

Национальный исследовательский университет ИТМО
Факультет систем управления и робототехники

Задача №2
«Моделирование и анализ переходных
процессов в обобщенном двигателе»
по дисциплине «Системы управления в электроприводе»
Вариант №14

Подготовили: Марухленко Д.С
Группа: R34352
Преподаватель: Демидова Г.Л.

Санкт-Петербург 2022г.

1 Цель работы

1. Для заданного варианта рассчитать характер и время электромеханических переходных процессов.
2. Записать и реализовать среде MATLAB векторно-матричную модель двигателя с одномассовым механизмом.
3. Получить графики зависимостей $M(t)$ и $\omega_1(t)$ для случаев
 - (а) реакция на скачок управляющего воздействия от 0 до $0.1\omega_{0ном}$ при нулевом моменте нагрузки $M_c = 0$;
 - (б) реакция на скачок момента нагрузки 0 до $0.1M_{0ном}$ при нулевом управляющем воздействии.
4. Определить по графикам начальные и принужденные значения скорости и момента и время переходного процесса и сравнить с расчетными.
5. Записать и реализовать среде MATLAB векторно-матричную модель ЭМП с двухмассовым механизмом.
6. Получить графики зависимостей $M(t)$, $M_{12}(t)$, $\omega_1(t)$, $\omega_2(t)$ для случаев 3а и 3б.
7. Сформировать выводы по результатам сравнения характеристик двигателя с одномассовым и двухмассовым механизмами.

2 Данные варианта

- $N_{пп}$: 14
- $\omega_{0ном}$: 706 (1/с)
- $M_{ном}$: 13.7 (Нм)
- $M_{п}$: 24.7 (Нм)
- J_1 : 0.008 (кгм²)
- J_2 : 0.0025 (кгм²)
- C_{12} : 300
- T_s : 50 (мс)
- $T_{пр}$: 10 (мс)
- $K_{пр}$: 15
- M_{c1} : 10 (Нм)
- M_{c2} : 3.7 (Нм)

3 Материалы работы

3.1 Расчет переходных процессов

Так как нам известна электромагнитная постоянная, рассчитаем электромеханическую постоянную и статическую жесткость.

$$\beta = \frac{M_{\Pi}}{\omega_{\text{ном}}} = 0.035$$
$$T_M = \frac{J_1 + J_2}{\beta} = 0.3001$$

Из отношения $4T_{\text{э}} < T_M$ имеем два вещественных корня передаточной функции. Составим характеристическое уравнение и найдем его корни:

$$T_{\text{э}}T_M\lambda^2 + T_M\lambda + 1 = 0$$
$$\lambda_1 = -4.2242$$
$$\lambda_2 = -15.7758$$

Определим время переходного процесса:

$$t_{\Pi} = \frac{3}{|\lambda_1|} = 0.7102$$

3.2 Одномассовый механизм

Запишем математическую модель ДПТ с одномассовым механизмом в виде системы дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} \dot{M} = \frac{\beta}{T_3}\omega_0 - \frac{1}{T_3}M - \frac{\beta}{T_3}\omega_1 \\ \dot{\omega}_1 = \frac{M}{\beta T_M} - \frac{M_c}{\beta T_M} \end{cases}$$

Преобразуем уравнения в систему вида вход-состояние-выход в матричной форме

$$\begin{bmatrix} \dot{M} \\ \dot{\omega}_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{1}{T_3} & -\frac{\beta}{T_3} \\ -\frac{1}{\beta T_M} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} M \\ \omega_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{\beta}{T_3} & 0 \\ 0 & \frac{1}{\beta T_M} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_0 \\ M_c \end{bmatrix}$$

