

УДК 62. 83

Л. Г. Лимонов, канд. техн. наук,  
А. А. Кравцов, С. В. Потапов

### УПРАВЛЕНИЕ МНОГОДВИГАТЕЛЬНЫМ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫМ ВЗАИМОСВЯЗАННЫМ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

**Аннотация.** Приведена информация о разработке автоматизированной системы управления многодвигательным электроприводом, построенным по схеме преобразователь частоты – асинхронный электродвигатель, агрегата продольной резки стальной полосы, наладке электроприводов и системы управления и вводе агрегата в промышленную эксплуатацию.

**Ключевые слова:** электропривод, автоматизированная система управления, агрегат продольной резки, электродвигатель, наладка

L. G. Limonov, PhD.,  
A. A. Kravtsov, S. V. Potapov

### MULTIMOTORS RELATED ELECTRIC DRIVE CONTROL ACCORDING TO FREQUENCY CONVERTER-INDUCTION MOTOR CIRCUIT

**Abstract.** Provides information about the development of automated control system for multimotors electric drive, constructed according to the frequency converter – induction motor scheme, about slitting unit for steel strip, electric drive maintenance as well as about control system and commissioning of the slitting unit.

**Keywords:** electric drive, automated control system, slitting unit, motor drive adjustment

Л. Г. Лимонов, канд. техн. наук,  
А. А. Кравцов, С. В. Потапов

### КЕРУВАННЯ БАГАТОДВИГУННИМ ЧАСТОТНО-РЕГУЛЬОВАНИМ ВЗАЄМОПОВ'ЯЗАНИМ АСИНХРОННИМ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ

**Анотація.** Наведена інформація про розробку автоматизованої системи керування багатодвигунним електроприводом побудованим за схемою перетворювач частоти – асинхронний двигун агрегату поздовжньої різки сталевий стрічки, налагоджування електроприводів та системи керування та упровадження агрегату до промислової експлуатації.

**Ключові слова:** електропривод, автоматизована система керування, агрегат повдовжньої різки, електродвигун, налагоджування

**Введение.** Многодвигательные взаимосвязанные электроприводы широко распространены в листопрокатном производстве. Это чистовые группы клетей непрерывных станов горячей прокатки, клетки непрерывных станов холодной прокатки, агрегаты непрерывной обработки горячекатаного и холоднокатаного листа. Основным типом регулируемого электропривода для построения упомянутых систем многодвигательного электропривода до недавнего времени применялся электропривод постоянного тока. Построению систем управления такими электроприводами посвящены работы [1 – 4].

Известные недостатки такого типа электропривода требовали его замены, и уже в 90-х годах прошлого столетия делаются такие попытки. Так, фирма Сименс (Германия) широко рекламировала примененные ей для непрерывных и дрессировочных станов холодной прокатки электроприводы основных механизмов с синхронными электродвигателями и преобразователями частоты по схеме циклоконвертора [5, 6]. С появлением современных преобразователей частоты на базе инверторов напряжения (IGBT) в системах многодвигательного электропривода началось широкое применение регулируемого электропривода переменного тока.

© Кравцов А.А., Лимонов Л.Г., Потапов С.В., 2014

Очевидно, первым таким опытом в Украине следует считать реконструкцию главных приводов клетей чистовой группы непрерывного широкополосного стана горячей прокатки 1680 на ОАО «Запорожсталь», выполненную на базе технических средств фирмы АВВ (Швейцария).

Нашему коллективу удалось получить опыт разработки, наладки и ввода в промышленную эксплуатацию системы управления многодвигательным электроприводом переменного тока агрегата продольной резки полосы, приобретенного в Европе одним из украинских металлургических предприятий.

**Характеристика объекта и содержание работы.** Разработанный, изготовленный и поставленный иномфирмой агрегат продольной резки стальной полосы является типичным представителем агрегатов непрерывной обработки полосового материала. Особенностью рассматриваемого агрегата представляется его универсальность – он предназначен для порезки на штрипсы холоднокатаной и горячекатаной стальной полосы широкого диапазона толщин: 1 – 12,7 мм.

