Система контроля технологии и управления скоростными режимами прокатного стана

Роман Федоряк, Константин Лейковский, Алексей Светличный

Статья посвящена вопросу создания АСУ скоростными режимами прокатки на обжимном стане Донецкого металлургического завода. Описывается технология прокатки и связанные с ней особенности создаваемой системы. Определенное внимание уделено созданию локальной вычислительной сети в условиях сильных электромагнитных помех. Подробно рассматриваются структура, аппаратное и программное обеспечение системы.

Введение

Обжимные прокатные станы — блюминги и слябинги, предназначенные для производства заготовок из слитков стали, — исторически считаются неудобными для автоматизации объектами. Причиной этого является сама технология реверсивной прокатки, заключающаяся в том, что заготовка многократно проходит сквозь прокатные валки вперед и назад, причем при каждом проходе изменяется раствор валков, многократно производится передача металла из калибра в калибр и выполняются повороты заготовки на 90 градусов (кантовки). Из-за большого количества механизмов, участвующих в процессе прокатки, нестабильности состояния металла по температуре, форме слитка, наличию окалины процесс прокатки даже двух следующих друг за другом слитков может отличаться, особенно при первых проходах (пропусках) через прокатные валки.

В 60-70 годах прошлого века предпринимались попытки создания блюминга-автомата на базе управляющих вычислительных машин семейства СМ, однако все они закончились безуспешно, несмотря на большие затраты на аппаратные средства и разработку, в которой были задействованы мощные отраслевые институты. Проблема усугублялась тяжелыми условиями эксплуатации средств вычислительной техники (запылённость, высокие температуры, мощные электромагнитные поля) и отсутствием надёжных датчиков. Там, где системы автоматического управления всё же вводились в работу (например, на третьем блюминге Криворожского металлургического комбината), срок их эксплуатации был очень недолгим: производительность мощного прокатного стана, стоящего в начале технологической цепочки, при автоматическом управлении оказывалась ниже, чем при ручном управлении опытным оператором.

Затем обжимным станам совсем перестали уделять внимание, считая, что они будут полностью ликвидированы после широкого внедрения устройств непрерывной заготовки стали. Реалии экономической ситуации, однако, оказались таковыми, что на сегодняшний день (по крайней мере на Украине) большая часть производимой прокатной продукции в черной металлургии начинает свой путь в блюмингах и слябингах. Хозяевам металлургических предприятий и инженерно-техническому персоналу волей-неволей пришлось задуматься об обеспечении надёжной работы обжимных станов, производительность которых доходит до 1000 тонн в час.

Наряду с мероприятиями по реконструкции механических узлов и электрооборудования снова стала актуальной проблема автоматизации. Но, в отличие от событий 40-летней давности, теперь не ставится задача заменить оператора. Сегодня необходимо проконтролировать ход технологического процесса, предотвратить ошибки персонала, приводящие к перегрузкам и поломкам оборудования, а также обеспечить оптимальные энергосиловые параметры процесса прокатки. К системе автоматизации обжимного стана предъявляются жёсткие, зачастую противоречивые требования: она должна быть надёжной, обеспечивать круглосуточную работу в тяжелых условиях эксплуатации в течение длительного периода между капитальными ремонтами, быть удобной в эксплуатации и... недорогой. Вот такую задачу пришлось решать в короткий (1 год) срок сотрудникам Донецкого научно-производственного общества ДОНИКС и специалистам обжимного цеха Донецкого металлургического завода (ИСТИЛ-ДМЗ).

Объект управления

Обжимный стан 950/900 Донецкого металлургического завода содержит две реверсивные прокатные клети: клеть 950 (рис. 1) и клеть 900 (рис. 2). На клети 950 из слитков массой от 5 до 9 тонн прокатывают заготовку размером сечения от 148×208 мм до 255×295 мм, из которой на клети 900 получают конечную продукцию, имеющую в сечении форму квадрата со стороной от 128 до 180 мм или круга диаметром от 80 до 220 мм.

