

УДК 621.771.065.012

## РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА И АВТОМАТИЗАЦИИ НА СТАНАХ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ ПОЛОСЫ

А. Е. Браун, В. Б. Капустин, В. А. Корнеев,  
В. К. Кривовяз, А. Е. Тикоцкий

ЗАО «Автоматизированные системы и комплексы» (г. Екатеринбург, Россия)

Рассмотрены пять последних реконструкций электроприводов и систем автоматизации станов холодной прокатки полосы, выполненных ЗАО «Автоматизированные системы и комплексы». Работы проводились в условиях действующего производства с кратковременной остановкой прокатных станов. Отражены задачи, которые решались конкретно на каждом стане, используемые средства автоматизации и результаты реконструкции.

**Ключевые слова:** реконструкция станов холодной прокатки, гидронажимные устройства, электропривод и автоматизация, человеко-машинный интерфейс, 2-й уровень автоматизации, виртуализация серверов.

**В** 2015 – 2018 гг. ЗАО АСК реализовало несколько проектов реконструкции электроприводов и систем автоматизации на действующих станах холодной прокатки стальной и алюминиевой полосы:

реконструкция АСУТП на четырехклетевом стане ПДС-1400 производства углеродистой и динамной стали ПАО НЛМК;

реконструкция главных электроприводов в АСУТП дрессировочного стана № 1 производства автолиста ПАО НЛМК;

внедрение гидронажимных устройств, реконструкция электроприводов и АСУТП на одноклетевом стане 1800 для прокатки алюминия на заводе «Уральская фольга. РУСАЛ» (г. Михайловск);

внедрение системы автоматического регулирования толщины (САРТ) на реверсивном стане кварты 400 для прокатки стальной ленты на металлургическом заводе «Электросталь»;

усовершенствование системы управления реверсивного стана холодной прокатки трансформаторной стали 1200 производства фирмы Zundwig в ОАО «ВИЗ-Сталь».

Все эти работы проводились в условиях действующего производства с ограниченной по времени (не более 7 – 10 сут) остановкой станов, во время которой заменялись не только электроприводы, датчики, пульты, системы автоматизации, но и устанавливалось новое механическое оборудование.

1. Четырехклетевой стан ПДС-1400 производства фирмы «Clesim» был пущен в 1986 г. Стан предназначен для прокатки углеродистой и динамной стали толщиной 0,27 – 1,02 мм и шириной до 1270 мм на скорости до 900 м/мин. Автоматизация базировалась на программируемых логических автоматах Jeumont Schneider типа JSP, которые морально и физически устарели. В объем модернизации АСУТП входили системы:

управления гидравлическими нажимными устройствами (ГНУ) клеток 1 – 4, автоматическая калибровка ГНУ после перевалки валков;

управления режимами скорости стана (СУРС);

автоматического регулирования толщины и натяжения полосы (САРТиН);

человеко-машинного интерфейса (ЧМИ);

регистрации неисправностей;

управления подготовкой и подачей охлаждающей жидкости.

Задачи системы управления процессом (уровень 2): формирование и загрузка программ прокатки (набора параметров стана, оптимизированных для проката определенного сортамента);

слежение за движением материала — выбор рулона из базы данных, чтение и корректировка информации о рулоне; определение позиции каждого конкретного рулона на участке стана;

формирование паспорта рулона, отчета бригады;

слежение за дефектом на полосе;

валковое хозяйство — информация по каждому валку; выбор валка из базы данных при проведении перевалки.

В объем работ входила замена на новые всех пультов, датчиков положения гидроцилиндров ГНУ, вторичной аппаратуры измерителей усилия прокатки.

Новая АСУТП реализована на оборудовании фирмы «Сименс» с использованием программируемых контроллеров Simatic S7-400, модулей быстрого управления FM458, станций удаленной периферии ET200M и ЧМИ, реализованного на базе программного пакета WinCC (один из видеоекранов приведен на рис. 1). ЧМИ выполнен по клиент-серверной структуре. Сервер ЧМИ и клиентские станции, как и сервер уровня 2, реализованы виртуально на двух серверах (один — рабочий, другой — в горячем резерве).

Работы по реконструкции АСУТП ПДС-1400 проводили в три этапа, сейчас завершены два. В результате модернизации существенно снижены количество и длительность простоев стана по причине неисправности оборудования систем автоматизации и, как следствие, повышен коэффициент готовности агрегата, снижен расходный коэффициент стана вследствие снижения обрывности в процессе прокатки.

