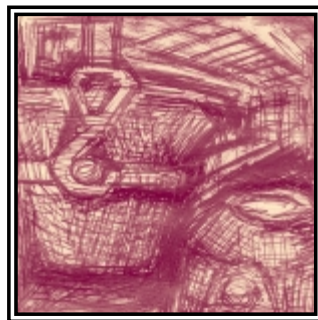




Опыт разработки и внедрения системы управления участком мерной порезки

Михаил Блаженков, Максим Саньков, Денис Ченцов

В статье описывается опыт разработки и внедрения системы управления участком мерной порезки профилегибочного агрегата ПГА 2-7*80-500 цеха гнутого профиля МК Запорожсталь.

Введение

В широком спектре технологий производства металла и, в частности, проката черного металла существуют и довольно часто применяются участки поперечной разделки, предназначенные для обрезки концов и/или порезки полосы на мерные длины. Одним из способов решения данной технологической проблемы является организация участка с использованием летучих ножиц (ЛН). В отличие от гильотинных ножиц, требующих фиксации металла в момент реза, ЛН осуществляют порезку на лету, то есть без остановки разрезаемого материала (отсюда название «летучие»). Очевидно, что такой способ разделки обеспечивает максимальную производительность всего участка мерной порезки. Однако в связи с необходимостью одновременного решения задач позиционирования и синхронизации скоростей движения полосы и ножиц в момент реза существенно усложняется система управления технологическим процессом. Учитывая динамичность объекта (скорость металла и его возможное ускорение) и высокие требования к точности порезки, удовлетворительное решение одновременно двух указанных задач весьма затруднительно.

Одной из попыток решения данной проблемы явилась разработка и внедрение системы автоматизации участка порезки профилегибочного агрегата

ПГА 2-7*80-500 цеха гнутого профиля металлургического комбината «Запорожсталь». Основные параметры участка порезки приведены в табл. 1.

Таблица 1. Основные технические характеристики объекта

Скорость прокатки	
полосы, м/с, не более	2,3
Длина отрезаемых штук, мм	500-12000
Толщина полосы, мм	2-7
Ширина полосы, мм	80-500

Задачей системы управления является управление механизмами листопривальной машины (ЛПМ), тянущих роликов (ТР), следящих роликов (СР) и летучих ножиц (ЛН). Структурная схема участка изображена на рис. 1.

Аппаратная реализация

Принцип построения системы управления является традиционным для металлургического производства. То есть основные функции управления объектом выполняет контроллер промышленной автоматики (КПА), оснащенный разветвленной системой ввода-вывода и размещенный в машзале, в непосредственной близости от исполнительных устройств — комплектных тиристорных электроприводов (КТЭ). КПА выполнен на базе контроллера PCA-6143 (Advantech) с процессором 80486 DX4 (рис. 2). В качестве устройств сопряже-

ния использованы платы UNIO-48 совместно с платами MPB-24 и модулями опторазвязок серии 73G. Для обмена информацией с пультом управления по каналу RS422 используется коммуникационная плата PCL-745B. В качестве датчиков скорости и положения ножиц и полосы использовались фотоимпульсные датчики ПДФ5 с соответствующими контроллерами (разработка УкрНИИПреобразователь).

Пульт управления оснащен рабочей станцией AWS-825 (Advantech), на которую возложены задачи визуализации и изменения параметров хода технологического процесса (рис. 3). Кроме того, в процессе наладки система AWS-825 использовалась в качестве отладочного средства. AWS-825 оснащена процессорной платой PCA-6144V (5x86/133МГц), платой флэш-диска емкостью 2 Мбайт и коммуникационной платой PCL-745B. В качестве исполни-