(C)2001 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 232-1653 http://www.cta.ru

Рис. 1. Клеть 950

Рис. 2. Клеть 900

Валки клети 950 приводятся в движение двумя двухъякорными электродвигателями постоянного тока, мощность каждого из которых составляет 5400 кВт (рис. 3). Валки клети 900 приводятся в движение через шестерённый редуктор одним электродвигателем. На клети 950 используется индивидуальный привод валков, а на клети 900 — групповой. Максимальная скорость привода клети 950 составляет 110 оборотов в минуту, что выше, чем на блюмингах 1100-1250, где максимальная скорость не превышает 80-90 об./мин. Таким образом, клеть 950 имеет мощный высокоскоростной привод, обеспечивающий высокую производительность стана. Однако здесь есть и негативные стороны. При высоких скоростях захвата и прокатки металла имеют место пробуксовки раскатов в валках, при которых в линиях привода возникают высокие динамические моменты, максимальное значение которых может в 3-5 раз превысить нормальные моменты прокатки. Результатом таких пробуксовок является накопление усталостных явлений в механических узлах и, в конечном итоге, поломки лопаток шпинделей, валков и другого оборудования [1]. Для предотвращения таких ситуаций в приводе клети 950 использовалась простая жёстко запрограммированная система управления скоростными режимами главного привода, ограничивающая скорости захвата и прокатки на допустимых уровнях независимо от действий оператора. Система была выполнена на базе однокристальной микроЭВМ и к моменту начала разработки устарела и морально, и физически. Кроме того, широкий ассортимент прокатываемого металла требовал гибкости в назначении скоростей прокатки, а применение жёсткого алгоритма снижало производственные возможности стана.

Таким образом, основной задачей при разработке системы автоматизации обжимного стана являлась замена жёстко запрограммированной системы управления скоростными режимами, расширение контрольных функций по соблюдению технологии прокатки (режима обжатий), а также своевременное выявление пробуксовок металла в валках и предотвращение их развития. Одновременно с этим была поставлена задача создания постоянно действующей системы регистрации параметров работы оборудования, которая в случае аварий могла бы предоставить информацию о предыстории развития аварийного процесса для оперативного выявления и устранения причин его возникновения.

Основное оборудование должно было быть размещено в машинном зале рядом с тиристорными преобразователями, от которых питаются прокатные двигатели, а на расстоянии от 70 до 300 метров должны были быть размещены станции операторов и дежурных по машинному залу. Все протяженные коммуникационные линии оказывались в зоне действия мощных электромагнитных и импульсных помех, что усложняло обмен данными между узлами комплекса.

Функции автоматизированной системы управления

Основным назначением разрабатываемой автоматизированной системы являлось повышение эксплуатационной надёжности оборудования прокатных клетей 950 и 900 за счет строгого соблюдения технологии прокатки и предотвращения возникновения и развития неустойчивых и аварийных режимов.

В соответствии с поставленной задачей система управления скоростными режимами должна обеспечивать:

- формирование сигнала задания на скорость приводов верхнего и нижнего валков клети 950 и сигнала задания на скорость привода клети 900;
- плавный выбор зазоров в механической передаче за счет формирования нелинейного сигнала задания на разгон и торможение электроприводов;
- изменяемые в процессе прокатки одного слитка значения ускорения и замедления, необходимые для минимизации времени цикла при одновременном предотвращении пробуксовок;
- формирование сигналов ограничения задания на скорость привода;
- разделение режимов захвата/прокатки металла;
- контроль соблюдения режима обжатий по раствору валков и схемы прокатки по перемещению металла в калибрах;
- контроль рассогласования токов и скоростей приводов верхнего и нижнего валков и коррекцию сигналов задания при возникновении таких рассогласований;
- отслеживание предельных значений обжатий и запрет на работу оборудования при грубых ошибках операто-

Рис. 3. Двигатели клети 950

(C)2001 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 232-1653 http://www.cta.ru

ров с выдачей соответствующих сообщений;
- индикацию режимов работы главных приводов и выдачу сообщений дежурному по машинному залу и оператору;
- протоколирование событий, накопление статистических данных.

Подсистема контроля аварийных режимов должна функционировать автономно от системы регулирования и обеспечивать постоянную регистрацию параметров работы приводов и переключений в системе управления для сохранения предыстории развития аварийных процессов.

Аппаратные и программные средства системы

Исходя из особенностей объекта автоматизации и функций системы, в качестве аппаратной базы были выбраны IBM PC совместимые промышленные контроллеры. Их достоинствами являются открытость архитектуры, удобство построения вычислительной сети, возможность применения гибких разветвленных алгоритмов, удобство визуализации и протоколирования данных, большие объёмы доступного программного обеспечения (ПО).

В качестве операционной системы (ОС) была выбрана операционная система реального времени (ОС РВ) QNX. Так как в функции системы входили управление быстротекущим процессом изменения скорости приводов при одновременном анализе большого количества технологических параметров и протоколирование событий, то только использование ОС с заданным временем отклика могло обеспечить нормальную работу.

Аппаратная часть системы собрана из комплектующих ведущих производителей IBM PC совместимых промышленных устройств. Структурная схема части системы, относящейся к клети 950, представлена на рис. 4, система управления клетью 900 имеет аналогичную схему.

