

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 - 02

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

Функциональная схема исследуемого электромеханического объекта и исходные данные к нему представлены на рисунке 1 и таблице 1

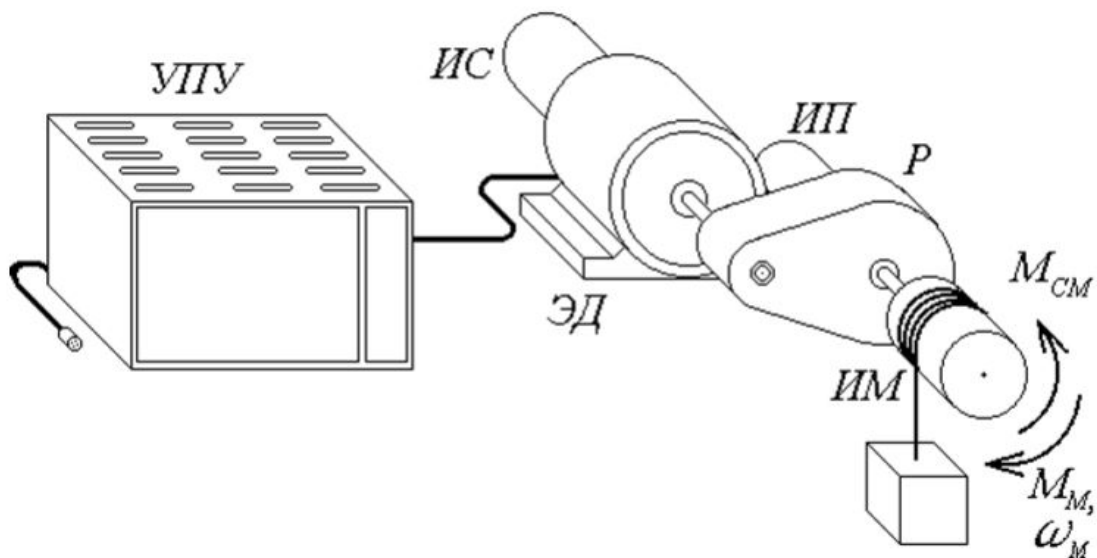


Рисунок 1 – Функциональная схема ЭМО

Таблица 1 – Исходные данные

$U_H,$ В	$n_0,$ об/мин	$I_H,$ А	$M_H,$ Н·м	$R,$ Ом	$T_{Я},$ мс	$J_d,$ кг·м ²	$T_y,$ мс	i_P	$J_M,$ кг·м ²
75	1000	12	5,5	0,75	5	$1,6 \cdot 10^{-3}$	6	16	2,75

1 Расчет параметров математической модели двигателя

Рассчитаем по исходным данным дополнительные параметры моделирования.

$$K_y = \frac{U_H}{U_m} = 7.5 \quad (1)$$

$$w_0 = n_0 \frac{\pi}{30} = 104.72 \quad (2)$$

$$K_e = \frac{U_H}{w_0} = 0.7162 \quad (3)$$

$$K_d = \frac{1}{R} = 1.33 \quad (4)$$

$$K_M = \frac{M_H}{I_H} = 0.4583 \quad (5)$$

$$J_\Sigma = 1.2J_d + \frac{J_M}{i_p^2} = 0.0127 \quad (6)$$

Коэффициенты передачи измерительных устройств $K_U, K_I, K_\omega, K_\alpha$ выбираются таким образом, чтобы обеспечить соответствие максимального значения измеряемого сигнала уровню 10 В на выходе измерительного устройства. В итоге получим следующие значения коэффициентов:

$$K_U = \frac{\hat{U}_{y\max}}{U_H} = \frac{10}{37.5} = 0.2667 \quad (7)$$

$$K_I = \frac{\hat{I}_{\max}}{I_{\max}} = \frac{10}{34.18} = 0.2925 \quad (8)$$

$$K_\omega = \frac{\hat{\omega}_{\max}}{\omega_0} = \frac{10}{52.36} = 0.1910 \quad (9)$$

$$K_\alpha = \frac{\hat{\alpha}_{\max}}{\alpha_{\max}} = \frac{10}{32.61} = 0.3066 \quad (10)$$

