

УДК 621.313.2.001.57

**ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ РЕВЕРСИВНОГО ОДНОКЛЕТЕВОГО СТАНА
ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ С ТИРИСТОРНЫМИ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ**

*Пирожок А.В., к.т.н., доц., Назарова Е.С., магистрант
Запорожский национальный технический университет
69063, г. Запорожье, ул. Жуковского, 64
E-mail: nazarova@mail.zp.ua*

Розроблено імітаційну модель реверсивного одноклетівого стану холодної прокатки с тиристорними електроприводами постійного струму, яка призначена для дослідження електромеханічних процесів стану.

Ключові слова: холодна прокатка, тиристорний електропривод, моделювання.

The simulation model of the reversing single-stand mill of the cool rolling with DC thyristor drives intended for analysis of electromechanical processes of mill is developed.

Key words: cool rolling, thyristor drive, simulation.

Введение. Эффективным путем совершенствования и оптимизации параметров технологических процессов, в том числе и процесса холодной прокатки, является численный эксперимент, проводимый на компьютере с применением разработанных имитационных моделей. Такой подход актуален, поскольку разработанные модели и программы могут быть многократно использованы для расчётов процесса прокатки различных профилей и материалов.

Современные технологические процессы предъявляют электромеханическим системам, на базе которых они формируются, очень высокие требования в отношении точности формирования заданных траекторий движения рабочего органа, скорости, экономичности и др. Эти требования могут быть реализованы только с помощью качественных систем управления электромеханическими комплексами, которые базируются на современных методах теории управления и средствах их построения.

Тиристорный преобразователь сейчас является наиболее распространенным устройством, которое позволяет точно реализовать законы управления электроприводом, которые могут синтезироваться на базе различных методов теории автоматического управления.

Анализ предыдущих исследований. Исследованию процесса механического движения металла в различных прокатных станах посвящено достаточно много работ [1-4]. В [1] приведены математические описания законов, определяющих связь электромеханических параметров стана с параметрами технологических процессов. В работе [2] изложены осно-

вы теории прокатки и автоматизации непрерывного стана холодной прокатки, где стан и автоматизированный многодвигательный электропривод рассматриваются как единый электрифицированный агрегат. В [3] разработана и описана имитационная модель механического движения металла для непрерывного стана «Тандем». В [4] рассмотрены общие принципы работы различных реверсивных станом холодной прокатки. Анализ известных работ показывает, что большинство из них [1-3] посвящены исследованию процесса механического движения металла в непрерывных станах холодной прокатки, в которых указанное движение в значительной степени отличается от реверсивных станом (в частности, особенностями, связанными с реверсированием металла в последних). В известных немногочисленных работах [4], посвященных реверсивным станом холодной прокатки, остались без внимания вопросы: углубленного рассмотрения динамических процессов указанных станом, связанных с реверсированием проката; исследования электромеханических процессов указанных станом; создания имитационных моделей для исследования процесса механического движения металла в станом.

Цель работы. Создание имитационной модели реверсивного одноклетевого стана холодной прокатки с тиристорными электроприводами постоянного тока, предназначенной для исследования электромеханических процессов.

Материал и результаты исследования. Для исследования электромеханических процессов в одноклетевом реверсивном прокатном станом разрабо-

тана в пакеті сучасних прикладних програм імітаційна модель, показана на рис. 1, где SAU-1, SAU-2, SAU-3 – блоки, забезпечуючі регулювання управляючих сигналів двигателів моталки, кліти і разматувача (DPT-1, DPT-2, DPT-3) відповідно. Разматывающее устройство представлено блоком Razmativatel. Металл, виходячий з разматывача і входящий в клетку (при прямій прокатці), імітується блоком Prokat1. Рабочая клетка реверсивного одноклеточного стана в моделі зображена блоком Kletka. Металл, виходячий з клітки і наматываемый на моталку, представлений блоком Prokat2. Імітацію наматывающего устройства забезпечує блок Motalka.

В процесі прокатки полоса разматывается с одной моталки и наматывается на другую, при этом

диаметры рулонов непрерывно изменяются. Чтобы поддерживать постоянной линейную скорость прокатки, необходимо угловую частоту двигателя разматывающего механизма уменьшать или увеличивать в зависимости от режима работы стана. Изменение диаметров рулонов в течение всего цикла прокатки должно учитываться при поддержании постоянства натяжения полосы прокатываемого металла.

