

**ОТЗЫВ**  
официального оппонента на диссертационную работу  
Мурзакова Дмитрия Геннадьевича  
на тему «Улучшение динамических характеристик электропривода  
грузоподъемного механизма»,  
представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук  
по специальности 2.4.2 – «Электротехнические комплексы и системы»

**Структура и объем диссертационной работы**

Представленная работа изложена на 148 страницах и включает в себя введение, четыре главы, выводы, заключение, библиографический список из 125 наименований на 13 страницах, содержит 97 рисунков, 6 таблиц и 3 приложения.

**Актуальность работы**

В современных условиях импортозамещения во многих отраслях промышленности ставится задача модернизации существующих электротехнических систем и комплексов, в том числе используемых в подъемно-транспортной отрасли тяжелого машиностроения.

Подъемно-транспортное оборудование, в частности крановое, является неотъемлемой частью большинства технологических процессов, а также активно используется в транспортно-логистических процессах. Крановые механизмы преимущественно работают в повторно-кратковременных режимах с частыми пусками и торможениями. Электроприводы подъёма кранового оборудования в большинстве случаев оборудованы асинхронными двигателями с фазным ротором, и с момента их установки, хотя и имеют соответствующий износ, но не выработали свой ресурс, при этом системы управления такими приводами морально устарели и имеют определенные недостатки. Модернизация путем полной замены привода является затратной, поэтому целесообразным является замена системы управления. Поэтому разработка и исследование эффективных систем управления электроприводом подъема грузоподъемного механизма, обеспечивающих

повышение производительности, ограничение рывка и возможности электромеханического удержания, выполняемые с применением современных компьютерных средств моделирования, является актуальной современной задачей.

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертационного исследования, поставлены цели и задачи диссертационной работы, определены рассматриваемые вопросы, изложена краткая характеристика работы в целом.

**Первая глава** посвящена анализу предметной области. Проведен обзор основных существующих электроприводов грузоподъемных механизмов. Обосновываются возможность повышения качественных показателей систем асинхронного электропривода при двухканальном управлении.

**Во второй главе** проведена разработка математической модели электропривода подъема грузоподъемного механизма. Рассмотрена кинематическая схема грузоподъемного механизма, содержащая асинхронный двигатель с фазным ротором, электромагнитный тормоз, редуктор, шкив намотки троса, трос, груз. Составлена расчетная схема кинематической цепи грузоподъемного механизма. Выполнено математическое описание работы асинхронного двигателя с фазным ротором при питании по цепи статора и ротора в системе координат  $x - y$  с учетом реализации режима удержания. Получена нелинейная математическая модель асинхронного двигателя с фазным ротором и его структурная схема. Выполнена линеаризация структурной схемы в рабочей точке. Получены передаточные функции, характеризующие: изменение частоты вращения при изменении напряжения ротора, изменение частоты вращения при изменении момента сопротивления. Выполнено моделирование и сравнение переходных процессов, полученных на основании нелинейной и линеаризованной моделей асинхронного двигателя. Разработана компьютерная модель электропривода и выполнено моделирование режима работы с изменением напряжения ротора и наложением тормоза.

**В третьей главе** выполнен синтез системы управления электропривода грузоподъемного механизма. Разработана структурная схема системы подчиненного регулирования АДФР с внутренним контуром момента и внешним контуром скорости, содержащая преобразователи в цепях статора и ротора. Выполнен синтез параметров корректирующего устройства в режиме удержания, регуляторов момента и скорости в режиме регулирования скорости, корректирующего устройства обеспечивающего подавление колебаний в режиме регулирования скорости, корректирующего устройства обеспечивающего частичную инвариантность к изменению момента инерции ЭП. Проведено компьютерное моделирование режимов удержания и регулирования скорости, разработанного двухконтурного электропривода грузоподъемного механизма с учетом нелинейной модели асинхронного двигателя. Получены графики переходных процессов перемещения, скорости и ускорения груза подтверждающие возможность регулирования и перехода в режим удержания с ограничением ускорения груза.

