Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
Образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

На правах рукописи

Горохов Антон Викторович

Разработка и исследование главного электропривода чистовой клети сортопроволочного стана

Направление подготовки

13.04.02 – «Электроэнергетика и электротехника»

АВТОРЕФЕРАТ

МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

2023

Работа выполнена в ФГОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Научный руководитель Кандидат технических наук
доцент кафедры
Дерюжкова Нелли Егоровна

Рецензент Кандидат технических наук
Бакаев Виктор Викторович

Защита состоится 03 марта 2023 года в 09 часов 00 минут на заседании государственной экзаменационной комиссии по направлению подготовки 13.04.02 – «Электроэнергетика и электротехника» в Комсомольском-на-Амуре государственном техническом университете по адресу: 681013, г. Комсомольский-на-Амуре, пр. Ленина, 27, ауд. 104/3.

Автореферат разослан 22 февраля 2023 г.

Секретарь ГЭК А. В. Бузикаева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследований, связанных с интенсификацией производства сортопроволочных станов, на сегодняшний день, во многом определяется использованием слиттинг-процесса. Основная идея этой технологии, заключается в возможности одновременного формирования нескольких видов сортового металлопроката из одной заготовки в процессе горячей прокатки. Такой подход позволяет не только снизить затраты энергии и материальных ресурсов, но и повысить параметры качества. Широкое применение технологии прокатки слиттинг-процессом за рубежом, показывает возможность увеличения производительности стана на 20-35 % и снижения расхода энергии при нагреве до 10-30 %.

Тем не менее, слиттинг-процесс при горячей прокатке характеризуется большим количеством выходных параметров, среди которых, не только механические и термические параметры, но и пространственные, такие как – деформация, обусловленная характером течения металла в проходе продольной резки. Таким образом, необходима разработка автоматизированной системы управления электроприводом группы чистовых клетей сортопроволочного стана для реализации слиттинг-процесса.

Объектом исследования является чистовая группа клетей сортопроволочного стана горячей прокатки.

Предметом исследования является автоматизированная система управления главным электроприводом двадцатой клети сортопроволочного стана горячей прокатки.

Целью работы является разработка и исследование главного электропривода чистовой клети сортопроволочного стана.

В соответствии с целью работы решались следующие основные задачи:

1. выполнить расчет энергосиловой загрузки чистовой группы клетей и дать технико-экономическое обоснование разработки главного электропривода двадцатой клети для реализации слиттинг-процесса;

- выполнить разработку силовой части главного электропривода двадцатой клети и обосновать выбор элементов силовой части;
- выполнить расчет параметров системы двузонного регулирования скорости главного электропривода двадцатой клети;
- провести исследование динамических характеристик регулирования скорости и разработать автоматизированную систему управления главным электроприводом для реализации слиттинг-процесса.

Методическая и теоретическая основа диссертационной работы. В работе используются обобщенные опытные данные результатов прокатки заготовки при различных значениях диаметров валков и температуре нагрева заготовки в интервале температур, методы оценки производительности стана, методы оценки энергоэффективности электропривода, анализ прочности основных элементов главной линии чистовой клети, методика определения параметров схемы замещения асинхронной машины, на основе данных каталога, методика определения проекций токов на оси ординат.

Научная новизна результатов полученных в данной работе заключается в следующем:

1. Разработана силовая часть главного электропривода двадцатой клети для двузонного регулирования скорости при реализации слиттинг-процесса.

2. Разработана автоматизированная система управления слиттинг-процессом в чистовой группе клетей, посредством внедрения специализированной архитектуры резервирования.

3. Выполнено математическое и имитационное моделирование автоматизированной системы управления слиттинг-процессом в чистовой группе клетей.

Достоверность полученных результатов определяется математическим и имитационным моделированием, а также анализом динамических характеристик системы регулирования скорости.

Практическое значение работы заключается в обосновании необходимости двузонного регулирования скорости главного электропривода чистовой группы клетей при реализации слиттинг-процесса, а также использования автоматизированной системы управления слиттинг-процессом для своевременного регулирования входных и выходных параметров прокатки.

