МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

В. А. Михеев, В. Н. Илюхин, Д. В. Савин

Автоматизация процессов ОМД

Электронное учебное пособие к проведению практических и самостоятельных работ

САМАРА

2012

Авторы: **Михеев Владимир Александрович,**
Илюхин Владимир Николаевич (Каф. АСЭУ),
Савин Дмитрий Валерьевич

Рецензенты:
Иголкин А. А., доцент кафедры автоматических систем энергетических установок;
Тихонов С. В., директор Камоцци Пневматика ООО Филиал (Самара).

Михеев, В. А. Автоматизация процессов ОМД [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие к проведению практ. и самост. работ/ В. А. Михеев, В. Н. Илюхин, Д. В. Савин; Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т). - Электрон. текстовые и граф. дан. (9,89 Мбайт). - Самара, 2012. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

Необходимым условием принадлежности автоматизированной системы к АСУТП является обязательное выполнение ею информационных и управляющих функций в минимальном объеме. Это обязательное сочетание может наращиваться в зависимости от целей построения автоматизированной системы различных вариантов. Оно предусматривает работу системы в режиме прямого управления, при котором обеспечивается непосредственное воздействие на ход технологического процесса путем передачи сигналов управления непосредственно исполнительным органам технических устройств. Приведены некоторые средства управления комплексами.

Системный подход предполагает изучение поведения автоматизированной системы. Рассмотрены основные принципы построения автоматизированных систем. Выходной результат практических и самостоятельных работ должен быть оформлен в виде пояснительной записки. При выполнении практических и самостоятельных работ магистр получает задание, которое приведено в приложении к учебно-методическому пособию. В приложении приведена подборка статей из журнала «Современные технологии автоматизации» раздела «Металлургия». Были выделены две основные группы автоматизированных систем: производство и обработка металлов; прокатное производство.

Учебное пособие предназначено для подготовки бакалавров по направлению 150400.62 «Металлургия», бакалаврская программа «Обработка металлов давлением» по дисциплине «Автоматизация процессов ОМД» в 7 семестре на кафедре ОМД.

Учебное пособие разработано на кафедре технологии металлов и авиационного материаловедения.

©Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2012

Содержание

Организация практических и самостоятельных работ 5
Введение 7
1 Основные принципы построения автоматизированных систем 8
2 Автоматизированные технологические комплексы 11
2.1 Классификация и структура технологических комплексов базовых отраслей промышленности 11
2.2 Системы управления комплексами 12
2.2.1 Координированное управление агрегатами в составе технологического комплекса 12
2.2.2 Средства управления комплексами 12
2.3 Автоматизированные системы управления технологическим процессом 16
3 Автоматизированные технологические комплексы металлургического производства (информация для первой группы автоматизированных систем: производство и обработка металлов) 18
3.1 Автоматизированная система контроля и регулирования вращающихся печей 18
3.2 АСУТП для резервуаров с реагентами цеха редких металлов 28
4 Автоматизированные технологические комплексы прокатного производства (информация для второй группы автоматизированных систем: прокатное производство) 35
4.1 Характеристика технологических комплексов 35
4.2 Система автоматизации транспортно-технологического комплекса подготовки и подачи слитков к обжимному прокатному стану 44
4.3 Система автоматизации обжимного стана 49
4.4 Система автоматизации участка ножниц поперечного резания листового прокатного стана 50
4.5 Система управления непрерывным станом холодной прокатки 53
Библиографический список 56
Приложение 1 Автоматизированные системы производства и обработки металлов 57
1 Система автоматизации процесса производства аллюминия 57
2 Система программного управления и регулирования температуры в газовых печах 66
3 АСУ ТП руднотермической электропечи для выплавки сплавов на основе кремния 70
4 Система контроля температуры металлургической печи 80
5 Система управления стендом сушки и высокотемпературного разогрева сталеразливочных ковшей 85
6 Программно-технический комплекс АСУ ТП газоочистки ферросплавных электропечей 94
7 Система управления процессом обжига электродных материалов 102
8 Автоматизированная система управления стендом вертикальной сушки ковшей 108
9 Система контроля технологических параметров на литейных установках Ревдинского завода по обработке цветных металлов 115
10 Автоматизированная система управления процессом изготовления медных анодов на Алмалыкском ГМК 123

Приложение 2 Автоматизированные системы прокатного производства 130
1 Опыт разработки и внедрения системы управления участком мерной порезки 130
2 Автоматизация информационного сопровождения прокатного стана 136
3 Система контроля технологии и управления скоростными режимами прокатного стана 147
4 Информационная система резчика слябов в обжимном цехе 160
5 Автоматизированная система управления нагревом слитков в нагревательных колодцах обжимного стана 167
6 Измерительновычислительный комплекс для определения натяжения полосы проката 177
7 Система прямого цифрового управления главным приводом блюминга 189
8 Автоматизированная система контроля параметров работы оборудования непрерывно-заготовочного стана 201
9 Автоматизированная система контроля технологических параметров работы главных электроприводов непрерывно-заготовочного стана 207
10 Контроль порезки слитков на блюминге 219
11 Автоматизированная система управления реверсивным прокатным станом 400 227

Организация практических и самостоятельных работ

Учебно-методическое пособие подготовлено в соответствии с программой дисциплины «Автоматизация технологических процессов» по направлению подготовки магистров 150100.68 «Металлургия». Данная дисциплина является одной из основных дисциплин модуля «Специальные дисциплины».

Целью дисциплины является изучение современного состояния автоматизированного управления технологическими процессами металлургического производства, охватывая принципы построения автоматизированных систем, этапы автоматизации технологических процессов от технических систем на базе мультипроцессорных и микропроцессорных средств до программно-технических комплексов.

При выполнении практических и самостоятельных работ магистр получает задание, которое приведено в приложении к учебно-методическому пособию. В приложении приведена подборка статей из журнала «Современные технологии автоматизации» раздела «Металлургия». Подшивки данного журнала просматривались за последние несколько лет. Были выделены две основные группы автоматизированных систем: производство и обработка металлов; прокатное производство [8].

Магистр, изучает данную статью, обращая свое внимание на особенности исполнения автоматизированной системы и выполняемые ею функции. Из совокупности функций, выполняемых автоматизированной системой важными являются: централизованный контроль, обработка информации, вычислительные и логические операции информационного характера, управляющие воздействия. Все они сводятся к передачи информации для визуальной оценки, переработки ее до уровня информации-советчика, использованию информации для целей управления. Ниже приведем пояснения для выделенных функций.

Централизованный контроль:

1. непрерывное, периодическое либо по вызову измерение и регистрация значений технологических параметров и показателей состояния технологического оборудования и агрегатов;
2. обнаружение. Регистрация и сигнализация отклонений от заданных пределов значений технологических параметров и показателей технологического оборудования и агрегатов;
3. оперативное отображение и регистрация результатов обработки информации, выполняемых комплексом технических средств системы;
4. контроль, регистрация и сигнализация срабатывания блокировок и защит.

Обработка информации:

1. косвенное измерение технологических параметров и показателей состояния технологического оборудования и агрегатов;
2. вычисление и анализ обобщенных показателей для оценки текущего состояния объекта управления и его подсистем;
3. анализ срабатывания блокировок и защит;
4. диагностика протекания и прогнозирование хода технологического процесса и состояния оборудования и агрегатов;
5. оценка технико-экономических и эксплуатационных показателей работы технологического объекта управления;
6. подготовка информации и обмен ею со смежными и вышестоящими уровнями автоматизированной системы управления.

Управляющие функции автоматизированной системы управления:

7. выбор оптимального режима технологического процесса в соответствии с целями системы;
8. формирование сигналов управления для поддержания оптимального режима работы технологического объекта управления;
9. выдача оператору рекомендаций по управлению технологическим процессом.

Необходимым условием принадлежности автоматизированной системы к АСУТП является обязательное выполнение ею информационных и управляющих функций в минимальном объеме, соответствующем пп. 1.1, 1.2, 1.3, 2.6, 3.1 и 3.2. Это обязательное сочетание может наращиваться в зависимости от целей построения автоматизированной системы различных вариантов. Оно предусматривает работу системы в режиме прямого управления, при котором обеспечивается непосредственное воздействие на ход технологического процесса путем передачи сигналов управления непосредственно исполнительным органам технических устройств [2].

Системный подход предполагает изучение поведения автоматизированной системы. Основные принципы построения автоматизированных систем даны в разделе 1 учебно-методического пособия. Выходной результат практических и самостоятельных работ должен быть оформлен в виде пояснительной записки примерно следующего содержания: постановка задачи; краткое описание технологического процесса; управление технологическим процессом; традиционное управление ходом технологического процесса; автоматизированное управление ходом технологического процесса; основные принципы построения регуляторов; систематизация параметров регулирования; логика работы регуляторов; технические средства; программное обеспечение; обязательное построение алгоритма управления каждой подсистемы и при возможности системы в целом; заключение. Допускаются изменения в содержании пояснительной записки с учетом специфики той или иной автоматизированной системы.

Далее рассмотрим некоторые примеры автоматизированных технологических комплексов металлургического и прокатного производства. Важно при самостоятельной работе обращать внимание на целевые функции автоматизированной системы, либо самостоятельно воспроизвести целевые функции. Это должно найти отражение в алгоритме управления. Должны быть обозначены заданные и достигнутые в процессе изучения целевые функции. Меняя параметры схемы самой системы либо алгоритм управления, можно добиться желаемой точности совпадения результатов, полученных в процессе изучения с заданными и предполагаемыми функциями.

Введение

В России освоение автоматизированных средств управления и регулирования технологических процессов началось одновременно с созданием тяжёлой промышленности и металлургии. В металлургии при сложившейся технологии процессы переработки полезных ископаемых осуществляются главным образом циклически.

Доменный и мартеновский процессы выплавки чугуна и стали, применявшиеся ещё в 19 веке, до сих пор составляют основу чёрной металлургии. Однако и в этих случаях комплексная автоматизация производства металла существенно повышает экономические показатели. В доменном производстве практически все основные параметры измеряются и регулируются автоматически. Управление вращающимся распределителем шихты, её взвешивание, распределение газа по фурмам идут автоматически. В системе управления тепловым режимом применяются ЭВМ.

В мартеновских печах обеспечивается автоматическая стабилизация расхода газов (соотношения топливо — воздух) и осуществляется автоматическое реверсирование пламени. Все действующие конверторы оборудованы автоматическими системами регулирования давления и расхода кислорода. Автоматизация конверторов с применением в системе управления вычислительных машин оптимизирует тепловой режим и увеличивает количество плавок, попадающих в заданные пределы по составу.

Дуговые печи оборудованы автоматическими системами регулирования подачи кислорода, управления электродами и контроля температуры металла. Все установки электрошлакового переплава, а также вакуумные печи оснащены автоматическими регуляторами перемещения электродов. Установки непрерывной разливки стали снабжаются системами регулирования уровней металла в промежуточном устройстве и кристаллизаторе, теплового режима непрерывного слитка, мерной резки и системами управления нестационарными режимами работы. Непрерывный спектральный анализ продуктов плавки автоматическими квантометрами непосредственно у печей не зависит от косвенных показателей или запаздывающих результатов лабораторного анализа и позволяет вести процесс в оптимальном режиме. Вычислительные устройства, сопоставляя информацию, получаемую от квантометра и датчиков других показателей хода плавки, воздействуют на него, постоянно обеспечивая высокое качество металла.

На прокатных станах автоматизировано управление главным приводом, приводами нажимных устройств и вспомогательных механизмов. Применяется система безотходного раскроя металла с помощью вычислительных машин. На сортопрокатных станах автоматизированы посадка и выдача заготовок из методических печей, управление рольгангами, кантующими устройствами и другими механизмами. Автоматизация процесса регулирования петли на проволочных станах значительно увеличивает скорость прокатки. На непрерывных станах горячей прокатки установлены автоматические средства контроля размеров и температуры проката. В трубопрокатном производстве автоматизированы процессы нагрева и выдача заготовок, большинство операций на обкатках, калибровочных и редукционных станах. Особо ответственные трубопрокатные производства оснащаются автоматизированными системами, которые осуществляют на движущихся трубах контроль качества без разрушения материала изделий. Кроме увеличения объёма выпуска продукции, повышения производительности труда и улучшения его условий, комплексная автоматизация металлургического производства повышает и стабилизирует качество металла.

На современном этапе основной аспект смещается на разработку и реализацию программно-технических комплексов, включая проектирование и сопровождение автоматизированных систем управления технологическими процессами металлургического и прокатного производств. Некоторые из них приведены в приложении в качестве задания к практическим и самостоятельным работам магистров.

1 Основные принципы построения автоматизированных систем

Накопленный опыт разработки и эксплуатации АС позволяет сформулировать ряд принципов их построения, соблюдение которых является необходимым условием создания эффективных систем. Мы рассмотрим эти принципы применительно к системам управления производством, но они в полной мере применимы и к системам других классов (технологический, технический и др.) [1]

1. ***Принцип системного подхода***

Это основополагающий принцип. Суть его заключается в том, что проектируемый объект должен рассматриваться с позиций более высокого уровня. Так, например, проектируемая задача должна рассматриваться с позиций функциональной подсистемы, в которую она входит; проектируемая подсистема — с позиций системы, техническая подсистема – с позиции технологической и т. п.

Проектирование автоматизированной системы должно начинаться с тщательного системного анализа объекта управления, управляющей части и внешней среды. Необходимо выяснить все множество факторов, под влиянием которых находится система, а также все множество факторов, на которые влияет сама система. Параллельно с этим необходимо выяснить все множество целей, стоящих перед проектируемой системой. Для каждой цели необходимо разработать один или несколько критериев эффективности, которые являются численной мерой степени достижения целей. Необходимо вскрыть весь комплекс вопросов, которые необходимо решить для того, чтобы проектируемая система наилучшим образом соответствовала бы поставленным целям и критериям эффективности. Применительно к АС организационного управления производственными процессами в этот комплекс вопросов должны включаться не только технические вопросы, но также вопросы технологические, экономические и организационные. Внедрение АС должно сопровождаться усовершенствованием экономических показателей и методов экономического стимулирования, а также изменением существующих и узаконенных форм документов, изменением маршрутов их движения, изменением функциональных обязанностей работников аппарата управления и т. п.

2. ***Принцип новых задач***

Суть его заключается в том, что совершенно недостаточно ограничиться тем, чтобы переложить на ЭВМ и другие технические средства сложившиеся формы, методы и задачи управления. Главное внимание следует уделить тем огромным возможностям, которые открывает использование современной вычислительной техники и программного обеспечения. Особое внимание следует обратить на те задачи, которые в существующей системе управления вследствие большого объема или вычислительных сложностей не решаются или решаются в неполной степени.

3. ***Принцип первого руководителя***

Успешная реализация двух первых принципов возможна лишь в том случае, если разработка и внедрение АС находятся в непосредственном ведении первых лиц организации заказчика (директор или главный инженер). При этом на системотехнику возлагается задача четкого распределения функций между организацией заказчика и организацией разработчика.

Функциями заказчика являются:

- формулировка целей системы, критериев эффективности, общей концепции системы (совместно с руководящим составом организации разработчика),

- определение приоритетов и очередности ввода различных задач управления (совместно с разработчиками системы),
- участие в разработке информационной базы системы,
- реализация организационных мероприятий (изменение структуры и функций аппарата управления), выделение соответствующих площадей под технические средства системы, организация финансирования разработки, выделение соответствующих штатных единиц для персонала, обслуживающего разработанную систему.

Функциями разработчика являются (помимо, перечисленных выше):

- разработка технического задания на проектируемую систему (совместно с руководством организации заказчика),
- разработка технического проекта (разработка структуры системы, алгоритмов решения задач, информационной базы каждой задачи, выбор комплекса технических средств),
- разработка рабочего проекта (разработка форм документов, рабочих программ, инструкций по эксплуатации),
- внедрение разработанной системы в эксплуатацию (совместно с персоналом, эксплуатирующим систему).

4. Принцип непрерывного развития системы

Он предусматривает возможность введения новых задач и совершенствования уже внедренных задач без ухудшения качества решения эксплуатируемых задач и тем более без исключения возможности решения хотя бы одной эксплуатируемой задачи. Системы, обладающие этими качествами, называют открытыми системами.

5. Принцип разумной типизации проекта

Разрабатывая столь дорогостоящие изделия, каким является автоматизированная система, системотехник, естественно, стремится к тому, чтобы предлагаемые им решения подходили бы как можно более широкому кругу заказчиков. Однако типизация, естественно, приводит к ухудшению предлагаемых решений, поскольку она не позволяет учитывать всю специфику объекта управления. На первых этапах разработки АС была попытка разработки универсальной программы для подсистемы материально-технического снабжения. Эта программа оказалась очень медленно действующей в силу своей универсальности. Применительно к этому примеру принцип «разумной типизации» заключается в разумном увеличении скорости выполнения конкретной программы по сравнению с универсальной.

6. Принцип автоматизации документооборота

В автоматизированных системах совершенно недостаточно ограничиться выполнением расчетов на ЭВМ по тем или иным моделям, необходимо автоматизировать все стадии обработки информации, а именно сбор первичной информации, ее передачу, обработку, хранение и доведение полученных результатов до конкретных пользователей данной АС.

7. Принцип единой информационной базы

Суть его заключается в том, что на магнитных носителях накапливается и постоянно обновляется информация, необходимая для решения не отдельных, а всех задач управления.

8. Принцип однократности ввода и многократности использования информации

Он непосредственно следует из предыдущего принципа. Информация о любом документе, объекте или событии должна вводиться в систему только один раз. Невыполнение этого принципа приводит к тому, что, например, об одном и том же событии может появиться несколько противоречивых мнений, что засоряет память системы и неизбежно выводит ее из строя. Многократность использования означает, что на любой уровень управления, от министра до начальника участка, информация должна поступать из единой информационной базы. При этом, конечно, формы представления этой информации, степень ее детализации и т. п. для каждого уровня должны быть различными.

9. Принцип комплексности задач и рабочих программ

Большинство задач, решаемых в рассматриваемых системах, тесно связаны между собой, например задачи подсистем технико-экономического планирования и материально-технического снабжения. Между этими подсистемами идет постоянный обмен информацией и раздельное решение этих задач существенно снижает эффективность всей системы.

10 Принцип согласованности пропускных способностей различных элементов системы

В простейшем случае для последовательных участков системы пропускная способность каждого последующего элемента должна быть не меньше, чем у предыдущего.

2 Автоматизированные технологические комплексы

2.1 Классификация и структура технологических комплексов базовых отраслей промышленности

В системе промышленного производства можно выделить три класса технологических процессов: добыча сырья, переработка сырья в полуфабрикат, переработка полуфабриката в товарный продукт [3]. Первый класс включает в себя добычу твердых, жидких или газообразных полезных ископаемых, заготовку сырья лесопромышленным и сельскохозяйственным комплексами; второй — технологии изменения агрегатного состояния или химического состава вещества; третий — технологии изменения формы и состава вещества для получения готового товарного продукта.

Во всех технологических процессах участвуют транспортные и подъемно-транспортные системы, обеспечивающие единство и непрерывность технологических процессов.

В каждом классе технологических процессов имеются подклассы, отражающие особенности сырья и способы его добычи, переработки и изготовления из него готового продукта. Например, при добыче твердого сырья выделяются технологии подземной, надземной (открытой) и водно-транспортной разработок. При переработке стали — продукта сталеплавильного производства — применяются технологии непрерывной разливки стали и переработки заготовок, полученных в результате охлаждения стали в специальных колодцах.

Разнообразные производства разделяются по виду готовой продукции. Базовым производством является металлургическое.

В каждом из производств имеются технологические комплексы, объединяющие группу технологических агрегатов, машин и транспортных средств. Эти комплексы включают в себя разнообразные агрегаты и машины. Например, прокатные станы содержат клети, ножницы, рольганги и манипуляторы; бумагоделательные машины — прессы, группы сушильных цилиндров, каландры, наматывающие устройства, связанные непрерывно движущимися сетками и полотном бумаги. В структуре технологического процесса производства готового продукта можно выделить три части: подготовку исходного сырья в вид, удобный для изготовления готового продукта; изготовление готового продукта; обработку (резание) и упаковку готового продукта для отправки его потребителю. В первой части используются технологические комплексы, применяющие насосы, компрессоры, смесители, центрифуги, сепараторы, дозаторы и другие механизмы, входящие в первую группу типового оборудования.

Технологические комплексы второй части являются главными в производстве и используют оборудование разных типовых групп. К технологическим комплексам третьей части производства относятся конвейеры, манипуляторы, кантователи, подъемно-транспортные машины и другие аналогичные им машины.

Далее рассматриваются некоторые примеры автоматизированных технологических комплексов (АТК) базовых производств, в состав которых входит оборудование типовых групп металлургического производства. В связи с этим освещаются только вопросы взаимодействия оборудования в технологическом процессе, управления многодвигательными системами электроприводов комплексов и координированного управления оборудованием.

2.2 Системы управления комплексами

2.2.1 Координированное управление агрегатами в составе технологического комплекса

При координированном управлении агрегатами в составе технологического комплекса в основном применяют алгоритмы управления по готовности или событию, но могут применяться алгоритмы управления и по состоянию агрегатов [3]. Например, в горнодобывающей промышленности последовательность включения, работы и выключения агрегатов, входящих в комплексы, определяется поступлением перерабатываемого материала на агрегаты. В металлургической промышленности погрузка слитков на слит- ковозы производится только после того, как слитковоз подъедет к определенному колодцу. В комплексах пищевых производств расфасовка готовой продукции в тару осуществляется только после того, как тара поступит под устройство выгрузки. Во всех вышеперечисленных случаях информация о наступлении события поступает от различных датчиков, например датчиков веса, путевых датчиков, датчиков наличия тары. Управление работой отдельных агрегатов в комплексе осуществляется промышленным компьютером верхнего уровня СУ или технологическим контроллером среднего уровня СУ.

На насосных станциях количество работающих насосов в питающей сети зависит от давления в сети или суточного потребления. Работа насосов определяется информацией, поступающей с датчика давления, установленного в магистрали питающей сети, или по графику суточного расхода воды, заложенному в промышленном компьютере.

Если на агрегате возникает аварийная ситуация или происходит отклонение его параметров от номинальных, информация по сети нижнего уровня поступает на контроллеры приводов других агрегатов. В этом случае управляющая программа конкретного агрегата останавливает его работу или изменяет режим работы. Информация по сети поступает на промышленный компьютер верхнего уровня, который также может принять решение о дальнейшей работе агрегатов в комплексе.

Одной из функций промышленного компьютера, как отмечалось выше, является контроль и поддержание в соответствии с программой технологических переменных, определяющих качество обработки вещества и получение конечного продукта производства, соответствующего заданным требованиям к качеству. Это выполняется управлением всеми агрегатами комплекса; в случае отклонения контролируемых переменных от заданных значений вырабатываются управляющие воздействия на агрегаты, ликвидирующие эти отклонения.

2.2.2 Средства управления комплексами

Система управления технологическим комплексом представляет собой многоуровневую разветвленную структуру, в состав которой входят промышленные компьютеры, технологические контроллеры, посты оператора, программаторы, средства, реализующие промышленные сети [7].

Рассмотрим систему управления процессами Process Control System 7 (PCS7) фирмы «Siemens»[1]. Данная система предназначена для управления непрерывными технологическими процессами и работы в области управления сборочными производствами. Она ориентирована на управление технологическими комплексами, включающими в себя большое число агрегатов, машин и механизмов со многими системами комплектных электроприводов (КЭП), оснащенных сетевыми средствами.

Схема распределенной системы SIMATIC PCS7 представлена на рисунке 2.1.

Комплектные электроприводы переменного или постоянного тока управляются через коммуникационную систему DP/PA LINK и промышленную сеть Profibus-PA от технологического контроллера S7-400. В управлении используется распределенная периферия (РП) ET 200M. Для управления применяется интеллектуальная подсистема

(ИП) S7-300. Программирование микропроцессорных электроприводов и систем управления осуществляется с помощью программатора ПГ. Посты оператора ПО обеспечивают наблюдение и корректирование процесса управления. Инжиниринговая станция ИС осуществляет диагностирование техно-

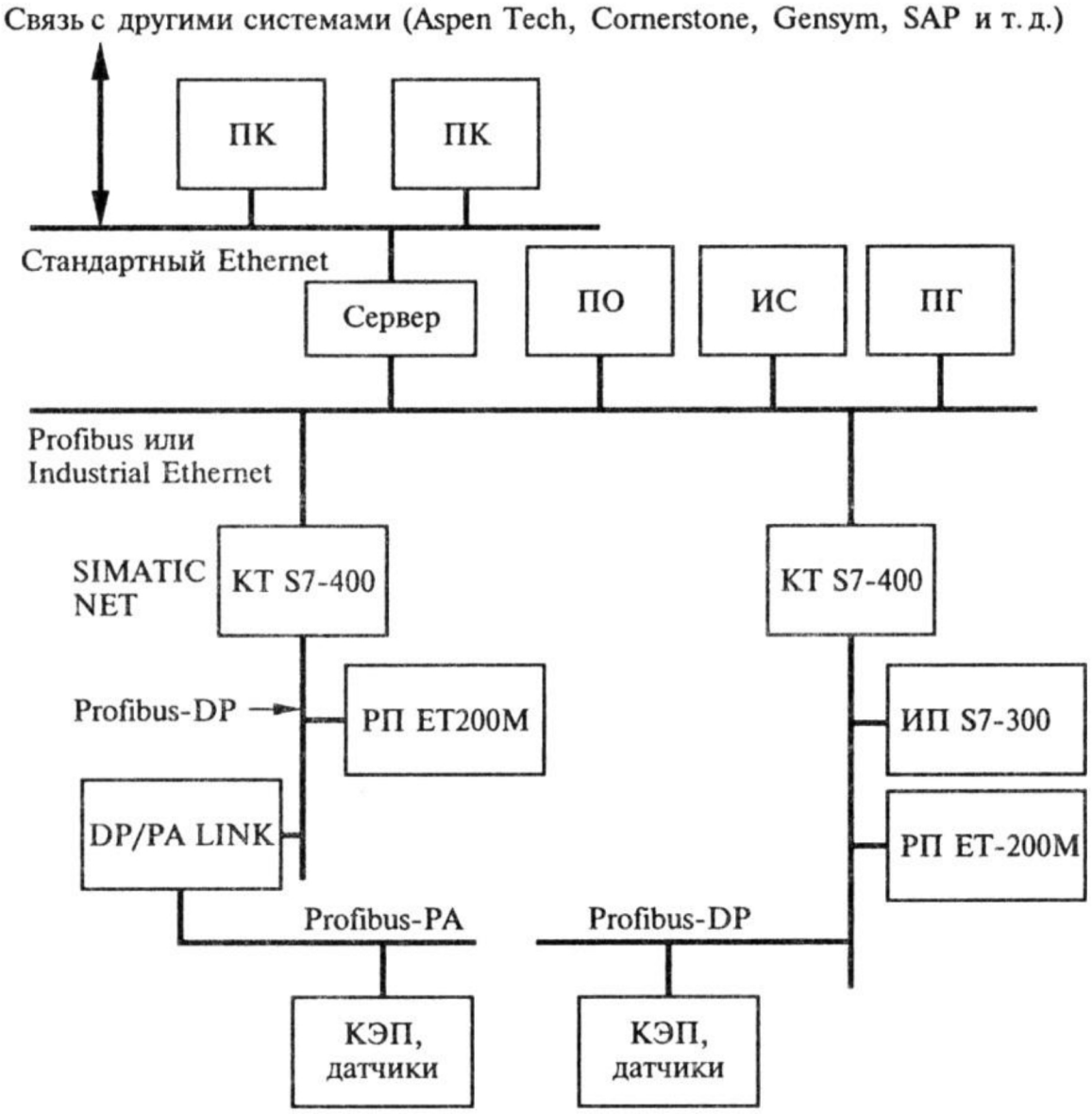


Рисунок 2.1 - Схема распределенной системы SIMATIC PCS7

Связь с другими системами (Aspen Tech, Cornerstone, Gensym, SAP и т.д.) логического оборудования в режимах рабочего функционирования, реализует средства разработки программ управления, обеспечивает визуализацию процессов управления. Стандартная быстрая последовательная шина Profibus или Industrial Ethernet осуществляет связь систем управления агрегатами с дисплейными системами ПО, КТ, сервером. Скорость передачи информации 19 200 кбод. Последовательные шины Profibus, Industrial Ethernet выполняются с волоконно-оптическим или коаксиальным кабелем.

Представленная система базируется на компонентах семейства SIMATIC S7. Разработаны программные пакеты, которые расширяют спектр функций данных компонентов функциями, типичными для систем управления верхнего уровня иерархии.

Разработанная система позволяет автоматизировать весь производственный процесс, применяя устройства только одного семейства, т.е. на базе одних и тех же устройств можно автоматизировать как непрерывные, так и дискретные технологические процессы.

Визуализация и контроль процесса осуществляются при помощи средств, имеющих одинаковую пользовательскую оболочку в центральных диспетчерских пунктах и непосредственно около управляемой установки. Настройка всей системы осуществляется централизованно с помощью ПК-ориентированного программного обеспечения, в основе работы которого лежит общая для всей системы база данных.

Сетевые средства. Информационная сеть представляет собой систему, состоящую из ПК и программируемых контроллеров, взаимосвязанных между собой каналами передачи данных для обмена информацией. Передача информации регулируется набором правил и соглашений, называемых протоколом сети (обмена). Протокол определяет: аппаратные средства сети (разъемы, кабели, типы интерфейсов), сигналы, форматы данных и способы проверки ошибок, алгоритмы подготовки сообщений и их передачу.

В распределенных системах управления применяются децентрализованные сети. В них используется метод передачи маркера, при котором локальная станция (например контроллер привода) может передавать информацию только тогда, когда она получает маркер; последний представляет собой определенное сообщение и передается последовательно от одного узла к другому.

На рисунке 2.2 представлена функциональная схема организации информационной сети технологического комплекса фирмы «Siemens»[1]. На нижнем уровне используется сеть AS-интерфейс (Actuator-Sensor-Interface), стандартизованная IEC. На среднем уровне применяется шина Profibus — европейский стандарт EN 50170, поддерживаемый более чем 600 ведущими производителями средств автоматизации. Ее модификации предназначены: Profibus-DP — для обеспечения быстрого обмена данными с устройствами децентрализованной периферии (интеллектуальные датчики, сенсоры и исполнительные механизмы); Profibus-FMS — для решения универсальных задач коммуникации; Profibus-PA — для решения задач автоматизации непрерывных технологических процессов, особенно в зонах, требующих высокой степени надежности применяемых систем, и во взрывоопасных зонах. Промышленная сеть Ethernet (самый высокий уровень) характеризуется возможностью передачи больших объемов информации с наивысшей скоростью. Обычно для этого используется привычный MAP-протокол или современный TCP/IP. Промышленная сеть Ethernet предназначена для подключения персональных компьютеров к промышленным информационным сетям, а также для подключения программаторов и средств визуализации.

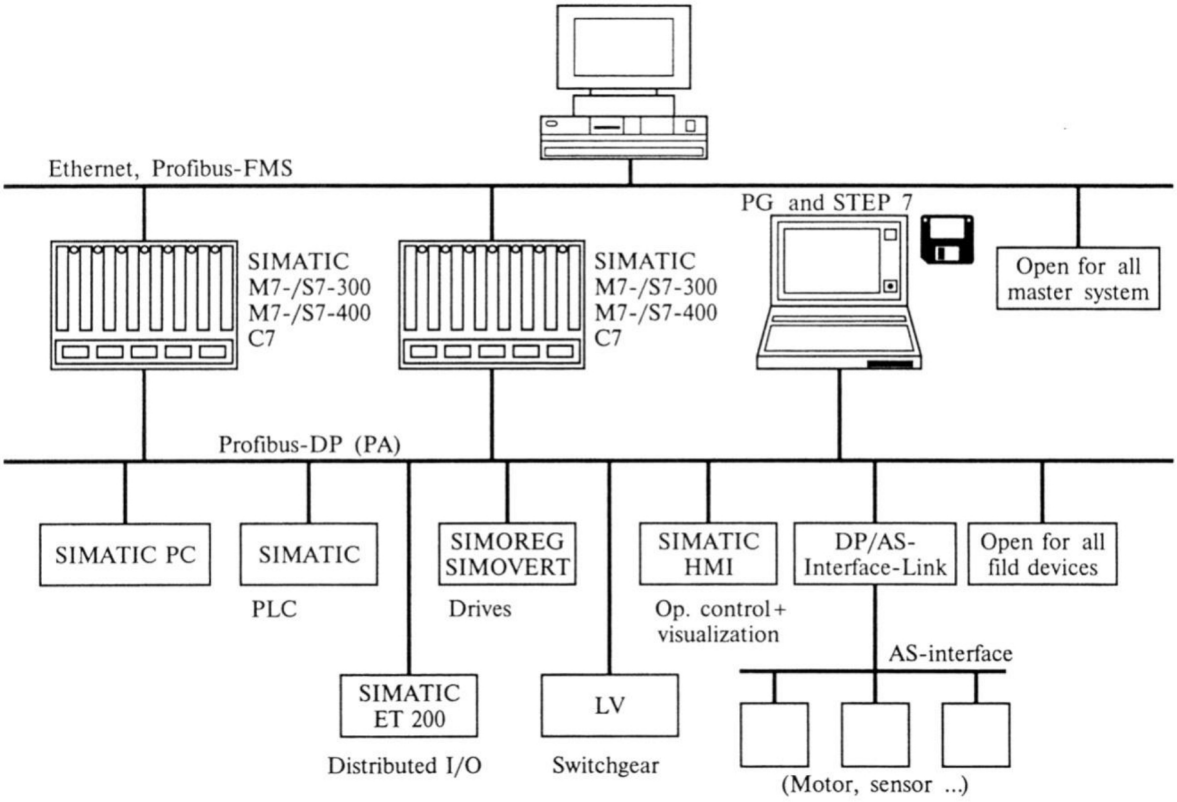


Рисунок 2.2 - Функциональная схема организации информационной сети технологического комплекса фирмы «Siemens»

Для реализации промышленных сетей, кроме физических носителей данных, применяются: коммуникационные процессоры, серверы, интерфейсные модули, трансиверы, модули OLM/ELM, повторители, разветвители, шинные терминалы [5].

Информационное обеспечение систем. Под информационным обеспечением систем понимают совокупность данных (технологические переменные, диагностические характеристики, управляющие сигналы, сигналы аварийных режимов и др.), способов их передачи, методов преобразования и форм представления, а также программного обеспечения системы управления. В информационное обеспечение также могут входить нормативная, справочная и директивная информация, динамические модели.

Все сигналы в технологическом комплексе разделяются на входные и выходные, аналоговые и дискретные. Источниками входных аналоговых сигналов являются датчики скорости, положения, температуры и др.

Источниками входных дискретных сигналов являются концевые выключатели и другие сигнализаторы состояния технологического оборудования объекта, а также клавиши и кнопки пультов управления. Вся информация с датчиков поступает на различные модули ввода технологического контроллера. Контроллер, обработав входную информацию, вырабатывает управляющее воздействие, которое посредством модуля вывода поступает на управляемый преобразователь.

Надежность систем управления обеспечивается комплексом мер, к которым относятся контроль обрыва датчиков, контроль целостности цепей исполнительных механизмов, резервирование и др.

2.3 Автоматизированные системы управления технологическим процессом

Основным назначением АСУТП является автоматическая оптимизация технологических процессов производства продукции на предприятии. В АСУТП обеспечивается реализация законов управления и как следствие — наиболее эффективное ведение технологического процесса и высокое качество продукции, т. е. выпускается максимально возможное количество готовой продукции при обеспечении необходимого ее качества и допустимой загрузки технологического оборудования. При этом в идеальном случае затраты должны быть минимальными. Это означает, что технологический комплекс и саму технологию необходимо спроектировать таким образом, чтобы оборудование имело наименьшие габариты и массу. Конструкция оборудования должна гарантировать минимум потерь, а технология — максимальное использование исходного продукта и энергии. Наконец, ведение технологического процесса должно обеспечить выпуск готовой продукции с наименьшим полем допусков и минимум брака.

Единственный критерий, способный объединить перечисленные показатели, — экономический. Если стоимостные эквиваленты не установлены, повышение эффективности достигается путем оптимизации одного или двух наиболее существенных параметров. При двух параметрах приходится отыскивать компромиссное решение. Еще более сложны поиски компромисса между минимумами расхода трех основных компонентов: материала, энергии и информации.

Управление технологическими процессами осуществляется в результате непосредственного взаимодействия информационных и материально-энергетических процессов. Это взаимодействие происходит в реальном масштабе времени и реализуется путем обмена информацией между технологическим объектом управлений (ТОУ) и системой управления. Технологический характер объекта управления является основным признаком систем управления технологическими процессами. Задачами верхнего смежного уровня для систем управления технологическими процессами являются задачи оперативного планирования производства.

ТОУ характеризуются высокой размерностью входных и выходных переменных, сложной неявной связью между переменными на входе и выходе, большой неопределенностью по отношению к внешней среде, нестационарностью, нелинейностью, стохастичностью процессов, высоким уровнем шумов и большим разнообразием помех.

ТОУ представляют собой совокупность технологического оборудования и реализованного на нем по соответствующим инструкциям или регламентам технологического процесса производства. В качестве ТОУ можно рассматривать технологические агрегаты, группы станков, производственные участки, цеха, производственные процессы всего промышленного предприятия в целом, если управление этими процессами носит в основном технологический характер, то есть заключается в рациональном выборе и согласовании режимов работы агрегатов, участков производства. Как правило, ТОУ имеют четыре основных режима функционирования: пуск, остановка, нормальный и аварийный.

АСУТП предназначены для выработки и реализации управляющих воздействий, обеспечивающих желаемый вид процессов в ТОУ. Совместно функционирующие ТОУ и АСУТП образуют автоматизированные технологические комплексы (АТК). АСУТП являются частным видом систем управления с обратными связями и характеризуются наличием самостоятельных функции и целен управления, а также необходимой для реализации этих функций и целей специальной системной организацией. Это человеко-машинные системы управления, обеспечивающие автоматизированный сбор и обработку информации о состоянии и функционировании ТОУ и осуществляющие на основе этой

информации оптимизацию протекающих в ТОУ процессов в соответствии с принятым критерием. В качестве характерных особенностей АСУТП надлежит отметить:

- наличие в составе их современных автоматических средств сбора и переработки информации, в первую очередь средств вычислительной техники;
- человек выступает в роли субъекта труда, основные функции которого заключаются в принятии управляющих решений на основе предоставляемой ему информации об объекте управления и данных о возможных альтернативных вариантах решений;
- осуществление переработки технической и технико-экономической информации;
- целью функционирования является повышение эффективности функционирования ТОУ в соответствии с принятым критерием управления;
- выработка управляющих воздействий производится в реальном масштабе времени;
- как компонент системы управления промышленным предприятием АСУТП предназначена для целенаправленного проведения технологических процессов и обеспечения спетом управления более высоких уровней оперативной и достоверной информацией технико-экономического характера;
- возможность иметь многоуровневую иерархическую ; структуру и обеспечивать управление совокупностями АТК, ТОУ, вспомогательными процессами (транспортирования, складирования и т. п.), входящими в состав производства;
- получение от соответствующих подсистем АСУП или служб управления предприятием заданий и ограничений (номенклатуры запланированных к выпуску изделий, объемов производства, технико-экономических показателей и т. п.) и обеспечение подготовки и передачи этим подсистемам или службам управления необходимых для их работы данных о состояниях и функционировании АТК. При наличии на предприятии автоматизированной системы технологической подготовки производства (АСТПП) должно быть налажено взаимодействие АСУТП с этой системой. АСУТП должна получать от АСТПП технологическую и другую необходимую ей информацию и передавать АСТПП оперативные данные для корректирования решений АСТПП на последующих временных интервалах.

Цели функционирования АСУТП в каждом конкретном случае могут быть разными. В качестве примера можно указать экономию топлива, сырья, энергии и других видов производственных ресурсов; обеспечение безопасности функционирования; повышение качества конечного продукта; снижение затрат живого труда; достижение оптимальных загрузок оборудования; оптимизацию режимов работы ТОУ и т. п.

В серийном, мелкосерийном и единичном производстве АСУТП создаются на основе групповой технологии, предусматривающей концентрацию изготовления технологически однородной продукции в специализированных подразделениях производства. АСУТП ориентированы на замкнутый цикл изготовления изделий внутри каждого технологического процесса. Это расширяет возможности комплексной автоматизации производственных процессов и позволяет достигать существенно более коротких производственных циклов. Если по каким-то причинам комплексная автоматизация всех технологических процессов производства оказывается невозможной, АСУТП создается как элемент некоторого производственного подразделения (линии, участка, цеха), имеющего более низкий уровень автоматизации, но единую систему управления. Тем самым обеспечивается замкнутый цикл производства и подготавливается возможность объединения отдельных АСУТП линий, участков, цехов в единую автоматизированную систему, управляемую ЭВМ [4,6].

3 Автоматизированные технологические комплексы металлургического производства (информация для первой группы автоматизированных систем: производство и обработка металлов)

3.1 Автоматизированная система контроля и регулирования вращающихся печей

Рассматривается задача оптимального управления процессом обжига сырьевого материала во вращающихся печах и пути ее решения с помощью регулятора теплового режима РТР на примере автоматизированной системы, внедренной ОАО «Комбинат Магнезит» (г. Сатка Челябинской области).

ОАО «Комбинат Магнезит» — крупнейший в стране производитель огнеупорной продукции — недавно отметил свой столетний юбилей. Несмотря на солидный возраст, предприятие динамично развивается и большое внимание уделяет внедрению современных наукоёмких разработок как в управленческой сфере на предприятии внедряется корпоративная система *R/*3), так *ж* в сфере управления технологическими процессами. Начиная с 1993 года, с участием НТЦ «Лидер» (г. Озерск) было внедрено более десяти автоматизированных систем в нескольких цехах и на различных технологических объектах: вращающихся печах, печах термической обработки, линиях дозирования компонентов шихты, испытательном стенде, а также реализованы системы контроля подачи порошков, контроля и учета работы прессов, контроля работы трубомельниц, контроля и управления деаэраторами, паровыми и водогрейными котлами.

Как на большинстве предприятий, вначале внедрялись информационные системы диспетчеризации и контроля хода технологических процессов. Однако целью автоматизации, безусловно, является повышение качества ведения технологического процесса, а в идеале и его оптимизация. Именно управляющие системы способны дать реальный экономический эффект, стабилизировать качество продукции. Наиболее трудоемкой в реализации таких систем является разработка управляющих алгоритмов, адекватных по сложности управляемым процессам. Немаловажным является также выбор инструмента, с помощью которого эти алгоритмы можно было бы реализовать на реальном объекте.

Данный параграф посвящен опыту разработки и внедрения управляющей системы, давшей существенный экономический эффект.

Постановка задачи. Задача контроля и регулирования процесса обжига материала во вращающихся печах решалась с момента установки их на комбинате, а именно с 30-х годов XX века.

Проблема в разное время решалась по-своему, но в целом методика решения оставалась прежней: человек наблюдал ход технологического процесса и выдавал задание на выработку управляющих воздействий либо «вручную», либо (в последние десятилетия) посредством каких-то контуров регулирования и управления. Необходимость полной автоматизации процесса ни у кого сомнений не вызывала, хотя в возможность практического достижения поставленной цели мало кто верил.

В начале 90-х годов предпринимались попытки автоматизации регулирования процесса обжига, в частности, на печах ЦМП-3 (ЦМП — цех магнезиальных порошков) с помощью системы САРА. Успех данной системы также был весьма ограниченным: какое-то время процесс шел в пределах установленных границ режима обжига, а потом печь «глохла», так как процесс выходил за допустимые границы и требовалось вмешательство обжигальщика.

Новый этап развития систем управления режимом обжига начался в мае 1993 года после установки системы МАИС. Система контроля и управления вращающейся печью прошла в своем развитии четыре этапа:

10. Установка IBMPC совместимого контроллера на вращающейся печи 7 ЦМП-3 для демонстрации возможности управления печью через компьютер (февраль 1993 года);
11. Переход к управлению комплексом печей 7—8 ЦМП-3 с применением методов распределенной сетевой обработки данных, исполнители НТЦ «Лидер» (г. Озерск) и ОАО «Комбинат Магнезит» (г. Сатка), проект ПКИ УРМА (г. Екатеринбург, ноябрь 1995 года);
12. Установка системы контроля и управления печами 4—6 ЦМП-3 и первой версии регулятора теплового режима (октябрь 1996 года);
13. Замена контроллеров системы контроля и управления печей 4—6 ЦМП-3 на контроллеры MicroPC (январь 2001 года).

После первых дней эксплуатации системы стало очевидным, что эффективность внедрения будет зависеть от того, удастся ли решить важнейшие задачи оптимизации хода технологического процесса обжига на уровне, недостижимом для человека-оператора, и минимизации влияния человеческого фактора на результаты производственного процесса в целом.

Краткое описание процесса обжига. Процесс обжига сырого магнезита во вращающейся печи является чрезвычайно сложным, с точки зрения возможности автоматизации. Если рассматривать процесс обжига, не вникая в детали, то он представляет собой процесс термического разложения сырого магнезита, усложненный наличием разного рода примесей в составе исходного сырья и значительным влиянием газодинамических характеристик печи. Процесс обжига сырого магнезита сопровождается нагревом магнезита, испарением влаги, содержащейся в сыром магнезите, плавлением легкоплавких примесей и т. д.

В ходе обжига сырого магнезита происходит уменьшение толщины слоя, снижение объема материала, причем степень изменения объема материала зависит от большого числа факторов, наиболее значимыми из которых являются химический и фракционный состав поступающего сырья, распределение температур по длине печи, или температурный профиль печи (положение и протяженность зон подогрева, каустизации, обжига), условия течения потока газов в пространстве печи. Различие степени изменения объема материала приводит к изменениям условий течения потока газов и, как следствие, газодинамических характеристик печи в целом.

Нестабильность газодинамических характеристик печи вызывает отклонения в режиме горения топлива, вследствие чего изменяется положение факела, влияющее на положение зоны обжига. Температура в этой зоне и ее положение в значительной степени определяют производительность печи и качество порошка на выходе.

Процесс обжига во вращающихся печах, работающих на смеси каустического и сырого магнезита, является более сложным: кроме обжига сырья, происходит спекание каустического магнезита, часть подаваемого каустического магнезита уносится потоком отходящих газов за пределы рабочей зоны печи; при этом соотношение количества каустического магнезита, подаваемого в печь, и количества порошка на выходе из печи составляет приблизительно 1,3—1,5, а при обжиге сырого магнезита аналогичное соотношение равно 2,2—2,6.

Управление процессом обжига. Процесс обжига во вращающейся печи, работающей на смеси, может управляться по пяти каналам:

- регулирование загрузки сырого магнезита;
- регулирование загрузки каустического магнезита;
- регулирование расхода топлива (природного газа);

- регулирование разрежения в пылевой камере;
- регулирование скорости вращения печи.

В литературе описываются и практически применяются всевозможные способы управления печью, основанные на отдельном или комбинированном с другими использовании перечисленных каналов регулирования.

Практики, профессионально занимающиеся управлением процессом обжига, в течение длительного периода времени применяли и применяют в настоящее время управление процессом обжига посредством использования всех пяти каналов регулирования.

Традиционное управление ходом технологического процесса. Традиционно управление процессом обжига в нормальном режиме происходит Следующим образом: загрузка сырого магнезита устанавливается в пределах 7—10 т/ч, чтобы пыль по длине печи перемещалась более равномерно и не скапливалась в пересыпном колодце:

- загрузка каустического магнезита регулируется для управления температурой в пылевой камере;
- разрежение в пылевой камере регулируется в небольших пределах для стабилизации положения зоны обжига;
- подача газа изменяется с целью облегчения управления изменением температуры и положением зоны обжига: если температура начинает быстро изменяться, изменения температуры парируются регулированием подачи газа; изменение подачи газа является дополнительным каналом управления положением факела, а значит, и зоны обжига;
- скорость вращения печи регулируется в зависимости от хода технологического процесса, при падении температуры скорость вращения печи уменьшается, соответственно уменьшается загрузка сырого и каустического магнезита.

Данный способ управления время от времени приводит к перегрузке печи, в результате чего температура в зоне обжига падает, зона обжига смещается в сторону выхода из печи (горячей головки печи), качество материала падает, резко растет температура на выходе из холодильника, существует вероятность выхода брака и загорания транспортерных лент. Для возвращения процесса в нормальный режим печь ставится «на скорость»: загрузка снижается на 30—50%, скорость вращения печи уменьшается, а иногда, когда этих мер недостаточно, увеличиваются подача газа и разрежение в пылевой камере с целью смещения зоны обжига в сторону загрузочного конца печи при помощи «вытягивания» факела.

Постановка печи «на скорость» приводит к ряду негативных последствий.

Увеличивается тепловая нагрузка на футеровку: уменьшение загрузки и уменьшение скорости вращения печи, сопровождаемое при необходимости увеличением подачи газа, ведет к быстрому разогреву футеровки, то есть к тепловому удару.

Возрастает вероятность обрыва навара и возникновения аварийных ситуаций: тепловые удары приводят к появлению местных температурных перенапряжений, что вызывает обрыв навара; обрыв больших участков навара является причиной остановки технологического процесса из-за резкого повышения температуры на выходе из холодильника и угрозы возгорания транспортерных лент; кроме того, большие куски навара с температурой свыше 1000 градусов могут плотно закупорить пересыпной колодец и привести к длительному выходу печи из строя.

Уменьшается средняя загрузка печи: как правило, оптимально организованный непрерывный технологический процесс выгоднее периодического, каковым является обжиг с постановкой печи на подогрев.

Увеличивается удельный расход топлива: уменьшение средней загрузки и разогрев футеровки приводят к увеличению удельного расхода топлива на единицу продукции.

Качество готовой продукции становится непостоянным: изменяется температурный режим печи, перемещается зона обжига, изменяется толщина слоя материала, процесс обжига протекает неравномерно.

Изменяется газодинамический режим печи: нарушается оптимальное соотношение топливо/воздух, изменяется скорость перемещения газов в пространстве печи, изменяются величины разрежений по длине печи вследствие изменения толщины слоя материала.

Увеличивается пылевынос: уменьшение температуры в зоне обжига приводит к увеличению длины зоны каустизации, увеличение толщины слоя материала вызывает увеличение скорости движения газов в пространстве печи.

Существует тезис о самостабилизации хода технологического процесса обжига в силу действия комплекса обратных связей: перегрузка печи ведет к увеличению толщины слоя материала и, как следствие, к росту перепада разрежений по длине печи и удлинению зоны каустизации из-за смещения зоны обжига в сторону горячей головки печи; это влечет за собой значительный рост пылевыноса, при котором уносится существенное количество материала, толщина слоя уменьшается и процесс обжига нормализуется. Однако цена такой «самостабилизации» — перерасход сырья, топлива, рост пылевыноса, ухудшение качества продукции, а.также риск пропуска необожженного материала, что является предпосылкой к аварии (загоранию транспортерных лент и полной остановке производства).

Автоматизированное управление ходом технологического процесса. Автоматизированное управление ходом технологического процесса основной своей целью имеет стабилизацию с высокой точностью температурного режима вращающейся печи с внесением минимальных возмущений в ход процесса, а также управление плавным изменением параметров режима при необходимости оптимальной настройки хода технологического процесса.

Таким образом, автоматизированное управление ходом технологического процесса реализуется как адаптивное управление загрузкой сырого магнезита, расходом природного газа и разрежением в зависимости от изменения температур в пылевой камере, в газоходе, в пересыпном колодце и от статистических данных

озагрузке и температуре в газоходе.

Адаптивность управления реализуется через изменение коэффициентов передачи регулятора и через использование в качестве настроечных коэффициентов не постоянных величин, а определенным образом обработанных значений самих контролируемых величин; таким образом, регулятор теплового режима вращающейся печи представляет собой многоконтурную многосвязную адаптивную систему с элементами прогнозирования.

В результате выполнения проекта по разработке регулятора теплового режима (РТР) был сделан вывод о том, что в значительной мере неудачи предшественников объясняются стремлением автоматизировать труд обжигальщика, а не управление технологическим процессом обжига. В результате автоматика не могла выполнить работу обжигальщика лучше, чем сам обжигальщик. Это и было основной причиной, почему такие системы не приживались на производстве.

Алгоритм регулирования заключается в выработке параметров загрузки печи, расхода природного газа и разрежения, требуемых для оптимизации хода технологического процесса обжига, с учетом значений следующих наблюдаемых и вычисляемых параметров технологического процесса:

- средней величины загрузки за последний час;
- средней величины загрузки за последние пять минут;
- скорости изменения температуры в пылевой камере;
- средней скорости изменения температуры в пылевой камере за последние пять минут;

- ускорения изменения температуры в пылевой камере;
- скорости изменения температуры в газоходе;
- ускорения изменения температуры в газоходе;
- разности средней температуры в пылевой камере и заданной температуры;
- разности прогнозируемой и текущей температур в пылевой камере;
- разности прогнозируемой и заданной температур в пылевой камере.

Основные принципы построения регулятора теплового режима. Главным в работе регулятора теплового режима (рисунок 3.1) является принцип внесения минимальных возмущений в ход технологического процесса. Регулятор постоянно рассчитывает значение загрузки в текущий момент, необходимое для оптимального управления технологическим процессом.

Под оптимальным управлением понимается изменение загрузки сырого магнезита настолько, насколько это необходимо для удержания хода технологического процесса в заданных границах, без перегрузки или недогрузки печи. Необходимое воздействие на печь достигается путем управления загрузкой таким образом, что среднее значение загрузки, в конечном итоге определяющее ход технологического процесса, остается величиной практически постоянной в промежутке времени, сравнимом с общим временем движения материала в печи.

Рисунок 3.1 - Регулятор теплового режима

Классификация параметров регулирования. Все параметры регулятора теплового режима (РТР) — и расчетные, и измеряемые — делятся на три основные группы:

- параметры, определяющие динамику печи, изменение и регулирование режима;
- параметры, определяющие статику печи, стабилизацию режима;
- параметры, определяющие характеристики системы «печь- регулятор».

На динамику печи влияют следующие параметры:

- текущая температура отходящих газов в газоходе;
- текущая температура отходящих газов в пылевой камере;
- текущая величина загрузки сырого магнезита;
- скорость изменения температуры в пылевой камере за пять секунд;
- ускорение изменения температуры в пылевой камере за пять секунд;
- значение прогнозируемой температуры в пылевой камере;
- заданная величина загрузки сырого магнезита;
- средняя скорость изменения температуры в пылевой камере;

- заданная скорость изменения температуры в пылевой камере;
- скорость изменения температуры в газоходе за пять секунд;
- значение прогнозируемой температуры в газоходе;
- разность температур в газоходе и в пылевой камере.

На статику печи оказывают влияние следующие параметры:

- разность текущей и заданной температур отходящих газов в пылевой камере;
- температура термопары в пересыпном колодце;
- температура материала на выходе из холодильника;
- средняя величина загрузки сырого магнезита за пять минут;
- средняя температура в пылевой камере за три часа;
- средняя температура в пересыпном колодце за шесть часов;
- средняя величина загрузки сырого магнезита за час;
- заданная температура в пересыпном колодце;
- заданная температура в пылевой камере.

