

## 22 Секция IV. Радиоэлектроника, автоматизация, телекоммуникации и связь

Для реализации беспроводного управления было решено использовать протокол MQTT. MQTT – это протокол обмена сообщениями по шаблону «издатель – подписчик (pub/sub)». Издатель публикует сообщение в заданный топик брокера, а подписчик в свое время проверяет периодически, опубликовал ли сообщение издатель. В качестве брокера можно использовать локальный сервер или облачное приложение. Издатель не требует каких-либо настроек по количеству или расположению подписчиков, получающих сообщения. Кроме того, подписчикам не требуется настройка на конкретного издателя. В системе может быть несколько брокеров, распространяющих сообщения.

Функциональная схема управления устройством изображена на рис. 2.



Рис. 2. Функциональная схема управления устройством

На схеме изображено:

- Users – пользователи, подключаемые к брокеру.
- MQTT broker – сервер, хранящий приходящие команды от пользователей.
- ESP8266 – система на базе кристалла с радиомодулем.
- Freeqency converter – преобразователь частоты.
- Asynchonous motor – асинхронный двигатель.

По нашим предположениям такая система сможет найти ряд применений в различных сферах жизни, так как она универсальна и способна реализовать комфортное управление преобразователем частоты. В ходе дальнейшей работы над проектом планируется выполнить стендовые исследования удаленного управления преобразователем частоты, а также произвести пробный запуск данной системы управления.

### Литература

1. Преобразователи частоты «СИРИУС». – Режим доступа: <https://isup.ru/articles/47/18131/>. – Дата доступа: 17.03.2023.
2. Espressif-idf. – Режим доступа: <https://docs.espressif.com/projects/esp8266-rtos-sdk/en/latest/getstarted/index.html>. – Дата доступа: 17.03.2023.
3. Беспроводной протокол MQTT. – Режим доступа: <https://mqtt.org/>. – Дата доступа: 17.03.2023.

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СТЕНДА ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА МЕТОДОМ ВЗАИМНОЙ НАГРУЗКИ

В. Д. Салтыков, М. С. Герасюкевич, М. В. Рябков

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель М. Н. Погуляев

*Представлена компьютерная модель устройства нагружения двигателей постоянного тока по методу взаимной нагрузки. Приведены результаты исследований двигателей постоянного тока ПЛ-062 на имитационной модели.*

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

В настоящее время при испытаниях двигателей постоянного тока под нагрузкой широко применяются энергосберегающие устройства, построенные по методу взаимной нагрузки.

Суть метода заключается в том, что вал испытываемого двигателя постоянного тока  $M1$  с независимым возбуждением механически соединяется валом с аналогичного рабочего двигателя  $M2$  (рис. 1). При этом якорные цепи этих двигателей соединяются параллельно с общим регулируемым выпрямителем  $UZ1$ , а обмотки возбуждения двигателей подключаются к независимым регуляторам напряжения  $UZ2$ ,  $UZ3$ , 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. Таким образом, 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 использовать около 80 % энергии, 20 % которой теряется в якорных цепях двигателей. Для компенсации этих потерь и используется регулятор напряжения  $UZ1$  – общий для двух якорных обмоток.

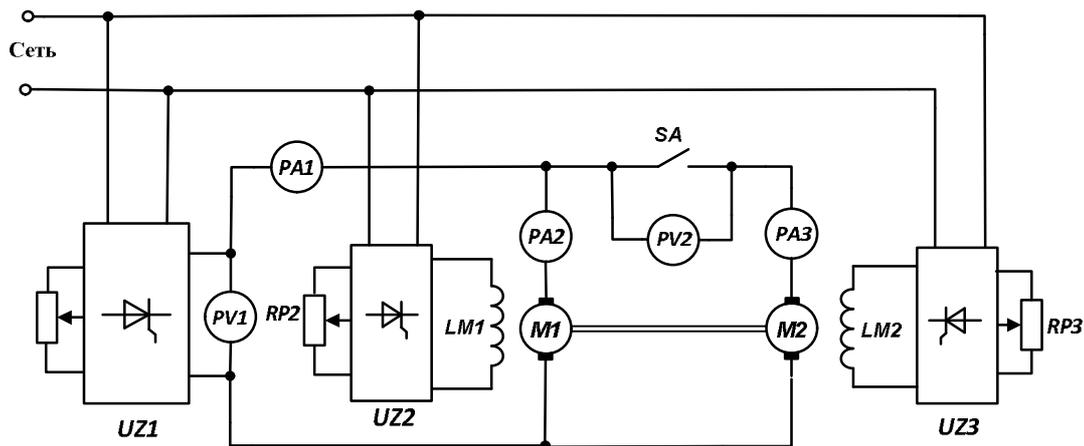


Рис. 1. Электрическая схема устройства нагружения двигателей по схеме со взаимной нагрузкой

