

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Федеральное
государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

"Национальная научно-образовательная корпорация ИТМО"

Факультет Систем Управления и Робототехники

Лабораторная работа №1 "Построение математической модели двигателя EV3"

по дисциплине

«Введение в профессиональную деятельность»

Выполнила команда:

Поляков Антон Александрович

Ибахаев Зубайр Руслан-Бекович

Иванов Виктор Олегович

Александр Скавронский Вадимович

Преподаватель:

Алексей Алексеич Перегудин

Цель работы

Познакомиться с оборудованием и программным обеспечением, которые понадобятся при изучении двигателя постоянного тока. Экспериментально проверить истинность найденных функций, описывающих работу ненагруженного двигателя постоянного тока, и определить значения входящих в них параметров k и T_m .

Основная теория и формулы

Двигатель постоянного тока

Основными частями любого двигателя постоянного тока являются статор (или индуктор) и ротор (или якорь). Статор представляет собой неподвижную часть двигателя, проще говоря, его корпус, который является постоянным магнитом. Ротор же — ту составляющую, которая приводится во вращение.

Ротор состоит из нескольких катушек, намотанных на магнитомягкий материал. При подаче напряжения на катушки у ротора появляется собственное магнитное поле, которое при взаимодействии с полем статора приводит ротор в движение. При повороте ротора щетки, изображенные на коричневом цвете, поворачиваются вместе с ним, а контакты, на которые подается входное напряжение, остаются на месте, из-за чего при повороте на определенный угол напряжение подается на следующие две щетки и ток в катушках меняет направление, что позволяет ротору продолжить вращение. Таков принцип работы ДПТ

В работе ДПТ фигурирует большое количество физических законов: второй закон Ньютона, закон Ампера, электромагнитная индукция, обобщенный закон Ома и другие. Безусловно, каждый из них влияет на работу двигателя и чтобы понять работу двигателя с большей точностью, нам надо учитывать как можно больше данных. В самой лабораторной работе основными являются несколько формул:

$$(1) \quad \theta(t) = kU_{\%} \left(t - T_m \left(1 - e^{-\frac{t}{T_m}} \right) \right).$$

- Выражение, для нахождения угловой координаты двигателя. Где $U_{\%}$ - процент от максимального напряжения, T_m – электромеханическая постоянная времени(1.1), k – некоторый коэффициент(1.2), t – время в секундах

$$(1.1) \quad T_m = \frac{JR}{k_m k_e}$$

- где $R, Ом$ – полное сопротивление обмоток ротора, $J, кг * м^2$ – момент инерции ротора, k_e - некоторый коэффициент пропорциональности, k_m - некоторый коэффициент пропорциональности.

(1.2) $k = \frac{U_{\%}}{100k_e}$ - константа, которая получилась объединением $\frac{U_{\%}}{100}$ (считаем постоянной) и k_e

(2) $\omega(t) = kU_{\%}(1 - e^{-\frac{t}{T_m}})$ - Выражение для угловой скорости

Выполнение

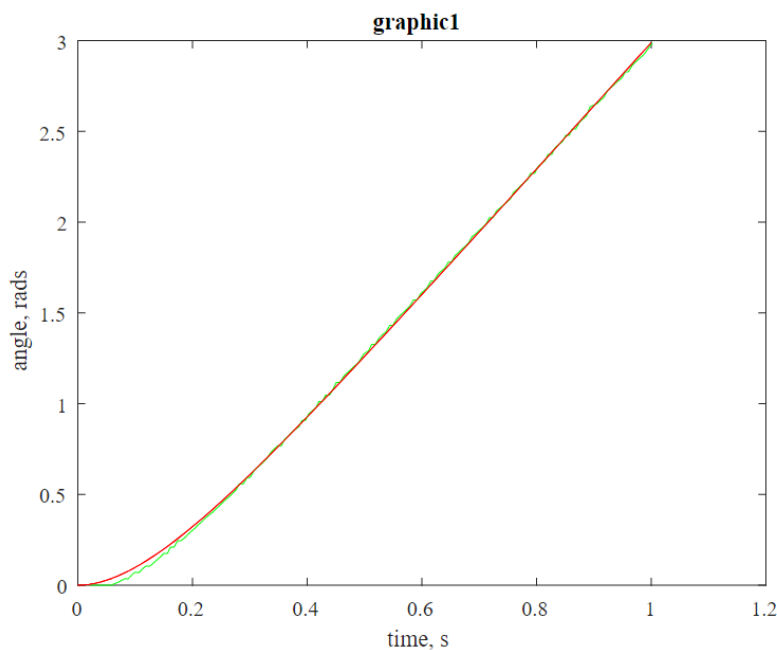
Формулы у нас есть, но как удостовериться в их истинности? Конечно, проверить все экспериментально! С этого и началось выполнение лабораторной работы.