Характеристику системы «печь—регулятор» определяют, вчисле прочих, следующие параметры:

- значение температуры в пылевой камере, полученное в предыдущем цикле измерения;
- значение коэффициента существенных изменений (КСИ);
- положение исполнительного механизма при загрузке сырого магнезита;
- ограничение минимума задания температуры в пылевой
- камере;
- средняя разность заданной и текущей величин загрузки
- сырого магнезита;
- положение ключа включения ограничения задания температуры в пересыпном колодце;
- коэффициент передачи регулятора теплового режима;
- среднее значение коэффициента адаптации (КА);
- коэффициент передачи дозатора (код/загрузка);
- положение ключа включения регулятора загрузки;
- величина тока контроля работы тиристорного блока управления загрузкой;
- код, определяющий величину тока, выдаваемого на тиристорный блок управления загрузкой;
- задание поддерживаемой регулятором величины загрузки;
- задание положения исполнительного механизма.

Логика работы регулятора. Вообще логика работы регулятора может быть достаточно проста, если рассматривать печь как трубу, в которую засыпается сырой магнезит, высыпается порошок, увеличение загрузки приводит к уменьшению температуры и наоборот.

Практически же печь является сложной физико-химической, термо- и газодинамической системой; логика работы регулятора примерно соответствует сложности системы, поэтому «совсем просто» регулятор описать невозможно. Для понимания логики работы регулятора требуется знание того, как происходит управление вращающейся печью.

Основным требованием к регулятору, как уже было отмечено, является требование управлять процессом с внесением минимальных возмущений в его ход, поэтому при отстроенном регуляторе, удовлетворяющем этому требованию, печь «идет ровно», берет

такую загрузку, какую вообще способна взять, производительность печи остается постоянно высокой, как и качество материала на выходе. По наблюдениям регулятору требуется примерно 2—3 суток, чтобы довести печь до состояния, когда она дает максимально возможную производительность при заданном качестве материала на выходе и практически неизменном расходе газа. Из этого состояния любой «толчок» (редкое отклонение параметров) выводит печь примерно на 3—6 часов; таким образом, если печь «дергать» (пускать/останавливать, греть/загружать), оптимальных параметров хода технологического процесса она вообще никогда не достигнет.

Понятно, что требование полного отсутствия «толчков» по причинам разного характера является практически невыполнимым; поэтому регулятор теплового режима сделан многорежимным и самонастраивающимся.

Самонастройка регулятора основана на статистической обработке параметров технологического процесса и определении таких значений, при которых печь будет гарантированно работать, хотя и не в оптимальном режиме.

Дальнейшее уточнение значений параметров (точная настройка технологического процесса) происходит в процессе регулирования, при этом определяется градиент изменений и вычисляется оптимальное направление изменения параметров технологического процесса.

Внешние возмущения, влияющие на ход технологического процесса, имеют большую или меньшую значимость в зависимости от близости параметров технологического процесса к экстремальным значениям, то есть к таким, когда технологический процесс протекает наиболее эффективно.

При разработке регулятора принято, что изменение параметров извне (вручную) невозможно, чтобы исключить случаи непреднамеренного вывода технологического процесса обжига печи за пределы допустимых значений.

Структура системы. Система контроля и управления вращающейся печью (на примере печей 4—6 ЦМП-3) состоит из четырех функционально самостоятельных частей, соединенных с диспетчерской цеха и между собой через технологическую информационную сеть (ТИС) с протоколом IPX/SPX:

- резервированный контроллер, расположенный в щите КИП печей 4—6;
- вычислительная платформа с функционирующим на ней регулятором теплового режима;
- автоматизированные рабочие места обжигальщика;
- серверы МАИС, NovellNetWare, WindowsNT, расположенные в здании цеха КИПиА.

Резервированный контроллер выполняет функции, связанные со сбором и первичной обработкой технологической информации, а также управляющие функции:

- получение сигналов с датчиков температуры, расхода, давления, разрежения в виде стандартных токовых сигналов;
- получение сигналов с объекта управления в дискретной форме (=24 В и 220 В 50 Гц);
- выдачу дискретных управляющих сигналов (24 В и 220 В, 50 Гц);
- выдачу аналоговых управляющих сигналов (0—20 мА);
- контроль положения переключателей на щите КИП;
- выдачу сигналов о выходе значений параметров за пределы регламентных и аварийных установок;
- ограничение величины управляющих воздействий регламентными границами;
- контроль достоверности значений основных технологических параметров;
- контроль исправности УСО;
- обмен данными посредством ТИС.

Вычислительная платформа представляет собой системный блок персонального компьютера, конфигурация которого отвечает требованиям работы в тяжелых условиях. В частности, вместо жесткого диска на вычислительной платформе установлен модуль загрузочного флэш-диска FDM фирмы Fastwel. Настроечные конфигурации (база конфигурации МАИС) загружаются в стандартном варианте через ТИС с сервера Novell Net Ware, а в случае отказа сети или иных обстоятельств автоматически перебираются альтернативные варианты: загрузка базы конфигурации с одного или другого АРМ обжигальщика, либо с флэш -диска. На вычислительной платформе функционирует регулятор теплового режима, управляющий ходом технологического процесса вращающейся печи посредством получения и обработки данных с контроллера через ТИС и расчета и выдачи величин управляющих воздействий через ТИС на контроллер.

На АРМ обжигальщика выполняются функции по отображению и архивированию технологической информации:

- отображение параметров технологического процесса посредством графических мнемосхем;
- просмотр графиков изменения параметров по данным из памяти контроллера (ретроспектива до 8 часов);
- просмотр графиков изменения параметров по данным из архива на жестком диске АРМ обжигальщика (ретроспектива до 999 суток).

Таким образом, управление ходом технологического процесса осуществляется независимо от работоспособности устройств верхнего уровня.

Для расширения возможностей и повышения надежности работы АСУТП используются серверы Novell Net Ware, МАИС, WindowsNT.

Серверы Novell Net Ware используются в качестве файл-серверов для хранения данных, архивов и т. п., а также для автоматизации контроля, управления, эксплуатации и сопровождения программного обеспечения.

Серверы МАИС выполняют функции по обработке данных, получаемых через ТИС в соответствии с определенными алгоритмами (статистика, контроль нарушений технологии, учет расходов энергоресурсов и сырья, ведение протоколов наблюдений метрологических характеристик системы и т. п.).

Сервер WindowsNT используется как сервер приложений под Windows.

Технические средства. Система контроля и управления вращающимися печами реализована на базе IBMPC совместимых аппаратных средств и стандартной сетевой аппаратуры Ethernet, Arcnet.

Учитывая жесткие условия эксплуатации (высокая запыленность), контроллеры смонтированы в шкафу со степенью защиты IP55 серии technopac II electronic фирмы Schroff.

В контроллерах используются следующие модули и платы:

- процессорные платы 5066 фирмы Octagon Systems;
- универсальные модули ввода-вывода UNI096-1 фирмы Fastwel;
- платы дискретного ввода TBI-24/0 и дискретного вывода TBI-0/24 фирмы Fastwel;
- модули УСО дискретного ввода 70G-IAC5A и дискретного вывода 70G-OAC5A фирмы Grayhill;
- модули аналогового ввода с гальванической изоляцией ADC32G фирмы «Риус»;
- модули аналогового вывода A016-C8 фирмы Fastwel;
- источники питания фирмы Artesyn Technologies;
- оборудование для создания резервированных систем: разветвители, коммутаторы, модули контроля работы процессоров (арбитры) и т. д. — разработки фирмы «Лидер».

Общее количество входных/выходных сигналов составляет порядка 300, а общее количество параметров системы, включая расчетные, лабораторные и специальные, — порядка 1000.

Поскольку система выполняет ответственные управляющие функции, к ее техническим средствам предъявляются очень жесткие требования по надежности. Требуемые показатели надежности достигаются с помощью резервирования основных компонентов системы (рисунок 3.3).

Имеется два идентичных комплекта процессорных плат и модулей УСО (основной и резервный контроллеры), каждый из которых смонтирован в отдельном крейте со своим блоком питания. Все входные сигналы через разветвитель подключаются к обоим комплектам УСО. Выходные сигналы подключаются к программно управляемому коммутатору. Основной и резервный контроллеры работают синхронно и параллельно: производится ввод и обработка сигналов с объекта, выполняются расчеты, формируются управляющие воздействия, но сигналы на исполнительные механизмы проходят только с основного контроллера. Работоспособность контроллеров проверяется специальным модулем-арбитром. В случае выхода из строя основного контроллера (пропадание питания, «зависание» программы или другое событие, повлекшее превышение времени отклика) производится перекоммутация выходных цепей на резервный контроллер, который получает статус основного. Другими словами, деление на основной и резервный контроллеры, в достаточной степени, считается условным.

Таким образом, в системе контроля и управления вращающимися печами реализовано «горячее» резервирование с «безударным» подхватом всех функций. Аналогичный подход реализован и на других технологических объектах ОАО «Комбинат Магнезит», где внедрена система МАИС и присутствуют управляющие функции.

Преимущества использования резервирования достаточно очевидны. Кроме высокой живучести системы, обеспечивается также удобство эксплуатации и ремонта, ведь замену и добавление модулей, подключение новых точек, перекоммутацию сигналов можно производить без остановки системы. Такое решение позволяет при проектировании новых объектов автоматизации смело закладывать «бесщитовой» вариант системы управления, когда показывающие и регистрирующие приборы исключаются полностью, а количество органов ручного управления сводится к минимуму. Ясно, что капитальные затраты и последующие эксплуатационные расходы в этом случае существенно меньше. Что касается стоимости, то, как показывает наш опыт, удорожание, связанное с выбором резервированной системы вместо нерезервированной, составляет не более 20—25% от общей стоимости проекта.

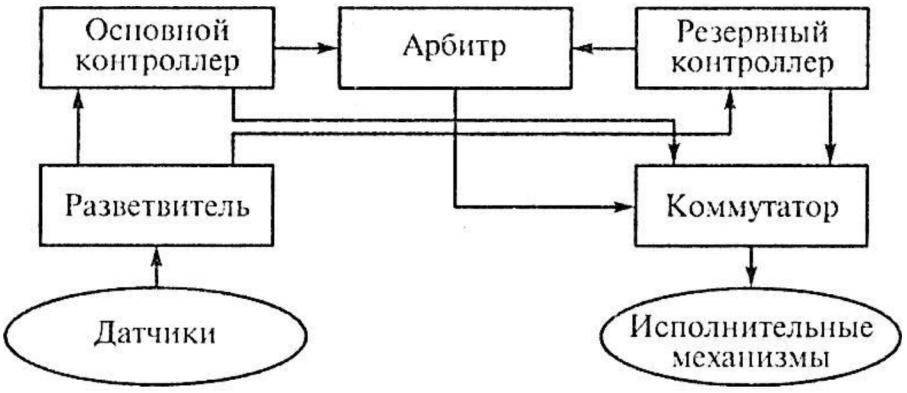


Рисунок 3.3 - Структура резервированного контроллера

Программное обеспечение. В качестве инструментальных программных средств при реализации системы использовалась система МАИС, разработанная НТЦ «Лидер» (г Озерск).

Это полностью отечественная разработка, учитывающая специфику приборного парка и исполнительных механизмов российских предприятий. Разработчики могут адаптировать программные средства к особенностям конкретного предприятия и конкретной технологии В процессе внедрения и отладки система .контроля *к* управления врашаюшимися печами были внесены дополнения в базовое программное обеспечение специально для решения нестандартных задач, связанных, в частности, с реализацией регулятора теплового режима:

- встроенные программные адаптивные фильтры нижних частот до десятого порядка включительно для обработки аналоговых входных сигналов;
- набор компонентов для создания программных адаптивных фильтров нижних частот до сотого порядка включительно;
- возможность выполнения вычислений в формате с двойной точностью;
- возможность построения регуляторов любого уровня сложности и с любыми законами регулирования, в том числе с использованием распределенной сетевой модели вычислений;
- возможность внесения изменений в управляющие алгоритмы в режиме on-line через ТИС с немедленной проверкой результата без перезагрузки контроллера, а значит, и без влияния на ход технологического процесса;
- возможность дистанционного контроля и тестирования работы АСУТП в целом, а также любого из элементов, в том числе и каналов ввода-вывода УСО.

Управляющие алгоритмы, алгоритмы обработки данных (статистика), учетные задачи и т. д., а также алгоритмы функционирования собственно регулятора теплового режима реализованы средствами технологического языка TL и оформлены в виде программ, которые могут выполняться как в контроллерах, так и на вычислительных платформах. Эти программы могут работать по вызову оператора, циклически с заданным периодом, по наступлению события в ходе технологическою процесса в реальном масштабе времени, в многозадачном режиме с использованием приоритетов.

Следует отметить особенности системы МАИС:

- используется широко распространенная IBM PC совместимая архитектура на нижнем и верхнем уровнях системы, а также стандартная сетевая аппаратура (Arcnet, Ethernet);
- работает в стандартных сетях Novell и Microsoft;
- система построена на архитектуре «клиент—сервер»;
- простота настройки на конкретный технологический объект, малые сроки внедрения;
- наличие развитого технологического языка программирования;
- программирование верхнего и нижнего уровней АСУТП ведется в рамках единого проекта;
- все функции, связанные с управлением технологическими объектами, реализуются на нижнем уровне системы (в контроллерах), и их выполнение не зависит от работоспособности устройств верхнего уровня;
- возможность создания систем с полным резервированием информационных и управляющих функций;
- корректировка информационного обеспечения и управляющих алгоритмов осуществляется без остановки контроллеров;
- возможность администрирования всех компонентов системы по сети;

- наличие распределенной сетевой модели вычислений;
- открытый формат представления данных в архиве;
- экспорт данных в различные распространенные форматы БД, что позволяет передавать данные в корпоративную систему уровня предприятия.

Заключение. В настоящее время регулятор работает устойчиво при любых изменениях параметров материалов на входе печи, обеспечивая заданное качество порошка на ее выходе с максимально возможной для текущего режима производительностью.

В ходе технологического процесса удается оптимизировать температуру зоны обжига в диапазоне 1840... 1940 °С, причем это делается без применения кислородного дутья, а только за счет решения многофакторной задачи управления реально работающим промышленным тепловым агрегатом.

По результатам проведенных исследований в течение определенного промежутка времени средний расход топлива сократился на 7% при повышении производительности печи на 3,5% и одновременном снижении пылевыноса на 3,8%, что в конечном счете позволило снизить срок окупаемости программно-технического комплекса на базе МАИС для системы управления 3 печами до месяцев.

Проводимые в течение 8 лет исследования по разработке и настройке РТР, защищенные патентом «Способ управления процессом обжига сырьевого материала во вращающейся печи» RU 2139482 С1 от 12.03.98, могут быть использованы в качестве базы для построения регуляторов теплового режима на вращающихся печах других типов, а также в качестве основы для построения регуляторов хода технологического процесса на других объектах.

3.2 АСУТП для резервуаров с реагентами цеха редких металлов

В этом разделе описываются новая автоматизированная система мониторинга и управления технологическими процессами в резервуарах с реагентами цеха редких металлов и комплекс мероприятий по ее поэтапному внедрению без остановки производства и в сжатые сроки. Благодаря выбранной элементной базе автоматизированная система отвечает требованиям высокой надежности в сочетании с достаточной производительностью по обработке измерительной информации.

Введение. Наряду с дальнейшим совершенствованием на Джезказганском заводе редких металлов («Жезказганредмет») технологического оборудования и существующей технологии из- влечения редких металлов (рения, осмия и др.) важнейшим направлением повышения эффективности производства и качества конечного продукта является автоматизация на основе применения новейших измерительно-вычислительных комплексов для контроля технологических параметров.

Требования к качеству, надежности и безопасности систем мониторинга и управления технологическими процессами особенно возросли с введением на большинстве предприятий горно- металлургического комплекса Республики Казахстан программы управления качеством на основе международных стандартов ISO 9000 и ISO 14000. Это обстоятельство приводит к необходимости постоянно модернизировать соответствующие информационно- управляющие системы.

Важнейшей задачей, которую необходимо решить при создании автоматизированной системы управления технологическими процессами извлечения редких металлов, является разработка методов и средств контроля технологических параметров в резервуарах с реагентами.

В зависимости от конкретных условий на предприятии (технологических особенностей объектов, финансовых возможностей) процесс выполнения работ по оснащению новейшими измерительно-вычислительными комплексами контроля и управления может быть разовым или поэтапным. Важным критерием выбора здесь

является возможность проведения модернизации без остановки технологического процесса на объекте.

Здесь приведем описание поэтапного выполнения работ по созданию системы мониторинга и управления технологическими процессами в резервуарах с реагентами цеха редких металлов.

Система учета реагентов в резервуарах. В системе учета реагентов в резервуарах использован объемно-массовый метод измерения массы жидкости (ГОСТ 26976—86). В соответствии с этим методом для измерения массы продукта необходимо измерить уровень, среднюю температуру и приведенную плотность жидкости в резервуарах, а также провести калибровку резервуара (составить калибровочные таблицы). Система учета осуществляет постоянное измерение уровня и температуры жидкости в резервуарах и производит вычисление ее массы, используя введенную относительную плотность продукта и данные из калибровочных таблиц.

На основании анализа результатов обследования резервуаров цеха редких металлов были определены технические и метрологические требования к датчикам для контроля температуры и уровня жидкости в технологических емкостях.

Необходимо отметить, что в технологических емкостях цеха редких металлов находится агрессивная жидкость, поэтому для контроля ее уровня необходимо использовать бесконтактные измерительные средства. Наиболее полно удовлетворяют этому требованию уровнемеры, основанные на применении акустических и электромагнитных методов.

Акустические уровнемеры. Принцип действия акустических уровнемеров основан на локации уровня звуковыми импульсами, проходящими через газовую среду и отражающимися от границы раздела «газ — контролируемая среда». Для измерения уровня акустический преобразователь крепится на верхней крышке резервуара и не контактирует с контролируемой средой. Этот факт обеспечивает универсальность акустических уровнемеров по отношению к свойствам контролируемых сред.

Однако серийно выпускаемые отечественные акустические уровнемеры имеют существенные конструктивные недостатки, основными из которых являются недостаточная мощность звукового излучателя и плохая герметичность конструкции акустического преобразователя. Первый недостаток приводит к отказам в работе прибора при образовании конденсата на поверхности излучателя, а также к неустойчивой работе при наличии интенсивных испарений и резервуарах. Второй недостаток значительно затрудняет возможность использования этих приборов для контроля уровня агрессивных сред.

Локация уровня может производиться и снизу; при этом определяется толщина слоя жидкости над источником и приемником ультразвуковых колебаний, которые крепятся снаружи ко дну резервуара. На наш взгляд, локация снизу в ряде случаев (например, при измерении уровней находящихся под давлением жидкостей или сжиженных газов) может оказаться предпочтительнее, так как источник и приёмник функционируют в более благоприятных условиях и появляется возможность увеличения максимально допустимой высоты измеряемого уровня.

Результаты экспериментальных исследований показали, что акустические уровнемеры позволяют контролировать уровень реагентов с необходимой точностью в резервуарах с емкостью до 15 куб. м.

Радарные уровнемеры. Экспериментальные исследования, проведенные как в лабораторных условиях, так и непосредственно на баке №1—1 цеха редких металлов, показали высокую эффективность и точность уровнемеров, использующих методы измерения на основе микроволнового электромагнитного излучения, в частности, радиолокационные (радарные) методы.

Принцип действия радарных уровнемеров также основан на измерении времени распространения микроволн от датчика до поверхности продукта и обратно. В настоящее

время уровнемеры этого типа находят нее большее применение для измерения уровня жидких сред. Это объясняется тем, что они удачно совмещают к себе высокую точность (погрешность порядка ±1,0 мм), надежность и простоту обслуживания. Высокая надежность определяется бесконтактностью метода, а высокая точность — частотой/ длиной волны излучаемого сигнала и незначительным (всего несколько процентов даже для насыщенного водяного пара) ослаблением сигнала используемого диапазона при прохождении через газовую среду над измеряемым уровнем.

На баке № 1—1 были успешно проведены работы по монтажу, наладке и внедрению в эксплуатацию радарного уровнемера типа УЛМ-11. Работа уровнемера УЛМ-11 основана на принципе радиолокации в миллиметровом диапазоне волн. Уровнемер работает на частоте 94 ГГц, максимальная ошибка измерения ±1 мм, диапазон измерений до 30 м.

Высокая точность измерений обеспечивается использованием прецизионной системы фазовой автоподстройки частоты и применением спектрального анализа с высокой разрешающей способностью. Благодаря использованию сверхкоротких электромагнитных волн уровнемер имеет малые размеры антенны по сравнению с другими уровнемерами. Это позволяет размещать весь уровнемер, включая и антенну, непосредственно на фланце резервуара с его внешней стороны.

Анализ различных типов радарных уровнемеров позволяет сделать вывод, что соотношение точности и размеров антенны в значительной мере зависит от используемой частоты излучения. Высокая точность уровнемеров, работающих на частотах 10 ГГц, достигается за счет использования антенны больших размеров, что усложняет их монтаж и эксплуатацию. Уровнемеры, работающие в более коротковолновом диапазоне, при той же точности используют антенны с меньшими геометрическими размерами, что значительно упрощает их монтаж и эксплуатацию. Данное обстоятельство послужило основанием для выбора в качестве первичного датчика радарного уровнемера типа УЛМ-11 для резервуаров, имеющих объем более 15 куб. м.

Специализированный измерительно-вычислительный комплекс. В ОАО «Казчерметавтоматика» разработан специализированный измерительно-вычислительный комплекс (ИВК) для контроля температуры и уровня реагентов в технологических емкостях цеха редких металлов (ИВКТ-7685). Структурная схема ИВК приведена на рисунке 3.4.

ИВК разработан на основе использования модуля микроконтроллера типа CPU 188-5MX в формате MicroPC фирмы Fastwel. Модуль CPU188-5MX позволяет наиболее полно реализовать задачи, поставленные на этапе разработки комплекса, при его относительно невысокой стоимости. Его функциональные возможности допускают подключение внешних устройств и организацию связи с компьютером верхнего уровня АСУТП через интерфейсы RS-485 или RS-232; через универсальный порт ввода-вывода реализуются функции управления индикацией, контроля цепей термопреобразователей сопротивления, управления сигнальными и исполнительными устройствами. Данная плата широко используется в разработках ОАО «Казчерметавтоматика», и имеется положительный опыт ее эксплуатации в условиях резко континентального климата в составе ряда измерительно- вычислительных комплексов для контроля технологических параметров на предприятиях горно-металлургического комплекса Республики Казахстан.

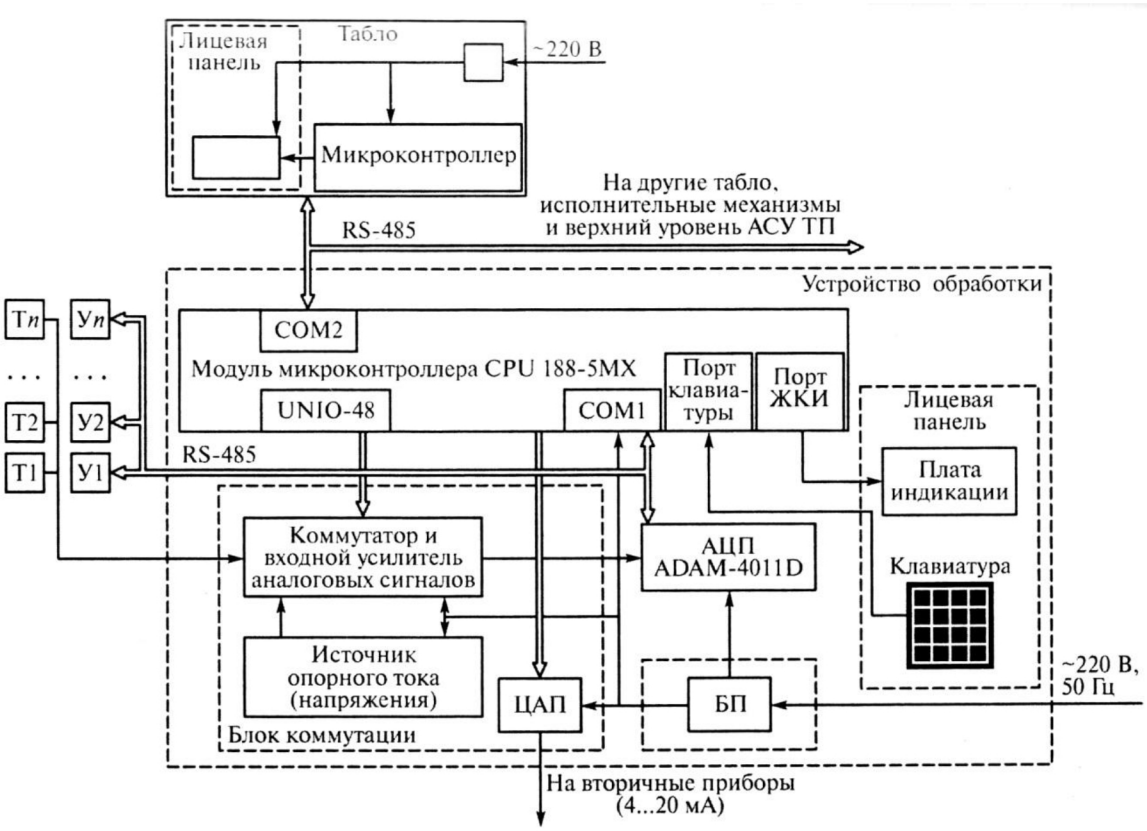


Рисунок 3.4 - Структурная схема ИВКТ-7685

Т — датчик температуры; У — датчик уровня; АЦП — аналого-цифровой прео разователь, ЦАП - цифро-аналоговый преобразователь; БП - блок питания; ЖКИ - жидкокристаллически и инд IINIO-48 - универсальный порт дискретного ввода-вывода (48 каналов)

ИВК работает следующим образом. При включении питания прибор автоматически производит самотестирование для определения работоспособности. При обнаружении внутренней неисправности прибор прекращает работу. По завершении теста определяется наличие подключенных датчиков, установленных на технологических емкостях (баках, резервуарах), состояние датчиков записывается в ОЗУ. Далее определяется первый по списку резервуар и происходит обработка информации, полученной с датчиков уровня и термопреобразователей сопротивления. Вычисляются объем заполнения (согласно конфигурации бака), температура (согласно номинальным статистическим характеристикам, рассчитанным по ГОСТ 6651—84) и записываются в ОЗУ прибора. Параллельно информация передается в компьютер верхнего уровня и на выносное табло. Кроме этого, при достижении установленного порога (он задается с клавиатуры) срабатывает устройство сигнализации (звуковое, световое), после чего происходит определение номера текущего резервуара и опрос клавиатуры. Если была нажата клавиша, происходит обработка, то есть изменение установленных параметров и возвращение в основной текст программы. Если клавиша не нажата, то опрашиваются датчики следующего резервуара, то есть программа работает в цикле. Блок-схема алгоритма работы ИВК приведена на рисунке 3.5

Аналоговые сигналы с термопреобразователей сопротивлений типа ТСМ-50 через коммутатор поступают на вход АЦП ADAM-4011 D (фирма Advantech) и по интерфейсу RS-485 передаются в цифровом виде на модуль микроконтроллера, где происходит определение температуры технологической жидкости в резервуаре по заложенной номинальной статистической характеристике ТСМ-50 (ГОСТ 6651—84) с дальнейшей

передачей полученных данных на табло и в компьютер более высокого уровня. Источник опорного тока (напряжения) формирует измерительные токи для ТСМ-50 и опорные напряжения для проведения автоматической калибровки аналоговых каналов.

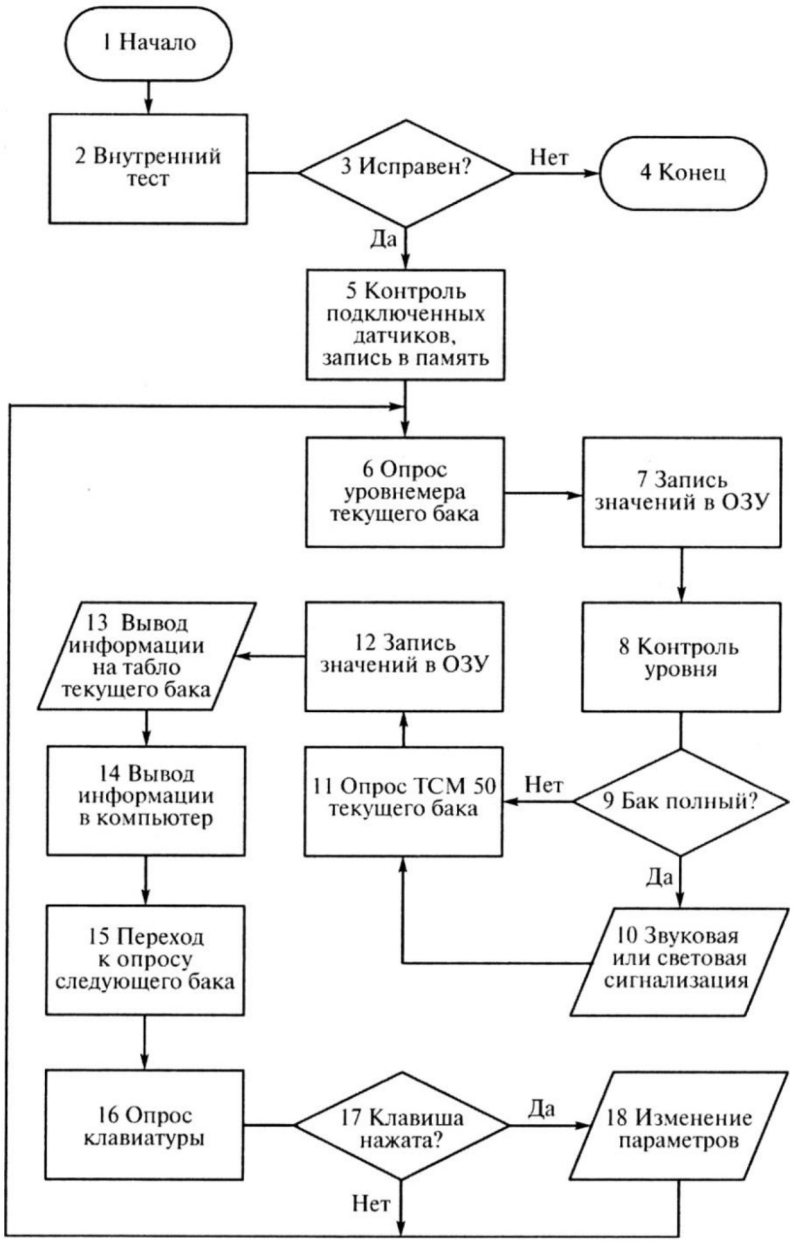


Рисунок 3.5 - Блок-схема алгоритма работы ИВК

Опрос уровнемеров и получение информации от них происходит по интерфейсу RS-485 в цифровом виде. Модуль микроконтроллера CPU 188-5MX производит вычисление объема по полученным данным и также передает информацию на табло и компьютер более высокого уровня.

Клавиатура служит для ввода основных параметров, определяющих рабочие диапазоны прибора (размеры резервуара, диапазон измерения температуры, коэффициент для компенсации изменений расстояния от уровнемера до поверхности жидкости).

Плата индикации используется оператором для контроля изменений параметров прибора, так как данная информация на табло не отображается. Кроме того, на плате индикации с помощью клавиатуры можно просмотреть текущие значения параметров любой технологической емкости.

Прибор аналогично работает по остальным каналам и отслеживает все изменения и в других резервуарах.

Для работы специализированного ИВК с датчиками через шину FieldBas предусмотрен вариант исполнения комплекса с возможностью подключения интеллектуальных интерфейсных плат фирмы Hilscher, обеспечивающих доступ к различным промышленным сетям. В этом случае платы ИВК и интерфейсные платы размещаются в монтажном каркасе с 8-разрядной шиной ISA.

Кроме того, комплекс допускает подключение датчиков и исполнительных устройств через AS-интерфейсы и шлюзы фирмы Pepperl+Fuchs, что расширяет коммутационные возможности ИВК и номенклатуру допустимых устройств нижнего уровня.

Обеспечение точности измерений. Для обеспечения точности измерений в алгоритме работы специализированного комплекса ИВКТ-7685 предусмотрена возможность автоматической калибровки аналоговых каналов с целью компенсации погрешностей и устранения дрейфа коэффициента усиления и смешения нулевого уровня входного усилителя аналоговых сигналов, входящего в состав блока коммутации.

Процесс автоматической калибровки входного усилителя осуществляется по следующему алгоритму. Через коммутатор аналоговых сигналов к нему подключаются два источника опорных напряжений, параметры которых U_1 и U_2 известны. Источники опорных напряжений реализованы на микросхеме REF 195.

Величина выходных напряжений входного усилителя при подключении первого и второго источника опорных напряжений соответственно составит:

$$Ua_1 = U_0 + kU_1,$$

$$Ua_2 = U_0 + kU_2.$$

где Ua_1 — величина выходного напряжения входного усилителя при подключении к нему источника опорного напряжения, *В,*

U_{a2} — величина выходного напряжения входного усилителя при подключении к нему второго источника опорного напряжения, *В*;

U_0 — величина смещения нулевого уровня входного усилителя на его выходе, *В,*

к — коэффициент усиления;

U_1 — величина напряжения первого источника опорного напряжения, *В;*

U_2 — величина напряжения второго источника опорного напряжения, *В.*

Решая полученную систему линейных уравнений относительно коэффициента усиления и величины смещения нулевого уровня входного усилителя на его выходе, получим:

$$k = (Ua_1 - Ua_2)/(U_1 - U_2),$$

$$U_0 = [Ua_1 + Ua_2 - k(U_1 + U_2)]/2$$

Следовательно, исходя из замеренного на выходе входного усилителя параметра напряжения U_a, можно расчетным путем определить неизвестную величину входного напряжения *U:*

$$U_e = (U_a - U_0)/k.$$

Таким образом, путем автоматической калибровки входного усилителя исключаются погрешности, возникающие из-за дрейфа коэффициента усиления и смещения нулевого уровня входного усилителя.

Заключение. В ОАО «Казчерметавтоматика» работа над специализированным измерительно-вычислительным комплексом для контроля температуры и уровня реагентов в технологических емкостях цеха редких металлов успешно завершена проведением государственных приемочных испытаний с получением сертификационных документов в полном объеме. Осуществлена работа по монтажу, наладке и внедрению в опытно-промышленную эксплуатацию автоматизированной системы мониторинга и управления технологическими процессами в резервуарах с реагентами цеха редких металлов Дочернего государственного предприятия (ДГП) «Жезказганредмет».

Это внедрение позволило:

- повысить точность измерения уровня реагентов в резервуарах, снизив погрешность с ±10 мм (ручной способ с использованием мерной штанги) до ±1 мм, благодаря чему удалось стабилизировать параметры технологических процессов и увеличить выход конечной продукции;
- устранить необходимость ручного труда при измерении уровня реагентов в резервуарах;
- улучшить условия труда (снизить загазованность рабочих мест из-за отказа от измерений вручную и связанных с этим открываний специальных люков резервуаров, обеспечить возможность дистанционного контроля и управления, повысить безопасность труда и др.).

4 Автоматизированные технологические комплексы прокатного производства (информация для второй группы автоматизированных систем: прокатное производство)

4.1 Характеристика технологических комплексов

В настоящем учебно-методическом указании рассматривается основной класс технологических процессов в металлургической отрасли – прокатное производство, связанное с обработкой металлов давлением. В этом производстве наиболее широко используются системы автоматизированного электропривода.

Прокатные цехи играют главную роль при завершении технологической обработки металлов в металлургической отрасли. В состав прокатного цеха входят: прокатный стан, механизмы для подготовки металла к прокатке, обработки готовой продукции, различные вспомогательные службы. Прокатный стан – комплекс механизмов, объединенных одной технологической линией. В прокатном стане имеются главные механизмы – рабочие валки прокатной клети и другие вспомогательные механизмы, обеспечивающие непрерывность технологического процесса. Главные механизмы, предназначенные для обработки металла в одной или нескольких клетях прокатного стана, обеспечивают обжатие заготовки и придают ей требуемое сечение и форму готовой продукции за счет автоматизированных электроприводов.

Под электроприводом понимается «электромеханическая система», состоящая в общем случае из взаимодействующих преобразователей, управляющих и информационных устройств и устройств сопряжения с внешними управляющими и информационными системами, предназначенные для приведения в движение исполнительных механизмов рабочей машины (прокатная клеть) и управление этим движением.

Принимая во внимание, что основными средствами управления в электроприводах являются программируемые микроконтроллеры и (или) промышленные компьютеры, уместно определить современный автоматизированный электропривод как компьютеризированный. Это определение подходит для интегрированных систем многодвигательных электроприводов, объединяемых с компьютерными средствами автоматизации и разветвленными информационными сетями в составе автоматизированных технологических комплексов.

Автоматизация современных технологических процессов прокатки сопровождается применением большого числа электромеханических, гидравлических и пневматических систем (последние две системы для вспомогательных механизмов), с помощью которых решаются задачи повышения качества продукции и эффективности технологического оборудования.

Определим основные общетехнические понятия, используемые в учебном пособии:

- прокатное производство - комплекс агрегатов и машин, используемый для деформации металла прокаткой, а также для его обработки до и после прокатки;
- прокатная клеть - рабочая машина, выполняющая обработку металла сдавливанием его вращающимися валками, в результате заготовка вытягивается и уменьшается в поперечном сечении;
- технологический агрегат - устройство, обеспечивающее нагрев заготовок, их транспортировку к месту прокатки и от него;
- технологический комплекс - совокупность рабочих машин и технологических агрегатов, составляющих одно целое при выполнении технологического процесса. Прокатный стан является технологическим комплексом.

- рольганг - механизмы, предназначенные для транспортирования металла вращающимися роликами.

Многие машины, агрегаты и механизмы имеют специфичное название с учетом отраслевого применения. Однако при сохранении сложившейся терминологии основные акценты в учебном пособии делаются на функциональные особенности оборудования в технологическом процессе и функции управления приводами, механизмами, агрегатами и комплексами.

Одним из основных технологических процессов в металлургической промышленности является прокатное производство, связанное с обработкой металла давлением. В этом производстве наиболее широко используются системы автоматизированного электропривода. Прокатные цехи играют главную роль при завершении технологической обработки металла в металлургической отрасли. В состав прокатного цеха входят: прокатный стан, механизмы для подготовки металла к прокатке, обработки готовой продукции, различные вспомогательные службы.

Прокатный стан — комплекс, состоящий из большого количества механизмов, объединенных одной технологической линией. В нем имеются главные исполнительные механизмы — рабочие валки прокатной клети и вспомогательные механизмы, обеспечивающие непрерывность технологического процесса. Главные механизмы, предназначенные для обработки металла в одной или нескольких клетях прокатного стана, обеспечивают обжатие металла и придают ему требуемое сечение и форму готовой продукции. Вспомогательные механизмы предназначены для обеспечения вращения рабочих валков, транспортирования и резания металла и других операций, обеспечивающих определенную последовательность технологического процесса прокатки.

Прокатные станы классифицируют по назначению, числу и расположению клетей, числу и расположению валков, режиму работы клетей. По назначению прокатные станы (рисунок 4.1) разделяют на обжимные станы для производства полуфабриката прямоугольного и квадратного сечения (блюминги, слябинги) и заготовительные станы (сортовые, предназначенные для производства сортового металла, балок, полос и т.д.; балочные, средне- и мелкосортовые, проволочные и штрипсовые; толсто- и тонколистовые горячей прокатки, предназначенные для получения листового материала; листовые станы холодной прокатки, предназначенные для производства тонкого и сверхтонкого листа с высоким качеством поверхности; трубопрокатные; специальные, предназначенные для прокатки сложных профилей, круглых и коротких тел вращении, профилей с винтовой поверхностью и др.

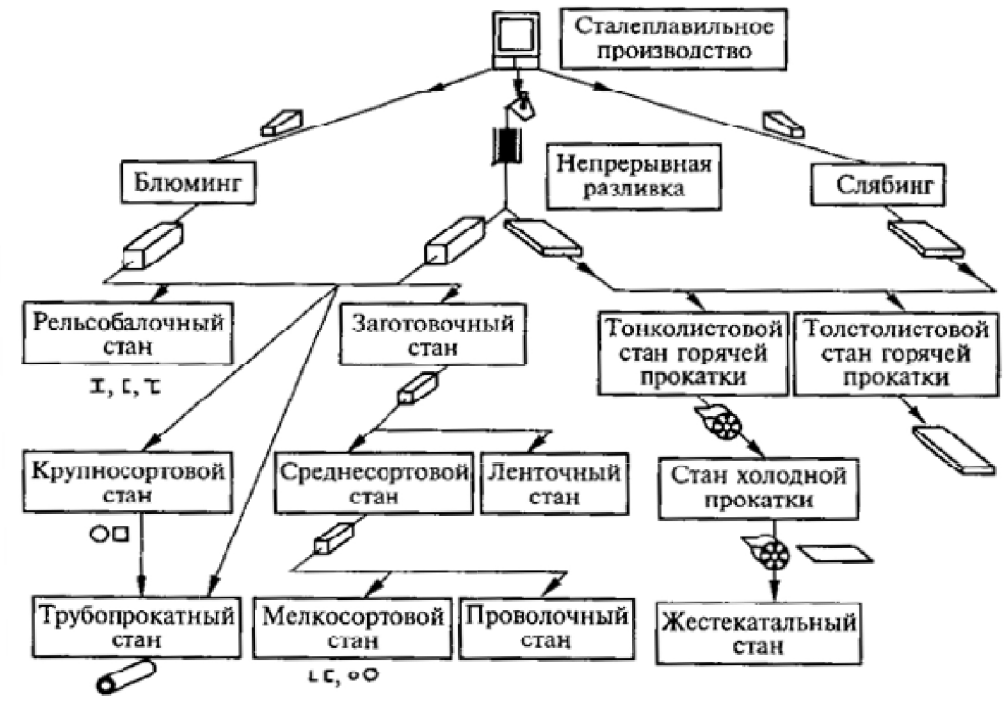


Рисунок 4.1 - Основная классификация прокатных станов

Последовательные станы состоят из нескольких клетей, расположенных последовательно (рисунок 4.2б), а прокатка металла в каждой из клетей происходит отдельно. Каждая клеть имеет двигатель для вращения рабочих валков. Линейные станы состоят из нескольких клетей, валки которых вращаются от одного электродвигателя (рисунок 4.2в). Направление прокатки в линейно-расположенных клетях меняется. Непрерывные станы (рисунок 4.2 г) состоят из группы клетей, расположенных последовательно, имеющих в своем составе ряд клетей, в которых прокатываемый металл находится одновременно в двух или нескольких клетях и направление прокатки не изменяется.

Полунепрерывные станы имеют в своем составе непрерывную группу клетей и реверсивную клеть (рисунок 4.2д) или линейную группу (рисунок 4.2е). Прокатываемый металл меняет направление прокатки. Зигзагообразные и шахматные станы (рисунок 4.2 ж и з) служат для более компактного расположения клетей в цехе. Длина прокатываемого металла обычно меньше расстояния между клетями.

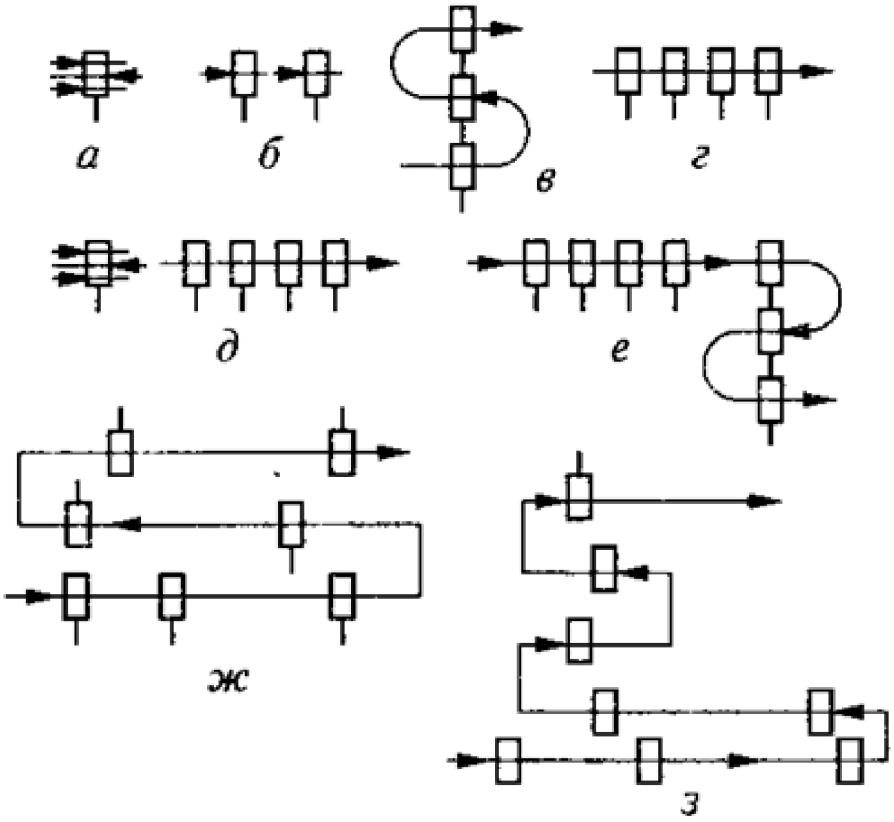


Рисунок 4.2 - Классификация прокатных станов по расположению рабочих клетей

В таблицах 4.1 и 4.2 приведены сводные данные для различных станов по наиболее характерным классификационным признакам прокатного производства. Кроме основной операции — прокатки металла — на прокатном стане производится ряд вспомогательных операций: перемещение металла в продольном и поперечном направлениях относительно линии стана, подача металла к валкам, кантовка и резание металла, регулировка положения прокатных валков и т.д. Эти операции осуществляются с помощью различных механизмов стана, называющихся вспомогательными.

По назначению вспомогательные механизмы прокатных станов разделяются на ряд групп: транспортные механизмы — механизмы перемещения и изменения положения металла (слитковозы, рольганги, манипуляторы, кантователи, поворотные и подъемно-качающиеся столы, шлепперы, упоры, толкатели и т.д.); установочные механизмы (нажимные устройства для установки верхнего валка, реже верхнего и нижнего валков одновременно, устройства перевалки валков, перемещения клетей и т.д.); механизмы резания металла (ножницы поперечного и продольного резания, пилы и т.д.); механизмы для сматывания и разматывания металла (моталки, разматыватели).

В зависимости от режима работы различают: вспомогательные механизмы с режимом продолжительной нагрузки (некоторые рольганги, дисковые ножницы, правильные механизмы); механизмы с режимом кратковременной нагрузки (нажимные устройства сортовых и листовых непрерывных станов, механизмы перевалки валков, некоторые толкатели и упоры); механизмы с режимом повторно-кратковременной нагрузки (приемные и рабочие рольганги, манипуляторы, кантователи, нажимные устройства, ножницы обжимных станов и т.д.).

Различают вспомогательные механизмы без регулирования скорости (приемные, подводящие, отводящие и некоторые транспортные рольганги, кантователи, пилы, толкатели, упоры и т.д.) и механизмы с регулированием скорости (слитковозы, рабочие и

некоторые транспортные рольганги, нажимные устройства, манипуляторы, кантователи, ножницы и т.д.).

Для привода механизмов, работающих в режиме продолжительной нагрузки, применяют наиболее дешевые и удобные в эксплуатации асинхронные двигатели (АД) с короткозамкнутым ротором. Механизмы, работающие в режимах длительной или повторно-кратковременной нагрузки и требующие регулирования скорости, приводятся от АД или двигателей постоянного тока (ДПТ). Однако в случае, когда производится согласованное регулирование скорости ряда двигателей, например двигателей индивидуального привода роликов транспортного рольганга, применяют короткозамкнутые двигатели с питанием от общего преобразователя частоты. Для механизмов, работающих в режиме повторно-кратковременной нагрузки и не требующих регулирования скорости, выбор типа двигателя определяется числом включений в 1 ч привода механизма. При числе включений не более 150...200 в 1 ч применяются короткозамкнутые АД, при числе включений 500...700 в 1 ч используются АД с фазным ротором, а при числе включений до 1000... 1200 в 1 ч применяют ДПТ.

Таблица 4.1

Станы	Размеры рабочих валков		Количество клетей	Типы по расположению клетей
	Диаметр,мм	Длина, мм		
Обжимные:				
блюминг	800…1500	2000…3000	1…2	Одноклетьевые, последовательные
слябинг	1100…1150	2000…3000	1	Одноклетьевые
Заготовочные	450…900	-	До 10…14	Линейные, непрерывные, полунепрерывные
Сортовые:				
рельсобалочные	750…900	-	3…8	Последовательные
крупносортовые	600…800	-	До 8	Зигзагообразные, линейные
среднесортовые	350…550	-	До 18	Полунепрерывные
мелкосортовые	250…350	-	До 27	Полунепрерывные, непрерывные
проволочные	250…350	-	20…42	Непрерывные
Листовые горячей прокатки: толстолистовые	-	2000…5500	1…6	Последовательные, непрерывные
тонколистовые	500…1000	800…3600	1...14	Полунепрерывные, непрерывные
Листовые холодной прокатки: реверсивные	2…150	-	1	Одноклетьевые
непрерывные	-	До 2200	2…6	Непрерывные

Таблица 4.2

Скорость прокатки,м/с	Масса исходной заготовки, т	Готовая продукция	Тип привода
4.. .6	До 15	Квадратная и близкая к ней заготовка (блюм) размером 400 х 400. ..350 х 350 мм	Реверсивный

4…6	До 45	Прямоугольная заготовка (сляб) размером (250…300) х х (2000…2200) мм	»
3…7	6…11	Заготовки квадратного сечения 50 х 50…240 х 240 мм и прямоугольного сечения (50…100) х х (50…400) мм	Реверсивный или нереверсивный
До 9	До 20	Рельсы, балки высотой 150. ..750 мм	Нереверсивный
До 10	4…20	Квадратные и круглыезаготовки размером до 200 мм; уголки 8…16	»
8…15	-	То же, до 80 мм; уголки 4…12	»
15…20	-	То же, до 40 мм; уголки до 6	»
20…50	-	Круглый профиль размерами до 29; 5…12 мм	»
4…5	20…30	Лист толщиной 4…50 мм	Реверсивный или нереверсивный
10…18	1,5…27	Лист толщиной 1,5…13, шириной 500…2500 мм	То же
		Лист толщиной 0,0015…1 мм	Реверсивный
До 37	60	То же, 0,15…2 мм	Реверсивный или нереверсивный

Непрерывные станы горячей прокатки.

Наиболее прогрессивной формой прокатки с точки зрения увеличения производительности стана и получения высокого качества проката является непрерывная прокатка металла, при которой прокатываемая заготовка одновременно находится в двух или более клетях, образуя непрерывную группу клетей (см. рисунок 4.2 г). Наличие непрерывной группы, входящей в состав полунепрерывных и непрерывных станов различного назначения и состоящей из большого количества клетей, позволяет вести прокатку в одном направлении, когда в каждой из клетей заготовка обжимается только один раз.

Основными особенностями непрерывного процесса являются одновременное нахождение металла в нескольких клетях и ударное приложение нагрузки, связанное с захватом металла валками на полной рабочей скорости. В современных быстроходных широкополосных станах захват происходит на промежуточной скорости 10... 12 м/с и затем металл разгоняют до скорости 18...21 м/с.

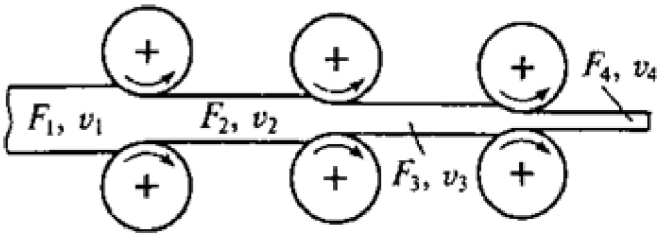


Рисунок 4.3 - Постоянство секундного объема металла по клетям

Основным условием непрерывной прокатки является постоянство секундного объема металла по клетям (рисунок 4.3) в установившихся и переходных процессах, т.е. $F_1v_1=F_2v_2=...=F_nv_n$ =const, где $F_1,...,F_n$и $V_1,...,V_n$ — соответственно сечение металла и линейная скорость движения металла перед входом в соответствующую клеть.

В зависимости от соотношения угловых скоростей валков смежных клетей возможны три режима прокатки: свободная прокатка, когда $V_2/V_1=\mu$; прокатка с натяжением металла, когда$V_2/V_1 > \mu$; прокатка со сжатием металла (для тонких профилей с образованием петли), когда $V_2/V_1<\mu$где $\mu=F_1/F_2$ -коэффициент вытяжки. Между линейной скоростью движения металла и угловой скоростью валков имеется связь. Тогда запишем, что $V_2/V_1=\omega_2/\omega_1=\mu(1+S_1)/(1+S_2)$, ГДЕ ω_1 и ω_2 – угловые скорости валков;S_1 иS_2 – ОПЕРЕЖЕНИЕ МЕТАЛЛА.

Наиболее предпочтительной является свободная прокатка, обеспечивающая наилучшее заполнение калибра металлом и образующая точный требуемый профиль проката. Однако такой вид прокатки неустойчив, и его трудно длительно поддерживать.

Прокатка с натяжением приводит к вытяжке металла, поэтому необходимо иметь по возможности минимальное и постоянное значение натяжения для получения минимальной разницы толщины металла по длине.

Прокатка со сжатием (подпором) характерна для толстых заготовок в заготовочных, крупносортовых станах, черновых группах мелкосортовых станов. При этом режиме прокатки в случае сильного сжатия может произойти поломка валков.

Прокатка с петлей характерна для мелкосортовых и проволочных станов, обеспечивает хорошее заполнение калибров в клетях. При большой длине заготовки петля может оказаться чрезмерно большой, поэтому существуют специальные регуляторы.

Основное условие непрерывной прокатки — поддержание постоянства секундного объема металла — должно соблюдаться как в установившихся, так и в переходных процессах. Переходные процессы связаны с ударным приложением нагрузки, поэтому необходимо предъявлять определенные требования к характеру переходного процесса для соблюдения качественного технологического режима. На рисунке 4.4 показаны графики переходного процесса и двух смежных клетях после захвата металла валками.

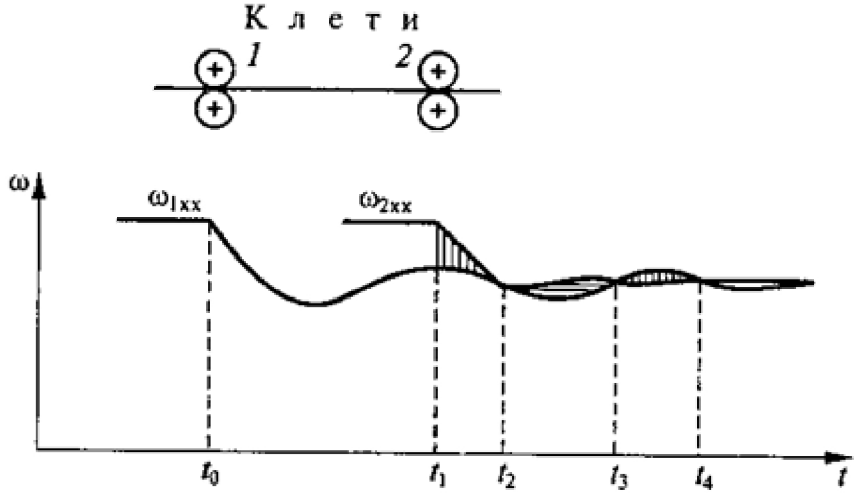


Рисунок 4.4 - Графики переходного процесса в двух смежных клетях

В периоды времени $t_1.....t_2$и$t_3.....t_4$ возможно растяжение металла, в периоды $t_2.....t_3$и$t_4.....t_5$ — сжатие металла. Очевидно, что в процессе работы необходимо свести эти усилия к минимальным значениям, поэтому переходный процесс должен быть минимален по времени и перерегулированию.

