

**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 №10**  
**“Исследование математической модели**  
**электромеханического объекта управления”**  
Вариант - 9

Выполнил \_\_\_\_\_ (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.** Изучение математических моделей и исследование характеристик электромеханического объекта управления, построенного на основе электродвигателя постоянного тока независимого возбуждения

### Исходные данные:

Таблица 1 – Исходные данные

Un, В	n <sub>0</sub> , рад/сек	In, А	Mn, Нм	R, Ом	Тя, с	J <sub>d</sub> , кг*м <sup>2</sup>	Ty, с	ip	Jm, кг*м <sup>2</sup>
27	255.5162	0.38	0.04	32	0.006	0.0000055	0.003	40	0.03

Расчет параметров математической модели:

$$K_y = \frac{U_n}{U_m} = \frac{27}{10} = 2.7 \quad (1)$$

$$K_d = \frac{1}{R} = \frac{1}{32} = 0.0313 \quad (2)$$

$$K_m = \frac{M_n}{I_n} = \frac{0.04}{0.38} = 0.1053 \quad (3)$$

$$J_p = 0.2J_d = 0.0000011 \quad (4)$$

$$J_\Sigma = J_d + J_p + \frac{J_m}{i_p^2} = 0.0000066 + \frac{0.03}{1600} = 0.00002535 \quad (5)$$

$$K_e = \frac{U_n}{\omega_0} = \frac{27}{255.5} = 0.105668447 \quad (6)$$

$$K = \frac{K_y}{K_e * i_p} = 0.63879 \quad (7)$$

$$T_m = \frac{RJ_\Sigma}{K_M * K_E} = 0.07265 \quad (8)$$

$$K_f = \frac{R}{K_m * K_e * i_p^2} = 1.79118 \quad (9)$$

В лабораторной работе исследуется электромеханический объект, функциональная схема которого изображена на рисунке 1. На рисунке 2 - структурная схема системы. Схема моделирования изображена на рисунке 3.