Первое, что нам предстояло сделать – познакомиться с двигателем LEGO Mindstorms EV3. Мы подключили его к ноутбуку и связались через программу WinSCP. Это заняло у нас некоторое количество времени, но в итоге все получилось.

Для работы с двигателем требовалось написать программу, которая запускает двигатель, снимает показания текущего угла поворота ротора, его угловую скорость, а также записывает время каждого измерения. При этом показания двигателя снимались при разных значениях постоянного напряжения, которые указывались как количество процентов от максимального напряжения. Код программы находится в главе “Коды программ”.

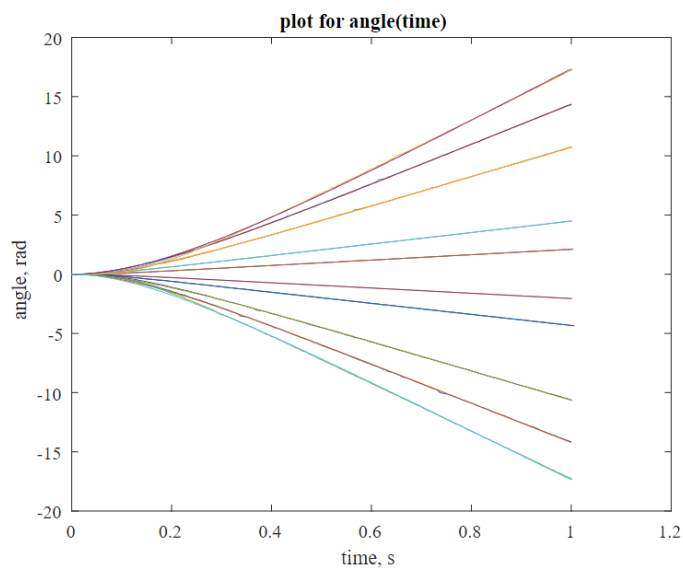
После снятия экспериментальных данных нам требовалось обработать их в среде MatLab. Нашей задачей было построить графики зависимости угла и угловой скорости от времени. Так как до этого мы не обладали навыками работы в MatLab, пришлось немного повозиться, благо в методичке хорошо описано что и как надо делать. После написания программ, выводящих графики зависимостей, и их запуска мы получили следующее:

(1) Угол поворота от времени при напряжении в 20% от максимального

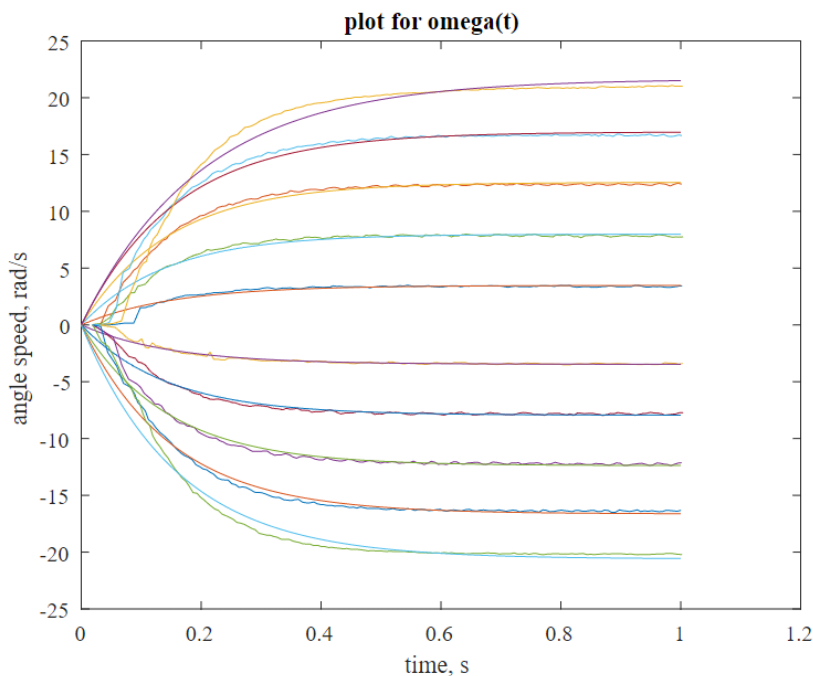


На графике зеленым цветом представлена зависимость угла поворота (в радианах) от времени, а также красным цветом ее аппроксимация - такая функция, которая наилучшим образом усреднит полученный результат. Однако данный график указан не в полном масштабе, ниже будет представлен правильный