2 Вывод моделей ВСВ для полной схемы моделирование ЭМО

Запишем уравнения, описывающие работу ЭМО.

$$\begin{cases} k_M I - M_c = J_\Sigma \dot{\omega} \\ T_\pi \dot{I} + I = k_d U_y - k_d k_e \omega \\ T_y \dot{U}_y + U_y = k_y U \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \dot{\omega} = \frac{k_M}{J_\Sigma} I - \frac{1}{J_\Sigma} M_c \\ \dot{I} = -\frac{k_d k_e}{T_\pi} \omega - \frac{1}{T_\pi} I + \frac{k_d}{T_\pi} U_y \\ \dot{U}_y = -\frac{1}{T_y} U_y + \frac{k_y}{T_y} U \end{cases} \quad (11)$$

Примем вектор состояния $X = [\alpha \ \omega \ I \ U_y]^T$ и $\dot{\alpha} = \omega$, получим следующую модель вход состояние выход (ВСВ)

$$\begin{bmatrix} \dot{\alpha} \\ \dot{\omega} \\ \dot{I} \\ \dot{U}_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{k_M}{J_\Sigma} & 0 \\ 0 & -\frac{k_d k_e}{T_\pi} & -\frac{1}{T_\pi} & \frac{k_d}{T_\pi} \\ 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{T_y} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha \\ \omega \\ I \\ U_y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{J_\Sigma} \\ 0 & 0 \\ \frac{k_y}{T_y} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U(t) \\ M_c(t) \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$\alpha = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha \\ \omega \\ I \\ U_y \end{bmatrix} \quad (13)$$

3 Моделирование электромеханического объекта

На рисунке 2 представлена структурная схема моделирования электромеханического объекта, а на рисунке 3 - функциональная.