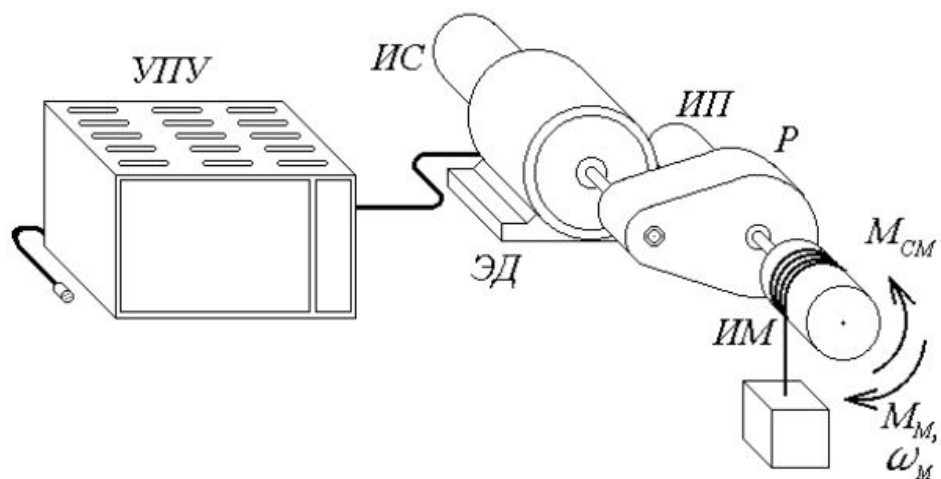


Рисунок 1 – Функциональная схема ЭМО

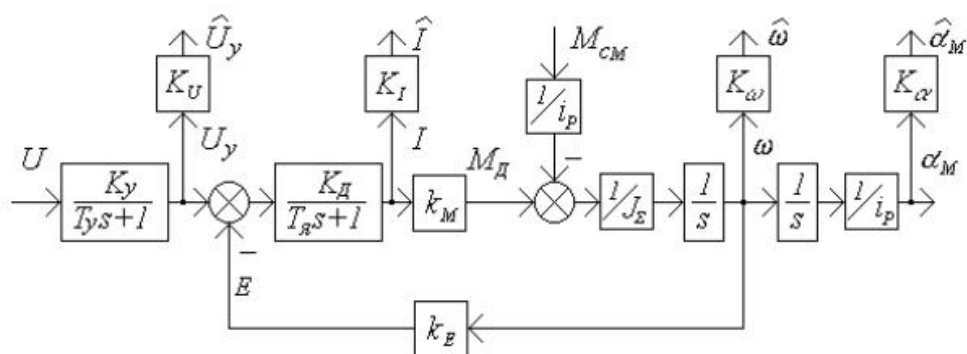


Рисунок 2 – Структурная схема системы

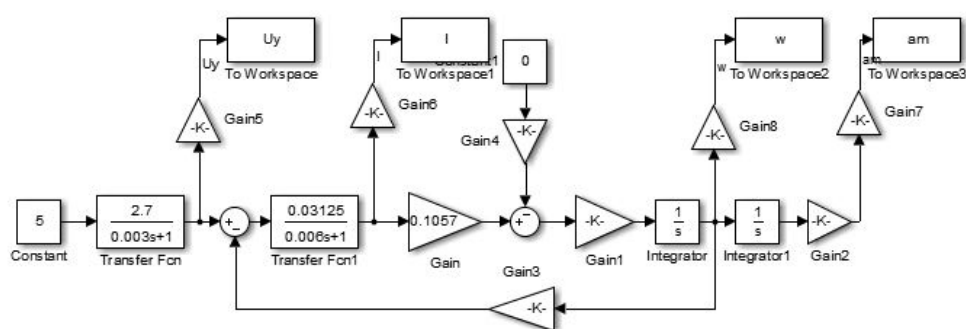


Рисунок 3 – Схема моделирования системы

Для обеспечения соответствия максимального значения измеряемого сигнала уровню 10 ед., выходной сигнал необходимо домножить на коэффициент передачи:

$$K_y = 0.74$$

$$K_i = 28.33$$

$$K_w = 0.078$$

$$K_a = 0.315$$

# 1 Получение графиков переходных процессов при нагрузочном моменте 0 Нм и напряжении 5 В

На рисунке 4 изображены графики переходных процессов полной модели ЭМО при холостом ходу.

