

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 - 2

Выполнил Алякин С.П. (подпись)
(фамилия, и.о.)

Проверил _____ (подпись)
(фамилия, и.о.)

"__" _____ 20_17 г. Санкт-Петербург, 20_17 г.

Работа выполнена с оценкой _____

Дата защиты "__" _____ 20_17 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

$U_H,$ В	$n_0,$ об/мин	$I_H,$ А	$M_H,$ Н·м	R, Ом	$T_{\text{я}},$ мс	$J_{\text{д}},$ кг·м ²	$T_{\text{у}},$ мс	i_P	$J_M,$ кг·м ²
48	1000	12	5,5	0,75	5	$1,6 \cdot 10^{-3}$	6	16	2,75

1 Расчёт параметров математической модели двигателя

Переведём заданное значение частоты в систему СИ

$$n_0 = 1000 \text{ об/мин} = 104,72 \text{ рад/с} = \omega_0 \quad (1)$$

Рассчитаем необходимые для создания модели параметры:

$$K_y = \frac{U_H}{U_m} = \frac{48}{10} = 4,8 \quad (2)$$

$$K_d = \frac{1}{R} = \frac{1}{0,75} = 1,33 \quad (3)$$

$$K_M = \frac{M_H}{I_H} = \frac{5,5}{12} = 0,4583 \quad (4)$$

$$K_E = \frac{U_H}{\omega_0} = \frac{48}{104,72} = 0,4583 \quad (5)$$

$$J_P = 0,2J_d = 0,2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-3} = 3,2 \cdot 10^{-4} \quad (6)$$

$$J_\Sigma = J_d + J_P + \frac{J_M}{i_P^2} = 1,6 \cdot 10^{-3} + 3,2 \cdot 10^{-4} + \frac{2,75}{16^2} = 0,01266_{\text{кг}} \cdot \text{м}^2 \quad (7)$$

2 Математическое моделирование электромеханического объекта

Составим математическую модель ЭМО на основе структурной схемы, представленной на рисунке 1.

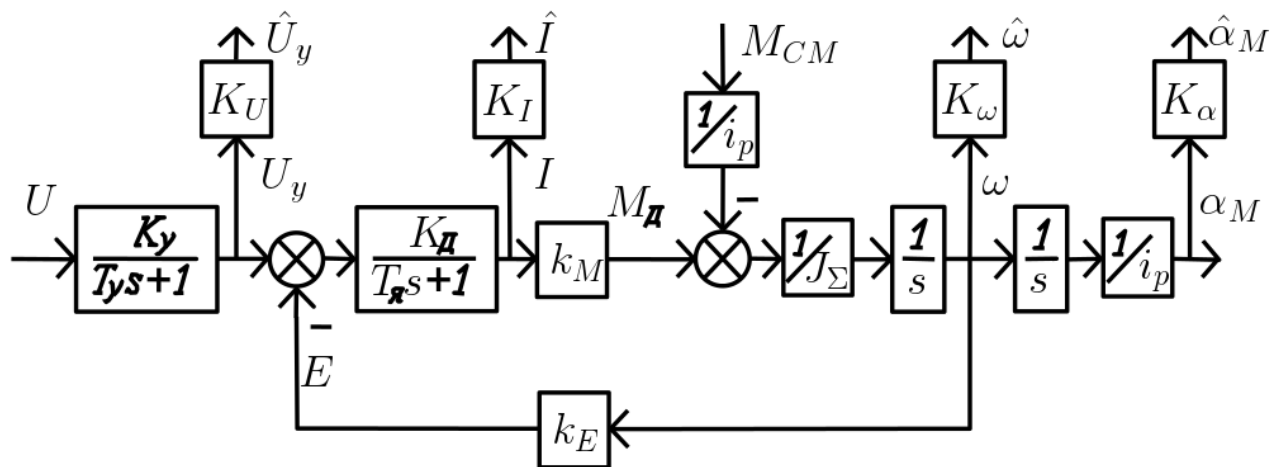


Рисунок 1 – Структурная схема ЭМО

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. Из этого условия имеем:

$$K_U = 0,4175 \quad (8)$$

$$K_I = 0,419 \quad (9)$$

$$K_\omega = 0.19125 \quad (10)$$

$$K_\alpha = 12 \quad (11)$$

Схема модели представлена на рисунке 2.