график для каждого значения напряжения:



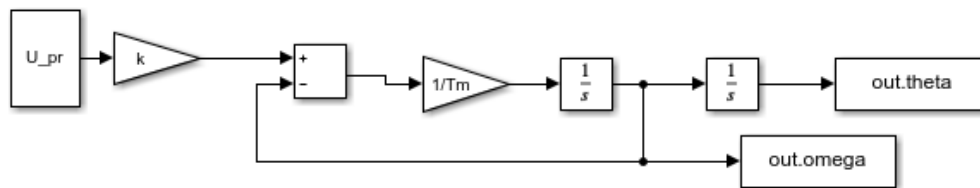
(2) Угловая скорость от времени



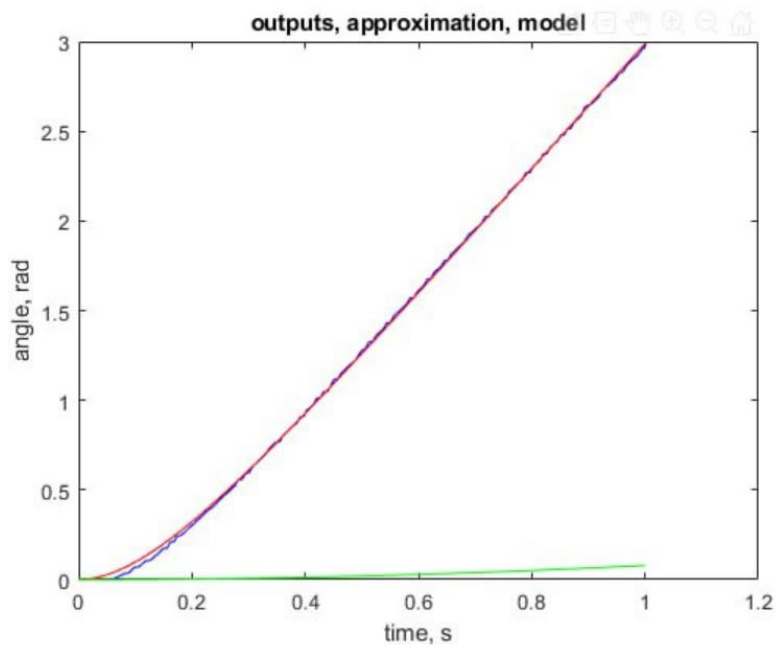
На этом графике показана зависимость угловой скорости от времени для каждого значения постоянного напряжения (от -100 до 100 с шагом 20). На графике также представлена аппроксимация для каждого из значений.

Резюмируя: мы собрали экспериментальные данные и построили по ним графики. Однако мы все еще не знаем, работают ли формулы, выведенные ранее. Для этого необходимо сгенерировать работу ДПТ в Simulink, где все вычисления делаются на основе дифференциальных уравнений. Соответствие наших графиков и графиков Simulink и будет означать достоверность формул.

Блок-схема работы ДПТ в Simulink выглядит следующим образом:

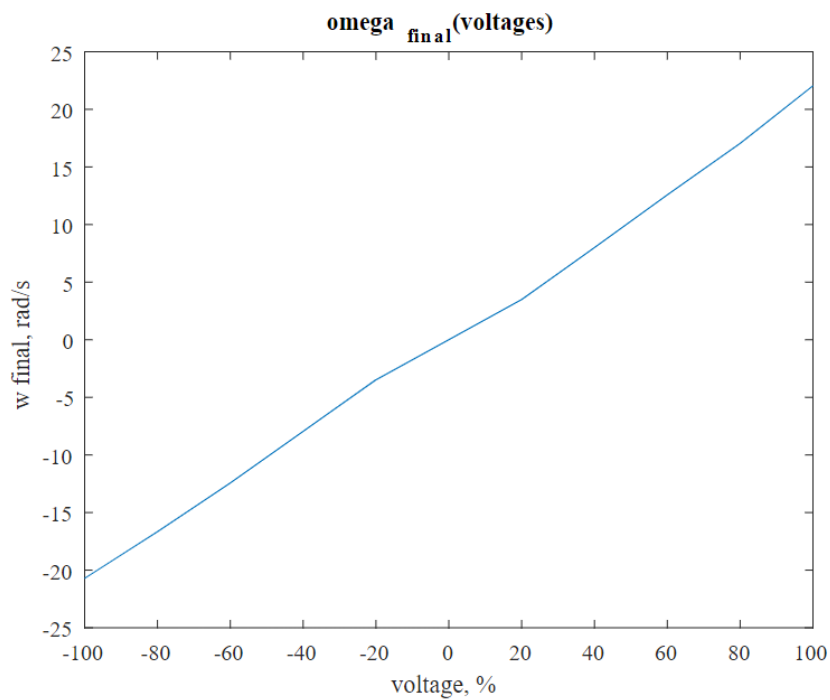


Посмотрим на график зависимости, построенный на основе данных из модели, эксперимента и аппроксимации:



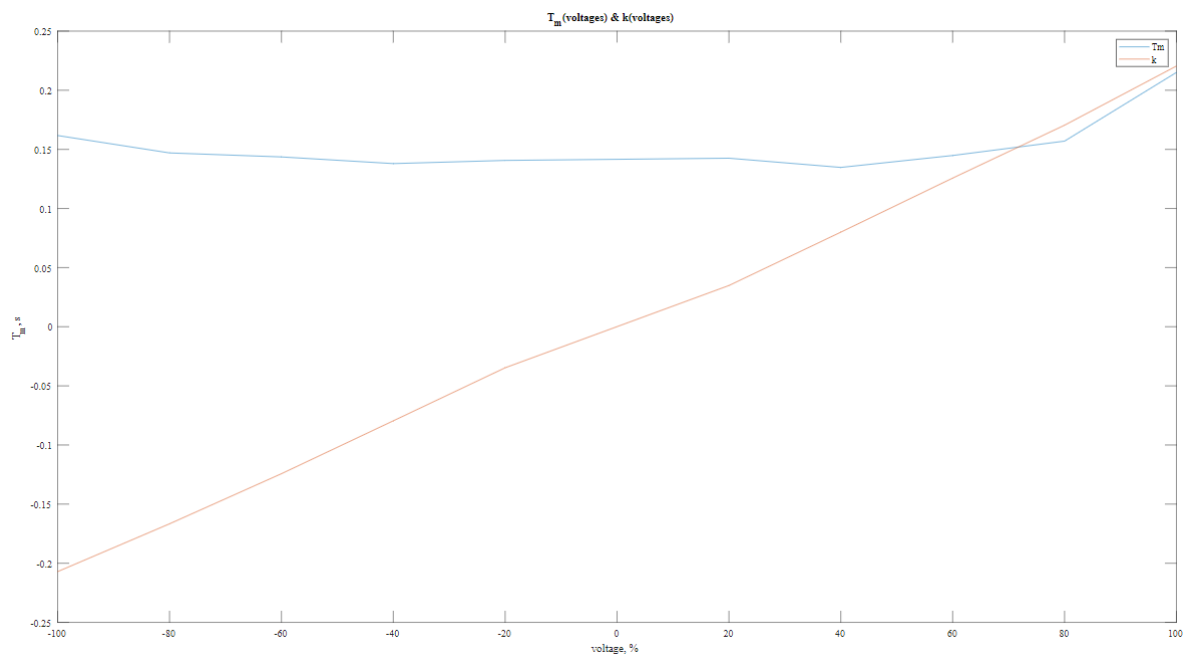
Здесь красный и синий график – аппроксимация и данные эксперимента соответственно. Зеленый – данные симуляции (что-то пошло не так, но мы в процессе исправления)

Установившаяся угловая скорость. Как видно, данные симуляции совпадают с данными, которые мы видим на графике (2)



- На графике изображена зависимость установившейся скорости от напряжения (в процентах)

Также были вычислены значения констант T_m и k в соответствии с подаваемым напряжением:



Заключение

Мы еще не установили, из-за технических неполадок, но все идет к тому, что теория совпадает с экспериментом. Графики, построенные на основе дифференциальных уравнение и других функций в Simulink, ложатся на графики экспериментальных данных с достаточной точностью, что позволяет сделать вывод: все выведенные формулы истинны.

В ходе снятия экспериментальных данных было замечено отклонение в результатах скорости – она уменьшалась с каждым новым опытом, однако скорее всего это было результатом разрядки батареек. Это в очередной раз подводит к мысли о влиянии большого количества параметров на работу ДПТ, значения которых позволяет учитывать дифференциальное исчисление. Мы только начали знакомиться с применением математических законов в практической деятельности, и это определенно вызывает у нас интерес.