Цех гнутого профиля МК «Запорожсталь». Профилегибочный агрегат ПГА 2-7*80-500

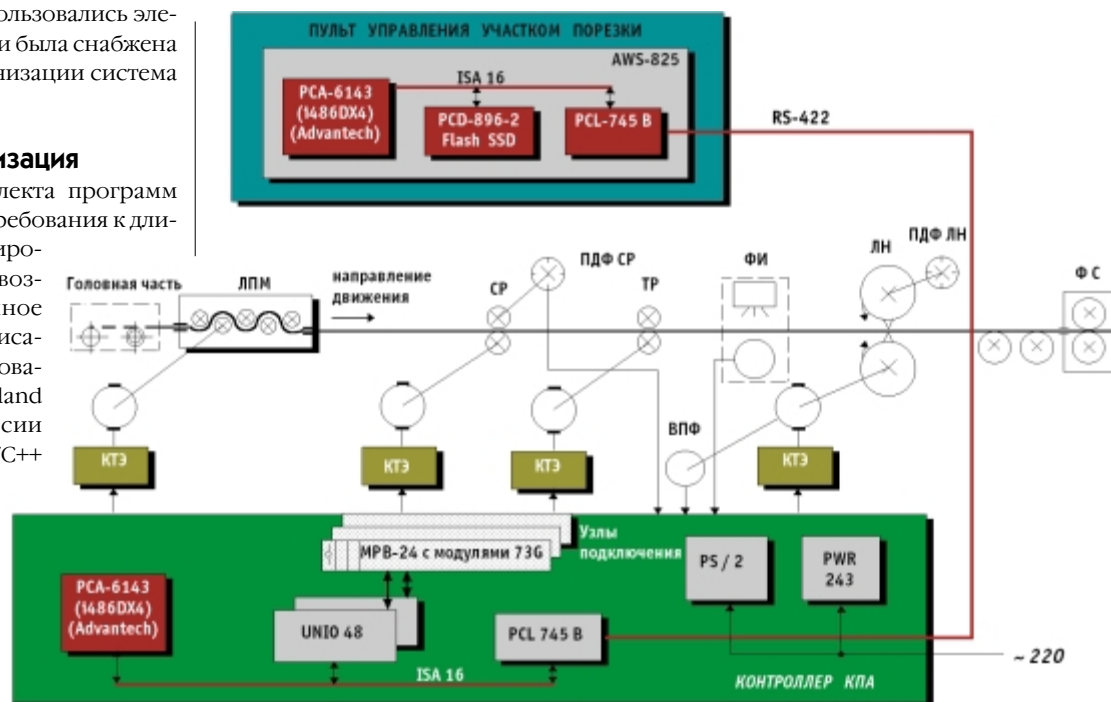
тельных устройств использовались электроприводы, которыми была снабжена действующая до модернизации система управления.

Программная реализация

При создании комплекта программ были учтены жесткие требования к длительности цикла формирования управляющего воздействия. Программное обеспечение КПА написано на языке С с использованием компилятора Borland C/C++ 3.1. Выбор версии компилятора языка С/С++ определялся тем, что отладка части программ осуществлялась непосредственно из оболочки компилятора, а поскольку разрабатываемые программы осуществляли перенастройку системного таймера Т0, запрещенную в Windows, выбор пал на наиболее позднюю версию оболочки компилятора, работающую в среде DOS.

Программное обеспечение системы управления реализовано в виде двух модулей (один из которых выполняется в КПА, а второй на ПУ), связанных между собой по каналу RS-422. Модуль КПА предназначен для оценки состояния переключателей управления на ПУ, датчиков и формирования управляющих воздействий на технологическое оборудование. Модуль ПУ, в свою очередь, предназначен для визуализации текущего состояния КПА и задания параметров технологического процесса, а также использовался для мониторинга во время наладки системы. В режиме мониторинга пользователю доступны для наблюдения и воздействия все переменные, включенные в соответствующие списки. Наблюдение за изменением переменных может осуществляться в символьном виде (до 30 переменных) и/или в режиме осциллографа (до 5 переменных).

При создании модуля визуализации для ПУ (рис. 4) использовался оригинальный пакет программ, работающий в реальном времени в среде DOS, пред-



Условные обозначения: ЛПМ — листоправильная машина; СП — следящие ролики; ПДФ СП — фотоимпульсный датчик положения следящего ролика; ТР — тянущие ролики; ФИ — фотоимпульсатор; ЛН — летучие ножницы; ПДФ ЛН — фотоимпульсный датчик положения летучих ножниц; ФС — формовочный стан; ВПФ — фотоимпульсный путевой выключатель; КТЭ — комплектный тиристорный электропривод.

