

Buryan S., Voroschenko V., Korol S., Savych O., Smirnov S.

Trajectory forming automation in experimental investigation of electromechanical systems

The paper describes the trajectory automation device for electromechanical system experimental investigation. The trajectories are formed by a logical programmable controller connected to the industrial frequency converter. The experimental results for various trajectories are presented.

Key words: logical programmable controller; automation, motion trajectory, synthesis.

УДК 621.313.2.001.57

Е. С. Назарова, А. В. Пирожок канд. техн. наук, А. С. Нечпай, П. А. Подпужников

Запорожский национальный технический университет

УЧЕТ ЭФФЕКТА ОБРЫВА ПРОКАТЫВАЕМОЙ ПОЛОСЫ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ДВУХ СМЕЖНЫХ КЛЕТЕЙ СТАНА ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ

Разработана имитационная модель электроприводов двух смежных клеток, в которой учитывается возможность обрыва прокатываемой полосы. Модель предназначена для исследования электромеханических переходных процессов указанных электроприводов при аварийных режимах.

Ключевые слова: стан холодной прокатки, моделирование, обрыв полосы.

При повышении требований к качеству листового проката возникает необходимость в детальном исследовании электромеханических систем для более эффективного использования прокатного оборудования. Эти вопросы рассматривались достаточно большим количеством исследователей, но анализ известных работ показывает, что многие из них (в частности [1, 2]) посвящены исследованию процесса механического движения металла без учета возможности обрыва полосы. В известных работах [3, 4], посвященных исследованию непрерывных станов холодной прокатки, недостаточно внимания уделено вопросам углубленного изучения динамических процессов, связанных с особенностями аварийных ситуаций, исследования электромеханических процессов, создания имитационной модели, учитывающей возможность обрыва прокатываемой полосы.

Имитационные модели позволяют без нарушения производственного цикла прокатного стана исследовать его электромеханические процессы, снизить трудоемкость и затраты на проведение этих исследований, что является **актуальным** при разработке новых систем управления. Использование этих моделей позволит оптимизировать существующие системы защиты и алгоритмы выхода из аварийной ситуации.

Целью является создание имитационной модели электроприводов двух смежных клеток, в которой учитывается эффект обрыва прокатываемой полосы, для исследования электромеханических процессов при аварийных режимах.

Для исследования электромеханических процессов во взаимосвязанных электроприводах смежных клеток прокатного стана разработана в пакете современных прикладных программ [5] имитационная модель (рис. 1), где SAU-1, SAU-2 – обозначены блоки, обеспечивающие регулирование управляющих сигналов двигателей первой и второй клеток (Kletka-1, Kletka-2) [6]. Валы, соединяющие прокатные клетки и приводные двигатели, имитируются блоками VAL-1, VAL-2, которые представляют собой упругости первого рода. Металл, выходящий из первой клетки и входящий во вторую клетку, имитируется блоком Prokat, которые представляют собой упругости второго рода.

Каждая подсистема является самостоятельной моделью с портами входных и выходных координат. Для удобства создан свой логотип (изображенный на ней сверху), интерфейс для ввода и изменения параметров этой подсистемы. Такой подход имеет преимущества, поскольку любая модель имеет возможность соединяться с другой моделью по каналам механических и электрических связей. Механическими координатами являются скорость, момент, сила натяжения полосы; электрическими – токи и напряжения двигателей.

Вращающие моменты, созданные в моделях двигателей постоянного тока с независимым возбуждением (DPT-1, DPT-2), приводят во вращение валки двух клеток. Подсистемы SAU-1, SAU-2 собраны в виде двухконтурной системы автоматического управления скоростью двигателя клетки с внутренним контуром регулирования тока [7].