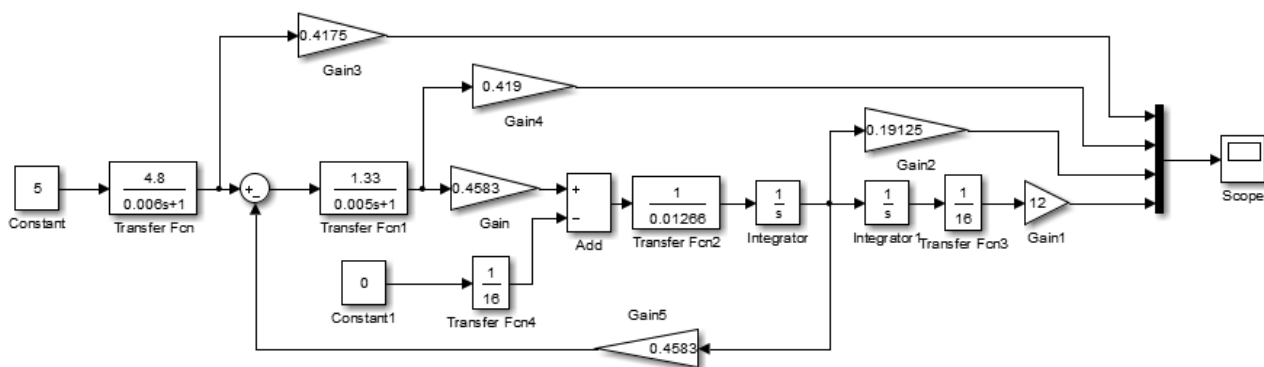


Рисунок 2 – Схема моделирования ЭМО

Построим график переходного процесса:

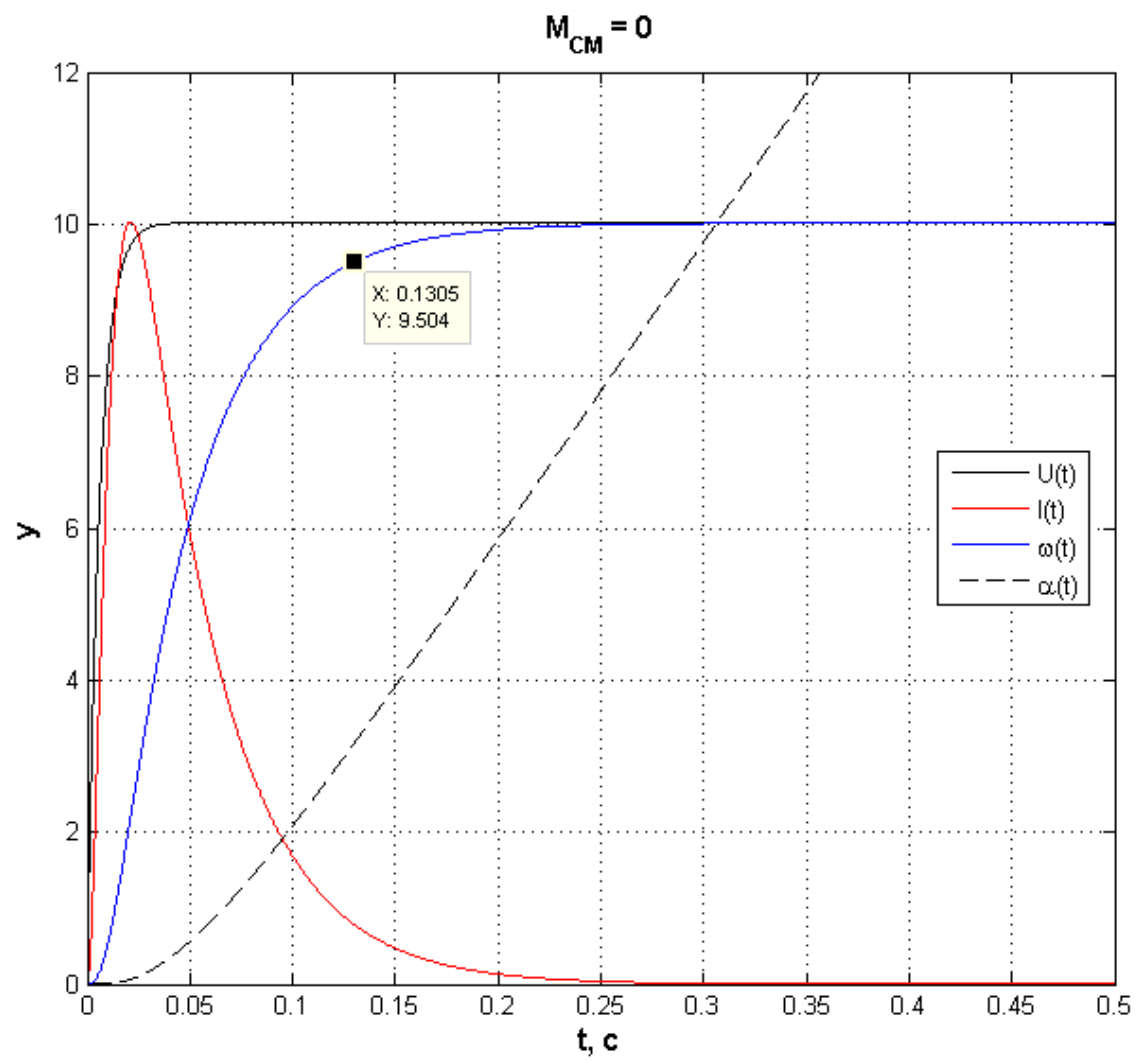


Рисунок 3 – График переходного процесса при нулевом моменте сопротивления

3 Исследование влияние момента сопротивления на вид переходных процессов

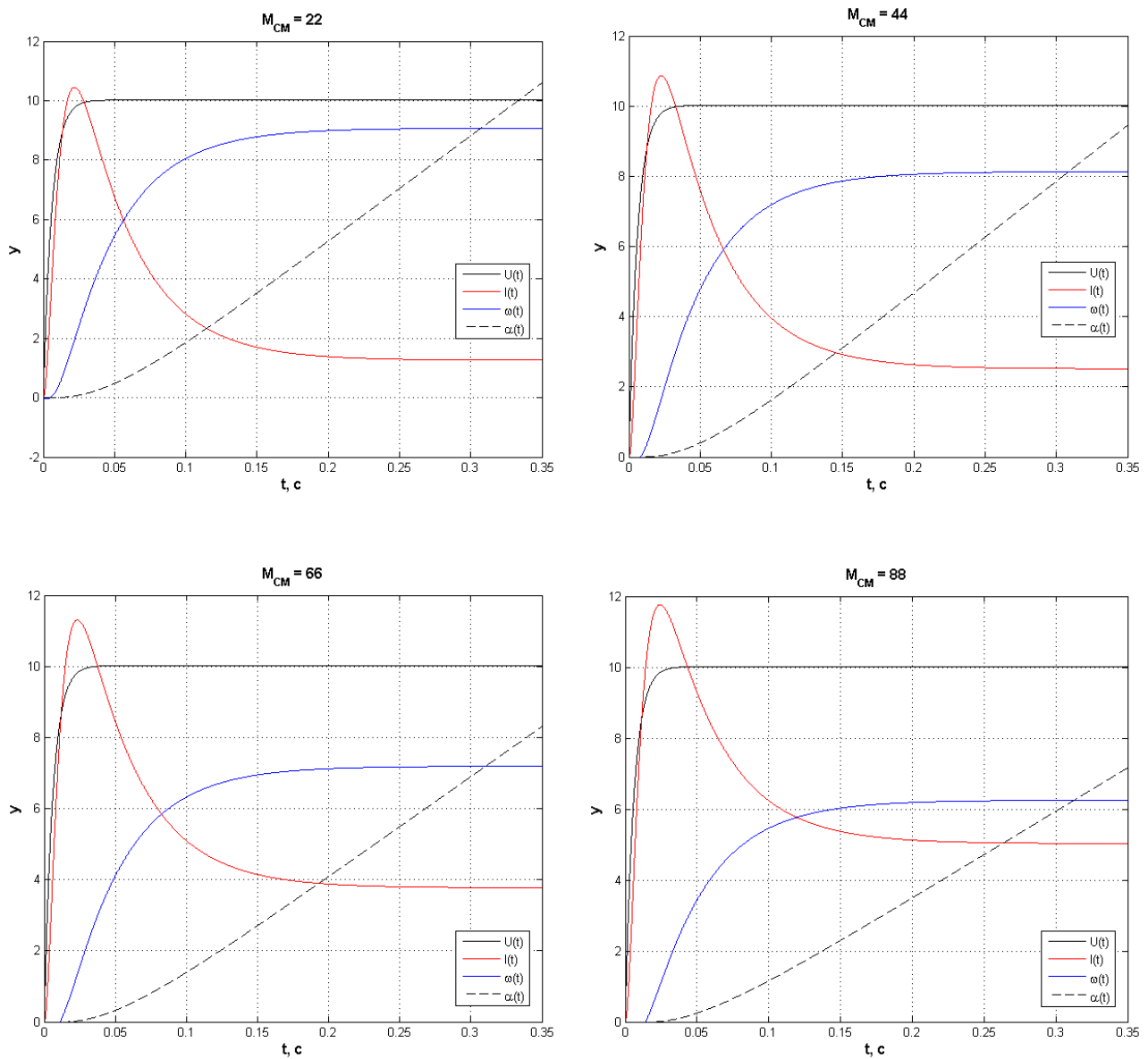


Рисунок 4 – Графики переходных процессов при различных значениях момента сопротивления

Как видно на рисунке 4 при увеличении момента сопротивления, время переходного процесса остаётся неизменным и равным 0,13 сек, установившееся значение скорости уменьшается, а тока — увеличивается.