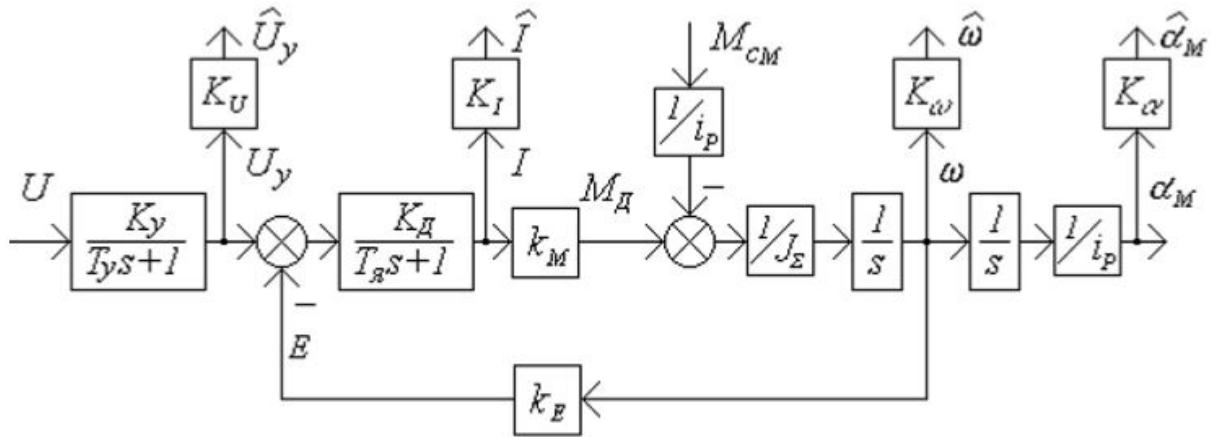


Рисунок 2 – Структурная схема ЭМО

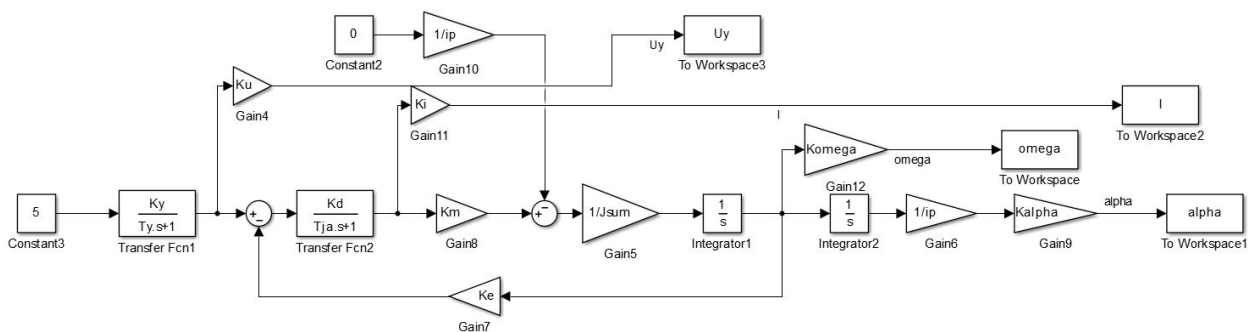


Рисунок 3 – Функциональная схема ЭМО

Рассмотрим переходные процессы полной модели ЭМО. На рисунке 4 изображены графики напряжения U_y , тока I , скорости ω и угла α .

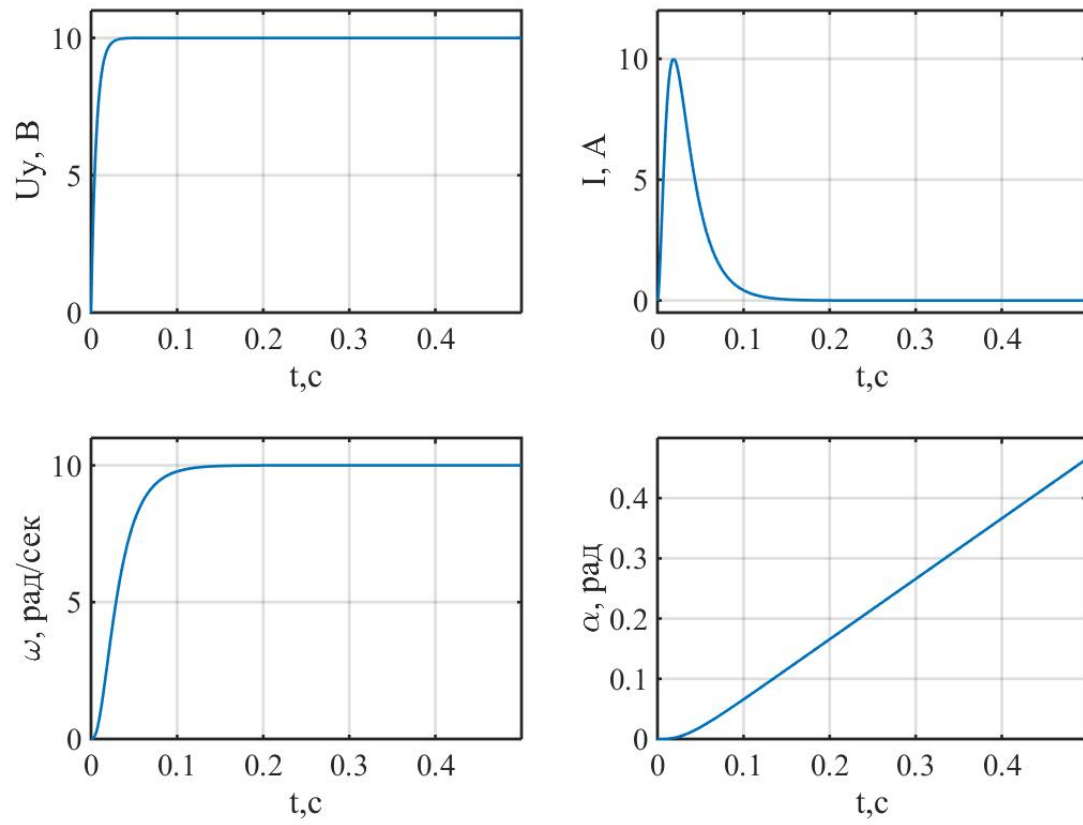


Рисунок 4 – Графики переходных процессов при $M_{cm} = 0$ Нм и $U = 5$ В

4 Исследование влияния момента сопротивления на вид переходных процессов

Для исследования влияния момента сопротивления на ЭМО необходимо изменять момент сопротивления $M_{cm} = 0$ от 0 до $i_p * M_n = 88$. Полученные графики приведены на рисунке 5