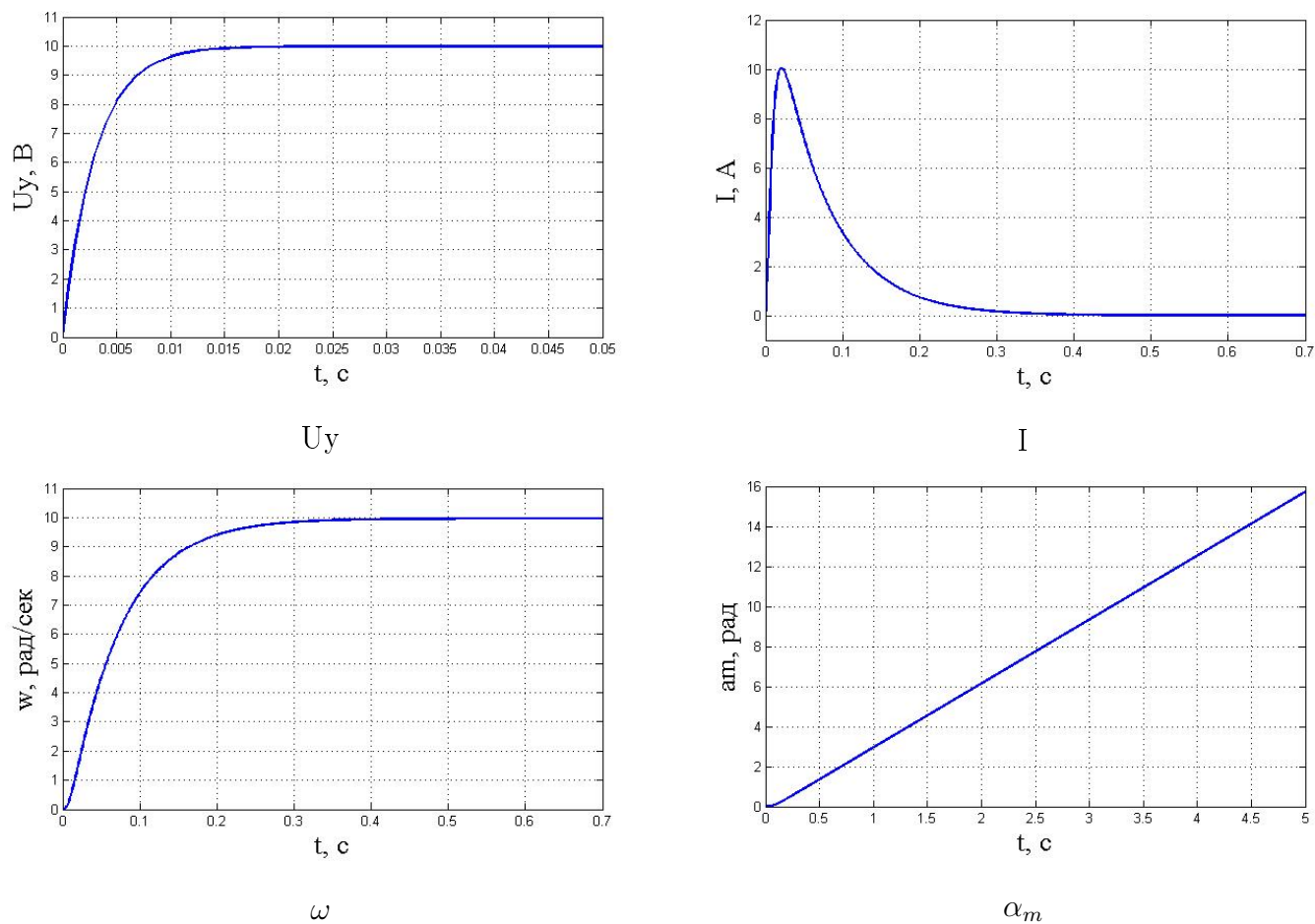


Рисунок 4 – Графики переходных процессов при  $M_{\text{см}}=0\text{Нм}$ ,  $U=5\text{ В}$

## 2 Исследование влияния момента сопротивления на вид переходных процессов

Для исследования влияния момента сопротивления на вид переходных процессов необходимо, оставив все параметры системы неизменными, изменять параметр  $M_{cm}$  от 0 до  $i_p \cdot M_n = 1.6$ . Полученные при исследовании графики изображены на рисунке 5.