4 Исследование влияния момента инерции нагрузки на вид переходных процессов

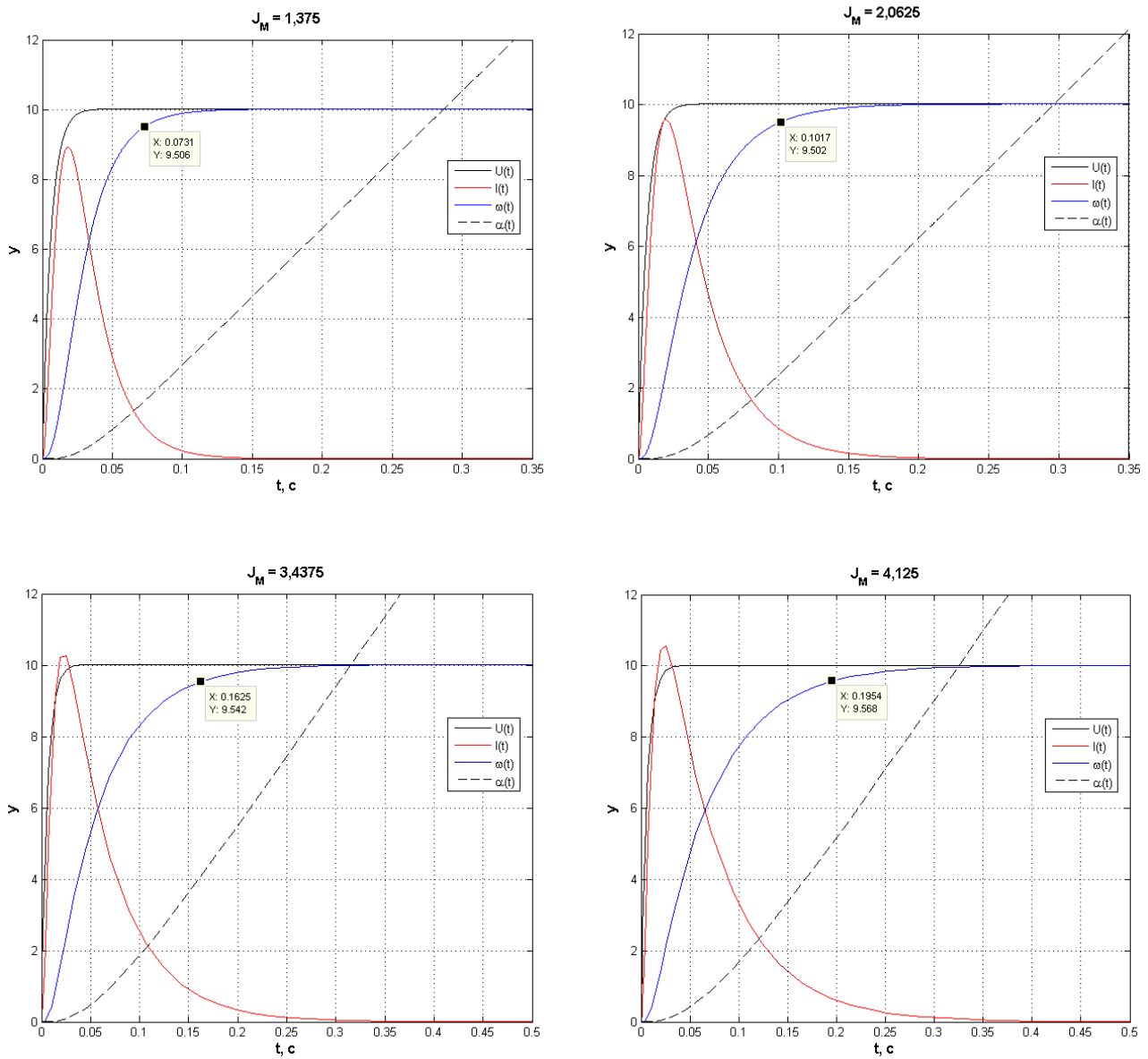


Рисунок 5 – Графики переходных процессов при различных значениях момента инерции нагрузки

Как мы можем наблюдать на графиках переходных процессов, представленных на рисунке 5, время переходного процесса изменяется пропорционально с моментом инерции нагрузки J_M , в то время как установившиеся значения тока якоря и угловой скорости остаются неизменными.

5 Исследование влияния передаточного момента редуктора на вид переходных процессов

Проведём исследования при величине момента сопротивления $M_{CM} = 0$. Их результаты приведены на рисунке 6.

