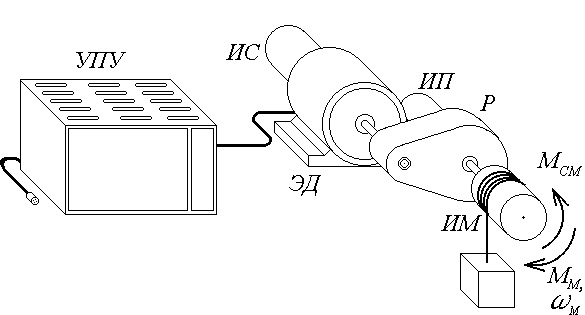
**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1**

**ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ**

**ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ**

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

**Теоретические сведения.** Функциональная схема типичного электромеханического объекта (ЭМО) представлена на рисунке 1. Она включает усилительно-преобразовательное устройство (УПУ), электродвигатель (ЭД), редуктор (Р) и исполнительный механизм (ИМ). Усилительно-преобразовательное устройство служит для формирования напряжения (тока) подаваемого на двигатель в соответствии с управляющим сигналом. Электродвигатель осуществляет преобразование электрической энергии в механическую. Редуктор снижает скорость вращения и повышает момент двигателя на валу ИМ. В качестве исполнительного механизма могут выступать механизмы станков, роботов, поточных линий, рулевые устройства летательных аппаратов, подвижные элементы автоматического оборудования и приборов. Для получения информации о состоянии объекта, которая используется в устройстве управления, он может снабжаться различными измерительными устройствами: углового или линейного перемещения (ИП), угловой или линейной скорости (ИС), тока якоря электродвигателя и напряжения усилителя мощности.

Рисунок 1 ­-­ Функциональная схема ЭМО

В данной работе рассматривается электромеханический объект управления, выходным сигналом которого является угловое перемещение ИМ, а управляющим сигналом — входное напряжение УПУ. Измерение угловой скорости осуществляется на валу двигателя. Момент сопротивления , приложенный к валу ИМ, выступает в качестве возмущающего воздействия.

**Модель ЭМО**. При построении математической модели объекта будем считать, что все функциональные элементы состоят из абсолютно твердых тел и механизмов с жесткими звеньями.

Для электродвигателя постоянного тока независимого возбуждения может быть записано уравнение равновесия ЭДС в цепи якоря

, (1)

где — напряжение, подаваемое на двигатель,  — ЭДС двигателя, — ток, протекающий по цепи якоря двигателя, — сопротивление цепи якоря двигателя, — индуктивность цепи якоря, — коэффициент ЭДС, — угловая скорость ротора двигателя. Обозначив , , уравнение (1) можно записать в виде

. (2)

Изменение скорости в динамических режимах происходит под действием динамического момента, равного разности вращающего момента двигателя и момента сопротивления

 , (3)

где — вращающий момент двигателя, — коэффициент момента,— момент инерции, приведенный к валу двигателя.

Редуктор обеспечивает усиление момента двигателя и соответствующее снижение скорости вращения нагрузки:

,  , (4)

где — передаточное отношение редуктора, — вращающий момент на выходном валу редуктора, — угловая скорость вращения выходного вала редуктора. При этом справедливо и обратное преобразование от выходного вала к входному

.

При наличии редуктора момент инерции, приведенный к валу двигателя, определяется по формуле:

 , (5)

где— момент инерции двигателя, — приведенный момент инерции редуктора,— момент инерции исполнительного механизма (нагрузки).

Усилительно-преобразовательное устройство может быть представлено апериодическим звеном, описываемым уравнением

, (6)

где — входное напряжение УПУ,  и — постоянная времени и коэффициент усиления УПУ, соответственно. Требуемый коэффициент усиления определяется как отношение номинального напряжения двигателя к максимальному напряжению на входе усилительно-преобразовательного устройства , (обычно ).

На основании уравнений (2)-(6) может быть составлена структурная схема (рисунок 2), где — угловое перемещение ИМ.