Публикации. По результатам диссертационной работы опубликовано 2 печатных работы.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованных источников. Общий объем работы 119 страниц. Диссертация содержит 18 рисунков и 14 таблиц. Список использованных источников содержит 21 наименование.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении отмечена актуальность исследований, связанных с интенсификацией производства сортопроволочных станов. Обоснованы задачи модернизации главного электропривода чистовой группы клетей. Отмечена недостаточность проектных решений при реализации слиттинг-процесса. Сформулированы цель и задачи диссертационной работы.

В первой главе дана характеристика непрерывного мелкосортно-проволочного стана 320/150. Рассмотрен технологический процесс сортовой прокатки с обозначением всех узлов технологического потока. Отмечен режим работы чистовой группы клетей, состоящих из шести клетей.

Выполнен расчет силовой загрузки оборудования при различных значениях диаметров валков и температуре нагрева заготовки в интервале 1100-1200 ˚С. Расчеты выполнены для профилей, конечная скорость прокатки которых ограничивается загрузкой электродвигателя чистовой клети.

Дано технико-экономическое обоснование разработки главного электропривода двадцатой клети для реализации слиттинг-процесса. В части оценки эффективности замены электродвигателя мощностью 550 кВт чистовой клети стана на электродвигатель мощностью 1000 кВт выполнен расчет изменения производительности стана при прокатке профилей сортамента с различными конечными скоростями: регламентированными технологическими инструкциями, рекомендованными по результатам работы и найденными в результате настоящего исследования.

При оценке энергоэффективности модернизированного электропривода проведен сравнительный анализ потребления электрической энергии при прокатке одной заготовки на старом и модернизированном оборудовании с использованием слиттинг-процесса арматурной стали 14 и 16 профиля.

Во второй главе выполнен проверочный расчет мощности двигателя главного привода, его назначение заключается в выяснении возможности выполнения предварительно выбранным двигателем заданной программы прокатки. Исходными материалами при поверочном расчете мощности прокатного двигателя служат сортамент, расчетная производительность стана и программа прокатки. На основании расчёта выбран двигатель типа: GC 50.14-40/32+LWK мощность 1000 кВт.

Как известно, в регулируемых электроприводах постоянного тока в качестве источников питания используются, как правило, тиристорные преобразователи, имеющие малую мощность управления, высокий КПД и большую надежность. Они являются универсальным средством преобразования переменного напряжения питающей сети в регулируемое постоянное.

В данной главе обоснован выбор комплектного тиристорного электропривода серии Simoreg и выполнен расчёт элементов его силовой части.

Также произведен анализ прочности основных элементов главной линии чистовой клети. Обоснован выбор комплектного тиристорного электропривода и выполнен расчет элементов его силовой части.

В третьей главе выполнен расчет параметров системы двузонного регулирования скорости главного электропривода двадцатой клети.

Разработана структурная схема системы управления электропривода с двухзонным регулированием скорости (рисунок 1).

В состав структурной схемой системы регулирования входят основные звенья:

- регулятор тока;
- регулятор тока возбуждения;
- регулятор скорости;
- регулятор ЭДС;

Для реализации астатической системы регулирования регулятор скорости настроен на симметричный оптимум.

Для автоматической коррекции настроек регулятора скорости и регулятора ЭДС в структуре применяются множительно-делительное устройство и делительное устройство.

Для оптимизации контура возбуждения в цепи обратной связи включен функциональный преобразователь (ФП) воспроизводящий кривую намагничивания двигателя.