Как видно из рис. 1, в состав основной технологической линии агрегата входят такие регулируемые механизмы: двухголовчатый разматыватель Р, правильно-тянущие ролики ПТР, тянущие ролики ТР,

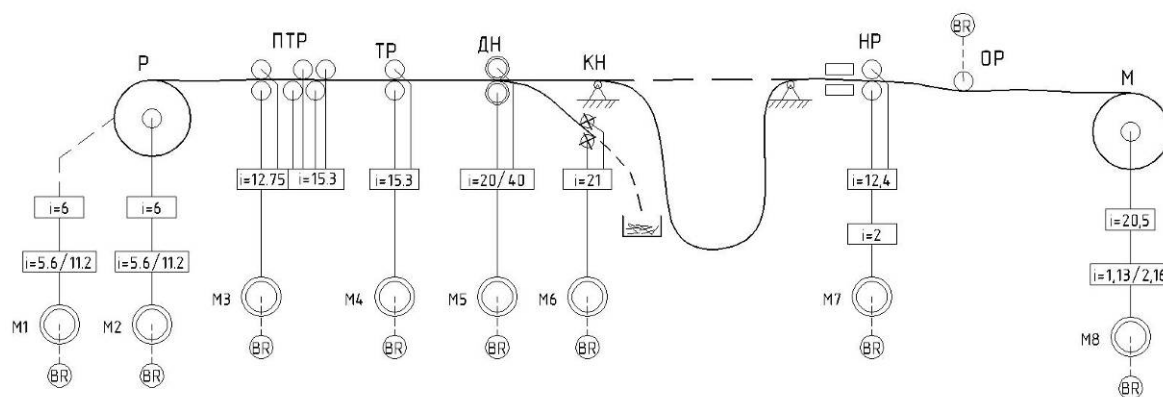


Рис. 1. Технологическая схема агрегата продольной резки

дисковые ножницы ДН, кромкокрошительные ножницы КН, натяжные ролики НР и моталка М. Кроме этих основных механизмов имеются еще два регулируемых электропривода загрузочной и разгрузочной тележек, а также нерегулируемые электроприводы, управляемые асинхронными электродвигателями, гидравлическими и пневматическими электромагнитными вентилями. Приводные электродвигатели всех регулируемых механизмов – асинхронные с короткозамкнутым ротором, управление – по системе ПЧ-АД. Для питания и регулирования скорости электродвигателей основных механизмов использованы нерекуперативные преобразователи частоты серии Sinamics S120 фирмы Сименс, с общими звеном постоянного тока, тормозным прерывателем и тормозным резистором и индивидуальными инверторами. Управление этими преобразователями осуществлено с помощью всего трех управляющих модулей CU-320. Для питания и регулирования скорости электродвигателей тележек применены более простые преобразователи частоты серии Micromaster 440 фирмы Сименс. Все электродвигатели основных механизмов снабжены импульсными датчиками скорости, а позиционные электроприводы механизмов перемещения имеют лазерные датчики положения. Для измерения линейной скорости полосы установлен импульсный датчик скорости на отклоняющем ролике ОР. Суммарная установленная мощность электродвигателей основных механизмов – более 1100 кВт.

Система управления агрегатом построена с использованием программируемого контроллера серии Simatic S7-400, двух операторских панелей и 12 станций с модулями удаленного ввода-вывода фирмы Сименс.

Связь программируемого контроллера с электроприводами, с операторскими панелями и со станциями удаленного ввода-вывода осуществлена по сети Profibus-DP.

Работа агрегата может осуществляться в двух режимах: с использованием петлевой ямы при порезке тонких полос толщиной до 4 мм, и без использования петлевой ямы при порезке полос толщиной свыше 4 мм. При переходе к порезке толстых полос снижается максимально допустимая скорость агрегата.

При разработке принципов построения системы управления скоростными режимами работы электроприводов нами использованы разработанные и апробированные ранее методы управления подобными многодвигательными системами, основная особенность которых – отсутствие жестко связанного с обрабатываемой полосой механизма, который мог бы выполнить функцию ведущего механизма всей линии обработки [7 – 9].

При порезке тонких полос управление электроприводами механизмов агрегата организовано следующим образом.

На участке до петлевой ямы ведущий механизм – тянущие ролики, их электропривод работает в режиме поддержания скорости, электропривод размотывателя переведен в режим поддержания натяжения полосы. Правильно-тянущие ролики разведены, а электроприводы дисковых и кромкокрошительных ножиц работают в режиме поддержания скорости с необходимым опережением по отношению к скорости движения полосы.