Для создания модифицированной подсистемы «Prokat» (рис. 2) использовано известное математическое описание упругостей второго рода [8], а также в этой подсистеме заложено следующее условие, при котором имитируется эффект обрыва полосы, то есть, когда текущее значение силы натяжения в полосе F_C достигает критического F'_{Cmax} , происходит обрыв по-

лосы металла, а в модели выходное значение силы натяжения F'_C обнуляется:

$$F'_C = \begin{cases} F_C, & \text{при } F_C < F'_{Cmax}; \\ 0, & \text{при } F_C \geq F'_{Cmax}, \end{cases} \quad (1)$$

где $F'_{Cmax} = K_r \cdot F_{Ctab}$; K_r – коэффициент предела прочности материала (в модели принято $K_r = 1,5$);

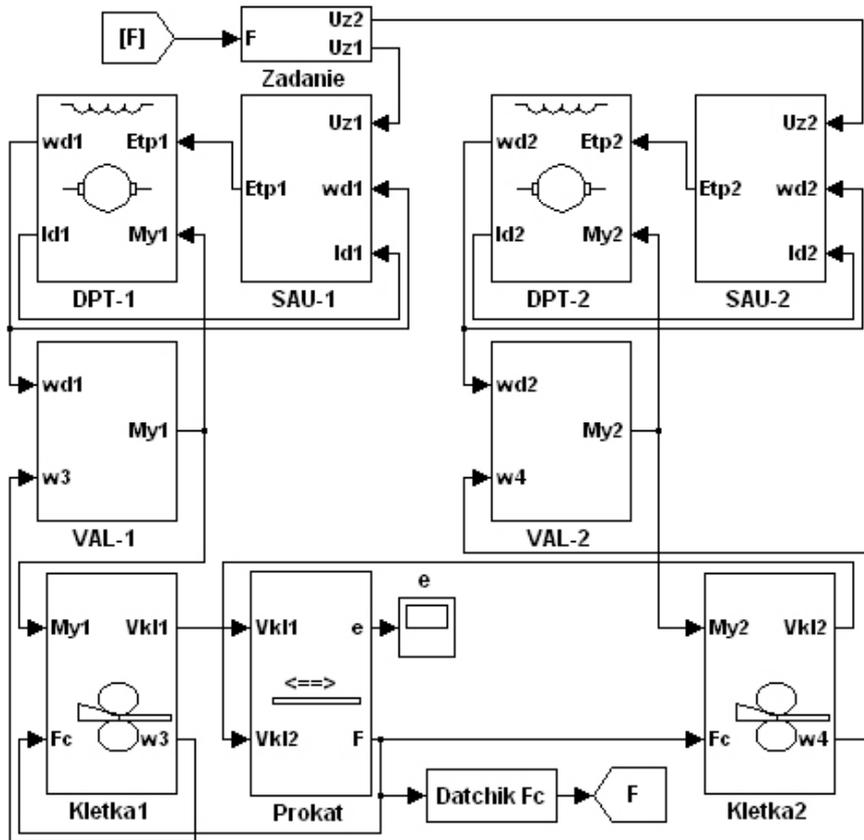


Рис. 1. Имитационная модель электроприводов двух смежных клетей с учетом эффекта обрыва прокатываемой полосы