Непрерывные группы клетей входят в состав заготовочных, сортовых, проволочных, листовых станов горячей и холодной прокатки и некоторых других.

Заготовочные станы выполняют непрерывного типа с чередующимися рабочими клетями, горизонтальными и вертикальными валками и индивидуальными главными приводами, разделенными на две непрерывные группы и реже на три группы с общим количеством клетей от 10 до 14. Схема расположения клетей непрерывного заготовочного стана 900/700/500 показана на рисунке 4.5, где *1* — обжимная группа; *2* — черновая группа; *3* — чистовая группа; *4* — вертикальные валки; 5 — горизонтальные валки.

В черновой группе диаметр валков 700... 850 мм, а в чистовой — 500... 600 мм. Выходная скорость — до 7 м/с с прокаткой в режиме натяжения. Диапазон регулирования скорости *Д*= 3 : 1.

Широкополосные станы горячей прокатки выполняют из двух групп: черновой — 4 или 5 клетей, расположенных последовательно, и чистовой — 6 или 7 клетей в непрерывном исполнении. Широкополосные станы имеют длину бочки валка 1000... 2500 мм, диаметр рабочих валков чистовой группы 500... 600 мм при скорости прокатки на выходе из последней клети 10...20 м/с и диапазоне регулирования скорости *Д*= 2 : 1.

Рисунок 4.5 Непрерывный заготовительный стан 900/700/500

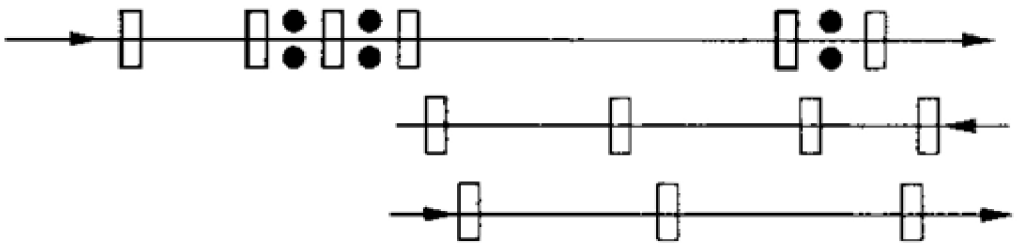


Рисунок 4.6 - Крупносортовой стан полунепрерывного типа

Из-за отсутствия калибра в листовых станах и для обеспечения устойчивости полосы в валках необходимо вести прокатку с натяжением. Для фиксации уровня натяжения между клетями устанавливают петлерегуляторы, создающие силовую петлю в металле. По уровню отклонения петлерегулятора фиксируется натяжение. Сортовые станы непрерывного действия можно подразделить на крупно-, средне- и мелкосортовые.

Крупносортовые станы строят в основном полунепрерывного типа (рисунок 4.6). Рабочие клети выполняют с горизонтальными и вертикальными валками, расположенными в несколько линий. Скорость прокатки — до 10 м/с, диаметр рабочих валков 600…900 мм, диапазон регулирования обычно *Д = 2 : 1*.

Средне- и мелкосортовые станы непрерывного действия могут выполняться в одну (рисунок 4.7, где *1* — черновая группа; 2— промежуточная группа; *3* — чистовая группа) и в несколько нитей, т.е. когда в одной клети одновременно может находиться несколько заготовок. Эти станы состоят из 8...27 рабочих клетей с горизонтальными и вертикальными валками. Выходная скорость прокатки 15...35 м/с, диапазон регулирования *Д = 6 : 1*.

Проволочные непрерывные станы выполняют с четырехниточной прокаткой в черновой группе клетей и с двухниточной прокаткой в чистовых клетях (рисунок 4.8, где *1* — черновая группа; *2* — первая промежуточная группа; *3* — вторая промежуточная группа; *4* — чистовая группа). Между группами клетей обычно устанавливают петлевые ямы с петлерегуляторами. Количество клетей в этих станах составляет до 40. Выходная скорость прокатки 25 ...40 м/с, требуемый диапазон скоростей *Д* = 4:1.

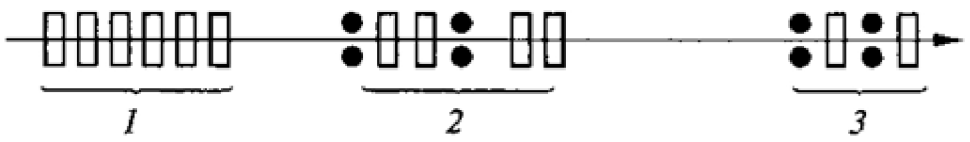


Рисунок 4.7 - Средне-и мелкосортовые станы непрерывного действия

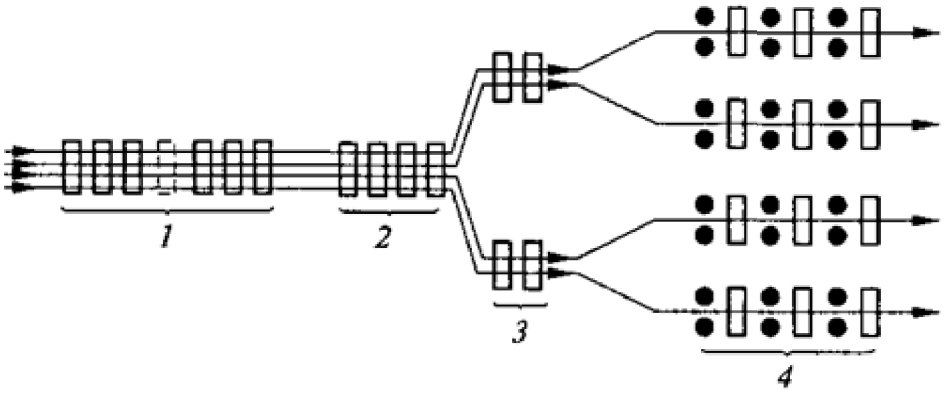


Рисунок 4.8 - Проволочный непрерывный стан

Электропривод непрерывных станов должен удовлетворять требованиям отработки ударного приложения нагрузки в процессе захвата металла и ведения прокатки с соблюдением постоянства секундного объема металла, обеспечения требуемого диапазона, раздельного и совместного управления клетями непрерывной группы.

Статические характеристики должны обеспечивать изменение скорости при действии нагрузки от 2 до 0,1%. Меньшие значения относятся к более быстроходным станам. Динамическое изменение скорости не должно превышать 0,5....3%. Диапазон регулирования в зависимости от типа стана (2:1)...(6:1).

На широкополосном стане горячей прокатки осуществляется прокатка листовой стали толщиной 1,5... 10 мм, шириной до 2000 мм при скоростях 15...20 м/с на выходе из чистовой группы.

Непрерывные станы холодной прокатки.

Прокатка тонкой стальной полосы толщиной менее 1 мм возможна только при холодной обработке металла, поскольку тонкая лента в горячем состоянии обладает малой прочностью. Кроме того, окалина, образующаяся в процессе нагревания металла в печах, соизмерима по толщине с полосой, что не позволяет вести устойчивую прокатку с получением высокого качества поверхности и структуры металла.

Станы холодной прокатки подразделяются на непрерывные (многоклетьевые) (рисунок 4.9, а) и реверсивные (одноклетьевые) (рисунок 4.9, б). Кроме клетей, где происходит обжатие металла, в состав стана входят разматыватель 7 и моталка 2, которые обеспечивают смотку и намотку металла с постоянным натяжением.

Непрерывные станы изготовляют трех-, четырех- и пятиклетьевыми. Трех- и четырехклетьевые станы обычно предназначены для прокатки твердых сталей (трансформаторных, автомобильных и др.), а пятиклетьевые — для прокатки мягких сталей (жести, кровельного железа и др.). Клети непрерывных станов выполняют четырехвалковыми. Они предназначены для получения полосы толщиной 0,25...0,2 мм со скоростями прокатки 20...45 м/с.

Реверсивные станы предназначены для прокатки небольших партий листов, скорость прокатки у которых составляет до 15 м/с. Реверсивные станы широко распространены для прокатки тонких и сверхтонких полос толщиной от 0,2 мм до 1 ...2 мкм с высокой

степенью точности по толщине. Для получения точной прокатки тонких полос необходимо снижать диаметр рабочего валка, так как требуется соблюдать условие Др = (1000...2000)h, где Др — диаметр рабочего валка; h — толщина полосы.

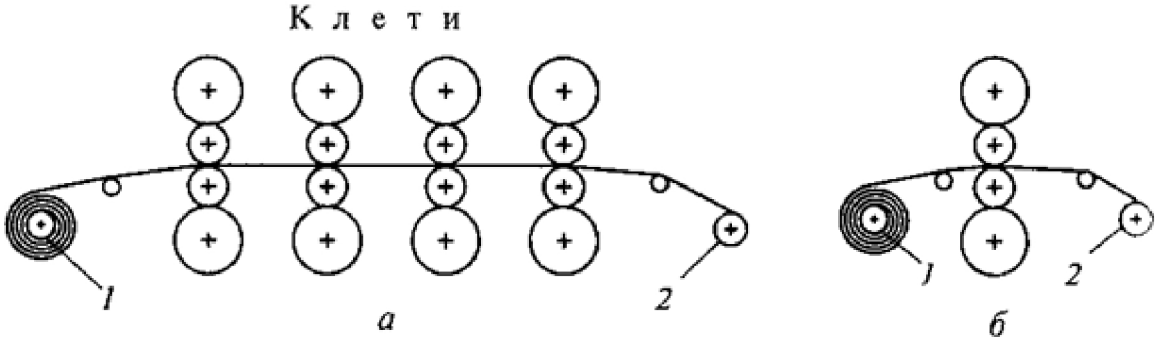


Рисунок 4.9 Станы холодной прокатки

В связи с этим для прокатки тонких и сверхтонких полос нужен очень малый диаметр рабочего валка при большой длине. Это приводит к снижению жесткости валка. Следовательно, даже при наличии двух опорных валков очень трудно обеспечить высококачественную прокатку металла. По этой причине станы холодной прокатки, предназначенные для прокатки тонких полос, выполняют 6-, 12- и 20-валковыми. При прокатке полос в клетях, имеющих диаметр рабочего валка меньше 350...400 мм, в качестве приводных валков используют опорные валки, что упрощает конструкцию прокатной клети.

При рассмотрении процесса прокатки следует выделить из всего комплекса оборудования прокатного стана намоточные и разматывающие устройства, расположенные на входной и выходной сторонах стана. Их основное назначение — стабилизация натяжения полосы при смотке и намотке в рулон. От натяжения зависят толщина и качество поверхности прокатываемой полосы, качество намотки и количество обрывов. Обычно натяжение достигает 70% предела текучести прокатываемого металла, что требует создания электроприводов намоточных устройств, имеющих мощность двигателя до 70...80% мощности главного привода клети.

Технологический режим на станах холодной прокатки состоит из следующих основных этапов: заправка полосы с разматывателя в рабочую клеть (или клети для непрерывных станов) и моталку; установление заданного натяжения металла; одновременный разгон двигателей клетей, разматывателя и моталки; работа на установившейся скорости прокатываемой полосы; торможение двигателей. В процессе работы качество прокатываемой полосы во многом определяется постоянством натяжения металла, поэтому в процессе работы целесообразно снижать время переходных процессов двигателя рабочей клети и обеспечивать такой принцип управления скоростью моталки, чтобы в период намотки (или размотки) скорость двигателя намоточных устройств изменялась в зависимости от радиусов рулонов.

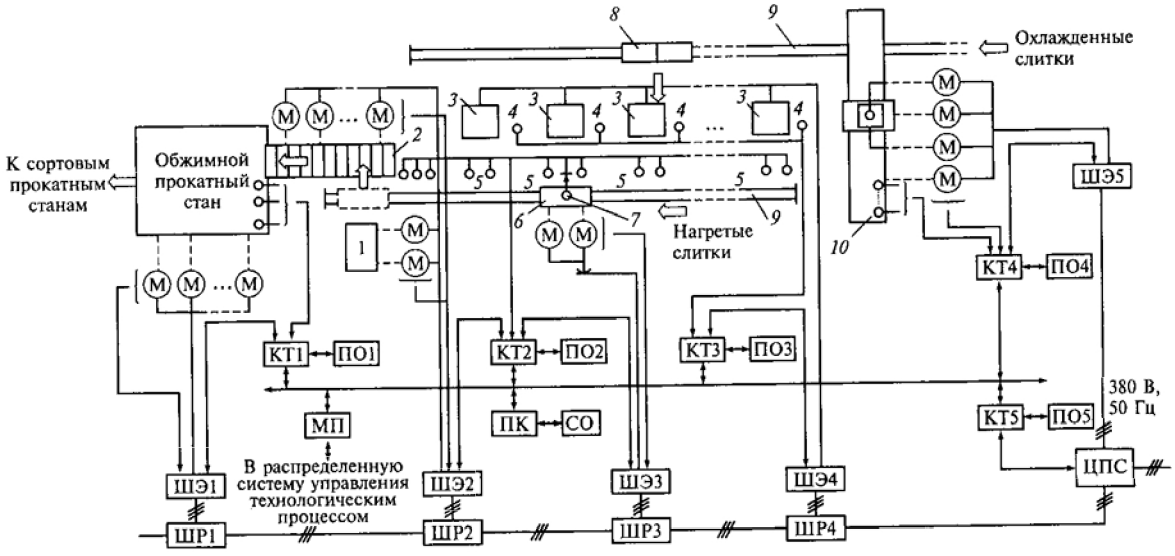
4.2 Система автоматизации транспортно-технологического комплекса подготовки и подачи слитков к обжимному прокатному стану

Транспортно-технологический комплекс обеспечивает подачу нагретых слитков к приемному рольгангу обжимного прокатного стана. На рисунке 4.10 показан один из вариантов схемы системы управления комплексом. Охлажденные слитки подаются с помощью электровоза 8 в зону нагревательных колодцев 3 (нагревательный пролет) и перегружаются в колодцы мостовым краном 10 с клещевым захватом. Слитки с помощью индукционного нагревания нагреваются до температуры пластичных деформаций. После завершения нагревания слитки загружаются тем же краном в слитковоз 6 (слитковоз

представляет собой тележку с установленным на ней оборудованием) и доставляются к приемному рольгангу 2. Перегрузка нагретых слитков со слитковоза на рольганг осуществляется манипулятором (сталкивателем) /. Движение транспорта (6 и 8) осуществляется по рельсовому пути 9 стандартной ширины 1540 мм. На рисунке 4.10 приняты следующие обозначения: ЦПС — цеховая подстанция; ШР — шкаф распределительный, ШЭ — шкафы электрооборудования; 4 — датчики температуры; 5 — путевые датчики; 7 — датчик давления, фиксирующий загрузку слитковоза.

В шкафах электрооборудования находятся комплектные электроприводы, комплектные устройства питания и управления нагревательными колодцами. В зависимости от требуемой производительности комплекса применяют возвратно-поступательные или кольцевые (эллиптические) системы слиткоподачи. Во втором случае используются 3... 5 слитковозов. Схемотехнический план нагревательных пролетов с пятью колодцами для двух систем слиткоподачи приведен на рисунке 4.11а,б, где 1 — манипулятор (сталкиватель); 2 — приемный рольганг; 3 — слитковоз; 4 — пост оператора; 5 — нагревательные колодцы; 6 — рельсовый путь; 7 — источник электропитания слитковоза; l0 — общая длина подъездных путей слитковоза; 11 — расстояние до приемного конца рольганга.

Система управления может работать в ручном, полуавтоматическом и автоматическом режимах. В ручном режиме происходит обслуживание каждого колодца с участием оператора. В полуавтоматическом режиме оператор задает число и последовательность разгружаемых колодцев, и система реализует это задание. Далее следует новое задание. В автоматическом режиме оператор дает только начальную команду запуска системы, происходит непрерывное обслуживание колодцев с учетом их готовности после загрузки охлажденных слитков. В исходном положении слитковоз находится у приемного рольганга.



Рисунке 4.10 - Схема системы управления транспортно-технологическим комплексом

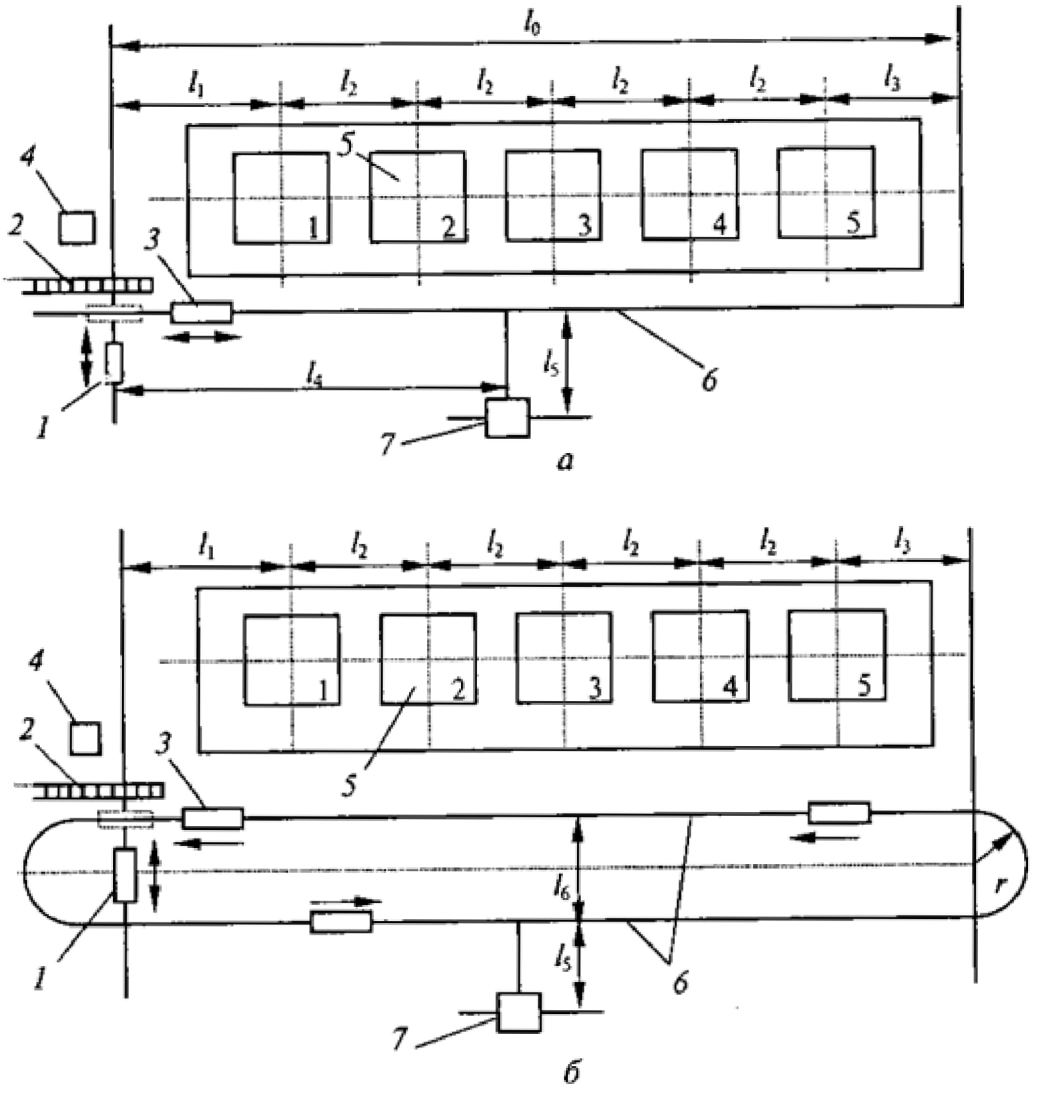
Цикл обслуживания одного колодца состоит из следующих операций:

- автоматический пуск слитковоза с разгоном до максимальной скорости, движение с этой скоростью до путевых датчиков, обеспечивающих снижение скорости до «ползучей», движение на «ползучей» скорости до путевых датчиков, обеспечивающих остановку на оси заданной группы колодцев;
- погрузка слитка на слитковоз мостовым краном;

- автоматический пуск загруженного слитковоза с разгоном до максимальной скорости, движение слитковоза с этой скоростью, замедление по сигналу путевого датчика до средней скорости и движение с ней, снижение скорости до уровня «ползучей» по сигналу следующего путевого датчика и движение с этой скоростью до путевого датчика, обеспечивающего точную остановку у рольганга;
- обеспечение необходимой паузы для перегрузки слитка на приемный рольганг сталкивателем.

Смещение программы на один шаг производиться автоматически после начала движения слитковоза от печей к рольгангу. Управление механизмами крана (моста, тележки, подъема) выполняется аналогично управлению механизмами слитковоза и режиме возвратно-поступательного движения. Электропривод клещевого захвата выполняется как силомоментный.

Питание к электрическому оборудованию слитковоза подводится через контактные провода. Электропривод перемещения может быть групповым или индивидуальным, т.е. один двигатель может работать на одну ось или на несколько. На валу двигателя жестко крепится шкив электромагнитного тормозного устройства.



Рисунке 4.11 - Схемотехнический план нагревательных пролетов с пятью колодцами для двух систем слиткоподачи

На рисунке 4.12 показаны скоростная $v = F_1(t)$ и нагрузочная $M = F_2(t)$ диаграммы. Время цикла T_u работы слитковоза определяется исходя из максимального числа поездок за слитками. Для возвратно-поступательной системы $T_u = 3600/N_ц$, где $N_ц$ — число поездок за слитками в 1 ч; для кольцевой системы $T_u = 3600N_m / N_ц$, где N_m — число тележек.

Для расчета диаграмм движений слитковоза необходимо знать: число групп нагревательных колодцев, расстояния между ними, расстояния от осей крайних групп до рольганга и до конца прямолинейного участка, максимальную (v_{max}), среднюю ($v_{ср}$) и «ползучую» (v_{min}) скорости движения слитковоза.

Значение допустимого ускорения (замедления) слитковоза при построении скоростной диаграммы определяется по условию отсутствия пробуксовки колес. Максимально возможное (критическое) значение этого ускорения (замедления) $a_{max} = \delta nq/N$, где δ = 0,12...0,15 — коэффициент сцепления (трения) колес с рельсами; q = 9,81 м/с^2 — ускорение свободного падения; n — число ведущих колес; N — общее число колес. Значение допустимого ускорения a = (0,5... 0,8) a_{max}. Для возвратно-поступательной слиткоподачи при движении слитковоза от рольганга расчет выполняют по следующим формулам:

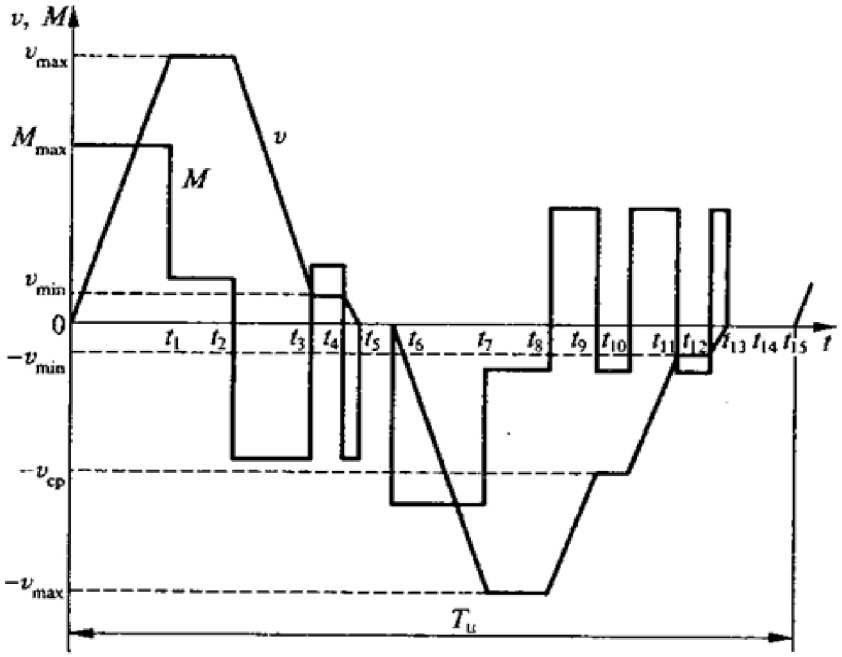


Рисунок 4.12 - Скоростная и нагрузочная диаграммы возвратно-поступательной слиткоподачи

- время разгона $t_{0,1} = v_{max} / a$, пройденный путь $l_{0,1} = 0,5\ v_{max}\ t_{0,1}$;
- время замедления до v_{min} при подходе к печам $t_{2,3} = (v_{max} - v_{min}) / a$, пройденный путь $l_{2,3} = 0,5\ (v_{max} - v_{min})\ t_{2,3}$;
- время торможения до полной остановки $t_{4,5} = v_{min} / a$, пройденный путь $l_{4,5} = 0,5\ v_{min}\ t_{4,5}$
- время движения на «ползучей» скорости $t_{3,4}$ определяется из условия, что пройденный при этом путь l_4 равен примерно 5 % значения $l_{2,3}$;
- время движения на максимальной скорости $t_{1,2} = l_{1,2} / v_{max}$, пройденный путь $l_{1,2} = l_1 - \Sigma (l_{0,1} + l_{2,3} + l_{3,4} + l_{4,5})$, где l_1 – расстояние до определенной группы колодцев;

- время покоя слитковоза $t_{пк}$, включающее в себя время загрузки слитка $t_{5,6,}$ время выгрузки $t_{13,14}$ и время ожидания $t_{14,15,}$ определяют из равенства $t_{пк} = T_u - \Sigma t_{ip}$, где t_{ip} — полное время работы слитковоза.

При движении груженого слитковоза к рольгангу значения ускорений и замедлений принимаются такими же, как и при движении порожнего слитковоза, поэтому по приведенной методике можно рассчитать время замедления при изменении скорости отv_{max} доv_{cp}, от $v_{ср}$ доv_{min}и время движения со средней скоростью, а также пути, пройденные за расчетные промежутки времени. Путь, пройденный при движении с «ползучей» скоростью у рольганга, следует принять равным 5 % значения l_{23}.

В случае кольцевой слиткоподачи расчет проводится аналогично. Отличия состоят лишь в том, что участки закругления пути слитковоз должен проходить на пониженной скорости V_{cp}, и направление движения (знак скорости) порожнего и груженого слитковозов сохраняется неизменным (рисунок 4.13).

Система управления реализована на контроллере фирмы Omron, имеющем следующие основные характеристики: число инструкций — 168 (12 основных и 156 специальных); время выполнения основной инструкции — 0,75...2,25 мкс, специальной — 34...724 мкс; память — 8 кбайт; максимальные токи по цепи напряжением 5В —4,6 А, по цепи напряжением 26 В — 0,6 А; максимальная мощность 20...23 Вт. В состав контроллера также входят следующие модули ввода и вывода:

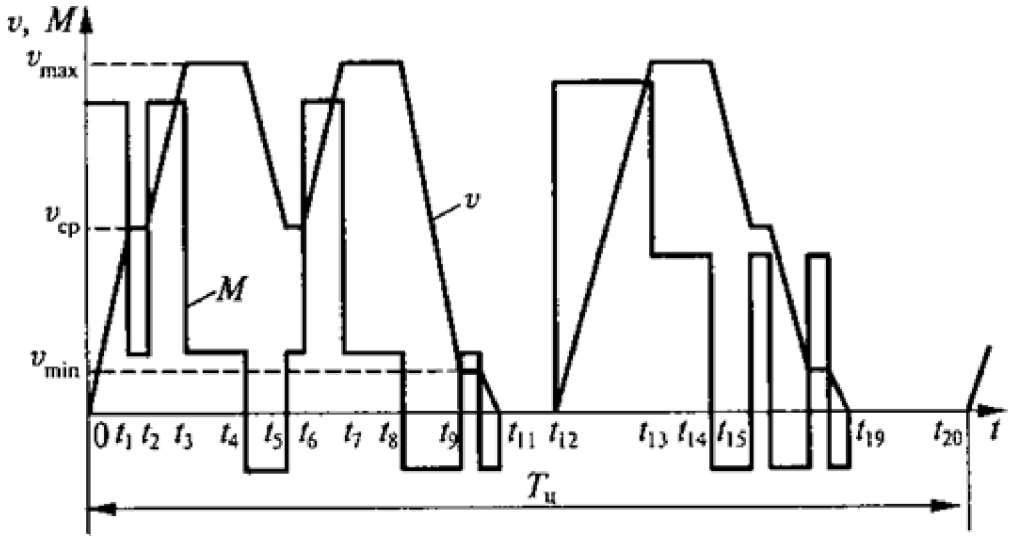


Рисунок 4.13 - Скоростная и нагрузочная диаграммы кольцевой слиткоподачи

- блок дискретных входов, имеющий уровень входного напряжения 24 В; рабочее входное напряжение 20,4...26,4 В и входное сопротивление 3 кОм; входной ток при напряжении 24 В - 7 мА; время ответа (мах) 1,5 мс (при напряжении 24 В и температуре окружающей среды 25 °С); число цепей — 16 входов плюс общий; потребляемый ток (мах) 10 мА (при напряжении 5 В);
- блок аналоговых входов, имеющий входное напряжение: (1...5), (0...10), (-10...10) В; входной ток (4...20)мА разрешение (мах) 1/4000; точность при температуре окружающей среды 25 °С — 0,25 % по напряжению, 0,4 % по току; точность при температуре 55 °С — 0,6 % по напряжению, 0,8 % по току; время преобразования 2,5 мс; максимальное напряжение входного сигнала + 15 В; максимальный ток входного сигнала 24 мА; потребляемая мощность 400 мВт при напряжении питания 5 В;
- блок дискретных выходов, имеющий уровень входного напряжения 24 В; рабочее входное напряжение 20,4...26,4 В. входное сопротивление 3 кОм; входной ток 7 мА

при напряжении 24 В; время ответа (мах) 1,5 мс (при напряжении 24 В и температуре окружающей среды 25 °С); число цепей — 16 входов плюс общий; потребляемый ток (мах) 10 мА при напряжении 5 В.

4.3 Система автоматизации обжимного стана

Автоматизированная система управления технологическим процессом прокатки на участке обжимной клети 850 крупносортного стана на нижнем уровне управления включает в себя пять взаимосвязанных и структурно согласованных между собой систем, осуществляющих информационные функции и функции управления.

При этом не ставится задача обеспечения полного автоматического управления участком без участия оператора, что объясняется особенностями технологии и конструкции механизмов, требующих визуального контроля за правильностью выполнения операций и изменения стратегии управления в зависимости от ситуаций, возникающих в процессе управления. На рисунке 4.14 представлен план расположения оборудования участка обжимной клети 850, где 1 — раскатные рольганги; 2 — рабочие рольганги; 3 — манипуляторные линейки; 4 — кантователь; 5 — клеть 850; 6 — нажимное устройство.

Технологический процесс реверсивной прокатки в клети заготовок, поступающих от нагревательных печей, состоит из следующих операций:

1. подачи заготовок к клети по рольгангам;
2. перемещения заготовок в поперечном направлении манипуляторными линейками для последующей подачи в калибры валков клети;
3. кантовки (при необходимости) заготовок прямоугольного сечения крюковым кантователем, встроенным в манипуляторную линейку;
4. перемещения верхнего валка нажимным устройством перед процессом при необходимости изменения раствора валков;
5. подачи заготовок в калибры валков для прокатки попеременно рабочими рольгангами (и раскатными при увеличении длины и заготовки), расположенными перед и за клетью;
6. увеличения скорости прокатки после захвата металла и снижения ее перед выбросом металла из валков.

Такие операции, как кантовка заготовок и подача в калибры учетом изгиба и деформации их концов, как правило, может выполнять только оператор при ручном управлении. При необходимости он осуществляет также и правку заготовок сведением линеек манипулятора до упора в металл.

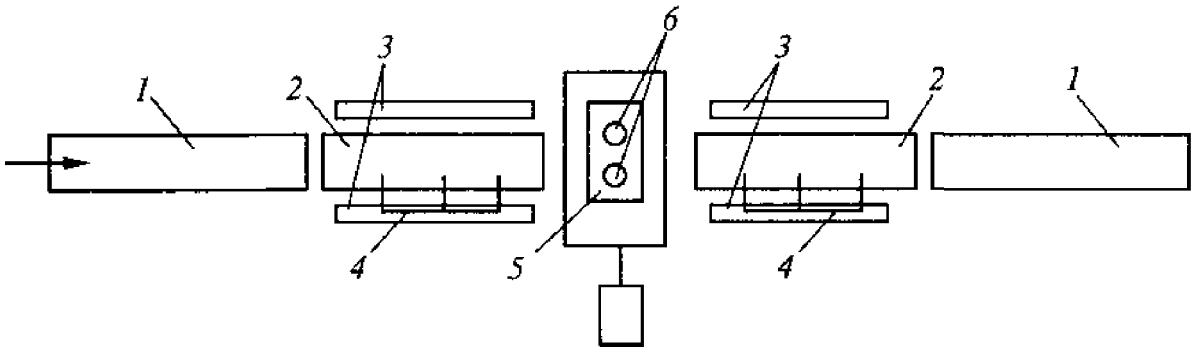


Рисунок 4.14 - План расположения оборудования участка обжимной клети 850

Схема системы управления представлена на рисунке 4.15. Автоматизированная система управления скоростными режимами (АСУ СР) выполняет функции совместного

управления раскатными, рабочими рольгангами и главным приводом с согласованием скоростей при использовании одного задающего аппарата (командо-контроллера). Подача и захват металла осуществляются на пониженной скорости захвата. Далее следует автоматическое увеличение скорости главного привода до заданного программой прокатки значения, а затем снижение ее до скорости выброса. При этом рассчитывается текущее значение непрокатанной части заготовки с помощью фотодатчиков положения конца заготовки и импульсного датчика, установленного на приводе валков).

Автоматизированная система управления нажимным устройством (АСУ НУ) обеспечивает автоматическую установку верхнего валка в соответствии с заданной программой прокатки при счете числа пропусков (от трех до девяти). В качестве датчика положения верхнего валка используется датчик абсолютного значения координаты (кодовый датчик).

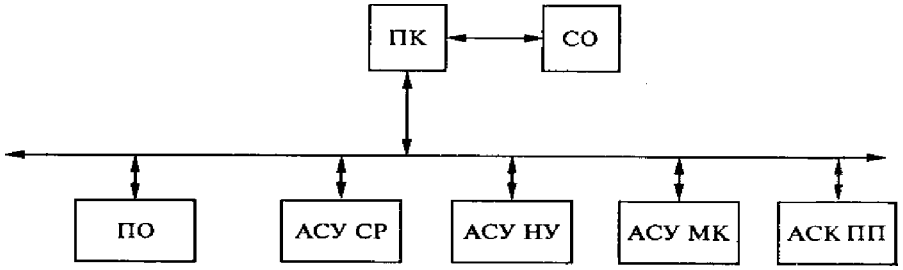


Рисунок 4.15 - Схема системы управления

Автоматизированная система управления манипуляторами и кантователями (АСУ МК) обеспечивает установку линеек с заготовкой у нужного калибра по заданной программе. При этом предусматривается возможность корректировочного перемещения линеек оператором и включение кантовки при ручном управлении.

Автоматизированная система контроля параметров прокатки (АСК ПП) выполняет измерение и архивирование данных параметров прокатки на заданном промежутке времени (температура заготовки, усилие прокатки, частота вращения, ток нагрузки главного привода).

Перечисленные системы реализованы на программируемом контроллере, связаны информационно с верхним уровнем управления (станция оператора с ПК), обеспечивающим ввод программ и схем прокатки, а также визуализацию состояния объекта и хода технологического процесса.

4.4 Система автоматизации участка ножниц поперечного резания листового прокатного стана

Система автоматизации участка ножниц поперечного резания реализует управление последовательным линейным технологическим процессом в рамках комплексной автоматизированной системы управления листовым прокатным станом, которая включает в себя системы: управления электроприводами (СУ ЭП), измерения длины листа (СИ ДЛ), формирования задания мерной длины (СФЗ МД).

Участок ножниц поперечного резания имеет следующее технологическое оборудование (рисунок 4.16):

- рольганг 7 перед ножницами;
- устройство установки листа (манипуляторы 2, смещающие лист к борту рольганга для выравнивания его вдоль этого борта с целью обеспечения перпендикулярности поперечного реза);

- ножницы поперечного резания 3 с механизмом прижима листа;
- устройство уборки обрези 4, выполненное в виде тележки, совершающей возвратно-поступательные движения от ножниц к контейнеру обрези 5 (сброс обрези производится открыванием дна тележки);
- качающийся рольганг 6, совершающий качательное движение вместе с перемещением верхнего ножа ножниц;
- рольганг 7 за ножницами;
- передвижной упор 8, устанавливаемый в соответствии с заданной мерной длиной реза и снабженный механизмом подъема и опускания щита упора.

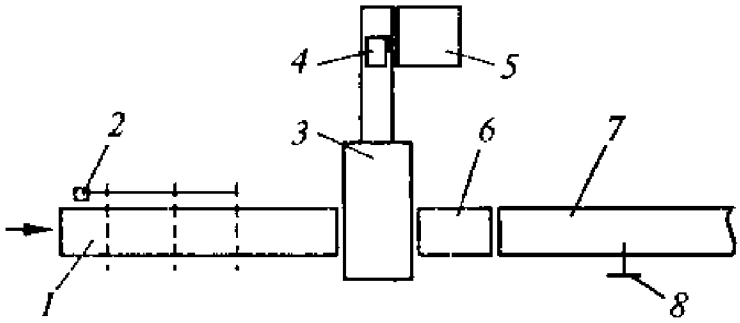


Рисунок 4.16 - Участок ножниц поперечного резания

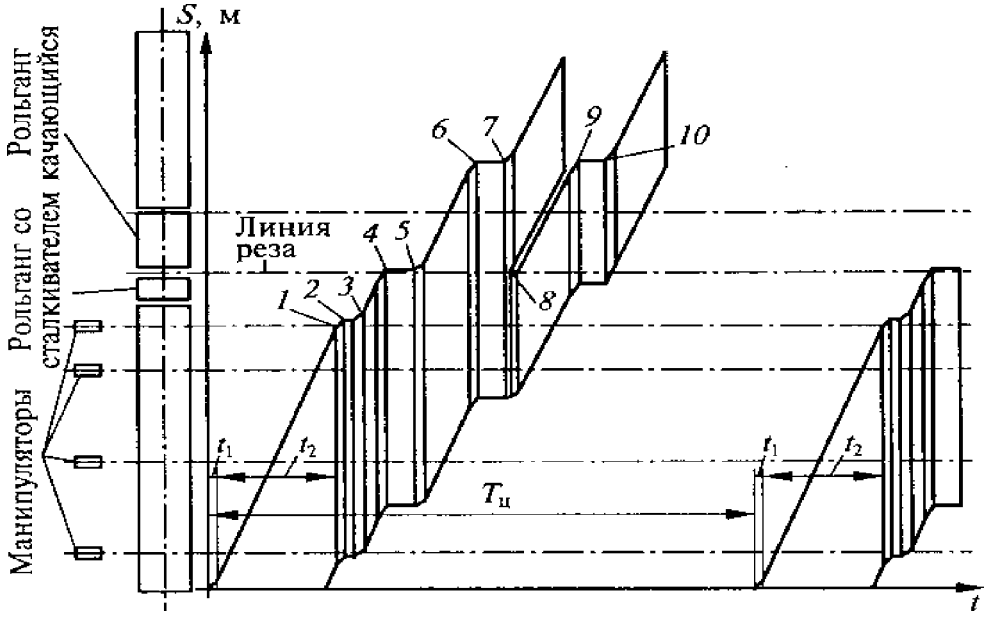
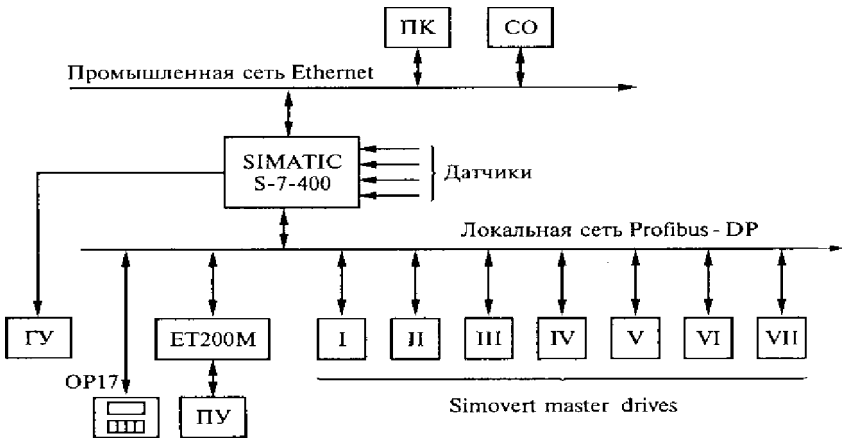


Рисунок 4.17 - График перемещения



а

Рисунок 4.18 - Функциональная схема СУ ЭП

Технологический процесс, характеризующийся последовательностью операций, иллюстрируется графиком перемещения, по оси абсцисс которого отложено время, а по оси ординат — расстояние с координатами расположения оборудования участка (рисунок 4.17).

Координаты положения переднего конца листа отмечены точками: 1 — поступление листа на рольганг перед ножницами; 2- остановка листа для выравнивания у борта рольганга; 3 — окончание выравнивания листа; 4 — установка листа для резания переднего конца; 5 — окончание резания переднего конца; 6 — установка листа на мерный рез (в данном случае деление на две части) при перемещении по рольгангам; 7 — окончание резании листа с включением рольгангов качающегося и за ножницами; 8 включение рольганга перед ножницами для транспортирования второй части листа для резания заднего конца; 9 — остановка второй части листа для отрезания заднего конца; 10 — окончание резания заднего конца и выключение рольганга.

Функциональная схема СУ ЭП приведена на рис.унке 4.18. Она реализует управление механизмов частотно-регулируемыми комплектными электроприводами с асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором.

Главный привод ножниц (привод механизма резания) 1 выполнен двухдвигательным приводом для уменьшения суммарного момента инерции (два двигателя управляются по схеме «ведущий-ведомый» по связи SIMOLINK с заданным коэффициентом распределения нагрузок по моменту 0,5).

Программно-логическое управление приводами осуществляет] программируемый контроллер SIMATIK S-7-400 по сети Profibus, связывающей пульт управления ПУ через систему модулей удаленного ввода-вывода сигналов управления и сигнализации типа ET200M и текстовую панель оператора OP17 с программируемой функциональной клавиатурой для вывода технологических сообщений, параметров и задания режимов работы.

Сигналы датчиков положения механизмов и проката поступают на входные модули контроллера и обрабатываются программой диагностирования и контроля состояния объекта. С выходных модулей контроллера поступают сигналы включения электромагнитов систем гидроуправления (ГУ) механизмами прижима листа и другими вспомогательными механизмами.

В СУ ЭП выполняются в автоматическом режиме следующие группы операций:

- остановка и выравнивание листа перед резом (привод III);
- установка листа на мерный рез при безупорной остановке рольгангов, приводы которых работают в позиционном режиме, или с передвижным упором при повышенной точности резания (приводы II);

- управление главным приводом в позиционном режиме с включением прижимов листа на время резания (привод I);
- управление устройством уборки обрези, тележка которого в перерыве между резаниями совершает цикл движений при возврате в исходное положение (привод VI).

В функции ручного управления оператора участка входят:

- установка листа для отрезания концов, которые могут иметь различную форму и протяженность дефектной части («язык»);
- разрешение на включение каждой из описанных групп операций автоматического управления;
- задание технологических режимов работы участка и управление всеми операциями в наладочном режиме.
- Температурное расширение металла учитывается СФЗ МД при задании мерной длины реза.

$$L = L_0 [1 + 0{,}000012(T - T_0)],$$

где L_0 — заданная мерная длина при T_0 = 20 °С; T — текущее значение температуры листа в диапазоне от минус 10 до плюс 600°С, измеряемой пирометром с программной обработкой вы ходкого сигнала.

Значение L используется для задания положения передвижного упора или задания позиционному приводу рольгангов в режиме безупорной остановки листа.

Для измерения текущей длины листа (от передней кромки до линии реза) при движении его по рольгангам предназначена СИ ДЛ.

Принцип бесконтактного измерения длины листов основан на контроле положения передней кромки листа на базовых расстояниях от линии резания (реперных метках) с измерением текущей координаты в промежуточных положениях путем счета количества импульсов, поступающих от импульсного датчика, связанного с роликом рольганга.

4.5 Система управления непрерывным станом холодной прокатки

Процесс холодной прокатки в металлургическом производстве заключается в следующем. Полосовая листовая сталь, прокатанная в горячем состоянии до толщины от одного до нескольких миллиметров, подвергается затем завершающей прокатке в холодном состоянии до тонкой листовой стали, которая служит материалом для корпусов автомобилей и бытовых электроприборов. Таким образом, холодная прокатка является завершающим процессом, в результате которого достигаются необходимые потребителям размеры и качество.

В связи с требованиями высокой точности изделий по толщине, размерам и другим параметрам в прокатных станах, выполняющих холодную прокатку, применяют управление начальной настройкой и прямое цифровое управление с помощью управляющих компьютеров и устройств, задающих последовательность операций. Модель, по которой осуществляется управление начальной настройкой, называют настроечной моделью.

Управление выполняется известными в теории прокатки способами. С помощью такой модели, исходя из размеров, типа и других параметров горячекатаной листовой стали, являющейся заготовкой холодной прокатки, вычисляют режимы работы прокатного стана обеспечивающие получение окончательных размеров и формы (зазоры между валками прокатного стана, скорость прокатки, натяжения и т.п.). Управление по такой модели является наиболее важным видом управления, определяющим производительность, стабильность и качество холодной прокатки.

Непрерывный стан холодной прокатки (рисунок 4.19) имеет клети К1...К5, в которых одновременно происходит прокатка металла. Металл движется в одном направлении, и в каждой рабочей клети производится последовательное его обжатие. Все клети, разматыватель и устройство намотки в рулон (моталка) оснащают автоматизированными электроприводами, осуществляющими регулирование скорости, поддержание межклетьевых натяжений и толщины металла в заданных пределах.

Управление раствором валков рабочих клетей осуществляется автоматизированными электроприводами, обеспечивающими заданные режимы позиционирования и слежения с синхронизацией двигателей электроприводов.

Нормальный режим прокатки металлической полосы до заданных параметров (толщины, ширины, качества поверхности) возможен при стабилизации соотношения скоростей валков всех клетей прокатного стана и одновременном регулировании скоростей электроприводов для того, чтобы получить необходимые заправочные и рабочие скорости. Требования к соотношению скоростей устанавливают из условия равенства количества металла, проходящего в единицу времени, а заданные растворы валков — из условий технологии прокатки металла.

Схема системы управления двумя клетями Кї и Кї +1 показан на рисунке 4.20. Обжатие металла в клетях Кї и Кї +1 производится до толщин Н ї и Н ї+1. Управление скоростью и соотношением скоростей валков выполняется с помощью электродвигателей М2 и М4. Управление раствором валков S ї и S ї+1 выполняется с помощью нажимных винтов НВ1 и НВ2 и следящих электроприводов с электродвигателями М1 и М3. Для простоты исследования вместо двух синхронизированных по положению и скорости следящих систем на каждой клети рассматривается одна следящая система, что эквивалентно полной синхронизации двух следящих систем.

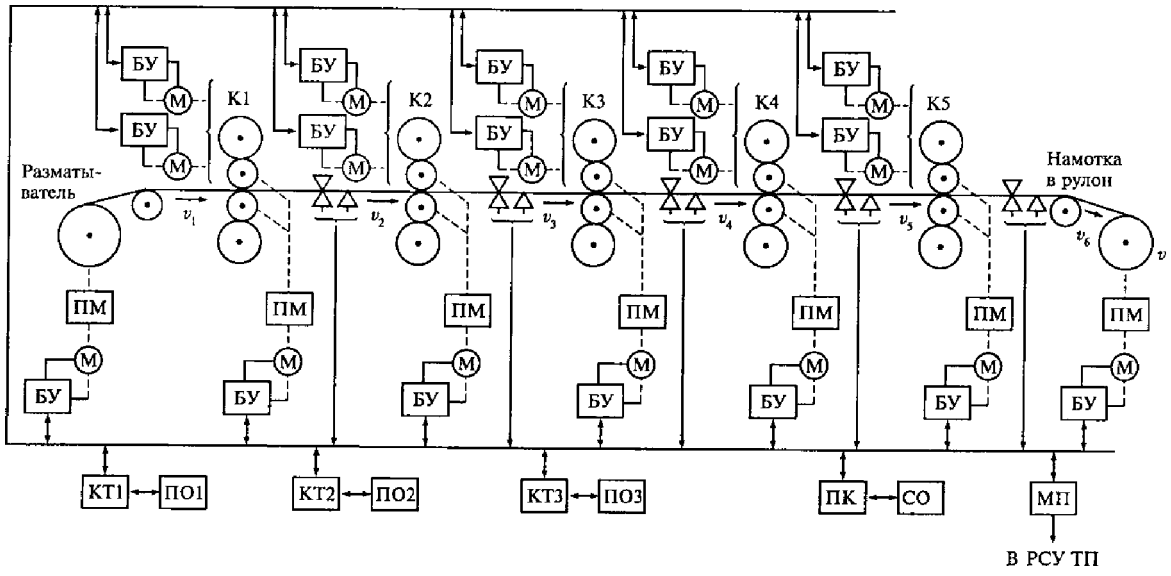


Рисунок 4.19 - Непрерывный стан холодной прокатки

Управление натяжением полосы металла выполняют по двум каналам с помощью измерителя ИНт и датчика ДНт натяжения, нелинейных элементов НЭ1, НЭ2 и регуляторов натяжения РНт1, РНт2. Нелинейные элементы согласованы таким образом, что при малых натяжениях работает канал с элементами НЭ2 и РНт2, при больших — канал с элементами НЭ1 и РНт1.

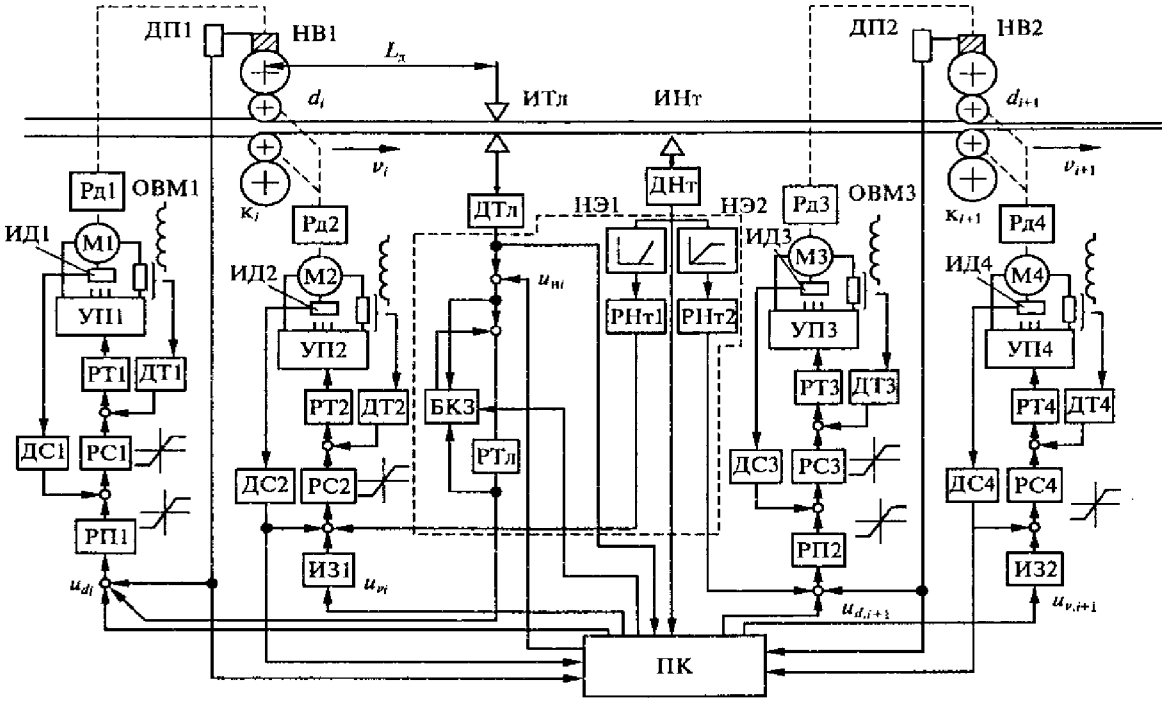


Рисунок 4.20 - Схема системы управления двумя клетями

Библиографический список

1. Меньков А.В. Теоретические основы автоматизированного управления/А.В. Меньков, В.А. Острейковский. — Учебник для вузов. — М.: Издательство Оникс, 2005. — 640 с.: ил.
2. Управление техническими системами : учеб. пособие / Е. Б. Бунько, К. И. Меша, Е. Г. Мурачев и др. ; под ред. В. И. Харитонова. — М. : ФОРУМ, 2010. — 384 с. : ил. — (Профессиональное образование).
3. Белов М. П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов : учебник для студ. высш. учеб. заведений / М. П. Белов, В. А. Новиков, Л.Н.Рассудов. — 3-е изд., испр. — М. : Издательский центр «Академия», 2007. — 576 с.
4. Техника чтения схем автоматического управления и технологического контроля / А.С. Клюев, Б.В. Глазов, М.Б. Миндик, С.А. Клюев; под ред. А.С. Клюева, - М.: Энергоатомиздат, 1991.
5. SIMATIC Комплексная автоматизация производства. Каталог ST 70. – Ч. 1, ч. 2. – Germany, Erlangen, 2001 г.
6. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / Под ред. В.И. Круповича, Ю.Г. Барыкина, М.Л.Салювера. – 3-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 1082 г.
7. Щагин, А. В. Основы автоматизации техпроцессов : учеб. пособие / А. В. Щагин, В. И. Демкин, В. Ю. Кононов, А. Б. Кабанова. — М.: Высшее образование, 2009. — 163 с. — (Основы наук).
8. Журнал «Современные технологии автоматизации», жанр: Технологии. – Изд-во «СТА-ПРЕСС, ISSN: 0206-975X, 2000-2012 г.г.

Приложение 1 Автоматизированные системы производства и обработки металлов

1 Система автоматизации процесса производства аллюминия

Авторы статьи: Теймураз Хазарадзе, Виктор Гейнце

Представлена система автоматизации ТРОЛЛЬ, внедренная на Саянском алюминиевом заводе. Большое внимание уделено техническим аспектам применения контроллеров MicroPC в крупном проекте автоматизации. Проект был реализован фирмой ТоксСофт в течение 1996197 годов.