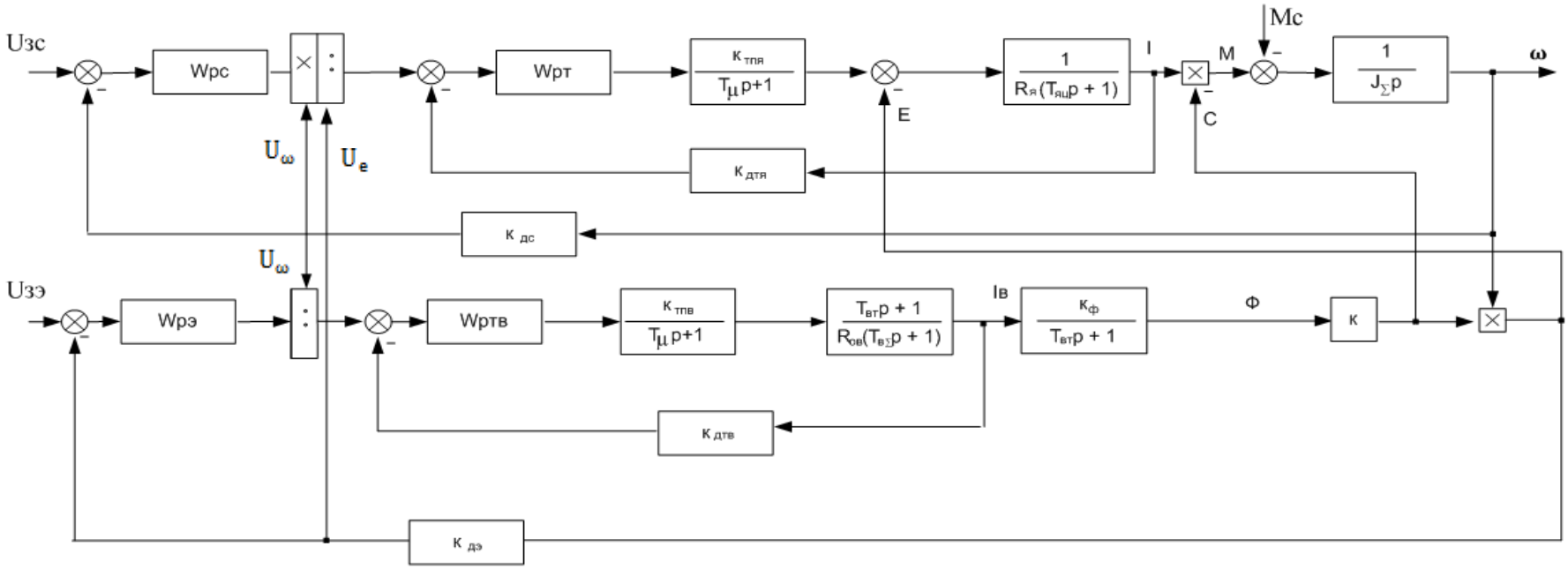

Рисунок 1– Структурная схема системы электропривода с двухзонным регулированием скорости

<u>В четвертой главе</u> проведено исследование динамических характеристик системы регулирования скорости. Структурная схема системы регулирования скорости двадцатой клети изображена на рисунке 1. На основании данной структурной схемы была разработана имитационная модель двухзонного регулирования, представленная на рисунке 2.

Из графика 3 следует, что переходный процесс по скорости и току заканчивается за 0,15 с.

Результаты моделирования переходного процесса тока якоря и скорости двигателя с использованием задатчика интенсивности, набросом и снятием нагрузки представлены на рисунках 4 и 5. На рисунке 6 – реальный график переходного процесса тока якоря и скорости двигателя клети №20 во время прокатки раската.

В результате из графиков переходных процессов по скорости видно, что статическая просадка по скорости Δω отсутствует, скорость достигает номинального значения $\omega_{н} = 72{,}3$ с$^{-1}$. Время переходного процесса по возмущающему воздействию 0,1 с.