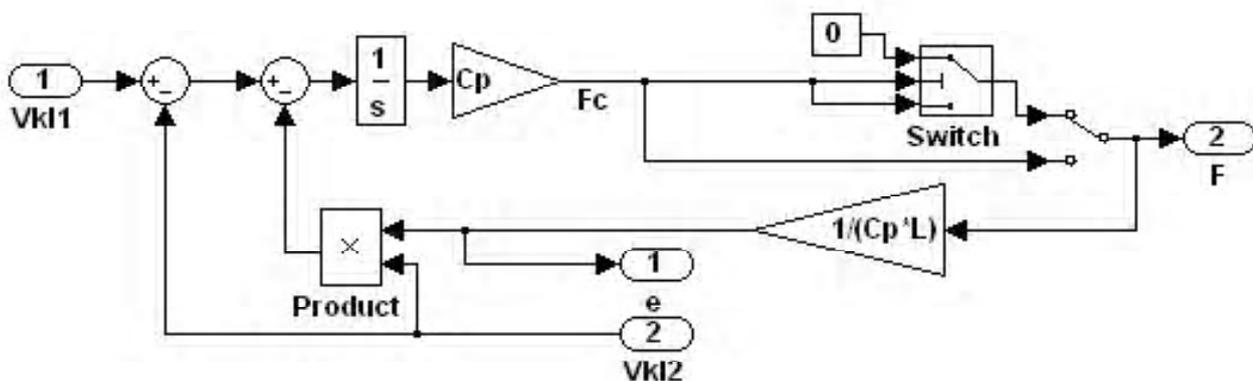


Рис. 2. Модель модифицированной подсистемы «Prokat» с учетом эффекта обрыва полосы

$F_{C\text{rab}}$ – сила натяжения металла при рабочих режимах прокатки.

Величины K_r , $F_{C\text{rab}}$ определяются с учетом физико-механических свойств материала и геометрических размеров прокатываемой полосы.

Моделирование выполнялось в пакете прикладных программ, в котором использование индексов не предусмотрено.

В случае ее обрыва для предотвращения дальнейшей размотки рулона и порчи полосы необходимо остановить прокатку, то есть организовать экстренное торможение. В имитационной модели система защиты реализована по способу моментального отключения электроприводов клетей от питающей сети при обрыве прокатываемой полосы, информация о чем поступает от «Datchik Fc» на блок «Zadanie».

Графики переходных процессов (I_{kl1} , I_{kl2} , U_{kl1} , U_{kl2} , V_{kl} , F'_C – токи в цепи якоря, напряжения двигателей клетки 1 и клетки 2, линейная скорость движения прокатываемой полосы, сила натяжения прокатываемой полосы) полученные на разработанной имитационной модели, показаны на рис. 3.

Из анализа полученных графиков видно, что такая резкая остановка приводит к весьма значительным скачкам и колебательности координат электромеханической системы (ЭМС). Это может негативно влиять на работу реального технологического оборудования, следовательно, в аварийных ситуациях необходимо производить плавную остановку ЭМС (рис. 4). Однако тогда имеет место задача быстрого с ограниченными механическими колебаниями торможения.

С этой целью разработан алгоритм системы управления плавной остановкой ЭМС при условии обрыва прокатываемой полосы. В подсистеме «Zadanie» формируются задающие сигналы, при этом, если система

работает без аварийных режимов, блок F подает в систему единицу, которая умножается на нормальный сигнал задания. Когда же возникает непредвиденная ситуация (авария), F'_C стремится к нулю и при помощи блока «zadanie_ostanov» осуществляется постепенное плавное снижение задающего сигнала до момента появления на выходе блока «zadanie_ostanov» нуля. Вследствие этого происходит переключение и на выходе блока Switch1 также появляется нуль. Он, в свою очередь, является управляющим сигналом для блока Switch2, который подает его на систему управления электроприводами клетей, и происходит окончательная остановка агрегатов.

Созданные имитационные модели отдельных элементов процесса прокатки можно считать универсальными, т. к. они являются составной частью практически любого прокатного стана с различным количеством рабочих клетей. При разработке рассмотренной модели были использованы реальные данные четырехклетьевого стана «Тандем» цеха холодной прокатки №1 (ЦХП-1) ОАО «Запорожсталь». Полученные переход-

