

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЦЕНТР НАУЧНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА
«НАУКА И ПРОСВЕЩЕНИЕ»**



НАУКА и ПРОСВЕЩЕНИЕ
МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЦЕНТР НАУЧНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА

**ВЫСОКИЕ
ТЕХНОЛОГИИ, НАУКА
И ОБРАЗОВАНИЕ:
АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ, ДОСТИЖЕНИЯ И ИННОВАЦИИ**

**СБОРНИК СТАТЕЙ VII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ,
СОСТОЯВШЕЙСЯ 27 ИЮНЯ 2020 Г. В Г. ПЕНЗА**

**ПЕНЗА
МЦНС «НАУКА И ПРОСВЕЩЕНИЕ»
2020**

УДК 001.1

ББК 60

В93

Ответственный редактор:

Гуляев Герман Юрьевич, кандидат экономических наук

В93

ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ, НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ, ДОСТИЖЕНИЯ И ИННОВАЦИИ: сборник статей VII Всероссийской научно-практической конференции. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2020. – 248 с.

ISBN 978-5-00159-479-6

Настоящий сборник составлен по материалам VII Всероссийской научно-практической конференции «**ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ, НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ, ДОСТИЖЕНИЯ И ИННОВАЦИИ**», состоявшейся 27 июня 2020 г. в г. Пенза. В сборнике научных трудов рассматриваются современные проблемы науки и практики применения результатов научных исследований.

Сборник предназначен для научных работников, преподавателей, аспирантов, магистрантов, студентов с целью использования в научной работе и учебной деятельности.

Ответственность за аутентичность и точность цитат, имен, названий и иных сведений, а также за соблюдение законодательства об интеллектуальной собственности несут авторы публикуемых материалов.

Полные тексты статей в открытом доступе размещены в Научной электронной библиотеке Elib.ru в соответствии с Договором №1096-04/2016К от 26.04.2016 г.

УДК 001.1

ББК 60

© МЦНС «Наука и Просвещение» (ИП Гуляев Г.Ю.), 2020

© Коллектив авторов, 2020

ISBN 978-5-00159-479-6

УДК 621.3

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДВУХДВИГАТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПРОКАТНЫХ СТАНОВ

КУЗНЕЦОВ ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ,
КУЗНЕЦОВА ЕЛЕНА СТЕПАНОВНА,

к.т.н., доценты

ЛУЗИН ДМИТРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ,
ЗАЙЦЕВ НИКИТА СЕРГЕЕВИЧ

Магистры

Сибирский государственный индустриальный университет, г.Новокузнецк, Россия

Аннотация: Рассмотрено основное оборудование прокатного стана. На современных прокатных станах находит применение двухдвигательный электропривод, для которого основная проблема - оптимизация нагрузочных режимов. Для ее решения требуется разработать систему управления электроприводами, которая могла бы уравнивать моменты двигателей и предотвращать разницу скоростей.

Ключевые слова: электропривод, прокатный стан, двигатель, рабочая клеть, крутящий момент, распределение нагрузки, автоматическое регулирование скорости, верхний валок, нижний валок.

MAIN PROBLEMS OF TWO-ENGINE ELECTRIC DRIVE OF ROLLING MILLS

Kuznetsov Vladimir Alexandrovich,
Kuznetsova Elena Stepanovna,
Luzin Dmitry Alexandrovich,
Zaitsev Nikita Sergeevich

Abstract: Main equipment of rolling mill is considered. At modern rolling mills, a two-engine electric drive is used, for which the main problem is the optimization of load modes. To solve it, it is necessary to develop an electric drive control system that could equalize engine moments and prevent speed differences.

Keywords: electric drive, rolling mill, engine, working stand, torque, load distribution, automatic speed control, upper roll, lower roll.

На современных прокатных станах (в том числе импортного производства) широко применяется индивидуальный электропривод переменного тока с использованием в качестве прокатного двигателя синхронного электродвигателя.

Такой электропривод используется на ряде металлургических предприятий России для прокатки толстого листа на станах «5000». Станы оснащены современными автоматизированными агрегатами, расположенными в линии проката, начиная от нагревательных печей и заканчивая мостовыми кранами на складе, что позволяет организовать индивидуальное сопровождение каждого проката от момента его нагрева до момента отгрузки. Главным объектом реверсивного листопркатного стана является четырехвалковая горизонтальная клеть (рис. 1), усилие прокатки которой составляет 12000 тонн [1].

