

# Автоматизированная система управления реверсивным прокатным станом 400

Сергей Новицкий

В статье изложен опыт создания АСУ ТП реверсивного прокатного стана 400. Описаны структура и функции системы, показаны возможности, предоставляемые системой пользователю, рассмотрены отдельные аспекты интеграции средств разных производителей посредством OPC-сервера.

## ВВЕДЕНИЕ

Современные прокатные станы не могут обойтись без компьютерного управления их механическими узлами. Для того чтобы могли быть реализованы рассчитанные на основе научно обоснованных, сложных математических моделей режимы деформирования металла при прокатке, нужны также датчики, гидравлические и электрические исполнительные устройства с сервоуправлением. Помимо этого система управления должна иметь современный человеко-машинный интерфейс, средства on-line-архивирования массива технологических параметров и стандартный интерфейс доступа к этим параметрам со стороны цеховой АСУ.

Представленная в данной статье система управления разработана специалистами отдела ОГК ЭПА фирмы ООО «Уралмаш-Метоборудование» для предприятия ФГУП «Электрохимприбор». Государственный заказчик — Федеральное агентство по атомной энергии, контракт № 6-2/2006-1/04 от 18.01.2006.

## ОБОРУДОВАНИЕ ПРОКАТНОГО СТАНА И НАЗНАЧЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Прокатный стан, являющийся объектом управления, предназначен для прокатки заготовок из металла VI группы таблицы Менделеева. Заготовка может иметь следующие максимальные габариты (для горячей прокатки): толщина 20 мм, ширина 75 мм, длина 139 мм. Диаметр рабочих валков

150...140 мм, скорость прокатки до 1 м/с, усилие прокатки 200 тс. Кроме клетки с валками, в состав стана входят главный электропривод, его трансмиссия, электромеханическое нажимное устройство (ЭНУ), гидравлическое нажимное устройство (ГНУ), механизм переделки валков, механизм уравнивания валков, поворотный стол, цилиндры противоизгиба, цилиндры дополнительного изгиба, насосно-аккумуляторные станции (НАС). К НАС относятся следующие насосно-аккумуляторные станции: НАС механизмов

(давление 6,3 МПа), НАС ГНУ (давление 28 МПа), НАС системы смазки шестерённой клетки и редуктора. Все механические элементы стана контролируются системой управления. Общий вид прокатного стана 400 показан на рис. 1.

Заготовка вручную укладывается на проводку перед клетью, подведённую к валкам. После ручного центрирования заготовки линейками оператор включает толкатель перед клетью на перемещение к клетю, заготовка перемещается, захватывается валками,



Рис. 1. Общий вид прокатного стана

происходит прокатка в первом пропуске. Оператор включает механизм перемещения толкателя, он отводится от клетки с остановкой от конечного выключателя.

Перед подачей заготовки в клеть в систему управления станом вводятся требуемые режимы и уставки для прокатки в первом пропуске. Автоматически поддерживаются следующие параметры:

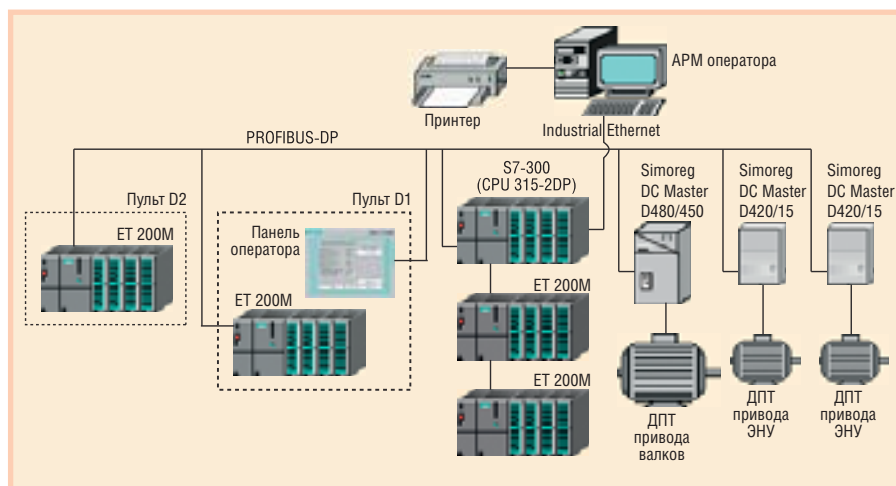
- заданная скорость прокатки;
- заданные параметры ГНУ;
- заданное давление в цилиндрах противоизгиба или дополнительного изгиба (в зависимости от режима).