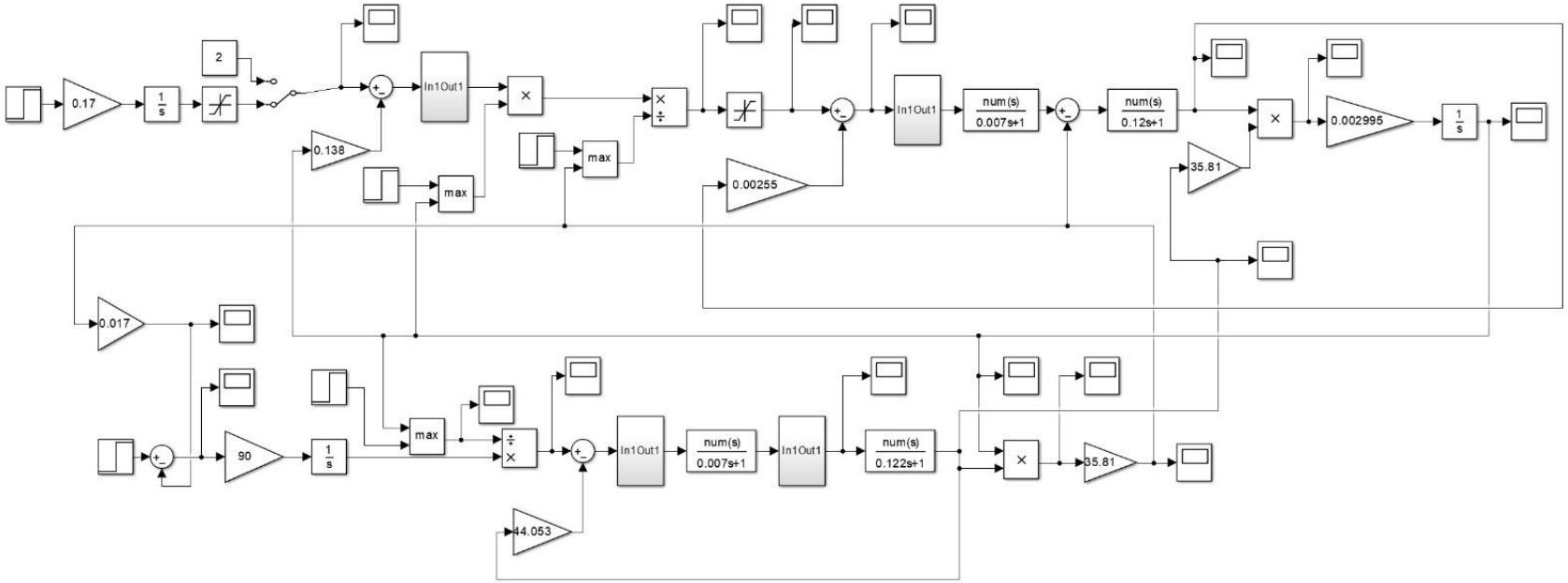

Рисунок 2 – Имитационная модель системы двухзонного регулирования скорости

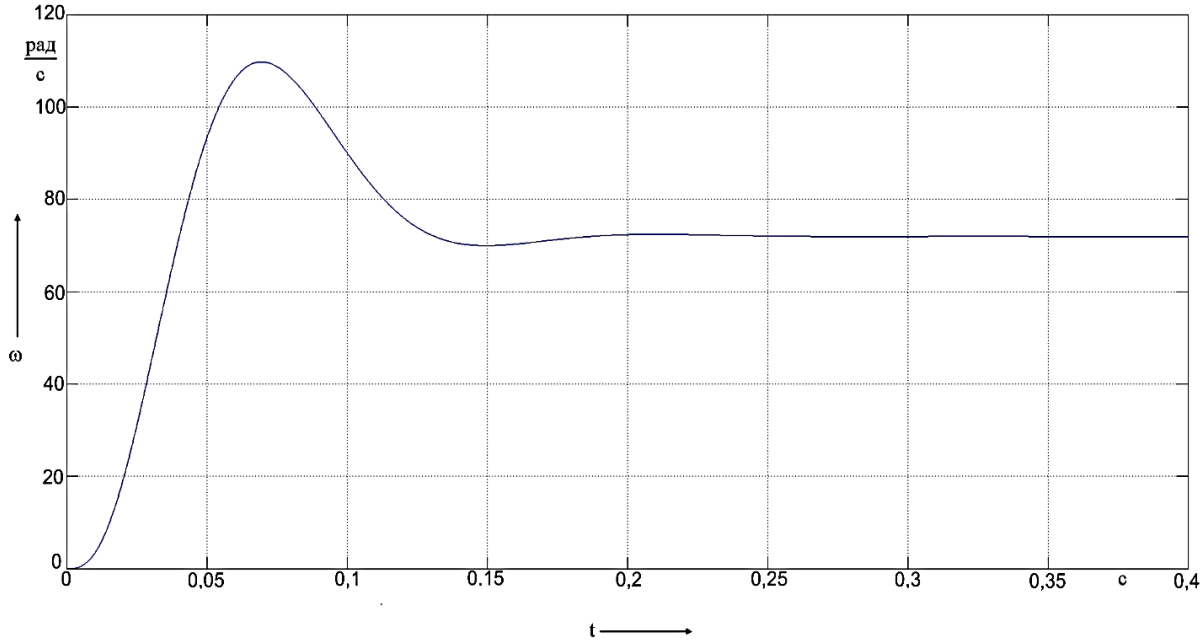

Рисунок 3 – Кривая переходного процесса скорости электродвигателя при разгоне до номинального значения