Панорама Саянского алюминиевого завода

Особенности поставленной задачи

Задача автоматизации состоит в разработке, изготовлении и внедрении оборудования и программного обеспечения для управления процессом производства алюминия электрохимическим способом.

Производство алюминия является многоступенчатым процессом, включающим в себя производство сырья, получение алюминия электролизом криолито-глиноземного расплава и литье заготовок для дальнейшей переработки. Нас интересует производство алюминия в процессе электролиза. Электролиз алюминия происходит в специальной ванне, называемой электролизёром(примерные размеры от 3×6×2 до 5×12×4 м). В каждом корпусе алюминиевого завода в среднем находится 80-100 ванн, включенных последовательно в цепь постоянного тока. На Саянском алюминиевом заводе (СаАЗ), стояла задача автоматизировать два корпуса, в каждом из которых находится 98 электролизёров.

Общий вид объекта автоматизации. Цех электролиза

С точки зрения автоматизации, электролизёр представляет собой объект, с которого снимается информация о его состоянии и выдаются сигналы для управления оборудованием, установленным на нем. Анализируемая информация включает в себя текущее напряжение на ванне (обычно 4-5 В, доходит до 80 В) и силу тока (порядка

172000 А). Учитывая, что все 196 электролизёров включены последовательно, достаточно измерять ток в одном месте. Совокупность соединенных последовательно электролизёров часто называют серией.

Конструктивно электролизёр (рис. 1) представляет собой ванну электролиза с неподвижным катодом ① и подвижным анодом ②, приводимым в движение двумя электродвигателями ③ трехфазного тока мощностью 3 кВт. Кроме того, на электролизёрах установлены системы автоматического питания глинозёмом (АПГ). Система АПГ предназначена для подачи сырья (глинозема) в область электролиза. Подача осуществляется парами «пробойник + дозатор». При срабатывании пробойник ④ пробивает корку ⑥ над жидким электролитом ⑦ и дозатор, установленный в нижней части бункера с глиноземом ⑤, засыпает в ванну фиксированное количество (3-8 кг) сырья. Таким образом, управление режимом работы электролизёра осуществляется следующими двумя путями.

1. Изменение положения анода, то есть его высоты над расплавленным алюминием ⑧. Это так называемое межполюсное расстояние (МПР) влияет на сопротивление электролита.

2. Изменение интервала между подачами доз глинозема (обычно порядка 2-3 минут), что, в свою очередь, влияет на концентрацию глинозема в электролите.

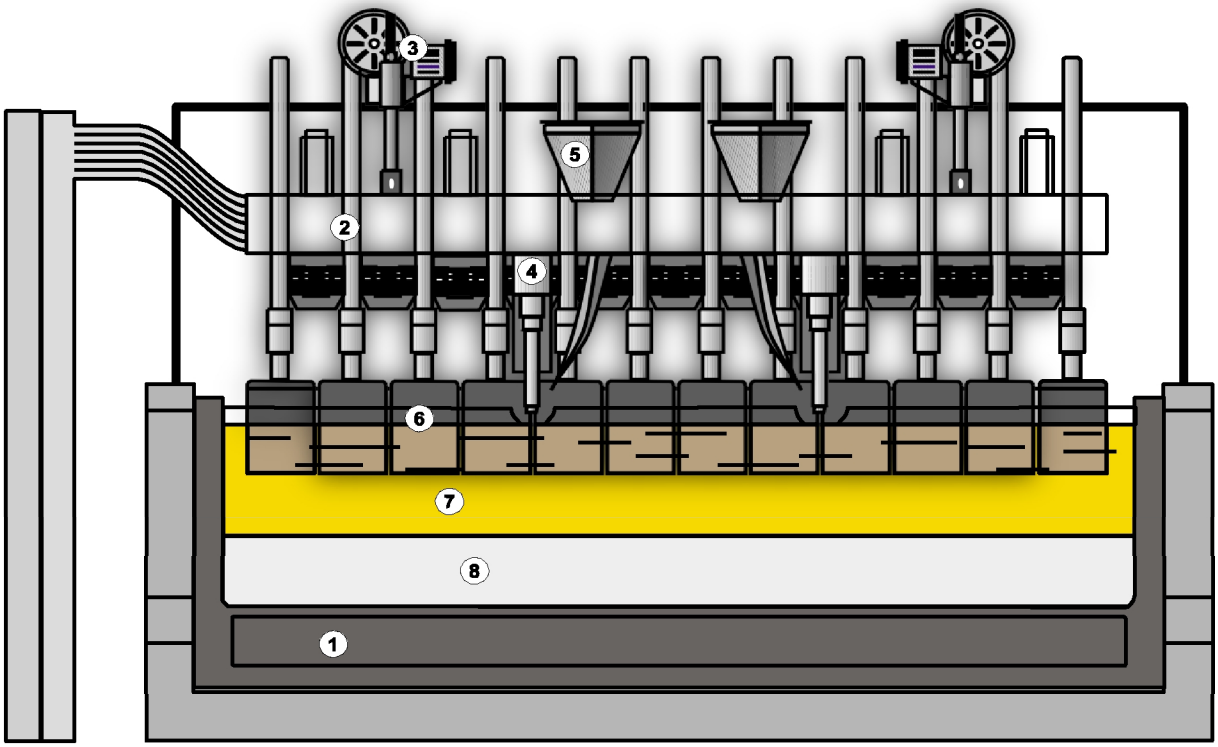


Рисунок 1 Так устроен электролизёр, применяемый в производстве алюминия

Здесь 1 6 неподвижный катод; 2 6 подвижный анод; 3 6 электродвигатель; 4 6 пробойник; 5 6 дозатор; 6 6 корка; 7 6 электролит; 8 6 расплавленный алюминий

Основной задачей системы является расчет и поддержание оптимальных значений этих параметров. Для управления электролизёром рядом с ним устанавливается блок управления (БУ), который измеряет напряжение ванны, получает значение текущего тока и управляет двигателями привода анода и пневматическими клапанами включения пробойников и дозаторов. В современных системах один блок управляет двумя электролизёрами.

Главной отличительной особенностью системы автоматизации электролиза алюминия является наличие множества однотипных объектов управления. В рассматриваемой системе наличие 196 электролизёров привело к необходимости изготовить ровно 100 блоков управления. Количество блоков управления даже в рамках одного проекта приближается к серийному, и соответственно возрастают требования к цене, надежности и удобству эксплуатации. Кроме того, к системе предъявляется ряд особых требований, связанных с условиями её эксплуатации, а именно:

- наличие сильного постоянного магнитного поля (БУ работает в непосредственной близости от проводника тока на 100-300 кА);
- работа в широком температурном диапазоне (на сибирских заводах, к которым относится СаАЗ, диапазон рабочих температур БУ составляет от 40 до +55°С);
- отсутствие возможности заземления – каждая ванна фактически «висит в воздухе», и напряжение между ванной и землей доходит до 800-900 В при возможном токе до сотен тысяч А;
- наличие в воздухе мелкодисперсной пыли, содержащей глинозем и фтористые соли, а также газообразного фтороводорода (фтор является одним из самых активных окислителей);
- сильные электромагнитные помехи, вызванные работой оборудования цеха (краны, напольная техника и т. п.).

Структурная схема АСУ ТП

Общая структурная схема системы ТРОЛЛЬ приведена на рисунке 3.

Основным элементом системы являются блоки управления (БУ) электролизёром. Каждый блок управляет двумя ваннами, кроме БУ, установленных у торцов корпусов, каждый из которых управляет одной ванной. Соответственно, в каждом корпусе на 98 ванн (1 и 2 корпуса электролизного цеха) установлено по 50 БУ. Все блоки объединены в единую сеть корпуса электролиза. В эту же сеть включены компьютер верхнего уровня (АРМ оператора корпуса) и контроллер тока/напряжения серии (КТНС). АРМ операторов корпусов соединены по сети Ethernet с АРМ технолога.

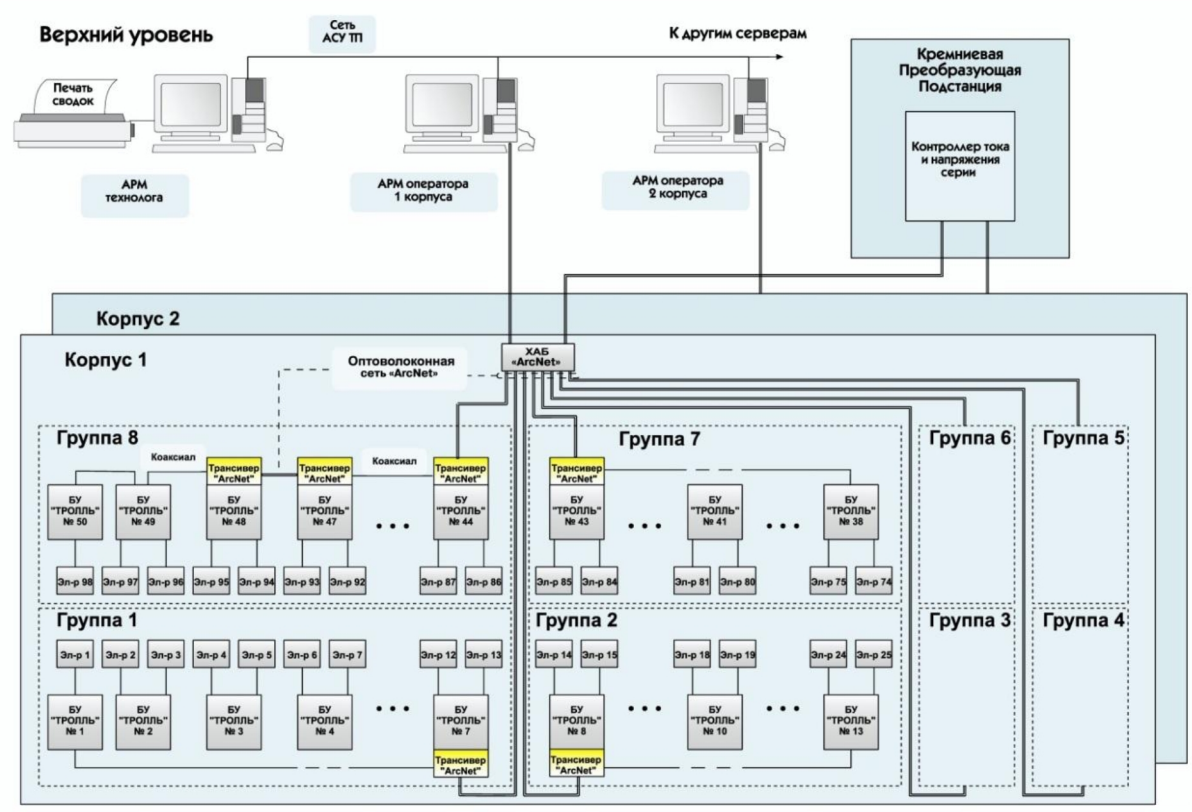


Рис. 2. Структурная схема АСУ ТП электролизного цеха

Блок управления ТРОЛЛЬ

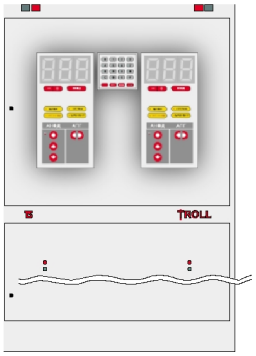


Рисунок3 Внешний вид блока управления системы ТРОЛЛЬ

Блоки управления ТРОЛЛЬ производятся на заводе СПУ (Санкт-Петербург). При проектировании блока и выборе комплектующих учитывались многие типичные для России неисправности. Например, кнопки ручного управления и пускатели двигателей не имеют движущихся частей, что исключает их залипание от попадания влаги или грязи.

Реализована, разумеется, и многоуровневая программная защита от различных аппаратных сбоев.

Простота и удобство обслуживания обеспечиваются модульной конструкцией на разъёмах, что делает возможным быструю замену отдельных блоков. БУ ТРОЛЛЬ установлены в корпусе электролиза рядом с электролизёрами. Размеры блока составляют 1600x600x400 мм (высота/ширина/глубина). Внешний вид блока управления системы ТРОЛЛЬ приведен на рисунке 4.

В нижней части блока находятся силовые модули управления двигателями привода анодной рамы, а также клеммные колодки, к которым подключается оборудование электролизёра и подводится питание БУ. На дверце нижней части расположены автоматы-расцепители питания двигателей.

В верхней части блока (рис. 4) находится контроллер MicroPC фирмы Octagon вместе с модулями оптической развязки фирмы Grayhill. Все входы и выходы блока управления имеют гальваническую развязку. В верхней же части находятся модули термостатирования БУ, в том числе нагреватели и вентиляторы, обеспечивающие постоянную положительную температуру внутри блока.

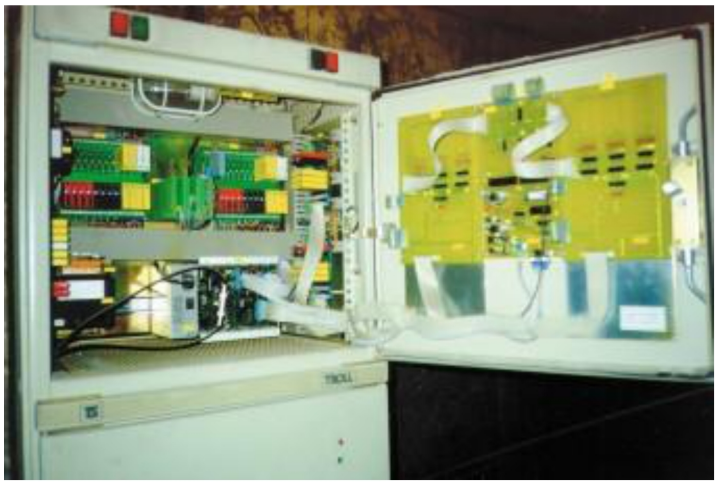


Рис. 4. Верхний отсек блока управления ТРОЛЛЬ с открытой дверцей

На дверце верхней части расположена панель индикации и управления блоком, состоящая из двух светодиодных дисплеев индикации параметров работы электролизёров, совмещенных с мембранными клавиатурами управления электролизёрами. Посередине расположена мембранная клавиатура выбора режима индикации. Панель, управляемая отдельным микроконтроллером, позволяет:

- отображать до 64 различных параметров работы электролизёров и блока управления;
- задавать уставочные значения параметров управления электролизёрами;
- осуществлять переключение между ручным, автоматическим и специальными режимами управления;
- управлять в ручном режиме двигателями анода и системами автоматической подачи глинозема.

Следует отметить, что все сигналы ручного управления проходят через контроллер MicroPC. Надежность канала (клавиатура→контроллер MicroPC→модули опторазвязки→оборудование) не уступает применяемым обычно для этого релейным схемам, при этом контроллер «знает» о ручных воздействиях, протоколирует их и учитывает при дальнейшем автоматическом управлении, а также может ограничивать или запрещать их при определенных условиях, исправляя грубые ошибки персонала.

Над панелью размещены лампы индикации 3-фазного напряжения двигателей и аварийной сигнализации.

В состав контроллера блока управления входят (рис. 5) процессорная плата 5025А (процессор – i386SX-25 МГц; оперативная память – 1 Мбайт; энергонезависимая память – 512 кбайт; флэшдиск – 512 кбайт; операционная система – ROM-DOS 6.22), две платы ввода-вывода 5648 и сетевая плата Arcnet 5560. Контроллер получает сигналы с 2 аналоговых и 25 дискретных входов и управляет 22 дискретными выходами (все входы/выходы с оптической развязкой 1,5÷4 кВ). Дополнительно может быть установлено до 14 аналоговых входов, 34 дискретных входов и 6 дискретных выходов. Следует отметить, что характеристики контроллера на порядок превосходят аналогичные параметры других систем, где типичный контроллер имеет быстродействие 16-разрядного процессора с тактовой частотой 10-16 МГц при памяти в 16-64 кбайт. Избыточная же мощность контроллера MicroPC позволила реализовать некоторые алгоритмы, принципиально невозможные в других системах. Блоки поставляются с оригинальным программным обеспечением, соответствующим реальному оборудованию завода (оперативная доработка базового ПО в соответствии с ТЗ заказчика). Программное обеспечение контроллера является открытым. Добавление новых или изменение существующих алгоритмов возможно не только при поставке специалистами АО ТоксСофт, но и заводскими программистами в процессе эксплуатации.

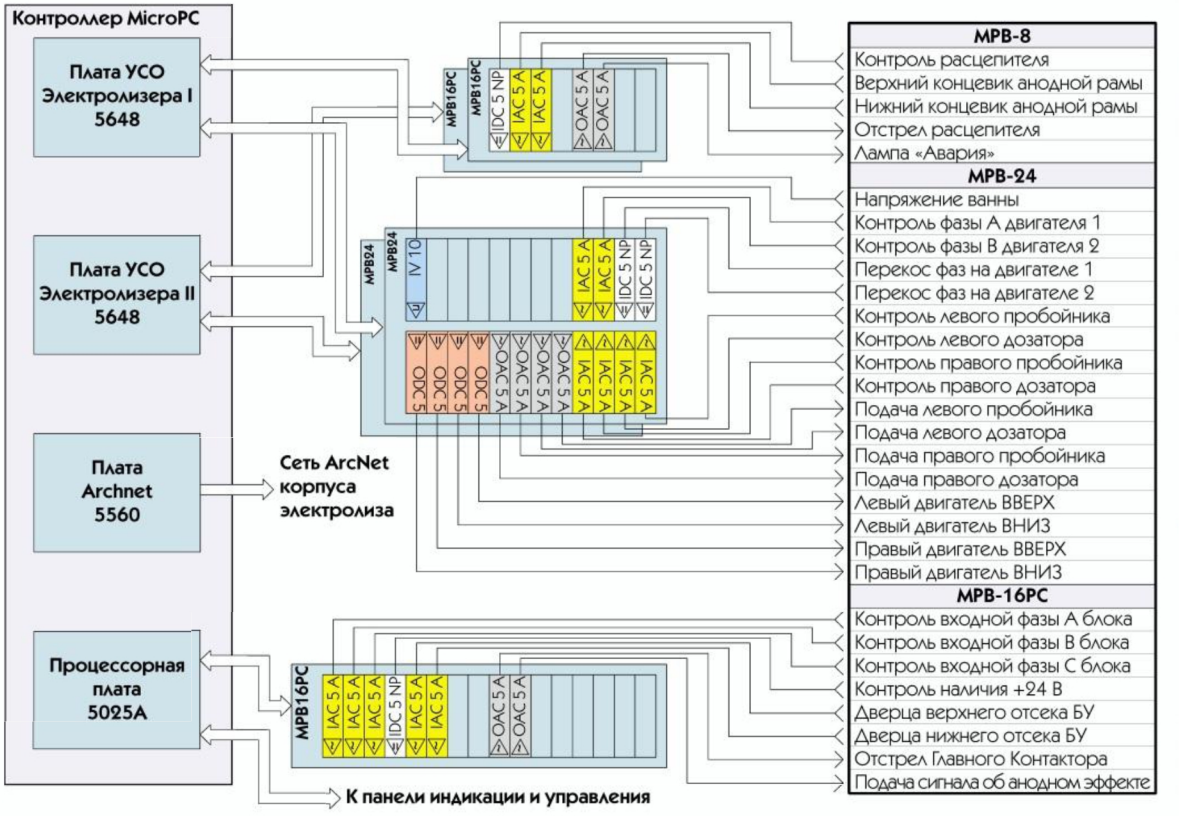


Рис. 5. Структурная схема контроллера блока управления ТРОЛЛЬ. Показаны сигналы для одного из двух обслуживаемых блоком электролизёров

Разработанные для системы алгоритмы были проверены и отработаны на Саянском алюминиевом заводе в течение двух лет. В процессе отработки не было ни одного сбоя в работе алгоритмов и была подтверждена эффективность их работы с различными типами электролизёров.

Контроллер тока и напряжения серии (КТНС)

Контроллер тока и напряжения серии установлен на Кремниевой Преобразующей Подстанции (КПП) серии. Конструктивно КТНС представляет собой шкаф в исполнении

IP54, в котором установлен контроллер MicroPC фирмы Octagon и аналоговые модули ввода. На вводы подаются токовые сигналы с датчиков тока серии и напряжения корпусов. КТНС включен в единую локальную сеть с БУ корпуса.

Технологическая сеть Arcnet

БУ объединены в общую для каждого корпуса сеть Arcnet. Сеть реализована по совмещенной схеме «звезда» и «шина». В каждом корпусе стоит концентратор, к которому оптоволоконным кабелем подключены 8 групп БУ. В тех БУ, к которым подходит оптический кабель, установлены трансиверы, преобразующие оптический сигнал в сигнал для коаксиального кабеля. Шина между блоками внутри группы реализована на коаксиальном кабеле с оптоволоконными перемычками. Такое решение архитектуры сети обеспечивает:

- минимизацию возможных гальванических связей по сетевому кабелю. Коаксиальным кабелем, по которому может возникнуть гальваническая связь, соединены блоки, работающие не более чем с 6 последовательными ваннами, падение напряжения на которых не превышает обычно 30 В;
- гальваническую изоляцию помещений операторов серии и КПП от потенциала серии;
- достижение значительной суммарной протяженности сетевых линий (длина корпуса составляет порядка 700 м) при длине коаксиальных сегментов не более 100 – 120 м, что обеспечивает устойчивую работу сети Arcnet.

К этому же концентратору оптоволоконным кабелем подключены АРМ оператора корпуса и контроллер тока/напряжения серии. При этом в КТНС установлены четыре сетевые платы, благодаря чему один КТНС включен в две независимые сети корпусов.

АРМ оператора

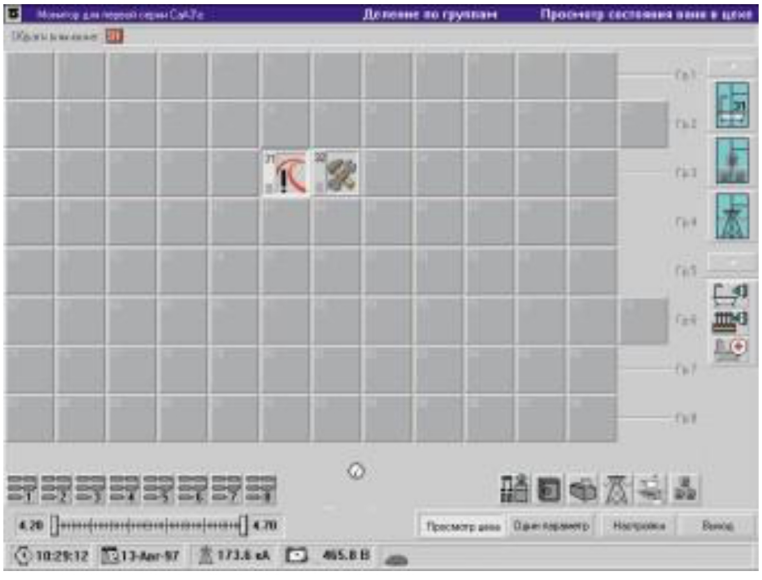


Рис. 6. Программа АРМ оператора корпуса в режиме просмотра всех ванн в корпусе

АРМ оператора корпуса включено в сеть Arcnet корпуса. Оно берет на себя большую часть работы персонала, уменьшая возможность ошибок и неточностей в работе операторов. Программное обеспечение АРМ оператора реализовано в среде DOS/ DPMI32 с использованием библиотеки графического интерфейса GWM разработки ТоксСофт. АРМ оператора выполняет следующие основные функции:

- одновременно показывает на экране состояние всех ванн в корпусе (рис. 6) и/или подробные характеристики и параметры работы подсистем одной ванны (рис. 7);

● звуковым сигналом и сообщением на экране предупреждает оператора о возникновении нештатных ситуаций;

● в большинстве нештатных ситуаций производит голосовое оповещение в корпусе об их возникновении;

● дает оператору возможность изменять уставки, управлять движением анода, работой АПГ и других подсистем;

● проводит самодиагностику и проверку работоспособности аппаратуры и программ нижнего уровня.

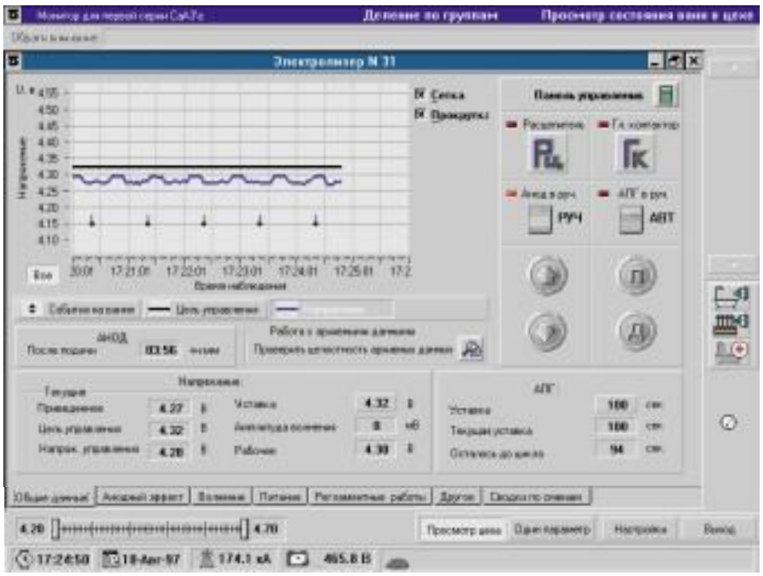


Рис. 7. Программа АРМ оператора корпуса в режиме просмотра одной ванны

АРМ технолога

Компьютеры операторов корпусов соединены по сети Ethernet с АРМ технолога (компьютером базы данных), предназначенным для накопления данных, печати сводок и анализа работы серии. Программа АРМ технолога, разработанная на базе Borland Delphi, работая в автономном режиме, автоматически составляет и распечатывает сводки. При этом оператор и технолог могут в любой момент получить доступ к данным о работе алюминиевого производства. Работая в автономном режиме, программа АРМ технолога

● сохраняет информацию о работе всех электролизёров серии в течение 3 лет для последующей обработки и анализа;

● составляет и печатает сводки за смену и сутки;

● проводит самопроверку и устраняет возможные неполадки.

Программа позволяет технологу:

● работать с базой данных процесса электролиза, создаваемой системой, то есть генерировать отчеты, сводки, проводить специальный анализ;

● видеть на экране и одновременно печатать результаты анализа;

● просматривать на экране и печатать цветные графики работы как отдельных электролизёров, так и корпуса или серии в целом.

Заключение

Применение контроллеров MicroPC в качестве основной интеллектуальной части системы производства алюминия обеспечило:

● надежную работу оборудования в особых технологических условиях – мощном магнитном поле, широком температурном диапазоне, отсутствии возможности заземления, наличии в воздухе химически активной пыли, сильных электромагнитных помехах;

- мощные вычислительные ресурсы, позволившие реализовать технологические, контрольные и сервисные алгоритмы на качественно новом уровне, обработку и сохранение объемов информации, сравнимых с обрабатываемой специально сконструированными экспериментальными системами;
- возможность разработки программного обеспечения в привычной для программистов среде DOS, его отладки стандартными средствами, использования распространенных библиотек, драйверов и утилит;
- совместимость программного обеспечения всех уровней системы, его полную открытость для пользователей и возможность оперативной доработки и адаптации.

2 Система программного управления и регулирования температуры в газовых печах

Авторы статьи: Сергей Булгаков

Рассматриваются опыт разработки, основные параметры и функции системы управления многозонной газовой печью.

В машиностроении и металлургии стоит задача термообработки крупногабаритных изделий. Для ответственных изделий необходимо поддержание равномерного температурного поля на всей поверхности изделия, а также точное соблюдение графика термообработки, причем этот график может иметь довольно сложную форму. Для этой цели обычно применяют многозонные газовые печи с импульсной системой отопления. Горелки импульсного сжигания топлива предъявляют повышенные требования к системе управления в связи с большим количеством исполнительных устройств (электромагнитных клапанов) и различных датчиков.

Предприятие «Завод технологического оборудования ОНИКС» разработало и выпускает систему программного управления и регулирования температуры (СПУРТ) для комплектации новых и модернизации существующих газовых печей.

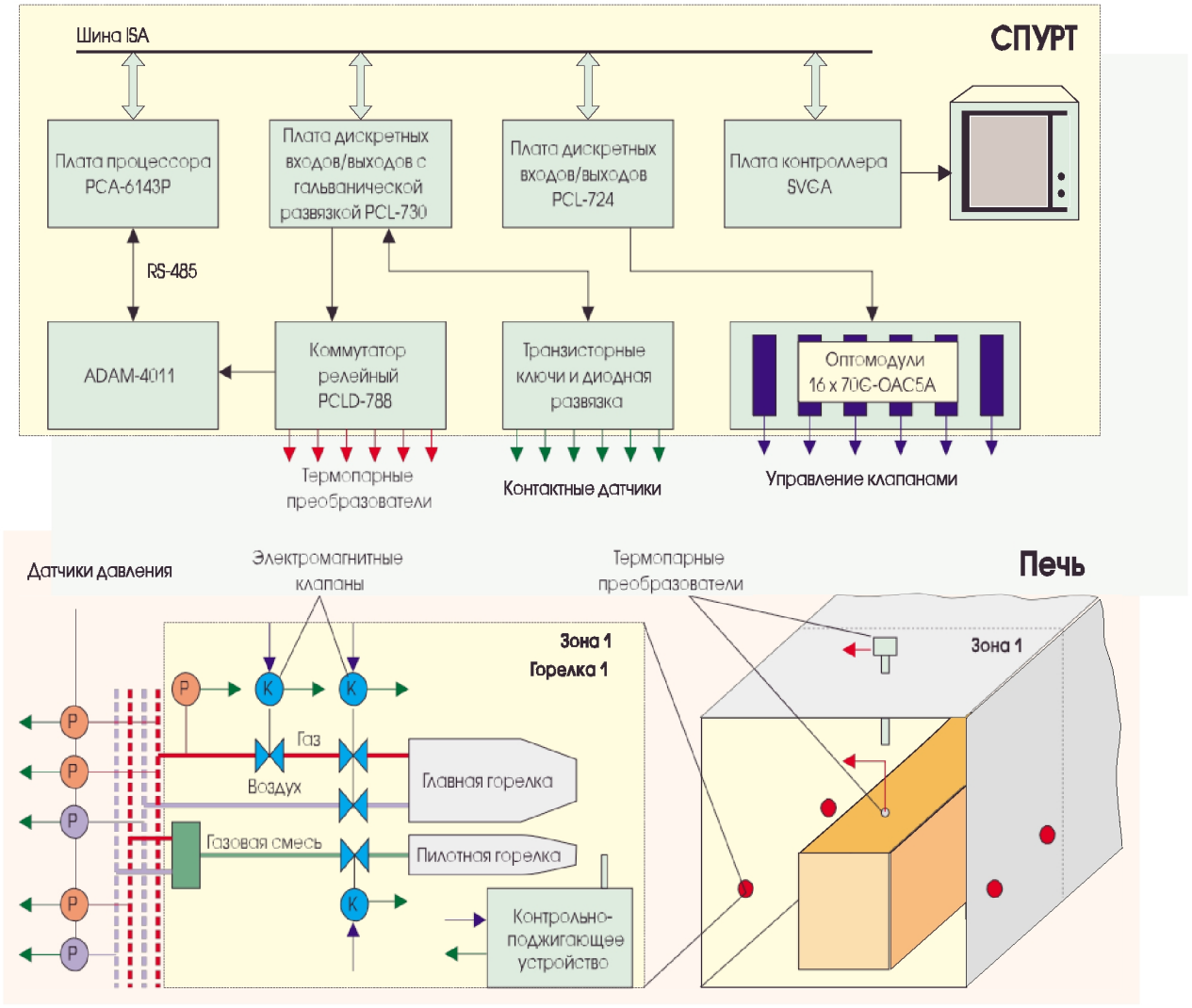


Рис. 1. Блок-схема системы программного управления и регулирования температуры

Выбор технических средств

Работа в условиях цеха и необходимость отображения большого объема информации привели к решению использовать рабочую станцию AWS-822 фирмы Advantech, о которой более подробно можно прочитать в журнале «Современные технологии автоматизации» 1/97. AWS-822 имеет кросс-плату с 8 слотами ISA, в которые устанавливаются платы процессора с флэшдиском, видеоконтроллера, входов-выходов с гальванической развязкой и ТТЛ входов-выходов.

Высокий уровень промышленных помех и большая протяженность компенсационных проводов от датчиков температуры требуют гальванической развязки и хорошего фильтра. Поэтому в качестве АЦП было решено использовать модуль ADAM-4011 в сочетании с релейным коммутатором. Модуль ADAM-4011 подключается к процессорной плате через интерфейс RS-485. Высокие характеристики модуля позволили получить точные измерения температуры без дополнительной математической обработки.

Контакты всех концевых выключателей собраны в матрицу и опрашиваются группами через гальваническую развязку. Все эти решения позволили создать экономичную систему, которая разместилась в небольшой стойке совместно с двумя самописцами для регистрации температуры. На рис. 1 показана блоксхема системы программного управления и регулирования температуры, а на рис. 2 её внешний вид.

Рис. 2. Внешний вид системы программного управления и регулирования температуры

Основные технические характеристики системы СПУРТ приведены в табл. 1.

Таблица 1. Основные технические характеристики системы СПУРТ

Количество исполнительных механизмов 220 В/3А	16
Количество исполнительных механизмов 24 В/200 мА	6
Количество входов термопар (ХА)	8
Количество контактных датчиков	42
Количество зон регулирования	4
Количество отрезков программы термообработки	до 100
Диапазон задания температуры, °С	5021250
Диапазон задания скорости изменения температуры, °С/час	12600
Диапазон задания времени выдержки	до 99ч 59 мин

Программное обеспечение

Применение IBM PC совместимого контроллера дало следующие преимущества:

- широкий выбор трансляторов и отладчиков;
- возможность использования настольных компьютеров для написания и отладки управляющей программы без дополнительных технических средств;

● наличие достаточного количества квалифицированных специалистов, знающих архитектуру IBM PC;

● достаточная производительность для применения алгоритмов любой сложности.

Все это позволило в сжатые сроки написать и отладить управляющую программу.

При написании программного обеспечения была предпринята попытка использовать программный пакет для автоматизации управления TRACE MODE v. 4.10, но система защиты исполняемого ядра отказалась работать с ключом, подключенным к параллельному порту процессорной платы. Видимо, есть отличия от стандартной конфигурации IBM PC. Поэтому для написания программы использован компилятор Borland C++. Практически вся программа отлажена на настольном компьютере. Окончательная отладка и тестирование выполнены при загрузке программы в контроллер под управлением отладчика Turbo Debugger, работающего в режиме удаленной отладки через последовательный порт на настольном компьютере.

Применение дисплея дало широкие возможности по организации диалога с оператором.

Для того чтобы уменьшить трудоемкость компоновки экрана, он нарисован с применением графического редактора и сохранен в формате PCX. Программа загружает картинку и выводит на экран только меняющиеся текстовые поля, а также изменяет цвет у различных табло. Три четверти объема программы составил интерфейс с оператором и только четверть – алгоритмы регуляторов, блокировок и взаимодействия с внешними устройствами.

Возможны четыре режима работы системы СПУРТ:

● режим розжига печи;

● режим термообработки;

● режим наладки оборудования;

● режим настройки параметров.

В режиме розжига печи выполняются основные мероприятия по подготовке печи к розжигу и розжиг пилотных горелок. На всех этапах подготовки печи к работе производится контроль датчиков и блокировка неправильных действий оператора, что снижает вероятность возникновения аварийной ситуации. Все действия оператора по розжигу печи записываются в файл сообщений и могут быть при необходимости просмотрены. Вид экрана в режиме розжига печи показан на рис. 3.

Рис. 3. Вид экрана в режиме розжига печи

В режиме термообработки задаются технологические параметры и осуществляется контроль за выполнением процесса термообработки. Система переходит в этот режим после успешно выполненного розжига. В нижней части экрана размещена информация о

состоянии зон печи. По каждой зоне приводится информация о температуре печи и садки, параметрах регулятора, состоянии газовоздушного, газового и пилотного клапанов, датчика давления газа, пилотных горелок. В верхней части экрана расположено окно сообщений системы и окно программы термообработки. Вид экрана в режиме термообработки показан на рис. 4.

Рис. 4. Вид экрана в режиме термообработки

Режим наладки оборудования используется для проверки в ручном режиме работы исполнительных механизмов и датчиков при подготовке системы к работе или при проведении ремонтных мероприятий. Вид экрана в режиме наладки оборудования показан на рис. 5.

Рис. 5. Вид экрана в режиме наладки оборудования

Режим настройки параметров предназначен для корректировки коэффициентов регуляторов и других параметров системы.

Программное обеспечение может быть скорректировано с учетом требований заказчика для любых конструкций печей.

3 АСУ ТП руднотермической электропечи для выплавки сплавов на основе кремния

Авторы статьи: Виктор Годына, Владимир Свищенко, Сергей Степанянц, Игорь Лапко, Геннадий Гладчун

В статье описана АСУ ТП руднотермической печи для выплавки сплавов на основе кремния. Использование надежной техники в сочетании с развитым программным обеспечением, реализующим оригинальные алгоритмы управления и «ноу-хау», позволили окупить затраты на создание системы в течение одного года.

История создания системы

Первая в СНГ микропроцессорная система управления (на базе КТС ЛИУС и ПЭВМ) для выплавки кремнистых ферросплавов была внедрена в цехе № 4 на печи № 38 ОАО «Запорожский завод ферросплавов» (ОАО «ЗФЗ»). Система существенно повысила качество управления процессом плавки и, как следствие, технико-экономические показатели работы электропечного агрегата. После того как руководство завода убедилось в эффективности работы системы, было решено выделить средства для приобретения технического обеспечения и продолжения НИР с целью разработки и внедрения более совершенной АСУ ТП выплавки кремнистых сплавов для двух других печей в этом же цехе на базе IBM PC совместимого индустриального компьютера производства Advantech и ОС реального времени QNX.

Запорожский завод ферросплавов

Задача, стоявшая перед разработчиками

Перед разработчиками стояла задача создать систему, соответствующую, а по некоторым возможностям и превосходящую известные зарубежные аналоги.

Следует отметить, что при этом в цехе № 3 ОАО «ЗФЗ» одна из зарубежных фирм (ABB, Швеция) выполняла разработку и внедрение системы автоматического управления для двух печей, выплавляющих металлический марганец на базе системы «Мастер». Разработчики понимали, что работать придется в условиях конкуренции, поэтому поставили задачу превзойти зарубежные решения, в первую очередь, по функциональным возможностям системы.

Разрабатываемая система должна в автоматическом и (или) автоматизированном режимах, используя все существующие возможности управления, обеспечить выплавку заданной марки ферросилиция при максимальной производительности электропечного агрегата с ограничениями по удельному расходу электроэнергии и сохранности оборудования за счет ограничения токов с высокой стороны печных трансформаторов.

Пути решения проблемы

Управление процессом выплавки ферросплавов в мощных электропетоматизации не позволяет достичь высоких технико-экономических показателей в связи с субъективным влиянием технологического персонала на ход процесса. Основным путем решения проблемы является согласованное управление всеми сторонами процесса с помощью вычислительной техники.

Так выглядит электропечь

Для достижения поставленной задачи необходимо было решить ряд вопросов, главными из которых являются:

- проведение обследования электропечи, разработка методов и средств борьбы с помехами в измерительно информационных каналах;
- системотехнический синтез системы, предусматривающий максимально возможный автоматический ввод информации в систему и использование датчиков и исполнительных механизмов с высокими метрологическими характеристиками и показателями надежности.
- выбор надежной операционной системы и базовых программных средств для создания комплекса, практически не требующего обслуживания и сопровождения;
- выдача задания на выполнение проекта привязки;
- сопровождение проектирования и монтажа технического обеспечения;
- разработка и внедрение информационной подсистемы;
- исследование электропечи с помощью информационной подсистемы, разработка адекватной объекту управления математической модели и надежных алгоритмов управления;
- разработка программного обеспечения системы с акцентом на надежность и удобство интерфейса оператора;
- отладка, опытная эксплуатация и внедрение системы в промышленную эксплуатацию;
- обучение и подготовка для работы с системой обслуживающего и эксплуатационного персонала.

Недооценка любого из приведенных вопросов, как показывает практика, приводит к тому, что разрабатываемые АСУ ТП не оправдывают возлагаемых на них надежд и в

какой-то степени дискредитируют саму идею компьютерного управления сложными металлургическими объектами.

Назначение и функции системы

Система предназначена для обеспечения эффективного функционирования рудовосстановительных печей путем автоматизированного выполнения контроля, анализа, координации и регулирования основных параметров шихтового и электрического режимов, а также режима спекания и перепуска электродов.

Органы управления, подлежащие автоматизации:

- механизмы перемещения электродо-держателей;
- механизмы перепуска электродов;
- переключатели ступеней напряжения (ПСН) печных трансформаторов;
- механизмы поворота воздушных заслонок обдува электродов. Структурная схема АСУ ТП выплавки сплавов на основе кремния представлена на рис. 1.

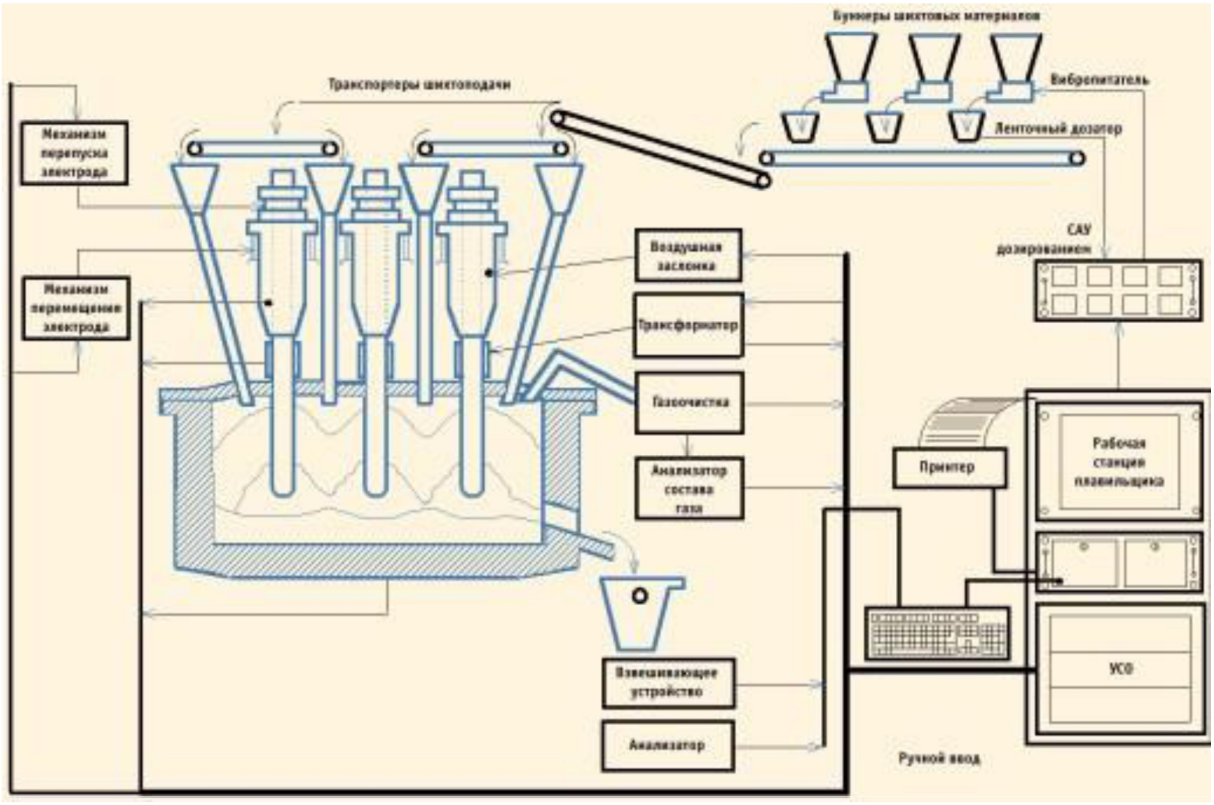


Рис. 1. Структурная схема АСУ ТП выплавки сплавов на основе кремния

Основные функции системы:

- сбор, подготовка и выдача технологическому персоналу оперативной информации о ходе технологического процесса, включая нарушения и отказ средств контроля и оборудования;

стабилизация активной мощности печи при равномерном ее распределении по электродам;

- управление режимом спекания и перепуска электродов и оценка положения реакционной зоны в ванне печи;
- контроль баланса углерода в ванне печи и выдача рекомендаций по составу шихты и корректирующим добавкам;
- обмен информацией с АСУП завода.

Использованные технические и программные средства

Техническое обеспечение системы включает в себя:

● средства получения информации о состоянии электропечного агрегата (использованы общепромышленные датчики и преобразователи производства Украины и стран СНГ);

● средства вычислительной техники (применены промышленные компьютеры фирмы Advantech);

● средства локального регулирования и управления (использованы существующие на объекте).

Состав технических средств управляющего вычислительного комплекса приведен на рис. 2. При его рассмотрении следует учитывать время создания системы, когда самым быстрым микропроцессором фирмы Intel был 386DX40. Однако применение операционной системы реального времени QNX фирмы QNX Software System Ltd. (Канада) позволило даже на таком скромном, по сегодняшним меркам, ядре, как 80286-12 МГц/4Мбайт, успешно реализовать все функции системы и создать эффективное и надежное программное обеспечение с развитым интерфейсом оператора и большим количеством выходных документов (отчетных форм, видеограмм, трендов).

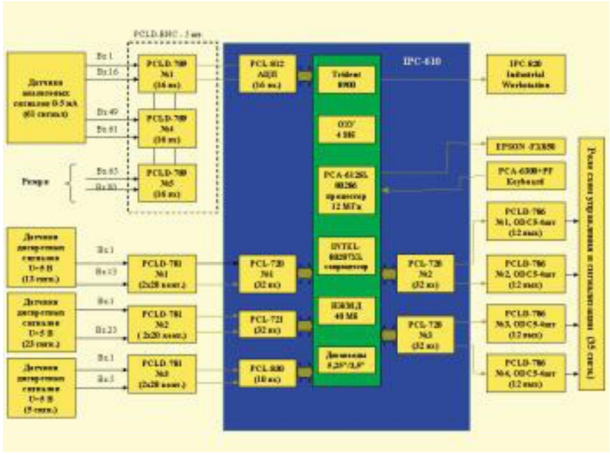


Рис. 2. Состав технических средств управляющего вычислительного комплекса

Кроме минимизации стоимости аппаратуры, выбор базового системного программного обеспечения основывался на следующих соображениях.

● Должна быть обеспечена истинная многозадачность, так как необходима параллельная работа драйверов УСО, модуля расчетных параметров, модуля интерфейса с оператором, шести управляющих алгоритмов, баз данных и протокола работы системы.

● Время реакции на внешние события должно быть жестким, так как необходимо со 100% гарантией успеть «схватить» электрод, находящийся в свободном падении.

● Система должна быть устойчива к сбоям: срабатывание охранного таймера PCL-6126 и перезагрузка компьютера «на ходу» не должны приводить к повреждениям файловой системы.

Функционирование системы

АСУ ТП «Ферросилиций» внедрена на модернизированной (с повышением мощности до 21 МВА) электропечи серии РКЗ 16,5 ОАО «Запорожский завод ферросплавов.» Электропечь снабжена тремя однофазными трансформаторами, обеспечивающими переключение ступеней напряжения под нагрузкой, гидравлическим приводом перемещения электродо-держателей и пневматическим механизмом перепуска электродов. В состав системы входят подсистемы: информационная, управления электрическим режимом, управления режимом спекания и перепуска электродов, управления шихтовым режимом.

Информационная подсистема предназначена для формирования базы данных, используемой при решении задач управления, а также для формирования мнемосхем,

выходных сообщений, документов и видеокадров, используемых оперативным персоналом.

Входная информация АСУ ТП представлена сигналами, вводимыми автоматически, и нормативно-справочной информацией (НСИ), вводимой с клавиатуры.

Параметры, вводимые автоматически:

- аналоговые сигналы: электрические параметры (токи, напряжения, активные мощности); температура (масла, воды, воздуха между мантелем и электродом, газа в наклонном газоходе, кожуха печи, подины); расход (воздуха на обдув электрода, колошникового газа по печи); давление газа (под сводом, в напорном коллекторе); разрежение на наклонном газоходе, перепад давления на трубе Вентури, содержание в колошниковом газе H2, O2, CO и CO2, положение электрододержателей, уровень масла в баке переключателей ступеней напряжения;
- числоимпульсные сигналы: расход активной и реактивной энергии по печи, величина перепуска электродов;
- дискретные сигналы: признаки состояния «Включено» или «Отключено» технологического оборудования, конечное состояние электрододержателей, воздушных заслонок, положение переключателей выбора режима работы АСУ ТП и локальных систем (ручное/автоматическое) и т. п. Нормативно-справочная информация включает настраиваемые параметры и параметры, вводимые в темпе с процессом.
- Настраиваемые параметры: уставки и зоны нечувствительности для электрических параметров, температур, константы для перепуска и обдува электрода, коэффициенты для шихтового режима, минимальные и максимальные соотношения компонентов в шихте; дискреты корректировки соотношения компонентов в шихте и др.
- Параметры, вводимые в темпе с процессом: текущее значение концентрации кремния в сплаве, масса плавки физическая, содержание в плавке кремния, алюминия, серы, фосфора, углерода.

Ввод информации от всех датчиков выполняется с заданной частотой опроса. Ввод информации с пульта оператора технолога осуществляется по инициативе персонала.

Вся входная информация контролируется на достоверность по возможным границам.

При работе системы на экран монитора по выбору оператора выводится одна из четырех мнемосхем* (печного агрегата, системы газоочистки, охлаждения печных трансформаторов, перепуска и обдува электродов), а также видеокадры с информацией по электрическому режиму, перепуску электродов, шихтовому и технико-экономическому режимам. Имеется возможность оперативного изменения уставок и технологических границ параметров. Предусмотрены просмотр в режиме самописца и выдача на печать графиков изменения для более чем 40 различных параметров.

Значения технологических параметров, приведенных на мнемосхемах (рис. 3-5), сформированы имитатором, поскольку сведения о реальных режимах работы печи являются закрытой информацией Запорожского завода ферросплавов.

Мнемосхема печного агрегата (рис. 3) является основной. На ней приведены схематичное изображение печи с электродами и трансформаторами, основные параметры технологического процесса и отображение состояния выходных сигналов и сообщений по управлению процессом: увеличить (уменьшить) напряжение трансформатора, поднять (опустить) электрод, рекомендуемое соотношение кокса и железной стружки в шихте, выходные управляющие сообщения «Дать кокс (кварцит)» под соответствующий электрод и «Выпустить сплав».

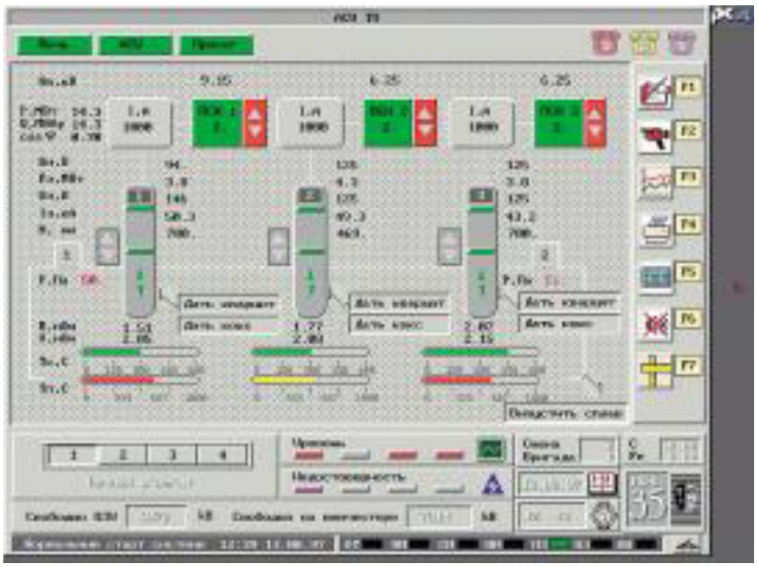


Рис. 3. Мнемосхема печного агрегата

При выходе автоматически вводимого параметра за установленные технологические границы его текущая величина на мнемосхеме окрашивается в красный цвет. Пиктограмма, изображающая красный телефон, переводится в режим мигания. Синхронно окрашивается в красный цвет соответствующая пиктограмма-указатель под поясняющей надписью «Уровень» в нижней части экрана, показывающая номер мнемосхемы, на которую выводится искомый параметр. Выдается сигнал «Звуковая сигнализация (громкая)». В протокол работы системы заносится сообщение о нарушении «Тревога» с указанием времени, даты, наименования и значения параметра. При возврате параметра в заданные границы в протокол заносится аналогичное сообщение, только признак «Тревога» заменяется на «Норма». При этом красная окраска текущей величины параметра и пиктограммы-указателя, а также мигающий режим красного телефона отменяются.

При значении параметра, близком к технологическим границам (в 5% зоне), его текущая величина на соответствующей мнемосхеме окрашивается в желтый цвет и в режим мигания переводится желтый телефон. Синхронно окрашивается в желтый цвет соответствующая пиктограмма-указатель под поясняющей надписью «Уровень» в нижней части экрана, показывающая номер мнемосхемы, на которую выводится искомый параметр. В системный протокол заносятся записи в соответствии с уже описанным алгоритмом с признаком «Внимание» и выдается сигнал «Звуковая сигнализация (тихая)».

При выходе параметра за установленные возможные границы его текущая величина на соответствующей мнемосхеме окрашивается в фиолетовый цвет. Одновременно фиолетовый телефон переходит в режим мигания. Синхронно окрашивается в фиолетовый цвет соответствующая пиктограмма-указатель под поясняющей надписью «Недостоверность» в нижней части экрана, показывающая номер мнемосхемы, на которую выводится параметр с отклонением. В протокол работы системы заносится сообщение с признаком «Недостоверность».

Аналогично функционируют мнемосхемы спекания и перепуска электродов (рис. 4), охлаждения трансформаторов (рис. 5) и газоочистки (рис. 6).