Затем стан перестраивается для прокатки во втором пропуске. В систему управления станом вводятся соответствующие требуемые режимы и изменённые уставки автоматического поддержания параметров. Система управления поддерживает до 12 пропусков.

После прокатки заготовки стан останавливается, и при получении прокатанной заготовки с требуемыми параметрами программа прокатки заносится в библиотеку программ базы данных для дальнейшего использования при прокатке заготовок того же сортамента. При наличии в базе данных программы прокатки, соответствующей текущему заданию по введённому в систему управления данным о сортаменте заготовки и её температуре, ввод уставок производится автоматически.

### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА АСУ ТП

Аппаратная часть АСУ ТП прокатного стана реализована на базе контроллера Siemens S7-300 с модулем центрального процессора CPU 315-2DP и четырьмя станциями распределённого ввода-вывода (децентрализованной периферии) ET 200M, панели оператора Siemens TP177 (5,7"), одного АРМ оператора (компьютер с CPU Intel Pentium® 4 630 3,0 ГГц). В системе задействовано три регулируемых электропривода постоянного тока: для группового привода рабочих валков используется электродвигатель с преобразователем Simoreg DC Master D480/450, для привода механизма установки валков (ЭНУ) применены два электродвигателя с преобразователями Simoreg DC Master D420/15. В гидро-



Условные обозначения: ДПТ – двигатель постоянного тока; ЭНУ – электромеханическое нажимное устройство.

Рис. 2. Структурная схема АСУ ТП прокатного стана 400

системе управления цилиндрами использованы пропорциональные клапаны (сервоклапаны) фирмы Duplomatic с интерфейсом 4...20 мА. Для размещения аппаратуры выбраны шкафы и пульта управления фирмы Rittal. Структурная схема АСУ ТП прокатного стана 400 представлена на рис. 2.

Состав программных средств АСУ ТП таков: контроллер программируется с использованием языка STL пакета STEP7, а панель оператора — с использованием программного обеспечения (ПО) WinCC Flexible; на компьютере АРМ установлено ОС Windows 2000 Pro, OPC-сервер Siemens, являющийся компонентом ПО SIMATIC NET, SCADA GeniDAQ 4.25 фирмы Advantech, MS SQL Server 2000, Excel 2003 для генерации отчётных форм. Выбор SCADA GeniDAQ 4.25 обусловлен требованием уменьшения стоимости проекта.

Взаимодействие SCADA и контроллера S7-300 реализуется посредством OPC-сервера. В слоте PCI компьютера АРМ установлена сетевая плата SIMATIC NET CP 1613 A2, используемая для построения связи по Industrial Ethernet между этим компьютером, где установлена SCADA, и контроллером. Связь между контроллером и панелью оператора осуществляется по PROFIBUS-DP. Количество программных тегов на контроллере — 677, количество тегов OPC — порядка 550.

Основные технологические параметры отображаются на видеокдрах панели оператора и экрана компьютера АРМ. Все технологические параметры архивируются в базе данных АРМ с

разным периодом и по разным условиям. Отчётные формы Excel берут данные непосредственно из базы данных MS SQL Server 2000.