Автоматизированный электропривод клетки реализован по системе «Преобразователь частоты – синхронный двигатель», благодаря которой прокатная клетка обеспечена большой мощностью, высоким КПД и имеет широкий диапазон регулирования скоростей.

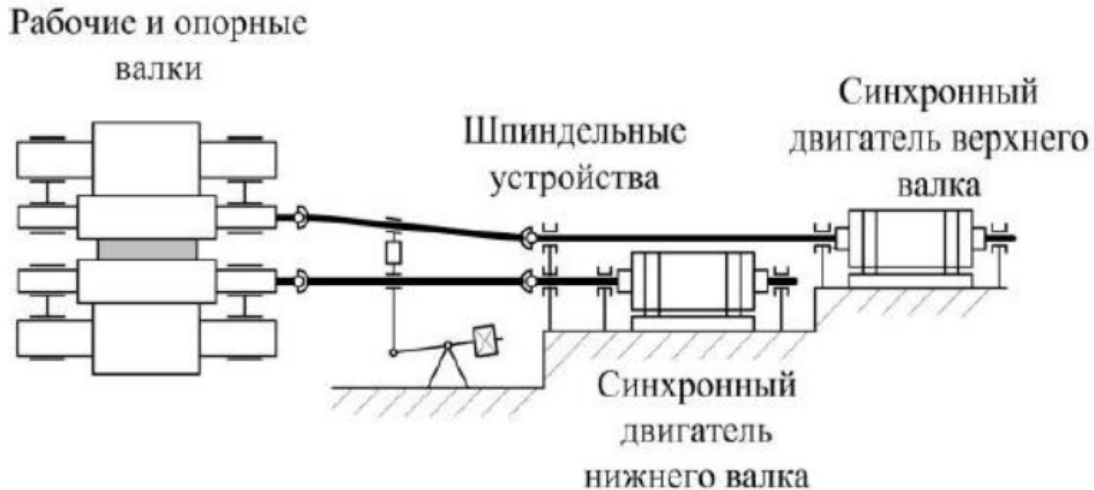


Рис. 1. Кинематическая схема четырехвалковой горизонтальной клетки стана 5000

Анализ отказов работы электрического и механического оборудования двухдвигательных реверсивных электроприводов прокатных станов (в т.ч. толсто-листопрокатных станов 5000) показывает, что они происходят из-за постоянных перегрузок электродвигателей, вызванных отклонением на 20% и более реальных параметров электропривода от рассчитанных в моделях прокатки АСУ ТП. Возникающие в этом случае перегрузки должны ограничиваться защитами в локальных системах управления, в частности в системах регулирования параметров электропривода.

Для двухдвигательных электроприводов прокатных станов основным условием для оптимизации и повышения надежности работы является решение задачи распределения нагрузок между верхней и нижней линиями стана и синхронизации статических и динамических характеристик системы автоматического регулирования скорости электродвигателей.

Исследования показывают, что крутящие моменты между шпинделями обжимных станов, как правило, распределяются неравномерно. Крутящий момент на нижнем валке обычно превышает крутящий момент на верхнем; разность этих моментов может изменяться в больших пределах. Бывают случаи, когда крутящий момент передается одним нижним шпинделем; при этом крутящий момент на верхнем шпинделе равен нулю или получается отрицательным. В этом случае в системах с индивидуальным приводом электродвигатель верхнего валка работает в генераторном режиме.

Основные причины неравномерного распределения крутящих моментов между шпинделями валков следующие: 1) окружная скорость нижнего валка на 2—3% больше верхнего или диаметр нижнего валка на 10—15 мм больше верхнего (на блюмингах с шестеренной клетью); 2) различные условия трения на верхнем и нижнем ватках (при транспортировке по рольгангу печная окалина с нижней грани слитка сбивается); 3) неравномерность нагрева слитка по сечению.

Причиной неравномерности распределения нагрузок являются различия в параметрах двигателей, имеющих одни и те же каталожные данные. Любые изменения и несоответствия параметров схемы замещения двух машин приводят к изменению жесткости их механических характеристик и к неравномерности распределения нагрузок [3].

Второй причиной неравномерности распределения нагрузок является разница моментов прокатки. Разница моментов прокатки при равных линейных скоростях валков зависит в основном от разницы сил трения, которая в свою очередь зависит от разницы геометрических размеров шероховатостей валков и от разницы механических свойств шероховатостей, в частности от различия пределов текучести и пределов прочности металла валков. Чтобы разница сил трения на верхнем и нижнем валках была минимальной, при равных условиях термической обработки пары рабочих валков они должны быть изготовлены из одной плавки.