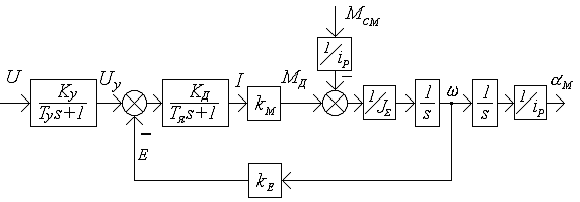


Рисунок 2 - Структурная схема ЭМО

**Приближенная модель ЭМО**. Часто электрические постоянные времени усилителя  и ЭД  значительно меньше, чем механическая постоянная времени . В этом случае для упрощения математической модели пренебрегают малыми постоянными времени. Таким образом, приближенная модель ЭМО имеет вид, приведенный на рисунке 3,

где , , .

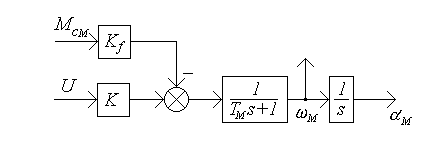


Рисунок 3 - Структурная схема приближенной модели ЭМО.

**Порядок выполнения работы.**

1. Изучить математические модели ЭМО и для полученного варианта задания (см. таблицу 1) рассчитать их параметры. При расчете параметров приведенный момент инерции редуктора считать . Коэффициент  рассчитывается исходя из формулы скорости вращения холостого хода (обратите внимание, что в данных вашего варианта приведена частота вращения холостого хода , которая измеряется в оборотах в минуту).
2. Составить схему моделирования ЭМО (см. рисунок 2) и получить графики переходных процессов напряжения, подаваемого на двигатель, тока якоря, скорости и углового положения вала нагрузки при и . Время моделирования должно быть выбрано таким, чтобы обеспечить наилучшее представление переходного процесса.
3. Исследовать влияние момента сопротивления  на вид переходных процессов. Максимальное значение момента сопротивления не должно превышать значения . По временным диаграммам определить время переходного процесса  и установившиеся значения скорости и тока.
4. Исследовать влияние момента инерции нагрузки  на вид переходных процессов (Определить время переходного процесса  и установившиеся значение скорости и тока якоря). Диапазон изменения суммарного момента инерции  от первоначального значения.
5. Собрать схему моделирования приближенной модели ЭМО и получить график переходного процесса скорости вращения нагрузки при . Сравнить полученный график с графиком переходного процесса скорости вращения нагрузки, полученном в п.2, и проанализировать погрешности, вызванные упрощением модели.

**Содержание отчета**

1. Схемы моделирования.
2. Расчет параметров математических моделей ЭМО.
3. Графики результатов моделирования и данные, полученные по этим графикам.
4. Выводы.

**Вопросы к защите лабораторной работы**

1. Какое назначение имеет усилительно-преобразовательное устройство?
2. Какой передаточной функцией описывается редуктор?
3. Как рассчитать момент сопротивления на валу двигателя (см. рисунок 1), если известны масса подвешенного груза и диаметр барабана ИМ?
4. Что влияет на момент инерции нагрузки?
5. Какая размерность коэффициентов передачи  и  упрощенной модели двигателя?
6. Какие параметры математической модели ЭМО влияют на время переходного процесса?
7. В каком случае возможно использование упрощенной математической модели ЭМО?
8. Каким образом на переходные процессы влияет момент сопротивления?