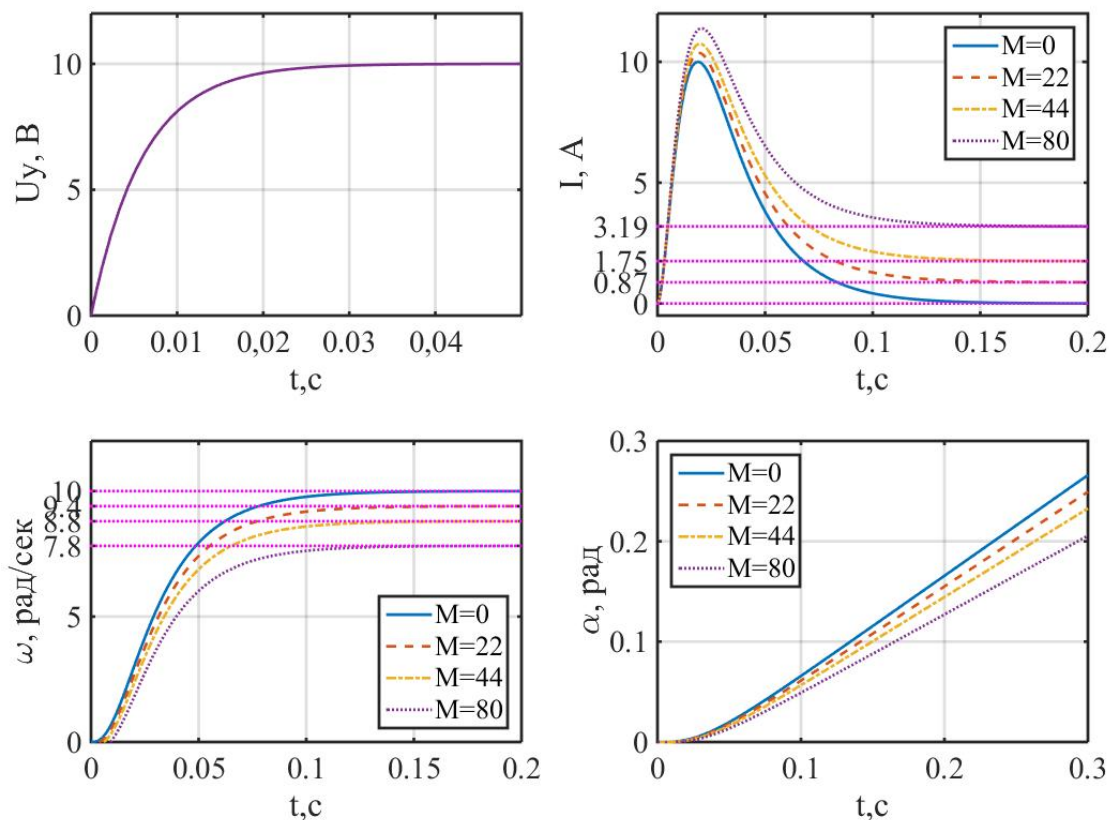


Рисунок 5 – Графики переходных процессов при изменении момента

В ходе эксперимента, изменяя нагрузочный момент, мы получили различные значения времени, установившиеся значения тока, угловой скорости переходного процесса, которые представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Установившихся значения при M_{cm}

M_{cm} , НМ	t_n , с	ω_y , рад/сек	I_y , А
0	0.15	10	0
22	0.15	9.4	0.87
44	0.15	8.8	1.75
80	0.15	7.8	3.19

5 Исследование влияния момента инерции нагрузки J_M

На рисунке 6 представлены графики переходных процессов при различных значениях момента инерции нагрузки J_M .