На втором этаже машинного зала в непосредственной близости от систем регулирования и силового оборудования управления электродвигателями клетей 950 и 900 установлены шкафы управляющих ЭВМ (рис. 5 и 6), в которых находятся:
- управляющая ЭВМ на базе промышленной рабочей станции AWS-842TB фирмы Advantech, в состав которой вошли процессорная плата Advantech PCA-6168 с процессором Celeron-466, оперативной памятью SDRAM объёмом 16 Мбайт и твердотельным диском DiskOnChip фирмы M-Systems ёмкостью 32Мбайт, платы сбора и выдачи информации 5710-1, 5600, 5300 фирмы Octagon Systems; сетевой адаптер Ethernet на шине PCI;
- модули гальванической развязки Analog Devices серии 5B, Advantech ADAM-3014, Grayhill серии 70G на стандартных терминальных панелях;
- блоки питания с номиналами выходных напряжений +5,+12,+24 В;
- источник бесперебойного питания APC Smart-UPS (700 В·А);
- модули собственной разработки и изготовления: модуль опроса сельсинного командоаппарата оператора поста управления (на базе однокристальной микроЭВМ ATMEL), модули гальванической изоляции сигналов импульсных датчиков скорости, модуль опроса положения линеек манипуляторов (на базе кодовых датчиков Megatron);
- регистратор аварийных процессов Recon.

На первом этаже машинного зала расположен пост дежурного по машин-

(C)2001 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 232-1653 http://www.cta.ru

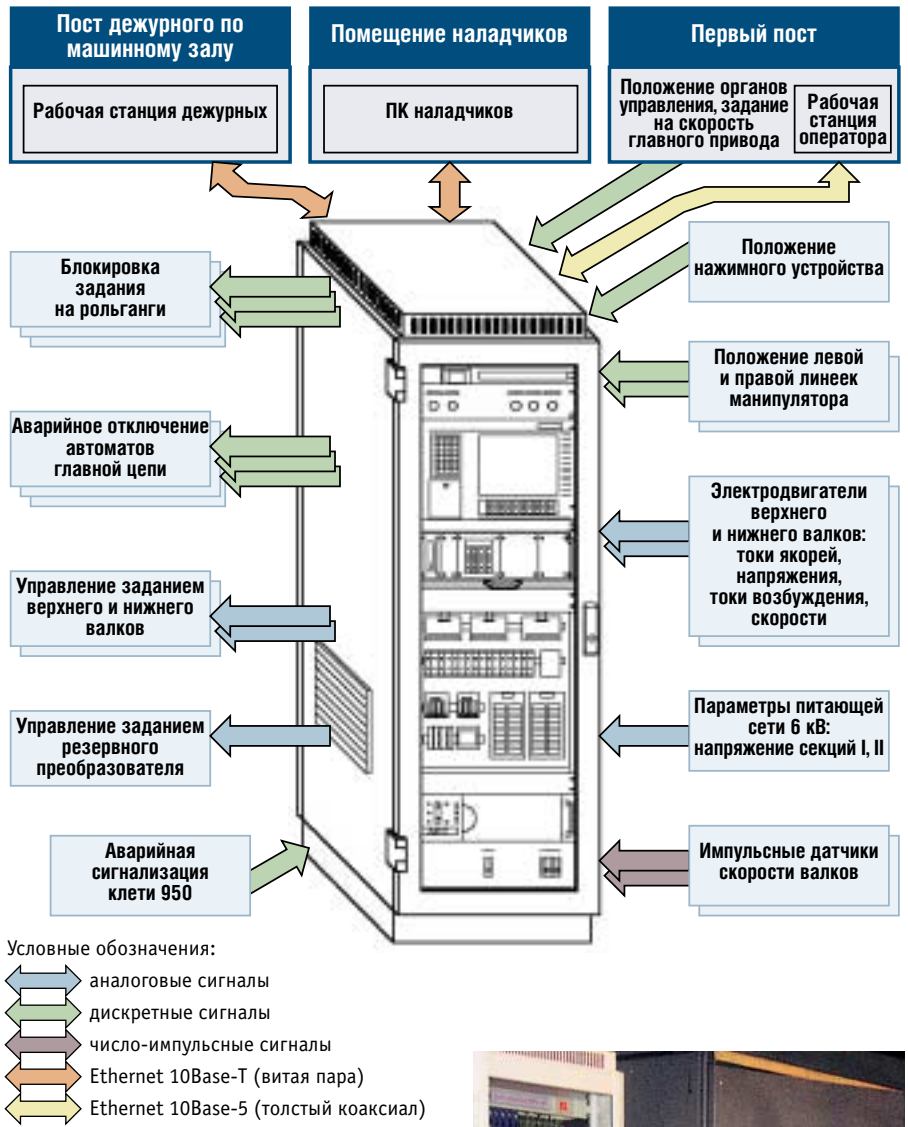

Рис. 4. Структурная схема системы управления клетью 950

ному залу, в котором находится рабочая станция дежурных. Она собрана в защищённом от попадания пыли шкафу с принудительной вентиляцией, в котором размещены монитор 17" и шасси промышленного компьютера Advantech IPC-6806S, укомплектованное

