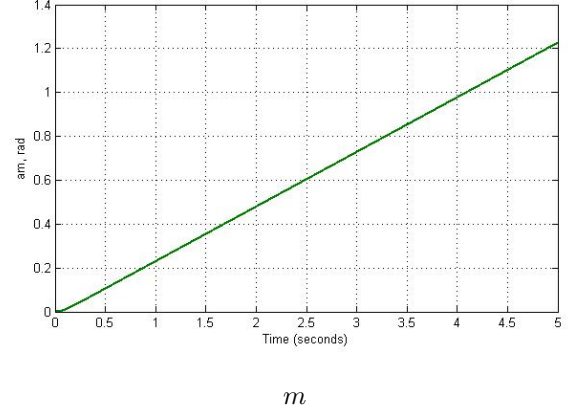
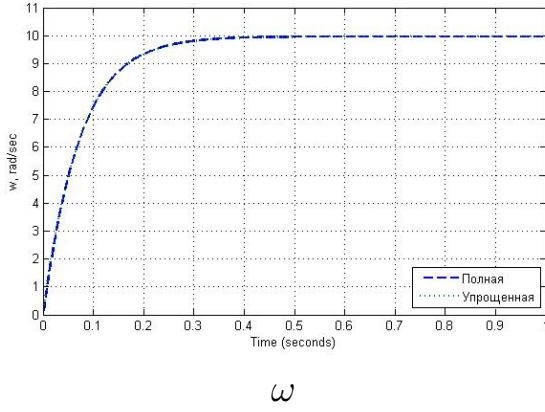


Рис. 9: Графики переходных процессов упрощенной и полной модели при  $M_{cm}=0\text{Нм}$

Вывод: при малых значениях  $T_u$  и  $T_\alpha$  переходные процессы в полной модели и упрощенной не отличаются.

## 6 Вывод математических моделей вход-состояние-выход для полной и упрощенной схем моделирования ЭМО.

Полная модель ЭМО.

$$x_1 = U_y$$

$$x_2 = I$$

$$x_3 = \omega$$

$$x_4 = i_p$$

$$\dot{x}_1 = \frac{K_y U - x_1}{T_y} = 900U - 333.3x_1$$

$$\dot{x}_2 = \frac{K_d U_y - K_d K_e \omega - I}{T_j} = 5.2x_1 - 0.55x_3 - 166.7x_2$$

$$\dot{x}_3 = \frac{K_M I - M_c}{J_s} = 4168x_2 - 39447M_c$$

$$\dot{x}_4 = i_p \omega = 40x_3$$

$$y = \frac{x_4}{i_p}$$

$$x = \begin{bmatrix} -333.3 & 0 & 0 & 0 \\ 5.2 & -166.7 & -0.55 & 0 \\ 0 & 4168 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 40 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 900 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} * U + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -39447 \\ 0 \end{bmatrix} * M_c$$

$$y = [0 \ 0 \ 0 \ 1/40]$$



Упрощенная модель ЭМО.

$$x_1 = \omega$$

$$x_2 =$$

$$\dot{x}_1 = \frac{KU - K_f M_c}{T_M} = 8.8U - 24.6M_c - 13.75x_2$$

$$\dot{x}_2 = x_1$$

$$x = \begin{bmatrix} 0 & -13.75 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 8.8 \\ 0 \end{bmatrix} * U + \begin{bmatrix} -24.6 \\ 0 \end{bmatrix} * M_c$$

$$y = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Вывод: Были исследованы математические модели электомеханического объекта при различных параметрах внешних воздействий и при различных внутренних параметрах. Сравнение полной и упрощенной модели ЭМО подтверждает, что если в системе достаточно малые постоянные времени у электрических процессов по сравнению с механическими, то ими можно пренебречь и перейти к упрощенной модели.