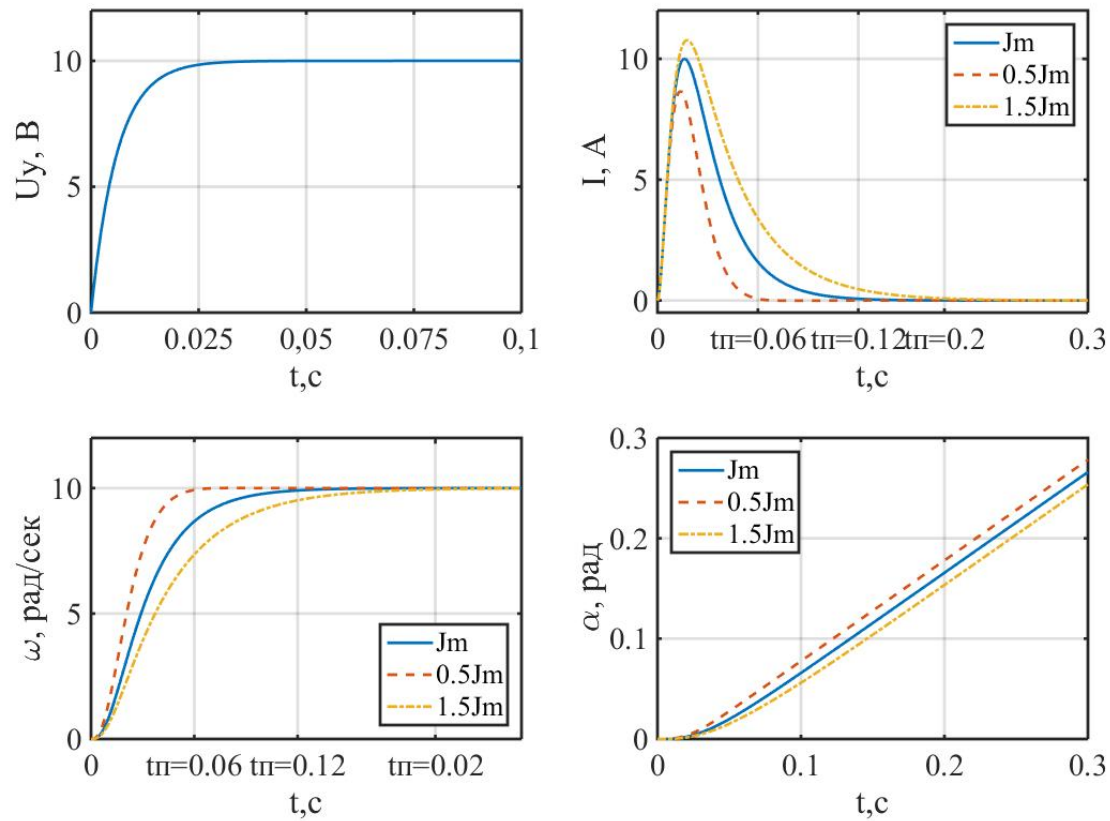


Рисунок 6 – Графики переходных процессов при различных J_M

В ходе эксперимента, изменяя момент инерции нагрузки, мы получили различные значения времени, установившиеся значения тока, угловой скорости переходного процесса, которые представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Установившихся значения при J_M

J_M , Нм	t_{π} , с	ω_y , рад/сек	I_y , А
$1.37 = 0.5J_M$	0.06	10	0
$2.75 = J_M$	0.12	10	0
$4.12 = 1.5J_M$	0.2	10	0

6 Исследование влияния передаточного отношения i_p

На рисунках 7 и 8 представлены графики переходных процессов при различных значениях передаточного отношения и нулевом моменте нагрузки $M_{CM} = 0$ и при $M_{CM} = 44$.