- процессорной платой Advantech PCA-6145B половинного размера на 486 процессоре с интерфейсами VGA, Ethernet;
- платой Advantech PCL-843 контроллера сети Ethernet;
- накопителем на жёстком диске ёмкостью 10 Гбайт.

Назначение рабочей станции дежурных — визуализация режимов работы главных приводов клетей в реальном масштабе времени, сбор и хранение протоколов переключений и аварийных событий, составление и редактирование скоростных и технологических таблиц, просмотр суточных отчётов, накопление статистики, квитирование аварийных событий. Внешний вид станции дежурных показан на рис. 7.

Рис. 5. Шкаф управляющей ЭВМ

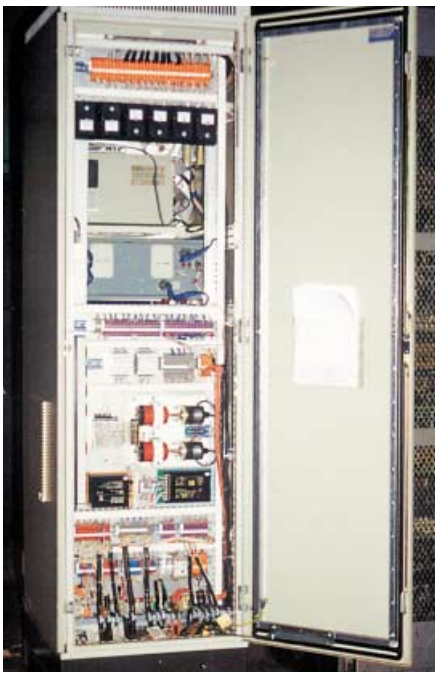

Рис. 6. Шкаф управляющей ЭВМ (вид сзади)

Непосредственно на линии стана, на посту управления клетью 950 установлена рабочая станция оператора. Она собрана на основе пыленепроницаемой консоли управления со встроенным 17" монитором, контроллером клавиатуры со встроенными и выносными кнопками оригинального исполнения и промышленного компьютера (IPC-6806, PCA-6145B, адаптер сети Ethernet Octagon 5500). Внешний вид рабочей станции оператора первого поста приведён на рис. 8. Эта станция предназначена для визуализации основных параметров процесса прокатки, выбора режимов обжатий.

Также на линии стана, на посту управления клетью 900 установлен индикатор основных параметров режимов прокатки на базе вакуумно-флуоресцентного дисплея IEE серии 3602, свя-

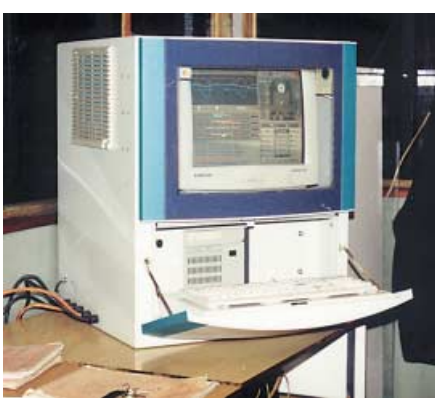

Рис. 7. Рабочая станция дежурных по машинному залу

(C)2001 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 232-1653 http://www.cta.ru

Рис. 8. Рабочая станция оператора первого поста клети 950

занного с управляющей ЭВМ клети 900 интерфейсом RS-485.

В помещении наладчиков установлен офисный ПК, имеющий адаптер связи с регистраторами аварийных процессов Recon клетей 950 и 900 через COM-порт, а также плату сети Ethernet для связи с системой. Благодаря архитектуре ОС РВ QNX и конфигурации сети ПК наладчиков имеет «прозрачный» доступ ко всем узлам сети, что облегчило и значительно ускорило процесс отладки ПО системы.