Проведем моделирование системы при $\omega_0 = 0$, $M_c = 0.1M_{\text{НОМ}}$

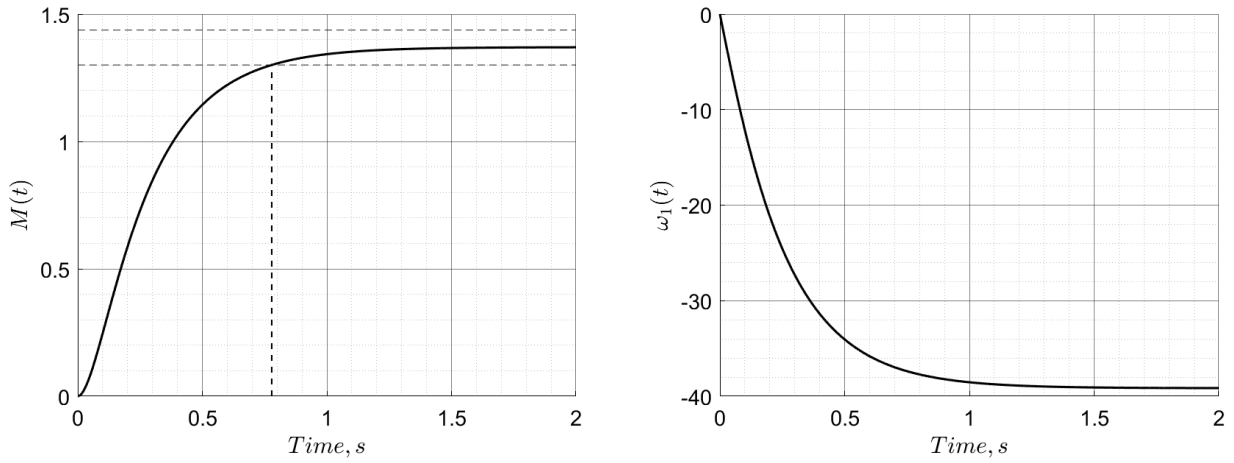


Рис. 1: Результат моделирования системы при $\omega_0 = 0$, $M_c = 0.1M_{\text{НОМ}}$

Проведем моделирование системы при $\omega_0 = 0.1\omega_{\text{НОМ}}$, $M_c = 0$

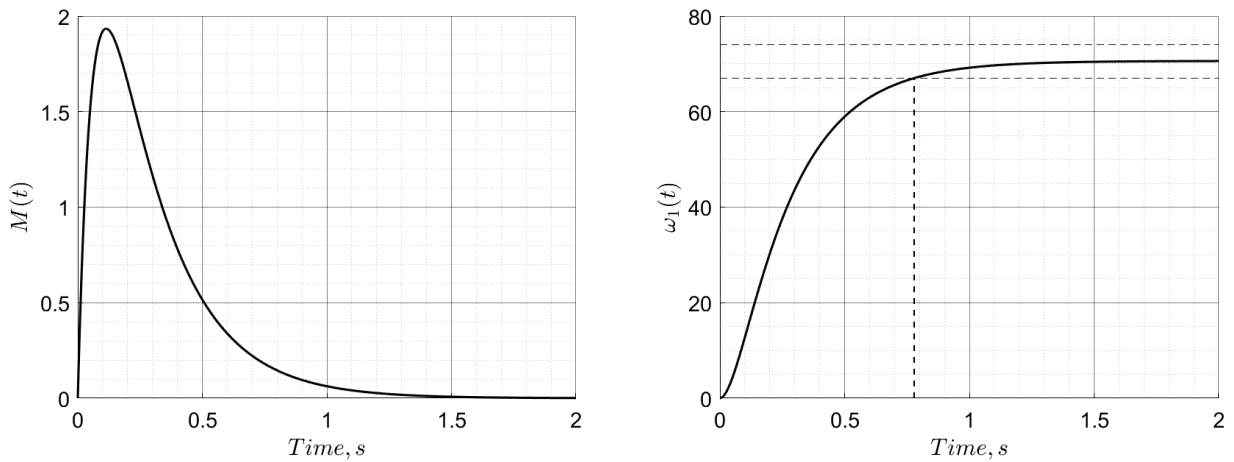


Рис. 2: Результат моделирования системы при $\omega_0 = 0.1\omega_{\text{НОМ}}$, $M_c = 0$

3.3 Двухмассовый механизм

Запишем математическую модель ДПТ с двухмассовым механизмом в виде системы дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} \dot{M} = \frac{\beta}{T_s}\omega_0 - \frac{\beta}{T_s}M - \frac{\beta}{T_s}\omega_1 \\ \dot{\omega}_1 = \frac{M}{J_1} - \frac{M_{12}}{J_1} - \frac{M_{c1}}{J_1} \\ \dot{M}_{12} = C_{12}\omega_1 - C_{12} - \omega_2 \\ \dot{\omega}_2 = \frac{M_2}{J_2} - \frac{M_{c2}}{J_2} \end{cases}$$