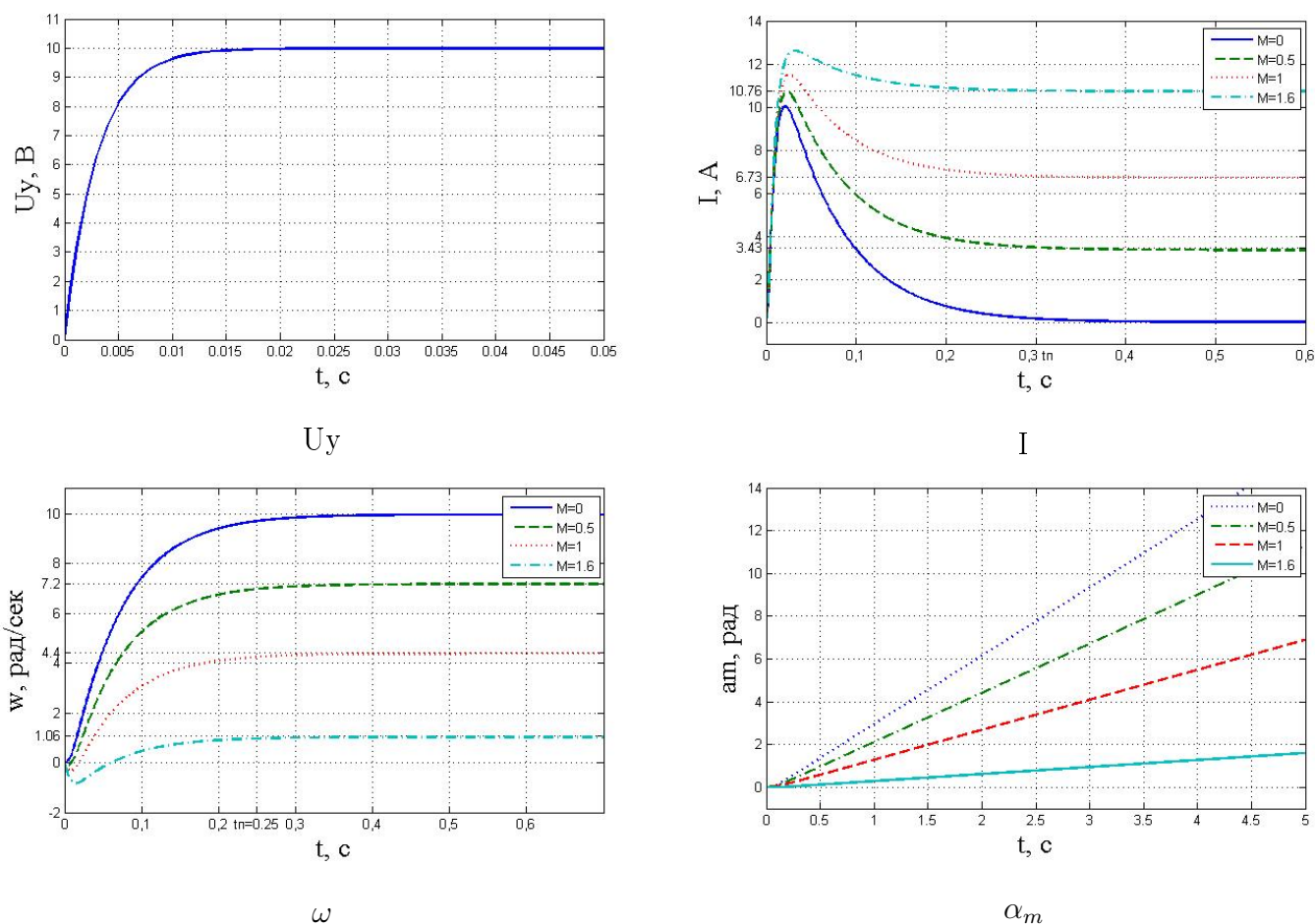


Рисунок 5 – Графики переходных процессов при различных  $M_{cm}$

Определение установившихся значений:

Для  $I$ :

При  $M=0H_m$ ,  $t_{\pi}=0.3c$ ,  $I_y=0 A$

При  $M=0.5H_m$ ,  $t_{\pi}=0.3c$ ,  $I=3.43 \cdot K_i A$

При  $M=1H_m$ ,  $t_{\pi}=0.3c$ ,  $I=6.73 \cdot K_i A$

При  $M=1.6H_m$ ,  $t_{\pi}=0.3c$ ,  $I=10.76 \cdot K_i A$

Для  $\omega$ :

При  $M=0\text{Нм}$ ,  $t_{\text{п}}=0.25\text{с}$ ,  $\omega=10\text{Кв рад/сек}$

При  $M=0.5\text{Нм}$ ,  $t_{\text{п}}=0.25\text{с}$ ,  $\omega=7.2\text{Кв рад/сек}$

При  $M=1\text{Нм}$ ,  $t_{\text{п}}=0.25\text{с}$ ,  $\omega=4.4\text{Кв рад/сек}$

При  $M=1.6\text{Нм}$ ,  $t_{\text{п}}=0.25\text{с}$ ,  $\omega=1.06\text{Кв рад/сек}$

### 3 Исследование влияния момента инерции нагрузки на вид переходных процессов

Графики полученные при исследовании влияния момента инерции нагрузки на вид переходных процессов изображены на рисунке 6.