В ходе работы стана при подаче новой заготовки на прокатку с панели оператора вводится информация о её параметрах, которая передаётся на АРМ для поиска соответствующей программы в базе данных; если таковой не нашлось, оператор вручную устанавливает параметры пропусков, и в случае успешной прокатки новая программа отсылается для запоминания в библиотеку программ базы данных АРМ. Эти операции требуют интерфейса обмена между панелью оператора и АРМ, но если посмотреть на схему АСУ ТП (рис. 2), то прямой связи между ними не прослеживается. В этом особенность данного проекта. Вообще говоря, был смысл организовать такую прямую связь по Ethernet с применением WinCC Flexible OPC-сервера, но в силу организационных обстоятельств к моменту проектного решения по сетевой структуре оборудование уже было закуплено и требуемого свободного слота в нём не нашлось, поэтому пришлось исхитряться. Применили «стандартное решение нестандартной задачи» — передачу данных через контроллер с помощью флагов (набора тегов OPC-сервера для синхронизации обмена информацией между контроллером и SCADA АРМ). Всего потребовалось 7 флагов. Этот проект выполняли два программиста: один программист программировал контроллер и панель оператора, другой (автор статьи) — компьютер АРМ со всеми его задачами. На объекте вне-

дрения пусконаладка связи и обмена данными между контроллером и АРМ была выполнена за 2 дня.

### СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ

Управление прокатным станом производится с двух навесных поворотных пультов D1 и D2. Пульт управления D1 расположен на станине клетки со стороны входа заготовки в валки при первом пропуске. Управление осуществляется устройствами, размещёнными на двери и правом торце пульта; здесь же находится панель оператора TP177. Пульт управления D2 расположен на станине клетки со стороны выхода заготовки из валков. Управление производится устройствами, размещёнными на двери пульта.

Управление механизмами и режимами работы стана осуществляется при помощи ключей с фиксацией, ключей с самовозвратом, кнопок со встроенными в них сигнальными лампочками, функциональных кнопок панели оператора. Для механизмов, требующих работы в определённых режимах, выбор режимов осуществляется ключами с фиксацией. С целью обеспечения для отдельных механизмов режима «толч-

ка» использованы ключи с самовозвратом. Все остальные механизмы управляются кнопками. При этом использован принцип наличия постоянной обратной связи, то есть на каждую команду оператора следует соответствующий световой сигнал от системы управления, информирующий оператора:

- о принятии команды системой;
- о выполнении команды;
- об отказе при выполнении команды.

Сигнализация о работе механизмов осуществляется встроенными в кнопки управления сигнальными лампочками: после нажатия кнопки при движущемся механизме встроенная лампочка горит мигающим светом (частота мигания 2 Гц); при достижении механизмом крайнего положения соответствующая лампочка начинает гореть постоянно; после нажатия кнопки с целью включения устройства (например насоса) для продолжительной работы лампочка горит постоянно; при отключении механизма соответствующая лампочка гаснет; при отказе выполнения команды лампочка в кнопке, с помощью которой подана команда, горит «аварийным» мигающим светом (частота мигания 4 Гц).

Управление режимами работы стана, задание технологических параметров (скорость прокатки, натяжение на моталках перед и за станом, усилие прокатки) осуществляется с панели оператора TP177, расположенной на пульте D1. Сюда же выводится технологическая и производственная информация в цифровом виде.

### ОПИСАНИЕ РАБОТЫ ПАНЕЛИ ОПЕРАТОРА

Панель оператора TP177 является графической панелью с сенсорным экраном резистивного типа. Она служит для управления станом посредством видеокладов. На рис. 3 показан один из них. Переход между видеокладрами осуществляется с помощью виртуальных кнопок «Вперёд», «Назад». При включении панели появляется основной видеоклад «Меню». С него можно перейти на любой другой видеоклад. При вводе новой заготовки можно выбрать режим работы: ручной или по программе. При ручном режиме оператор вводит желаемое количество пропусков и толщину заготовки на каждом пропуске. Устанавливается выбранный режим работы ГНУ: регу-



Рис. 3. Видеокادر «Гидромеханическое нажимное устройство» панели оператора

лирование либо по положению, либо по усилию прокатки. Для регулируемых приводов на видеокдрах отображаются заданные и фактические значения параметров. Там, где это предусмотрено, выводится информация об ошибках в работе оборудования, о предаварийных ситуациях, а также о готовности подсистем к включению. При возникновении предаварийной/аварийной ситуации появляется