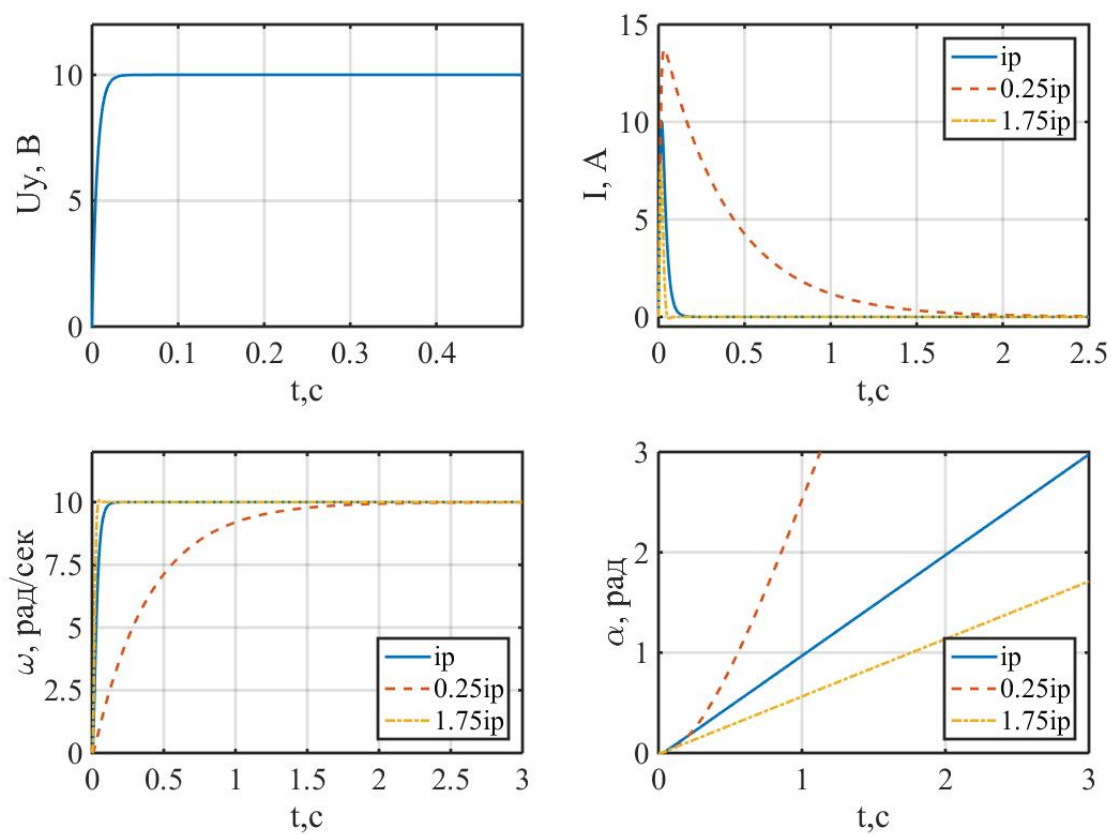


Рисунок 7 – Графики прехеходных процессов при различных i_p и $M_{CM} = 0$ Нм

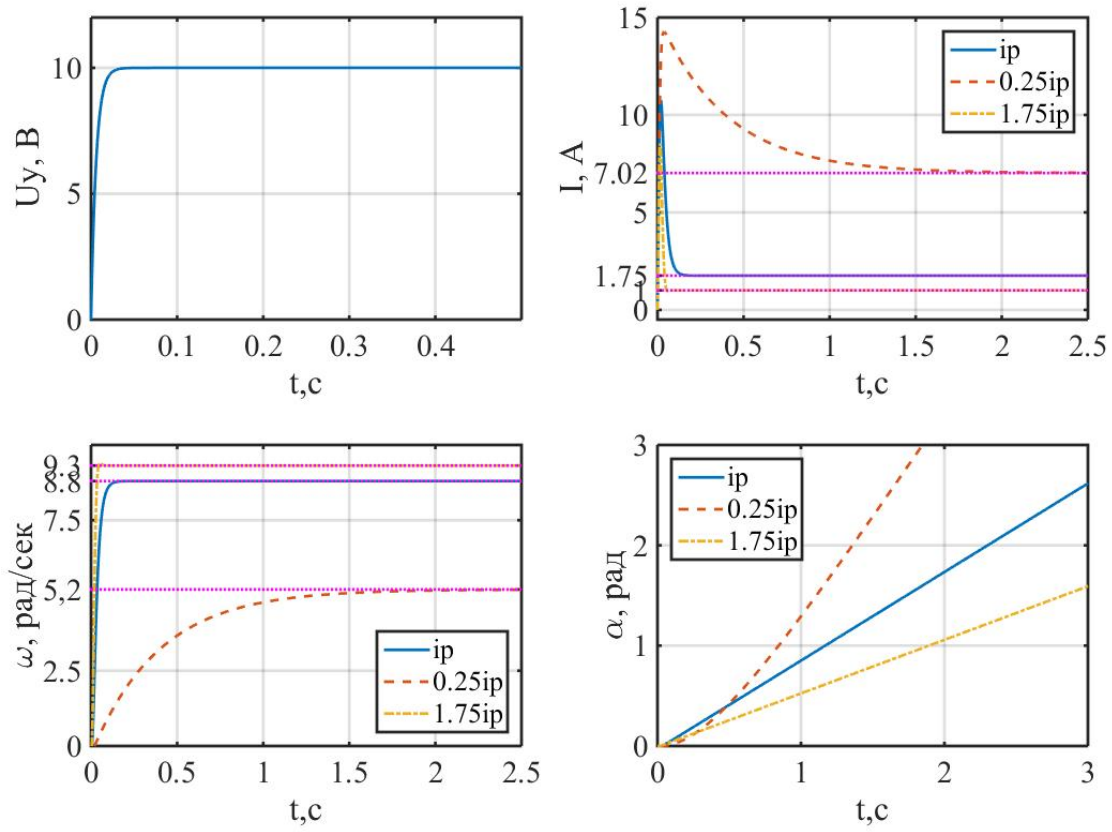


Рисунок 8 – Графики преходных процессов при различных i_p и $M_{CM} = 44$ Нм

7 Вывод модели ВСВ для упрощенной схемы моделирования ЭМО

Для составления упрощенной модели ЭМО приравниваем постоянные времени T_y и T_ω к 0, так как их значения существенно меньше T_m . Получим следующие выражения:

$$\begin{cases} \dot{\alpha} = \omega \\ \dot{\omega} = -\frac{k_m k_d k_e}{J_\Sigma} \omega + \frac{k_m k_d k_y}{J_\Sigma} U - \frac{1}{J_\Sigma} M_c \end{cases} \quad (14)$$

Исходя из данной системы можно построить модель ВСВ.

$$\begin{bmatrix} \dot{\alpha} \\ \dot{\omega} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & -\frac{k_m k_d k_e}{J_\Sigma} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha \\ \omega \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \frac{k_m k_d k_y}{J_\Sigma} & -\frac{1}{J_\Sigma} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U(t) \\ M_c(t) \end{bmatrix} \quad (15)$$

$$\alpha = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha \\ \omega \end{bmatrix} \quad (16)$$

8 Моделирование упрощенной моделей ЭМО

На рисунке 9 представлена структурная схема упрощенной модели ЭМО, а на рисунке 10 - функциональная.