Таким образом, основной проблемой двухдвигательных систем является большая вероятность перегрузить один двигатель, и недогрузить другой, что может привести к выходу из строя одного из двигателей. Для индивидуального электропривода валков основной проблемой, вызывающей перегрузку электродвигателей является перераспределение нагрузки между верхней и нижней линией как в динамических, так и в статических режимах. При этом, одной из основных задач является внедрение устройств управления, позволяющих предотвращать возникновение неустойчивого процесса прокатки, а так же прогнозировать, распознавать и исключать нештатные ситуации при захвате (формировании очага деформации) и синтезировать управление, восстанавливающее штатную ситуацию, что и обеспечит оптимизацию нагрузок. Для решения проблемы необходимо разработать систему управления электроприводами, которая могла бы уравнивать моменты двигателей и предотвращать разницу скоростей.

Для решения вышеперечисленных задач разработана модель двухдвигательного электропривода толстолистового стана (аналог – стан 5000) с устройством выравнивания моментов.

Основные параметры синхронного электродвигателя импортного исполнения приведены в таб. 1.

Таблица 1

Синхронный двигатель VEM DMMYZ 3867-20V (главный привод)

Параметр	Значение
Мощность	12000 кВт
Номинальная скорость	60 об/мин
Максимальная скорость	115 об/мин
Номинальная частота	10 Гц
Максимальная частота	19,2 Гц
Номинальный крутящий момент	1,91 МН*м
Номинальное напряжение	2900 В
Максимальное усилие прокатки	120 МН
Ток при номинальной скорости и нагрузке 100%	2460 А
Ток при максимальной перегрузке	5650 А
Максимальный ток	6000 А
Момент инерции	125000 кгм ²
КПД	95,8 %
Коэффициент мощности	1
Напряжение возбуждения	219,4 В
Напряжение возбуждения при максимальной нагрузке	520 В
Ток возбуждения	898,1 А
Ток возбуждения при максимальной нагрузке	1680 А

Схема модели двухдвигательного электропривода представлена на рис. 2. Модель содержит блоки задания скорости БЗ1 и БЗ2, задатчики интенсивности ЗИ1, ЗИ2, двухконтурную систему подчиненного регулирования скорости прокатки, содержащую внутренний контур тока с ПИ-регулятором (РТ) и внешний контур скорости с П-регулятором (РС), нелинейные преобразователи НП1 – НП6, выполняющие функции компенсации нелинейностей синхронного электродвигателя, преобразователи частоты ПЧ, синхронные электродвигатели СД1, СД2, блок формирования режимов прокатки БФР, а также датчик статического момента Мс.

На рис. 3 – 5 показаны осциллограммы рабочих режимов: изменения скоростей электропривода, изменения статического момента и изменения моментов двигателей