Рис. 1. Структурная схема системы управления участком мерной порезки

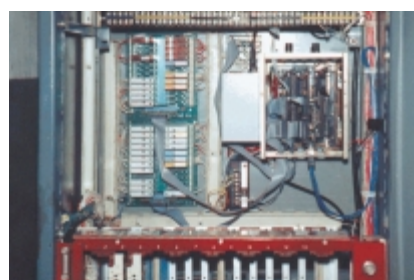


Рис. 2. Внешний вид контроллера промышленной автоматики

назначенный для встраиваемых систем и представляющий собой библиотеку графического интерфейса пользователя. К этой библиотеке для привязки к конкретному объекту подключались текстовые конфигурационные файлы, описывающие количество, иерархию, содержание, размеры, цвета и другие параметры меню и окон, и предназначенная для этого объекта библиотека графических образов в формате РСХ (заставки, обои, пиктограммы, образы для анимации, в данном случае это были изображения летучих ножниц в разных положениях для имитации их работы, и другие).

Как уже было сказано, обмен информацией между ПУ и КПА осуществляется при помощи канала RS-422. Для программной поддержки канала используется оригинальный драйвер сети типа master-slave, позволяющий организовать связь с периферийными контроллерами (до 32 штук на шине) на скорости до 115 кБод. Драйвер сети, использующий буфер FIFO COM-портов, организован таким образом, что про-

цедуры прерывания от COM-портов при приеме и передаче информации минимизированы. Обработка полученной информации и подготовка ее к передаче осуществляется в фоновом режиме. При разработке программной поддержки сети реализованы принципы дуплексного режима обмена, восстановления обмена после сбоя, восстановления информации при сбое, адресации абонентов и переменных. Обмен информацией может осуществляться на уровне данных (переменной длины и типов, а также массивов) и файлов.

Алгоритм управления

Традиционно алгоритм управления участками порезки, подобными ПГА 2-7*80-500, строится по цикловому методу, согласно диаграмме движения ножниц, изображенной на рис. 5 в виде



Рис. 3. Внешний вид пульта управления

кривой 1. При этом цикл реза включает в себя следующие фазы:

1 — ожидание старта, исходя из непрерывно вычисляемой возможной точки встречи. Точка встречи ЛН с металлом определяется из однозначно определенной траектории разгона ножиц;

2 — разгон ножиц до скорости полосы. При этом в момент старта система управления размыкается и дальнейшее движение ЛН определяется темпом задатчика интенсивности, установленно-

го в электроприводе;

3 — синхронизация скоростей полосы и ножиц перед резом. В этой фазе более поздние исполнения систем управления с целью повышения точности реза решают также задачу позиционирования;

4 — поддержание скорости ЛН или их ускорения с целью обеспечения их более быстрого вывода из зоны реза;

5 — торможение ЛН с постоянным установленным при настройке системы темпом до скорости V_g ;

6 — «дотяжка» ЛН на скорости V_g до фиксированной точки А на траектории;

7 — торможение ЛН с фиксированным темпом до их полной остановки.

Переключение фаз регулирования осуществляется с помощью настроенных на определенные точки траектории ЛН каналов путевого фотоимпульсного выключателя. Системы, построенные по такому принципу, работают достаточно надежно, однако реальная погрешность при порезке составляет, как правило, 10-30 мм. Существенное влияние на точность порезки в данном случае оказывает длительность периодов разгона и торможения: поскольку в это время система позиционирования размыкается, происходит накопление ошибки, связанной с изменением скорости полосы, колебанием питающей сети, погрешностью задатчика интенсивности и т. п.

Некоторое уменьшение ошибки реза достигается за счет подключения позиционирующего регулятора в фазе 3 и введения дополнительной контрольной точки А на траектории ЛН (рис. 5).