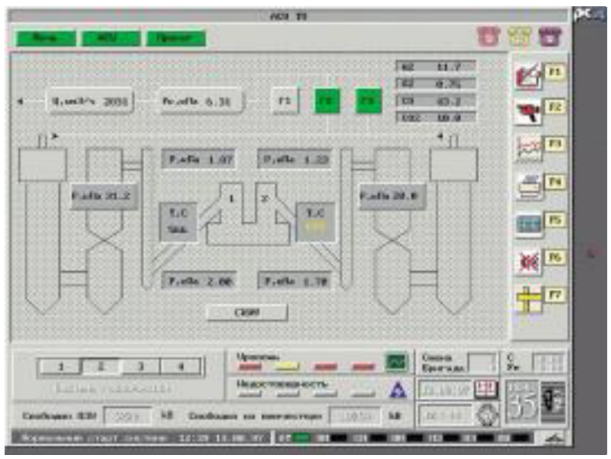


Рис. 4. Мнемосхема спекания и перепуска электродов

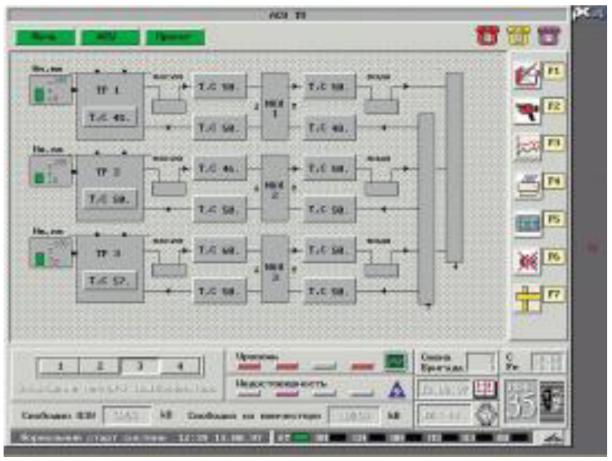


Рис. 5. Мнемосхема охлаждения трансформатора

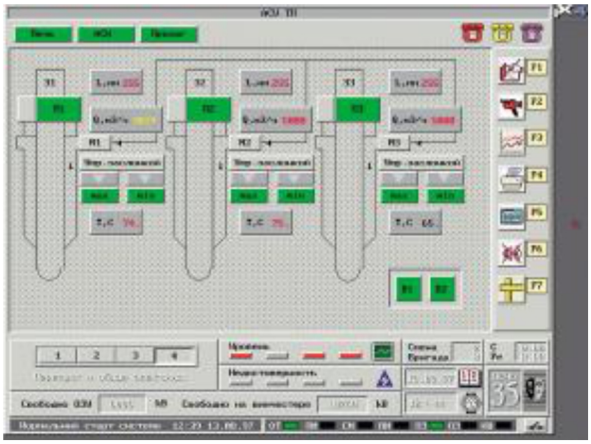


Рис. 6. Мнемосхема газоочистки

Информационной подсистемой формируется семь типов документов, хранящихся на жестком диске, которые могут быть вызваны на просмотр или печать в любое время: сменный рапорт почасового расхода электроэнергии, сменный и суточный рапорты работы печи, паспорт плавки, сменный и суточный рапорты плавок, протокол работы печи. Предусмотрено «скользящее» хранение документов и графиков изменения параметров в течение 6 суток.

Подсистема управления электрическим режимом предусматривает стабилизацию активной мощности, вводимой в ванну печи по каждому электроду, и в конечном итоге стабилизацию заданной активной мощности печи при условии соблюдения ограничений по току электродов. Подход к управлению электрическим режимом основан на работе печи с ограниченным перемещением электродов и с приоритетом работы на нижних конечных выключателях электрододержателей.

Выходная информация подсистемы — сигналы прямого управления переключателями ступеней напряжения печных трансформаторов, приводом перемещения электрододержателей, сообщения, выдаваемые оператору на ручную корректировку шихты в районе электродов, выпуск сплава и сигнал на отключение печи (при аварийной ситуации).

Подсистема управления режимом спекания и перепуска электродов предусматривает согласование между скоростью угара, скоростью коксования и величиной перепуска электрода при условии сохранности его механических свойств.

Выходная информация подсистемы — сигналы прямого управления локальной системой перепуска электродов и системой обдува электродов.

Подсистема управления шихтовым режимом предусматривает контроль баланса углерода в ванне печи, химсостава сплава и их стабилизацию за счет изменения навесок шихтовых материалов с учетом транспортного запаздывания тракта шихтоподачи.

Выходная информация подсистемы — рекомендуемое соотношение кокса и железной стружки, выдаваемое на устройство отображения (дисплей) и на устройство печати.

Уникальные особенности проекта

Определяющими электрическими параметрами ферросплавной печи являются активная мощность (Р), вводимая в ванну печи, и распределение ее в плавильном пространстве. Для данной конструкции электропечи, в зависимости от марки выплавляемого сплава, существует оптимальное значение Р, при котором обеспечивается заданная производительность, а удельный расход электроэнергии минимален. Кроме того, при прочих равных условиях производительность печи и удельный расход электроэнергии в значительной степени зависят от равномерности распределения активной (Рэ) мощности по электродам.

К уникальным особенностям проекта следует отнести автоматическое управление переключателем ступеней напряжения (ПСН) и перемещением электродов для целей равномерного распределения активной мощности по электродам. Практически все известные системы для трех электродных печей ограничиваются только автоматическим перемещением электродов, а переключение ступеней печного трансформатора осуществляется вручную.

Непосредственный ввод информации о номере ПСН печного трансформатора с помощью дискретных сигналов имеет ряд недостатков: низкую надежность и сложность регулировки механизма, связывающего ПСН с коммутатором, необходимость в дешифраторе, линиях связи, модулях ввода дискретных сигналов.

Попытки использовать метод автоматического определения номера ПСН по коэффициенту трансформации (Ктр) приводили к определению номера ПСН с погрешностью до трех ступеней.

В системе используется способ автоматического определения номера ступени ПСН, по которому рассчитанное значение Ктр автоматически корректируется с учетом влияния нагрузки и изменения внутреннего сопротивления трансформатора, что обеспечивает максимальную погрешность до одной ступени.

Важнейшим с позиций сохранности электротехнического оборудования и стойкости электродов является ток электрода (Iэ), значение которого не должно превышать допустимой величины.

Для ферросплавных печей, оснащенных устройством продольной компенсации, измерение Iэ выполняется в цепи вольтодобавочной обмотки. В связи с тем, что АСУ ТП установлена на печи без устройства продольной компенсации, Iэ определяется расчетным путем. При этом измеряется ток (I) на стороне высокого напряжения с помощью трансформаторов тока, соединенных в «звезду», а значение Iэ автоматически рассчитывается с использованием I и откорректированного коэффициента трансформации. Аналогично определяется значение активной мощности электрода.

После определения Iэ и Рэ традиционными методами рассчитываются другие параметры: активное и реактивное сопротивление цепи электрод-подина, коэффициент мощности и т. п.

Результаты внедрения проекта

Показатели эффективности системы управления подразделяются на явные, которые могут быть выражены количественными показателями, и неявные (проявляющиеся опосредствованно).

К явным источникам эффективности относятся:

● снижение удельных расходов электроэнергии, электродной массы, шихтовых материалов,

● повышение производительности электропечей.

Неявные источники эффективности:

● снижение аварийности, диагностика состояния технологического оборудования (ПСН, механизмов перемещения электрододержателей, трансформаторов и т. п.);

● накопление и совершенствование знаний о процессе (непрерывная регистрация данных о работе печи в нормальных, аварийных и предаварийных ситуациях);

● повышение качества управления, перенос опыта управления на печи, не оборудованные системами управления;

● улучшение условий труда обслуживающего персонала;

● снижение затрат на профессиональную подготовку плавильщиков.

По сравнению с системой управления «Мастер» фирмы ABB, внедренной практически одновременно в цехе № 3, рассматриваемая система реализует дополнительно ряд функций, главными из которых являются

● автоматическое управление ПСН печного трансформатора;

● автоматическое управление перепуском электрода;

● контроль баланса углерода в ванне печи и выдача рекомендаций по составу шихты.

Использование надежного технического обеспечения в сочетании с развитыми программными средствами, реализующими оригинальные алгоритмы управления и «ноу-хау», позволили окупить затраты на создание системы в течение одного года.

Надежность и удобство в эксплуатации

Система довольно проста в эксплуатации, при этом в функции персонала входит:

● выбор режима функционирования системы (ручной/автомат);

● выбор параметров процесса (уставок) и ввод их с помощью клавиатуры в систему;

● осуществление контроля за функционированием системы и электропечного агрегата;

● анализ значения параметров процесса и принятие решений по устранению их выхода за установленные границы;

● выполнение рекомендаций системы по обеспечению баланса углерода в ванне печи.

При разработке мнемосхем использовались такие принципы, как лаконичность, автономность, акцентирование, пространственное соответствие, использование привычных стереотипов. Указанный подход позволил создать интуитивно понятный человеко-машинный интерфейс. По мнению плавильщиков, у системы один «существенный» недостаток: «она не бросает кокс с лопаты в печь, а только выдает рекомендацию сделать это». Пользователь системы — плавильщик, имеющий, как правило, средне-техническое или высшее образование, обучается работе с системой за две-три недели.

Система введена в эксплуатацию в январе 1995г. и работает круглосуточно. Основными воздействующими факторами окружающей среды являются мощные электромагнитные поля от электрической дуги и от печных трансформаторов, температура, запыленность. Особенно следует отметить устойчивую работу монитора рабочей станции IPC-820 в условиях мощных электромагнитных помех. За все время работы был только один выход из строя платы вывода дискретных сигналов PCL-720, связанный с тем, что при ее обслуживании в цепь 24 В ошибочно включили источник напряжения 220 В. Низкое качество питающего напряжения один раз в 2-3 дня приводит к тому, что система перезапускается. Перезапуск не влечет за собой фатального результата, т. к. при этом обеспечивается сохранение необходимой информации и выполнение всех функций системы.

Выводы

Система построена на программноаппаратной базе 1993-94 годов, выбор средств оптимизировался по критериям достижения максимальной надежности и функциональности в условиях жестких финансовых ограничений.

Время подтвердило стратегическую и тактическую правильность принятых решений:

- из разряда малоубедительной экзотики в мире контроллеров и специализированных рабочих станций индустриальные PC перешли в категорию наиболее перспективных средств автоматизации, все более вытесняющих закрытые системы.
- фирма Advantech превратилась из малоизвестного поставщика клонов лабораторного УСО в одного из крупнейших мировых производителей промышленных компьютеров, технические решения которого стали стандартом де-факто и дублируются теперь более мелкими фирмами;
- QNX Software Systems Ltd., благодаря реализации своих революционных идей, захватила около 80% рынка операционных систем реального времени для PC.

Принятая ориентация на резкое уменьшение показывающих, самопишущих приборов и перевод их функций на экран монитора и в дисковую память компьютера себя оправдала, но существование традиций и психологического барьера у технологов не позволило полностью отказаться от этих приборов при внедрении первых систем.

Дальнейшая автоматизация ферросплавных печей будет развиваться за счет расширения функциональных возможностей систем управления, разработки более гибкого математического и программного обеспечения с элементами искусственного интеллекта.

4 Система контроля температуры металлургической печи

Авторы статьи: Александр Васильев, Владимир Заречнев

Приводится пример решения проблемы контроля температурного режима металлургической печи плавки в жидкой ванне с помощью IBM PC совместимого компьютера.

Металлургическая печь Ванюкова (ПВ) применяется на Балхашском горно-металлургическом комбинате для плавки медных концентратов в жидкой ванне с получением штейна, шлака и газообразных продуктов. Процесс плавки в жидкой ванне является одним из наиболее перспективных направлений в цветной металлургии. Поддержание заданного теплового режима плавки на штейн в ПВ является основой для получения хороших технологических результатов плавки [1]. Контроль за тепловым режимом ПВ осуществляется по температуре проточной воды в водоохлаждаемых медных кессонах, являющихся элементами кладки ПВ (рис. 1). Измерение температуры воды производится в 245 точках двадцати шести зон печи.

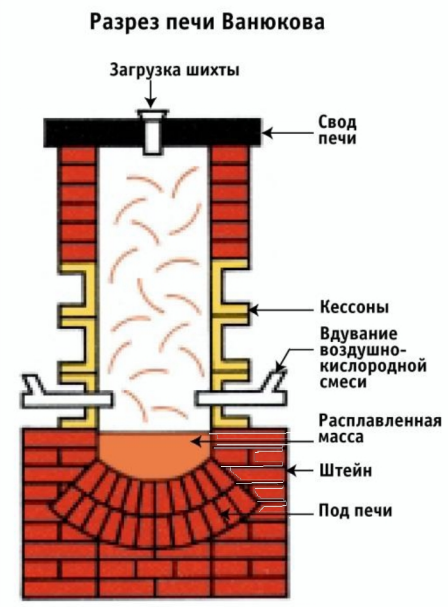


Рис. 1. Разрез печи Ванюкова. Упрощенная схема медеплавильной печи

Большое количество точек контроля температуры воды влечет за собой проблемы, трудноразрешимые с помощью традиционных щитовых систем КИП. Во-первых, большое количество измерительных приборов трудно разместить на ограниченном пространстве щита КИП. Во-вторых, обслуживание большого парка измерительных приборов и сложных кабельных коммуникаций требует увеличения персонала КИП. В-третьих, затруднен обзор измерительных данных, разбросанных на большой площади щита КИП.

По исходной проектной схеме теплоконтроля температура охлаждающей воды измерялась шестнадцатью многоточечными регистрирующими приборами типа КСМ-4. Прибор КСМ-4 мог регистрировать на бумажной ленте одновременно 12 измерений. Эти приборы располагались на щите КИП, на удалении около 5 метров от оператора технолога. На щите КИП эти приборы занимали площадь примерно 4 квадратных метра.

Для отслеживания динамики теплового режима оператору печи ПВ было необходимо регулярно просматривать и расшифровывать 16 ленточных диаграмм на приборах КСМ-4, совершая для этого постоянно рейды к щиту КИП и обратно. К невысоким эргономическим характеристикам щитовой системы теплоконтроля добавлялись проблемы технического обслуживания сложной механики КСМ-4 и частых переналадок измерительных цепей.

Первая попытка заменить приборы КСМ-4 16-канальными групповыми преобразователями ГП А614-7 и вычислительным комплексом СМ/2МТВСО осталась нереализованной, так как требуемой надежности системы теплоконтроля эта техника не обеспечивала.

Далее, в 1989 г. для замены приборов КСМ-4 была разработана схема контроля температуры охлаждающей воды в кессонах на базе 16-канальных измерительных групповых преобразователей ГП А614-7. Этими групповыми преобразователями управлял специально для этой цели спроектированный цифровой автомат, циклически обегавший точки контроля температуры и показывавший результат каждого текущего измерения в цифровом виде на неоновых индикаторах типа ИН. Неоновые индикаторы размещались вблизи рабочего места оператора, и бегать от пульта оператора к щиту КИП для просмотра диаграмм уже не было необходимости.

В 1992 г. был разработан улучшенный вариант системы теплоконтроля на базе микроЭВМ «Электроника-60», цветного телевизора Ц-202, блока отображения СОДИ-4 [2], двух 100-канальных измерительных коммутаторов Ф2111 и измерительного преобразователя Ф268. Эта компьютерная техника решала задачи теплоконтроля почти как нужно, но работала при температуре окружающей среды не выше +35°С. Поэтому она была размещена в отдельной гермозоне операторской ПВ с встроенным кондиционером типа БК. Однако постоянные проблемы с этими кондиционерами вынудили искать компьютерные средства, не столь требовательные к температуре окружающей среды. Поэтому, когда мы увидели проспект Octagon Systems, то решили, что MicroPC — это то, что нужно для теплоконтроля ПВ. В конце 1996 г. мы приобрели 2 комплекта MicroPC и блоки серии ADAM 4000 фирмы Advantech. В марте 1997 г. новая система теплоконтроля уже работала на ПВ. От прежней системы теплоконтроля в ней остались только коммутаторы Ф2111.

Первоначально мы намеревались для создания программ теплоконтроля использовать одну из SCADA-систем, чтобы просто «нарисовать» теплоконтроль. Но из-за сжатости сроков создания новой системы теплоконтроля был все же выбран вариант программирования «по старинке», так как не оставалось времени для изучения более чем 800-страничного технического описания имевшейся в наличии SCADA-системы и приобретения достаточного навыка работы с ней.

Из языков программирования предпочтение было отдано Бейсику, так как в техописании блоков серии ADAM 4000 имелись примеры программирования на этом языке.

Разработка программ для системы теплоконтроля велась в DOS 6.22 на обычном персональном компьютере, состыкованном с макетом системы теплоконтроля. Отлаженные исполнительные модули программы переписывались затем во флэш-память MicroPC, после чего система теплоконтроля могла стартовать автоматически после включения питания.

Первый модуль программы работал на объекте уже через неделю после начала программирования на макете системы теплоконтроля. Программирование полного набора функций теплоконтроля было завершено в течение одного месяца. Объем программы около 1100 операторов на Бейсике, включая комментарии.

Система теплоконтроля (рис. 2) рассчитана на ввод и отображение данных по температуре от 245 медных термометров сопротивления типа ТСМ-0879 гр50М. Однако количество измерений может быть без проблем расширено до 300 и более.

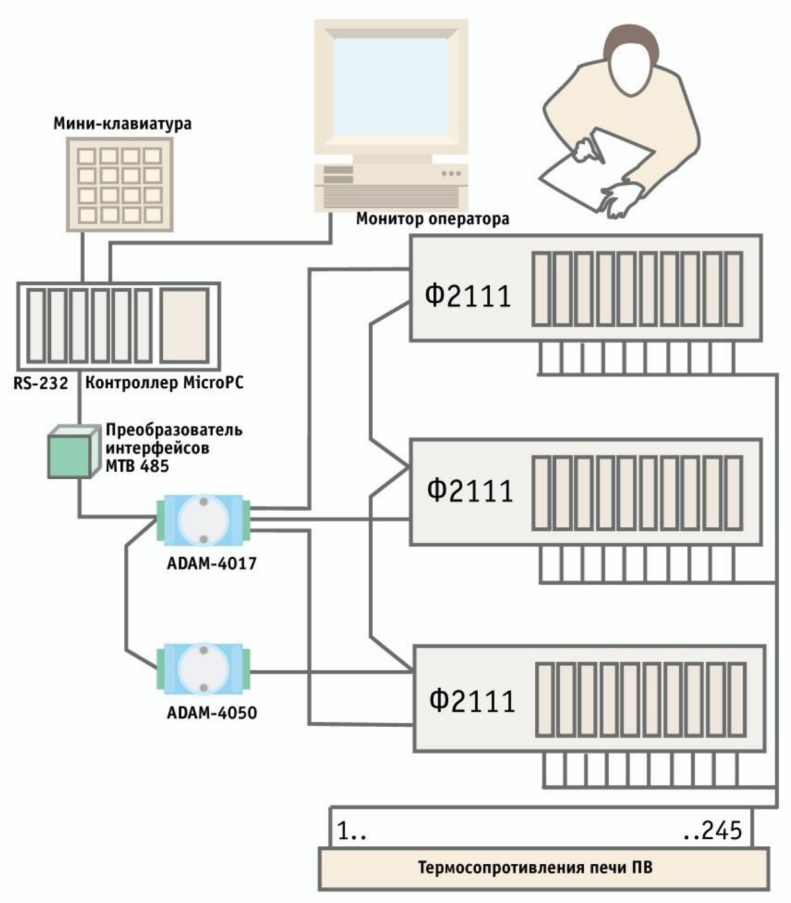


Рис. 2. Блок-схема системы теплоконтроля печи

Микрокомпьютер MicroPC смонтирован в металлическом ящике от группового преобразователя А614-7 и установлен под столешницей пульта оператора ПВ. Блоки ADAM также смонтированы в ящике А614-7 (рис. 3), установленном в другом помещении в непосредственной близости от коммутаторов Ф2111 (рис. 4).

Рис. 3. Модули связи с объектом

Рис. 4. Шкаф аналоговых коммутаторов Ф2111

Связь микрокомпьютерного блока с блоками ADAM производится через телефонный кабель по интерфейсу RS-485 со скоростью обмена 9600 бод. Три коммутатора Ф2111, оставшиеся от прежней системы теплоконтроля, установлены в отдельном помещении КИП, находящемся вблизи ПВ.

Данные измерения температур выдаются на экран монитора различными способами:

- в виде цифровой таблицы с разбивкой по зонам охлаждения печи и обозначением превышения температуры красным цветом;
- в виде четырех столбиковых диаграмм; если температура не превышает установленную, то столбики зеленые, иначе красные (рис. 5);
- в виде суточного тренда разницы температуры между сливной и напорной водой левой стороны первичного контура охлаждения печи (рис. 6);
- в виде мнемосхемы первичного и вторичного контуров охлаждения печи (рис. 7).

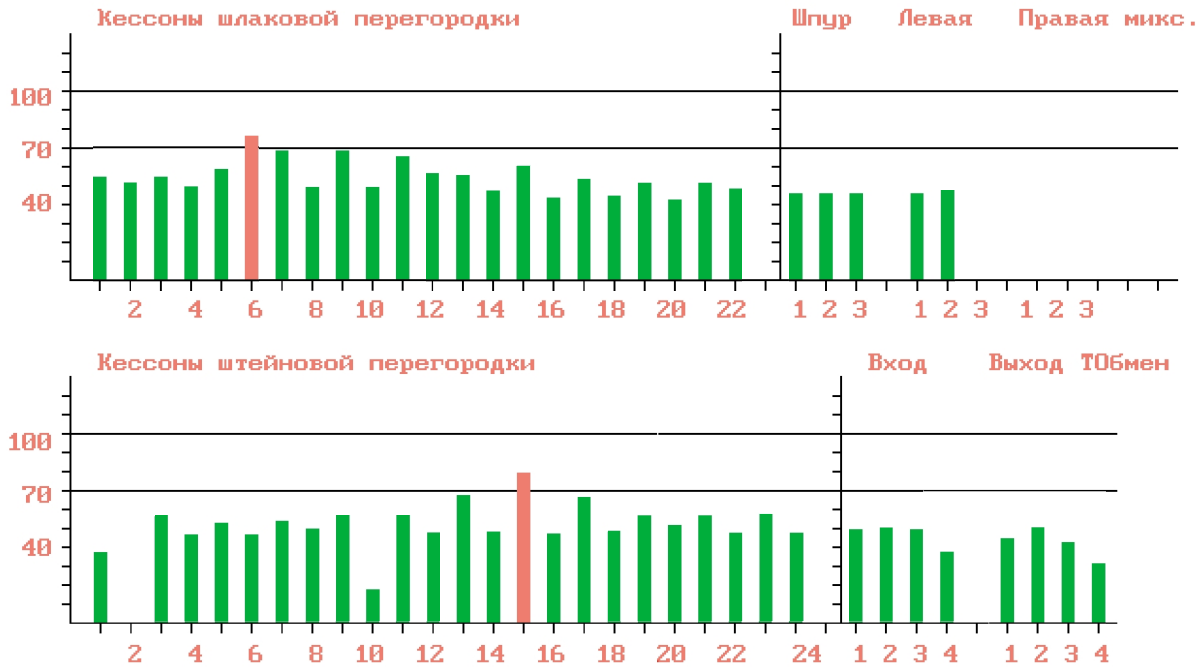


Рис. 5. Температурные профили по отдельным зонам контроля

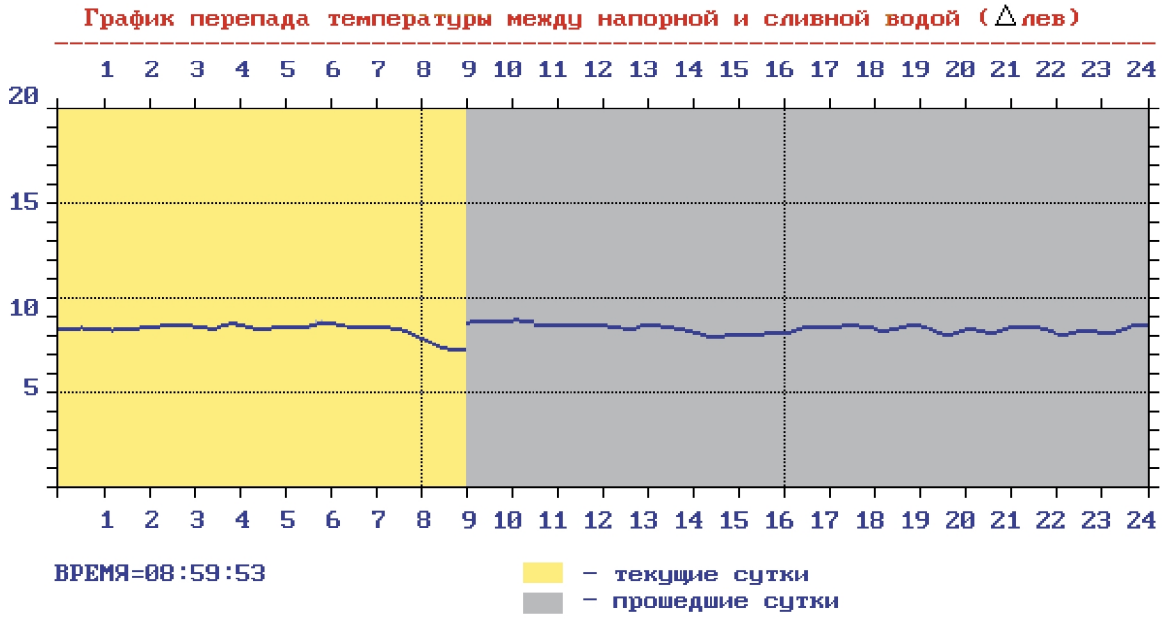


Рис. 6. Суточный график разности температур в системе охлаждения

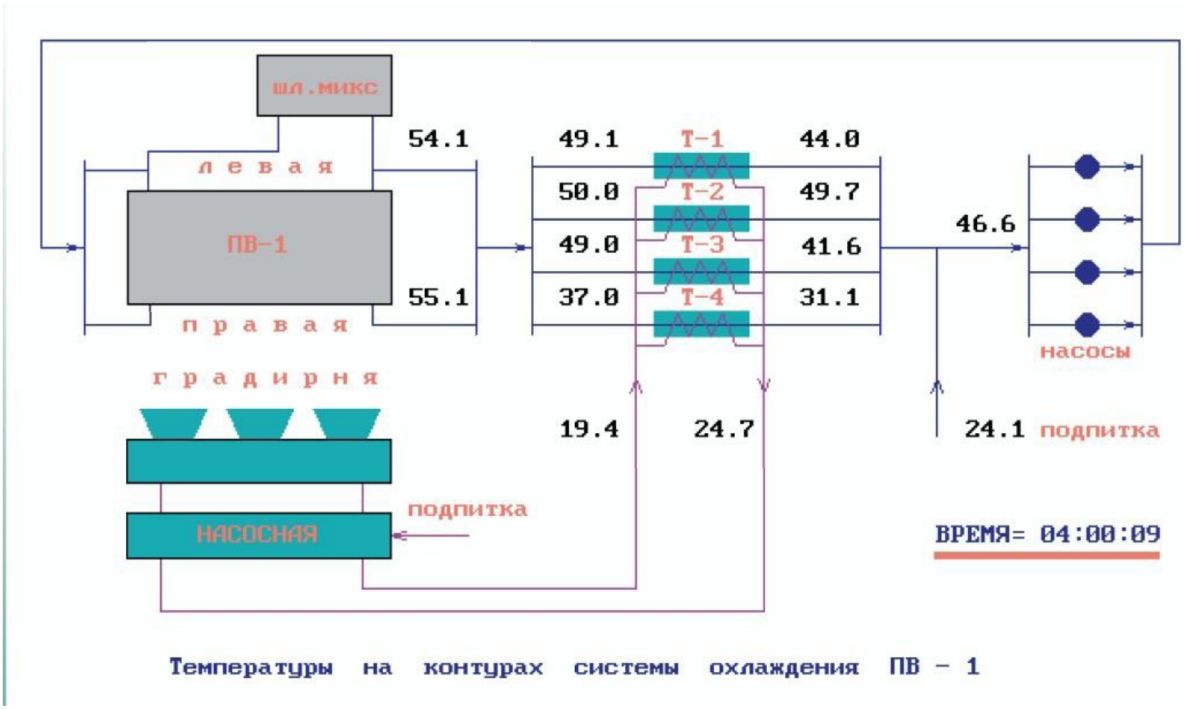


Рис. 7. Схема контура охлаждения печи

Переключения с таблицы на диаграммы, мнемосхему, график и обратно производятся с помощью мини-клавиатуры в индустриальном исполнении.

Программа MicroPC производит через блок ADAM-4050 циклическое переключение коммутаторов с текущего канала на очередной. Затем выполняет чтение милливольтовых потенциалов с подключенных коммутаторами терморезисторов и преобразует значения милливольтовых потенциалов в температуры. Преобразование милливольтового потенциала в цифровой код осуществляется блоком ADAM-4017. Данные на экране обновляются после окончания полного цикла переключений коммутаторов. Длительность полного цикла переключений около двух минут. Оператор может переключать вид представления информации на экране монитора в любое время вне зависимости от состояния цикла переключений коммутаторов.

Система теплоконтроля была спроектирована, смонтирована, налажена и введена в действие менее чем за месяц, и уже «на ходу» в нее был введен полный набор функций, предусмотренный техническим заданием. С момента пуска системы теплоконтроля в марте 1977 г. отказов в работе оборудования системы теплоконтроля не было, несмотря на то, что максимальная температура окружающей среды летом доходила до +40°С.

По отзывам плавильщиков, они наконец-то получили ту систему теплоконтроля, которая им нужна. У наладчиков КИП свелись к минимуму проблемы с техническим обслуживанием системы теплоконтроля, в регламенте которого в основном осталась очистка поверхностей оборудования от пыли. Стали ненужными гермозона площадью около 10 кв. м. и досаждавшие нам кондиционеры.

В дальнейшем предполагается подключение к системе теплоконтроля удаленного принтера для печати протоколов теплового режима работы печи. Планируется разработка подобных проектов и для других объектов металлургического производства, на которых имеются проблемы с большим количеством точек контроля температур.

5 Система управления стендом сушки и высокотемпературного разогрева сталеразливочных ковшей

Авторы статьи: Виктор Спирин, Андрей Савин, Владимир Чистяков, Илья Саган, Антон Добшиков, Александр Бельков

В статье описана архитектура системы управления для установки разогрева сталеразливочных ковшей в металлургическом производстве. Рассмотрены вопросы программной реализации требуемых законов управления технологическими режимами.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время на большинстве металлургических комбинатов России для разливки стали из сталеплавильных агрегатов применяются ковши, футерованные огнеупорным кирпичом. Электросталеплавильное производство Орско-Халиловского металлургического комбината (ОАО «Носта» – рис. 1) переходит на футеровку сталеразливочных ковшей монолитной огнеупорной массой австрийской фирмы ФайчРадекс. Использование монолитных материалов позволяет существенно увеличить срок службы огнеупорного слоя и в итоге уменьшить издержки на эксплуатацию ковшей.

Рис. 1. Орско-Халиловский металлургический комбинат

Ковш после ремонта футеровки не обходимо высушить и нагреть для приема стали примерно до 1000... 1200°С. Высокая температура футеровки необходима, чтобы уменьшить тепловой удар при контакте с расплавленной сталью (ее температура около 1600°С). Постепенности процесса сушки при дается особенно большое значение, так как при резком разогреве влажной футеровки или в случае контакта ее с расплавленной сталью возможно местное взрывное разрушение. Это приводит к уменьшению ресурса ковша, а в некоторых случаях и к возникновению аварийных ситуаций («уход» расплавленного металла).

Поэтому сушку и разогрев ковша с монолитной футеровкой необходимо производить по строго определенной температурно-временной диаграмме, регламентированной технической документацией фирмы ФайчРадекс на технологию футеровки монолитной массой.

Для ковшей, футерованных кирпичом, высокотемпературный разогрев по заданной временной программе также позволяет заметно увеличить ресурс футеровки, хотя требования к по степенности нагрева не такие жесткие, как в случае монолитной футеровки.

Ресурс футеровки любого ковша определяется количеством и глубиной циклов нагрева и остывания, связанных с разливкой очередной плавки и паузой между плавками.

Поэтому очень важна правильная цикличность всего процесса сталеплавильного производства и минимизация интервалов между разливками. Для уменьшения неизбежно возникающих циклических тепловых нагрузок на футеровку ков шей необходимо в паузах между плавками поддерживать высокую темпера туру футеровки.

Для решения всех перечисленных за дач применяют установки сушки и высокотемпературного разогрева футеровки сталеразливочных ковшей на основе различных газовых горелок. Мощность использующихся на комбинате горелок ГНП 9 недостаточна, чтобы обеспечить нагрев футеровки ковша до заданной температуры. Кроме того, эти горелки не обладают автоматической системой управления, не обходимой для правильной отработки временной программы сушки и разогрева. Чтобы разрешить указанные технологические проблемы, перед коллективом исполнителей была поставлена задача создания соответствующей промышленной установки.

СТЕНД СУШКИ И ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО РАЗОГРЕВА

В процессе решения поставленной задачи был спроектирован, изготовлен и введен в эксплуатацию стенд сушки и разогрева сталеразливочных ковшей (рис. 2).

Рис. 2. Стенд сушки и разогрева сталеразливочных ковшей

Стенд оборудован крышкой, футерованной каолиновым фетром, в которую вмонтирована двухконтурная газовоздушная турбулентная пульсирующая горелка с вихревой стабилизацией факела. Рабочая горелка снабжена дополнительной запальной горелкой с электрическим розжигом.

Данный проект является совместной разработкой Института прикладной металлургии (технологическое обеспечение), концерна «Струйные технологии» (разработка горелки, металлоконструкций стенда, газовоздушной арматуры), лаборатории НИОКР Миасского филиала Южно-Уральского Государственного Университета (система управления).

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ

Основной задачей системы управления (рис. 3) является отработка вы бранных оператором температурно-временных диаграмм с контролем всех основных параметров технологического процесса, а также немедленная ре акция на аварийные события в ходе нагрева. Кроме того, система должна обеспечивать диалог с человеком, включающий:

- информирование о текущих значениях параметров техпроцесса,
- редактирование температурно-временных диаграмм,
- отображение сообщений об аварийных событиях,
- ведение архива событий и его отображение (по требованию).

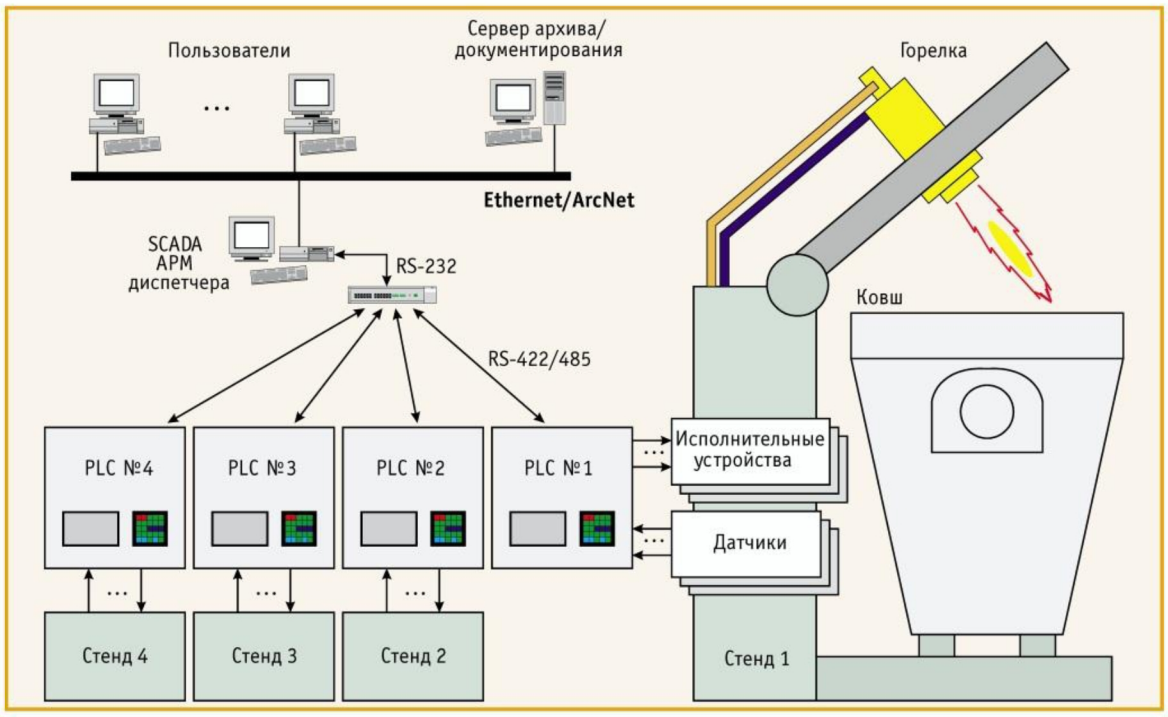


Рис. 3. Структура системы управления

Система управления (СУ) стендом сушки и разогрева сталеразливочных ковшей в своем стартовом исполнении реализована на базе программируемого логического контроллера (PLC) DirectLOGIC 205 с процессором DL250, поддерживающим операции с плавающей точкой. Данный контроллер имеет крейтовую архитектуру.

В качестве устройств ввода вывода использовались следующие стандартные модули:

- счетный модуль (D2 CTRINT),
- модуль ввода дискретных сигналов (D2 16ND3 2),
- модуль ввода сигналов с термопар (F2 04THM),
- модуль ввода сигналов с токовых датчиков (F2 08AD 1),
- модуль ввода сигналов с датчиков уровней напряжений (F2 08AD 2),
- модуль вывода дискретных сигналов (D2 16TD1 2),
- релейный модуль (F2 08TRS).

Конструктивно аппаратура СУ смонтирована в промышленных шкафах фирмы Schroff с габаритными размера ми 600·600·220 мм и со степенью защиты IP66 (рис. 4). В качестве внутри шкафного кросса использованы клеммные колодки WAGO.

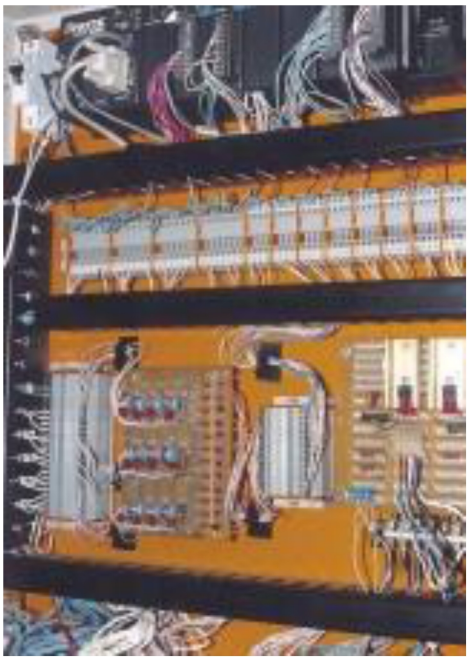


Рис. 4. Размещение контроллера в шкафу

Оператор стенда выбирает режим сушки или нагрева ковша при помощи одного двухпозиционного тумблера и пяти кнопок. Положение тумблера за дает тип нагрева: ручной (отработка статической уставки по мощности горелки) или автоматический (исполнение выбранной температурно-времен ной диаграммы). В зависимости от положения тумблера нажатие одной из пяти кнопок задает режим нагрева и запускает техпроцесс.

Для отображения основных параметров техпроцесса, а также для обеспечения диалога с оператором технологом в части редактирования параметров диаграммы и статических уставок по мощности горелки использована панель оператора DV 1000 (рис. 5).

Рис. 5. Панель оператора

Языком программирования контроллера является язык релейных диаграмм (LD – Ladder Diagram), соответствующий стандарту МЭК 61131 3 для программного обеспечения промышленных контроллеров. Имеется компьютерная интегрированная среда визуального программирования и отладки, при этом отлаженная программа загружается в энергонезависимую флэш память контроллера через стандартный интерфейс RS 232C.

Контроль температуры

Основной проблемой при разработке системы управления была задача контроля температуры ковша во время нагрева. Правила эксплуатации монолит ной защитной

футеровки ковшей требуют выдерживать температуру во всем диапазоне нагрева (от 50 до 1000°С) в пределах ±10% от номинала, заданного диаграммой (рис. 6). Экспериментальные замеры с периодом 1 час (46 точек) показывают удовлетворительную сходимость истинной и заданной диаграмм. Исключением является 42 й час, а точнее – температура 430°С, когда скважность газового клапана уже максимальная (100%) и открывается проходной клапан к параллельной газовой заслонке. Хотя угол открытия заслонки измеряется еще как нулевой, реальная «неплотность» узла приводит к ступенчатой добавке мощности в горелку. Указанная погрешность имеет аппаратную причину, не устранимую на данном этапе, и исчезает по мере роста температуры.

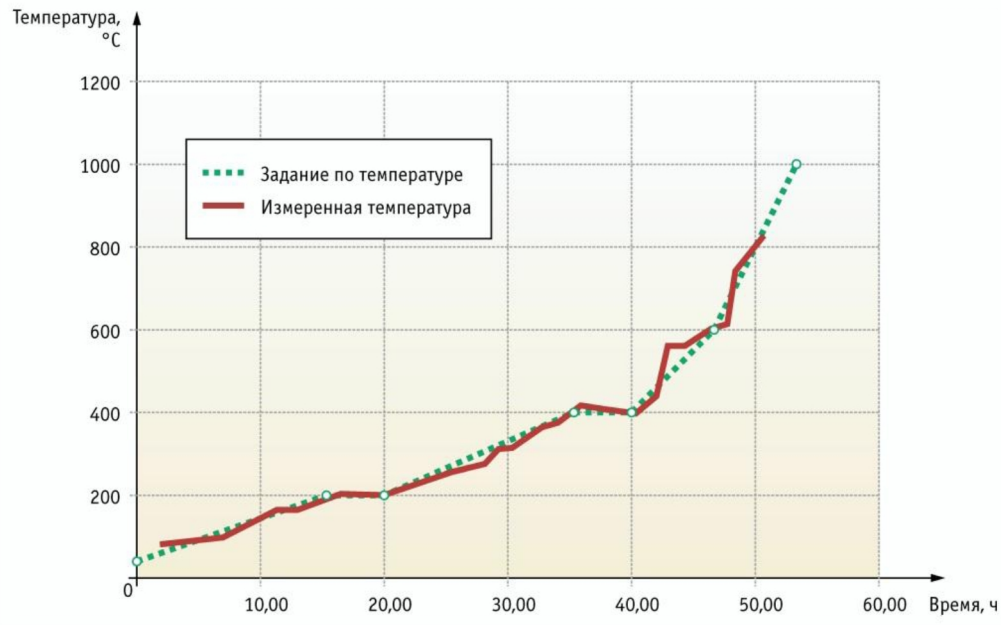


Рис. 6. Диаграмма нагрева ковша

При регулировании мощности горелки для замыкания обратной связи по температуре ковша было решено использовать показания термопар на футерованной крышке стенда, поскольку невозможно установить какие либо температурные датчики непосредственно на рабочий ковш. Эти данные носят косвенный характер, поэтому потребовался тщательный экспериментальный анализ для выявления корреляции между температурой крышки и действительной температурой футеровки ковша. Для этого был проведен нагрев экспериментального ковша (с установленными на его футеровке технологическими термопарами) в режиме ручного управления мощностью горелки в соответствии с заданной временной зависимостью температуры футеровки ковша. В результате была получена зависимость между темпера турой поверхности футеровки ковша(средняя по пяти точкам на внутренней поверхности ковша) и температурой футеровки крышки стенда (рис. 7), а также оптимальные соотношения рас хода воздуха и расхода газа для различных этапов сушки и разогрева. В дальнейшем эта зависимость была использована для автоматического регулирования по температурной диаграмме, заданной для поверхности ковша.

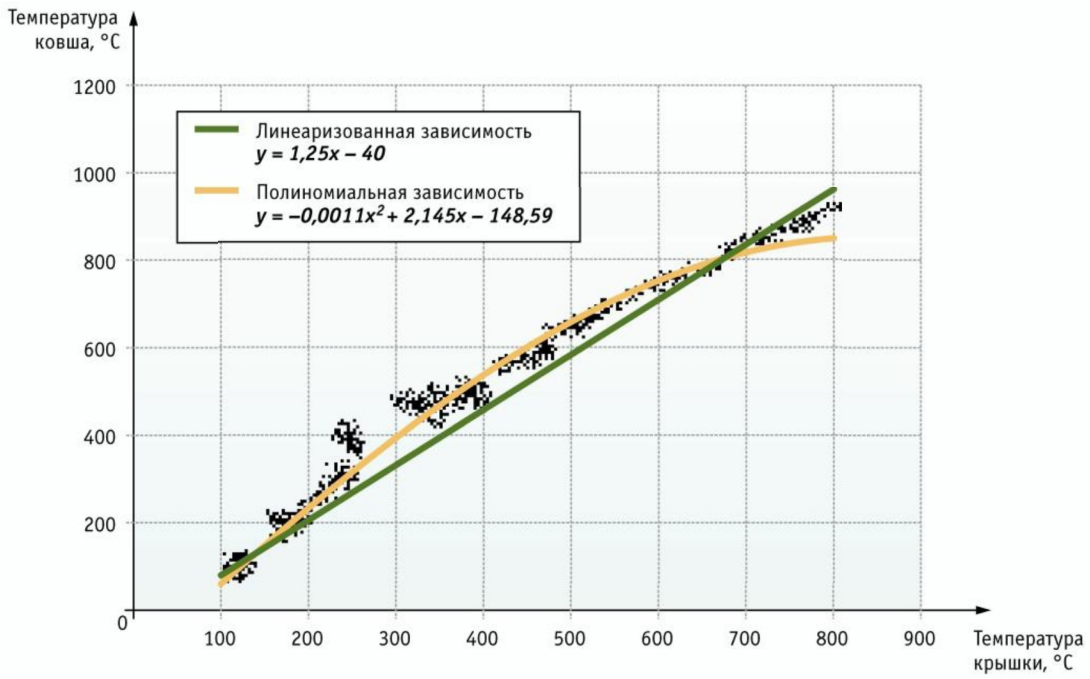


Рис. 7. Экспериментальная зависимость температур нагрева футеровки ковша и крышки

Кроме контроля температуры, требовалось также обеспечить ресурсосберегающий режим работы исполнительных устройств (газовых клапанов и приводов газовых заслонок). Для этого реализовано управление со знакозависимой зоной нечувствительности (рис. 8) в рабочем допусковом диапазоне D = ±5% от номинала.

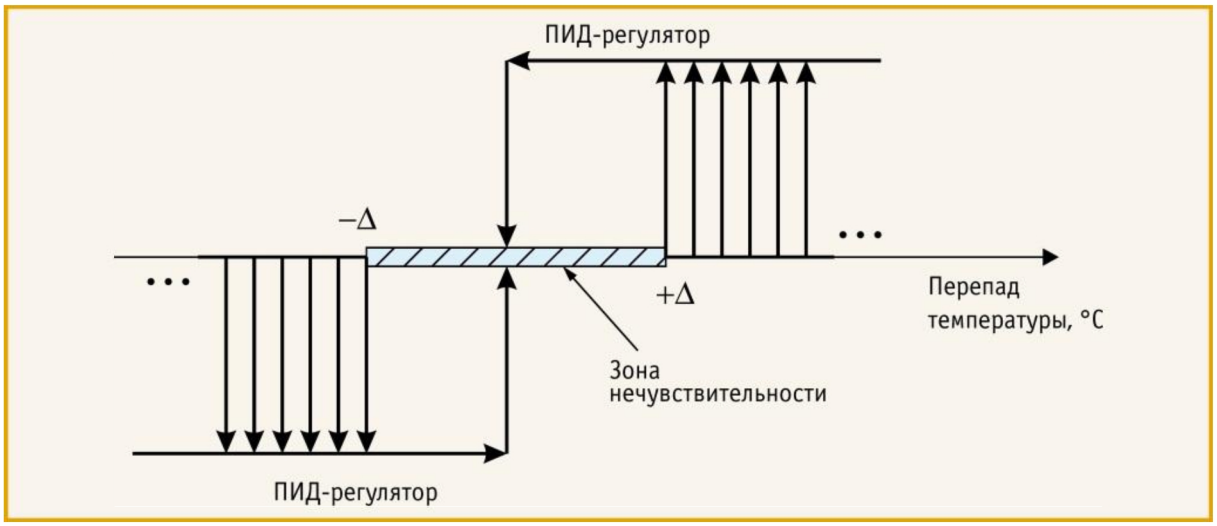


Рис. 8. Управление с зоной нечувствительности для исполнительных устройств

Особенности регулирования

Для разработки эффективной системы управления желательно было знать передаточную функцию объекта. Было известно, что первоначально термодинамическая модель ковша представляет собой последовательное соединение бесконечного количества апериодических звеньев первого порядка. Если футеровку ковша по мере продвижения от внутренней (внутриковшовой) поверхности к внешней броне разбить на некоторое количество условных слоев, то каждый слой, являющийся звеном чистого запаздывания по передаче температуры, нагреваясь под воздействием факела по экспоненциальной зависимости, по мере нагрева передает тепло следующему условному слою, и т.д. При стационарном тепловом воздействии через достаточно длительный промежуток времени

все условные слои оказываются «связанно» нагретыми, то есть многозвенная модель ковша с течением времени стремится к переда точной функции одного апериодического звена первого порядка со своей постоянной времени.

Для определения постоянной времени комплексного объекта, включающего в себя футерованный монолит ной массой ковш, закрытый футерованной крышкой стенда, был проведен натурный эксперимент. После подачи ступенчатого теплового воздействия мощностью 1 МВт были сняты показания термопар в крышке стенда. Вычисленная по результатам измерений постоянная времени объекта составила около 30 минут.

При выборе типа и параметров регулятора для системы управления был использован программный пакет математического моделирования VisSim v2.0 (рис. 9), который позволил визуально отработать модель поведения всей системы в целом. В качестве автоматического регулятора было выбрано пропорционально интегральное звено с постоянной времени 30 минут. Моделирование позволило отрабатывать уставку с высокой точностью и допустимым фазовым запаздыванием.

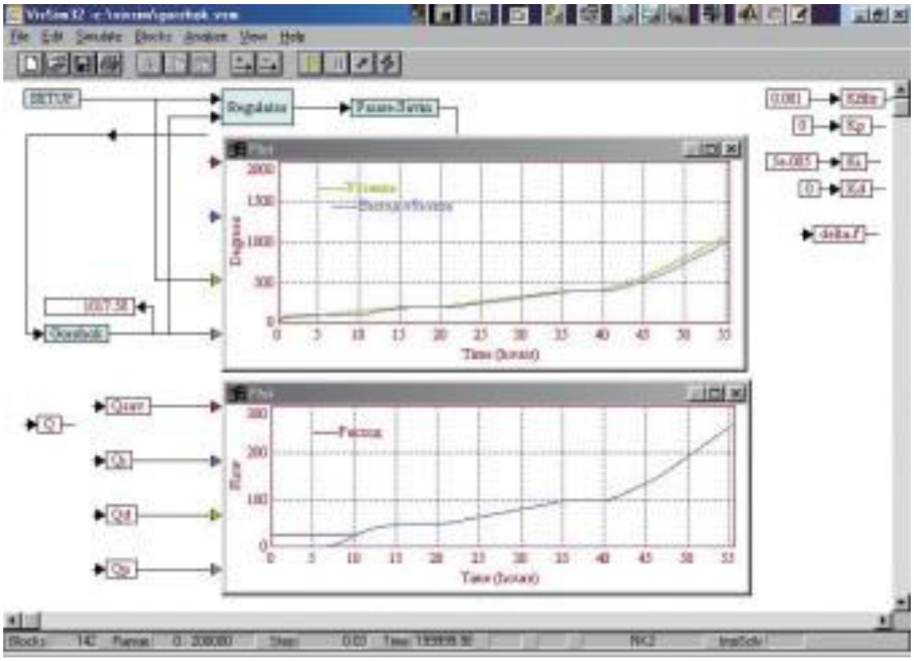


Рис. 9. Моделирование системы

В параметрах эмуляции VisSim было задано время пересчета, равное длительности цикла контроллера СУ (около 30 мс). Это позволило все коэффициенты ПИД регулятора (рис. 10) перенести на вычислительную платформу контроллера без какой либо корректировки, при этом взят коэффициент производной от ошибки Qd=0. В процессе разработки регулятора были учтены технические характеристики стенда: минимальная и максимально допустимая мощность горелки, нелинейности исполнительных механизмов (клапанов и заслонок в газовом и воздушном трактах горелки) типа «ограничение по уровню», «зона не чувствительности», «ограничение по скорости». Кроме того, с учётом двухконтурности горелки для разных уровней мощности предусмотрены соответствующие управляющие воздействия: ШИМ модулированное управление газовым клапаном для малых уровней мощности горелки и аверс/реверс электропривода газовой заслонки (до достижения нужного угла открытия) для верх него диапазона мощности горелки.

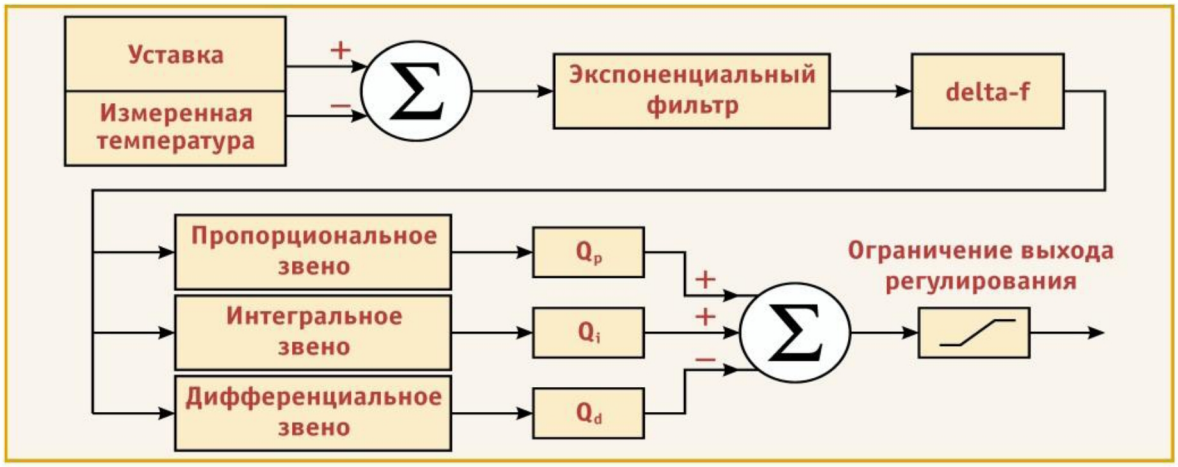


Рис. 10. Структура регулятора

Контроль параметров, анализ неисправностей

В течение всего процесса СУ отслеживает аварийные ситуации, такие как выход за допуск по давлению и расходу воздуха и газа, наличие пламени, правильность работы исполнительных механизмов и т. д. Все возможные неисправности разбиты на 2 группы.

1. Неисправности, не приводящие к автоматическому останову техпроцесса. В этом случае контроллер запрещает дальнейшее увеличение мощности горелки путем фиксирования уставки и выдает звуковой и световой сигналы оповещения.

2. Неисправности, приводящие к автоматическому останову техпроцесса (аварии). В этом случае контроллер производит гашение горелки, отсекает газ, выдает звуковой и световой сигналы оповещения и переходит в исходное состояние.

В случае возникновения аварийной ситуации характер световой и звуковой сигнализации позволяет определить тип аварии, а на символьной панели оператора высвечивается код возник шей неисправности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стенд сушки и разогрева сталеразливочных ковшей вертикального типа за пущен в опытно промышленную эксплуатацию в электросталеплавильном цехе Орско-Халиловского металлургического комбината (г. Новотроицк) в марте 1999 года.

По отзывам работников комбината, установка полностью справляется со своей задачей. Максимально упрощенное взаимодействие с оператором позволило персоналу легко освоить работу с установкой, манипулировать техно логическими режимами сушки и нагрева, отслеживать возникшие неисправности. Запуск техпроцесса осуществляется нажатием всего одной кнопки; все дальнейшие функции (розжиг, управление и контроль состояния процесса) система управления берет на себя. Переход между режимами сушки и высокотемпературного разогрева осуществляется «на лету», то есть без гашения горелки, что позволяет производить гибкую подготовку ковша к приему стали без потерь времени и тепловой энергии.