Локальная вычислительная сеть

Одной из функций создаваемой системы является индикация параметров работы приводов клетей в реальном масштабе времени и выдача сообщений об аварийных ситуациях. При индикации работы приводов мы имеем дело с быстротекущими переходными процессами в электроприводе. Кроме того, количество индицируемых параметров работы достигает пятидесяти. Удалённость же операторских станций от основных источников информации – управляющих ЭВМ клетей, а также необходимость прокладки коммуникационных кабелей в непосредственной близости от источников мощных помех — силового электрооборудования машинного зала — усложняют задачу построения коммуникационной системы. Пожалуй, самым надежным и недорогим средством коммуникации в этих условиях являлась бы сеть на основе интерфейса RS-485 или RS-422. Но, к сожалению, пропускная способность такой сети не превышала бы 9600-19200 бит в секунду, что совершенно недостаточно для индикации параметров работы клетей в реальном времени. Поэтому было принято решение использовать сеть Ethernet, в которой самые ответственные сегменты выполнить на толстом коаксиале (10Base-5).

При создании сети использованы устройства фирмы Hirschmann в индустриальном исполнении, а именно трансиверы KTDE-N, с помощью которых осуществляется преобразование (переход) от толстого коаксиала к интерфейсу AUI. В нашем случае решающим фактором при выборе типа трансиверов являлась необходимость их установки непосредственно на посту операторов, вне защитной оболочки. Поэтому мы использовали трансиверы индустриального исполнения. Структурная схема созданной локальной вычислительной сети приведена на рис. 9.

Программное обеспечение

Программное обеспечение реализует все описанные функции системы, имеет средства для организации требуемых процессов сбора и обработки данных, позволяющие выполнять в реальном масштабе времени все автоматизированные функции во всех регламентированных режимах работы системы.

Программное управление построено в соответствии со следующими принципами:

- многозадачность (одновременное выполнение нескольких задач);

(C)2001 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 232-1653 http://www.cta.ru

