

**«УТВЕРЖДАЮ»**

Проректор по научно-инновационной  
деятельности ФГБОУ ВО  
«Тамбовский государственный  
технический университет»



Муромцев Д.Ю.

« 07 » 11 2017 г.

## **ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

на диссертационную работу

Мещеряковой Ольги Викторовны

«Нейросетевое управление и коррекция систем электропривода механизмов передвижения мобильных роботов», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы»

### **Актуальность темы диссертационной работы**

Диссертационная работа Мещеряковой О.В. посвящена решению важных задач, направленных на разработку новых систем и алгоритмов нейросетевого управления электроприводами передвижения мобильных роботов, которые находят все более широкое применение в промышленности. Особенность системы электропитания мобильных роботов от аккумуляторной батареи предъявляет требования к повышению энергоэффективности используемых систем регулируемого электропривода как постоянного, так и переменного тока, что позволит повысить временной ресурс работы аккумуляторной батареи между циклами зарядки.

Актуальным является проведение сравнительных исследований электропривода постоянного тока и асинхронного электропривода при построении замкнутых контуров релейного регулирования тока в обмотках двигателей, подчиненных внешнему контуру регулированием скорости, построенного на базе нейроконтроллера. Поскольку современные частотные асинхронные электроприводы с частотно-токовым и векторным управлением, построенные на базе инверторов на транзисторных модулях, являются относительно дешёвыми, достаточно надёжными и компактными, необходимо продолжить работу по совершенствованию систем управления, в том числе на базе нейроконтроллеров, для более широкого использования на мобильных роботах. Важным является создание системы частотно-токового управления асинхронным двигателем с нейросетевой коррекцией, улучшающей

динамические и энергетические характеристики, с обеспечением конкурентоспособности электроприводу постоянного тока и лучшей адаптации к условиям работы на механизмах передвижения мобильных роботов.

Поставленные в работе задачи являются своевременными и актуальными, так как их решение позволит обеспечить надежную, безаварийную и экономически эффективную работу электроприводов механизмов передвижения мобильных роботов.

### **Новизна исследований, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Одним из решений, обеспечивающих повышению качества управления электроприводами механизмов передвижения мобильных роботов, является применение нейросетевых управляющих и корректирующих устройств.

Автором диссертации выполнены исследования систем управления электроприводом постоянного тока и асинхронными электроприводами, обеспечившие достижение следующих результатов:

- на основании анализа структурной модели асинхронного двигателя установлено, что для подавления колебаний переменных в электромагнитной системе асинхронного двигателя и стабилизации момента двигателя необходима нелинейная коррекция скольжения и амплитуды тока статора двигателя, направленная на стабилизацию взаимного положения векторов тока статора и потокосцепления ротора;

- установлено, что энергетические показатели асинхронного электропривода с векторным управлением, работающего в установившемся режиме с неполной статической нагрузкой, могут быть улучшены и достигнуто снижение в среднем на 5% отношения «ток статора / момент двигателя», путем коррекции сигнала задания проекции вектора тока статора на ось ортогональной системы координат, положение которой совпадает с положением вектора потокосцепления ротора, отличающейся тем, что действие системы коррекции основано на сравнении проекций вектора тока статора на обе координатные оси и направленно на достижение равенства этих проекций;

- показано, что нейросетевые регуляторы скорости обеспечивают адаптивную настройку контуров регулирования скорости двигателя постоянного тока и асинхронного двигателя с векторным управлением с необходимым быстродействием, за счет чего достигается лучшее качество управления при резко изменяющихся управляющих и возмущающих воздействиях и изменении момента инерции электропривода по сравнению с использованием типовых пропорционально-интегральных регуляторов скорости.

В диссертационной работе получены аналитические зависимости, математические модели и динамические характеристики, позволяющие определить влияние систем автоматического, в том числе нейросетевого, регулирования на динамические и энергетические показатели систем

электропривода, предназначенных для использования на механизмах передвижения мобильных роботов.