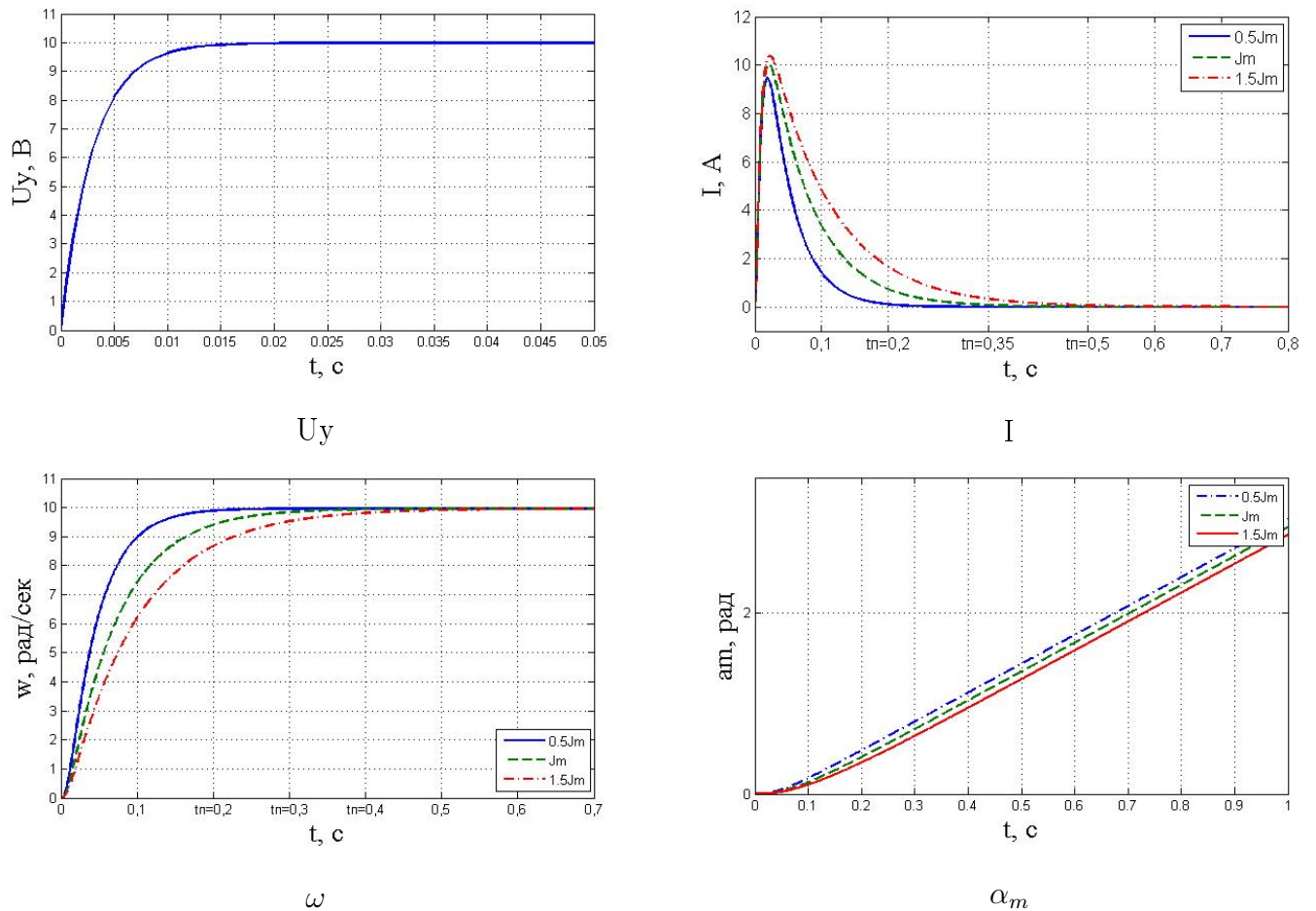


Рисунок 6 – Графики переходных процессов при различном  $J_m$

Определение установившихся значений:

Для  $I$ :

При  $0.5J_m$ ,  $t_{п}=0.2c$ ,  $I_y=0$  А

При  $J_m$ ,  $t_{п}=0.35c$ ,  $I=0$  А

При  $1.5J_m$ ,  $t_{п}=0.5c$ ,  $I=0$  А

Для  $\omega$ :

При  $0.5J_m$ ,  $t_{п}=0.2c$ ,  $\omega=10 \cdot K_w$  рад/сек

При  $J_m$ ,  $t_{п}=0.3c$ ,  $\omega=10 \cdot K_w$  рад/сек

При  $1.5J_m$ ,  $t_{п}=0.4c$ ,  $\omega=10 \cdot K_w$  рад/сек



## 4 Исследование влияния передаточного отношения редуктора на вид переходных процессов

Для исследования влияния передаточного отношения редуктора на вид переходных процессов необходимо провести моделирование системы при  $M_{см}=0$  и  $M_{см}=0.8\text{Нм}$ . Полученных графики переходных процессов изображены на рисунках 7 и 8.