2. Дрессировочный стан № 1 ПАО НЛМК предназначен для обработки холоднокатаных отожженных и горячекатаных травленных полос толщиной 0,3 – 3,5 мм

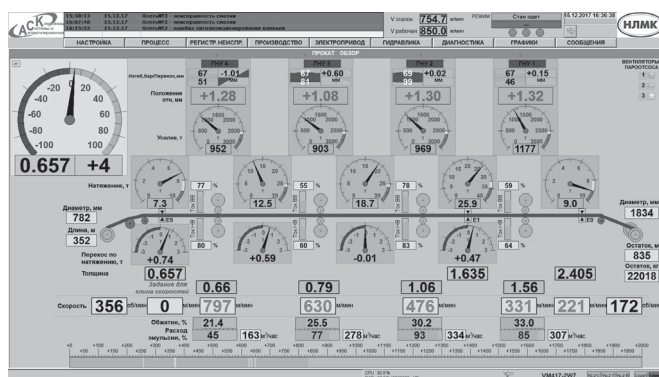


Рис. 1. Основной видеокادر на АРМ оператора четырехклетчатого стана 1400

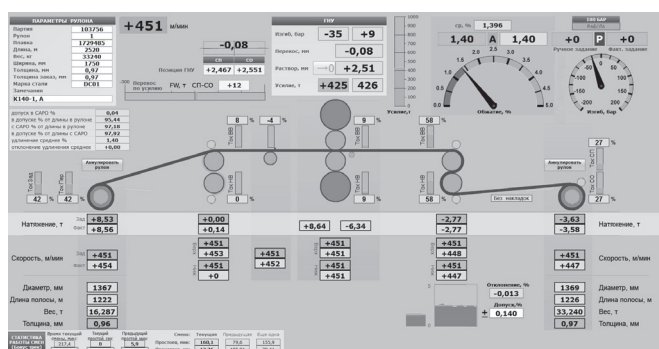


Рис. 2. Основной видеокادر на АРМ оператора дрессировочного стана ДС-1

шириной до 1850 мм на скорости до 1700 м/мин. Стан эксплуатируется с 1980 г. Механическое оборудование изготовлено фирмой «Шлеманн – Зимаг», электрооборудование поставляла фирма «Сименс».

Цель реконструкции — замена устаревшего ненадежно работавшего электрооборудования, получение качественной полосы с точностью относительного удлинения не хуже  $\pm 0,04 - 0,1 \%$  и с точностью по плоскостности, выраженной в высоте волны, не более 3 – 8 мм. В объеме реконструкции проведены следующие мероприятия:

в главных электроприводах постоянного тока аналоговые системы управления тиристорными преобразователями заменены на цифровые, для преобразователей якорных цепей использованы модули управления Sinamics DCM Control Module (все силовые цепи, включая тиристоры, оставлены прежними), в качестве преобразователей цепей возбуждения использованы нереверсивные преобразователи Simatic DCM производства фирмы «Сименс», установлены новые трансформаторы тока якоря и импульсные датчики скорости;

на выходной стороне стана установлен ролик измерения плоскостности фирмы IMS с регулируемым электроприводом на переменном токе;

установлены новые датчики положения цилиндров ГНУ фирмы «Sony Magniscale»;

установлены новые пульты с клиентскими станциями ЧМИ, выполняющими функции операторский станций;

АСУТП реализована аналогично АСУТП четырехклетчатого стана ПДС-1400 на оборудовании фирмы «Сименс» с использованием программируемых контроллеров Simatic S7-400, модулей быстрого управления FM458 станций удаленных входов-выходов ET200 и ЧМИ на базе программного пакета WinCC (один из видеоэкранов приведен на рис. 2).

АСУТП стана ДС-1 решает следующие задачи:

- управление по сети Profibus DP главными электроприводами стана: размотыватель, рабочие валки, натяжные станции, моталка, ролик плоскостности;
- управление по семи Profibus DP через станции ET200 вспомогательными электро- и гидроприводами;
- управление скоростными режимами СУРС;
- регулирование натяжения полосы на всех участках стана;

управление ГНУ в режимах регулирования положения или усилия прокатки для компенсации эксцентриситета опорных валков;

управление цилиндрами изгиба, противоизгиба рабочих валков;

измерение относительного удлинения с помощью импульсных датчиков скорости полосы, установленных на входе и выходе стана, и регулирование данного параметра с необходимой точностью;

регулирование плоскостности полосы с воздействием на перекус цилиндров ГНУ и на изгиб рабочих валков по сигналам с измерительного ролика; человеко-машинный интерфейс;

фиксация и диагностика неисправностей; задачи второго уровня автоматизации, аналогичные задачам, перечисленным для стана ПДС-1400.

Работы по модернизации стана ДС-1 завершились проведением гарантийных испытаний со следующими результатами:

при трехсменной работе достигнута надежность оборудования 98 %;

при включенном регуляторе относительного удлинения полосы необходимая точность регулирования данного параметра обеспечивается в среднем на 98 % длины полосы в рулоне на всех сортаментах;

для всех сортаментов достигнута необходимая точность по плоскостности полосы после дрессировки на стане ДС-1.