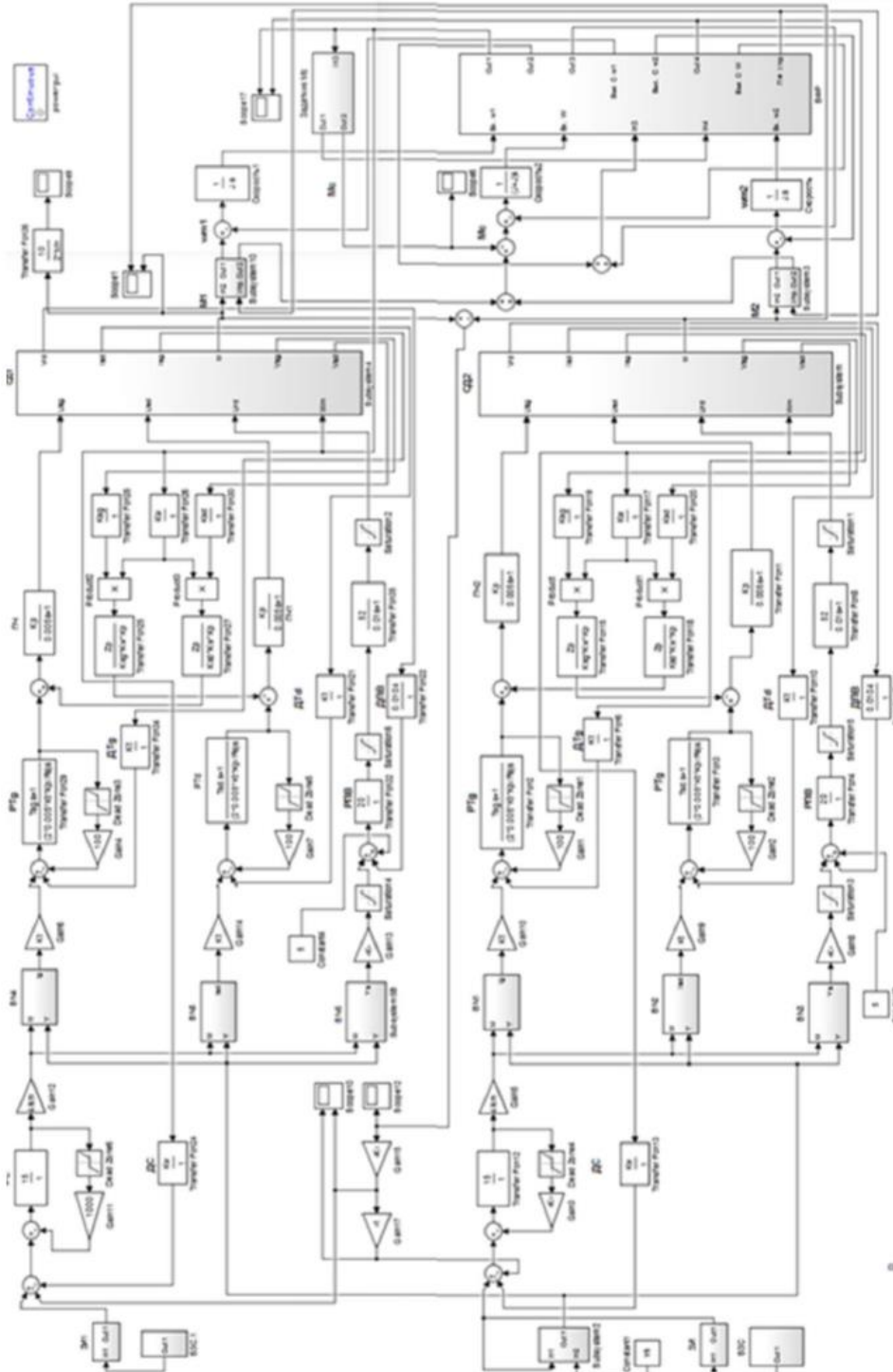


Рис. 2. Модель двухдвигательного электропривода толстолистопрокатного стана в среде «Матлаб – Симулинк»