Экономический эффект от внедрения данной автоматизированной технологии изготовления и нагрева монолитной футеровки для сталеразливочных ковшей можно оценить следующим образом. Традиционная теплозащита позволяла выдерживать около 20 наливов на один ковш, после чего требовалась полная реконструкция слоя футеровки (общие затраты на такую операцию составляют до 1 млн. руб.). Ковш с новой монолитной футеров кой, проходящий термоподготовку на автоматизированном стенде нагрева, выдерживает до 460 наливов с небольшими доводками через каждые 70 наливов. Следовательно, вложенные средства окупаются ранее чем через год, обеспечивая далее стабильную годовую экономию не менее 5 млн. руб. на один ковш.

Начиная с февраля 2000 года, комбинат увеличивает количество стендов сушки и разогрева сталеразливочных ковшей (вертикальные и горизонтальные модификации).

В этих реализациях стендов для систем управления осуществляется запланированный переход на термостойкие и эффективные контроллеры типа 6050

Octagon Systems в сочетании с соответствующими адаптерами ввода вывода. Это позволит строить систему на плат форме операционной системы реального времени QNX с организацией сети контроллеров, включая SCADA/ HMI уровень АСУ ТП, с учетом после дующей интеграции комплекса в единое информационное пространство предприятия.

6 Программно-технический комплекс АСУ ТП газоочистки ферросплавных электропечей

Авторы статьи: Болат Святов, Николай Головачёв, Николай Титов, Владимир Трапезин, Анатолий Кривоносов, Валерий Корнейчук, Геннадий Фомин

Описан программно-технический комплекс АСУ ТП газоочистки ферросплавных электропечей № 11 и № 12 Аксуского завода ферросплавов (филиал ОАО ТНК «КАЗХРОМ»), введённый в эксплуатацию в декабре 2002 года.

ВВЕДЕНИЕ

В республике Казахстан вопросам экологии уделяется серьёзное внимание. Поэтому одной из первоочередных задач при модернизации производства на флагмане ТНК «КАЗХРОМ» — Аксуском заводе ферросплавов (АЗФ) — руководство данного предприятия наметило строительство и внедрение современных (с использованием АСУ ТП) комплексов газоочистки (ГО) ферросплавных электропечей (ЭП). В первую очередь такими комплексами оснащались ЭП № 11 и № 12 (рис. 1). Проект был выполнен харьковским институтом ГИПРОСТАЛЬ. Программнотехнический комплекс (ПТК) АСУ ТП ГО создавался специалистами корпорации «МАСТ-ИПРА» и ОАО «ХАРТРОН», ныне работающими в ООО «ХАРТЭП» упомянутой корпорации. Строительство, монтаж и наладка всех механизмов, установок, фильтров, дымососов и т.д. проводились АЗФ с привлечением соответствующих специализированных организаций. Ввод в эксплуатацию АСУ ТП был осуществлён специалистами ООО «ХАРТЭП» совместно с сотрудниками Управления автоматизации производства, информатизации и связи (УАИС) завода.

Рис. 1. Здание газоочистки на Аксуском заводе

Внедрение АСУ ТП по сравнению с применением в комплексах газоочистки только средств КИПиА позволяет перейти на качественно новый уровень контроля и управления технологическими процессами:

- повысить оперативность управления за счет централизованного получения в электронном виде объективных данных о технологическом процессе, их последующей обработки, учёта и отображения на соответствующих рабочих местах;
- повысить технологическую и производственную дисциплину в процессе управления газоочисткой за счёт реализации функций контроля технологических

параметров, учёта аварийных и предупредительных сообщений системы с регистрацией соответствующих действий технологического персонала;

● повысить надёжность работы технологического оборудования и контрольно-измерительных средств за счёт непрерывного контроля их исправности;

● повысить эффективность работы установок рукавных фильтров за счёт автоматической локализации неисправных элементов управления регенерацией и отключения нерабочих секций из тракта газоочистки;

● усилить контроль за качеством очистки за счёт установки пылемеров и автоматизированного ведения экологического мониторинга.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ГАЗООЧИСТКИ

В установке газоочистки осуществляются следующие основные технологические процессы:

● отбор газовоздушной смеси от электропечей № 11 и № 12 и её очистка в рукавных фильтрах,

● регенерация рукавов фильтра,

● пневмотранспортировка пыли из бункеров секций фильтра в общие бункеры-сборники пыли,

● выгрузка пыли из общих бункеров. Технологическая схема установки газоочистки приведена на штатной мнемосхеме (рис. 2). С ней непосредственно работает оператор, и для его удобства на мнемосхеме отображаются значения основных параметров, а также состояния клапанов, задвижек и двигателей.

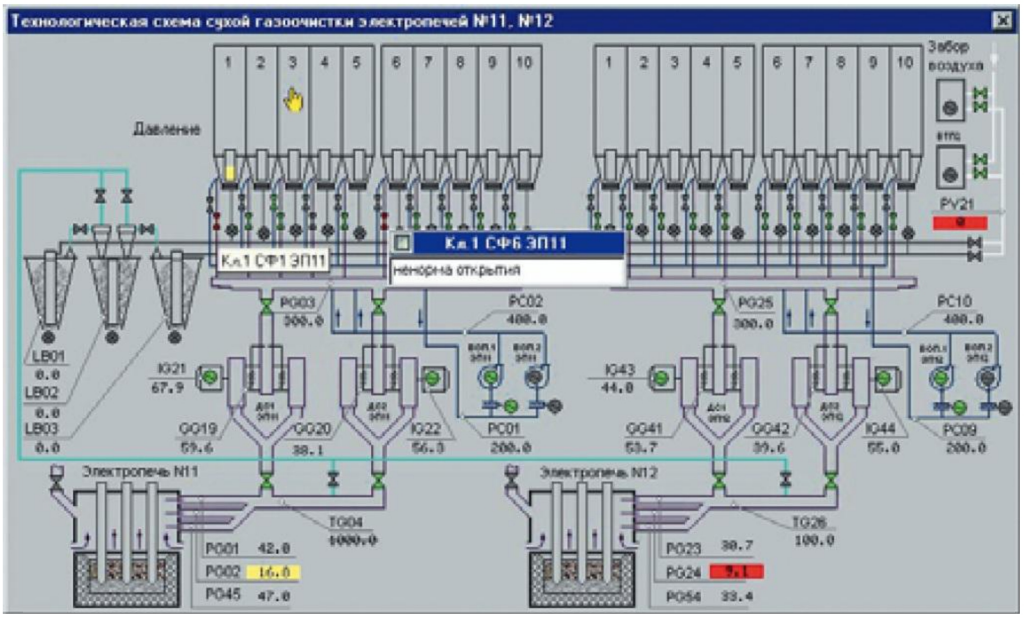


Рис. 2. Мнемосхема установки сухой газоочистки электропечей

Отбор газовоздушной смеси от каждой электропечи и очистка её от пыли осуществляются технологическим оборудованием, построенным по блочной схеме. В состав подсистемы очистки газовоздушной смеси каждой электропечи входит следующее технологическое оборудование: газопроводы, 2 дымососа (ДС) ДН-26х2-0,62, направляющие аппараты с приводами МЭО для регулирования потоков отбираемой каждым ДС от электропечи газовоздушной смеси, клапаны, установленные в каждом из 3 газоходов отбора газовоздушной смеси из-под «зонта» электропечи и имеющие приводы МЭО для регулирования разрежений газовоздушной смеси, клапан с электроприводом, установленный в шахте электропечи, клапаны на всасывание и нагнетание каждого ДС.

Приводы МЭО снабжены пускателями бесконтактными реверсивными (ПБР). Над каждой ЭП установленченном состоянии), направляющие аппараты с приводами МЭО и

ПБР, клапаны «прямой продувки» и клапаны «обратной продувки» с электроприводами (по одной паре на каждую секцию фильтра) и газопроводы «обратной продувки» рукавов секций фильтра.

Подсистема пневмотранспортировки пыли из бункеров секций фильтра является единой для обеих электропечей. В состав подсистемы входит следующее технологическое оборудование: 2 воздуходувки — турбокомпрессоры ТВ-200-1,4М1-01, винтовые конвейеры и шлюзовые питатели в бункере каждой секции фильтра, 3 общих бункера (сборники пыли со шлюзовыми питателями), клапаны и задвижки с электроприводами, воздухопроводы и пылепроводы транспортировки пыли, выгружаемой из бункеров секций фильтра в общие бункеры.

После окончания выгрузки пыли из бункера каждой секции фильтра электропечей № 11 и № 12 по сигналу датчика уровня либо по заданной оператором с верхнего уровня (ВУ) АСУ ТП продолжительности выгрузки пыли из одного бункера винтовой конвейер и затем шлюзовой питатель бункера этой секции фильтра выключаются.

Выгрузка пыли из общих бункеров в грузовой автотранспорт не автоматизирована и производится периодически по установленному графику.

Кроме автоматического управления механизмами газоочистки, предусмотрена возможность управления каждым механизмом ГО в ручном режиме управления: дистанционно — оператором с ВУ АСУ ТП или со щитов местного управления. Для установки режима управления на каждом щите мест «зонт», из-под которого по 3 газоходам через клапаны двумя дымососами непрерывно производится отбор газовоздушной смеси от электропечи и подача её под избыточным давлением через клапаны «Кл.1» в рукавные фильтры, сгруппированные в секциях 1-10.

Газовоздушная смесь, очищенная от пыли в секциях фильтра, выходит в атмосферу.

Допускается временная работа подсистемы отбора газовоздушной смеси по каждой электропечи на одном дымососе (при неисправности и её устранении в другом ДС) при малых объёмах газовоздушной смеси от «зонтов» электропечей.

Регенерация рукавов фильтра секций 1-10 для каждой электропечи производится независимо работающим, идентичным по составу технологическим оборудованием. В состав подсистемы регенерации рукавов фильтра газоочистки каждой электропечи входит следующее технологическое оборудование: 2 дымососа ДН-19М (один ДС работает, второй находится в резерве в выключенном состоянии), направляющие аппараты с приводами МЭО и ПБР, клапаны «прямой продувки» и клапаны «обратной продувки» с электроприводами (по одной паре на каждую секцию фильтра) и газопроводы «обратной продувки» рукавов секций фильтра.

Подсистема пневмотранспортировки пыли из бункеров секций фильтра является единой для обеих электропечей. В состав подсистемы входит следующее технологическое оборудование: 2 воздуходувки — турбокомпрессоры ТВ-200-1,4М1-01, винтовые конвейеры и шлюзовые питатели в бункере каждой секции фильтра, 3 общих бункера (сборники пыли со шлюзовыми питателями), клапаны и задвижки с электроприводами, воздухопроводы и пылепроводы транспортировки пыли, выгружаемой из бункеров секций фильтра в общие бункеры.

После окончания выгрузки пыли из бункера каждой секции фильтра электропечей № 11 и № 12 по сигналу датчика уровня либо по заданной оператором с верхнего уровня (ВУ) АСУ ТП продолжительности выгрузки пыли из одного бункера винтовой конвейер и затем шлюзовой питатель бункера этой секции фильтра выключаются.

Выгрузка пыли из общих бункеров в грузовой автотранспорт не автоматизирована и производится периодически по установленному графику.

Кроме автоматического управления механизмами газоочистки, предусмотрена возможность управления каждым механизмом ГО в ручном режиме управления: дистанционно — оператором с ВУ АСУ ТП или со щитов местного управления. Для установки режима управления на каждом щите местного управления (кроме щитов

управления шлюзовыми питателями общих бункеров и щитов управления дымососами) имеется соответствующий переключатель.

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ АСУ ТП ГАЗООЧИСТКИ

К основным задачам АСУ ТП газоочистки относятся следующие:

- автоматический периодический опрос значений технологических параметров и положения исполнительных органов с цветовым и текстовым отображением на мониторах АРМ;
- автоматический контроль появления предаварийных и аварийных значений параметров с отключением соответствующего оборудования при появлении аварийных значений параметров для предотвращения выхода его из строя, вплоть до выключения всей установки;
- автоматическое и дистанционное управление механизмами и приводами ГО электропечей № 11 и № 12;
- выполнение режима автоматического управления газоочисткой даже при полном выходе верхнего уровня АСУ ТП из штатной программы работы либо при обесточивании аппаратуры верхнего уровня АСУ ТП;
- автоматическое поддержание по каждой электропечи равенства потоков газовоздушной смеси, проходящих через дымососы № 1 и № 2, путём регулирования (выравнивания) токов нагрузки электродвигателей дымососов;
- автоматическое регулирование разрежения перед каждым клапаном, установленным в газоходах отбора газовоздушной смеси от электропечей в соответствии с технологическими заданиями, вводимыми оператором технологом с ВУ АСУ ТП, а также дистанционное управление с ВУ АСУ ТП каждым из этих клапанов;
- архивирование всей информации, поступающей от объекта, с возможностью её просмотра на верхнем уровне АСУ ТП за любой промежуток времени календарного года;
- автоматическое формирование протокола событий (фиксация с указанием времени возникновения всех нештатных ситуаций, восстановления их штатного состояния, а также действий оператора с использованием средств пользовательского интерфейса АСУ ТП) с возможностью просмотра его на ВУ АСУ ТП за любой промежуток времени календарного года;
- формирование отчетной документации по формам, согласованным с заказчиком;
- возможность распечатки на принтере трендов по любому измеряемому параметру, протоколов событий, отчётной документации за любой промежуток времени календарного года;
- обеспечение программных мер защиты от ошибочных действий персонала при эксплуатации.

СТРУКТУРА И СОСТАВ ПТК

Структурная схема ПТК АСУ ТП ГО представлена на рис. 3.

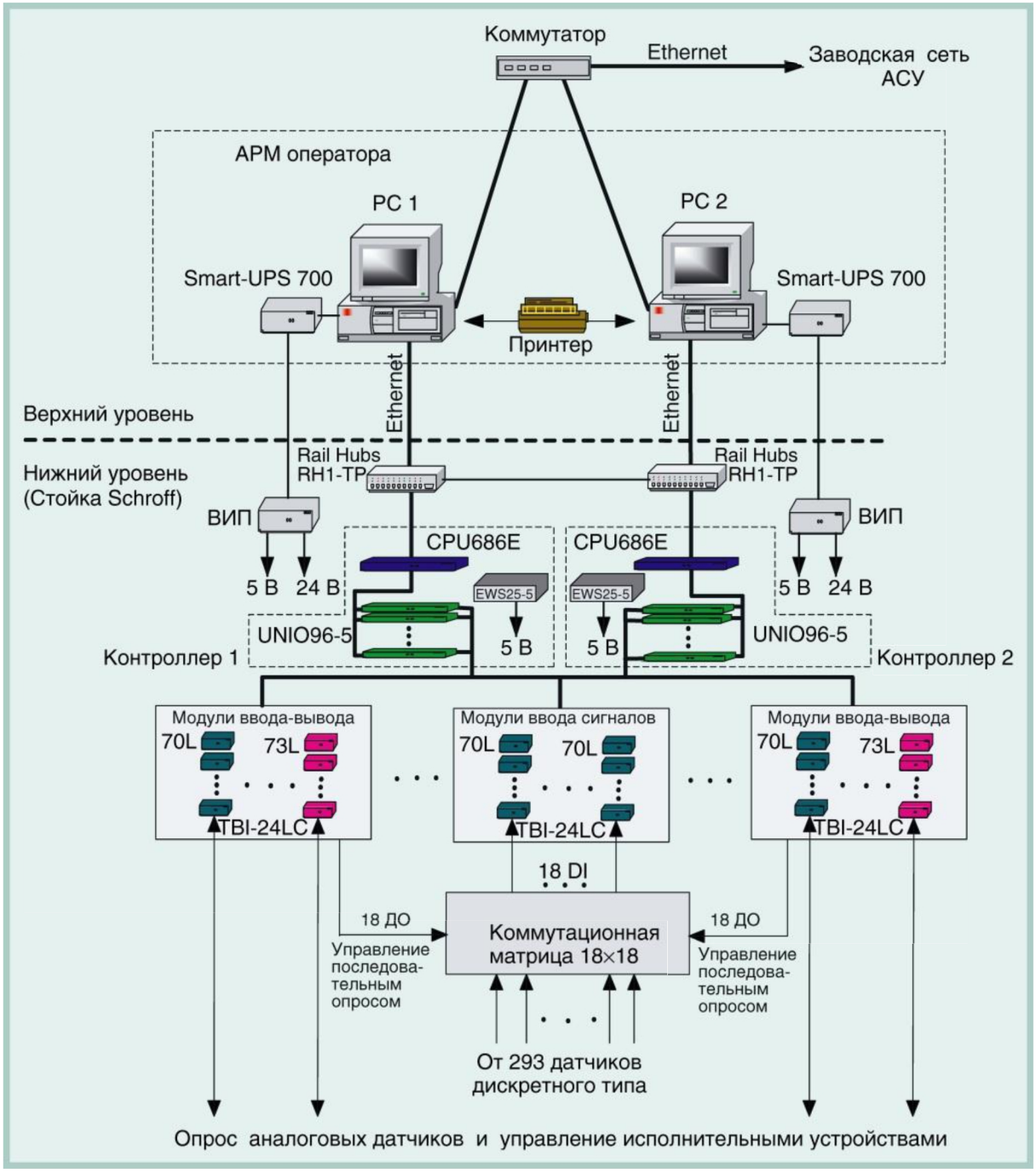


Рис. 3. Структурная схема программно-технического комплекса газоочистки электропечей

Условные обозначения: PC — рабочая станция; DI — дискретный входной сигнал; ДО — дискретный выходной сигнал; ВИП — вторичный источник питания.

Состав комплекса во многом определили требования технического задания по защите от пыли и обеспечению повышенной виброустойчивости используемых аппаратных средств. Данные требования были связаны с тем, что оборудование АРМ оператора и стойка с контроллерами планировались к установке в помещении операторской, куда может проникать токопроводящая пыль и где неизбежна вибрация пола из-за наличия в том же корпусе мощных дымососов. Всё это пришлось учитывать при проектировании.

В табл. 1 показано количество входных сигналов от датчиков и выходных сигналов на исполнительные устройства в АСУ ТП ГО электропечей № 11 и № 12.

Таблица 1 Входные сигналы от датчиков и выходные сигналы на исполнительные устройства АСУ ТП ГО электропечей № 11 и № 12

Тип сигнала	Характеристика или параметры сигнала	Количество
Дискретный входной	«Сухой» контакт	293
Дискретный выходной	~220 В; 1 А =24 В; 0,1 А	202 Всего: 222 20
Аналоговый входной	4...20 мА Сигнал от термопреобразователя сопротивления медного (ТСМ)	94 Всего: 124 30
Аналоговый выходной	—	0

В состав верхнего уровня ПТК входят:

1) рабочая станция (РС) верхнего уровня — 2 шт., каждая включает:

● системный блок в индустриальном исполнении фирмы Advantech (процессорная плата PCA-6179 с производительностью Pentium III и ОЗУ ёмкостью 128 Мбайт, накопитель на жёстком диске ёмкостью 40 Гбайт, шасси промышленного компьютера IPC-6806WHP с источником питания 150 Вт),

● видеомонитор с пылезащитным кожухом (конструктив 7709035) фирмы Rittal — 1 шт.,

● клавиатуру защищённую TKG-083-KGEN-PS/2-KY2 фирмы Indukey — 1 шт.;

2) принтер, подключаемый к одному из системных блоков РС и доступный для использования с любой РС — 1 шт.

3) источник бесперебойного питания Smart-UPS 700 фирмы APC — 2 шт.

В состав нижнего уровня ПТК входит одна стойка серии PROLINE (изготовления фирмы Schroff) с резервированным контроллером и нерезервированными платами TBI-24LC фирмы Fastwel с модулями ввода-вывода OpenLine серий 70L и 73L фирмы Grayhill. Общее количество плат TBI-24LC — 21 штука. Приём и выдача сигналов в стойку производится через клеммники фирмы WAGO. Общий вид стойки нижнего уровня ПТК приведен на рис. 4.

Рис. 4. Общий вид стойки нижнего уровня ПТК

Каждый контроллер включает:

● 8-слотовый каркас 5278 фирмы Octagon Systems;

● процессорную плату CPU686E фирмы Fastwel;

● 5 плат ввода-вывода UNIO96-5 фирмы Fastwel;

● блок питания EWS25-5 фирмы Nemic-Lambda.

Одноимённые входные или выходные контакты плат UNIO96-5 двух контроллеров подключаются к одному соответствующему контакту плат TBI-24LC, реализуя схему «монтажное ИЛИ».

С целью уменьшения количества входных дискретных модулей и соответственно плат TBI24LC входные сигналы вначале попадают на диодную коммутационную матрицу, а затем уже в уменьшенном количестве — на входные модули серии 70L (70L-IDC5B).

Программно обеспечивается последовательный во времени опрос каждым контроллером информации от матрицы и входных модулей серии 73L (73LII420 и 73L-ITR4100). Выдача сигналов на выходные модули серии 70L (70LOAC5A, 70L-ODC5) производится только из основного контроллера. При отказе основного и переключении на резервный контроллер выдача сигналов производится из резервного контроллера. Питание модулей ввода-вывода серий 70L и 73L производится через диодную развязку от резервированных вторичных источников питания (ВИП), построенных на модулях EWS100-5 и EWS15-24 фирмы NemicLambda. В свою очередь, каждый канал верхнего уровня и каждый ВИП запитываются от одного из резервированных источников бесперебойного питания Smart-UPS 700.

На клеммниках в цепях выходных модулей 70L-OAC5A в целях защиты от всплесков напряжения при коммутациях в сети 220 В, которые в реальных условиях эксплуатации достигают величин до 600 В, были установлены варисторы, полностью решившие задачу защиты модулей.

В состав сетевых устройств, объединяющих основной и резервный контроллеры нижнего уровня и рабочие станции верхнего уровня АСУ ТП в единую локальную сеть Ethernet, входят:

● коммутатор Ethernet RH1-TP серии Rail Hubs фирмы Hirschmann — 2 шт.;

● Ethernet-кабели (витая пара, категория 5).

Оригинальность реализованного решения по резервированию устройств нижнего уровня заключается в том, что удалось зарезервировать процессорный модуль и платы ввода-вывода UNIO96-5 без дополнительного специального коммутатора, хотя это потребовало серьёзного усложнения связей и прикладного программного обеспечения. Использованные в проекте модули ввода-вывода OpenLine — двухканальные, легко заменяются без демонтажа платы и имеют высокую надёжность, поэтому их резервирование было признано нецелесообразным. Исключение сделано только для модулей сигналов управления коммутационной матрицей (2×18 ДО), отказ каждого из которых может привести к искажению большого количества входных сигналов.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Программное обеспечение АСУ ТП создано с помощью инструментальных средств системы автоматизированного проектирования Синтар-2В разработки фирмы «Информатика» (г. Харьков).

Система Синтар-2В позволила реализовать все ранее сформулированные задачи АСУ ТП. Она состоит из подсистем верхнего (SCADA Синтар-В) и нижнего (SOFTLOGIC-система Синтар-2) уровней.

Синтар-В представляет собой полнофункциональную инструментальную систему, предназначенную для разработки программного обеспечения рабочих станций. Она включает библиотеку настраиваемых визуальных компонентов, которая обеспечивает широкий диапазон средств отображения и управления технологическими процессами.

Синтар-2 — это инструментальная система для создания программного обеспечения IBM PC совместимых контроллеров. Созданные программы загружаются в контроллеры и обеспечивают выполнение задач нижнего уровня АСУ ТП. В системе Синтар-2 поддерживаются 3 языка:

● графический язык СПРУТ (язык функциональных блоков);

● текстовый язык ЛОГАР (язык логических и арифметических формул, ориентированный на пользователей-непрограммистов);

● подмножество стандартного Паскаля (для пользователей-программистов).

ОСОБЕННОСТИ КОМПЛЕКСА И ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Отличительными особенностями разработанного программно-технического комплекса АСУ ТП газоочистки ферросплавных электропечей являются:

● высокая надёжность и помехозащищённость (наработка на отказ для используемых блоков, плат, модулей составляет не менее 100 тысяч часов, срок эксплуатации аппаратуры комплекса — не менее 10 лет);

● оригинальное решение по резервированию устройств, отказ которых может привести к неработоспособности всех или большинства механизмов комплекса газоочистки;

● гальваническая изоляция между входами и выходами аналоговых и дискретных сигналов с диэлектрической прочностью не менее 1500 В;

● обеспечение основной приведённой погрешности измерения аналоговых сигналов от датчиков не хуже ±0,5%;

● организация электропитания аппаратуры комплекса от 2 источников бесперебойного питания (основного и резервного) и контроля состояния первичной сети средствами ПТК (фиксация отключения сети, сопоставление времени отсутствия сети с возможностями аккумуляторов UPS, штатное выключение всего оборудования при приближении к предельному времени отсутствия сети);

● конструктивное исполнение аппаратных средств комплекса со степенью защиты IP54.

Система была введена в эксплуатацию в октябре 2002 года. Единичные сбои на начальном этапе не носили принципиальный характер и устранялись в рабочем порядке, в основном силами специалистов завода.

Успешный опыт эксплуатации ПТК АСУ ТП газоочистки электропечей № 11 и № 12 Аксуского завода ферросплавов подтвердил правильность изложенных технических решений.

7 Система управления процессом обжига электродных материалов

Авторы статьи: Станислав Сошкин, Александр Антонян, Геннадий Полторак, Николай Сорокин

В статье представлен опыт создания АСУ ТП обжига электродной продукции. Описаны структура и функции системы, эксплуатирующейся на Новочеркасском электродном заводе. Внедрение АСУ ТП позволило повысить качество электродной продукции и сократить расход топлива на обжиг.

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕХНОЛОГИИ ОБЖИГА

Обжиг «зелёных» заготовок является весьма важной стадией производства электродов и решающей, завершающей стадией в производстве обожжённых анодов. Обжиг и спекание связующего [1] являются на самом деле синонимами названия одного и того же технологического процесса, при котором коксопековая композиция превращается в монолитное изделие. Обжиг сопровождается сложными физико-химическими процессами в заготовках, происходящими в результате размягчения, дистилляции и коксования связующего – пека. На начальной стадии обжига, до температуры в теле заготовки 300…400°С, завершаются процессы смачивания и пропитки, которые не нашли полного развития в ходе смешения и прессования заготовок. В дальнейшем в результате усиленной дистилляции связующего происходят химические процессы, условно именуемые как «залечивание» труднодоступных пор и образование контактных мостиков между частицами коксовой шихты. И, наконец, при температурах порядка 1050...1100°С в заготовках образуется сплошная структурная решётка углерода. Очевидно, что при этом на качество всех реакций в процессе обжига и на свойства продукции значительное влияние оказывает температурный режим, то есть зависимость увеличения температуры заготовок от времени.

В России обжиг электродных заготовок осуществляется в многокамерных кольцевых печах закрытого типа со съёмным сводом. Общий вид такой печи показан на рис. 1. «Зелёные» заготовки загружаются в камеры печи, связанные каналами газоходов, и пересыпаются специальными шихтовыми материалами. Камера печи закрывается сводом из термопрочного материала. Далее находящиеся в камере заготовки и пересыпка подвергаются температурной обработке в течение 400-часового цикла. Нагрев от 120 до 1100-1200°С производится по заданному графику обжига со скоростью, определяемой набором физико-химических свойств изделий, которые необходимо получить. Для утилизации тепла, получаемого при работе камер с более высокой температурой, камеры объединяются в так называемую систему огня, состоящую из нескольких камер с постепенно повышающейся температурой обжига.

Рис. 1. Общий вид печи обжига электродных заготовок

Начиная с 50-х годов прошлого века, схема технологического процесса и оборудование для нагрева изделий практически не изменялись. Две диффузионные горелки, установленные в своде камеры, при давлении газа 3000 Па управлялись обжигальщиком вручную и позволяли вести процесс обжига по заданному графику с точностью –50…+30°С. Контроль процесса сводился к замеру температуры под сводом камеры и записи показаний на вторичном приборе (самописце). Очевидно, что кроме низкой точности соблюдения графика обжига заготовок, такой способ управления приводил к неоправданно высокому перерасходу топлива и значительному браку на переделе из-за большого перепада температуры по высоте камеры.

В начале 1996 году на Новочеркасском электродном заводе совместно с НПК «Югцветметавтоматика» были начаты работы по переводу обжиговой печи на импульсный режим сжигания газа при нагреве заготовок. Основными целями разработки и внедрения соответствующей системы управления были следующие:

- значительное повышение точности соблюдения режима нагрева заготовок;
- обеспечение равномерного разогрева камер печи;
- сокращение расхода дорогостоящего топлива;
- уменьшение влияния «человеческого фактора» на результаты технологического процесса.

Более подробно проблемы создания системы управления обжиговой печью обсуждаются в [2]. В результате выполненной работы впервые в отечественной практике на реконструированной обжиговой печи была внедрена АСУ ТП, позволившая исключить ручное управление пробковыми кранами подачи топлива и резко (почти в два раза) сократить расход топлива на обжиг. Точное поддержание температурного режима и уменьшение перепада температуры по высоте камеры привели к снижению выхода бракованной продукции.

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ И ОСНАЩЕНИЕ ПЕЧИ

Что же позволило получить такие результаты? Прежде всего, изменение схемы подачи топлива: вместо двух диффузионных горелок, используемых по традиционной схеме, она осуществляется при помощи пяти инжекционных импульсных горелок, установленных на передвижных рампах, каждая напротив своей кассеты. Сжигание топлива, в отличие от печей старой конструкции, производится в огневых шахтах, а не непосредственно над засыпкой материала. Подача топлива (природного газа) на сопло горелки происходит в импульсном режиме с заданными частотой и длительностью импульсов. Соотношение газ/воздух поддерживается автоматически за счёт инжекции воздуха, необходимого для оптимального сгорания газа, в моменты импульса газового потока, обеспечивающего требуемую кратность инжекции подсасываемого воздуха и скорость вылета газовоздушной смеси из кратера горелки.

Исполнительными органами в системе управления подачей газа служат электромагнитные клапаны, работающие с достаточно высокой частотой. Клапаны крепятся на входном патрубке горелок. Для контроля горения газа используются ионизационные датчики факела. Горелки с клапанами и датчики факела устанавливаются на специальной рампе, которая может быть совмещена со сводом камеры или перемещается отдельно при помощи цехового мостового крана. Рампы расположены непосредственно над огневыми колодцами. Общий вид рампы показан на рис. 2. Кроме рампы с исполнительными механизмами, на своде камеры монтируются термопары для контроля температуры газовой фазы в подсводовом пространстве. Значения заданного температурного режима и измеренной температуры являются основой алгоритма подачи топлива.

Рис. 2. Рампа обжиговой камеры с органами управления

Управление клапанами ведётся при помощи микроконтроллерных регуляторов расхода газа типа МРРГ-02, разработанных в НПК «Югцветметавтоматика» на базе PIC-контроллера 16C74. Для контроля температуры под сводом камеры используется термопара в чехле из бескислородной керамики. Контролируемое напряжение термопары при помощи преобразователей DSCA37S-06 производства компании Dataforth трансформируются в нормированный токовый сигнал 4...20 мА. Этот сигнал передаётся в МРРГ-02, где он оцифровывается и по шине RS-485 (протокол ModBus RTU) поступает в центральный контроллер. Использование выделенного преобразователя DSCA37S-06 обусловлено, во-первых, высокими температурами в зоне головки термопары и, во-вторых, высокими эксплуатационными характеристиками изделий такого рода компании Dataforth. После вычисления новых значений частоты и длительности импульсов подачи газа центральный контроллер пересылает эти значения в МРРГ-02, в котором генерируется последовательность соответствующих управляющих импульсов.

Кроме измерительной и управляющей частей системы управления, на рампе также монтируются обязательные устройства системы безопасности. В их состав входят ионизационные датчики контроля факела для каждой горелки и устройство защиты от погасания факела (УЗПФ), обрабатывающее сигналы от датчиков контроля факела и генерирующее сигналы тревоги для МРРГ-02. При получении такого сигнала МРРГ-02 блокирует на аппаратном уровне передачу управляющей последовательности импульсов на клапаны подачи газа и активизирует световой и звуковой сигналы тревоги на мнемосхеме печи. Кроме того, информация о погасании факела передаётся на центральный контроллер и фиксируется в отчёте тревог.

СТРУКТУРА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Система управления обжиговой печью имеет трёхуровневую иерархическую структуру, графически представленную на рис. 3.

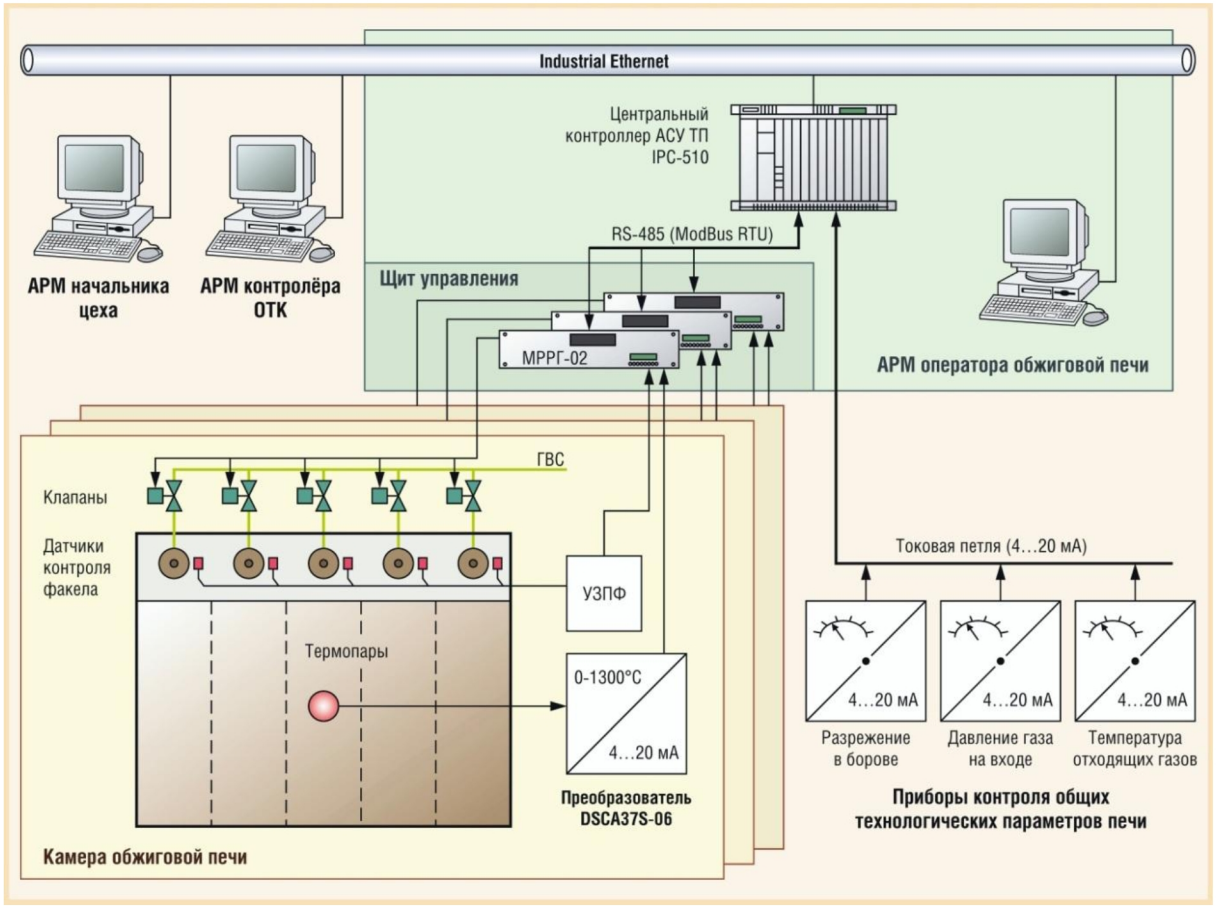


Рис. 3. Структура системы управления обжиговой печью

Условные обозначения: МРРГ — микроконтроллерный регулятор расхода газа; ГВС — газовоздушная смесь; УЗПФ — устройство защиты от погасания факела.

Нижний уровень системы представлен устройствами полевой автоматики и МРРГ-02. К устройствам полевой автоматики для каждой из тридцати камер печи относятся термопары и преобразователи сигнала температуры, клапаны импульсной подачи газа на горелки, ионизационные датчики и УЗПФ. Кроме перечисленных, в состав устройств полевой автоматики входят приборы контроля технологических параметров для печи в целом:

- температуры отходящих газов в первом и втором боровах печи,
- температуры отходящих газов до и после фильтра,
- температуры отходящих газов перед дымососом и перед дымовой трубой,
- разрежения на хвостовой камере в системе огня,
- давления природного газа на входе печи.

Все эти сигналы преобразуются при помощи соответствующих преобразователей в токовые сигналы и передаются на средний уровень.

Территориально приборы нижнего уровня расположены как непосредственно на камерах печи, в газоходах, на газорегулирующем устройстве, так и в операторском помещении. В частности, в операторском помещении располагается шкаф управления, на передней панели которого расположены регуляторы МРРГ-02 для каждой камеры печи и устройства световой и звуковой сигнализации; управление сигнализацией производится по сигналам, поступающим от УЗПФ и приборов контроля общих технологических параметров печи. Такое расположение оборудования упрощает контроль параметров и управление печью как в ручном, так и в автоматическом режиме, позволяет сосредоточить

органы управления несколькими печами в одном помещении и тем самым облегчить работу обслуживающего персонала.

Средний уровень системы управления предназначен для преобразования сигналов в цифровую форму, сбора данных с устройств МРРГ-02 и выработки управляющих воздействий для камер печи. Аппаратно средний уровень представлен промышленным контроллером, построенным на базе оборудования фирмы Advantech. Он состоит из 4U промышленного шасси IPC-510 с полноформатной PICMG процессорной платой PCA-6004. Для связи с МРРГ-02 использована интерфейсная плата PCL-740, а для оцифровки общетехнологических параметров печи – плата АЦП PCL-813 в комплекте с клеммной платой PCLD-8115D, на которой установлены необходимые пассивные фильтры. Использование здесь оборудования фирмы Advantech обусловлено тем, что оно показало высокие эксплуатационные качества в составе нескольких систем управления, уже использующихся на ОАО «Новочеркасский электродный завод», а также хорошим соотношением «цена/качество» и широкой номенклатурой разнообразных средств автоматизации. Внешний вид стойки управления обжиговой печи показан на рис. 4, стойка обеспечивает степень защиты IP54.

Рис. 4. Стойка управления обжиговой печи

Верхний уровень системы управления предназначен для представления управляющей и измерительной информации, хранения истории проведения цикла обжига и протоколирования его результатов. В состав оборудования верхнего уровня входит АРМ оператора печи на базе офисного компьютера, а также АРМ начальника цеха и контролёра ОТК. Эти компьютеры и контроллер системы управления объединены в сеть Industrial Ethernet (100 Мбит/с).

АРМ оператора печи является основным в составе верхнего уровня системы управления. При помощи мнемосхемы, отображаемой на мониторе (рис. 5), оператор может контролировать состояние печи. При помощи экрана ввода технологических параметров процесса обжига (рис. 6) можно изменять график обжига, время включения камер, контролировать общий темп огня. Для формирования и печати итоговой карты обжига электродных заготовок использован процессор таблиц Excel.

Рис. 5. Мнемосхема печи на экране АРМ оператора

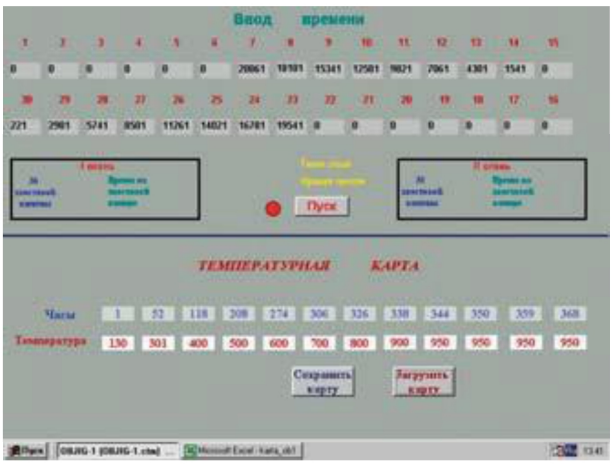


Рис. 6. Экран ввода технологических параметров процесса обжига

РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Внедрение принципиально нового способа сжигания газа позволило получить его экономию в пределах 50-80% по сравнению с печами, работающими по старой технологии. Кроме того, внедрение АСУ ТП обжига электродной продукции позволило:

- соблюдать график подъёма температуры при обжиге заготовок с точностью ±2°С;
- вести электронную паспортизацию электродной продукции на этапе обжига;
- повысить общую производственную и технологическую дисциплину.

Однако любая автоматизированная система является «живым», постоянно развивающимся организмом. В перспективе развития представленной в данной статье АСУ ТП можно выделить следующие направления:

- использование при управлении подачей газа таких технологических параметров, как разрежение в хвостовой (последней в системе огня) камере, температура отходящих газов, давление в магистрали подачи природного газа на рампу;
- установка на каждой камере приборов измерения разрежения и расхода газа для управления подаваемой тепловой мощностью.

8 Автоматизированная система управления стендом вертикальной сушки ковшей

Авторы статьи: Виктор Переходченко, Александр Ребедак, Сергей Гаркавенко, Ольга Шевченко, Лариса Левина, Александр Борисов, Наталья Хмольянинова, Дмитрий Колесниченко

Важной составляющей подготовки ковшей для разливки стали является сушка футеровки, которая должна производиться строго по заданному температурному графику с минимизацией затрат энергоносителей. В данной статье представлен стенд вертикальной сушки ковшей, описаны режимы его работы и особенности. Основное внимание уделено системе управления стенда. Показаны возможности, предоставляемые системой пользователю, приведены показатели её эффективности, полученные по результатам внедрений.

ВВЕДЕНИЕ

Для стабильной работы металлургического производства большое значение имеет подготовка ковшей для разливки стали. Поэтому одной из важных задач реконструкции мартеновского цеха Выксунского металлургического завода (ОАО «ВМЗ») была задача увеличения времени работы ковшей для разливки стали до очередного ремонта футеровки при одновременном сокращении расхода газа при её сушке. Для решения этой задачи завод закупил и использует современные материалы для футеровки ковшей производства фирмы Mayerton и ОАО «Динур». Кроме того, по заказу ОАО «ВМЗ» коллектив Ново-Краматорского машиностроительного завода (ЗАО «НКМЗ») в кратчайшие сроки спроектировал, изготовил и сдал в эксплуатацию стенд вертикальной сушки ковшей, предназначенный для сушки футеровки ковша по строго определённому температурному графику.

НАЗНАЧЕНИЕ И КОНСТРУКЦИЯ СТЕНДА

Проект рабочей документации стенда вертикальной сушки ковшей разработан на основании ТЗ и технических условий на газоснабжение № 47-85ТУ от 24.03.2004, выданных Региональной инспекцией государственного газового надзора по Нижегородской области.

Стенд предназначен для сушки футеровки сталеразливочных ковшей ёмкостью 130 тонн по заданному температурному графику, который выбирается, исходя из применяемой футеровки. Топливо – природный газ с теплотворной способностью 7800…8200 ккал/нм3. Газоснабжение стенда осуществляется из цехового газопровода. Общий вид стенда с установленным на опоры сталеразливочным ковшом представлен на рис. 1.

Рис. 1. Общий вид стенда сушки ковшей

Рис. 2. Крышка стенда сушки ковшей

Стенд устанавливается стационарно. Он состоит из рамы, на которой закреплён механизм подъёма и опускания крышки. На крышке стенда (рис. 2) установлены контрольно-измерительная аппаратура, поворотные заслонки газа и воздуха, трубчатый рекуператор, часть системы удаления дыма и горелка ДСГМ 150-II. Горелка спроектирована и изготовлена фирмой «Кортес» при Институте газа НАН Украины, мощность горелки – 1400 кВт. Футеровка крышки выполнена огнеупорными волокнистыми материалами.

Продукты сгорания через отверстие в огнеупорной футеровке отводятся к рекуператору для подогрева подаваемого в горелку воздуха. После рекуператора дым поступает в камеру смешивания, где температура дыма снижается путём подсоса воздуха из цеха через воздушную щель. Продукты сгорания дымососом отводятся через дымовую трубу выше кровли цеха. Установка оборудована продувочными газопроводами и свечой безопасности. На подводящем газопроводе перед стендом находятся фильтр, вихревой расходомер, регулятор давления и отсечная аппаратура.

На стенде установлены показывающие приборы для измерения температуры воздуха до и после рекуператора, температуры дымовых газов до и после рекуператора, температуры дымовых газов перед дымососом, давления воздуха до и после рекуператора, давления перед горелкой, разрежения в дымоходе. Здесь также находятся регистрирующие приборы для измерения температуры в ковше, расхода природного газа, температуры природного газа. Качество сжигания природного газа контролируется с помощью переносного газоанализатора.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ

К системам управления оборудованием мартеновского цеха предъявляются повышенные требования по надёжности и долговечности при эксплуатации их в условиях, характеризующихся высокой температурой, повышенной запылённостью, наличием вибрации. Исходя из этого, для размещения аппаратуры были выбраны шкафы и пульты управления фирмы Rittal со степенью защиты IP54. В качестве аппаратной основы системы управления применены контроллеры компании Siemens, которые отличаются высокой стойкостью к ударным и вибрационным нагрузкам, имеют стандартный диапазон рабочих температур от 0 до +60°С и степень защиты IP20. В шкафах и пультах управления используются переключатели, лампы, автоматы, пускатели, источники питания производства компании Siemens, зарекомендовавшие себя как надёжные и долговечные устройства, а также клеммы фирмы WAGO, которые не только обеспечивают высокую

надёжность, экономичность и быстроту электромонтажа, но и не требуют последующего технического обслуживания.

В состав системы управления входят шкаф управления стендом сушки, пульт управления стендом сушки, шкаф управления приводом крышки, пульт управления крышкой. Выполнение и распределение функций управления реализовано следующим образом (рис. 3): управление сушкой выполняется оператором с пульта управления стендом сушки, подъём/опускание крышки выполняется оператором с пульта управления крышкой; весь технологический процесс управляется контроллером, который находится в шкафу управления стендом; шкаф управления приводом крышки служит для изменения скорости перемещения крышки. Оба пульта управления располагаются непосредственно возле стенда (рис. 4). Шкафы управления находятся внутри специально оборудованного поста управления.

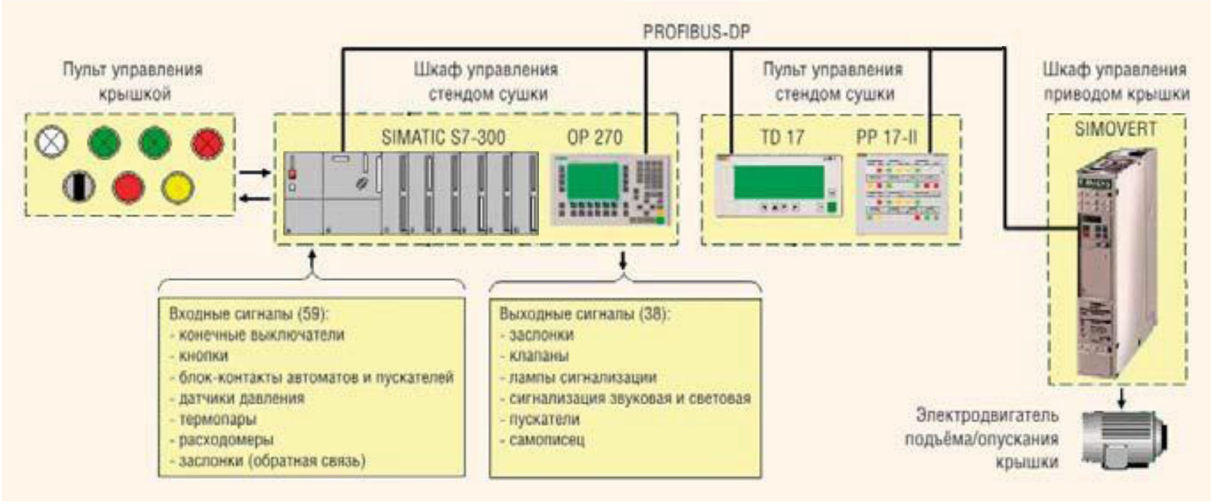


Рис. 3. Структурная схема системы управления стендом сушки сталеразливочных ковшей

Рис. 4. Пульт управления стендом сушки и пульт управления крышкой

На двери пульта управления стендом сушки расположены текстовый дисплей TD 17 и кнопочная панель PP 17-II (Siemens). Эти приборы имеют прочный металлопластиковый корпус с мембранным покрытием фронтальной панели, стойким к воздействию масел, смазок, моющих средств. Степень защиты фронтальной панели – IP65. На экране текстового дисплея динамически отображаются основные параметры, необходимые оператору для управления стендом: температура в ковше, расход газа, расход воздуха, положение газовых и воздушных заслонок. При работе стенда на текстовый дисплей выводятся также все аварийные и технологические сообщения. С кнопочной панели PP 17-II оператор непосредственно управляет работой стенда сушки в ручном режиме, переключает стенд на работу в автоматическом режиме.

На двери пульта управления крышкой расположены переключатель для подъёма/опускания крышки и сигнальные лампы, указывающие на то, что крышка поднята или опущена. Для контроля крайних положений крышки на стенде установлены

конечные выключатели. Скорость перемещения крышки задаётся с помощью преобразователя частоты SIMOVERT (Siemens), расположенного в шкафу управления приводом крышки (рис. 5). Преобразователь частоты управляет работой электродвигателя подъёма/опускания крышки.

Рис. 5. Общий вид шкафа управления приводом крышки

На двери шкафа управления стендом сушки смонтирована панель оператора OP 270 (Siemens), она имеет прочный корпус, компактную форму, защиту по фронту IP65, высокую степень защиты от электромагнитных помех и внешних вибраций (рис. 6). Панель служит для управления сушкой и визуализации технологического процесса. Внутри шкафа размещён контроллер SIMATIC S7-300 (Siemens) с центральным процессором CPU315-2DP и модулями ввода-вывода (рис. 7). На модули дискретного ввода контроллера поступают сигналы от переключателей, кнопок, конечных выключателей, блок-контактов автоматов и пускателей, датчиков давления. На модули аналогового ввода контроллера приходят сигналы от термопар, расходомеров, а также сигналы обратной связи о положении заслонок газа и воздуха. Из модуля дискретного вывода контроллера управляющие сигналы передаются на лампы сигнализации, клапаны подачи газа и воздуха, пускатели. Модуль аналогового вывода контроллера формирует сигнал, определяющий степень открытия заслонок подачи газа и воздуха, а также передаваемый на самописец сигнал, который пропорционален значению фактической температуры в ковше. По сети PROFIBUS-DP контроллер связан с панелью оператора OP 270, текстовым дисплеем TD 17, кнопочной панелью PP 17-II и преобразователем частоты SIMOVERT.

Рис. 6. Панель оператора OP 270, расположенная на двери шкафа управления стендом сушки

Рис. 7. Общий вид шкафа управления стендом сушки

Управляющая программа для контроллера написана с использованием пакета STEP 7, который содержит набор стандартных инструментальных средств для обслуживания систем, построенных на базе изделий семейства SIMATIC S7, и набор удобных функций для реализации всех фаз проекта системы автоматизации: конфигурирование и настройка параметров аппаратуры, конфигурирование коммуникационных соединений, программирование, тестирование, наладка и обслуживание, документирование и архивирование данных, оперативное управление и диагностика.

СИСТЕМА ВИЗУАЛИЗАЦИИ

Проект системы визуализации выполнен на базе панели оператора OP

270 и программного пакета ProTool. Панель оператора OP 270 предназначена для построения профессиональных систем человеко-машинного интерфейса в системах управления на основе программируемых контроллеров семейства SIMATIC S7. Такие панели способны поддерживать функции мониторинга и оперативного управления, позволяют решать задачи визуализации, обеспечивают поддержку динамических полей ввода-вывода, использования встроенной клавиатуры, масштабируемых шрифтов и других сервисных возможностей, предоставляемых операционной системой Windows CE. Пакет ProTool является универсальным для всех операторских панелей фирмы Siemens и имеет мощный интерфейс управления процессом. Система визуализации отображает графическую, текстовую и цифровую информацию о технологическом процессе сушки, позволяет оператору управлять технологическим процессом путём ввода цифровой информации, отображает на экране панели оператора и текстового дисплея сообщения обо всех возникающих аварийных ситуациях. При возникновении аварийной ситуации в процессе сушки ковша прекращается подача газа к горелке, включается звуковая и световая сигнализация.

НАЛАДКА РАБОТЫ СТЕНДА

Наладка работы стенда во всех режимах производилась специалистами ЗАО «НКМЗ» совместно со специалистами фирмы «Кортес» и специалистами ОАО «ВМЗ» (служба КИП и А, лаборатория наладки топливо использующего оборудования).

Для регулирования температуры сушки в автоматическом режиме был выбран программный ПИД-регулятор SFB41 “CONT_C”, который поставляется совместно с пакетом STEP 7 и служит для регулирования на основе контроллеров SIMATIC S7 технологических процессов с непрерывными входными и выходными величинами. При параметризации можно легко подключать или отключать отдельные функции ПИД регулятора, тем самым оптимизируя его настройки для управления объектом.

Путём подачи ступенчатого воздействия на объект регулирования были определены его динамические характеристики, после чего для управления был выбран ПИ-регулятор. Были рассчитаны значения коэффициента усиления пропорционального звена, время интегрирования, длительность цикла опроса, ширина мёртвой зоны регулятора, верхняя и нижняя границы регулирующего значения и т.д. На опытном ковше была проведена проверка работы стенда сушки в автоматическом режиме с оптимизацией параметров регулятора, что позволило уменьшить до минимума износ механизмов газовых и воздушных заслонок и минимизировать расход газа.

Одной из задач наладки стенда было определение фактического графика сушки ковшей. Проблема состояла в том, что фирмы-поставщики огнеупорных материалов для футеровки ковшей предоставляют температурный график сушки футеровки, однако при проведении сушки ковша на стенде измеряется температура газовой смеси внутри ковша, а не футеровки. Для получения фактической температуры футеровки были проведены три экспериментальные сушки на специально подготовленных ковшах. На разных уровнях по высоте ковша были заложены в футеровку термопары, сигналы от которых выводились на самописцы. После анализа полученных результатов было определено соответствие температур футеровки и газовой смеси в ковше, на основании чего скорректировали график сушки сталеразливочного ковша (рис. 8).