### **Значимость полученных результатов для развития науки и производства**

Значимость полученных результатов для развития науки и производства заключается в следующем:

- достижении повышенного быстродействия при формировании пусковых и регулировочных характеристик электропривода постоянного тока с релейно-гистерезисным регулированием тока якоря за счет применения нейросетевого регулятора скорости, обеспечивающего отработку управляющих и возмущающих воздействий без перерегулирования;

- разработке принципа нейросетевой встречно-параллельной коррекции асинхронного электропривода с частотно-токовым управлением, обеспечивающего стабилизацию пускового момента двигателя, путем воздействия с помощью нейроконтроллера на сигналы задания амплитуды и частоты тока статора, с выработкой корректирующих сигналов на основе наблюдения за углом между векторами тока статора и основного потокосцепления, определяемого путем обработки сигналов измеренных мгновенных значений тока и напряжения статора;

- обеспечении лучшей стабилизации пусковых и регулировочных характеристик асинхронного электропривода с векторным управлением с внутренним контуром релейно-гистерезисного регулирования фазных токов статора за счет применения нейросетевого регулятора скорости, реализующего отработку управляющих и возмущающих воздействий без перерегулирования.

- разработке асинхронного электропривода с частотно-токовым управлением, в котором в установившемся режиме работы отношение «ток статора / момент» двигателя снижено в среднем на 5%, что повышает временной ресурс работы аккумуляторной батареи, питающей электропривод мобильного робота.

### **Рекомендации по использованию результатов и выводов, полученных в диссертации**

Основные результаты и выводы диссертационной работы Мещеряковой О.В., разработанные модели и методики расчета систем электропривода постоянного тока и асинхронного электропривода с релейно-гистерезисным регулированием тока в обмотках двигателей и нейросетевыми управляющими и корректирующими устройствами, используются в научно-технических разработках ООО «Промэлектроника» при проектировании систем электропривода для подъемно-транспортных средств.

Полученные в работе выводы и результаты рекомендуются к использованию электротехническими компаниями, осуществляющими

разработку электроприводов постоянного тока и частотно-регулируемых электроприводов для мобильных роботов.

### **Замечания по диссертационной работе**

1. В работе кроме систем частотного асинхронного электропривода с векторным управлением и частотно-токовым управлением можно было рассмотреть и системы прямого управления моментом асинхронного двигателя.

2. Не анализируется возрастание стоимости систем электропривода с нейрорулением по сравнению со стоимостью систем базе типовых регуляторов.

3. При разработке компьютерных моделей необходимо было более полно указать принятые допущения.

4. Интересные результаты, полученные при моделировании режима торможения электропривода постоянного тока, питающегося от аккумуляторной батареи, вынесены в приложение, хотя можно было провести более детальный анализ полученных результатов.

### **Заключение**

Представленная Мещеряковой О.В. диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук является законченной научно-квалификационной работой по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы», в которой на основании выполненных автором исследований дано решение актуальной задачи обоснования совокупности решений по совершенствованию систем нейросетевого управления электроприводами постоянного тока и асинхронными электроприводами мобильных роботов с обеспечением заданных пусковых и регулировочных механических характеристик. Новые научные результаты, полученные диссертантом, имеют существенное значение для науки и практики. Выводы и рекомендации диссертации подтверждены результатами компьютерного моделирования, сравнением результатов компьютерного моделирования с данными экспериментальных исследований.

Автором диссертации опубликовано 27 печатных работ, в том числе 7 статей опубликованы в изданиях, входящих в перечень ВАК Российской Федерации, получено 5 патентов на изобретения и 1 патент на полезную модель. Опубликованные статьи и другие печатные работы полностью отражают результаты выполненных исследований.

Автореферат диссертации полностью отражает основные положения, идеи и выводы диссертации.

Диссертационная работа Мещеряковой О.В. «Нейросетевое управление и коррекция систем электропривода механизмов передвижения мобильных роботов» соответствует требованиям Положения о порядке присуждения



ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации, за № 842 от 24 сентября 2013г., а её автор, Мещерякова Ольга Викторовна, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Отзыв обсуждён и одобрен на заседании кафедры «Электроэнергетика» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ») 02 ноября 2017 г., протокол № 3

Заведующий кафедрой «Электроэнергетика»,  
к.т.н., доцент

Кобелев А.В

392000, г. Тамбов, ул. Советская, 106

Телефон: (4752) 63-10-19

Электронная почта: [tstu@admin.tstu.ru](mailto:tstu@admin.tstu.ru)