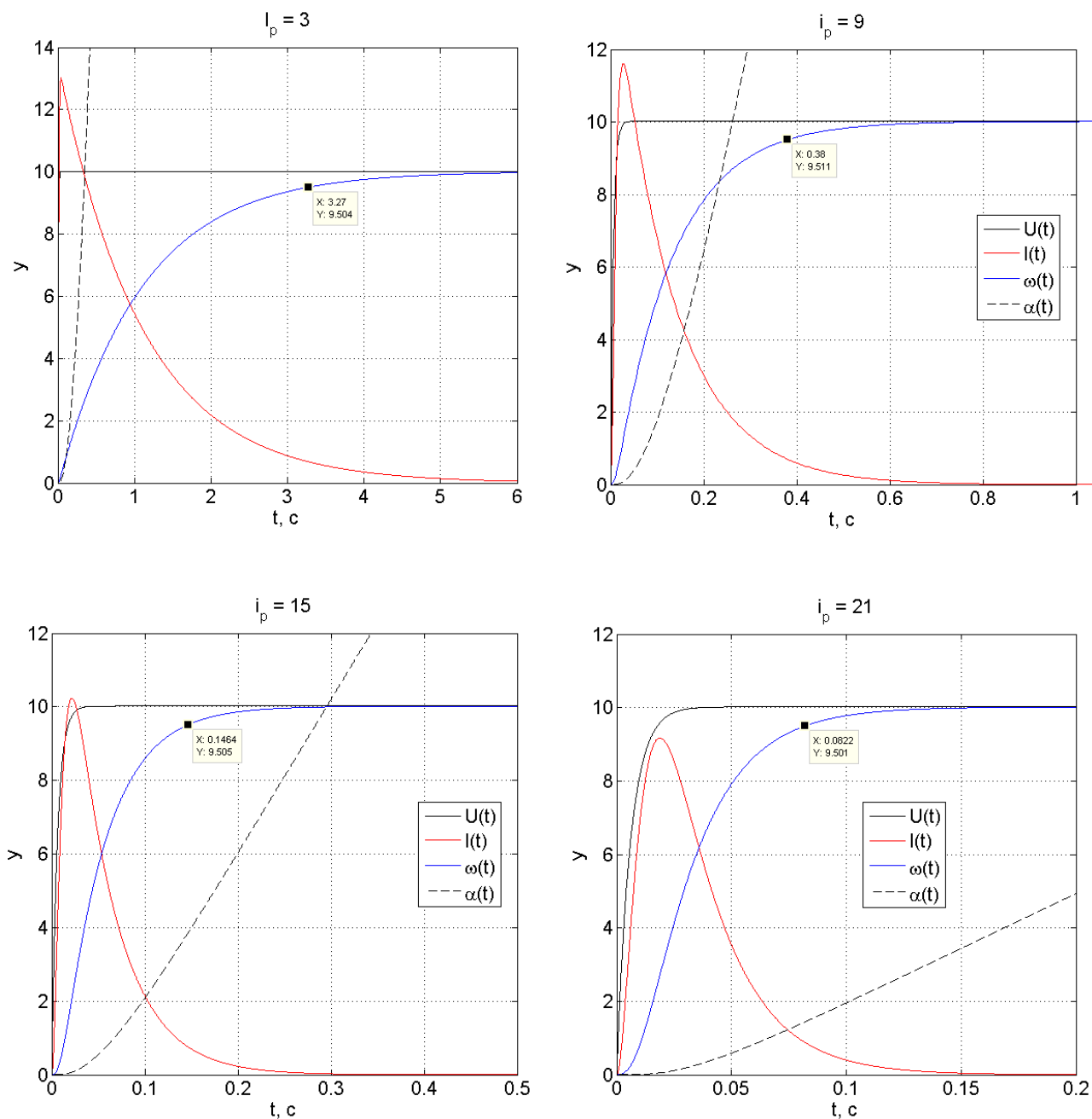


Рисунок 6 – Графики переходных процессов при нулевом моменте сопротивления и при различных значениях передаточного момента редуктора

Как можно заметить по результатам математического моделирования при увеличении передаточного момента редуктора уменьшаются время переходного процесса и максимальное значение тока. Установившиеся значения тока и угловой скорости при этом остаются неизменными.

Так же проведём исследования при величине момента сопротивления $M_{CM} = 44$, что

является равным половине максимального значения, рассчитанного для передаточного момента редуктора $i_p = 16$. Результаты моделирования приведены на рисунке 7.