На участке после петлевой ямы ведущий механизм – моталка, ее электропривод работает в режиме поддержания линейной скорости полосы, электропривод натяжных роликов переведен в режим поддержания натяжения. Для определения линейной скорости электропривода моталки в программируемом контроллере производится вычисление текущей величины радиуса рулона на барабане моталки. Радиус вычисляется автокомпенсационным способом с использованием импульсного датчика скорости полосы на отклоняющем ролике. Произведение величины радиуса рулона на угловую скорость электропривода моталки используется в системе автоматического регулирования линейной скорости в качестве сигнала обратной связи.

При порезке толстых полос правильно-тянущие, тянущие и натяжные ролики разведены, ведущий механизм агрегата – моталка, размотыватель переведен в режим поддержания натяжения. Электроприводы дисковых и кромкокрошительных ножиц работают так же, как и при порезке тонких полос.

Максимальная скорость агрегата при порезке толстых полос (1 м/с) в два раза меньше максимальной скорости порезки тонких полос (2 м/с).

Особенностью агрегата является то, что указанное снижение скорости достигается изменением (переключение) передаточного числа редукторов механизмов размотывателя, дисковых ножниц и моталки, что позволяет увеличить вращающий момент рабочих органов этих механизмов при тех же самых приводных электродвигателях.

Отличительной особенностью агрегата можно считать применение для электроприводов основных механизмов специальных высокодинамичных асинхронных электродвигателей, которые представлены в каталоге фирмы Сименс, как «двигатели главного движения» [10]. Они характеризуются «бескорпусной» конструкцией и нестандартными значениями номинальной частоты и величины питающего напряжения. Так, например, такой электродвигатель головки размотывателя, типа 1PH7 186-7HD, имеет такие номинальные параметры (варианты использования):

напряжение: 340 В, 390 В, 460 В;  
мощность: 51 кВт, 58 кВт, 67 кВт;  
частота: 34 Гц, 39 Гц, 46 Гц;  
скорость: 1000 об/мин, 1150 об/мин, 1380 об/мин.

К особенностям агрегата следует также отнести широкое применение лазерных датчиков положения, с помощью которых реализовано управление группами вспомогательных механизмов в автоматическом и полуавтоматическом режимах: механизмы района загрузки рулонов, механизмы смены режущего инструмента, механизмы выгрузки рулонов.

**Заключение.** В связи с отсутствием в объеме поставки агрегата полного комплекта проектной документации электрической части агрегата и программного обеспечения электроприводов и системы управления, для ввода агрегата в промышленную эксплуатацию нами выполнены следующие основные работы:

- расчеты параметров электроприводов основных механизмов для двух режимов работы;
- разработка алгоритмов автоматического и полуавтоматического режимов работы электроприводов групп вспомогательных механизмов;
- разработка алгоритмов работы общей системы управления агрегатом;
- разработка программного обеспечения системы управления, включая подсистемы диагностики работы и визуализации управления;
- параметрирование всех регулируемых электроприводов;
- комплексная наладка электроприводов и системы автоматизированного управления;
- отработка рабочих и заправочных режимов работы и ввод агрегата в промышленную эксплуатацию;
- обучение персонала и разработка инструкций по обслуживанию электрооборудования и по работе операторов агрегата.

**Выводы.** В результате проделанной работы агрегат продольной резки в максимально короткое время введен в эксплуатацию и достиг максимальных скоростей при порезке полос различной толщины. Полученный опыт может быть использован при выполнении подобных работ.

#### Список использованной литературы

1. Дружинин Н. Н. Непрерывные станы, как объект автоматизации / Н. Н. Дружинин. – М. : Металлургия, 1975. – 364 с.
2. Лимонов Л. Г. Управление многодвигательным электроприводом многорольковых натяжных механизмов / Л. Г. Лимонов. // *Электромашиностроение и электрооборудование*. –1981. – Вып.32. – С. 28 –36.
3. Лимонов Л. Г. Автоматизированный электропривод промышленных механизмов / Л. Г. Лимонов. – Харьков : Форт, 2009. – 270 с.
4. Лимонов Л. Г. Управление многодвигательным электроприводом металлургического агрегата / Л. Г. Лимонов, В. П. Моргулис. – Вестник НТУ ХПИ. – 2001. – Вып.10. – С. 210 – 211.
5. *Electrical Equipment and Automation for Cold Strip Tandem Mills. Solutions for Metals, Mining and More.* Siemens.
6. *Electrical Equipment and Automation for Single Stand Mills. Solutions for Metals, Mining and More.* Siemens.
7. А. С. СССР № 1227283. Электропривод агрегата перемотки полосы / Лимонов Л. Г., Некрасова Л. В., Таращанский П. И., Дралюк Б. Н., Тикоцкий А.Е., Захаров Л.А., Критский Ю.М. Бюллетень № 16 (30.04.1986).
8. Патент SU №1374394. Многодвигательный электропривод / Максименко С. Б., Козлов Л. Н., Ранио Г. Ф., Таращанский П. И., Лимонов Л. Г., Бюллетень № 6 (15.02.1988).
9. Патент SU № 1718361. Взаимосвязанный электропривод агрегата непрерывной обработки полосового материала / Ранио Г. Ф., Ходунов В. В., Воронин Р. А., Шнаперман И. Л., Таращанский П. И., Лимонов Л. Г. Бюллетень № 9 (07.03.1992).
10. SIMOTION, SINAMICS & SIMOTICS. *Equipment for Production Machines. Catalog PM21.* Siemens.