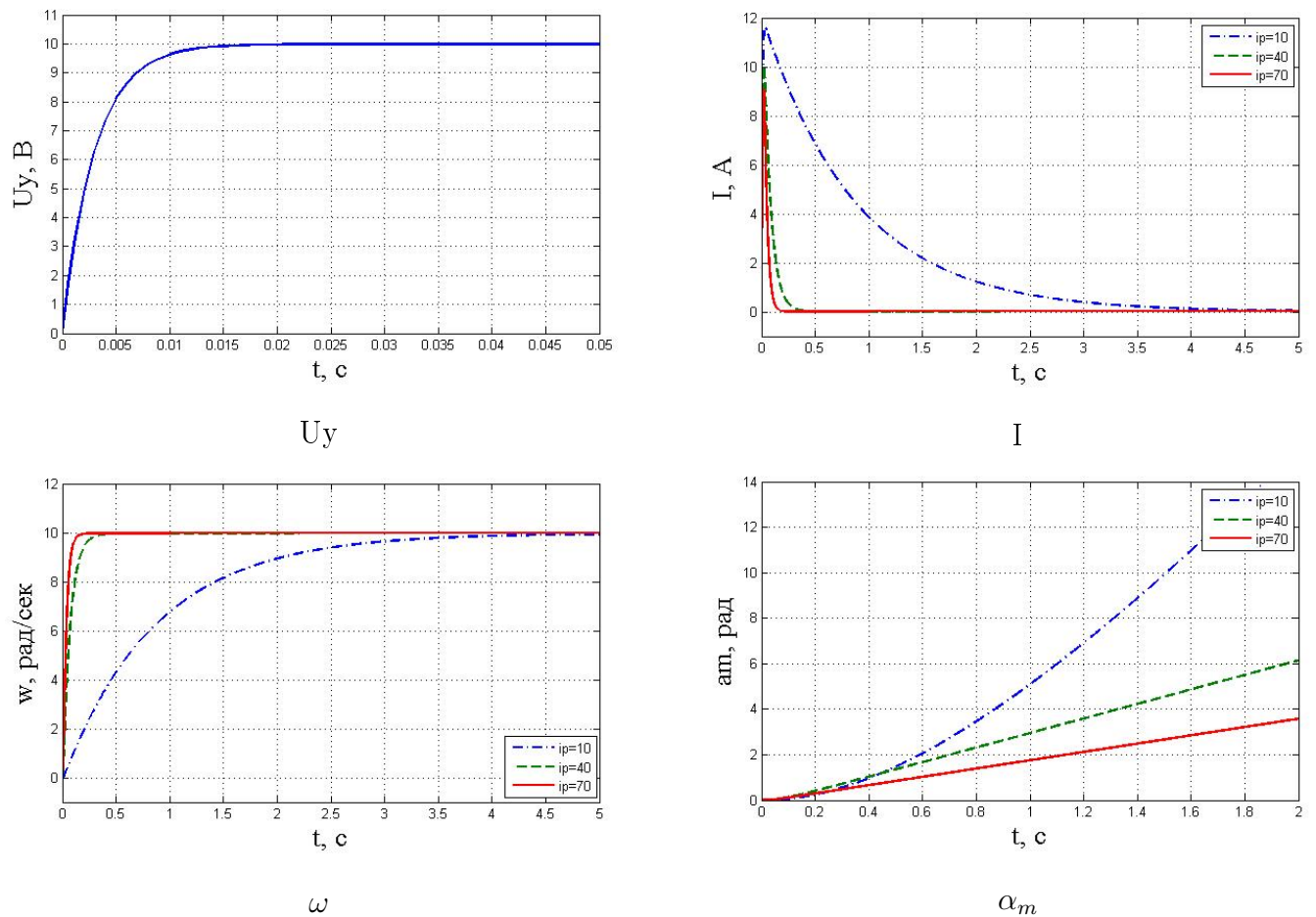
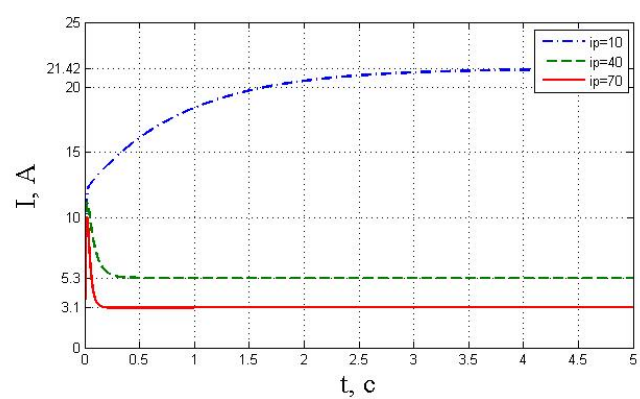
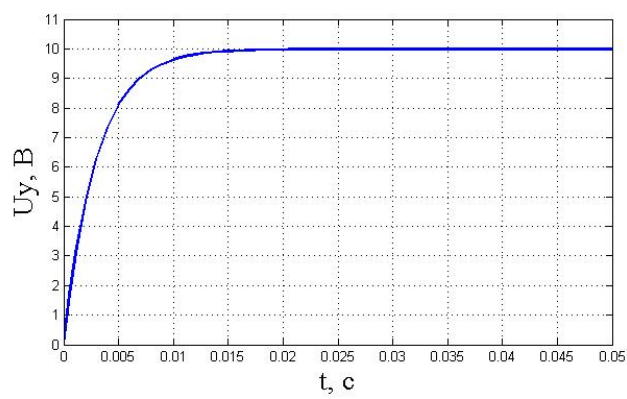