3. Одноклетевой четырехвалковый стан 1800 был изготовлен ПАО НКМЗ, пущен в 1980 г. Предназначен для прокатки полосы из алюминия с минимальной выходной толщиной 0,6 мм для дальнейшей обработки на фольгопрокатных станах. Основная цель реконструкции — увеличение точности прокатываемой полосы по толщине за счет внедрения гидронажимных устройств (ГНУ) и системы автоматического регулирования толщины (САРТ). Одновременно были заменены старые тиристорные преобразователи постоянного тока главных электроприводов на современные цифровые преобразователи фирмы «Сименс» типа Simatic DCM.

Гидроцилиндры, насосную станцию и панели с гидравлической автоматикой для ГНУ по договору с ЗАО АСК поставляла итальянская фирма «Fata

Hanter». Было принято решение гидроцилиндры ГНУ разместить под нижними опорными валками, оставив в качестве резервного механизм нажимных винтов, расположенный сверху в клетке. Насосная станция и гидроавтоматика выполнены на оборудовании фирмы «Bosh – Rexrot», сервоклапаны изготовлены фирмой MOOG. Электрическое управление ГНУ реализуется на программируемом контроллере Simatic S7-414 с модулем FM458. На этом же контроллере реализована САРТ, работающая по сигналам рентгеновского измерителя толщины, расположенного на выходе из клетки.

В результате модернизации существенно повысилось количество годного металла, прокатываемого в заданных допусках по толщине, а также примерно на 20 % повысилась производительность стана в основном за счет сокращения времени на перевалку рабочих валков.

4. Четырехвалковый стан 400 предназначен для реверсивной прокатки стальной ленты с минимальной толщиной 0,35 мм, шириной до 350 мм на скорости до 6 м/с. Работа заключалась в установке с обеих сторон от клетки контактных измерителей толщины фирмы «UVB Technic» (Чехия) и внедрении работающей по их сигналам САРТ.

Контактный измеритель толщины имеет ряд преимуществ перед бесконтактными измерителями: высокая точность измерения толщины  $\pm 0,002$  мм в диапазоне от 0,03 до 9 мм вне зависимости от химического состава металла, возможность измерения толщины биметаллической полосы, малые габариты, автоматическое наведение измерителя на заданное расстояние от кромки полосы.

САРТ реализована на программируемом контроллере Simatic S7-1500. САРТ выполнена как двухконтурная система регулирования с пропорциональным регулятором возмущения, работающим по сигналам измерителя толщины на входе в клетку, и интегральным регулятором по отклонению, работающим по сигналам от измерителя толщины на выходе из клетки. Коэффициенты обоих регуляторов перестраиваются в зависимости от скорости прокатки и толщины прокатываемой полосы. Сигналы от САРТ управляют электроприводом нажимных винтов.

В результате внедрения САРТ отклонения толщины от заданной в основном не превышают  $\pm 0,01$  мм. Дальнейшего повышения точности по толщине прокатываемой полосы можно достичь за счет внедрения ГНУ.

5. В ОАО «ВИЗ Сталь» в 2012 г. пущен стан 1200 производства фирмы «Zundwig». Качество полосы, прокатываемой станом, не удовлетворяло требованиям к заданным толщине и плоскостности. Не достаточно надежно работало механо- и электрооборудование стана (частные обрывы полосы, малая скорость прокатки, большие простои стана из-за неисправностей и сбоев в работе электрооборудования).

ЗАО АСК совместно с работниками ВИЗ-Стали были приняты меры по оптимизации технологии прокатки, отладке алгоритмов работы электроприводов и систем автоматизации, созданию системы регулирования толщины и плоскостности. Основные результаты этой работы:

улучшилось качество полосы по толщине в результате внедрения нового быстродействующего регулятора, работающего по принципу постоянства секундного объема прокатываемой полосы, подчиненного регулятору по отклонению, что позволило с отклонением толщины не более  $\pm 5$  мкм от заданной прокатывать 98 % длины полосы в рулоне, с отклонением не более  $\pm 2$  мкм — 92 %;

существенно улучшена работа системы регулирования плоскостности полосы за счет смены типа технологической смазки, увеличения величины обжатия полосы, нагрева валков до оптимальной температуры и модернизации самого регулятора, при этом отклонение плоскостности от задания в основном не превышает  $\pm 2$  I-Unit;

повышена производительность стана: вместо трех проходов полоса прокатывается за один проход на больших скоростях;

повышена точность центрирования полосы по оси стана;

внедрена система автоматического торможения стана во время прокатки полосы с дефектами.

*Статья поступила в редакцию 18.09.2019*