

ОТЗЫВ

**на автореферат диссертации Логинова Б.М.,
выполненной на тему**

**«Совершенствование электротехнических комплексов прокатных станов
на основе концепции объектно-ориентированных цифровых двойников»,
представленной на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы**

Актуальность работы

Разработка цифровых двойников автоматизированных электроприводов и цифровых систем управления агрегатов прокатного производства является сложной наукоемкой задачей. Ее актуальность обусловлена строительством новых и реконструкцией действующих прокатных станов на отечественных металлургических заводах. Большое количество постоянно изменяющихся влияющих факторов делает неизбежным необходимость корректировки проектных решений с учетом опыта эксплуатации. Специфика электротехнических комплексов прокатных станов требуют всесторонних научных исследований, основанных на результатах физических и вычислительных экспериментов, анализе и статистической обработке координат электротехнических систем и параметров прокатки. Такой подход начинает применяться во многих областях промышленности и находится в соответствии с современными технологиями цифровых двойников. В диссертации развиваются современные цифровые методы к исследованию электротехнических комплексов прокатных станов. Можно отметить, что разработку технологий обеспечения виртуального ввода в эксплуатацию и виртуальных пуско-наладочных работ на основе аппаратного моделирования HIL (аббревиатура общеизвестна). Разработка таких методов безусловно является актуальной, хотя и мало применяется на металлургических предприятиях. Исследования в этом направлении и разработка новых подходов к проектированию и эксплуатации электротехнических комплексов на металлургических предприятиях позволит повысить экономическую эффективность и надежность производства в целом, поэтому диссертационная работа Логинова Б.М. является актуальной.

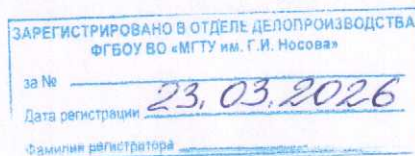
Основное содержание работы

Одной из ключевых задач интеллектуального производства является внедрение цифровых технологий и цифровых двойников (ЦД) на агрегатах, находящихся в эксплуатации на металлургических предприятиях. Диссертационная работа посвящена разработке и внедрению ЦД и цифровых алгоритмов управления мощными синхронными электроприводами валков горизонтальной клетки толстолистового стана 5000, электроприводами реверсивного стана 1700 холодной прокатки и широкополосных станов горячей прокатки 2000 и 2500.

Главными научно-практическими результатами диссертации являются:

1. Обоснование концепции объектно-ориентированных цифровых двойников, выполняемых с использованием общедоступного программного обеспечения и моделирования HIL. Они предназначены для виртуального ввода в эксплуатацию, управления и мониторинга состояния электротехнических комплексов прокатных станов.

2. Комплекс цифровых двойников-экземпляров электро- и гидроприводов, симуляторов технологических взаимосвязей и агрегированных ЦД прокатных агрегатов. Они разработаны на основе программных сред Simulink Real Time, Simscape, Codesys 3.5 и др.



3. Обоснование и практическое применение методики виртуальной настройки с использованием ПИЛ. Совершенствование алгоритмов управления в процессе пусконаладочных работ.

4. Анализ конфигурации и разработка ЦД и на основе ПЛК с многоядерными процессорами. Промышленная апробация в электротехнических системах прокатных станов.

5. Также следует отметить разработку способов согласования нагрузок двигателей валков прокатной клетки на основе адаптивного и нечеткого регуляторов деления нагрузок (РДН) и совершенствование алгоритмов управления электроприводами последовательно расположенных клеток.

Достоинством диссертации является ее практическая значимость. Согласно автореферату, все задачи, поставленные в работе, практически необходимы и обоснованы в ходе предварительных исследований прокатных станов Магнитогорского металлургического комбината. Электроприводы и автоматизированные системы управления агрегатов являются современными и соответствуют уровню мировых разработок. Поэтому совершенствование их электротехнических систем требует высокой квалификации и серьезного практического опыта, которые имеются у соискателя. Более того, в работе проведено большое количество работ, которые требуют владения современными программно-техническими средствами и языками программирования. Разработан комплекс математических моделей, реализованных в пакете Matlab Simulink и в среде Simscape Hydraulics. Разработаны алгоритмы нечеткого РДН и фильтра Калмана с дополненным вектором состояния. Это подтверждает достаточно высокий уровень практической и теоретической подготовки соискателя, его высокий творческий потенциал.

На основании исследований даны рекомендации по дальнейшей эксплуатации и расширенному внедрению разработанных систем и алгоритмов управления, что позволит повысить конкурентоспособность продукции не только ПАО «ММК», но и других подобных предприятий. Поэтому технико-экономическая эффективность результатов диссертационного исследования и перспективы их использования не вызывают сомнений.

Замечания

При прочтении автореферата возникли следующие замечания и вопросы.

1. Несмотря на существующие разнообразные термины в области цифровых двойников, в РФ принят ГОСТ Р 57700.37-202, в котором определены основные термины из этой области. В работе не всегда используются термины, закрепленные в стандарте, в частности, не вполне ясен смысл введения термина «двойникование».

2. В работе разработана концепция «объектно-ориентированных» ЦД. Однако из автореферата не ясна оригинальность этой концепции, так как результатом является использование двойников-прототипов и двойников-экземпляров, что является типовой и общепринятой методикой. В чем заключается новизна предложенного объектно-ориентированного подхода, какие основные преимущества обеспечивает концепция объектно-ориентированных ЦД для электротехнических систем прокатных станов. Какие есть недостатки у такого подхода?

2. На рис. 9 показана структура контура регулирования скорости в среде Codesys 3.5, которая напоминает известную структуру в Matlab Simulink. Какие преимущества обеспечивает и какие недостатки имеет ПО Codesys по сравнению с Simulink Real Time? Почему в работе не используется одна универсальная программная платформа, например, Matlab/Simulink?

3. На рис. 4 приведен пример модели электропривода, при этом нагрузка двигателя представлена идеальным источником скорости. Каким образом определяется скорость этого источника, имеется ли и насколько полной является модель нагрузки электропривода? Учитываются ли в них отклонения параметров оборудования в зависимости от загрузки, внешних условий и т.п.?

Указанные замечания и вопросы не снижают значимость полученных научных и практических результатов диссертации.

Заключение

Предложенное направление развития электротехнических систем прокатных станков, осуществляемое за счет внедрения цифровых алгоритмов управления, разработанных на основе новой концепции объектно-ориентированных цифровых двойников, является актуальным, востребованным и перспективным. Положения, выносимые на защиту, являются новыми и достоверными. В работе содержатся научно-обоснованные технические разработки, имеющие существенное значение для металлургической отрасли Российской Федерации.

В целом, представленная работа отвечает требованиям пунктов 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. Автор диссертации Логинов Борис Михайлович заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы.

Профессор кафедры электротехники
и электрооборудования предприятий
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный
нефтяной технический университет»,
д-р техн. наук, доцент



Саттаров Роберт Радилович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (ФГБОУ ВО «УГНТУ»)

Адрес: 450064, Россия, г. Уфа, ул. Космонавтов 1.

Тел.: (347) 242-07-59; факс: (347) 242-07-59

E-mail: sattar.rb@gmail.com

Докторская диссертация Саттарова Р.Р. защищена по специальности 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления.

Подпись Саттарова Р.Р. заверяю,
начальник отдела по работе с персоналом



О. А. Дадаян

17.03.2026