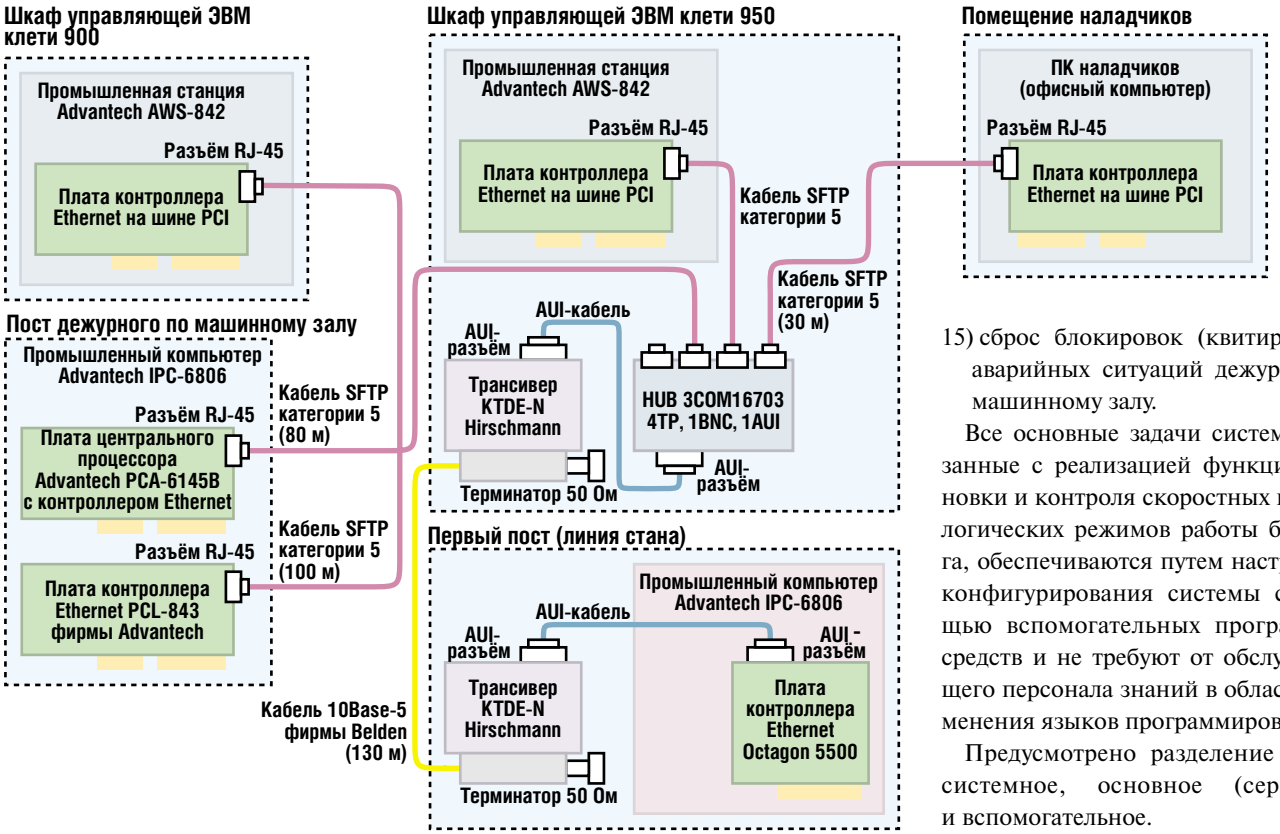

Рис. 9. Структурная схема локальной вычислительной сети

- иерархичность ПО (различные приоритеты для программ разных уровней);
- открытость (возможность модификации и расширения);
- гибкость (возможность быстрой перенастройки программ управления и внесения изменений в технологические базы данных);
- надёжность (соответствие заданному алгоритму работы, отсутствие ложных действий).

К основным задачам ПО системы относятся:

1) опрос состояния аналоговых и дискретных датчиков объекта управления;
2) цифровая обработка аналоговых сигналов, контроль достоверности сигналов, привязка к физическим величинам;
3) определение параметров, непосредственное измерение которых невозможно, по измеряемым параметрам на основе «наблюдателя состояния»;
4) контроль отклонения сигналов за заданные границы (уставки) с выдачей сообщений оперативному персоналу;
5) пуск регистратора аварийных процессов в случае аварийных и предаварийных ситуаций с выдачей оперативному персоналу соответствующего сообщения;
6) расчет управляющих воздействий для рабочей и резервной систем управления электроприводом с реализацией нелинейного задатчика интенсивности;
7) анализ состояния силовой схемы электроприводов с автоматическим переключением на резерв;
8) ограничения скоростных режимов работы клетей блюминга;
9) контроль за соблюдением технологии операторами клети 950 с необходимыми блокировками;
10) технологическая сигнализация положения органов управления;
11) ведение протокола работы системы (информация об аварийных ситуациях, изменении параметров положения органов управления, о работе защит и технических средств комплекса и т. д.) с последующей архивацией;
12) отображение в режиме реального времени выбранных параметров электроприводов;
13) оперативное изменение параметров настройки системы с блокировками «от дурака» и контролем доступа;
14) оперативный ввод и изменение схем скоростных и технологических режимов прокатки в виде таблиц с помощью специального редактора, с контролем доступа;
15) сброс блокировок (квитирование) аварийных ситуаций дежурным по машинному залу.

Все основные задачи системы, связанные с реализацией функций установки и контроля скоростных и технологических режимов работы блюминга, обеспечиваются путем настройки и конфигурирования системы с помощью вспомогательных программных средств и не требуют от обслуживающего персонала знаний в области применения языков программирования.

Предусмотрено разделение ПО на системное, основное (сервисное) и вспомогательное.

Несколько слов о том, почему в качестве базовой ОС выбрана именно QNX [2]. Нами рассматривался вариант построения системы на базе MS-DOS (вопрос об использовании ещё каких-либо ОС не рассматривался вообще). Но при работе в MS-DOS было бы необходимо реализовать многозадачность, графический интерфейс пользователя, коммуникационные модули, и все это пришлось бы писать самим либо брать готовые библиотеки от самых различных производителей и приспосабливать для конкретных задач. Полная совместимость друг с другом библиотек различных фирм вызывала сомнение, и степень надёжности готовой системы вряд ли была бы высокой. Между тем объект автоматизации — обжимный стан — очень сложная и дорогая система, и надёжность ПО просто обязана соответствовать жесточайшим требованиям. Кроме того, поставленные заказчиком сроки вызывали сомнения в возможности реализации такого проекта на базе MS-DOS. Использование же QNX в этом проекте сразу сняло ряд проблем: программист не задумывается о реализации передачи информации по сети — ОС это делает сама, он не занимается разработкой средств графического интерфейса — просто берет готовый (Photon 1.14), многозадачность – одна из основных характеристик QNX, а надежность и живучесть QNX подтверждаются

(C)2001 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 232-1653 http://www.cta.ru

множеством лестных отзывов специалистов. Программирование в QNX велось на языке WATCOM C/C++. ПО реализовано на двух уровнях управления:

- уровень управляющих ЭВМ;
- уровень рабочих станций (операторских и инженерных).

Основное ПО включает в себя:

- главную управляющую программу «Blum_950(900)», реализующую все основные функции ПО системы; данные программы выполняются в управляющих ЭВМ клетей прокатного стана и могут функционировать вне зависимости от состояния операторских станций и консолей визуализации;
- программу визуализации работы системы «Vision», выполняющуюся как на управляющей ЭВМ, так и на рабочей станции на посту дежурного по машинному залу;
- программу операторского интерфейса «Operator_950», выполняющуюся на рабочей станции операторов клети 950.