- архивирование всех технологических параметров работы комплекса оборудования прокатного стана 400, полученных от контроллера;
- запись в базу данных программ прокатки, полученных от панели оператора;
- автоматический поиск и извлечение из базы данных программы прокатки, соответствующей текущему заданию, по запросу панели оператора;

окно сообщений, которое отображается «поверх» остальных окон. Журнал аварий отображается на соответствующем видеокдрае. Можно просмотреть все аварии или аварии только при текущей прокатке.

### ОПИСАНИЕ РАБОТЫ АРМ

Компьютер АРМ служит для выполнения следующих задач:

- визуализация основных технологических параметров на видеокдрах SCADA;
- просмотр базы данных с помощью отчётных форм Excel.

Все перечисленные функции, кроме последней, выполняются средствами SCADA GeniDAQ 4.25. Это очень привлекательный по цене SCADA-пакет для малых и средних систем. К его достоинствам можно отнести большую гибкость в программировании. Так, в данном проекте в программе работают параллельно 6 задач с разным периодом запуска и разным приоритетом. Внутренний язык программирования – VBScript, хорошо интегрированный в Windows. Например, из него даже можно редактировать системный реестр. К недостаткам этой SCADA-системы можно отнести относительную бедность встроенных функций оболочки. Так, для работы с SQL-базами данных имеются только несколько встроенных функций VBScript, и в нашем случае пришлось писать дополнительные подпрограммы, унифицирующие обмен с SQL Server.

При стыковке аппаратно-программных средств разных производителей

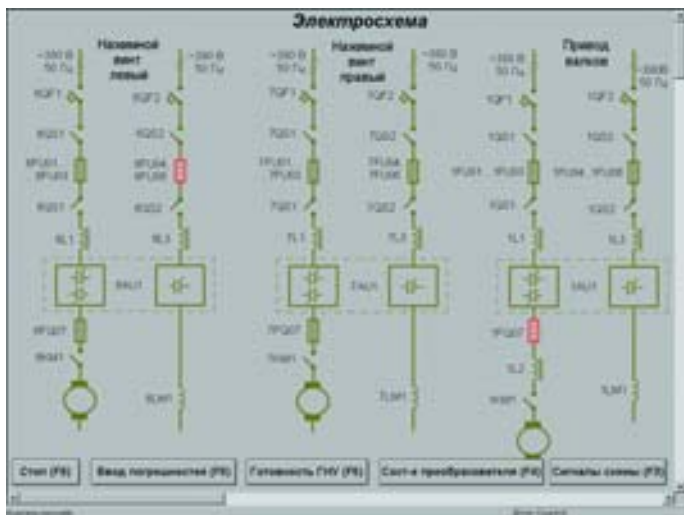


Рис. 4. Видеокادر «Электросхема», выводимый на экран компьютера АРМ

Описание сигнала	Низковольтный ввод левый	Низковольтный ввод правый	Привод валков
Заданная частота вращения двигателя вне допустимой области	■	■	■
Заданная мощность вне допустимой области	■	■	■
Заданная скорость вращения вне допустимой области	■	■	■
Заданная длина стержня вала вне допустимой области	■	■	■
Выполнение калибровки положения	■	■	■
Регулятор скорости в полномасштабном режиме	■	■	■
Регулятор скорости в ограничительном режиме	■	■	■
Ошибка связи с преобразователем	■	■	■
Частота вращения двигателя (об/мин)	0.0	0.0	0.0
Ток якоря (А)	0.0	0.0	0.0
Напряжение якоря (В)	0.0	0.0	0.0
Ток возбуждения (А)	0.0	0.0	0.0
Положение обмоточного устройства (град)	18.0	14.3	
Температура преобразователя	0	0	0
Температура якоря	0	0	0

Рис. 5. Видеокادر «Состояние преобразователя», выводимый на экран компьютера АРМ

редко обходится без проблем. Не стал исключением и описываемый проект: GeniDAQ в процессе «привязки» тегов к Siemens OPC-серверу время от времени по непонятной причине «зависал». Оказалось, длина строки пути к тегу OPC-сервера в GeniDAQ не должна превышать 80 символов. Вообще говоря, GeniDAQ вполне хорош для систем с количеством внешних тегов не более нескольких сотен.