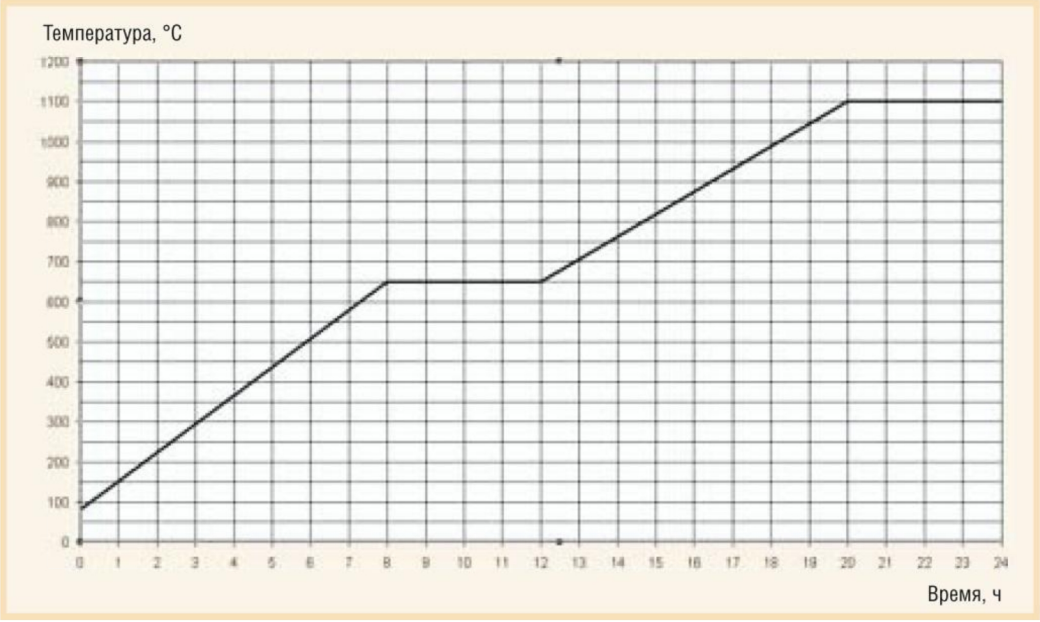


Рис. 8. Скорректированный на основе экспериментальных данных график сушки сталеразливочного ковша, футерованного огнеупорами производства фирмы Mayerton

Система управления позволяет использовать ручной и автоматический режимы. Переход из одного режима в другой выполняется оператором по своему усмотрению в любой момент проведения сушки. Ручной режим рекомендовано использовать для проведения наладочных или профилактических работ. При переходе в автоматический режим выполнение графика начинается с точки текущей температуры.

На рис. 9 представлены графики заданной и фактической температуры сушки сталеразливочного ковша № 7, проведённой в автоматическом режиме. Как видно из

графиков, во всём диапазоне сушки ковша отклонение фактического значения температуры от заданного не превышает 20°С. Примечательно, что при этом показатели CO, CO2 и других контролируемых газоанализатором параметров ниже допустимых значений.

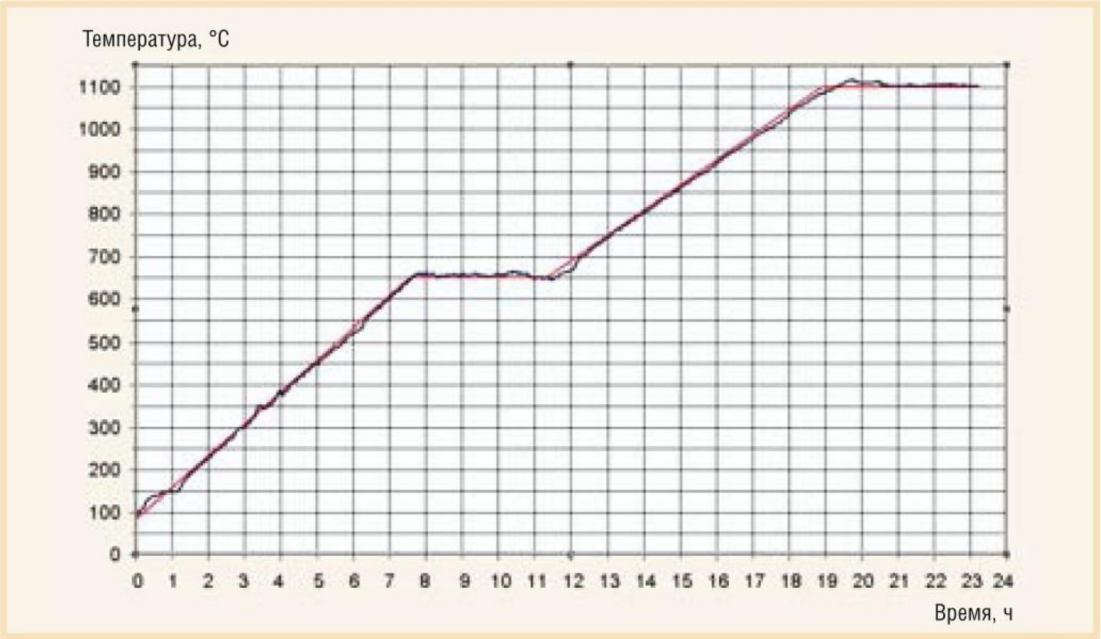


Рис. 9. График сушки сталеразливочного ковша в автоматическом режиме

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

На существующем в мартеновском цехе ОАО «ВМЗ» стенде сушки ковшей № 1 средний часовой расход природного газа при стандартных условиях равен 192,5 нм3/ч. На поставленном ЗАО «НКМЗ» стенде сушки ковшей № 2 средний часовой расход природного газа при стандартных условиях равен 84,125 нм3/ч. С учётом того, что стенд № 2 работает 60% рабочего времени, годовая экономия газа составляет 561816 нм3.

Однако основная составляющая эффективности работы стенда сушки ковшей № 2 получена за счёт увеличения срока службы футеровки ковшей, высушенных по новой технологии, так как спроектированная установка позволила обеспечить режим, требуемый для создания максимально стойкой и долговечной футеровки из современных материалов.

Необходимо также отметить простоту обслуживания установки: работа оператора на ней сводится к включению стенда и его отключению после того, как контроллер выдаст сообщение на текстовый дисплей о том, что график сушки выполнен.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В сентябре 2004 года стенд вертикальной сушки ковшей передан в промышленную эксплуатацию. По результатам 15 месяцев работы стенда не было зарегистрировано ни одного отказа системы управления стендом, как и поставленного оборудования в целом. Руководство мартеновского цеха Выксунского металлургического завода рассматривает вопрос о приобретении у ЗАО «НКМЗ» второй установки вертикальной сушки ковшей.

В 2002-2004 годах ЗАО «НКМЗ» были поставлены и сданы в эксплуатацию три стенда сушки промковшей с аналогичной системой управления на Енакиевском металлургическом заводе (Украина).

В 2005 году ЗАО «НКМЗ» были поставлены два стенда сушки промковшей на Литейно-прокатный завод в городе Ярцево (Россия).

9 Система контроля технологических параметров на литейных установках Ревдинского завода по обработке цветных металлов

Авторы статьи: Евгений Дубровский, Михаил Пискунов, Игорь Тетерин

Представленная система решает задачи мониторинга технологических параметров, оперативного доведения результатов анализа проб, создания соответствующих баз данных, предупреждения аварий оборудования, способствуя, в конечном счёте, повышению качества выпускаемой продукции.

Описаны особенности технологического процесса, а также аппаратные и программные решения, используемые при построении системы.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время ОАО «Ревдинский завод по обработке цветных металлов» является одним из крупнейших предприятий в стране по производству труб, прутков, проволоки, полых и сплошных профилей, литейных заготовок из меди, латуни, бронз, медно-никелевых сплавов. Ассортимент выпускаемой продукции чрезвычайно широк и составляет более 15 тысяч типоразмеров из 86 наименований сплавов. Ежегодно осваивается более 300 видов новых изделий. Технологические возможности предприятия позволяют оперативно адаптировать мощности к запросам потребителей и поставлять широкую номенклатуру продукции. Одним из первых в стране завод освоил выпуск труб для водопроводов и отопления в соответствии с требованиями европейских стандартов. На медные трубы для трубопроводов и соединительные части к ним предприятию выдан гигиенический сертификат Государственной санитарно-эпидемиологической службой РФ. Проведена большая работа по совершенствованию технологии, улучшению качества и увеличению ресурса эксплуатации медно-никелевых труб, применяемых для теплообменных установок атомных электростанций, работающих на морской воде. Разработанные заводом технические условия (единственные в стране) на эти трубы одобрены и рекомендованы к применению Госатомнадзором России.

Продукция завода находит широкое применение во многих отраслях: тепло и электроэнергетической, атомной, электротехнической, нефтеперерабатывающей, химической, автомобилестроительной, оборонной, а также в приборостроении, гражданском и промышленном строительстве.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

На современном этапе развития металлургической промышленности экономически выгодно на заводах по обработке цветных металлов использовать такой вид заготовительного литья, как непрерывное или полунепрерывное литьё слитков.

Литьё считается непрерывным, если весь приготовленный в печи металл непрерывно переливается в кристаллизатор, где происходит кристаллизация жидкого расплава в заготовку нужного диаметра.

После отливки одного слитка (или серии) литьё прекращают, и слиток удаляют, а затем опять начинают литьё следующего слитка (или серии). Ход кристаллизации в обоих процессах одинаков, различаются они только некоторыми операциями.

Рис. 1. Установка полунепрерывного литья

Известно, что качество готового изделия начинает формироваться на первом этапе производства, то есть при литье. Поэтому особое значение надо придавать качеству получаемых слитков. Качество слитков, получаемых непрерывным литьём, намного выше качества слитков наполнительного литья. При непрерывном литье слитки имеют хорошую плотность, а также меньшее количество усадочных раковин и пор, что объясняется созданием направленного затвердевания и интенсивным отводом тепла от слитка при его охлаждении. Следовательно, при производстве заготовок под прессование, для которых важным требованием как раз и является плотность, целесообразно использовать непрерывное или полунепрерывное литьё.

В настоящее время на Ревдинском заводе по обработке цветных металлов заготовки под прессование получают полунепрерывным методом литья. Размеры получаемых слитков таковы: длина до пяти метров, диаметр 145, 165, 175, 200, 203, 220 и 250 мм.

Внешний вид установки полунепрерывного литья показан на рис. 1, а схема этой установки – на рис. 2.

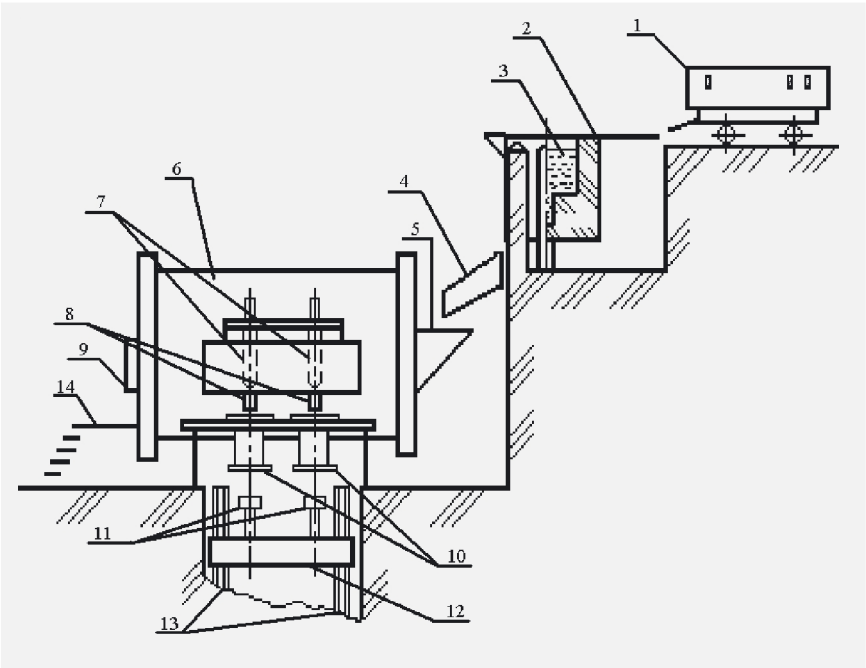


Рис. 2. Схема установки полунепрерывного литья

Условные обозначения: 1 — загрузочная тележка; 2 — индукционно-канальная печь ИЛК-1,6С2; 3 — жидкий металл; 4 — жёлоб; 5 — металлоприёмник; 6 — миксер ИЛКМ-2.5С3 (раздаточная печь); 7 — графитовые стопоры; 8 — графитовые втулки; 9 — окно для технологического обслуживание миксера; 10 — кристаллизаторы; 11 — затравка; 12 — подвижная траверса литейной машины; 13 — направляющие винты; 14 — металлический подиум для технологического обслуживания миксера.

Шихта в коробах на тележке загружается в печь плавильщиком. Затем начинается приготовление расплава. Плавку шихтовых материалов для получения слитков проводят под слоем покровного флюса. Флюсы предназначены для изоляции жидких сплавов от контакта с воздухом, уменьшения потери металла на угар, очистки сплавов от твёрдых нерастворимых в нём оксидов и других неметаллических включений. Для контроля химического состава сплава плавильщик отбирает срочную пробу, которая направляется в экс пресс-лабораторию. Химический состав слитков должен соответствовать ГОСТ 15527. По результатам анализа производят корректировку химического состава сплава, если в этом есть необходимость. При положительных результатах анализа химического состава начинается отливка слитков на установке полунепрерывного литья.

СИСТЕМА ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО КОНТРОЛЯ

Исходя из целей обеспечения высокого качества выпускаемой продукции, надёжного функционирования технологического оборудования и повышения производительности, была разработана, изготовлена и внедрена на установках полунепрерывного литья плавильного цеха № 1 система централизованного контроля (СЦК).

Основными задачами СЦК являются следующие:

- мониторинг технологических параметров при отливке слитков на установках полунепрерывного литья плавильного цеха;
- предупреждение аварийных ситуаций в процессе литья;
- передача данных о результатах химического анализа срочных проб из экспресс лаборатории непосредственно на рабочее место плавильщика;
- формирование на сервере базы данных о каждой плавке.

Выполнение данных задач осуществляется системой СЦК на основе реализации следующих функций:

- сбор с установок данных о значениях технологических параметров литья в процессе отливки слитков с последующей обработкой и передачей этих данных на компьютер технологов для хранения и просмотра;
- формирование в компьютере технолога базы данных со значениями технологических параметров каждого процесса литья слитков, совершённого в плавильном цехе в течение 3 лет (по истечении 3 лет информация из архива автоматически стирается);
- выдача данных о технологических параметрах текущего процесса литья на экран отображающего устройства, установленного на рабочем месте плавильщика;
- выдача данных о результатах химического анализа металла, находящегося в плавильной установке или миксере, из экспресс-лаборатории на экран отображающего устройства, установленного на рабочем месте плавильщика;
- выдача предупредительных сигналов при возникновении предаварийных ситуаций.

Перечень технологических параметров литья, подлежащих контролю, приведён в табл. 1.

Таблица 1: Перечень технологических параметров, подлежащих контролю

Наименование параметра	Предел измерения	Единицы измерения	Формат представления
Скорость литья	0-20	м/ч	XX,X
Температура расплава	0…1400	°C	XXXX
Длина слитков	0…6	м	X,XX
Давление	(0…5)×105	Па	X,X
Расход охлаждающей	0…100	м3/ч	XX,X
Температура	0…35	°C	XX

АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ

При построении системы контроля в цехе № 1 использовался контроллер семейства S7-300 с центральным процессором CPU317 и коммуникационным процессором CP343 (Siemens). Модуль центрального процессора выбран, исходя из сложности решаемых задач и с учётом перспективы расширения системы. Применение коммутационного процессора обусловлено необходимостью обеспечить связь по сети Ethernet между центральным процессором и верхним уровнем СЦК. Условия эксплуатации в плавильном цехе потребовали принятия дополнительных мер по защите контроллера, с этой целью он был размещён в шкафу со степенью защиты IP65 фирмы Schroff (рис. 3).

Рис. 3. Шкаф контроллера

Контроллер собирает данные со всех литейных установок цеха, обрабатывает их, сохраняет в блоке данных для последующей передачи в базу данных (сервер WinCC) по сети Ethernet (в целях сокращения объёма базы данных такая передача осуществляется 1 раз в 6 секунд), в реальном масштабе времени передаёт обработанную информацию по Ethernet на автоматизированные рабочие места (АРМ) плавильщиков (рис. 4). Так как необходимо собирать данные с 7 установок полунепрерывного литья, расположенных на большой территории цеха, в системе контроля используются станции распределённого ввода-вывода ET-200M, работающие по сети PROFIBUS-DP. Скорость сети PROFIBUS-DP в зависимости от длины сегмента может достигать 1,5 Мбит/с. В составе станций ET-200M для ввода-вывода сигналов устройств нижнего уровня применены следующие модули: SM331 (аналоговый ввод – AI), FM350 (счётчик – Counter), SM322 (дискретный вывод – DO).

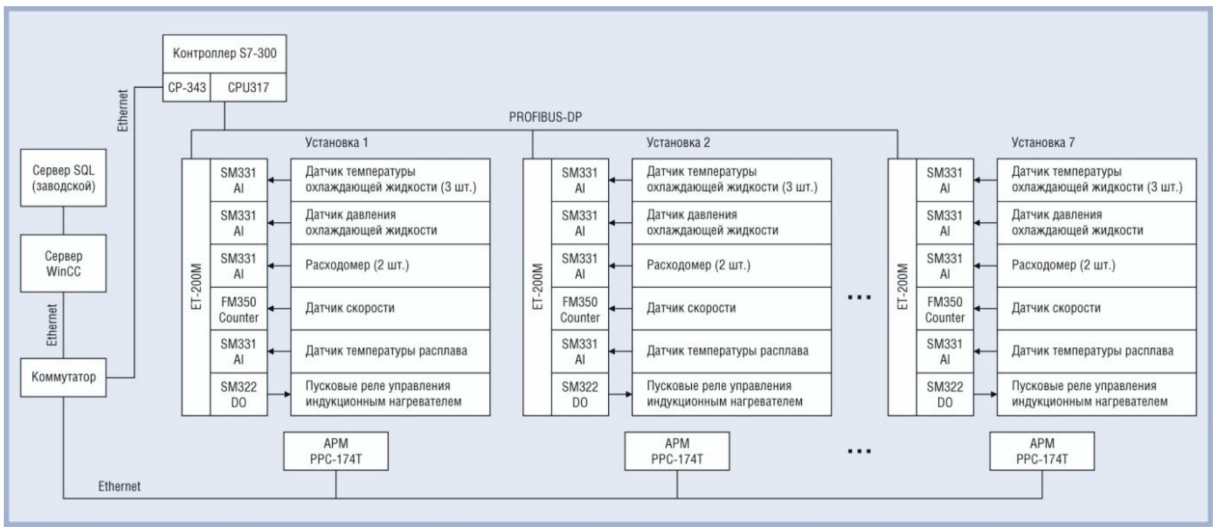


Рис. 4. Структурная схема системы централизованного контроля

Нижний уровень системы представлен датчиками температуры охлаждающей жидкости (термопреобразователи сопротивления Pt 100), датчиками давления и расходомерами охлаждающей жидкости (ОЖ) фирмы Метран, датчиками скорости, построенными на основе шифраторов угловых перемещений фирмы Pepperl+Fuchs, платиновыми термопарами для определения температуры расплава с диапазоном измерений до 1500°С. Комплект датчиков одинаков на всех установках. Датчики температуры ОЖ подключены по 4-проводной схеме; на каждую установку приходится 3 таких датчика: один – в контуре холодной ОЖ, два – в контуре горячей ОЖ (после кристаллизаторов). С целью получения данных для расчёта длины слитка и определения скорости литья (максимальная скорость литья составляет 8 м/ч) к валу двигателя каждой установки присоединён шифратор угловых перемещений модели Pepperl+Fuchs 10-11651-R-0200, требуемая точность (сотые доли метра) обеспечивается частотой его выходного сигнала 5-10 кГц при скорости вращения вала двигателя 1500-3000 об./мин (200 импульсов на оборот). За 2 года эксплуатации эти шифраторы хорошо себя зарекомендовали, устойчиво функционируя в условиях сильной вибрации и больших перепадов температур.

На модули станции ET-200M от датчиков поступают аналоговые, в том числе токовые 4…20 мА, и дискретные сигналы, а выдаются дискретные сигналы на пусковые реле управления индукционным нагревателем.

Вся поступающая от устройств нижнего уровня информация записывается в рабочую память контроллера. Далее она обрабатывается самим контроллером, сохраняется в блоке данных, передаётся на серверы и АРМ.

Рис. 5. Шкаф с промышленным компьютером PPC-174T (АРМ плавильщика)

Необходимая информация выводится на экран промышленного компьютера, установленного в шкафу на АРМ плавильщика (рис. 5). В качестве компьютеров автоматизированных рабочих мест используются многофункциональные панельные компьютеры PPC-174T фирмы Advantech (17" TFT дисплей, процессор Intel Pentium 4/3,06 ГГц, ОЗУ до 2 Гбайт DDR SDRAM, порты Ethernet, RS-232, USB, LPT, PS/2). На выбор данных компьютеров повлияли и их эксплуатационные характеристики (например, высокая степень защиты), соответствующие условиям применения в плавильном цехе. Шкаф фирмы Schroff, в котором размещается компьютер, обеспечивает степень защиты IP65 и автоматически поддерживает внутри заданную температуру.

При построении сети Ethernet был использован кабель с низким коэффициентом затухания. Благодаря этому при длинах сегментов до 500 м удалось сохранить высокую скорость передачи данных без применения повторителей. Для защиты Ethernet от помех использованы устройства грозозащиты D-LAN-A/RJ45-BS, которые показали себя с самой лучшей стороны.

Система контроля может функционировать в автономном режиме при обрыве связи с заводским сервером SQL, а также при отключении электропитания на время до 2 часов, что достигается с помощью использования источников бесперебойного питания (ИБП).

Преобладание в сети электропитания гармоник 3, 4, 15-го порядков, постоянные просадки питающего напряжения, вызывавшие зависание или перезагрузку компьютеров системы, потребовали включения перед ИБП феррорезонансных стабилизаторов мощностью 700 Вт. Питание контроллера, станций ввода-вывода сигналов и датчиков реализовано с помощью источников компании Siemens, подключённых после соответствующих ИБП.

ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА

Программирование контроллера производилось с помощью программного пакета STEP 7 v.5.3, применение которого позволило легко и быстро выполнить эту работу.

СЦК использует SCADA-систему WinCC, которая в силу своей абсолютной открытости легко взаимодействует со стандартными и пользовательскими программами, решает задачи визуализации. SCADA установлена на сервере WinCC. Там же размещается база данных SQL, состоящая из двух частей:

1) базы для хранения данных о технологических параметрах литья слитков;

2) базы для хранения данных о результатах срочного химического анализа. База данных пополняется 1 раз в 6 секунд, и один раз в сутки её данные копируются на заводской сервер SQL. Такое дублирование информации способствует повышению надёжности системы контроля в целом.

Компьютер АРМ плавильщика использует программное обеспечение, специально разработанное на языке Borland C++ Builder. На его экране в режиме реального времени отображаются значения контролируемых параметров функционирования установки полунепрерывного литья. Отображаемые данные представлены в двух сменяющих друг друга окнах: в первом фигурируют текущие значения технологических параметров литья (рис. 6), во втором – результаты трёх последних срочных анализов (рис. 7). Переключение с одного окна на другое осуществляется нажатием кнопки, выведенной на дверцу шкафа.

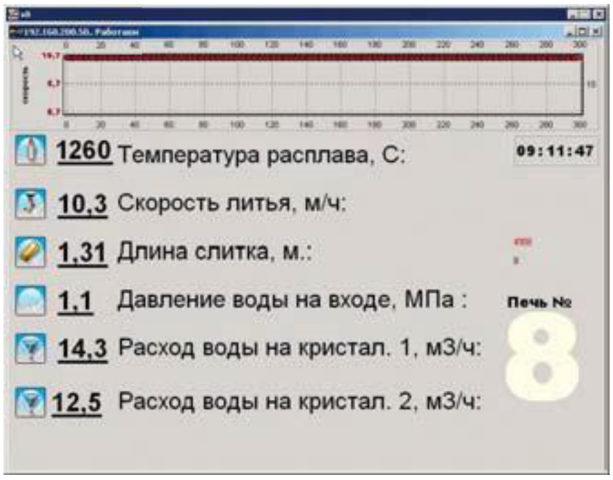


Рис. 6. Окно с текущими значениями технологических параметров литья

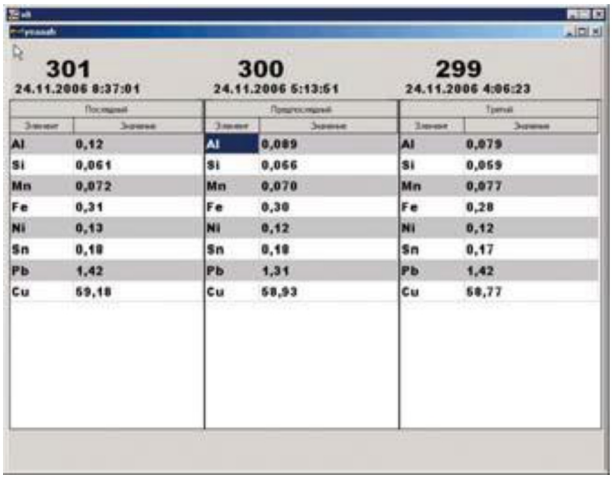


Рис. 7. Окно с результатами трёх последних срочных анализов

Средствами C++ создан пользовательский интерфейс, предоставляющий экранные формы для обеспечения удобства работы разных специалистов. Например, для передачи из экспресс лаборатории в базу данных и на рабочее место плавильщика информации о химическом составе срочных и текущих проб достаточно ввести полученные данные в соответствующие разделы экранной формы «Экспресс-лаборатория» (рис. 8). Другой пример – экранная форма «Технолог» (рис. 9), с помощью которой соответствующие специалисты могут контролировать все результаты плавки партии металла, включая технологические параметры литья, а также результаты срочных и текущих химических анализов.

Рис. 8. Экранная форма «Экспресс-лаборатория»

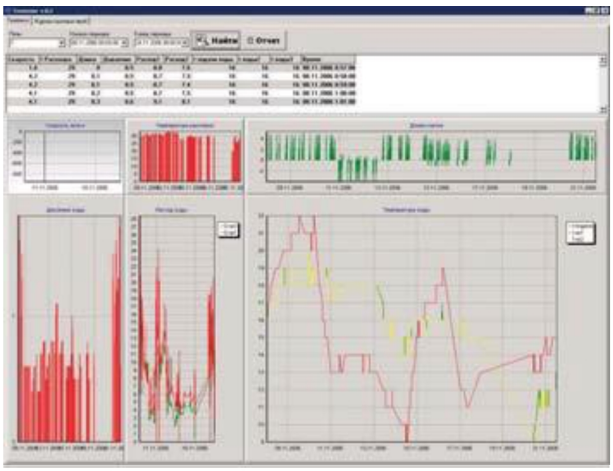


Рис. 9. Экранная форма «Технолог»

Средствами SCADA на сервере WinCC ведётся разработка системы управления нагревом расплава и скоростью литья. Изменять соответствующие параметры производства смогут только технологи со своих ныне создаваемых АРМ.

ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ

За 11 месяцев 2005 года (до внедрения описанной системы) контролёрами ОТК было забраковано 68 тонн слитков. Такие потери можно было свести к минимуму только за счёт осуществления постоянного мониторинга технологического процесса, в котором ведущее значение придавалось системе контроля технологических параметров на литейных установках.

Система контроля обеспечивает сбор и сохранение в компьютерной базе данных информации о значениях технологических параметров, определяющих качество выпускаемой продукции, и о результатах анализа проб. С помощью этой информации можно пресечь любые нарушения установленного технологического регламента в процессе производства литой заготовки и, что тоже немаловажно, проводить анализ и выявлять причину брака при получении рекламаций от потребителей.

Также система контроля технологических параметров предусматривает подачу предупредительных сигналов в случае возникновения предаварийной ситуации при работе оборудования. Это позволяет избежать аварий и в конечном счёте увеличивает срок эксплуатации плавильных печей и миксеров.

Обеспечиваемая представленной системой передача данных о химическом составе срочных проб из экспресс-лаборатории непосредственно на рабочее место плавильщика привела к тому, что только за 6 месяцев количество выпадов металла в подготовительные сплавы по примесям снизилось на 125 тонн. Оперативность передачи результатов анализа проб позволила сократить время подготовки сплавов в среднем на 30 минут.

Описанная в статье система контроля внедрена и в процессе эксплуатации показывает достаточно высокую надёжность. Ведутся работы по её расширению: подключаются ещё не охваченные автоматизированным контролем литейные установки, создаются новые АРМ специалистов, прокладываются дополнительные сегменты сети и т.д.

10 Автоматизированная система управления процессом изготовления медных анодов на Алмалыкском ГМК

Авторы статьи: Алексей Никитин, Аскар Халимов, Андрей Трифонов, Герман Заманов, Дмитрий Скрипчак

В статье рассматриваются проблемы и опыт создания автоматизированной системы управления процессами разлива и взвешивания при изготовлении медных анодов. Система оснащена современными датчиками параметров процесса и высоконадёжным программируемым контроллером. Рассматривается задача минимизации отклонения веса анода от нормы и пути её решения.

ВВЕДЕНИЕ

Медь относится к числу тяжёлых цветных металлов. Благодаря своим весьма ценным свойствам она является одним из наиболее широко используемых металлов после железа.

На медеплавильном заводе Алмалыкского ГМК высококачественную катодную медь получают из медного концентрата обогатительной фабрики в четыре этапа: кислородно-факельная печь, конвертер, анодная печь, электролиз.

В ходе конвертерного передела получают черновую медь. Жидкую черновую медь доставляют от конвертеров в анодный передел и заливают в анодные печи для пирометаллургического рафинирования. В процессе рафинирования черновой меди удаляют примеси и из полученной анодной меди отливают аноды. В дальнейшем методом электролиза из медных анодов получают высококачественную катодную медь.

Объектом рассмотрения в настоящей статье являются анодная печь, карусельная машина и система желобов, по которым жидкая анодная медь из печи транспортируется к изложницам карусельной машины.

Анодный передел оборудован двумя наклоняющимися печами ёмкостью по 200 т и двумя разливочными машинами карусельного типа диаметром 10 м. Печи имеют диаметр 3,9 м и длину 9,2 м. Для поворота печи установлен привод переменного тока. Внешний вид анодной печи показан на рис. 1.

Рис. 1. Внешний вид анодной печи

В печь помимо черновой меди загружают анодные остатки из цеха электролиза, брак, скраб и изложницы, которые подвергают плавлению. По окончании расплавления шихты проводят в течение 2-3 часов операцию окисления меди для удаления примесей. Окисление производится сжатым воздухом путём введения его в ванну с жидким расплавом через стальные трубки. Восстановление меди осуществляется с помощью природного газа, который вводят в ванну аналогичным способом. По готовности металла,

устанавливаемой с помощью специального анализа, начинается разлив меди в аноды. Для выпуска рафинированной меди с боковой стороны печи, обращённой к разливочной машине, установлена шпуровая лётка диаметром 50 мм. Первоначально металл из печи вытекал из лётки в жёлоб и затем в разливочный ковш, выпускной носок которого устанавливался над очередной изложницей карусельной машины. Привод ковша осуществлялся электролебёдкой. Машинист разлива при помощи командо-контроллера производил налив меди из ковша в изложницы.

При ручном управлении разливочным ковшом скорость разлива, толщина полотна анодов, а также брак литья во многом зависели от опыта и квалификации машиниста. Во время разлива, продолжающегося в течение 4-6 часов, получали 700-900 анодов. Даже опытный машинист разлива не мог такое долгое время работать сосредоточенно, что приводило к отклонению толщины полотна и веса анодов от требуемых значений. Как известно, вес является немаловажным фактором при переработке анодов в цехе электролиза меди. Поэтому с целью получения анодов установленного веса, а также улучшения условий труда и повышения культуры производства фирма «ASU Technology» разработала и внедрила автоматизированную установку весового дозирования (УВД). В состав этой установки входят два ковша: промежуточный ковш (ПК) и дозировочный ковш (ДК). Металл из печи направляется в ПК, а из него – в ДК; из ДК металл сливается в изложницу. Каждый ковш установлен на своей платформе, снабжённой тензометрическим весоизмерителем. Ковши могут изменять свой наклон с помощью управляемых гидроцилиндров. Работой УВД управляет автоматизированная система.

ОПИСАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УВД

Рассматриваемая система является трёхуровневой. Первый уровень включает в себя приборы контроля, измерения и исполнительные механизмы. Второй – микропроцессорный контроллер с модулями ввода-вывода сигналов, обрабатывающий полученную информацию и задающий логическую цепь управления технологическим процессом. Третий уровень образуют сервер базы данных и автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора (разливщика).

Структурная схема системы представлена на рис. 2.

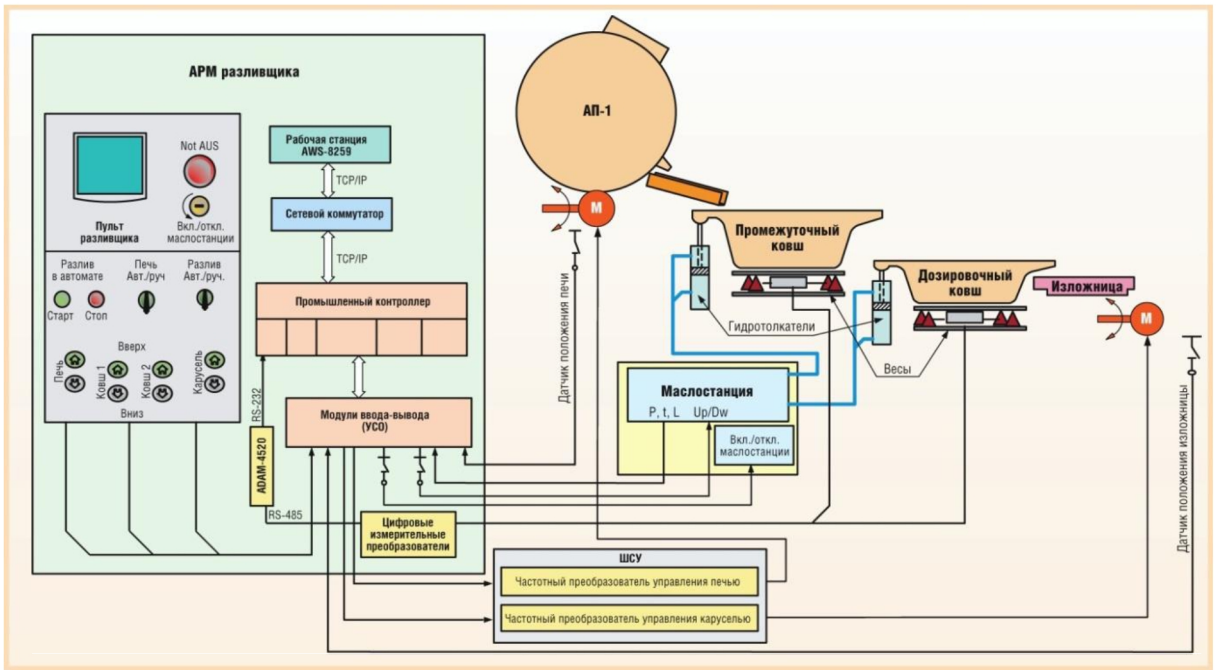


Рис. 2. Структурная схема системы

В состав системы входит перечисляемое далее оборудование и программное обеспечение.

- Пультовой конструктив (фирма Rittal), на базе которого организовано АРМ оператора, использующее промышленную рабочую станцию AWS-8259 (процессор Celeron, 15" ЖК-дисплей) фирмы Advantech и пульт управления с необходимым набором пускателей, переключателей, кнопок управления и аварийного отключения; в нижней части пультового конструктива (в шкафу) размещены:
- микропроцессорный промышленный контроллер производства фирмы Fastwel с модулем центрального процессора CPU686E, предназначенный для приёма сигналов с датчиков, их последующей обработки и выдачи управляющих сигналов на объекты управления;
- входные и выходные модули УСО фирмы Grayhill серий 70L (дискретные) и 73L (аналоговые), установленные на клеммной плате TBI-24LC (Fastwel), и плата гальванической изоляции каналов дискретного вывода TBI-0/24C (Fastwel);
- цифровые измерительные преобразователи сигналов тензодатчиков DMJ (Scaime) с интерфейсом RS-485 (мод.);
- преобразователь интерфейсов (RS-232/RS-485) ADAM-4520 (Advantech);
- сетевой коммутатор RS2-TX компании Hirschmann, предназначенный для сетевых подключений по протоколу TCP/IP;
- блок питания Octagon Systems 7155 для контроллера (5 В), источник питания компании XP Power серии SMC для «сухих» контактов (90...264 В переменного тока, выходная мощность 600 Вт, монтаж на шасси), источник бесперебойного питания (1000 Вт, время автономной работы 20 минут).
- Система гидропривода ковшей ГСПП5-8-250, состоящая из маслостанции и гидротолкателей.
- Весоизмерительные устройства фирмы Scaime серии F60X на 5 т и 2 т для промежуточного и дозировочного ковшей соответственно (каждое устройство содержит 4 тензодатчика, соединённых в мостовую схему).
- Частотный преобразователь управления печью АП-1.
- Частотный преобразователь управления каруселью (частотные преобразователи размещены в шкафу ШСУ).
- Программное обеспечение контроллера.
- Программное обеспечение АРМ оператора.

ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ СИСТЕМЫ

- Контроль параметров маслосистемы гидропривода: температуры, давления, уровня и загрязнённости масла.
- Автоматическое и дистанционное управление поднятием и опусканием ковшей, поворотом карусели, поворотом анодной печи, подачей извести в изложницы.
- Автоматическое измерение и регистрация массы меди в ПК и ДК, прогнозирование веса наливаемой в изложницу меди, определение и регистрация количества отлитых медных анодов в автоматическом и ручном режимах.
- Сигнализация и контроль аварийных режимов: повышение или понижение температуры и давления в маслостанции, предельное загрязнение масла, минимальный уровень масла в баке.
- Архивирование регистрируемых показателей.
- Визуализация технологического процесса.

РАБОТА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ

При повороте печи медь через жёлоб попадает в промежуточный ковш, на фундаменте которого установлено весоизмерительное устройство для определения веса меди в процессе налива. При достижении заданного значения веса меди в ПК контроллер выдаёт сигнал подъёма на гидроцилиндр ПК и перелива меди в дозировочный ковш.

Отслеживая заполнение ДК, контроллер формирует сигнал на частотно регулируемый привод карусели, подводя изложницу под дозировочный ковш. В момент полной остановки изложницы под ДК контроллер выдаёт сигнал на опускание ПК. При полном опускании ПК происходит регистрация значения веса меди в ДК. Измерение веса меди в ДК производится четырьмя тензодатчиками, соединёнными в мостовую схему для уменьшения погрешности измерения. Далее контроллер даёт команду на подъём ДК, при этом контролируя вес наливаемой в изложницу меди. Когда количество вылитой меди достигнет заданного значения, подаётся команда на опускание ДК. При полном опускании ДК регистрируется остаток веса меди в ковше.

На рис. 3 показано заполнение медью дозировочного ковша, а на рис. 4 – заполнение изложницы медью.

Рис. 3. Заполнение медью дозировочного ковша

Рис. 4. Так отливается анод (заполнение изложницы медью)

После полного опускания ДК подаётся сигнал подъёма на гидроцилиндр ПК и цикл повторяется.

Изложницы с отлитыми анодами при пошаговом вращении карусели попадают в зону водяного охлаждения, а затем подходят к пневматическому анодосъёму. Специальным штырём анод поднимается из изложницы, снимается анодосъёмом и устанавливается в накопительную ванну. Из ванны с помощью мостового крана грузоподъемностью 10 т аноды перемещаются на вагонетки. Каждая вагонетка взвешивается до и после загрузки анодами. Путём деления веса анодов на их число в вагонетке (35 шт.) определяют средний вес анода.

На рис. 5 показана карусель с изложницами, а на рис. 6 – готовые аноды, которые направляются в цех электролиза.

Рис. 5. Карусель с изложницами

Рис. 6. Готовые аноды направляются в цех электролиза

Одновременно с управлением разливом меди производится контроль параметров системы гидропривода, контроль частотного привода поворота карусели и количества изготовленных медных анодов.

Все полученные данные отображаются на экране АРМ и архивируются.

РЕЖИМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Выбор режима управления ковшами и каруселью при разливе меди производится переключателем «Разлив». При положении переключателя «Руч.» в режиме разлива происходят передача сигналов с кнопок управления на дискретные входы контроллера, их программная обработка и выдача на исполнительные механизмы через дискретный выход контроллера. При переводе переключателя «Разлив» в положение «Авт.» управление ковшами и каруселью переходит на программное управление от контроллера. Активация программного управления производится нажатием кнопки «Старт» группы кнопок «Разлив в автомате».

Выбор режима управления печью производится переключателем «Печь». В положении «Руч.» (ручной режим управления печью) происходит передача сигналов от кнопок управления группы «Печь» с нарисованными стрелками вверх или вниз. Через промежуточное реле пульта сигналы поступают в схему управления частотного преобразователя привода печи, которая реализует локальное управление поворотом печи. В положении «Авт.» управление печью переходит в автоматический режим, то есть в режим программного управления от контроллера.

Программа контроллера реализует алгоритмы, укрупнённые блок-схемы которых представлены на рис. 7 и 8.

АРМ оператора с пультом управления и рабочей станцией показано на рис. 9.

Рис. 9. АРМ оператора с пультом управления и рабочей станцией

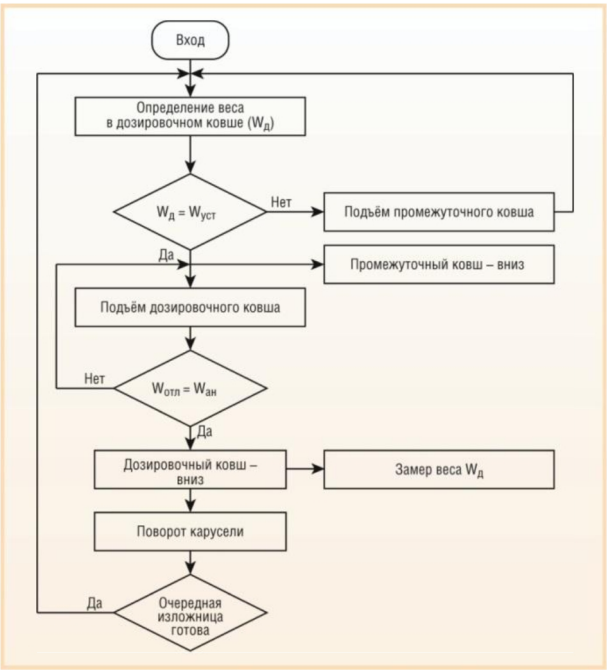


Рис. 7. Укрупнённая блок-схема алгоритма разлива анодов (основной цикл)

Условные обозначения: Wуст – заданный вес меди в дозировочном ковше; Wотл – вес отливки; Wан – заданный вес анода; Wд – вес меди в дозировочном ковше.

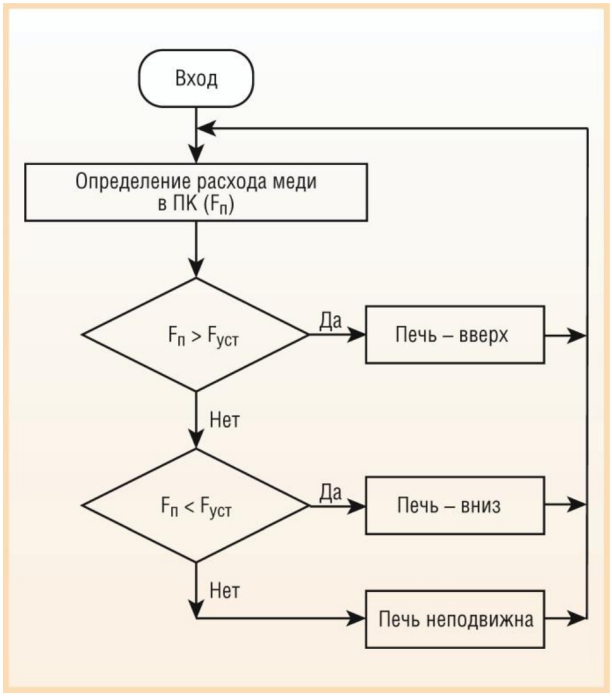


Рис. 8. Укрупнённая блок-схема алгоритма управления расходом меди из печи

Условные обозначения: Fп – вычисленный расход меди в промежуточном ковше; Fуст – заданный расход.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНТРОЛЛЕРА

Программное обеспечение (ПО) контроллера разработано с помощью пакета UltraLogik 1.04.026 на языке Turbo Pascal 7.0 для операционной системы MS-DOS 6.22 или FDOS.

Для обеспечения взаимодействия с программой верхнего уровня, исполняемой на рабочей станции, установлено ПО клиента сетевой операционной системы Nowell 4.11, а на самой рабочей станции установлен и сконфигурирован PLCNet OPC Server 3.05 фирмы Fastwel.

Разработанное ПО состоит из двух исполняемых файлов Resid.exe и Uvd_92h.exe, а также группы служебных файлов. Программа Resid.exe написана на языке Turbo Pascal 7.0 и является резидентной. Основная программа Uvd_92h.exe использует средства UltraLogik, после загрузки она обращается к подпрограммам резидента. Это вызвано соображениями удобства разработки. Для запуска используется пакетный файл Start.bat, вызов которого помещён в файл автозапуска MS-DOS autoexec.bat.

Основной цикл работы программы состоит из следующих шагов:

- считывание состояния входных дискретных и аналоговых сигналов;
- логическая обработка;
- выдача выходных сигналов.

Привязка входных и выходных сигналов к каналам плат УСО осуществлена средствами пакета UltraLogik. Связь с весоизмерительными устройствами фирмы Scaime поддерживается по протоколу Modbus RTU через порт COM2 на скорости 19200 бод.

Алгоритм работы программы в автоматическом режиме разлива построен в соответствии с приводимой далее последовательностью операций.

- Ожидание нажатия на кнопку «Старт».

● После нажатия на кнопку «Старт» разрешается работа подпрограммы регулировки расхода меди при переливе из печи в промежуточный ковш.

● Медь из ПК наливается в ДК до достижения установленного значения начального веса меди в ДК.

● Ожидание срабатывания датчика установки изложницы.

● Ожидание стабилизации веса ДК (в процессе работы датчики веса опрашиваются 50 раз в секунду; если в течение последних 40 опросов разброс измеренных значений относительно среднего не превышает для каждого из них заданного 1 кг, то вес считается стабилизированным).

● Регистрация начального веса ДК, подъём ДК.

● В процессе отливки анода постоянно регистрируются текущий вес меди, расход меди, налитой в изложницу, и изменение этого расхода; на основе этих параметров по коэффициентам регрессионного уравнения производятся расчёт порогового веса и определение момента опускания ДК.

● Опускание ДК и выдача команды на поворот карусели (в момент начала опускания ДК регистрируются вес, расход и изменение расхода).

● Опускание ДК производится не полностью, а на заданную длину штока гидроцилиндра; в процессе движения ДК ожидается момент стабилизации его веса.

● Регистрируется конечный вес меди в ДК, рассчитывается вес отливки и вес меди, налитой в изложницу в процессе опускания; этот добавленный вес вместе с зарегистрированным в момент начала опускания расходом и изменением расхода служат для расчёта коэффициентов регрессионного уравнения, в расчёте принимают участие последние 10 отливок.

● Далее процесс повторяется с подъёма ПК.

● При нажатии кнопки «Стоп» разлив меди из ДК в изложницу не прекращается до установки заданного веса анода.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная ООО «ASU Technology» автоматизированная система управления процессом изготовления медных анодов на Алмалыкском ГМК прошла промышленные испытания и передана в эксплуатацию металлургическому цеху.

Система функционирует в тяжёлых условиях металлургического производства, характеризующихся повышенным содержанием окислов серы в воздухе, высокой температурой пирометаллургических процессов, опасностью работы с жидким металлом. Благодаря удачному выбору технических средств, отличающихся высокой надёжностью и точностью в работе, и эффективным алгоритмам управления система безотказно выполняет свои функции в круглосуточном режиме эксплуатации.

Основной показатель работы системы – среднеквадратическое отклонение веса анода от нормы – по данным на многие тысячи отлитых анодов не превышает 0,5 кг, что является одним из лучших показателей работы среди аналогичных систем на медеплавильных заводах. По нашему мнению, этот результат достигнут благодаря тому, что программы управления дозированием в ДК и в изложницу учитывают динамику выливки, которая зависит от многих факторов, непрерывно изменяющихся в процессе разлива. Кроме того, в процессе разлива используется информация о последних 10 отливках, что позволяет считать систему адаптивной, а следовательно, более точно выполняющей функцию стабилизации веса отливок.

Приложение 2 Автоматизированные системы прокатного производства

1 Опыт разработки и внедрения системы управления участком мерной порезки

Авторы статьи: 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 ножниц (ЛН). В отличие от гильотинных ножниц, 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 ножниц 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.

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

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 листоправильной машины (ЛПМ), тянущих роликов (ТР), следящих роликов (СР) и летучих ножниц (ЛН). Структурная схема участка изображена на рис. 1.

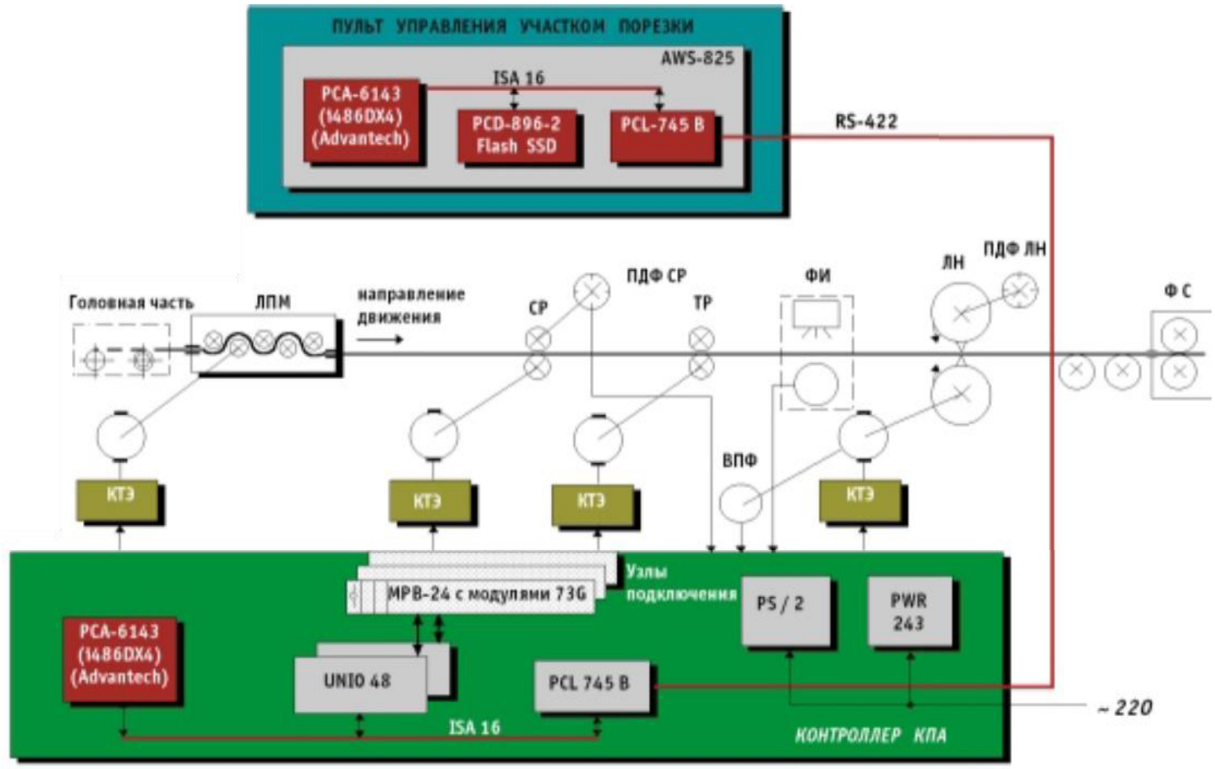


Рис. 1. Структурная схема системы управления участком мерной порезки

Условные обозначения: ЛПМ — листоправильная машина; СР — следящие ролики; ПДФ СР — 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.

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 сопряжения 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 ножниц и полосы использовались фотоимпульсные датчики ПДФ5 с соответствующими контроллерами (разработка УкрНИИПреобразователь).

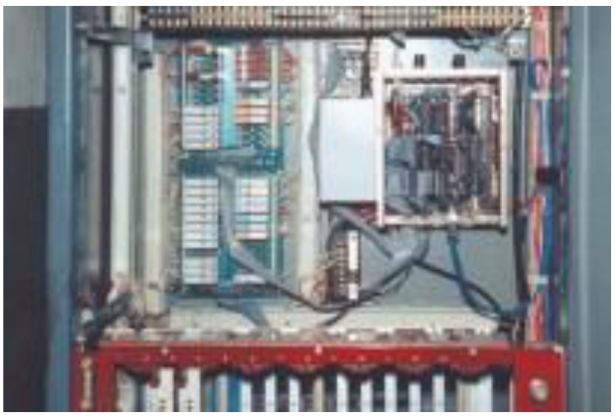


Рис. 2. Внешний вид контроллера промышленной автоматики

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

Рис. 3. Внешний вид пульта 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 C/C++ определялся тем, что отладка части программ осуществлялась непосредственно из оболочки компилятора, а поскольку разрабатываемые программы осуществляли перенастройку системного таймера T0, 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, предназначенный 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 PCX (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 процедуры 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.

Рис. 4. Вид рабочего экрана на пульте управления

Алгоритм управления

Традиционно алгоритм управления участками порезки, подобными ПГА2-7*80-500, строится по цикловому методу, согласно диаграмме движения ножниц, изображенной на рис. 5 в виде 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 ножниц;

2 — разгон ножниц до скорости полосы. При этом в момент старта система управления размыкается и дальнейшее движение ЛН определяется темпом задатчика интенсивности, установленного в электроприводе;

3 — синхронизация скоростей полосы и ножниц 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 Vg;

6 — «дотяжка» ЛН на скорости Vg 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 сожалению, 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 зависимости от скорости полосы.

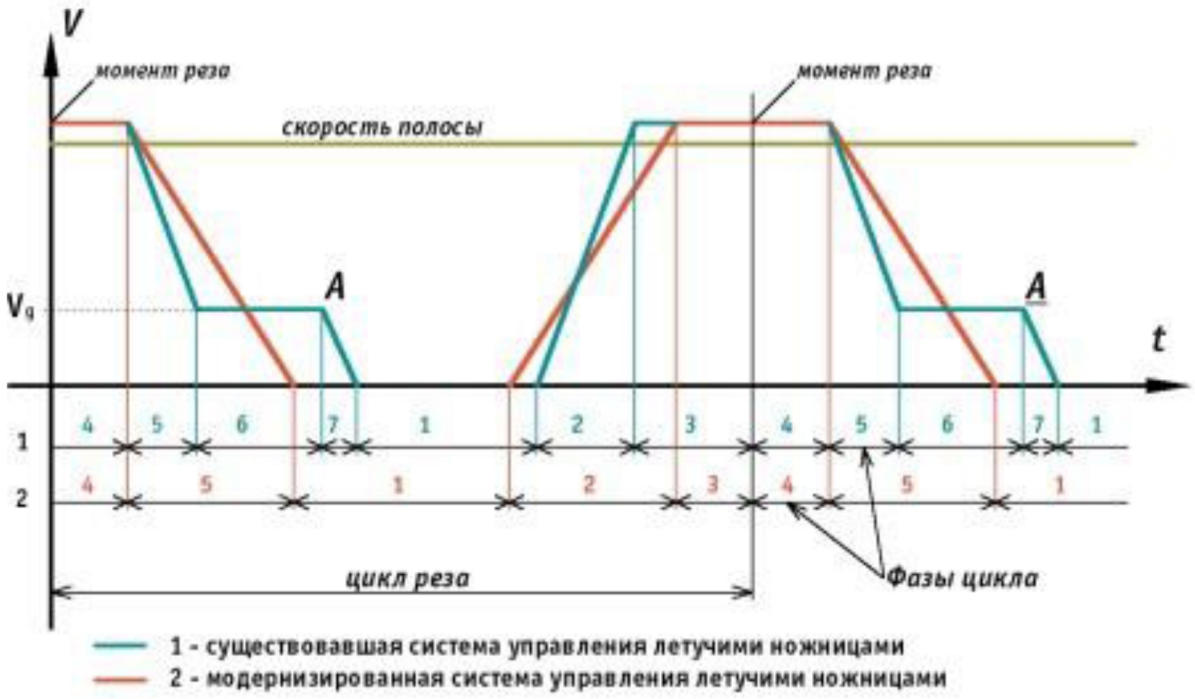


Рис. 5. Диаграмма изменения скорости летучих ножниц в цикле реза

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 предъявляет 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.