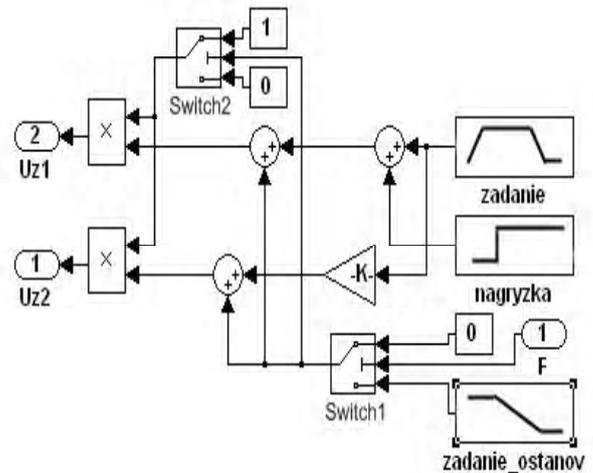


Рис. 4. Модель подсистемы «Zadanie» при плавной остановке

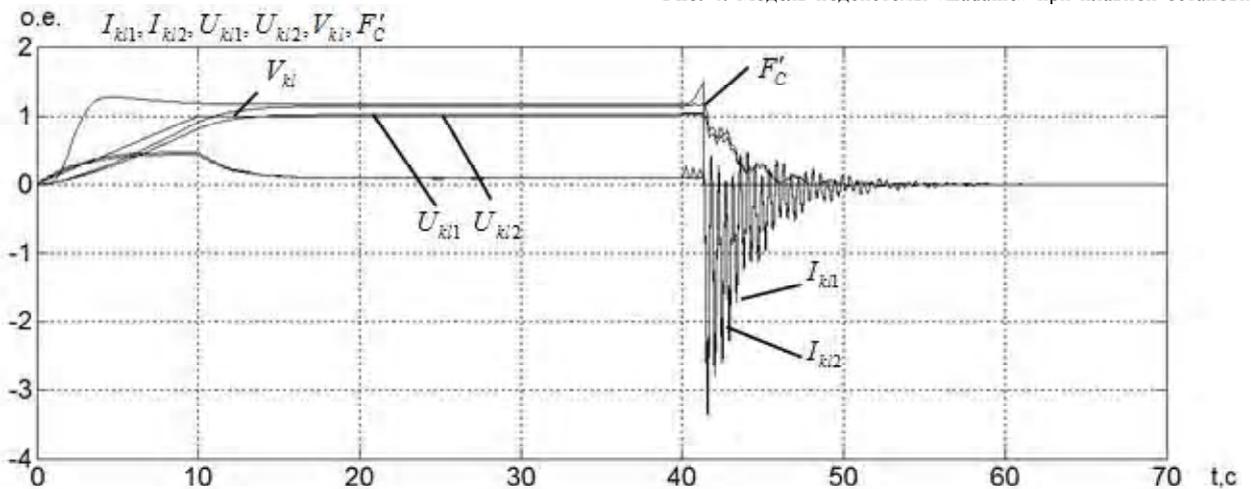


Рис. 3. Переходные процессы электроприводов двух смежных клетей с учетом упругостей первого и второго рода с учетом обрыва полосы при резкой остановке ЭМС

ные процессы в модели двух смежных клеток с упругостями первого и второго рода показаны на рис. 5. В момент времени $t=40$ с к первой клетке прикладывается дополнительное воздействие, при котором натяжение прокатываемой полосы превышает граничное значение силы растяжения $F'_{C\max}$, что согласно технологии прокатки недопустимо, т.к. превышает предел прочности материала прокатываемой полосы.

Для решения задачи мониторинга электромеханических параметров в условиях металлопрокатного производства ЦХП-1 ОАО «Запорожсталь» был разработан многоканальный комплекс, который получает текущую информацию от датчиков скорости, тока и напряжения. Для большего удобства осуществления оценки полученных данных организована система визуализации протекания процесса прокатки, который отображается в графической форме. На рис. 6 приведены реальные переходные процессы при обрыве полосы.

