

# МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОБАЙКА

Михайлович М.А.<sup>1</sup>, Леонов С.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Национальный исследовательский Томский политехнический университет, ИШИИЭС, 6ВМЗ1ПИШ,  
e-mail: rapirok2008ya@gmail.com

<sup>2</sup> Национальный исследовательский Томский политехнический университет, ИШИТР, доцент,  
e-mail: leonov@tpu.ru

## Введение

В настоящее время резкий рост в развитии, получила область робототехники. Это связано с тем, что роботы могут заменить человеческий труд в разных отраслях промышленности, а также непосредственно повышают качество человека.

Цель данной работы: моделирование системы управления, роботизированного электробайка. Данная система управления необходима для того, чтобы удерживать электробайк в состоянии равновесия. Это позволяет понять поведение модели управления при работе на полезную нагрузку (электробайк) [1]. Моделирование будем производить в программном комплексе MATLAB Simulink.

Результатом моделирования стала модель управления, которая позволяет учитывать параметры ведущего и ведомого звена.

## Описание алгоритма

Для того, чтобы составить модель управления нужно знать расчетные параметры и коэффициенты ведущего звена. В качестве такого звена будем использовать двигатель постоянного тока марки Faulhaber DC Coreless Motor со следующими техническими характеристиками представленные в таблице 1:

Таблица 1

Технические характеристики двигателя

Обозначение, ед.изм	Наименование	Значение
$U_{НОМ}$ , В	Номинальное напряжение	12
$n_1$ , об/мин	Частота оборотов в ХХ двигателя	8100
$n_2$ , об/мин	Частота оборотов в ХХ на валу редуктора	120
$n$	Передаточное число редуктора	64/1
$P_{НОМ}$ , Вт	Номинальная мощность	17
$I_{НОМ}$ , мА	Номинальный ток	1400
$M_{НОМ2}$ , Н*м	Номинальный момент на валу редуктора	1,72
$r$ , мм	Радиус вала двигателя	6
$m$ , гр	Масса вала двигателя	100
$\eta$ , %	Коэффициент полезного действия	64



Рис.1. Faulhaber DC Coreless Motor

Далее необходимо определить значения параметров некоторых параметров двигателя и различных коэффициентов [2].

Рассчитаем постоянную времени электромагнитного звена:

$$T_{ЭМ} = \frac{L_{Я}}{R_{Я}} = \frac{0,00033}{1,54} = 0,000214 \text{ с},$$

где  $T_{ЭМ}$  – электромагнитная постоянная времени, с;  $L_{Я}$  – индукция обмотки якоря, мГн;  $R_{Я}$  – активное сопротивление обмотки якоря, Ом.

Найдём коэффициент ЭДС:

$$C_e = \frac{U_H - I_H \cdot R_{Я}}{\omega_H} = \frac{12 - 1,4 - 1,54}{634,39} = 0,01428,$$

где  $C_e$  – коэффициент ЭДС;  $U_H$  – номинальное напряжение, В;  $I_H$  – номинальный ток, А;  $\omega_H$  – угловая скорость вращения, рад/с;

Далее рассчитаем постоянную времени механического звена:

$$T_M = \frac{J_{ДВ} \cdot R_{Я}}{C_e \cdot k_M} = \frac{(1,8 \cdot 10^{-6}) \cdot 1,54}{0,01428 \cdot 0,0121} = 0,01477 \text{ с},$$

где  $T_M$  – механическая постоянная времени, с;  $J_{ДВ}$  – момент инерции двигателя, кг\*м<sup>2</sup>;  $k_M$  – коэффициент момента.

Полученные данные могут использоваться для построения модели в Simulink. Начальное положение нашего электробайка сделаем равным 0. Далее в модели идут звенья, описывающие работу двигателя постоянного тока с обратной связью. Также же управлением скоростью вращения двигателем используем ПИД-регулятор со следующим законом регулирования [3]:

$$P + I \cdot \frac{1}{s} + D \cdot \left( \frac{N}{1 + N \cdot \frac{1}{s}} \right),$$

где P - пропорциональная составляющая, принимаем 52; I - интегральная составляющая, принимаем 85; D - дифференцирующая составляющая, принимаем 11; N – коэффициент фильтра, принимаем 100.

Также присутствует звено, учитывающее передаточное число редуктора 1/64 и звено имитирующее возрастание тока в двигателе.

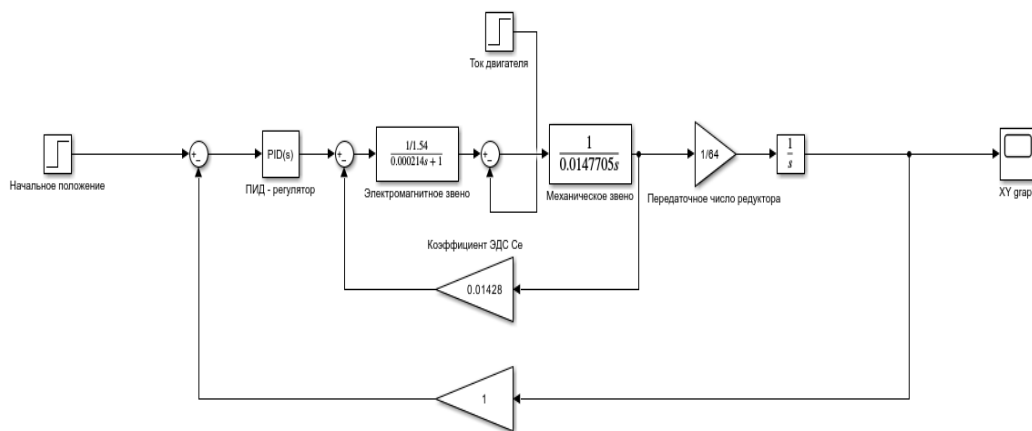


Рис. 2. Модель системы управления роботизированным электробайком

На графике (рис.3) можно увидеть апериодический переходный процесс, он показывает, что наш электробайк был выведен из состояния равновесия неким возмущающим воздействием и спустя доли секунды вернулся в исходное состояние, т.е вошел в установившийся режим. Данная система идеализирована, она не имеет внешних возмущающих воздействий окружающей среды.