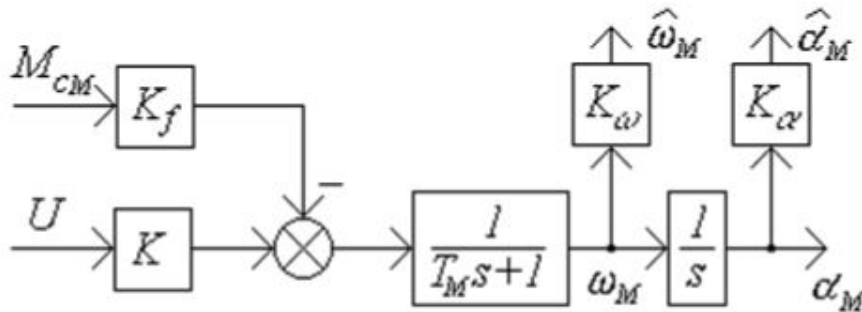


Рисунок 9 – Структурная схема упрощенной модели ЭМО

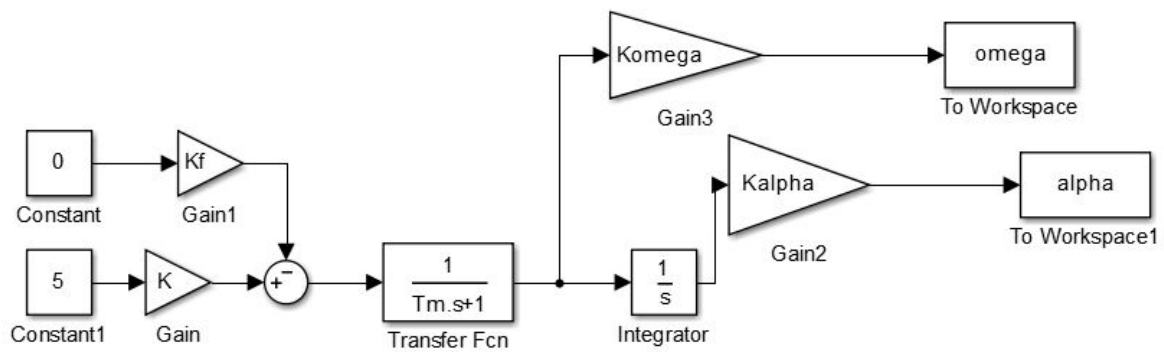


Рисунок 10 – Структурная схема упрощенной модели ЭМО

Сравним переходные характеристики полной и упрощенной модели на рисунке 11

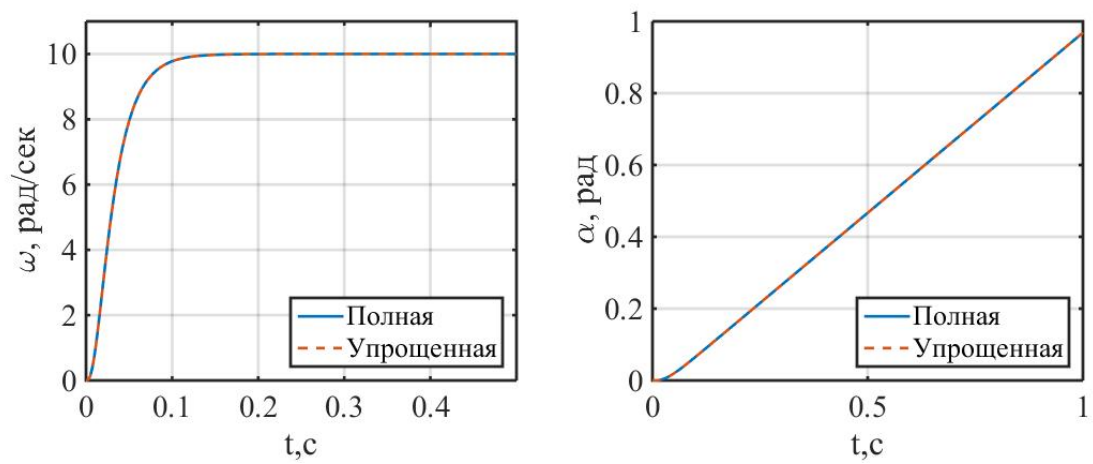


Рисунок 11 – Структурная схема упрощенной модели ЭМО

Вывод

В ходе работы было исследовано различное влияние моментов нагрузки, инерции, передаточных моментов редуктора и постоянных времени на модель электромеханического объекта.

Было выявлено, что, при увеличении момента инерции, увеличивается время переходных процессов, при увеличении момента нагрузки, увеличивается установившееся значение тока якоря и уменьшается угловая скорость, изменение передаточного момента редуктора влияет только при наличии нагрузочного момента.

Так же была исследована упрощенная модель ЭМО, которая подтверждает, что при достаточно малых постоянных времени у электрических процессов по сравнению с механическими можно использовать упрощенную модель ЭМО.