

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 621.333:519.712

Шабанович  
Роман Александрович

АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ ТРАНСПОРТНОГО  
СРЕДСТВА

**АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание степени магистра технических наук  
по специальности 1-40 80 02 «Системный анализ, управление и обработка  
информации (по отраслям)»

Научный руководитель

Захарьев Вадим Анатольевич,  
кандидат технических наук,  
доцент

Минск 2023

## ВВЕДЕНИЕ

Электротранспорт стал перспективным решением для снижения выбросов углекислого газа и развития экологических средств передвижения. По данным Международного агентства по энергетике (МАЭ), в 2020 году доля электромобилей в мировом автопарке составила всего 4,2%, однако к 2030 году ожидается ее значительный рост до 30%.

Поскольку спрос на электротранспорт продолжает расти, существует необходимость в передовых системах управления для повышения их эффективности и производительности. Система управления электродвигателем является важной частью работы транспортного средства. Оптимальное управление позволяет повысить эффективность работы двигателя и сократить расход электроэнергии, что в свою очередь дает возможность увеличить дальность хода транспортных средств, снизить затраты на перезарядку аккумуляторных батарей, и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду.

Электродвигатели используются не только в автомобилях, но и в других видах транспорта, таких как электрические самокаты и велосипеды, которые становятся все более популярным средством передвижения в городе. По данным Исследовательской компании Navigant Research, к 2025 году мировой рынок электровелосипедов достигнет 24,3 миллиона единиц. Управление электродвигателем в этих устройствах также является важным аспектом и требует совершенствования.

**Целью работы** является исследование существующих и разработка новых алгоритмов управления электрическим двигателем транспортных средств (на примере электрического велосипеда), позволяющих улучшить характеристики энергоэффективности и экологичности при их эксплуатации.

**Объект исследования:** система управления двигателем транспортного средства на электрической тяге.

**Предмет исследования:** процесс управления электрическим двигателем транспортных средств на примере электровелосипеда.

# **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

## **Цель исследования**

Целью работы является исследование существующих и разработка новых алгоритмов управления электрическим двигателем транспортных средств (на примере электрического велосипеда), позволяющих улучшить характеристики энергоэффективности и экологичности при их эксплуатации.

## **Задачи исследования**

1. Исследовать актуальность темы совершенствования алгоритмов управления электрическим двигателем, проанализировать сферы их применения в современных транспортных средствах;

2. Провести сравнительный анализ существующих методов и алгоритмов управления электрическим двигателем, обосновать выбора базовых алгоритмов для их улучшения;

3. Предложить способы совершенствования базового алгоритма для улучшения характеристик энергоэффективности за счёт оптимизации процессов управления электрическим двигателем;

4. Провести экспериментальное исследование предложенного алгоритма и оценку эффективности, по критерию, пройденного транспортным средством, расстояния от одного заряда аккумуляторной батареи.

## **Личный вклад соискателя.**

Соискателем выполнены все изложенные в работе разработки и исследования.

Постановка задач и обсуждение результатов проводились совместно с научным руководителем.

Обработка, интерпретация данных, а также выводы сделаны автором самостоятельно.

## **Апробация результатов диссертации**

Основные положения диссертационной работы докладывались на следующих научных конференциях:

The International Conference on Information Technologies and Systems ITS 2022 (Минск 2022);

59-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов, 2023(Минск 2023);

По материалам диссертационной работы опубликовано 2 печатные работы, включая 2 тезиса докладов научных конференций. Суммарный объем публикаций составляет около 5 печатных страниц.

### **Структура и объем диссертации**

Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованных источников и приложения. Она содержит 90 страниц, включая 74 страницы основного текста, 38 рисунков, 4 таблицы и приложения объемом 15 страниц, список использованных источников из 30 наименований.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В настоящей работе проводится исследование методов и алгоритмов управления электродвигателем транспортного средства.

В первой главе диссертационной работы будут рассмотрены основные определения, классификация электротранспорта, а также основные элементы системы управления транспортным средством с электрической тягой.

Во второй главе диссертационной работы будут рассмотрены методы управления электрическими двигателями. Более подробно будут рассмотрены трапецеидальное управление и полеориентированное.

В третьей главе диссертационной работы будет разработан испытательный стенд и модифицированный алгоритм управления двигателем. Далее будет проанализирована эффективность нового алгоритма .

В заключении подводиться финальный итог о проделанной работе.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы над диссертационной работой был проведён анализ рынка электрических двигателей и электротранспорта. Рассмотрена структура и типовые элементы современных систем управления двигателем электрических транспортных средств. Проведен анализ существующих методов управления электрическим двигателем транспортного средства с приведением их достоинств и недостатков. Детально рассмотрены основные алгоритмы управления электродвигателем их достоинства и недостатки.

Для разработки математических моделей была использована среда динамического моделирования технических систем SimInTech. Для настройки электродвигателя был разработан экспериментальный стенд. Для настройки электронного регулятора скорости была использована программа VescTool 6. Для тестирования усовершенствованного алгоритма был реализован прототип электрического велосипеда.

На основании полученных экспериментальных данных поездок в условиях города данная модификация алгоритма позволит сэкономить около 11% заряда аккумуляторной батареи, что позволит проехать на 11% большее расстояние в таком же режиме. В условиях города возможно сэкономить до 3% электрической энергии, что позволит проехать на 3% большее расстояние в том же режиме.

Качественным результатом работы является следующие эмперические правила и рекомендации выявлены в ходе исследования предложенных алгоритмов в ходе эксплуатации прототипа электровелосипеда.

Важно минимизировать потери при начале движения транспортного средства, так как в этот момент тратиться значительная часть энергии. Это особенно важно в условиях движения в города, так как там много мест, где транспорт останавливается, например на регулируемых перекрёстках. За время цикла разряда АКБ транспортного средства таких остановок может быть несколько сотен. В отличие от ДВС транспорт с электрическим приводом может более экономно расходовать энергию при старте, так как у него нет “холостых оборотов”, которые необходимы для начала движения. Но при этом если неверно настроить стартовый ток, то энергия может уходить на нагрев обмоток двигателя или транспортное средство будет слишком медленно набирать скорость.

На основе материалов исследования опубликованы две печатные работы.

Таким образом все поставленные задачи в ходе диссертационной работы были решены, желаемая цель достигнута.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Шабанович, Р. А. Уменьшение энергопотерь в электротранспорте / Р. А. Шабанович, В. А. Захарьев // Информационные технологии и системы 2022 (ИТС 2022) = Information Technologies and Systems 2022 (ITS 2022) : материалы Международной научной конференции, Минск, 23 ноября 2022 / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Л. Ю. Шилин [и др.]. – Минск : БГУИР, 2022. – С. 45–46.

2. Шабанович, Р. А. Основные элементы системы управления электрическим двигателем / Р. А. Шабанович, В. А. Захарьев // 59-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов: материалы Международной научной конференции, Минск, 20 апреля 2023 / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Л. Ю. Шилин [и др.]. – Минск : БГУИР, 2023.