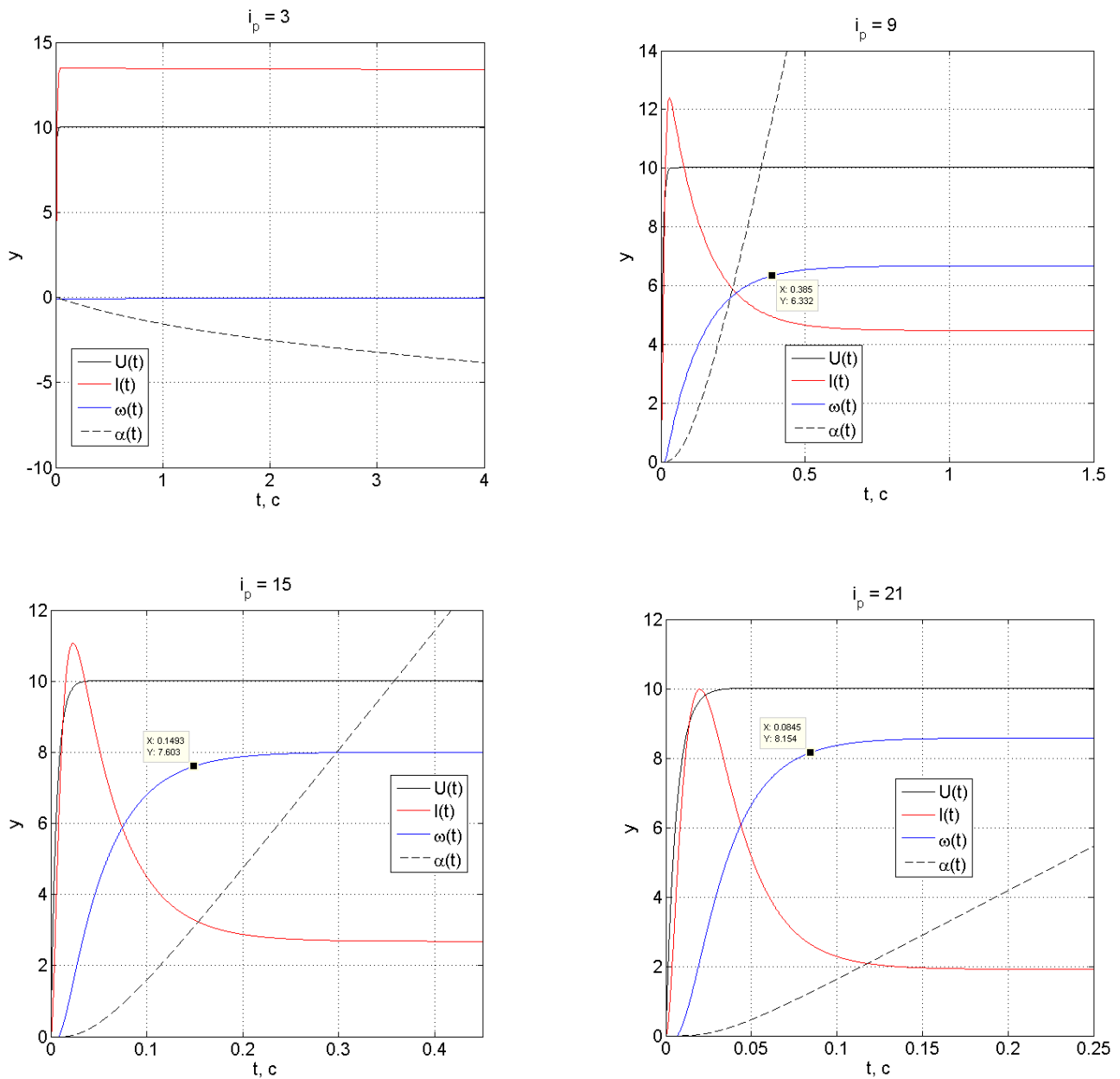


Рисунок 7 – Графики переходных процессов при ненулевом моменте сопротивления и при различных значениях передаточного момента редуктора

На представленных результатах моделирования видно, что при наличии момента нагрузки и малом показателе передаточного момента редуктора система может не справиться с нагрузкой и никогда не прийти в устойчивое состояние. В нашем случае при значении $i_p = 3$ момента вращения двигателя не хватает, чтобы преодолеть момент сопротивления нагрузки. Так же можно наблюдать, что при увеличении i_p не только уменьшаются значения времени переходного процесса и максимального тока, но и установившиеся значения угловой скорости и тока приближаются к значениям без нагрузки.

6 Исследование влияния значений постоянных времени на вид переходных процессов

Для проведения данного исследования уменьшим заданные значения постоянных времени на порядок и получим

