

Рис. 2. Осциллограмма переходной характеристики ПИ-регулятора

Среда Multisim позволяет проводить сложные эксперименты, а также позволяет с небольшими затратами труда осуществлять замену компонентов схем, изменять значения их параметров, прогнозировать и отображать результаты моделирования. Модель также позволяет изучать процессы, протекающие в течение короткого промежутка времени, в частности переходные процессы. Исследование таких процессов традиционными способами представляет значительные трудности. Аналогично были разработаны модели и остальных регуляторов.

#### **Заключение.**

Созданные имитационные модели регуляторов позволяют детально производить анализ статических и динамических процессов, протекающих в их схемах. Верификация моделей была проведена на стендах в лаборатории кафедры «Автоматизированный электропривод» УО «ГГТУ им. П.О. Сухого». Различие результатов моделирования и экспериментальных исследований не превышает 4 - 5%, что подтверждает адекватность представленных моделей.

#### **Литература**

1. Simulation model of an asynchronous machine with wound rotor in matlab simulink/ M. Pohulayev [et al.] // SUSE-2021: E3S Web of Conferences, Kazan, 18–20 Feb. 2021 / Kazan Federal University. – Kazan, 2021. – Vol. 288. – P. 0110.
2. Погуляев М. Н. Имитационная модель асинхронной машины с фазным ротором и Matlab Simulink/ М. Н. Погуляев, И. В. Дорощенко // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого. – 2021. – №2. – С. 99 – 106.
3. Введение в Multisim. Трехчасовой курс. Electronics Workbench Corporation. <http://www.electronicworkbench.com>.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СТЕНДА НАГРУЖЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА**

**Мельников Д. Ю.** (студент гр. ЭП-31)

Научный руководитель – **Погуляев М.Н.**

(к.т.н., доцент кафедры «Автоматизированный электропривод» ГГТУ им. П.О.Сухого)

**Аннотация.** Представлена электрическая схема и компьютерная модель стенда нагружения двигателей постоянного тока по методу взаимной нагрузки. Приведены результаты исследований двигателей постоянного тока ПЛ-062 на имитационной модели стенда.

**Ключевые слова:** двигатель постоянного тока, стенд, имитационная модель, управляемый выпрямитель, тиристорный регулятор.

### Введение

В настоящее время при испытаниях двигателей постоянного тока под нагрузкой широко применяются энергосберегающие стенды [1], построенные по методу взаимной нагрузки. Проведение исследований работы различных электромеханических систем, не создавая физической модели, наиболее удобно проводить на имитационных моделях [2]. Целью работы является создание имитационной модели стенда нагружения электродвигателей постоянного тока. С её помощью, еще на этапе подготовке к натурным испытаниям, можно будет произвести анализ рабочих и аварийных режимов стенда, определить параметры силовых элементов, аппаратуры управления и защиты, получить необходимые электромеханические характеристики.

### Результаты и обсуждение

Метод взаимной нагрузки основан на свойстве обратимости электрических машин. Вал испытуемого двигателя постоянного тока  $M_1$  с независимым возбуждением механически соединяется валом с аналогичного рабочего двигателя  $M_2$  (рис.1). При этом якорные цепи этих двигателей соединяются параллельно с общим регулируемым выпрямителем  $UZ_1$ , а обмотки возбуждения двигателей подключаются к независимым регуляторам напряжения  $UZ_2$ ,  $UZ_3$ , позволяющим управлять магнитным потоком возбуждения на каждом из двигателей независимо друг от друга. Такое решение дает возможность управлять режимами работы двигателей, вводить их в двигательный или генераторный режим. Основной поток энергии во время испытаний циркулирует между якорными цепями двигателей. КПД двигателей средней и большой мощности может достигать 90%. В этом случае, полезно будет использоваться около 80% энергии и 20% теряется в якорных цепях двигателей. Для компенсации этих потерь и служит регулятор напряжения  $UZ_1$ , общий для двух якорных обмоток.

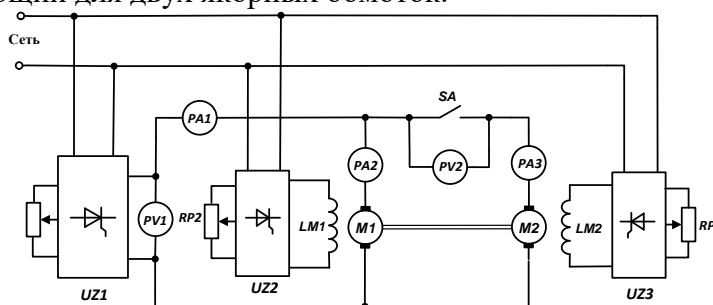


Рис. 1. Электрическая схема устройства нагружения двигателей по схеме со взаимной нагрузкой

Для анализа работы стенда в программной среде Matlab и его приложений Simulink и SimPowerSystems нами была разработана его имитационной модель, представленная в докладе.

При её создании использовались как стандартные блоки библиотек пакетов расширения Sim Power Systems и Simulink – двигатели постоянного тока  $M_1$ ,  $M_2$ , полупроводниковые преобразователи  $UZ_1$ - $UZ_3$ , измерительные элементы, так и специально разработанные задающие и регулирующие блоки. Изменением напряжения управления на входах преобразователей  $UZ_1$ - $UZ_3$  можно задавать токи возбуждения и напряжения на якорах двигателей  $M_1$ ,  $M_2$ . Разработанная модель позволяет задавать различные режимы работы устройства и алгоритмы управления, получать значения различных параметров, производить визуализацию результатов.