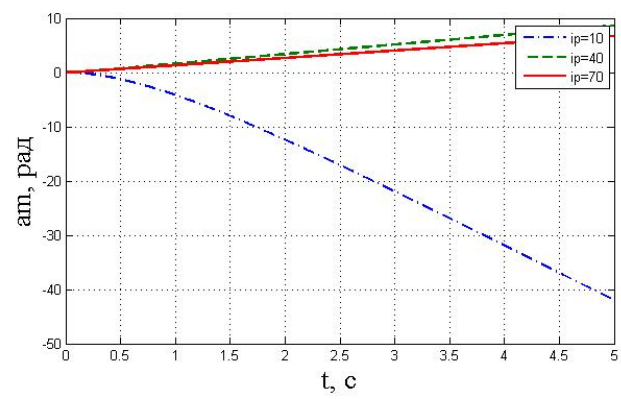
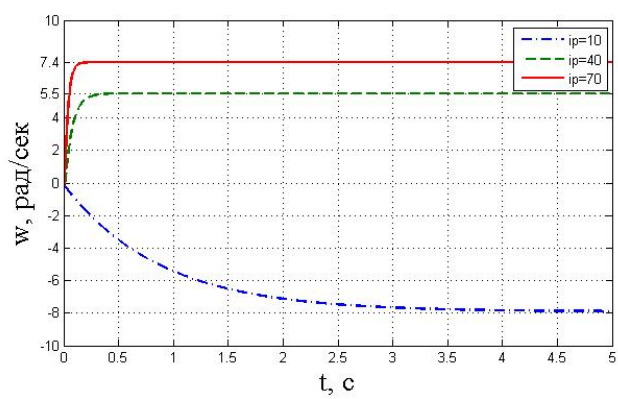