Проведение исследований работы различных электромеханических систем, не создавая физической модели, наиболее удобно проводить на имитационных моделях. С этой целью в программной среде Matlab, нами была разработана имитационная модель устройства нагружения двигателей по схеме со взаимной нагрузкой (рис. 2).

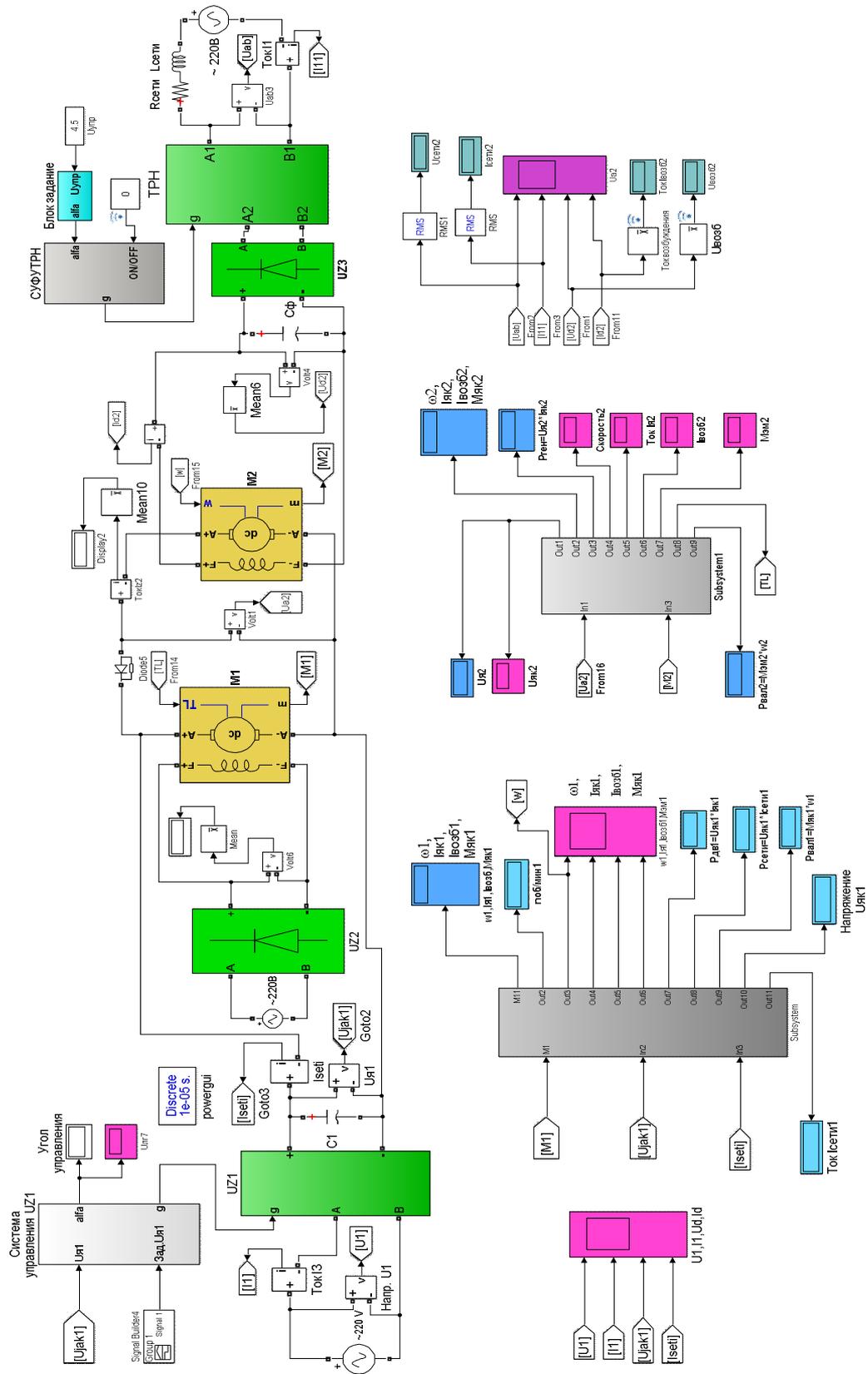


Рис. 2. Имитационная модель стенда для испытаний двигателей постоянного тока методом взаимной нагрузки