С помощью имитационной модели было проведено численное моделирование работы стенда нагружения двигателей постоянного тока ПЛ-062. Были получены как численные значения напряжений, токов и мощностей в различных элементах схемы, так и изменения их во времени. Для примера, на рисунке 2, представлены кривые изменения во времени некоторых параметров при пуске нагружаемого двигателя  $M_1$ .

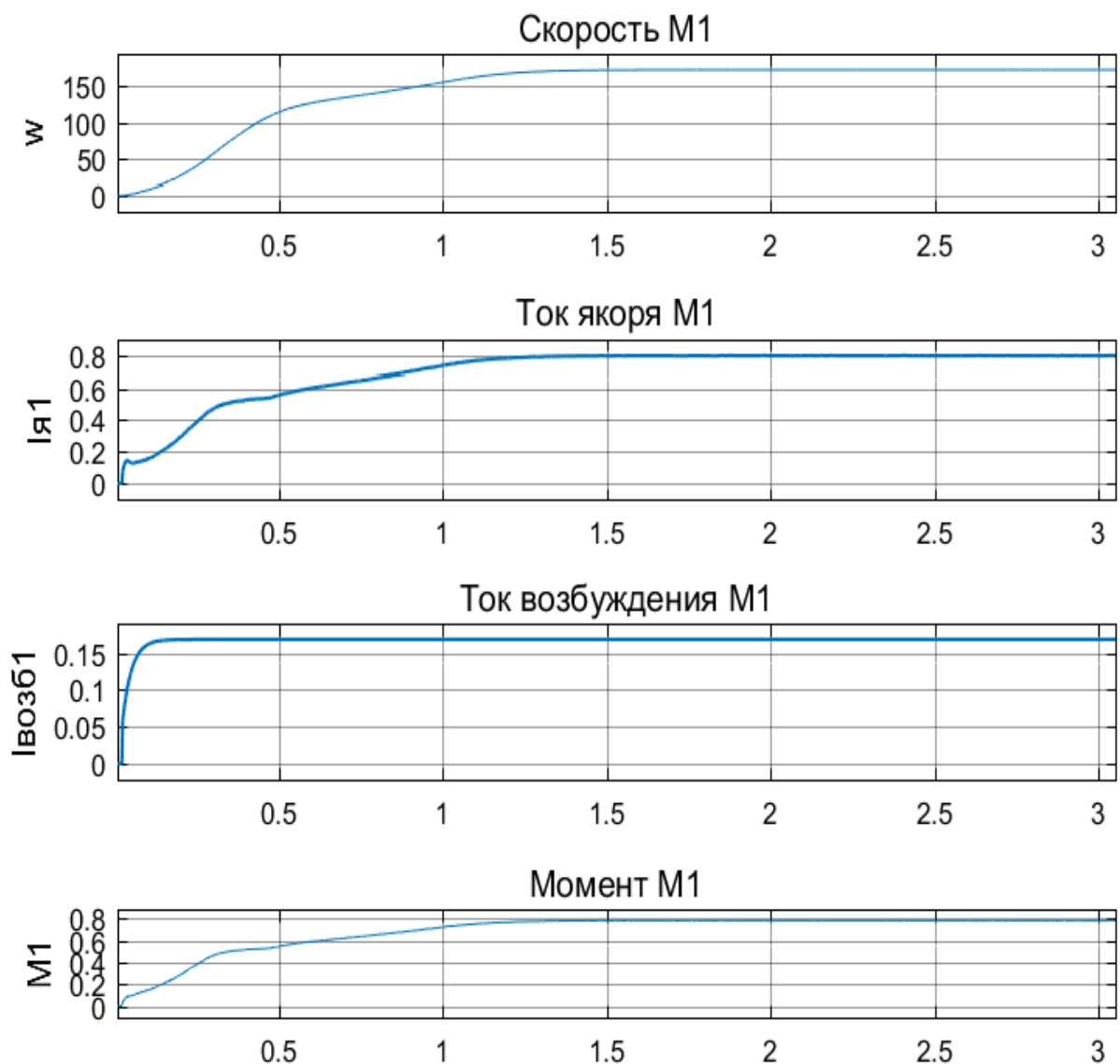


Рис. 2. Диаграммы скорости, токов и момента нагружаемого двигателя M1 при пуске

#### **Заключение**

Созданная имитационная модель позволяет детально производить анализ статических и динамических процессов, протекающих в различных блоках стенда. Верификация модели была проведена на стенде для испытания машин постоянного тока ПЛ-062 в лаборатории кафедры «Автоматизированный электропривод» УО «ГГТУ им. П.О. Сухого». Различия результатов моделирования и экспериментальных испытаний двигателей не превышает 5%, что подтверждает адекватность представленной модели. Она с достаточной точностью описывает реальную систему нагружения и с её помощью можно проводить эксперименты для получения информации о работе этой системы.

#### **Литература**

1. Погуляев М.Н. Энергосберегающее устройство нагружения резервных электрогенераторов на основе статических преобразователей / М. Н. Погуляев // Вестн. Гомел. гос. техн.ун-та им. П. О. Сухого. – 2022. – № 3 (90). – С. 96-103.
2. Simulation model of an asynchronous machine with wound rotor in matlab simulink / M. Pohulayev [et al.] // SUSE-2021: E3S Web of Conferences, Kazan, 18–20 Feb. 2021 / Kazan Federal University. – Kazan, 2021. – Vol. 288. – P. 0110.