Рисунок 7 – Графики переходных процессов при различном  $i_p$  и  $M_{см}=0\text{ Нм}$



$U_y$

$I$



$\omega$

$\alpha_m$

Рисунок 8 – Графики переходных процессов при различном  $ip$  и  $M_{ст}=0.8$  Нм

## 5 Анализ погрешности вызванной упрощением модели

Если  $T_y$  и  $T_d$  значительно меньше, чем механическая постоянная времени  $T_m$ , то для упрощения математической модели, аperiodические звенья можно заменить пропорциональными звеньями с коэффициентами передачи  $K_d$  и  $K_y$ . Схема моделирования упрощенной модели изображена на рисунке 9. Сравнения переходных характеристик полной и упрощенной модели - на рисунке 10.

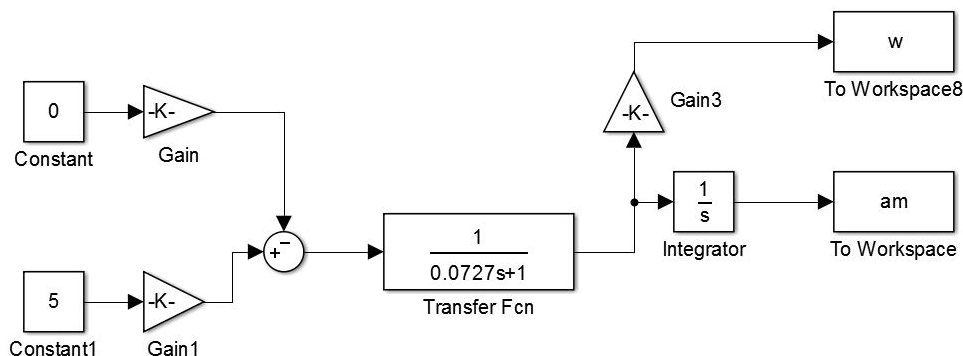


Рисунок 9 – Схема моделирования упрощенной модели

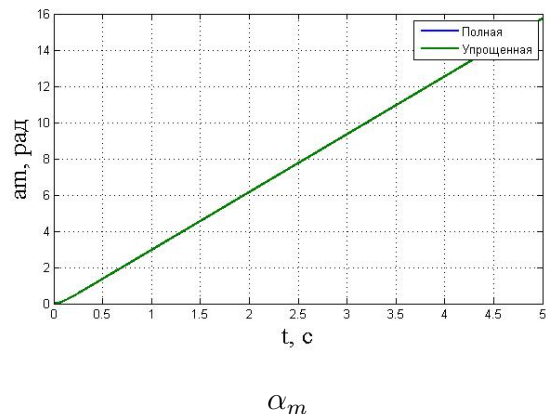
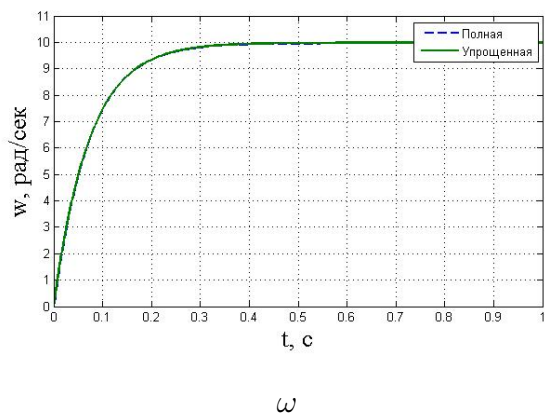


Рисунок 10 – Графики переходных процессов упрощенной и полной модели при  $M_{ст}=0$ Нм

## 6 Вывод математических моделей

### вход-состояние-выход для полной и упрощенной схем моделирования ЭМО

Полная модель ЭМО:

$$x_1 = U_y \quad (10)$$

$$x_2 = I \quad (11)$$

$$x_3 = \omega \quad (12)$$

$$x_4 = i_p \alpha \quad (13)$$

$$\dot{x}_1 = \frac{K_y U - x_1}{T_y} = 900U - 333.3x_1 \quad (14)$$

$$\dot{x}_2 = \frac{K_d U_y - K_d K_e \omega - I}{T_j} = 5.2x_1 - 0.55x_3 - 166.7x_2 \quad (15)$$

$$\dot{x}_3 = \frac{K_M I - M_c}{J_s} = 4168x_2 - 39447M_c \quad (16)$$

$$\dot{x}_4 = i_p \omega = 40x_3 \quad (17)$$

$$y = \frac{x_4}{i_p} \quad (18)$$

$$x = \begin{bmatrix} -333.3 & 0 & 0 & 0 \\ 5.2 & -166.7 & -0.55 & 0 \\ 0 & 4168 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 40 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 900 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} * U + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -39447 \\ 0 \end{bmatrix} * M_c \quad (19)$$

$$y = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1/40 \end{bmatrix} \quad (20)$$

Упрощенная модель ЭМО:

$$x_1 = \omega \quad (21)$$

$$x_2 = \alpha \quad (22)$$

$$\dot{x}_1 = \frac{KU - K_f M_c - \omega}{T_M} = 8.8U - 24.6M_c - 13.75x_2 \quad (23)$$

$$\dot{x}_2 = x_1 \quad (24)$$

$$x = \begin{bmatrix} 0 & -13.75 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 8.8 \\ 0 \end{bmatrix} * U + \begin{bmatrix} -24.6 \\ 0 \end{bmatrix} * M_c \quad (25)$$

$$y = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (26)$$

## Вывод

Были исследованы математические модели электромеханического объекта при различных параметрах внешних воздействий и при различных внутренних параметрах.

При исследовании влияния момента сопротивления на вид переходных процессов было выявлено, что при увеличении момента увеличивается установившееся значение тока якоря и уменьшается установившееся значение угловой скорости.

Исследование влияния момента инерции нагрузки выявило, что при его увеличении, увеличивается время переходных процессов.

Передаточное отношение редуктора влияет на установившееся значение, только при нагрузочном моменте.

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.