

# РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПОДЧИНЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НА РОБОТЕ ПОВЫШЕННОЙ ПРОХОДИМОСТИ

Манзаров В.С.<sup>1</sup>, Поберезкин Н.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ТПУ, ИШИТР, гр.8Е02, e-mail: [vsm17@tpu.ru](mailto:vsm17@tpu.ru)

<sup>2</sup>ТПУ, ИШИТР, ассистент ОАР, e-mail: [nip6@tpu.ru](mailto:nip6@tpu.ru)

## Введение

Роботы на шагающей платформе приобретают всеобщую популярность в связи с нарастающей необходимостью работать на труднопроходимых поверхностях. Для обеспечения точного и оперативного передвижения на подобного типа рельефе необходимо разработать систему управления приводами. Иными словами, необходимо точно знать, какое расстояние прошел каждый движитель, чтобы управлять положением робота [1]. В данной работе будет произведено моделирование и дальнейшая отладка на физической модели системы управления электроприводами (подчиненного регулирования) для робота повышенной проходимости.

## Моделирование системы

Для синтеза системы подчинённого регулирования необходима математическая модель двигателя, которая будет обладать параметрами реального двигателя, для которого строится СУ. В случае, когда данные параметры неизвестны, необходимо производить идентификацию объекта. В данной работе было принято решение проводить идентификацию при помощи инструмента программного пакета Matlab – Parameter Estimator. Предварительно был произведён сбор и обработка данных с датчиков. В результате идентификации была получена модель, представленная на рисунке 1. На нем также представлен реальный стенд [2] для дальнейшей отладки.

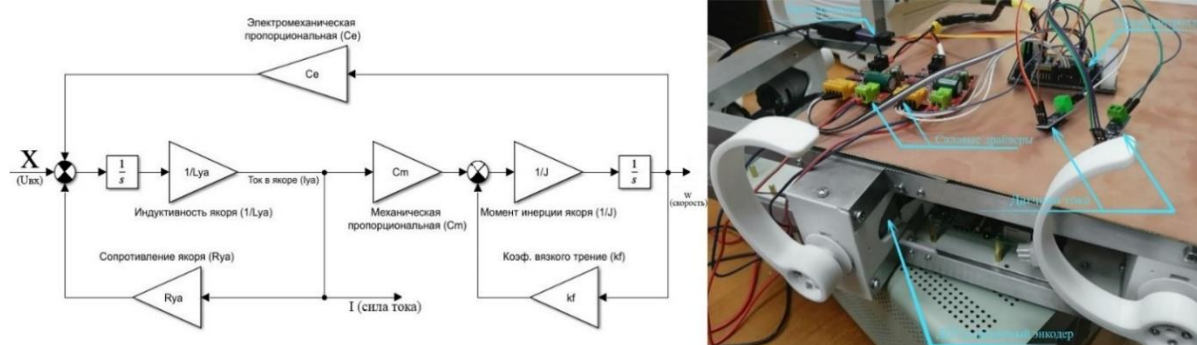


Рис. 1. Модель двигателя в Simulink и физический стенд

Вследствие того, что в качестве движителя используется дугообразный эксцентрик, во время управления необходимо ограничивать ток на двигателе, чтобы во время вращения движителя в обратную сторону ограничить ударный момент, который может привести к механическому разрушению привода. Для ограничения скорости передвижения нужен контур скорости, для точного выполнения движителем угла поворота необходим контур положения. Таким образом, в работе используются два пропорционально-интегральных регулятора по току и скорости, а также пропорциональный регулятор по положению. После этого можно переходить к реализации всей системы и настройке регуляторов, представленной на рисунке 2.

Использовался встроенный инструмент PID Controller для калибровки контуров, причем настройка производилась поочередно. Результаты моделирования после настройки всех контуров представлены на рисунке 3.