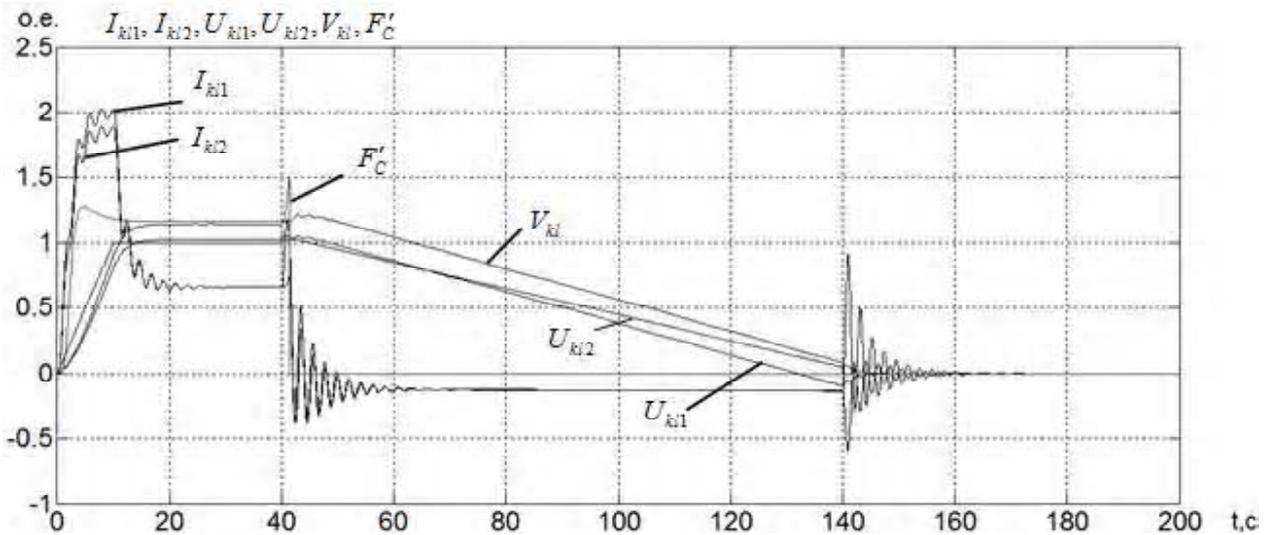


Рис. 5. Переходные процессы электроприводов двух смежных клеток с учетом упругостей первого и второго рода с учетом обрыва полосы при плавной остановке ЭМС

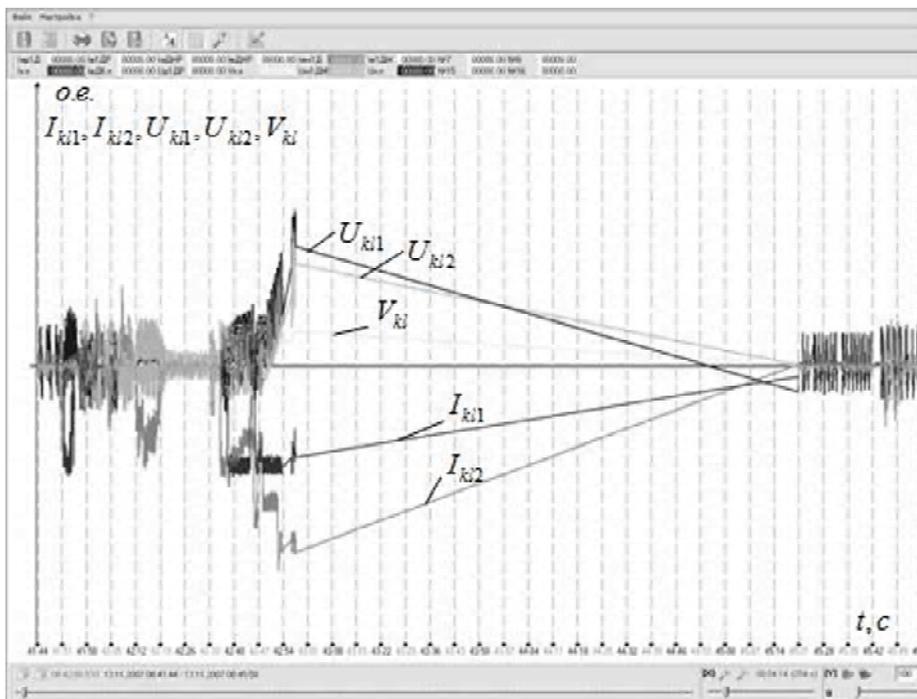


Рис. 6. Реальные переходные процессы при обрыве полосы, полученные при помощи диагностирующего многоканального комплекса

Полученные результаты подтверждают адекватность разработанной имитационной модели и свидетельствуют о ее достоверности при сравнении с экспериментальными данными четырехклетевого стана «Тандем» ЦХП-1 ОАО «Запорожсталь».