Вспомогательное ПО составляют:

- программа «Tablica», обеспечивающая заполнение технологических и скоростных таблиц;
- программа «Test_950(900)», позволяющая при необходимости ремонта протестировать работоспособность оборудования шкафов управления;
- ПО регистратора «Recon», обеспечивающее возможность подробного анализа записанных с помощью регистратора аварийных процессов осциллограмм (16 аналоговых и 32 дискретных сигнала с требуемой длительностью предыстории).

Все программное обеспечение, кроме ПО «Recon», выполняется под управлением ОС QNX. ПО «Recon» выполняется на инженерной станции под управлением ОС Windows 95 (или MS-DOS).

Краткое описание работы программного обеспечения системы

Управляющие программы «Blum_950(900)» ведут опрос аналоговых и дискретных сигналов, расчет алгоритмов управления и выдачу воздействий в систему управления электроприводами клетей. Данные программы являются сервером-источником информации для остальных модулей ПО. Средствами, принятыми в QNX, осуществляется обмен сообщениями с остальными программами. Управляющие программы «Blum_950(900)» являются самыми высокоприоритетными и имеют гарантированный цикл работы 10 мс.

Программы визуализации и операторских интерфейсов, выполняющиеся на постах операторов, запрашивают серверы и в ответ получают пакеты данных с параметрами работы электроприводов и служебной информацией. Программы визуализации имеют такт программного таймера 50 мс, что обеспечивает режим реального времени при отображении графической информации, то есть тренды реального времени. Со своей стороны, операторские программы снабжают сервер информацией о командах оператора и получают сообщение о выполнении или невозможности выполнения команды.

На управляющей ЭВМ, помимо управляющей программы, работает программа визуализации параметров электроприводов, копия экрана которой приведена на рис. 10. Данная программа (да и сам графический интерфейс Photon) имеет невысокий приоритет, но так как плата управления Advantech PCA-6168 снабжена достаточно мощным процессором, работает без видимых задержек. Программа, помимо трендов реального времени, обеспечивает также анимацию изменения раствора валков, положения линеек манипуляторов, прокатки металла в валках. К сервисным возможностям данной программы относятся просмотр сообщений о событиях в системе за сутки, оперативная коррекция аварийных уставок, установка параметров нелинейного задатчика интенсивности, выбор технологической таблицы прокатки, функции самодиагностики системы. Доступ к некоторым сервисным функциям защищен паролем. Сервисная функция вызывается нажатием на кнопку с соответствующим значком. Программа с похожим интерфейсом, но с возможностью наблюдать сразу за двумя клетями стана, работает также на посту дежурного по машинному залу.

На посту оператора работает несколько отличающаяся по своим возможностям программа, копия экрана которой приведена на рис. 11. Ее задача — информировать оператора о текущих значениях основных параметров электроприводов, допустимых значениях параметров в данном проходе, происходящих в системе событиях.

(C)2001 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 232-1653 http://www.cta.ru

