

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Петровым Владиславом Анатольевичем на тему «Повышение эффективности системы управления электроприводом прокатных клетей на основе оперативной нейросетевой настройки», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» (промышленность), и состоявшейся в НИТУ «МИСиС» 8 октября 2019 года.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ «МИСиС» 24.06.2019, протокол №10.

Диссертация выполнена на кафедре «Автоматизированные и информационные системы управления» Староскольского технологического института им. А.А. Угарова (филиала федерального автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»).

Научный руководитель - Ерёменко Юрий Иванович, доктор технических наук профессор, заведующий кафедрой «Автоматизированные и информационные системы управления» Староскольского технологического института им. А.А.Угарова (филиал «НИТУ «МИСиС»)

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ «МИСиС» (протокол № 10 от 24.06.2019 г.) в составе:

1. Шкундин Семён Захарович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой электротехники и информационно-измерительных систем НИТУ МИСИС – председатель комиссии;

2. Соколов Сергей Михайлович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий сектором, Федеральное государственное учреждение "Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук";

3. Кубрин Сергей Сергеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук»;

4. Салихов Зуфар Гарифуллович, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Лаборатории №41, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук»;

5. Бурковский Виктор Леонидович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой электропривода, автоматики и управления в технических системах, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет»

В качестве ведущей организации утверждено Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Липецкий государственный технический университет».

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

1. Предложена идея использования нейросетевого настройщика линейных регуляторов для адаптивного управления прокатными клетями, на основе которой разработан способ и средства его реализации. Разработка реализована в виде подхода к оперативному обучению нейронных сетей с одним скрытым слоем, в рамках которого скорость такого обучения определяется с помощью алгоритмов, формализующих опыт (экспертов) высококвалифицированного инженера АСУТП, ответственного за настройку регуляторов системы управления электроприводом постоянного тока прокатных клеток, в реальном времени обеспечивающих повышение энергоэффективности процессов управления.

2. Разработаны алгоритмы обучения нейронной сети для настройки параметров регулятора тока при формировании задания по току с помощью регулятора скорости и для настройки параметров регулятора скорости для ступенчатых и линейно нарастающих с ограничением форм заданий, отличающиеся тем, что скорости обучения конкретного нейрона искусственной нейронной сети являются контролируемыми, что обеспечивает надёжный захват заготовки прокатными валками за счёт снижения времени компенсации возмущающих динамических усилий.

3. Выявлена, формализована и проверена экспериментально зависимость коэффициентов настраиваемых линейных регуляторов от качества переходных процессов, выраженная в виде совокупности логистических регрессий, формы которых в дальнейшем подвергаются процедуре взвешенного голосования (искусственной нейронной сети). Данная зависимость позволяет с исключением человеческого фактора достигать максимально возможного качества переходных процессов за счёт изменения коэффициентов регулятора в процессе эксплуатации прокатного стана.

4. На основе анализа динамики процессов, происходящих в системе управления, связанных с «захватом заготовки» валками клетки, разработан подход к динамическому изменению параметров регулятора скорости позволяющий снизить динамические усилия в механических узлах объекта управления

5. Разработан алгоритм согласования, обеспечивающий синхронную работу двух нейросетевых настройщиков для контуров тока якоря и скорости.

6. Разработан программный комплекс, реализующий процесс функционирования системы адаптивного управления электроприводом постоянного тока в среде LabVIEW.

Теоретическая значимость работы заключается в разработке способа настройки регуляторов (тока и скорости) главного электропривода прокатной клетки, реализуемого в режиме реального времени и не требующего наличия модели объекта управления.

Разработанные базы правил позволяют расширить представления о возможностях обучаемых нейросетей в смысле выявления изменения параметров объекта управления и возможностей изменения настройки регуляторов для обеспечения требуемого качества управления в каждый момент времени.

Применительно к проблематике диссертации результативно использованы разработанные алгоритмы управления качеством переходных процессов, возникающих в процессе управления прокатными клетями.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что разработанная адаптивная система использована в промышленных приводах ОАО ОЭМК (Старый Аскол).

Оценка достоверности результатов исследования выявила воспроизводимость результатов моделирования в реальных условиях, их согласование с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации.

Личный вклад соискателя состоит в:

- непосредственном участии соискателя в получении и обработке исходных данных, позволивших сформулировать новую идею, в разработке нейросетевой модели и затем нейросетевого настройщика для метода оперативного обучения нейронных сетей с одним скрытым слоем, в рамках которого скорость такого обучения определяется с помощью разработанных алгоритмов;
- непосредственном участии в апробации и испытаниях разработанной системы для управления электроприводом постоянного тока, на агрегатах National Instruments и Simens;
- обработке и интерпретации экспериментальных данных, подготовке основных публикаций по выполненной работе.

Соискатель представил 26 опубликованных работ, из них 10 в рецензируемых научных изданиях из перечня, утвержденного Минобрнауки России, и 8 опубликованных в изданиях, индексируемых в наукометрических базах данных Web of Science, Scopus.

Пункт 2.6 Положения присуждения ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук НИТУ «МИСиС» соискателем ученой степени не нарушен.

Диссертация Петрова Владислава Анатольевича соответствует критериям п. 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ «МИСиС», так как в ней на основании выполненных автором исследований решена задача создания нового подхода и средств эффективного управления главным приводом прокатных клетей, имеющих важное значение для развития общей методологии построения нейронных сетей и практики металлургического производства.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Петрову Владиславу Анатольевичу ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» (промышленность).

При проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве 4 человек, участвовавших в заседании, из 5 человек, входящих в состав комиссии, проголосовала: за 4, против - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель Экспертной комиссии



Шкудин С.З.