При ее создании использовались как стандартные блоки библиотек пакетов расширения SimPowerSystems и Simulink – двигатели постоянного тока  $M1$ ,  $M2$ , полупроводниковые преобразователи  $UZ1-UZ3$ , измерительные элементы, так и специально разработанные задающие и регулирующие блоки. Изменением напряжения управления на входах преобразователей  $UZ1-UZ3$  можно задавать токи возбуждения и напряжения на якорях двигателей  $M1$ ,  $M2$ . Разработанная модель позволяет задавать различные режимы работы устройства и алгоритмы управления, получать значения различных параметров, производить визуализацию результатов. Все это позволило детально исследовать процессы, протекающие в различных узлах и блоках устройства.

С помощью имитационной модели было проведено численное моделирование работы устройства 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 рис. 3 представлены кривые изменения во времени некоторых параметров при пуске нагружаемого двигателя  $M1$ .

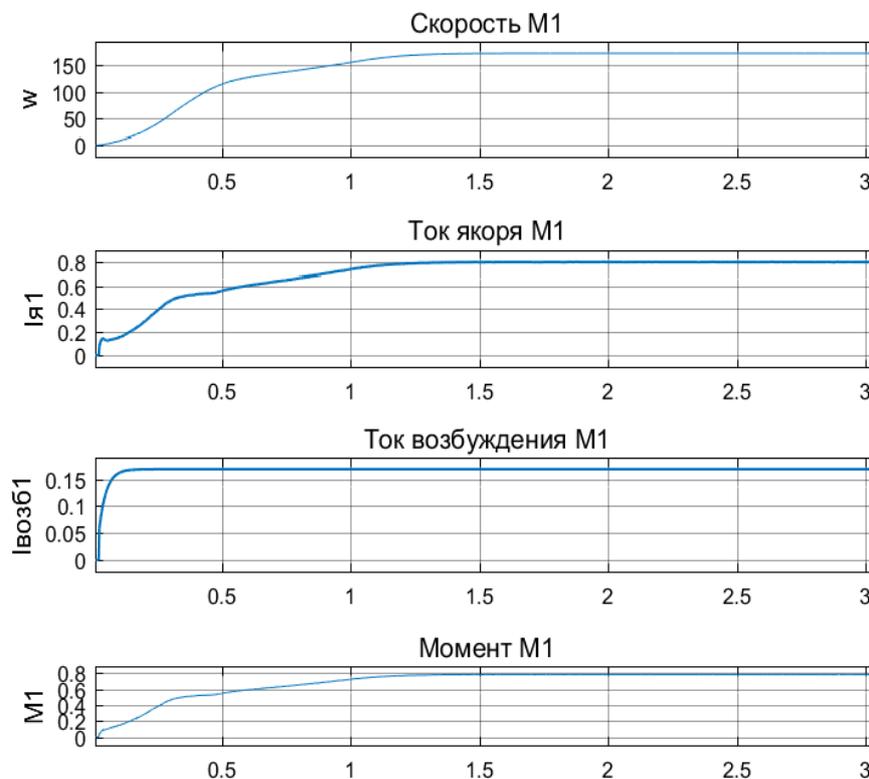


Рис. 3. Диаграммы скорости, токов и момента нагружаемого двигателя  $M1$  при пуске

Верификация модели была проведена на стенде для испытания машин постоянного тока ПЛ-062 в лаборатории кафедры «Автоматизированный электропривод» ГГТУ им. П. О. Сухого. Различие результатов моделирования и экспериментальных испытаний двигателей не превышает 2 %, что подтверждает адекватность представленной модели. Она с достаточной точностью описывает реальную систему нагружения и с ее помощью можно проводить эксперименты с целью получения информации о работе этой системы.