Другим способом уменьшения влияния возмущающих факторов, практикуемым в настоящее время, является сокращение длительности фаз разгона и торможения. Данный способ, к сожа-

лению, весьма неэффективен в связи с тем, что обеспечить значения интервалов разгона и торможения близкими к нулю, естественно, невозможно, а каждый шаг в этом направлении имеет высокую цену, поскольку влечет за собой увеличение мощности электропривода ЛН (электродвигатель и тиристорный преобразователь), повышение расхода электроэнергии и ускорение износа механизма. Так, например, исходя из требуемой производительности ПГА 2-7*80-500, электропривод ЛН мог быть оснащен тиристорным преобразователем с номинальным током 500 А. Однако по указанным причинам агрегат укомплектован преобразователем с номинальным током 1000 А. Реальная загрузка его в периоды разгона и торможения достигает 1200 А. При этом фактическая погрешность порезки при отсутствии изменения скорости полосы составляет 10-15 мм, в зависи-

мости от скорости полосы. Очевидно, что использование до настоящего времени описанного метода управления ЛН являлось мерой вынужденной, вызванной в основном техническими трудностями, связанными с невозможностью выполнения с помощью существовавших средств достаточно большого количества вычислений в короткие промежутки времени. Именно такие требования предъяв-

ляет к системе управления другой способ, основанный на сохранении управляемости системы на всех фазах цикла реза. В данном случае накопление ошибки, связанной с возмущающими воздействиями в фазах разгона и торможения отсутствует и поэтому исчезает необходимость использования предельных режимов работы оборудования. Более того, появляется возможность оптимизации цикла реза, с точки зрения минимума потребляемой энергии.

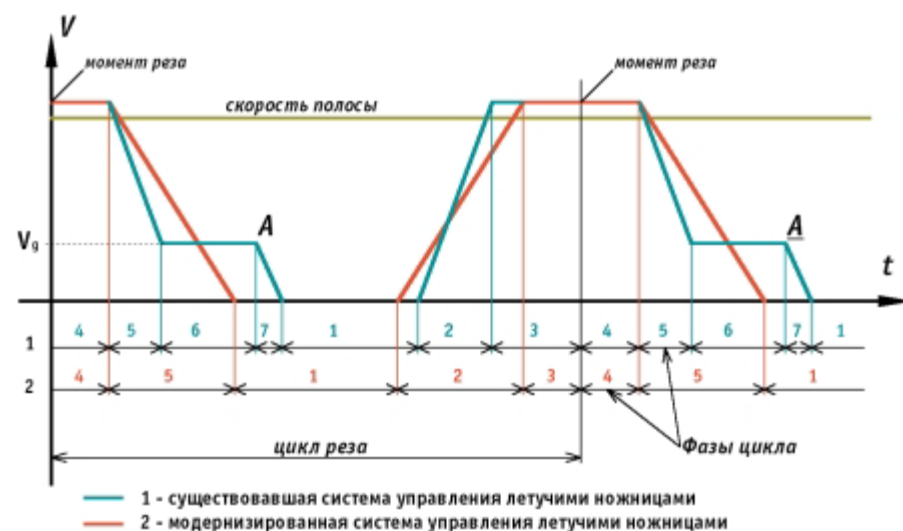


Рис. 5. Диаграмма изменения скорости летучих ножиц в цикле реза



Рис. 4. Вид рабочего экрана на пульте управления



лишь сокращает длительность соответствующей фазы, тогда как во втором случае снижается амплитуда тока, что делает систему еще более эффективной, с точки зрения потребления электроэнергии.

Реализация нового метода управления стала возможной, благодаря появлению процессоров, способных быстро выполнять операции над числами с плавающей точкой. Так, например, использованный при модернизации ПГА 2-7*80-500 контроллер РСА-6143 с процессором 486DX4 выполняет подпро-

грамму расчета управляющих воздействий на подчиненные механизмы за время около 0,4 мс. Период оценки текущего состояния датчиков и формирования управляющих воздействий принят равным 2 мс.

Заключение

Внедрение системы управления, работающей на основе алгоритма, обеспечивающего управляемость системы на всех этапах регулирования, в принципе, подтвердило изложенные в статье мысли. Загрузка источника питания

привода ЛН при максимальной производительности участка не превышает расчетной величины 500 А. При этом достигнута точность порезки не ниже ± 3 мм во всем допустимом диапазоне скоростей и длин. Дальнейшее повышение точности реза затруднительно, поскольку связано с необходимостью замены механического оборудования в связи с его износом. ●