В модели вращающий момент M_d создается двигателем постоянного тока (ДПТ) с независимым возбуждением [3], который приводит в движение наматывающий (разматывающий) механизм и клетку. На рис. 2 представлены имитационные модели двигателя разматывача (моталки) и системы управления с ТП.

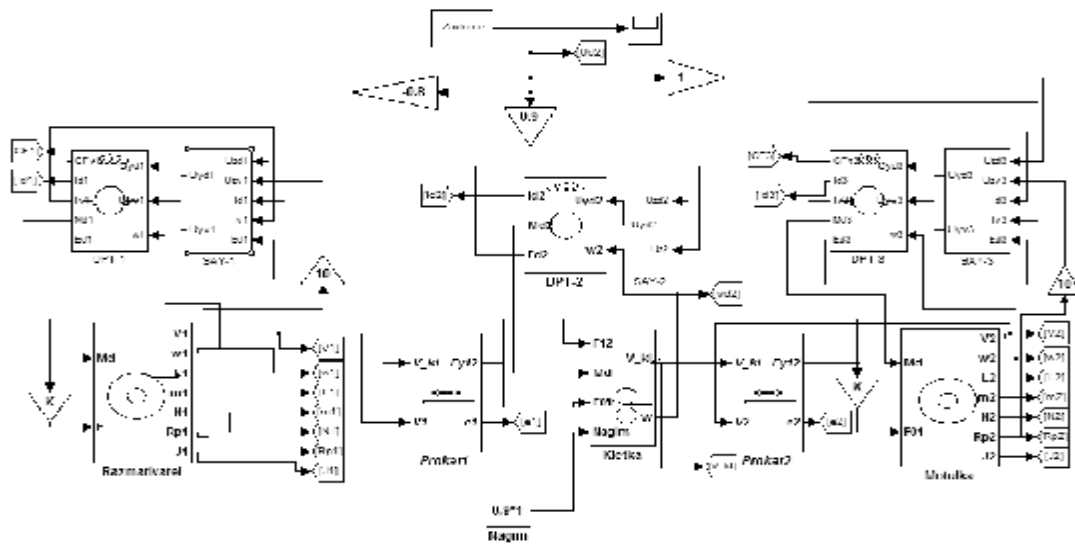


Рисунок 1 – Общий вид имитационной модели одноклеточного реверсивного прокатного стана