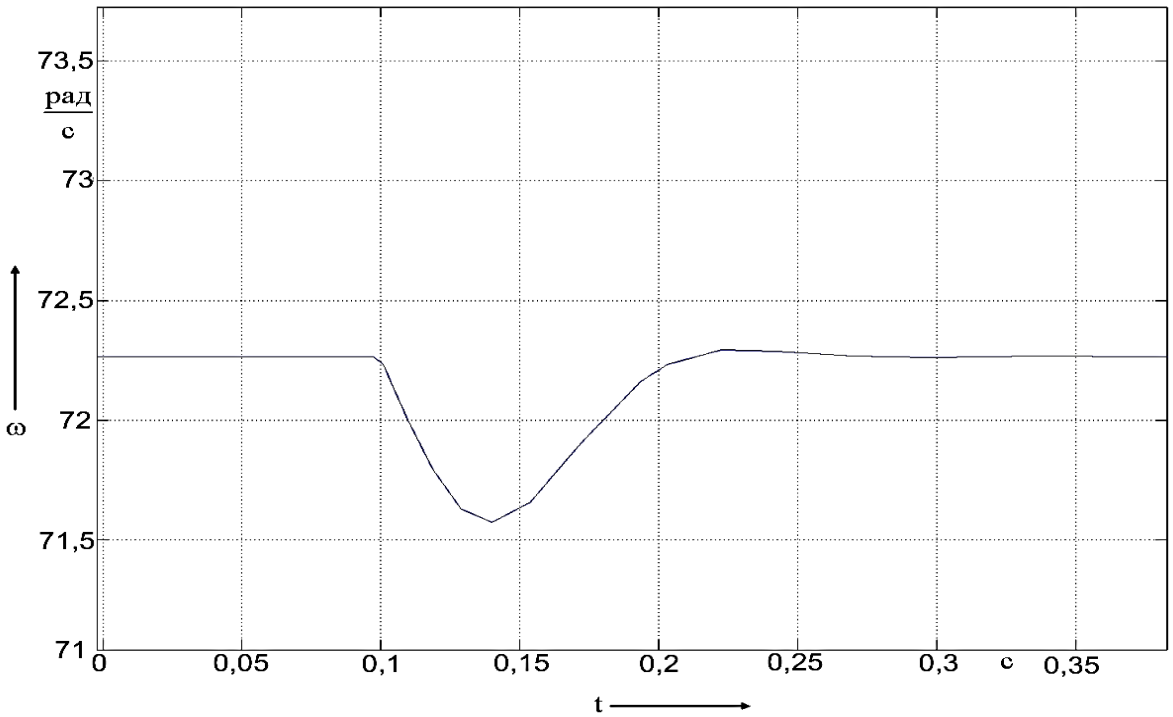

Рисунок 4 – Кривая переходного процесса скорости двигателя при наброске нагрузки

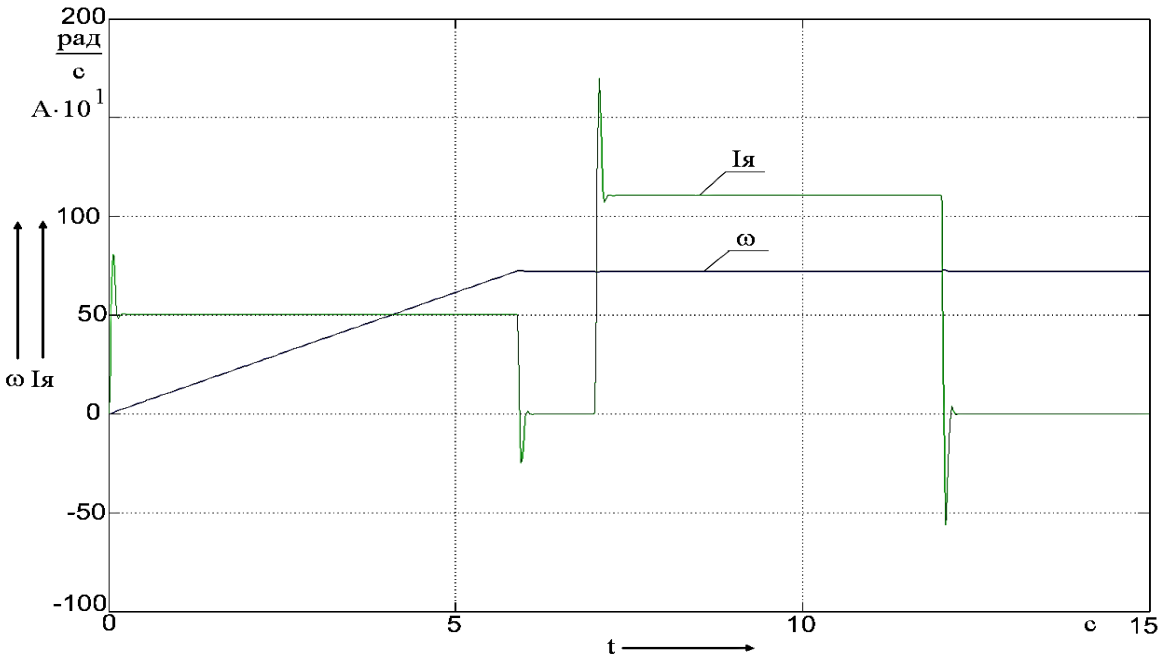

Рисунок 5 – Смоделированная кривая переходного процесса тока якоря и скорости двигателя с использованием задатчика интенсивности, набросом и снятием нагрузки

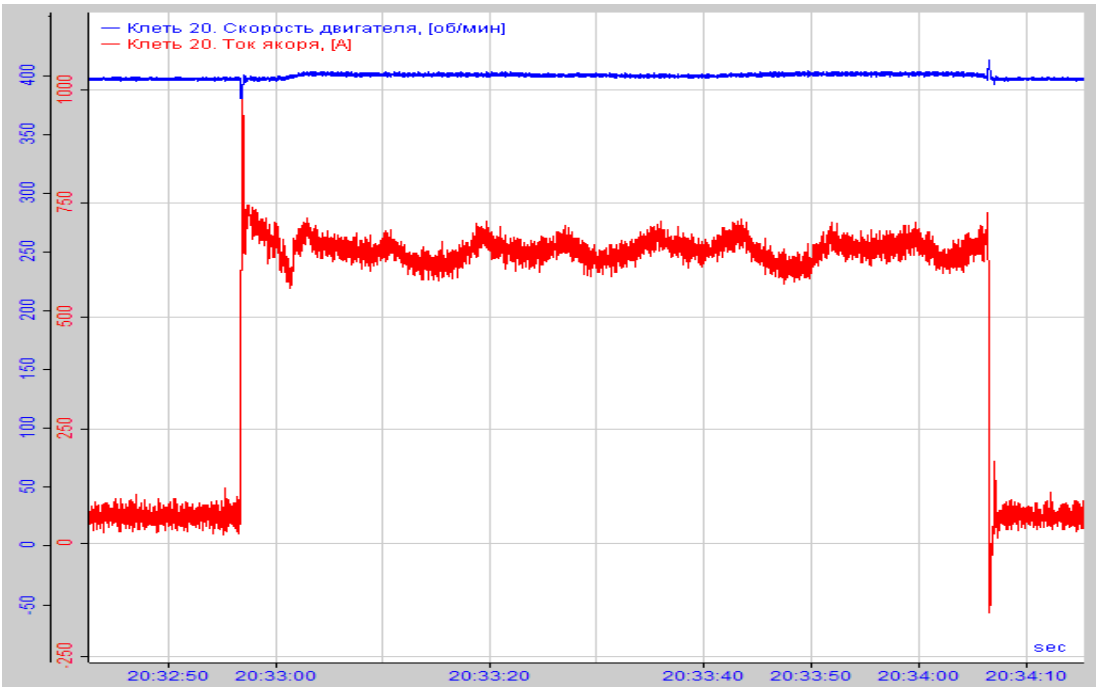

Рисунок 6 – Реальный график переходного процесса тока якоря и скорости двигателя клети №20 во время прокатки раската

<u>В пятой главе</u> выполнена разработка автоматизированной системы управления слиттинг-процессом (АСУ ТП) в чистовой группе клетей.

Как известно, АСУ ТП строится как иерархическая система управления. Непосредственное управление станом осуществляется локальными управляющими устройствами или программируемыми логическими контроллерами (ПЛК), составляющими нижний уровень иерархии. Следующий уровень образуют локальные системы, управляющие отдельными участками (зонами) стана, например, зоной нагревательных печей, группой чистовых клетей и т.д. На верхнем уровне иерархии располагается система управления станом в целом, взаимодействующая с его зональными системами управления.