Структура базы данных в MS SQL Server была разработана с учётом задачи минимизации скорости нарастания её объёма по ходу технологического процесса и минимизации загрузки процессоров. Поэтому все таблицы архивирования технологических параметров были поделены на два типа: таблицы с заданным периодом архивирования (от 600 мс до 1 мин) и таблицы событийного типа (в них архивируются события по мере их поступления). Сохранение данных в таблицах с заданным периодом архивирования стартует и останавливается в зависимости от возникающих значений определённых параметров или их совокупности.

Программа прокатки представляет собой матрицу, где строчки соответствуют пропускам, а столбцы — параметрам прокатки в каждом пропуске. Она запоминается в двух таблицах базы данных: «Список программ» и «Программа». При появлении новой заготовки, подлежащей прокатке на стане, оператор вводит на панели оператора три параметра: «Толщина заготовки перед прокаткой, [мм]», «Температура заготовки перед прокаткой, [°C]», «Толщина заготовки после прокатки, [мм]». Два первых параметра характеризуют

заготовку до прокатки, а третий — после прокатки. По этим трём параметрам автоматически ищется соответствующая программа в двух упомянутых таблицах базы данных. Но точного совпадения не бывает, поэтому оператор перед отправкой запроса с операторской панели заводит в диалоговом окне станции АРМ *допустимую область погрешности* для каждого из трёх параметров. При запуске программы SCADA эти погрешности устанавливаются по умолчанию. Если по запросу на поиск программы прокатки обнаружено несколько программ, удовлетворяющих введённым условиям, то на панель оператора отправляется программа с меньшим порядковым номером.

На рис. 4 и 5 приведены примеры видеокладов SCADA, выводимых на экран компьютера АРМ.

Для получения разнообразной статистической и архивной информации по результатам работы прокатного стана используются отчётные формы MS Excel. Данные в эти формы загружаются непосредственно из базы MS SQL Server посредством встроенных SQL-запросов. В частности, создана отчётная форма с таблицей и графиком толщины заготовки до и после прокатки по каждой программе прокатки для заданной марки материала заготовки. Как только пользователь изменяет значение ячейки «код марки материала», происходит загрузка соответствующих данных из базы в таблицу и на график листа Excel.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Применение контроллерного программного управления станом и установка сервосистем на всех основных

приводах обеспечили возможность оптимизировать режимы прокатки материала. Заданный график подачи заготовки реализуется через управляемый главный привод, вращающий валки. Заданный график деформации заготовки реализуется посредством гидравлических сервоклапанов, работающих на цилиндры гидронажимного устройства. Все основные операции стана автоматизированы; управление технологическим процессом обеспечено удобными средствами операторского интерфейса, в том числе средствами отображения разнообразных видеокладов и отчётной формы. Оператору нет необходимости запоминать или записывать удачные программы прокатки — они запоминаются в базе данных и легко извлекаются по запросу. Благодаря полной автоматической архивации технологических параметров оператор имеет возможность сделать выборку по любому заданному критерию.

Внедрение представленной в статье системы АСУ ТП минимизировало количество забракованных заготовок, энергопотребление стана, потери времени обслуживающего персонала. Используемые в системе средства управления и отображения признаны обслуживающим персоналом заказчика вполне удобными для работы. Основу высокой надёжности системы заложили применение технических и программных средств ведущих мировых и лучших отечественных производителей, а также продуманность и, как результат, корректность разработанного программного обеспечения.

Автоматизированная система управления реверсивным прокатным станом 400 успешно эксплуатируется с конца 2007 года. ●