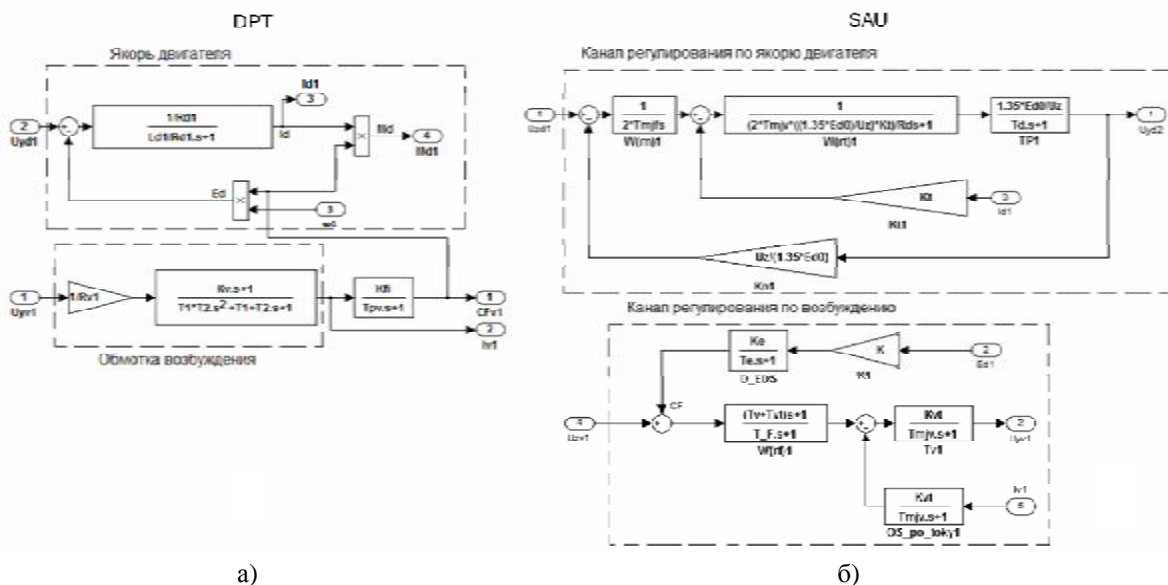


Рисунок 2 – Подсистемы имитационных моделей двигателя:

а) – разматывателя (моталки); б) – системы управления ТП (б)

В подсистеме двигателя для регулирования напряжения якоря и потока возбуждения предназначены порты U_{yd1} и U_{yv1} соответственно. Для учета изменения радиуса рулона в процессе прокатки осуществляется связь с угловой частотой вращения моталки. В подсистеме SAU обеспечено регулирование по двум каналам – по якорю двигателя и по возбуждению. Канал регулирования по якорю представлен двухконтурной САУ (внутренний контур регулирования по току, внешний – по напряжению). Регулирование по возбуждению происходит с учетом изменения потока двигателя.

Изменение угловых частот вращения разматывателя и моталки (рис. 3) происходит во времени по нелинейному закону, так как эти изменения зависят от варьирования текущего радиуса рулона. Чем больше радиус рулона, тем меньше угловая частота вращения барабана и наоборот.

В имитационной модели стана в блоках SAU задавалось линейное изменение напряжений на обмотки якорей двигателей, а напряжения в обмотках возбуждения изменялись, исходя из поддержания постоянства линейных скоростей и натяжения прокатываемого металла при намотке и смотке (с учетом варьирования текущего радиуса рулона).

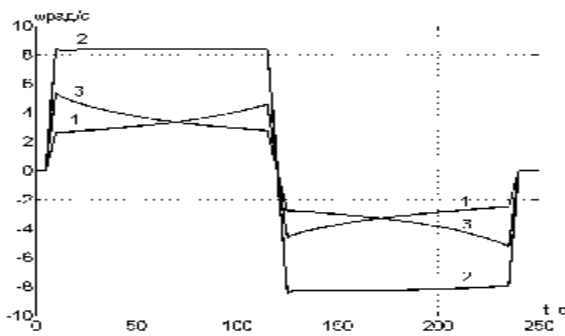


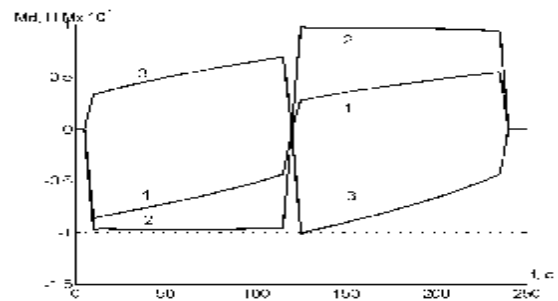
Рисунок 3 - Угловые частоты вращения двигателей стана при одном цикле

На рис. 4 показаны рассчитанные электромеханические процессы в следующих режимах работы стана: разгон, прокатка в прямом направлении с постоянной линейной скоростью металла, реверс, прокатка в обратном направлении, торможение. Показанные кривые соответствуют следующим механизмам: 1 - разматыватель, 2 – клеть, 3 – моталка.

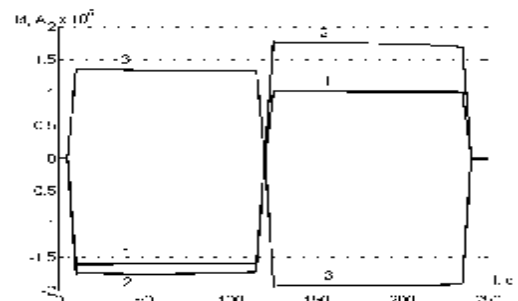
При построении мощного электропривода реверсивного прокатного стана использована система тиристорный преобразователь – двигатель (ТП-Д), предусматривающая использование реверсивных

тиристорных преобразователей, которые питают якорную цепь двигателя при нереверсивных регулируемых возбудителях.