Функциональные задачи АСУ ТП (рисунок 5) прокатного стана могут быть классифицированы по следующим признакам:

– стадия управления;
– вид объекта управления;
– период управления;
– характер задачи управления;
– вид управляемых показателей.

Рисунок 5 – Блок-схема функциональных задач АСУ ТП прокатного стана

В качестве логического решателя выбран ПЛК отечественного производства от группы компаний «ОВЕН» - ПЛК 110-MS4 [M02] (рис. 6) контроллер с исполнительной средой MasterSCADA 4D.

Рисунок 6 – ПЛК110-MS4 [M02] контроллер с исполнительной средой MasterSCADA 4D

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ ПО ДИССЕРТАЦИИ

1. В результате проведенных исследований установлено, что энергосиловая загрузка чистовой группы клетей напрямую связана с геометрией профиля, диаметром валков и температурой нагрева заготовки в заданном интервале. Выполнен расчет для профилей, конечная скорость прокатки которых ограничивается загрузкой электродвигателя чистовой клети.

2. Замена электродвигателя мощностью 550 кВт чистовой клети стана на электродвигатель мощностью 1000 кВт обусловлена как реализацией слиттинг-процесса, так и изменением производительности стана при прокатке профилей сортамента с различными конечными скоростями. Из расчетов видно, что при замене электродвигателя и освоение технологии слиттинг-процесса арматурной стали 14 и 16 профиля количество потребляемой энергии сократиться в следствии уменьшении времени прокатки. Таким образом, полученные результаты позволяют сделать вывод, что при установке нового электродвигателя основным параметром, лимитирующим режим прокатки, будет развиваемый этим электродвигателем крутящий момент. При работе нового электродвигателя без перегрузки, условие прочности элементов главной линии чистовой рабочей клети будет выполнено.

3. Разработана силовая часть главного электропривода двадцатой клети для реализации слиттинг-процесса, представляющая собой совокупность тиристорного преобразователя, системы регулирования и необходимой аппаратуры защиты и управления. Задача регулирования координат электропривода возлагается на систему, построенную на основе универсальной блочной системы регуляторов и других элементов.

4. Выполнена разработка системы двухзонного регулирования скорости с зависимым управлением в функции ЭДС двигателя.

5. Выполнена разработка имитационной модели для исследования динамических характеристик электропривода двадцатой клети с двухзонным регулированием. Для повышения точности системы контур скорости с регулятором скорости настроен на симметричный оптимум, в результате из

графиков переходных процессов по скорости видно, что статическая просадка по скорости $\Delta\omega$ отсутствует, скорость достигает номинального значения $\omega_н = 72{,}3$ с$^{-1}$. Время переходного процесса по возмущающему воздействию 0,1 с. Разгон двигателя до необходимой скорости осуществляется при помощи формирователя разгона за 4 с.

6. Разработана автоматизированная система управления слиттинг-процессом (АСУ СП) в чистовой группе клетей. Предложенная АСУ СП состоит из контрольно-измерительных приборов, логического решателя (ПЛК) и исполнительного механизма. В качестве архитектуры резервирования выбрана – «MooN» («M-out-of-N») архитектура, учитывающая как общее количество компонентов (N), так и количество устройств необходимых для правильного функционирования (M). Контрольно-измерительными приборами в АСУ СП выступают: толщиномеры и месдозы. В качестве логического решателя – ПЛК «ОВЕН» семейства 110-MS4 с исполнительной средой Master SCADA 4D.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

1 Горохов, А.В. Энергосиловые параметры сортовой прокатки / А.В. Горохов, Н.Е. Дерюжкова // Производственные технологии будущего: От создания к внедрению: материалы VI Международной научно-практической конференции молодых ученых Комсомольск-на-Амуре, 5-11 декабря 2022 г. : в двух частях / редкол. : С. И. Сухоруков (отв. Ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2023. – Ч.1. – С24-26

2 Горохов, А.В. Аспекты математического описания непрерывной сортовой прокатки в режиме натяжения сортопроволочного стана / А.В. Горохов // История, современное положение и возможности инновационного развития общества: сборник статей Международной научно-практической конференции (2 декабря 2022г, г. Таганрог). - Уфа: OMEGA SCIENCE, 2022. – KON-469. – С. 47-50.