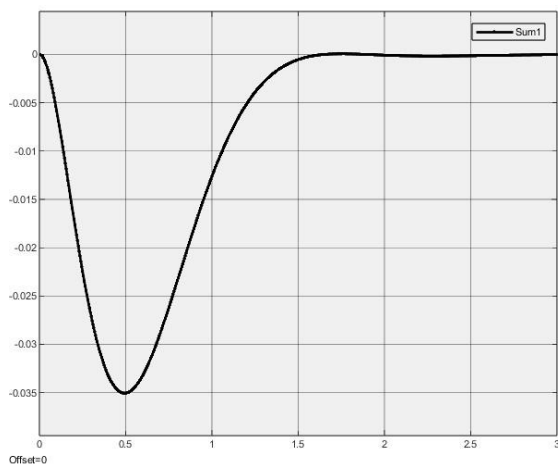


Рис. 3. График переходного процесса

Далее добавим в нашу модель те элементы, которые будут имитировать внешнее возмущающее воздействие на наш электробайк.

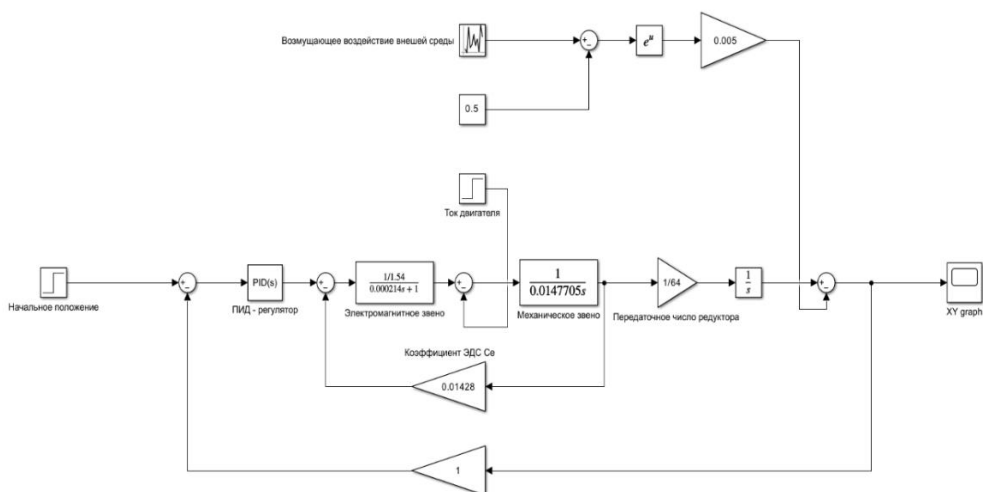


Рис. 4. Модель системы управления приближенная к реальности

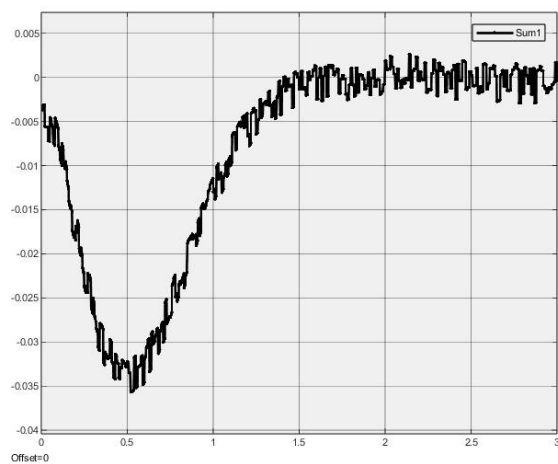


Рис. 5. График переходного процесса

Как видно из графика, переходный процесс также имеет апериодический вид и со временем входит в установившийся режим, но теперь данный процесс сопровождается множественными возмущениями, которые исходят из внешней среды.

### **Заключение**

Таким образом, в данной работе был произведен расчет параметров двигателя постоянного тока и на основании полученных расчетов была построена имитационная модель системы управления роботизированного электробайка, которая учитывает возмущения от воздействия внешней среды. Также наша модель позволяет увидеть закономерность между электроприводом и массой нашей электробайка, а именно способность двигателя поддерживать номинальный момент вращения при данной нагрузке на валу.

### **Список использованных источников**

1. Акилбаева А.Б. Разработка системы управления роботизированного электробайка // Выпускные квалификационные работы (ВКР): сайт. – 2023. – URL: <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/75773>.
2. Ивойлов А.Ю., Жмудь В.А., Трубин В.Г. Методика определения параметров двигателя постоянного тока // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2018. – Т. 19. – №. 7. – С. 486–496.
3. Теория автоматического управления: учебник / Е. Э. Страшинин, ТЗЗ А. Д. Заколяпин, С. П. Трофимов, А. А. Юрлова; М ин-во науки и высш. образования РФ. — Екатеринбург: И зд-во Урал. ун-та, 2019. – 456 с. – (Учебник УрФУ). ISBN 978-5-7996-2788-1.