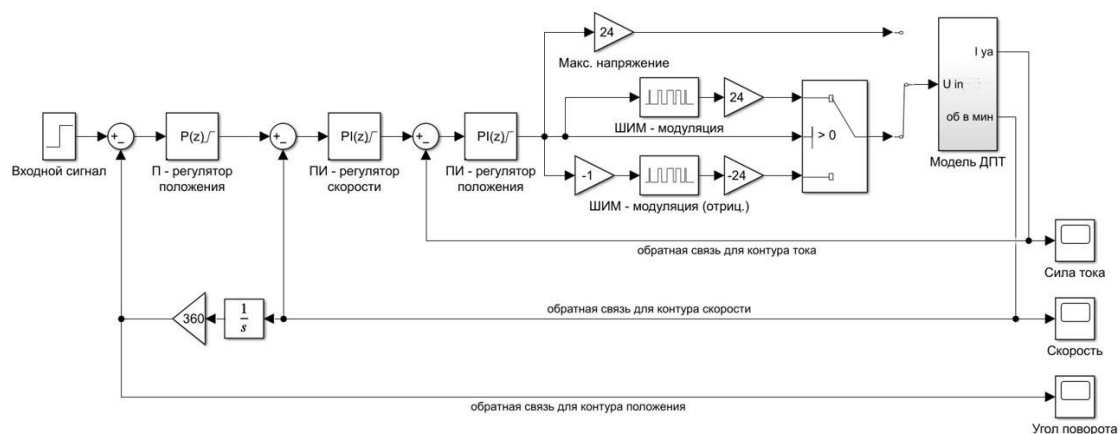


Рис. 2. Модель СПР

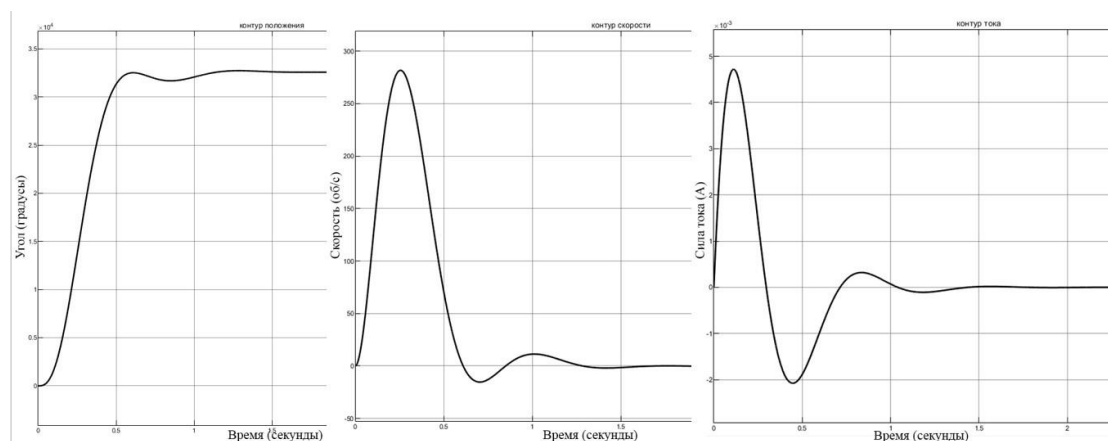


Рис. 3. Результат работы модели СПР

Как видно, система обрабатывает за 0.5 секунд без перерегулирования. Стоит понимать, что полученная модель привода обладает некоторой погрешностью, в связи с чем добиться полученных временных характеристик при моделировании на реальном объекте будет сложно. Данную проблему можно решить уточнением модели путём увеличения количества данных с датчиков при идентификации [3].

### Отладка на физической модели

Полученная система управления будет апробироваться на реальном стенде, представленном ранее. Сравнение представлено на рисунке 4. Несоответствие графиков связано с неполным совпадением математической и реальной модели [4]. В таблице 1 можно ознакомиться с изменёнными коэффициентами для реальной модели.

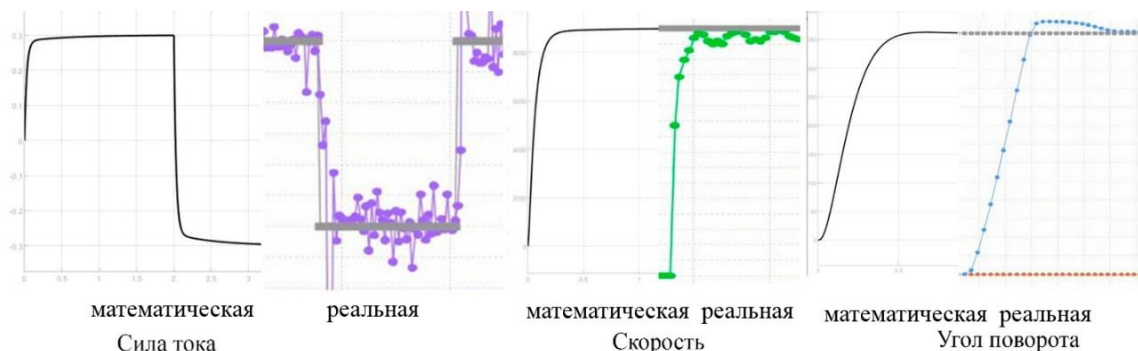


Рис. 4. Сравнение работы на физической модели отдельных контуров регулирования в STM Studio

Сравнение коэффициентов математической и физической моделей

| Название                            | Коэффициенты в Matlab/Simulink | Реальные коэффициенты |
|-------------------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| П. коэффициент регулятора положения | 0.0127621                      | 0.015964              |
| П. коэффициент регулятора скорости  | $2.68 \cdot 10^{-5}$           | $3.15 \cdot 10^{-5}$  |
| И. коэффициент регулятора скорости  | $6.76 \cdot 10^{-5}$           | $6.65 \cdot 10^{-6}$  |
| П. коэффициент регулятора тока      | 0                              | 0.0001                |
| И. коэффициент регулятора тока      | 26.105394                      | 26.379340             |

Время переходного процесса реальной модели в 1.5 раза больше, чем математической.

### Заключение

В результате эксперимента можно сделать вывод о том, что разработанная система подчинённого регулирования по трем управляемым координатам [5] (ток, скорость и положение) практически соответствует математической модели.

### Список использованных источников

1. Поберезкин, Никита. Разработка мобильного робота гексапода для преодоления пересечённой местности / Н. И. Поберезкин; науч. рук. А. С. Беляев // Молодежь и современные информационные технологии сборник трудов XVII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, 17-20 февраля 2020 г., г. Томск: / Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники; под ред. Д. М. Сонькина [и др.] . — Томск: Изд-во ТПУ, 2020. — [С. 246-247];
2. Поберезкин, Никита. Разработка мехатронного модуля для мобильного робота повышенной проходимости / Н. И. Поберезкин // Современные проблемы машиностроения сборник трудов XIII Международной научно-технической конференции, г. Томск, 26-30 октября 2020 г.: / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ); под ред. Е. Н. Пашкова . — Томск: Томский политехнический университет, 2020 . — [С. 109-110];
3. Система подчиненного регулирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://studfile.net/preview/4545333/page:5>;
4. Трёхконтурная система подчиненного регулирования скорости двухмассового электромеханического объекта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/38772/1/Tolochko\\_KGPI\\_1998.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/38772/1/Tolochko_KGPI_1998.pdf);
5. Системы подчиненного регулирования электроприводов: учебное пособие для вузов. Ч. 1. Электроприводы постоянного тока с подчиненным регулированием координат [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: <https://elar.rsvpu.ru/handle/123456789/8753>.