$$T_y = 0,5 \text{ мс} = 0,0005 \text{ с} \quad (12)$$

$$T_{\alpha} = 0,6 \text{ мс} = 0,0006 \text{ с} \quad (13)$$

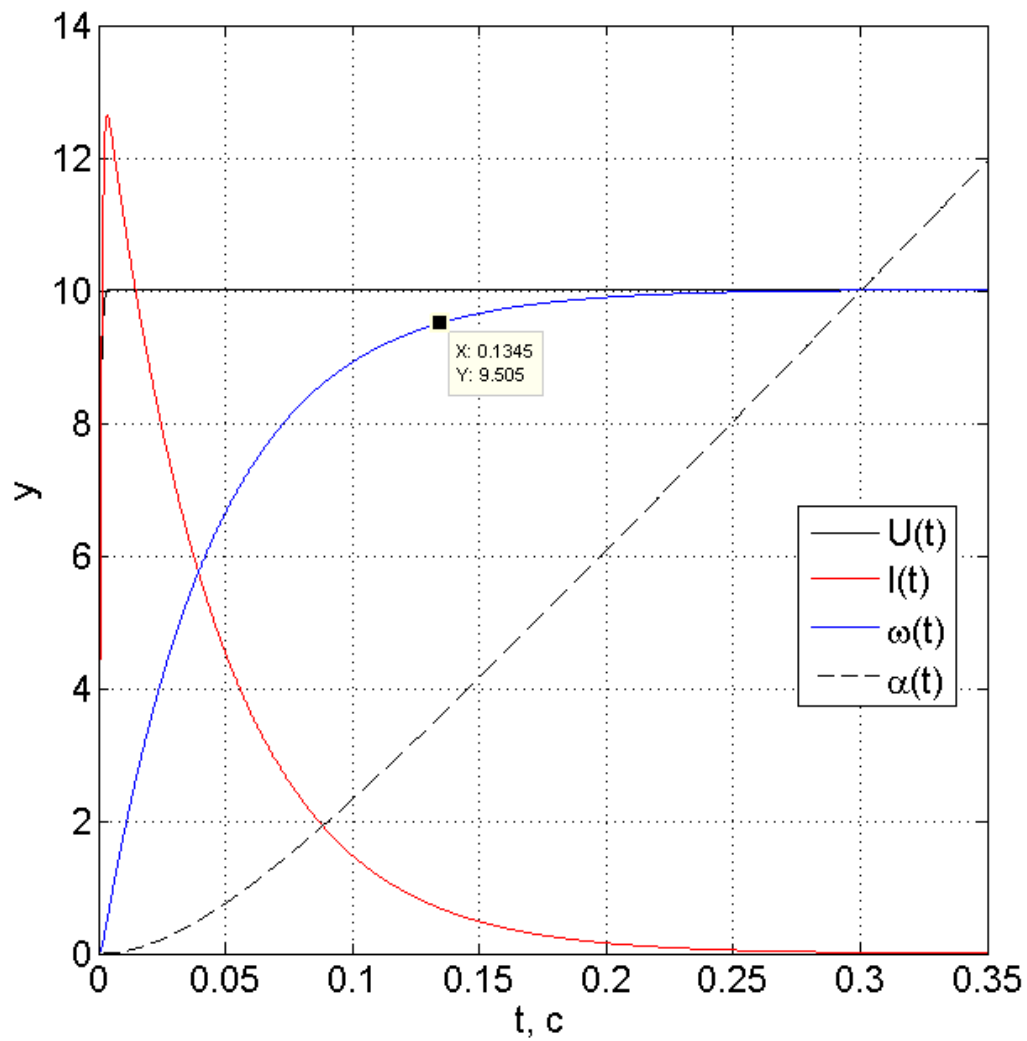


Рисунок 8 – График переходного процесса при уменьшенных значениях постоянных времени

При уменьшении значений постоянных времени на порядок возросло максимальное значение тока. Время переходного процесса и установившиеся значения тока и скорости остались неизменны.

7 Математическое моделирование приближённой модели электро-механического объекта

Составим упрощённую модель ЭМО на основе структурной схемы, представленной на рисунке 9.

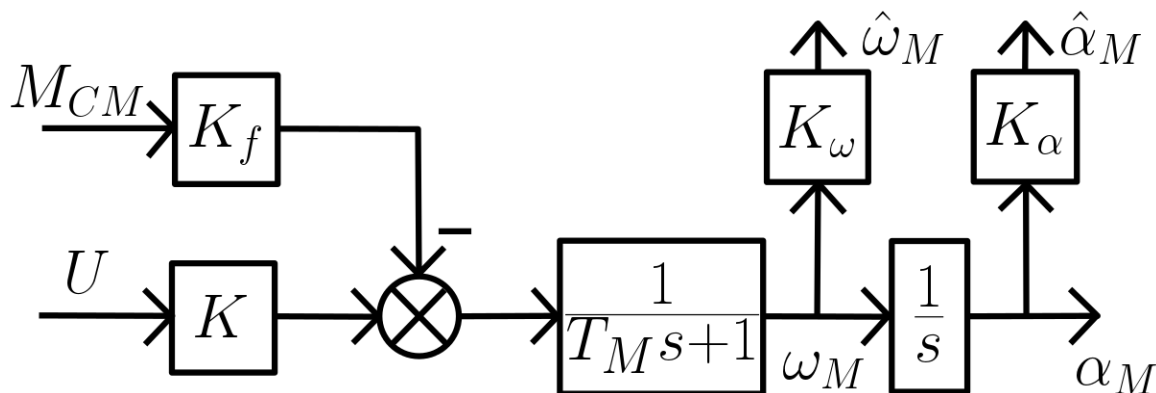


Рисунок 9 – Структурная схема упрощённой модели ЭМО

Рассчитаем параметры упрощённой ЭМО:

$$K = \frac{K_y}{K_E \cdot i_p} = \frac{4,8}{0,4583 \cdot 16} = 0,6546 \quad (14)$$

$$K_f = \frac{R}{K_M \cdot K_E \cdot i_p^2} = \frac{0,75}{0,4583 \cdot 0,4583 \cdot 16^2} = 0,01395 \quad (15)$$

$$T_M = \frac{R \cdot J_\Sigma}{K_M \cdot K_E} = \frac{0,75 \cdot 0,01266}{0,4583 \cdot 0,4583} = 0,0452 \quad (16)$$

На основе полученных параметров построим математическую модель упрощённой ЭМО. Схема модели приведена на рисунке 10.

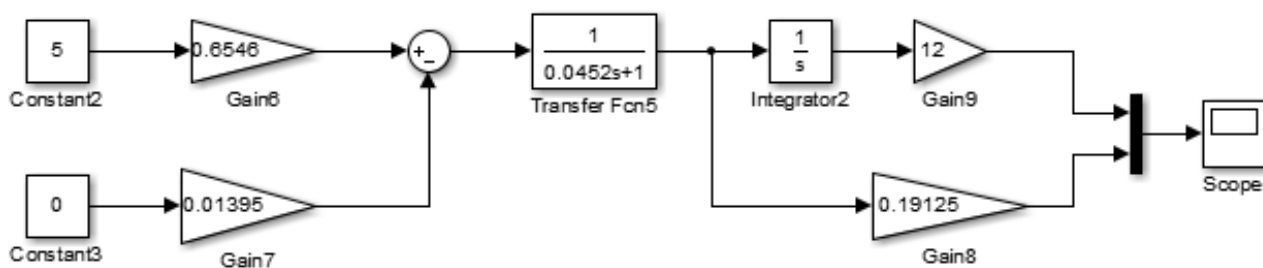


Рисунок 10 – Схема моделирования упрощённой ЭМО

Полученный в результате математического моделирования график переходного процесса приведён на рисунке 11.