Преобразуем уравнения в систему вида вход-состояние-выход в матричной форме

$$\begin{bmatrix} \dot{M} \\ \dot{\omega}_1 \\ \dot{M}_{12} \\ \dot{\omega}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{\beta}{T_s} & -\frac{\beta}{T_s} & 0 & 0 \\ \frac{1}{J_1} & 0 & -\frac{1}{J_1} & 0 \\ 0 & C_{12} & 0 & -C_{12} \\ 0 & 0 & 0 & J_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} M \\ \omega_1 \\ M_{12} \\ \omega_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{\beta}{T_s} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{J_1} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{J_2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_0 \\ M_{c1} \\ M_{c2} \end{bmatrix}$$

Проведем моделирование системы при $\omega_0 = 0$, $M_c = 0.1M_{\text{ном}}$

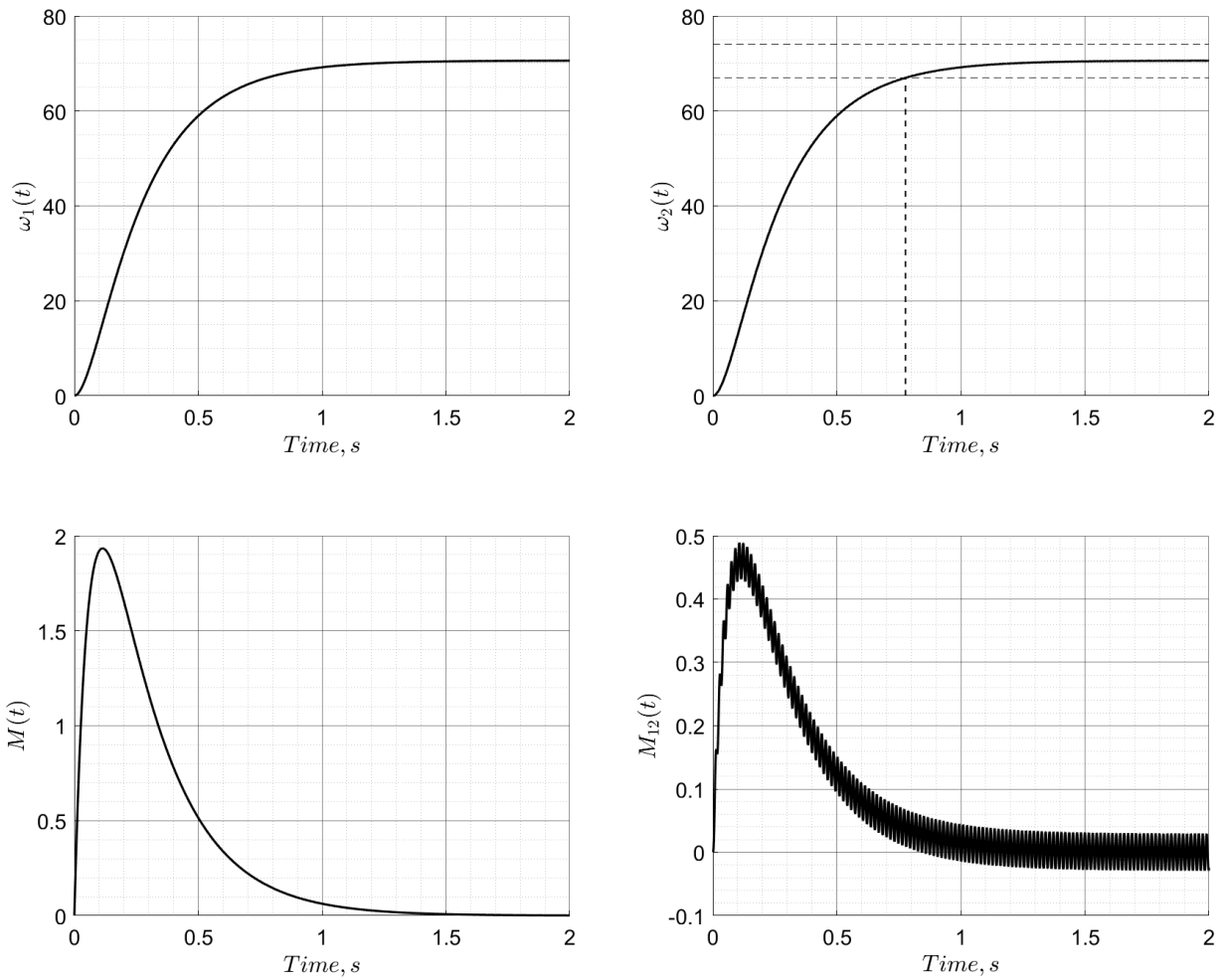


Рис. 3: Результат моделирования системы при $\omega_0 = 0$, $M_c = 0.1M_{\text{ном}}$