**В четвертой главе** дано описание экспериментальной установки, выполнены экспериментальные исследования на физической установке. Выполнено моделирование работы регулятора – коммутатора совместно с асинхронным двигателем и получены графики динамических и статических механических характеристик асинхронного двигателя при изменении напряжения с помощью регулятора – коммутатора. Предложены измерители электромагнитного момента асинхронного двигателя, скорости асинхронного двигателя на основании математической обработки полученных зависимостей токов и напряжений. Получены экспериментальные графики переходных процессов скорости вращения двигателя и перехода в режим удержания в разомкнутой системе и системе с обратными связями по скорости вращения и моменту двигателя.

**В заключении** сформулированы основные выводы и результаты диссертационной работы.

**В приложениях** к диссертационной работе представлены акты о внедрении результатов диссертационного исследования.

**Исходя из анализа содержания** работы можно сделать вывод, что диссертационная работа Мурзакова Д.Г. обладает внутренним единством, опубликованные работы свидетельствует о личном вкладе автора. Данное исследование изложено грамотно, используется принятая терминология. Диссертационная работа и автореферат соответствуют требованиям паспорта специальности 2.4.2 – «Электротехнические комплексы и системы».

### **Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации**

Содержание текста автореферата в полной мере соответствует тексту диссертационной работы и отражает все основные положения. Материалы автореферата дают полное представление о научных результатах работы.

### **Достоверность и обоснованность положений, выводов, рекомендаций и результатов**

Достоверность выводов, положений и полученных в диссертационном исследовании результатов обеспечивается корректным использованием математического аппарата, современных аналитических и экспериментальных методов исследования. Предлагаемая система управления и методика синтеза системы апробированы на практике и подтверждены результатами экспериментального исследования.

### **Публикации и апробация работы**

Все основные положения диссертационной работы в достаточной степени отражены в 13 печатных работах, из них 5 статей в изданиях из перечня ВАК РФ, 1 статья в журнале, рецензируемом базами данных Scopus, 1 патент РФ на изобретение, 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

### **Новизна диссертационной работы**

Научная новизна заключается в следующем:

1. Разработана линеаризованная математическая модель электротехнического комплекса, отличающаяся учетом двухканального управления асинхронным электроприводом, позволяющая исследовать режимом удержания груза.

2. Предложен способ структурного построения электропривода грузоподъемного механизма с ограничением рывка и обеспечением режима удержания груза.

3. Разработана методика синтеза регуляторов асинхронного электропривода, позволяющая получить требуемые переходные процессы, основанная на выборе желаемых передаточных функций разомкнутых контуров, и обеспечивающая монотонный характер переходных процессов.

### **Практическое значение диссертационной работы**

Результаты, рекомендации и выводы диссертационной работы представляют научный и практический интерес ввиду возможности их применения при модернизации электроприводных комплексов грузоподъемных механизмов. Значимость полученных автором результатов подтверждается актами внедрения. Среди основных элементов практической значимости можно выделить ограничение рывков скорости и обеспечение электромеханического удержания при использовании разработанной системы управления. Электрическая система удержания груза упрощает работу машиниста крана, исключает кратковременное опускание груза при переходе от режима движения груза к режиму удержания в неподвижном состоянии. Созданные элементы управления асинхронным электроприводом позволяют выполнять модернизацию грузоподъемного механизма без изменений механической части привода.

### **Личный вклад соискателя в разработку научной проблемы**

Личный вклад соискателя Музакова Д.Г. в разработку темы диссертации и научной проблемы состоит в решении всех поставленных в диссертации задач, разработке новой системы двухканального управления асинхронным электроприводом, улучшающей условия работы машиниста крана.

**Отсутствие в диссертации использования заимствованного материала без ссылки на автора и источник заимствования, результатов научных работ, выполненных соискателем ученой степени в соавторстве, без ссылок на соавторов**

В диссертации, по мнению оппонента, не содержится использования заимствованного материала без ссылки на автора и источник заимствования, результатов научных работ, выполненных соискателем ученой степени в соавторстве, без ссылок на соавторов.