Получено 02.07.2014

#### References

1. Druginin N.N. Neprerivnie stani kak obekt avtomatizacii [The Continuous Rolling Mills, as Automation Object], (1975), Moscow, Russian Federation, *Metalurgia*, 364 p. (In Russian),
2. Limonov L.G. Upravlenie mnogodvigatelnim elektroprivodom mnogorolikovyh natyagnih mehanizmov [Control of the Multi-Engine Electric Drive of Multirole Tension Mechanisms], (1981), Kiev, Ukraine, *Elektromashinostroenie i Elektrooborudovanie*, Vol. 32, pp. 28 –36 (In Russian).
3. Limonov L.G. Avtomatizirovani elektroprivod promishlenih mehanizmov [Automated Electric Drive of Industrial Mechanisms], (2009), Kharkov, Ukraine, *Fort*, 270 p. (In Russian).
4. Limonov L.G., and Morgulis V.P. Upravlenie mnogodvigatelnim elektroprivodom metalurgicheskogo agregata [Control of the Multi-Engine Electric Drive of

the Metallurgical Aggregate], (2001), *Vestnik NTU KPI*, Vol. 10. pp. 210 – 211 (In Russian).

5. Electrical Equipment and Automation for Cold Strip Tandem Mills. Solutions for Metals, Mining and More. Siemens.

6. Electrical Equipment and Automation for Single Stand Mills. Solutions for Metals, Mining and More. Siemens

7. A S SSSR No.1227283. Limonov L.G., Nekrasova L.V., Taraschansky P.I., Draluk B.N., Tikotsky A.E., Zaharov L.A., and Kritsky U.M. Elektroprivod agregata peremotki polosi [Electric Drive of the Aggregate of Rewinding of a Band], Bul. No.16, (30.04.1986).

8. Patent SU No.1374394. Maximenko S.B., Kozlov L.N., Ranio G.F., Taraschansky P.I., and Limonov L.G. Mnogodvigatelny elektroprivod [Multi-Engine Electric Drive], Bul. No.6, (15.02.1988).

9. Patent S U No. 1718361. Ranio G.F., Hodunov V.V., Voronin R.A., Shnaperman I.L., Taraschansky P.I., and Limonov L.G. Vzaimosvyazany elektroprivod agregata neprerivnoy obrabotki polosovogo materiala [Interdependent Electric Drive of the Aggregate of the Continuous Processing of a Band Material], Bul. No.9, (07.03.1992).

10. SIMOTION, SINAMICS & SIMOTICS. Equipment for Production Mashines. Catalog PM21. Siemens.



Лимонов  
Леонид Григорьевич, канд.  
техн. наук, гл. специалист  
отдела ЧАО «Тяжпромавто-  
матика».  
61072, Харьков, Проспект  
Ленина, 56.  
Тел. (057)7586488.  
E-mail:mail@tpa5.com.ua



Кравцов  
Алексей Анатольевич,  
начальник сектора ЧАО  
«Тяжпромавтоматика»,  
61072, Харьков, Проспект  
Ленина, 56.  
Тел.(057)758 64 88.  
E-mail:mail@tpa5.com.ua



Потапов  
Станислав Валерьевич,  
гл. специалист отдела ЧАО  
«Тяжпромавтоматика»,  
61072, Харьков, Проспект  
Ленина, 56.  
Тел.(057)758 64 88..  
E-mail:mail@tpa5.com.ua