Проведем моделирование системы при $\omega_0 = 0.1\omega_{\text{ном}}$, $M_c = 0$

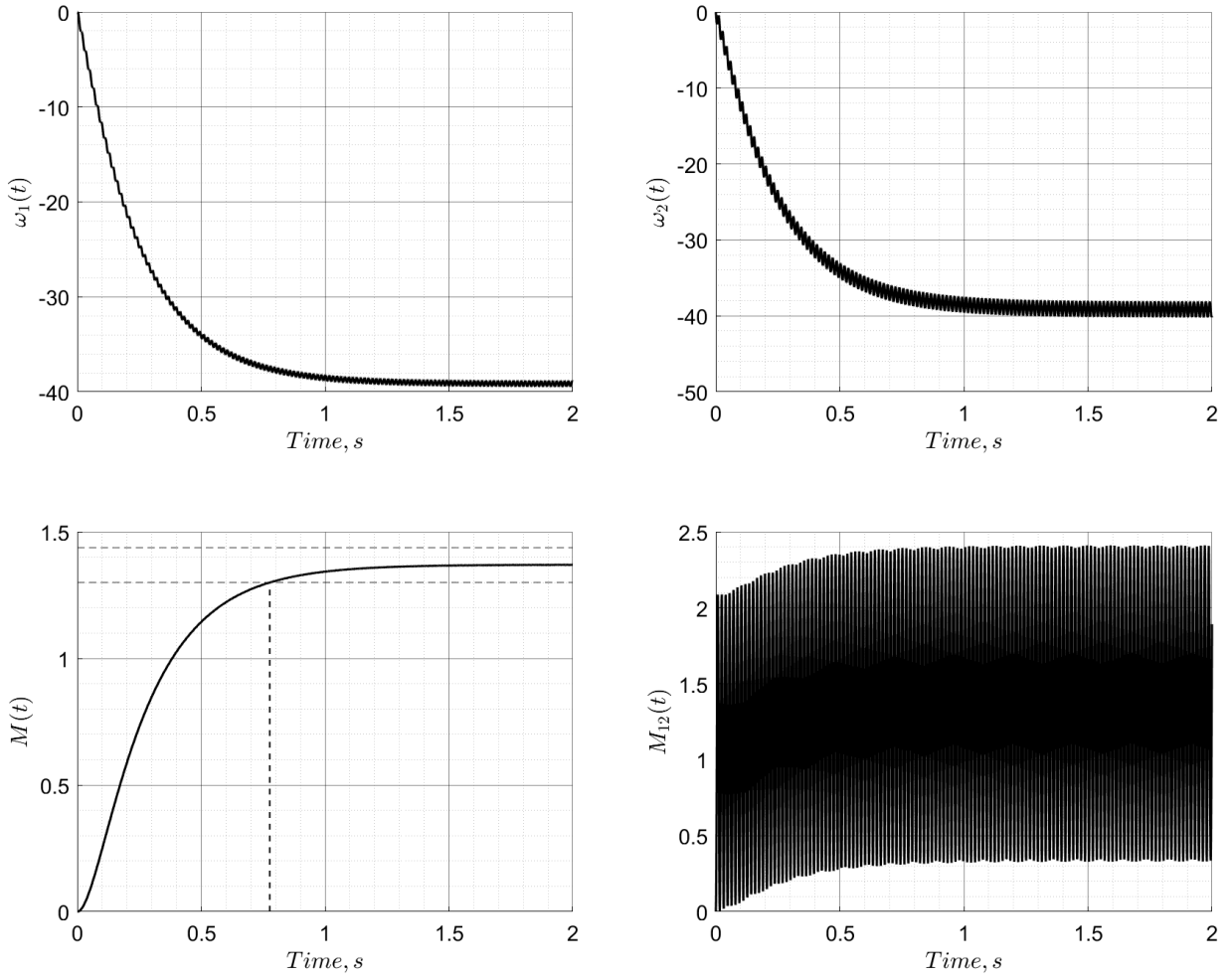


Рис. 4: Результат моделирования системы при $\omega_0 = 0$, $M_c = 0.1M_{\text{ном}}$

4 Вывод

Сравнивая графики, полученные при моделировании одномассовой и двухмассовой системы, можно увидеть разницу поведения систем при одинаковых условиях. Установившиеся значения в обоих случаях одинаковые, как и характер переходного процесса, однако при моделировании двухмассовой системы появляются колебания вследствие нежесткости механической упругой связи между массами.

Время переходного процесса соответствует расчетному.