**По материалам диссертации имеются замечания и вопросы:**

1. Почему при моделировании в начальный момент пуска кранового механизма нет нагрузки. Нагрузка набрасывается через 0.3 секунды после пуска. Хотя технологический процесс подъема груза предусматривает пуск привода не только при условии провисания грузоподъемного каната, но и при висячем состоянии груза при натянутых канатах, то есть под нагрузкой.
2. Разработанные компьютерные модели позволяли измерить и показать не только приведенные в диссертации основные выходные переменные: скорость, момент, ток статора, но и другие электрические переменные, характеризующие работу двигателя, например, мгновенные значения тока ротора.
3. Не пояснено каково кратность пускового момента по отношению к номинальному значению на графике рис.3.17, почему в этом случае нет ограничения величины пускового момента.
4. Не объяснено подробно, в том числе с энергетической точки зрения, почему выгоднее менять систему резистивного управления асинхронного двигателя с фазным ротором (АДФР) на предлагаемую систему, по сравнению с уже широко применяемой системой частотного управления асинхронным короткозамкнутым двигателем. Типовые преобразователи частоты от «Шнайдер Электрик» имеют возможность векторного

управления, достаточно точно обеспечивают поддержание скорости и момента. При этом, в случае применения активного выпрямителя способны обеспечивать рекуперацию энергии в сеть при опускании груза.

5. Не проведено сравнение предлагаемого электропривода на основе АДФР с другими известными и используемыми на практике системами управления этим двигателем, например с импульсной системой - с выпрямителем, резистором и импульсным коммутатором в звене постоянного тока.
6. На фотографии установки видно, что электромашинный агрегат оснащен цифровым энкодером. В работе приведена методика косвенного расчета скорости. Не совсем понятно сравнивались эти значения или нет, почему при наличии энкодера предлагается вычислять скорость косвенно, через выпрямленные значения напряжения и токов.
7. В конструкции разработанного нестандартного преобразователя смущает наличие резистора в звене постоянного тока, он что разрядный? Каково его сопротивление по сравнению с сопротивлением одной фазы обмотки статора или ротора. При этом на рис. 2.20 в схеме компьютерной модели резистора нет.
8. По тексту диссертации имеются опечатки, хотя их количество незначительно.
9. В автореферате на рисунках 5-8, 11, 12 оси подписаны шрифтом, отличающимся от основного текста автореферата.

Вышеуказанные замечания по диссертационной работе и автореферату не снижают научной ценности диссертационной работы.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Считаю, что диссертационная работа представляет собой завершенную научно-исследовательскую работу, направленную на повышение работоспособности, удобства эксплуатации и улучшение динамических

характеристик асинхронного электропривода механизма подъема крана. По научному содержанию, новизне исследований, обоснованности выводов, практической значимости результатов, по изложению и оформлению соответствует требованиям пунктов 9...14 раздела II Критериев, которым должны соответствовать диссертации на соискание ученых степеней «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842 (ред. от 26.09.2022), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Мурзаков Дмитрий Геннадьевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2 – Электротехнические комплексы и системы.

**Официальный оппонент**

Доктор технических наук, проф.

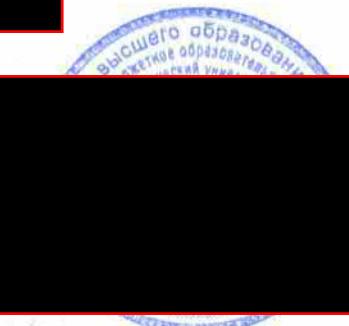
заведующий кафедрой

«Электропривод» ФГБОУ ВО

«Липецкий государственный

технический университет»

**Мещеряков Виктор Николаевич**



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Липецкий государственный технический университет»,

Адрес: 398055, г. Липецк, ул. Московская, 30

Тел.: 8 (4742) 32-80-56

E-mail: [mesherek@yandex.ru](mailto:mesherek@yandex.ru)

Подпись Мещерякова В. Н. заверяю \_\_\_\_\_



Подпись, печать

Специалист ОК ЛГТУ

\_\_\_\_\_ да