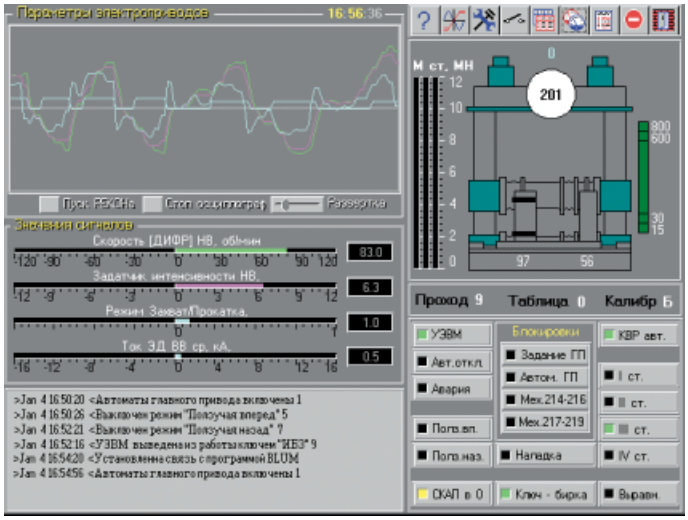

Рис. 10. Копия экрана программы визуализации параметров электроприводов

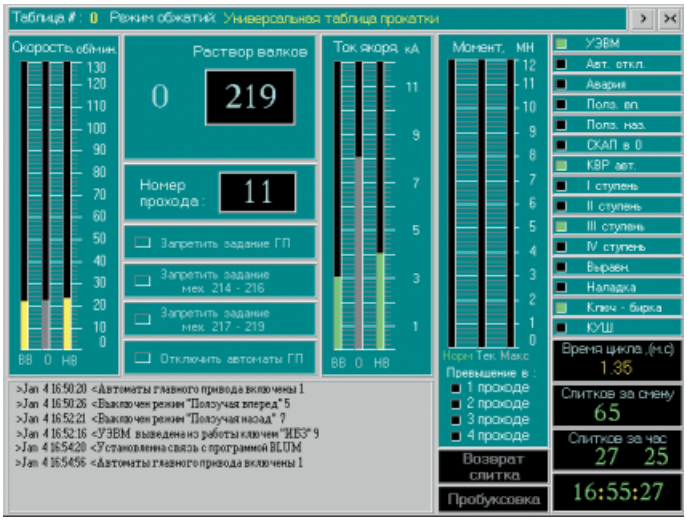

Рис. 11. Копия экрана программы оператора клети 950

Данная программа подсчитывает время цикла прокатки, количество прокатанных слитков за смену и за час, индицирует положение органов управления, срабатывание аварийных и технологических блокировок.

Специфические особенности системы управления

При разработке системы пришлось уделить особое внимание вопросам надежности и живучести системы управления скоростными режимами, которая стала составной частью системы управления главными приводами.

Первым из решений, принятых в этом направлении, было выделение системы контроля в отдельную подсистему, реализованную на интеллектуальных регистраторах параметров Recon. Собственно вычислительная мощность контроллеров, работающих в системе управления скоростными режимами, позволяет выполнить функции осциллографа реального времени и накопления информации. Однако для предотвращения ситуаций, когда нарушение работы контроллеров приведёт к потере информации о развитии процессов в электроприводе, регистрация параметров ведётся на отдельных устройствах, максимально приближенных к источникам сигналов силовых цепей. Система контроля параметров выполняет роль своего рода «черного ящика» для главной линии прокатного стана.

Вторым сложным вопросом при создании системы управления скоростными режимами явился вопрос резервирования силовой схемы электропривода. Для обеспечения работоспособности блюминга даже при выходе из строя тиристорного преобразователя или части системы управления приводом в машинном зале имеются резервные преобразователи и системы управления. Обеспечение надежной работы внедряемой системы независимо от конфигурации силовой части привода достигается следующими мерами:

- датчики информации о токе, напряжении и скорости электродвигателей были установлены в максимальной близости к электродвигателям, исключая промежуточные соединения и преобразователи;
- в схему переключения силовых цепей и цепей задания были введены дополнительные реле, обеспечивающие автоматическое подключение управляющих выводов системы к вводимому в работу преобразователю.

Помимо реализации основных функций, предусмотренных техническим заданием, внедренная система оказалась бесценным приобретением для технологов цеха. Буквально с первых дней ее работы было отмечено ужесточение технологической дисциплины по соблюдению режимов обжатий и скоростных режимов прокатки. Контроль абсолютных значений и соотношений токов и скоростей приводных двигателей позволил объективно выявлять нарушения в нагреве слитков (неравномерность прогрева по сечению, недостаточный нагрев). Значительно упростилась процедура опробования прокатки нового по массе и марке стали сортамента слитков. Зарегистрированные и представленные в удобной форме данные по энергосиловым, кинетическим и геометрическим параметрам процесса прокатки позволяют быстро подобрать оптимальный режим обжатий, на что ранее уходили недели и даже месяцы.

Выводы

Созданная система управления скоростными режимами и контроля технологии прокатки позволяет повысить надёжность работы оборудования обжимного стана, улучшить обеспечение обслуживающего персонала информацией о технологических и электрических эксплуатационных параметрах, увеличить оперативность устранения аварийных ситуаций в электрических цепях главных приводов (уменьшить время простоев).

Использование современных аппаратных и программных средств в данной системе позволило реализовать, помимо основных, множество дополнительных (сервисных) функций, обеспечивающих определенный комфорт в работе обслуживающего персонала. Данная система представляет собой достаточно мощный и гибкий инструмент, позволяющий быстро адаптироваться к изменению технологии прокатки и наращивать функциональные возможности. ●

Литература

1. Р.Ш. Адамия. Оптимизация динамических нагрузок прокатных станов.— М.: Металлургия, 1978.

2. QNX Operating System. System Architecture. — QNX Software Systems Ltd., 1997.

Авторы — сотрудники НПО ДОНИКС
Телефоны: (062) 334-1151, (0622) 99-9982

(C)2001 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 232-1653 http://www.cta.ru