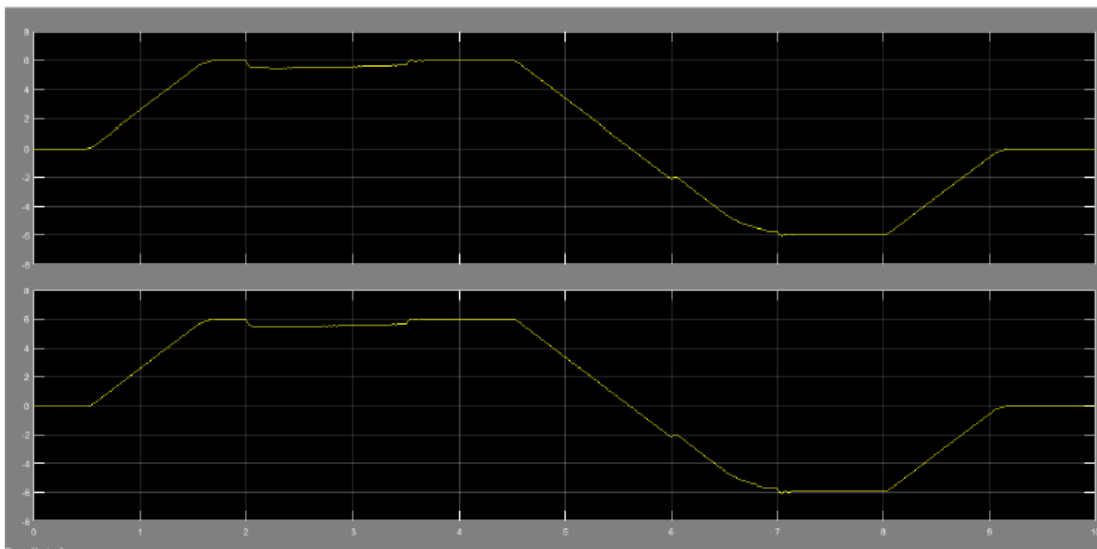


Рис. 4. Осциллограмма изменения скоростей электропривода

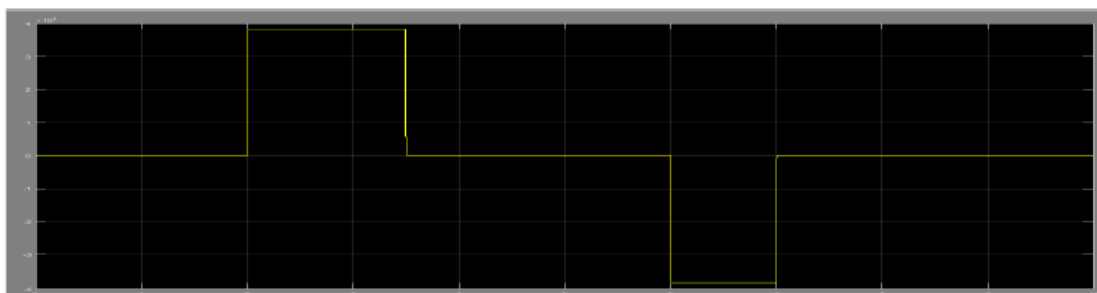


Рис. 5. Осциллограмма изменения статического момента

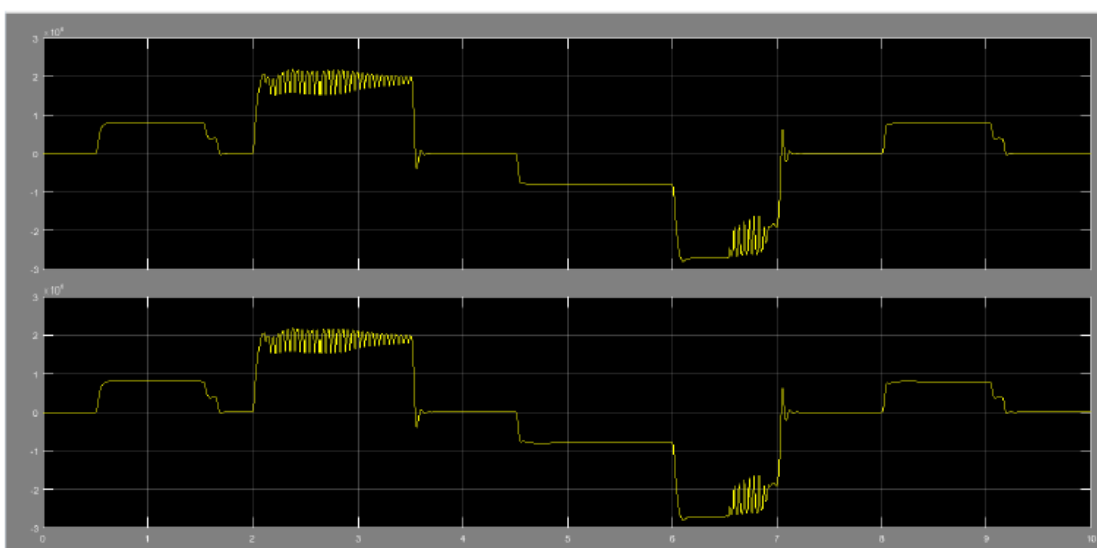


Рис.6. Осциллограмма изменения моментов двигателей двухдвигательного электропривода с устройством выравнивания моментов

Выводы. Анализ созданной модели позволит совершенствовать режимы работы двухдвигательного электропривода с целью повышения качества переходных процессов и надежности.

Список литературы

1. Маклакова Е.А. Использование пружины двигателя прокатной клетки для уменьшения динамической нагрузки. Электротехника: сетевой электронный научный журнал. 2017. Т. 4. № 1. С. 19-23.
2. Нухов Д.Ш. «Теоретическое исследование и научное обоснование Новых способов кузнечной протяжки и прокатки высоких заготовок в условиях интенсивной знакопеременной деформации» - Екатеринбург, 2015 г. – 143 с.
3. Гарнов В.К., Рабинович В.Б., Вишневецкий Л.М. Унифицированные системы автоуправления электроприводом в металлургии. – М.: Металлургия, 1977. – 190 с.
4. Исследование оборудования и технологии холодной прокатки тонких полос на стане 2000 с целью повышения качества проката: Отчет/ВНИИМЕТМАШ, М., 1987. – 63 с.