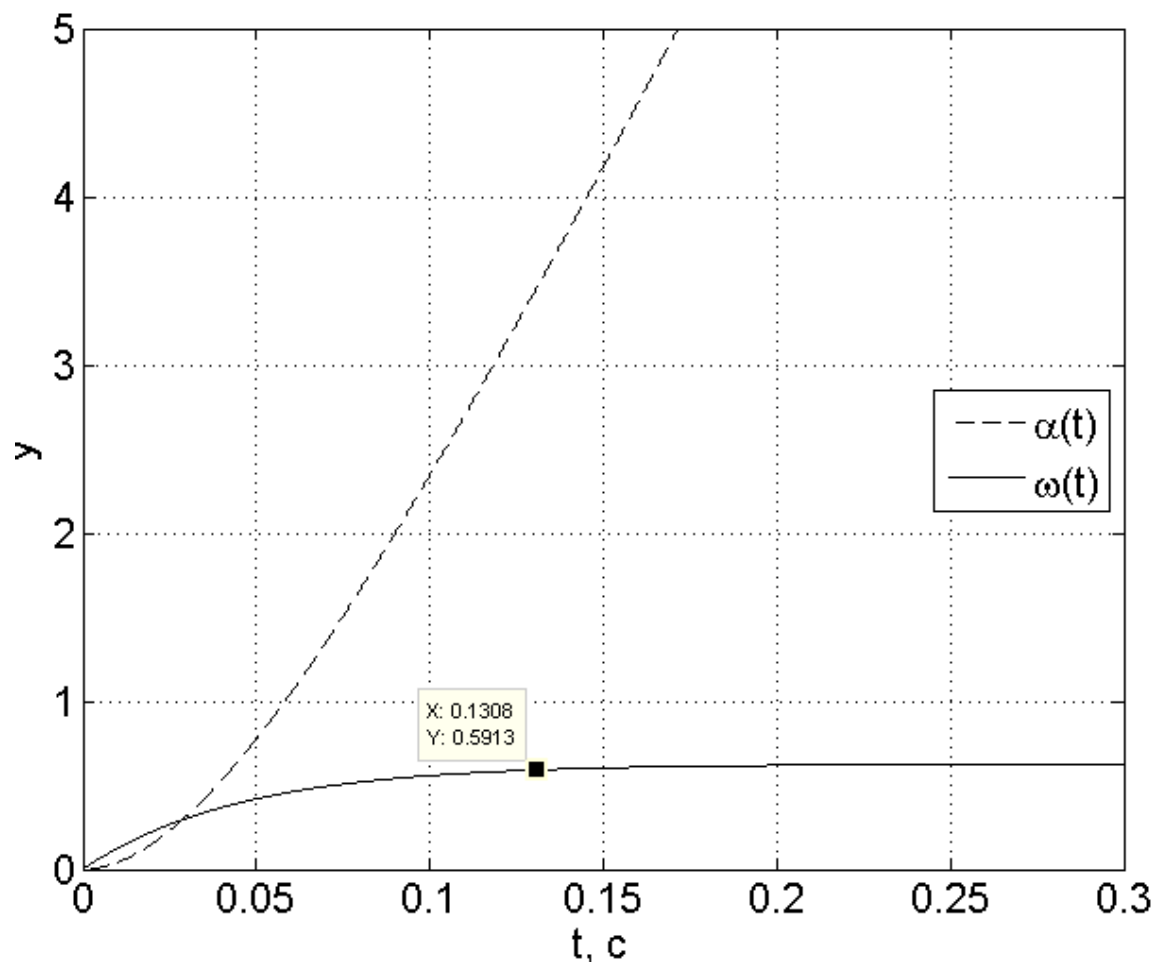


Рисунок 11 – График переходного процесса упрощённой модели ЭМО

Исходя из результатов исследования упрощённой модели можно заметить, что значение времени переходного процесса остаётся неизменным, так же как и характер переходного процесса по скорости и углу поворота, но изменяется установившееся значение скорости. Так же на упрощённой модели нет возможности исследования переходных процессов для тока и напряжения.

Вывод

В ходе работы было показано, как различные параметры, такие как момент сопротивления нагрузки, передаточный момент редуктора и постоянные времени влияют на показатели переходных процессов системы и её работоспособность в целом.

Так же была исследована упрощённая модель электромеханического объекта и в ходе математического моделирования было показано, что её можно использовать для определения времени и характера переходного процесса по скорости.