Выводы

Разработана имитационная модель электроприводов двух смежных клетей при обрыве прокатываемой полосы, а также системы управления резкой и плавной остановкой электромеханической системы в условиях возникновения аварийной ситуации. Это позволило значительно повысить степень достоверности параметров модели и приближения их к реальным параметрам.

Модели могут быть использованы при оптимизации существующих систем защиты и алгоритмов уменьшения последствий аварийной ситуации. Это позволит сократить время и трудоемкость работ при проектировании и модернизации существующего прокатного оборудования, с учетом упругости транспортируемых материалов.

Полученные результаты можно использовать при настройке и контроле системы управления как отдельного оборудования, так и электромеханического комплекса в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лимонов, Л. Г. Автоматизированный электропривод промышленных механизмов. – Х. [Текст], 2009. – 272 с.
2. Назарова, Е. С. Имитационная модель механического движения металла для реверсивного одноклетевого стана холодной прокатки // Электротехника та електроенергетика / Е. С. Назарова, А. В. Пирожок, Ю. А. Супрун. – 2007. – №1. – С. 9–15.
3. Півняк, Г. Г. Автоматизований електропривод у прокатному виробництві [Текст] / Г. Г. Півняк, О. С. Бешта, М. П. Фількін. – Дніпропетровськ, 2008. – 224 с.
4. Пирожок, А. В. Имитационные модели электромеханических процессов тонколистового стана холодной прокатки // Электротехника та електроенергетика / А. В. Пирожок, А. А. Супрун, Ю. А. Супрун. – 2005. – № 2. – С. 34–42.
5. Ануфриев, И. Е. MATLAB 7 [Текст] / И. Е. Ануфриев, А. Б. Смирнов, Е. Н. Смирнова. – СПб. : БХВ-Петербург, 2005. – 1104 с.
6. Бондаренко, В. И. Моделирование систем управления взаимосвязанных электроприводов процесса прокатки с учетом упругостей первого и второго рода // Спецвыпуск журнала «Техническая электродинамика» [Текст] / В. И. Бондаренко, А. В. Пирожок, Е. С. Назарова. – Киев : НТУ «КПИ», 2010. – Ч.1. – С. 129–134.
7. Зеленов, А. Б. Синтез та цифрове моделювання систем управління електроприводами постійного струму з вентильними перетворювачами. [Текст] Навч. посіб. для студ. вузів / А. Б. Зеленов, І. С. Шевченко, І. Н. Андреева. – Алчевськ : ДГМІ, 2002. – 400 с.
8. Назарова, Е. С. Исследование электромеханических процессов многомерных систем прокатного производства с учетом упругостей первого и второго рода // Вісник КДПУ. [Текст]. – Кременчук : КДПУ, 2010 – Випуск 3/2010 (62). – Ч.1. – С. 22–25.

Стаття надійшла до редакції 21.02.2011.

Назарова О. С., Пирожок А. В., Нечпай О. С., Подпружников П. О.

Врахування ефекту обриву полоси, що прокатується, при моделюванні електроприводів двох суміжних клітей стана холодної прокатки

Розроблено імітаційну модель електроприводів двох суміжних клітей, в якій враховується можливість обриву смуги, що прокатується. Модель призначена для дослідження електромеханічних перехідних процесів вказаних електроприводів при аварійних режимах.

Ключові слова: стан холодної прокатки, моделювання, обрив смуги.

Nazarova E. S., Pirozhok A. V., Nechpay A. S., Podpruzhnikov P. A.

Taking into account the possibility of rolled strip breaking in simulation model of electric drives of two adjacent rolling mills of cold rolling train

The simulation model of electric drives of two adjacent rolling mills is developed, which takes into account the possibility of rolled strip breaking. The model is designed to study electromechanical transition processes in these actuators at emergency operation.

Key words: cold rolling train, modeling, rolled strip breaking .