Таблица 1 Варианты задания.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | В | об/мин | A | Н.м | Ом | мс | кг.м2 | мс |  | кг.м2 |
| 1 | 110 | 2400 | 11.5 | 5 | 0.95 | 7 | 2.10-3 | 8 | 20 | 3.7 |
| 2 | 36 | 1250 | 3.76 | 0.9 | 1.5 | 5 | 0.0012 | 2 | 25 | 1.3 |
| 3 | 27 | 970 | 3.76 | 1 | 1.5 | 6 | 0.001 | 8 | 16 | 0.84 |
| 4 | 36 | 1240 | 18 | 7.21 | 1.3 | 8 | 0.005 | 4 | 35 | 0.9 |
| 5 | 27 | 600 | 1.4 | 0.6 | 6.6 | 6 | 1.5.10-3 | 4 | 15 | 0.05 |
| 6 | 48 | 2000 | 12 | 2.5 | 0.75 | 1 | 1.6.10-3 | 8 | 42 | 2.4 |
| 7 | 12 | 2500 | 0.92 | 0.12 | 8.6 | 8 | 7.10-5 | 5 | 80 | 2.4 |
| 8 | 52 | 2500 | 12 | 5.2 | 0.5 | 9 | 0.0015 | 5 | 40 | 1.2 |
| 9 | 48 | 1000 | 12 | 5.5 | 0.75 | 5 | 1.6.10-3 | 6 | 16 | 2.75 |
| 10 | 36 | 4000 | 6.5 | 0.57 | 0.85 | 3 | 2.2.10-4 | 6 | 40 | 0.15 |
| 11 | 52 | 4000 | 12 | 4.2 | 0.5 | 9 | 0.0015 | 5 | 60 | 1.2 |
| 12 | 12 | 2440 | 0.38 | 0.04 | 15 | 5 | 5.5.10-6 | 1 | 36 | 0.6 |
| 13 | 27 | 2440 | 0.38 | 0.04 | 32 | 6 | 5.5.10-6 | 3 | 40 | 0.03 |
| 14 | 27 | 646 | 10 | 4 | 0.72 | 2 | 0.003 | 10 | 10 | 1.6 |
| 15 | 120 | 6000 | 21 | 4 | 0.53 | 8 | 1.9.10-3 | 8 | 40 | 5.75 |
| 16 | 27 | 2500 | 0.92 | 0.12 | 16.6 | 7 | 7.10-5 | 4 | 50 | 0.01 |
| 17 | 52 | 2500 | 18 | 3.7 | 0.3 | 10 | 0.004 | 10 | 20 | 2.48 |
| 18 | 36 | 6000 | 6.5 | 0.36 | 0.85 | 4 | 2.8.10-4 | 6 | 60 | 0.15 |
| 19 | 36 | 5200 | 0.22 | 0.01 | 36 | 3 | 1.5.10-5 | 1 | 120 | 1.8 |
| 20 | 27 | 1200 | 3.76 | 0.8 | 1.5 | 6 | 1.3.10-3 | 3 | 58 | 0.5 |
| 21 | 72 | 2500 | 8 | 2.2 | 0.85 | 5 | 1.3.10-3 | 4 | 42 | 1.6 |
| 22 | 65 | 2000 | 14.7 | 4.6 | 0.65 | 8 | 3.4.10-3 | 2 | 18 | 0.4 |
| 23 | 65 | 2000 | 14.7 | 4.6 | 0.65 | 10 | 3.4.10-3 | 8 | 20 | 2.25 |
| 24 | 27 | 4500 | 0.92 | 0.05 | 1.6 | 5 | 1.7.10-4 | 2 | 64 | 0.8 |
| 25 | 27 | 1975 | 1.23 | 0.16 | 4.2 | 5 | 7.10-5 | 8 | 25 | 0.15 |
| 26 | 36 | 1240 | 18 | 7.21 | 1.3 | 8 | 0.004 | 2 | 25 | 0.8 |
| 27 | 36 | 970 | 3.76 | 1 | 1.5 | 5 | 0.001 | 2 | 25 | 1.2 |
| 28 | 65 | 6000 | 12.5 | 2.3 | 0.65 | 6 | 3.6.10-3 | 2 | 60 | 0.4 |
| 29 | 36 | 6000 | 21 | 4 | 1.53 | 7 | 1.9.10-3 | 4 | 42 | 0.9 |
| 30 | 27 | 646 | 10 | 4 | 0.72 | 3 | 0.003 | 7 | 64 | 0.8 |
| 31 | 36 | 600 | 14 | 8 | 0.8 | 2 | 0.003 | 6 | 8 | 0.48 |
| 32 | 110 | 4000 | 9.5 | 2.4 | 0.95 | 4 | 1.6.10-3 | 2 | 38 | 1.1 |
| 33 | 27 | 1975 | 1.23 | 0.16 | 4.2 | 4 | 7.10-5 | 4 | 32 | 0.2 |
| 34 | 27 | 800 | 1.4 | 0.32 | 6.6 | 3 | 1.5.10-3 | 2 | 24 | 0.36 |
| 35 | 110 | 3600 | 9.5 | 2.9 | 0.95 | 6 | 1.6.10-3 | 3 | 38 | 1.2 |
| 36 | 27 | 4000 | 0.2 | 0.012 | 36 | 5 | 1.5.10-5 | 4 | 120 | 2.4 |
| 37 | 52 | 2400 | 11.5 | 5 | 0.85 | 3 | 2.10-3 | 4 | 42 | 0.8 |
| 38 | 110 | 6000 | 12 | 4 | 0.53 | 9 | 2.10-3 | 3 | 120 | 3.2 |