При работе электропривода во второй зоне объект управления ощущает на себе действие одновременно двух сигналов управления: U_{yd} , – определяет процессы в якорной цепи, U_{yb} , – формирует электромагнитные процессы в элементах магнитной системы двигателя (ток возбуждения, магнитный поток, ЭДС двигателя) [6]. В основу создания имитационной модели положены реальные параметры стана 1680 с рабочими вальками диаметром 760 мм, который предназначен для холодной прокатки полосы шириной 850-1500 мм и толщиной от 3,0 до 0,5 мм.



а)



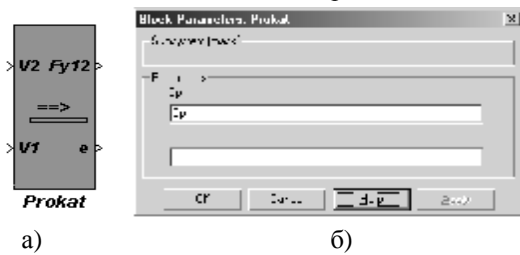
б)

Рисунок 4 – Электромеханические процессы при одной прокатке стана:

а) – электромагнитные моменты, б) – якорные токи

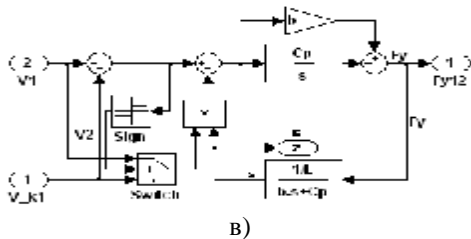
На основании [3] построена модель металла между клетью и разматывающим (наматывающим) механизмом. Отметим, что по своей структуре она является универсальной, подходит для всех указанных участков стана. Данная модель представляет собой упругое звено второго порядка, так как усилие (момент) между соседними приводами передается через транспортируемый материал (рис. 5). Учитыв

вая это, создана самостоятельная подсистема с векторами входных и выходных координат.



а)

б)



в)

Рисунок 5 – Модель прокатываемого металла:
а) - подсистема; б) - параметры; в) - структура

Работы по полному приближению моделей к реальному процессу распределения нагрузок ещё не завершены, однако на основании полученной модели можно разрабатывать системы автоматического управления согласования скоростных режимов. Модель позволяет использовать современные методики по определению процесса прокатки, что улучшит качество прокатываемого металла.

Выводы. Разработана имитационная модель реверсивного одноклетевого стана холодной прокатки с тиристорными электроприводами постоянного тока. Результаты моделирования подтверждают

адекватность модели при сравнении с экспериментальными данными на одноклетевом реверсивном стане 1680 цеха ЦХП-1 ОАО «Запорожсталь» (с отклонением между собой не более 5 - 8 % для электромеханических процессов).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

1. Зеленов А.Б., Тертичников В.Н., Гулякин В.Г. Электропривод механизмов прокатных станов. – Харьков: Metallurgizdat, 1963. – 340 с.
2. Дружинин Ю.Д. Непрерывные станы как объект автоматизации. – М.: Metallurgiya, 1975. – 336 с.
3. Пирожок А.В., Супрун А.А., Супрун А.Ю. Имитационные модели электромеханических процессов тонколистового стана холодной прокатки // Електротехніка та електроенергетика. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2005. – №2. – С. 34-42.
4. Филатов А.С. Электропривод и автоматизация реверсивных станов холодной прокатки. – М.: Metallurgiya, 1973. – 370 с.
5. Борцов Ю.А., Соколовский Г.Г. Тиристорные системы электропривода с упругими связями. – Л.: Энергия, 1979. – 156 с.
6. Зеленов А.Б., Шевченко І.С., Андреева Н.И. Синтез та цифрове моделювання систем управління електроприводів постійного струму з вентильними перетворювачами. Навч. посіб. Для студ. вузів. – Алчевськ: ДГМІ, 2002. – 400 с.

Стаття надійшла 13.04.2007 р.
Рекомендовано до друку д.т.н., проф.
Труфановим І.Д.