Решение этой задачи достигается путем симметрирования периодов разгона и торможения с остановом ЛН в верхней мертвой точке. Диаграмма работы ЛН при данном методе управления представлена на рис. 5 в виде кривой 2. Следует отметить также, что при старом способе регулирования снижение скорости полосы не уменьшает величину тока разгона (торможения), а 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 подпрограмму 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 посылки. 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.

2 Автоматизация информационного сопровождения прокатного стана

Авторы статьи: Юрий Волобуев

Описан опыт проектирования автоматизированной системы информационного сопровождения технологических процессов прокатного стана ММЗ.

Прокатный стан

Введение

Автоматизированная система информационного сопровождения стана (в прижившейся аббревиатуре — АИС) была внедрена на мелкосортном прокатном стане Молдавского металлургического завода более десяти лет назад, практически с момента его пуска. Первоначально она была реализована на КТС ЛИУС с использованием обычных бытовых телевизоров и самодельных клавиатур в качестве операторских станций, затем развивалась и претерпевала изменения вследствие поэтапных реконструкций стана или переоснащения вычислительных средств. И до такой степени она «доразвивалась», что существующую версию системы роднит со своими корнями лишь наименование. И по сути, и по технической реализации ее можно назвать самостоятельным продуктом, созданным «с нуля», и отроду ей чуть более двух лет.

Назначение АИС

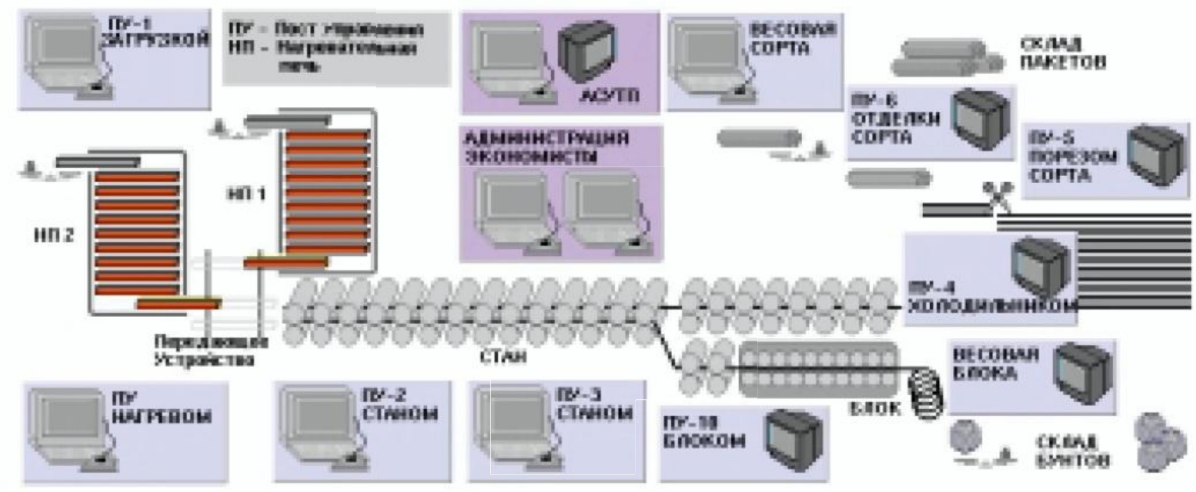


Рис. 1. Схема технологической линии сортопрокатного стана

На рис. 1 представлена схема технологической линии сортопрокатного стана. Собственно стан состоит из последовательности пар валков (клетей), которые обжимают проходящую между ними заготовку до нужного профиля. У нас внедрена двухниточная прокатка (впервые в мировой практике, кстати), при которой через клети стана проходят одновременно две заготовки. До определенной клети они идут бок о бок (по так называемым левой и правой ниткам), а затем разветвляются: левая идет прямиком в зону отделки СОРТА, где разрезается на прутки, которые связываются в пакеты и взвешиваются, а правая — на БЛОК, после которого получается готовый прокат в виде бунтов катанки — (очень толстой «проволоки», да простят меня прокатчики). Применяются режимы проката, при которых заготовки с обеих ниток (но уже не одновременно) поступают либо на сорт, либо на блок. Впрочем, всех нюансов не перечислишь.

Прежде чем попасть в стан, заготовки нагреваются до нужной температуры в одной из двух нагревательных печей. Печи имеют магазинную организацию и вмещают порядка 100 заготовок каждая. Каждая заготовка перед загрузкой в печь взвешивается, затем, перемещаясь в печи, нагревается, доходит до окна выдачи, а выйдя, перемещается по так называемому передающему устройству и направляется в стан на ту или иную нитку.

Вот это все, начиная с взвешивания заготовки перед загрузкой в нагревательную печь и кончая взвешиванием готового пакета (бунта), и входит в сферу АИС.

АИС выполняет три основные функции.

1. Оперативно отображает на десятке рабочих мест текущее состояние технологического процесса. Это не только создает определенный комфорт для операторов стана, но и помогает избежать самого страшного брака в работе — смешивания плавок (партий заготовок, выплавленных в разное время, имеющих разные свойства металла). На практике во избежание этого делают технологические паузы между плавками. Устойчивая работа АИС позволяет существенно снижать протяженность этих пауз.

2. Передает оперативные данные автономным системам АСУ нагрева заготовок и Тепловой модели нагревательных печей.

3. Осуществляет автоматический сбор и хранение различных учетных параметров, начиная с износа оборудования и кончая данными о производстве, а также обеспечивает их просмотр и статистическую обработку.

Аппаратные средства

АИС отслеживает каждую заготовку «поименно». И если «фамилию» (реквизиты плавки) задает оператор на загрузке, то «имя» (порядковый номер) и вся остальная история заготовки строится на данных контроллеров управления механизмами и измерительных приборов. А поскольку процессы на стане довольно быстрые и, как следствие, поток сигналов интенсивен, главной заботой при разработке АИС была и остается не столько шлифовка алгоритмов обработки данных, сколько повышение устойчивости системы, исключение потерь сигналов и улучшение иных «тактико-технических характеристик», а в этом деле мелочей нет.

В настоящее время АИС реализована в операционной системе QNX (что уже само по себе закрывает множество проблем). АИС имеет выход на технологическую сеть Sinec-H1, откуда поступают данные с контроллеров управления механизмами стана Siemens серии S7-400. Другими источниками первичных данных являются приборы Ш711 (интеллектуальный многоканальный АЦП) и MERAV (съём показания весов), связанные через ИРПС (токовая петля) с интеллектуальным мультипортом Intellicon-Flex8, а также некоторое количество дискретных сигналов, принимаемых через плату PCLD-782B. В качестве базы данных долговременного хранения информации выбрана Sybase SQL Anywhere. Все это хозяйство крутится на обычных либо промышленных компьютерах Pentium. Операторские станции подразделяются на два типа: те же Pentium с 21-дюймовыми мониторами промышленного исполнения, предназначенные для работы в

графическом режиме, и рабочие станции AWS-825 фирмы Advantech, работающие в режиме терминала. Для визуализации используется графический интерфейс Photon microGUI, а также инструментальная среда для автоматизированного проектирования систем контроля и управления RTWin.

На рис. 2 отображены основные компоненты и взаимосвязи системы АИС. Конечно же, схема не отражает четких границ АИС, да их и не существует. Например, считать ли драйвер съема показаний прибора MERAV детищем АИС только на том основании, что никто более не пользуется его услугами? Кроме того, изображенное распределение по узлам сети не является чем-то обязательным и на деле неоднократно варьировалось в основном по техническим соображениям.

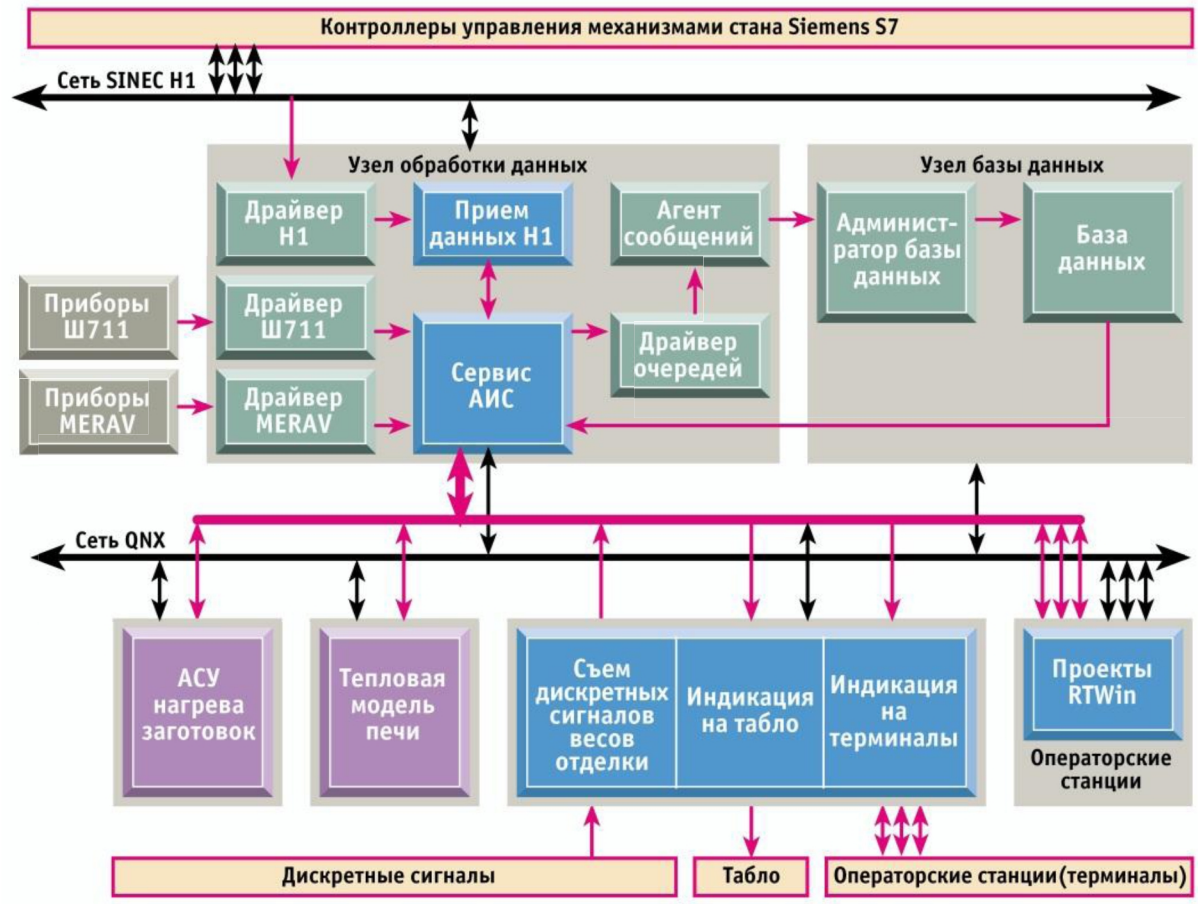


Рис. 2. Компоненты и взаимосвязи системы АИС

Итак, отталкиваясь от рис. 2, хочу заострить внимание на блоке «Сервис АИС» и потоках информации, замыкающихся на нем.

Программное обеспечение АИС

Сервис АИС представляет собой комплекс программ (процессов), запускаемых на одном узле и взаимодействующих через общую разделяемую память (рис. 3).

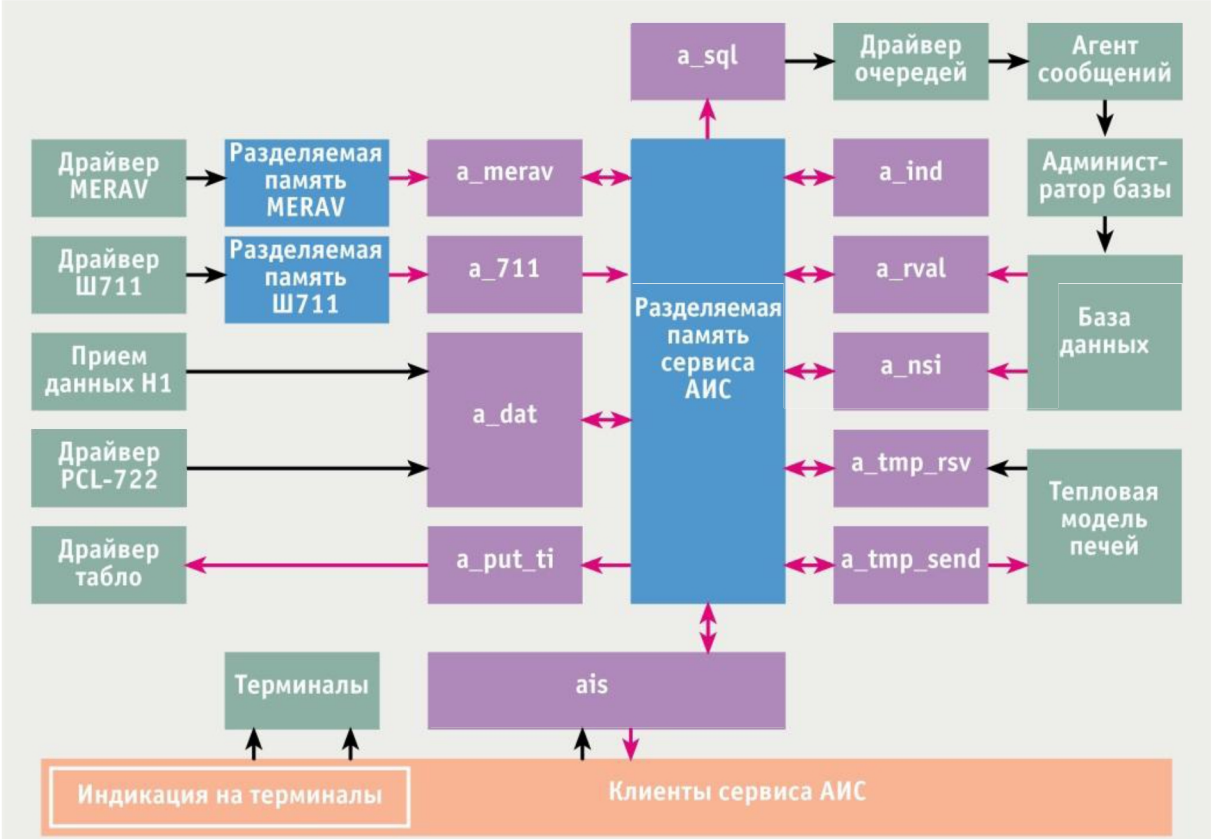
Само название «Сервис» определяется характером функций данного комплекса. В самом деле, получая и обрабатывая первичные данные, он создает и содержит в порядке некий базисный набор данных, передает их на хранение в базу данных, а также предоставляет информацию своим клиентам по первому требованию, оказывая тем самым информационные услуги.

В общей памяти, помимо всевозможных рабочих массивов взаимодействия и конфигурации, содержится также как бы информационный снимок стана, состоящий из набора блоков (каналов) данных (пример 1). Каждый модуль Сервиса, выполняя свои

узкие функции, обновляет соответствующие данные этих каналов или использует их другим образом (рис. 3).

Запускает, выгружает, перезапускает и контролирует модули головная программа, выполняющая также передачу информационных каналов всем желающим клиентам. Диагностика и протоколирование всех этих мероприятий отображается на информационном экране Сервиса АИС (рис. 4).

Первичные данные попадают в Сервис двумя путями: либо принимаются от драйверов по их инициативе, либо считываются из разделяемой памяти драйвера по логике прикладного алгоритма.



НАЗНАЧЕНИЕ МОДУЛЕЙ СЕРВИСА АИС	
ais	Головной модуль
a_rval	Считывание данных из Базы валков
a_sql	Запись данных во входную очередь агента сообщений для Базы
a_tmp_rcv	Сервер-получатель для Тепловой модели печи
a_tmp_send	Сервер-отправитель для Тепловой модели печи
a_ind	Формирование реквизитов отображения
a_dat	Обработка сигналов контроллеров H1 и PCL-722
a_nsi	Считывание НСИ из Базы
a_put_ti	Передача данных для табло
a_merav	Обработка показаний приборов MERAV
a_711	Обработка показаний приборов Ш711

Рис. 3. Компоненты Сервиса АИС

Передачу же базисной информации из Сервиса по различиям в протоколах можно разделить на четыре группы.

1. Передача базисного данного по факту его возникновения (событию) в базу данных.

2. Передача по событию определенному адресату (Тепловой модели нагревательной печи, например).

3. Ответ на запрос определенного данного или управляющего воздействия.

4. Передача зарегистрированному клиенту группы каналов.

```
/* Номера и флаги каналов */
#define CHAN_TIME 0
#define F_CHAN_TIME (0x00000001L<<CHAN_TIME)
#define CHAN_DAT  1
#define F_CHAN_DAT  (0x00000001L<<CHAN_DAT)
/* Структура общего блока памяти */
struct COMMON_AIS {
 /* Матрица обмена
 CHANS - Количество каналов
 CLIENTS - Максимальное количество клиентов */
 char matrix[CHANS][CLIENTS];
 /* Данные каналов */
 struct chan_TIME {
  char time[10]; /* текущее время */
  char date[20]; /* текущая дата */
  char num_br; /* номер бригады */
 } chan_time;
 struct chan_DAT { /* канал сигналов и датчиков */
  char status[100];
 } chan_dat;
};
/* Структура буфера обмена Сервис- лиент */
struct bsend {
 struct d_head { /* заголовок */
  short type;
  short subtype;
  short client;
  long  maska;
  long  flags;
 } head;
 char   data[sizeof(struct chan_TIME)+
             sizeof(struct chan_DAT)];
};
```

Пример 1. Описание данных для обеспечения передачи Сервис-клиент

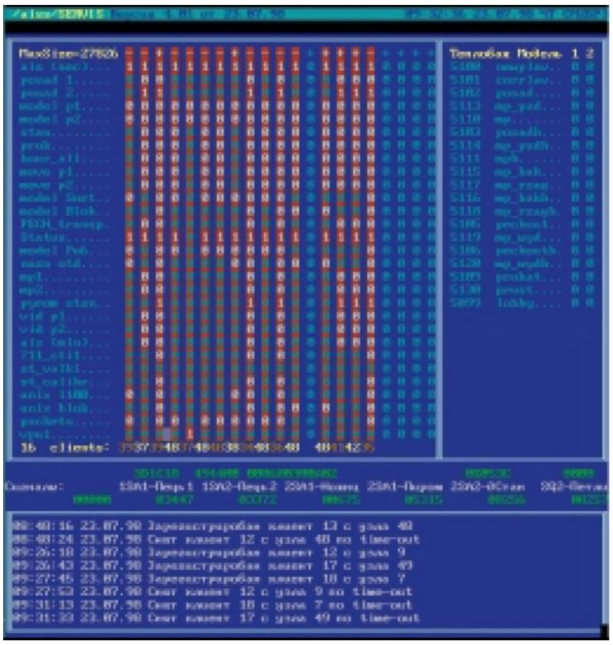


Рис. 4. Информационный экран Сервиса АИС

Существует, правда, и пятый путь (пятая колонна?) получения данных из Сервиса, совершенно беспротокольный, — считывание непосредственно из разделяемой памяти. Я лично применяю этот путь в различных исследовательских целях. Опаснее здесь другое — ведь так можно и записать. Данная возможность используется при аварийном восстановлении информации, например. И от этого, по сути, несанкционированного доступа защиты нет. Впрочем, среди привилегированных пользователей, могущих сотворить такое, ни «чайников», ни хулиганов тоже нет. Передача в Базу данных осуществляется по цепочке, представленной на рис. 5.

Рис. 5. Путь передачи сообщения в базу данных

Этим и ограничусь, поскольку детальное описание заслуживает отдельной статьи. Кроме того, такой метод передачи в базу применяется у нас в АСУ ТП уже несколько лет и давно перешел в разряд системных вещей.

Второй и третий способы передачи — обычные Send и Reply, весь протокол которых сводится лишь к формату данных (Send и Reply — функции WATCOM C, обеспечивающие синхронную передачу данных между задачами в ОС QNX).

А вот передача каналов клиентам применена нами впервые именно в Сервисе АИС, посему о ней несколько подробней.

Передача Сервис-клиент

Каналы информации пронумерованы, и каждому соответствует некий битовый флаг. В общей памяти размещена матрица обмена (пример 1), строки которой соответствуют каналам информации, а столбцы — клиентам. Модуль, обновляющий данные того или иного канала, расписывает единицей соответствующую строку матрицы (пример 2).

```
main()
{
struct COMMON_AIS *shmem; //Указатель на общий сегмент памяти
short num;                  //Номер датчика
short stat;               //Статус датчика
 ...
 shmem->chan_dat.status[num]=stat;
 memset(&shmem->matrix[CHAN_DAT][0],1,CLIENTS);
 ...
}
```

Пример 2. Модуль Сервиса, изменяющий данные информационного канала

```
main()
{
struct COMMON_AIS *shmem;
pid_t pid; /* идентификатор процесса сервиса */
int   off,size,i;
long  flag;
struct bsend B;

 while( 1 )
 {
  pid=Receive(0,&B,sizeof(struct bsend));
  switch(B.head.type)
  {
   case I_AM_CLIENT: /* Запрос Клиента */
    size=sizeof(struct d_head);
    switch(B.head.subtype)
    {
     case CLIENT_DATA: /* Запрос данных каналов */
      off=0;
      /* Установить флаги "поспевших" каналов */
      flag=0L;
      for(i=0; i<CHANS; i++) /* см. пример 1. */
      {
        if(&shmem->matrix[i][B.head.client]) flag|=(0x00000001<<i);
      }
      /* Оставить только интересующие клиента */
      flag&=B.head.maska;
      /* и приформировать безусловно запрашиваемые */
      B.head.flags|=flag; //Флаги в выходной буфер клиенту
      /* Заполнение выходного буфера данными каналов */
      if(flag&F_CHAN_TIME)
      {
        memmove(&B.data[off],&shmem->chan_time,sizeof(struct chan_TIME));
        off+=sizeof(struct chan_TIME);
        shmem->matrix[CHAN_TIME][B.head.client]=0;
      }
      if(flag&F_CHAN_DAT)
      {
        memmove(&B.data[off],&shmem->chan_dat,sizeof(struct chan_DAT));
        off+=sizeof(struct chan_DAT);
        shmem->matrix[CHAN_DAT][B.head.client]=0;
      }
      size=sizeof(struct d_head)+off;
      Reply(pid,&B,size); /* Отправить Клиенту */
      break;
      ...
     default: break;
      Reply(pid,NULL,0); /* Ответ на неопределенный запрос клиента */
    }
    ...
   default:
    Reply(pid,NULL,0); /* Ответ на неопределенный запрос */
    break;
  }
 }
}
```

Пример 3. Передача группы каналов по запросу клиента

```
                                    /* функции обработки данных
каналов */
void sub_chan_0        (struct chan_TIME *);
void sub_chan_1        (struct chan_DAT *);

main()
{
pid_t pid_servis;
int   off;
struct bsend B;
short  client;
 ...
 /* к этому моменту связь с Сервисом создана
    и Клиент зарегистрирован, номер в client */
 B.head.type   = I_AM_CLIENT;
 B.head.subtype        = CLIENT_DATA;
 B.head.client         = client;
 B.head.maska  = F_CHAN_TIME | F_CHAN_DAT;
 B.head.flags  = 0;
 Send(pid_servis,&B,&B,sizeof(struct d_head),sizeof(struct bsend));
 off=0;
 if(B.head.flags&F_CHAN_TIME)
 {
  sub_chan_0((struct chan_TIME *)&B.data[off]);
  off+=sizeof(struct chan_TIME);
 }
 if(B.head.flags&F_CHAN_DAT)
 {
  sub_chan_1((struct chan_DAT *)&B.data[off]);
  off+=sizeof(struct chan_DAT);
 }
 ...
}
```

Пример 4. Запрос группы каналов у Сервиса

Первым делом клиент делает запрос на регистрацию. Сервис выделяет свободный столбец матрицы и возвращает его номер клиенту в качестве подтверждения регистрации. При запросе данных клиент присылает присвоенный ему номер и две битовые маски, соответствующие каналам. В нашем случае маска имеет размерность long, то есть рассчитана на 32 канала (по числу битов). Первая маска содержит флаги тех каналов, которые вообще интересуют клиента, а вторая — флаги тех каналов, которые необходимо передать, независимо от того, обновлялись ли они со времени последнего сеанса или нет (при самом первом запросе, например, обе эти маски совпадают). Сервис при обработке этого запроса (пример 3), ориентируясь на присланные маски и соответствующий клиенту столбец матрицы обмена, собирает в пакет и отсылает клиенту только те из интересующих его каналов, которые либо запрошены, так сказать, принудительно, либо обновлены с момента последнего сеанса, после чего столбец матрицы обнуляется. Сервис отключает клиента либо по его запросу, либо по тайм-ауту. В примере 4 приведен фрагмент программы клиента, обеспечивающий запрос и получение данных по описанной схеме.

Клиенты Сервиса

Самые главные клиенты Сервиса — операторские станции. Конечно же, они могут выдавать в Сервис и управляющие воздействия, но львиную долю времени все же заняты простым отображением информации. В базовом варианте на операторской станции этим занимается проект RTWin (рис. 6).

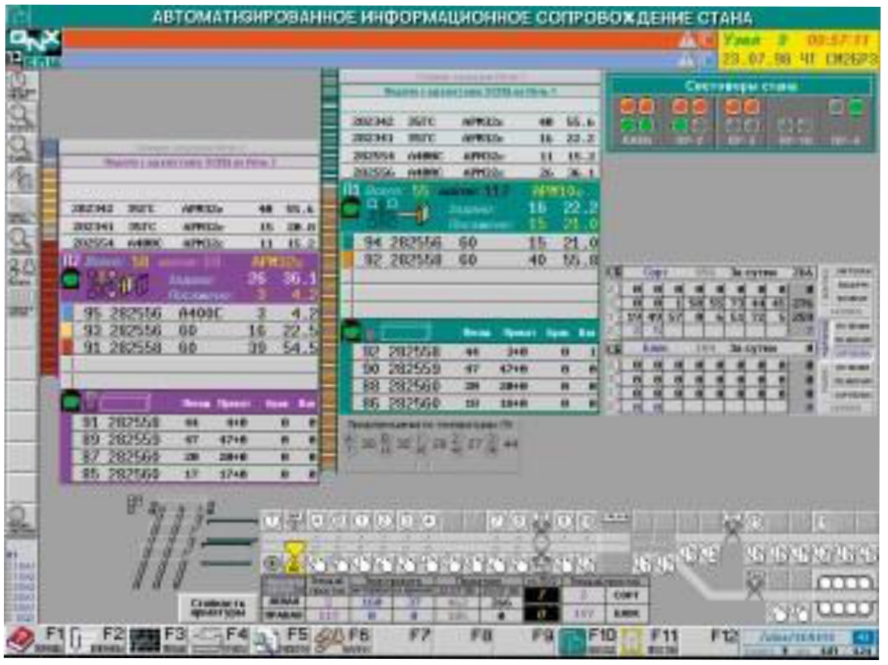


Рис. 6. Главная панель операторской станции поста стана, созданная в RTWin

Любая система в процессе эксплуатации подвергается критике со стороны пользователя в трех направлениях: либо указываются ошибки, либо высказываются пожелания о расширении возможностей системы (выдаче каких-то дополнительных данных), либо предъявляются претензии к форме отображения. Ошибки выявляются достаточно скоро, базисные данные имеют конечный объем, и наступает время, когда расширение возможностей на деле означает лишь варьирование представлениям и уже имеющихся данных (про форму отображения и говорить нечего). То есть не надо переделывать Сервис, ловить время для его перезапуска (а это актуально в условиях режима реального времени), а достаточно в RTWin добавить в проект съем данных еще одного канала, перерисовать картинку или создать дополнительную панель управления (рис. 7) и провести пару-другую линий связи. Для более сложной обработки данных можно включить в проект очередной С-код, а то и создать дополнительный проект.

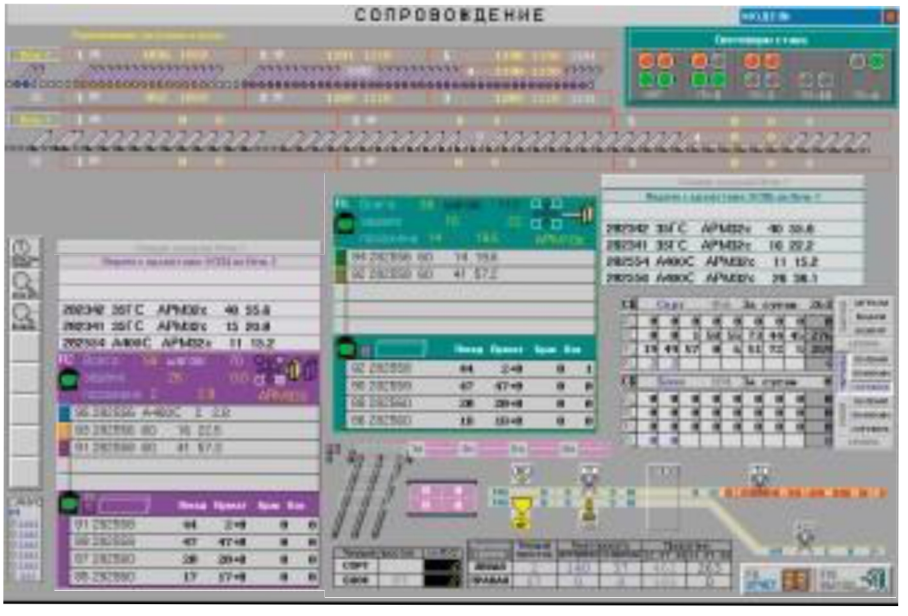


Рис. 7. Панель управления нагревательной печи и главная панель ПУ стана (рис. 6) отображают данные одних и тех же каналов

Конечно же, нарисованная мною картина больше смахивает на идиллию, нежели на суровую действительность, и все же, все же... Приведу такой факт. Если на начальном этапе номера версий Сервиса АИС и проекта RTWin АИС совпадали, то сейчас идет явное опережение последнего. Впрочем, все сказанное было бы справедливо, применяй я и какой-либо другой инструмент графической визуализации, а то и вовсе обычный вывод (рис. 8). Главное здесь все же отделение процесса получения базисных данных от процесса их отображения. Важнейшее преимущество такого отделения — информация, используемая всеми клиентами, неважно каким способом и на чем отображаемая, идентична. Как же может быть иначе, если источник один. К слову, в АИС даже текущее время поступает к клиентам как данные соответствующего канала.

Рис. 8. Панель операторской станции – терминала ПУ-4

Рабочие места операторов прокатного стана

Вместо заключения

В данной статье приведен пример автоматизации в связке, если можно так выразиться, QNX — графика. Что касается использования QNX, то это было одним из первых опытов (наряду с АСУ нагрева заготовок) применительно к объектам сортопрокатного цеха. Здесь уместно напомнить о существовании другого основного цеха, сталеплавильного, где информационные и управляющие системы разрабатываются под QNX с 1991 года. Если присовокупить системы, обслуживающие некоторые объекты вспомогательных цехов, то мы имеем полное право говорить об общезаводской технологической информационной сети на базе QNX. В настоящее время задействовано свыше 60 узлов, на стадии разработки подключение еще нескольких вспомогательных цехов (около 20 узлов). Не задаваясь целью пропагандировать QNX в данной статье, описывая его достоинства, отмечу лишь чрезвычайно высокую надежность данной ОС в реализации задач АСУ ТП, проверенную опытом и временем.

Несомненным же недостатком QNX является, как некоторые шутят, его «военно-полевой интерфейс». Конечно же, само время заставляет как можно скорее прикрыть эту брешь, и приведенный в статье пример АСУ как раз был ориентирован прежде всего на решение этой задачи (съем, обработка, хранение данных изначально не вызывали никаких сомнений).

Разработчики и АИС, и упоминаемой АСУ НЗ решали проблемы графики с помощью CACSD RTWin, позднее ряд систем был разработан (или переведен в графическую среду) вручную с использованием средства разработки графических приложений Photon Application Builder. В результате головная боль по поводу графики если не снялась, то значительно уменьшилась. В наших планах наметилась линия создания новых систем только в графической среде, а между делом выполнялся перевод существующих систем на графический интерфейс с пользователем.

В заключение хочу бросить прощальный взгляд на статью. Чем же я хотел осчастливить человечество, описывая построение АИС? Никаких особенных, ярких решений не наблюдается. Но цель все же есть – пропаганда такого построения системы, при котором обработка данных отделена от визуализации результатов обработки. Задам риторический вопрос: можно ли создать достаточно мощную графическую среду (не привязываюсь к конкретной ОС), полностью свободную от ошибок, имея в виду постоянное обновление аппаратных средств. Можно ли, в связи с этим, полностью избежать постоянной угрозы «зависания» такой среды в самый неподходящий момент и с неизбежной потерей данных, а еще хуже – со сбоем управления? Я считаю, что реальнее приспособиться к такой угрозе, нежели уповать на появление «непотопляемого» графического продукта, а именно – закрутить собственно АСУ на апробированном средстве (по возможности даже на отдельном компьютере), а в качестве отображения использовать сколь угодно новые и красивые графические средства, не боясь перезапускать их в любое время. Можно ориентировать появляющиеся многочисленные SCADA на создание систем с таким разделением. Кстати, именно QNX, с ее распределенными ресурсами, позволяет без труда реализовать такой подход. Те же продукты RTWin, по сути, являются комплексами задач, которые рождаются вместе при запуске, живут независимой жизнью, но умирают также вместе при перезапуске. Научи их умирать независимо – разделение готово. Труднее всего поставить точку. Благодарю всех, дошедших до этого места.

3 Система контроля технологии и управления скоростными режимами прокатного стана

Авторы статьи: 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.

Рис. 1. Клеть 950

Рис. 2. Клеть 900

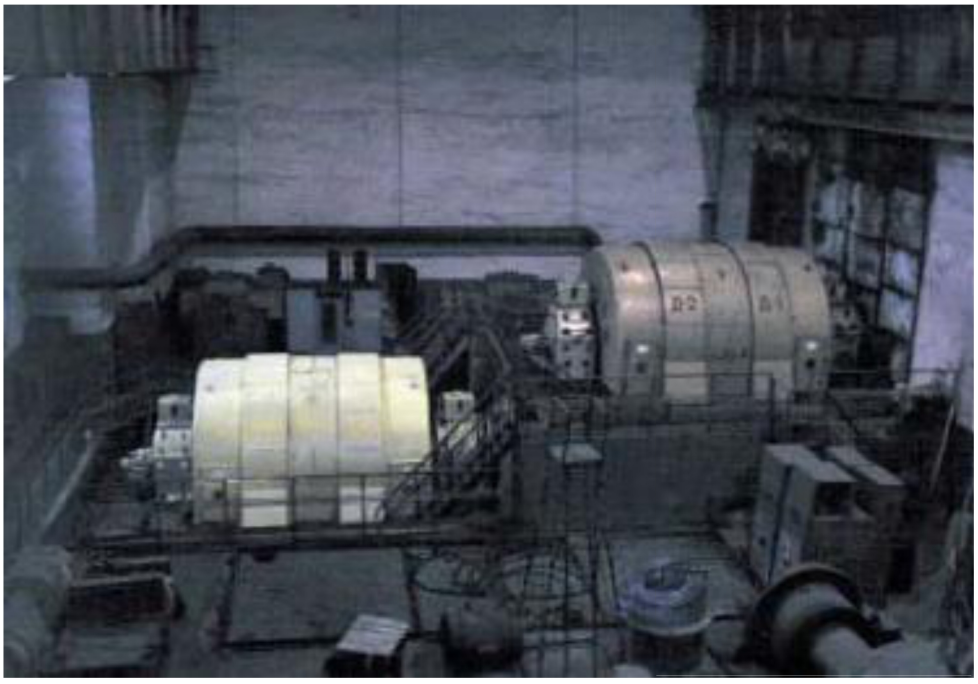


Рис. 3. Двигатели клети 950

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 8090 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 операторов 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.

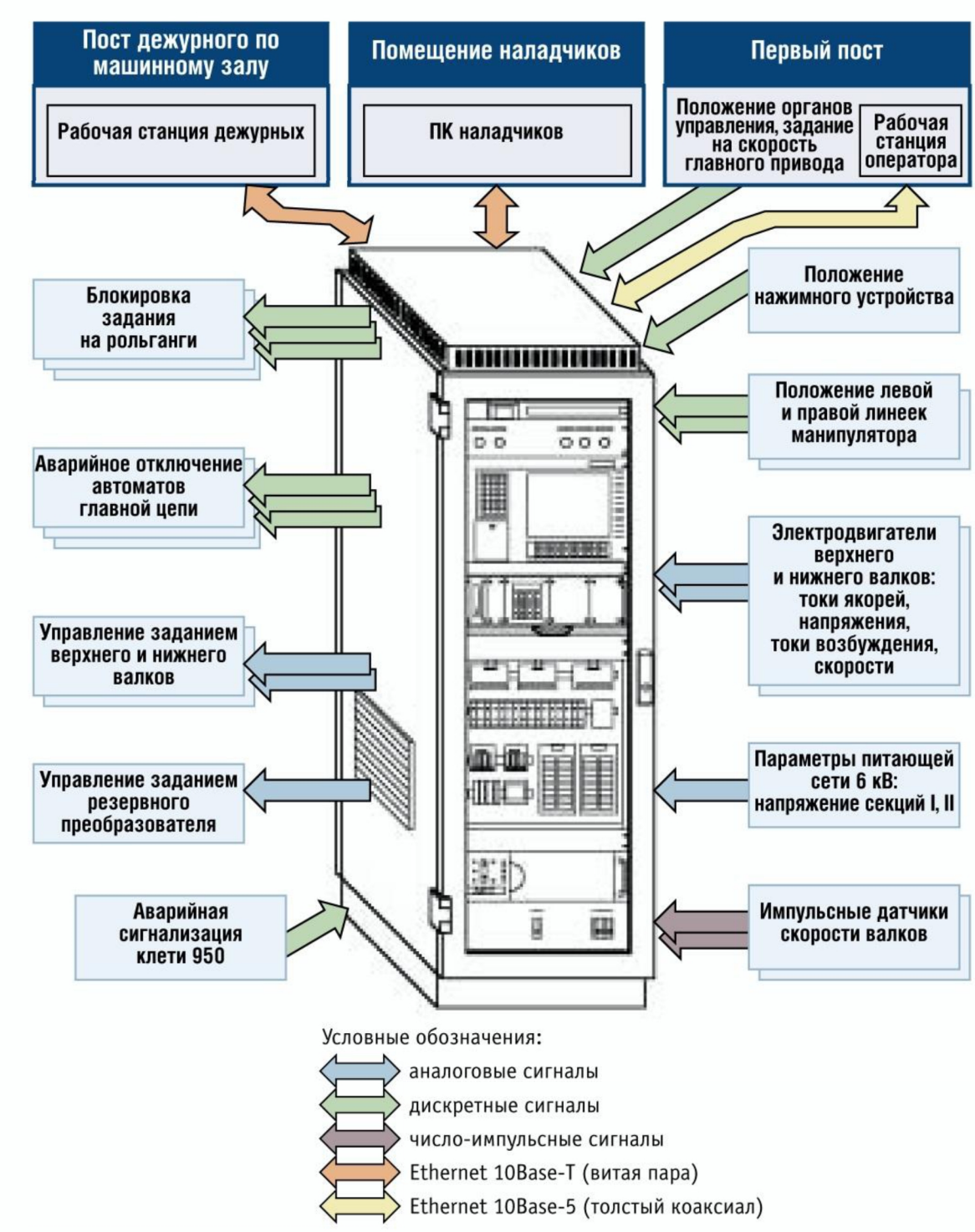


Рис. 4. Структурная схема системы управления клетью 950

Рис. 5. Шкаф управляющей ЭВМ

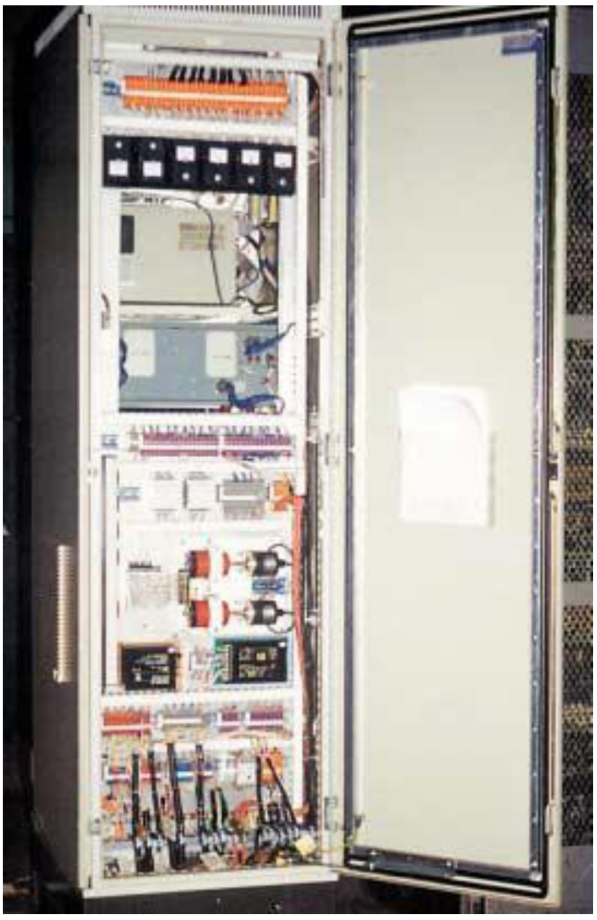


Рис. 6. Шкаф управляющей ЭВМ (вид сзади)

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 машинному 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.

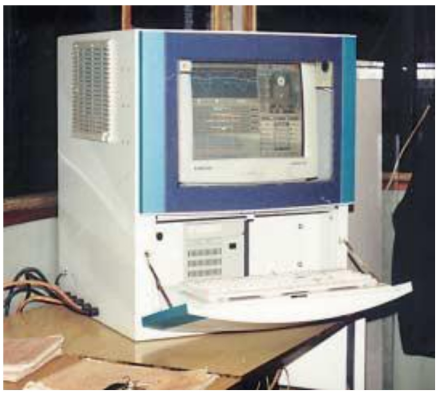


Рис. 7. Рабочая станция дежурных по машинному залу

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.

Рис. 8. Рабочая станция оператора первого поста клети 950

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

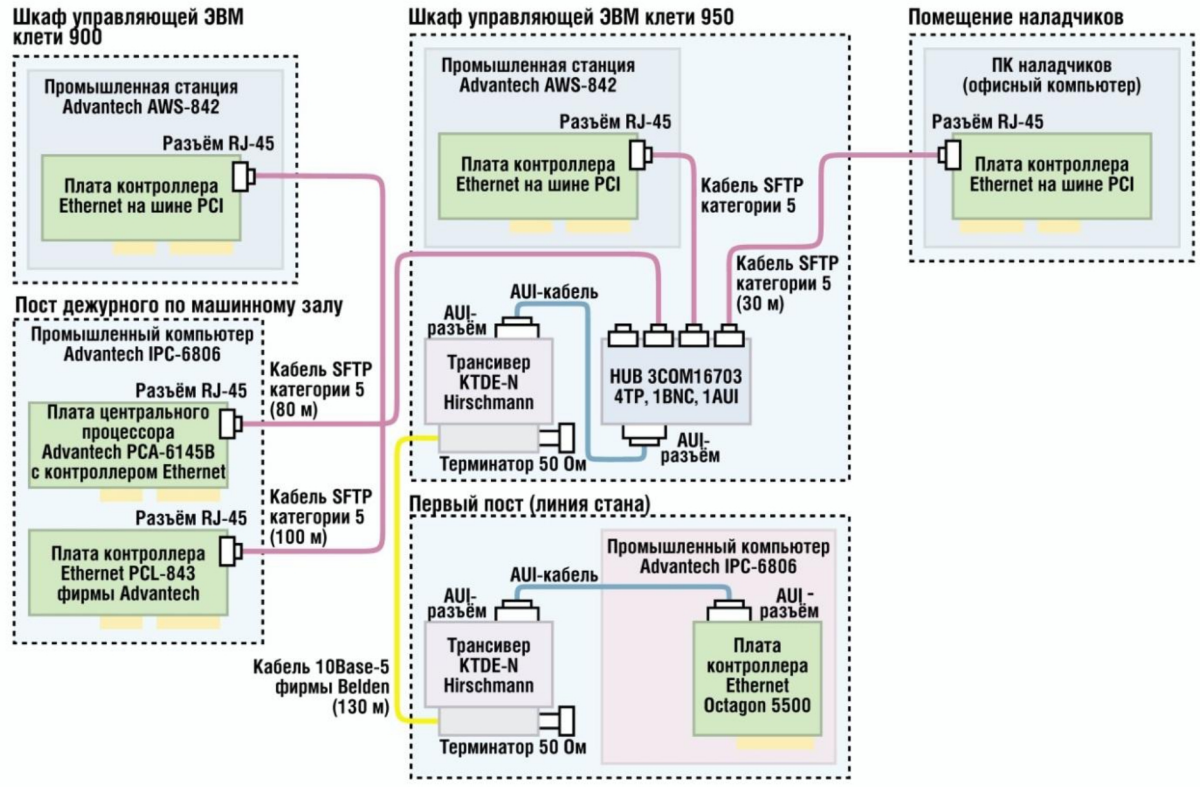


Рис. 9. Структурная схема локальной вычислительной сети

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);
- 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 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 MSDOS).

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.

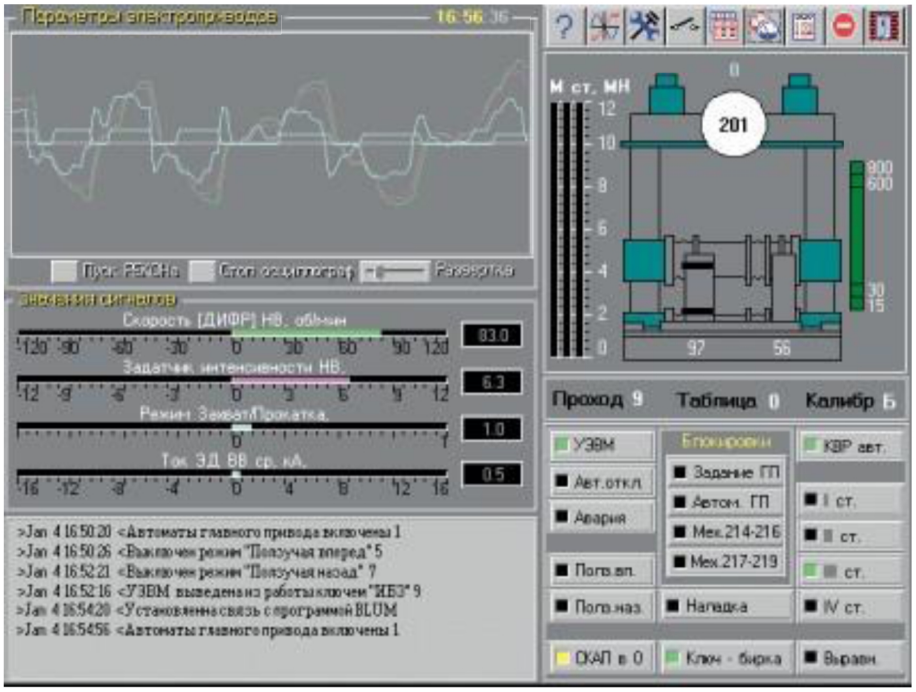


Рис. 10. Копия экрана программы визуализации параметров

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.

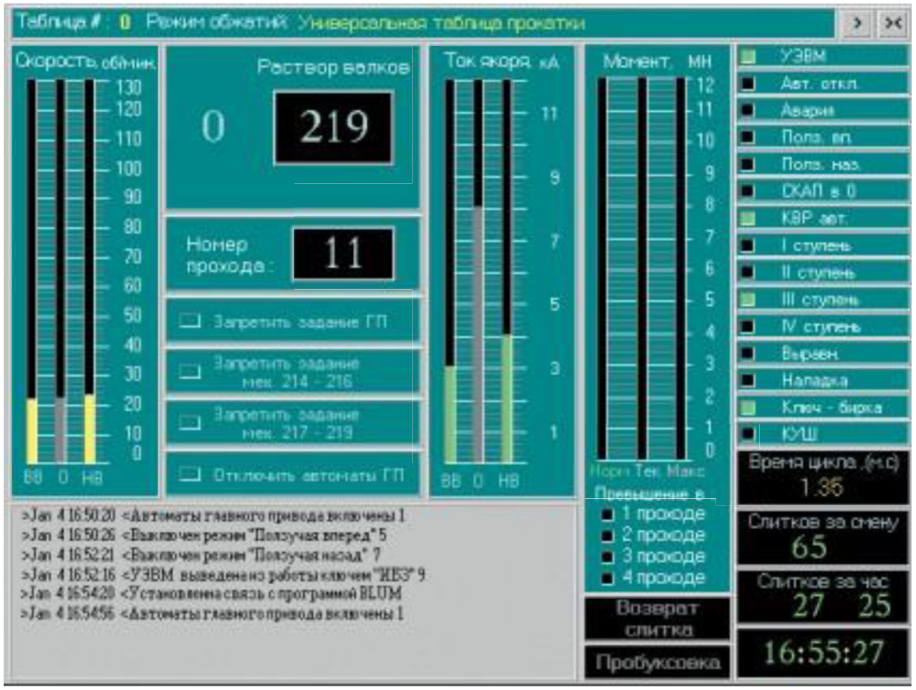


Рис. 11. Копия экрана программы оператора клети 950

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.

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.

4 Информационная система резчика слябов в обжимном цехе

Авторы статьи: Евгений Азин, Сергей Будаква, Александр Кузьмин, Иван Фонотов

В статье описан опыт создания информационной системы резчика слябов в обжимном цехе комбината «Запорожсталь». Система предназначена для предоставления резчику информации, обеспечивающей рациональную порезку раскатов на ножницах.

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ, ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

Ножницы для резки раската

Технология производства слябов (заготовок для листового стана) предусматривает с целью удаления дефектов структуры металла обрезание концевой (донной или головной) части прокатанного металла (раската), поэтому после прокатки на обжимном стане металл поступает на ножницы, где и производится данная операция.

Величина обреза в донной части прокатанного на обжимном стане металла нормирована технологической инструкцией и составляет, как правило, до 5% от длины раската для слитков из углеродистых, полуспокойных и кипящих марок сталей. На практике получается, что вместе с удалением дефектов структуры металла в донной части раската при раскрое нередко в обрез идет и годная часть заготовки.

На комбинате «Запорожсталь» проведены исследования глубины области распространения дефектов структуры металла в донной части раската, заключающиеся в анализе макроструктуры образцов донного обреза. Исследования показали, что среди отобранных образцов при нормированной величине донного обреза длина годной части находится в пределах от 50 до 200 мм. При этом было установлено, что данная величина зависит от суммарных обжатий валками стана при прокатке слитка.

На основании результатов исследований предложено определять величину донного обреза в зависимости от типа слитка и размеров раската после прокатки, что позволит увеличить выход годного металла. При этом возникает задача измерения величины обреза с требуемой точностью в темпе технологического процесса. Измерение длины обреза при порезке раскатов на ножницах и стало первичной задачей, поставленной перед информационной системой резчика слябов в обжимном цехе (в дальнейшем — ИСР).

При построении такой системы, имея в виду оптические методы измерения, необходимо было учитывать, что

● форма концевого участка раската нестабильна;

● распределение светимости по поверхности нагретого объекта существенно неравномерно, причём не исключены участки поверхности с нулевой светимостью;

● на участках максимальной светимости температура раската достигает 1300°С;

● зона измерения ограничена сверху верхним ножом ножниц, а снизу конвейером для уборки обреза, что ощутимо затрудняет применение средств измерения;

● имеет место значительное выделение пара.

На рис. 1 можно видеть типичную донную часть раската.

Рис. 1. Донная часть раската

При построении ИСР выбран способ измерения, при котором полученное с помощью видеокамеры изображение процесса порезки оцифровывается, далее производится наложение объёмной масштабной сетки на изображение передней части раската и все это выводится на экран монитора. Расположение видеокамеры выбрано с целью получения изображения, которое обеспечивало бы возможность наложения объёмной масштабной сетки, позволяющей измерить длину обреза с точностью до 20 мм, и позволяло бы резчику оценить форму передней части раската.

Для расчета масштабной сетки и определения рекомендуемой длины обреза требовалось наличие исходных данных о размерах раската, марке стали и типе слитка. Решение этой задачи свели к организации обмена данными между ИСР и системой слежения за технологическим процессом производства слябов (в дальнейшем – ССТП), в которой имелась необходимая информация. Таким образом, в рамках информационной системы стало возможным не только предоставлять резчику возможность измерять длину обреза, но и выводить на экран монитора рекомендуемый раскройный план порезки раската, в котором указаны длины слябов и величина обреза. Для облегчения задачи измерения масштабная сетка должна содержать отметку оптимальной длины донного обреза. В процессе разработки системы в перечень выполняемых функций были включены дополнительные сервисные функции отображения на экране монитора номера плавки, количества слитков в плавке, марки стали и порядкового номера раската.

НАЗНАЧЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ СИСТЕМЫ

Система предназначена для предоставления резчику необходимой информации для обеспечения рациональной порезки раскатов на ножницах в обжимном цехе с учетом оптимальной величины донного обреза.

Основными функциями ИСР являются:

● формирование и отображение на экране монитора резчика плана рационального раскроя с указанием оптимальной величины донного обреза и рекомендуемых длин слябов;

● оцифровка выходного сигнала видеокамеры и представление полученной цифровой последовательности в заданном формате;

● вывод на экран монитора резчика изображения зоны рабочего хода ножа ножниц в процессе удаления переднего концевого обреза при порезке раската;

● расчет объёмной масштабной сетки с отметкой оптимальной длины донного обреза и наложение ее на выводимое изображение;

● обмен информацией с ССТП;

● отображение на экране монитора резчика в процессе раскроя информации о раскате, номере плавки, количестве слитков в плавке, порядковом номере раската в плавке, типе слитка, марке стали и размерах раската после прокатки;

● определение и анализ ошибок, возникающих при работе системы.

СТРУКТУРА ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ СИСТЕМЫ

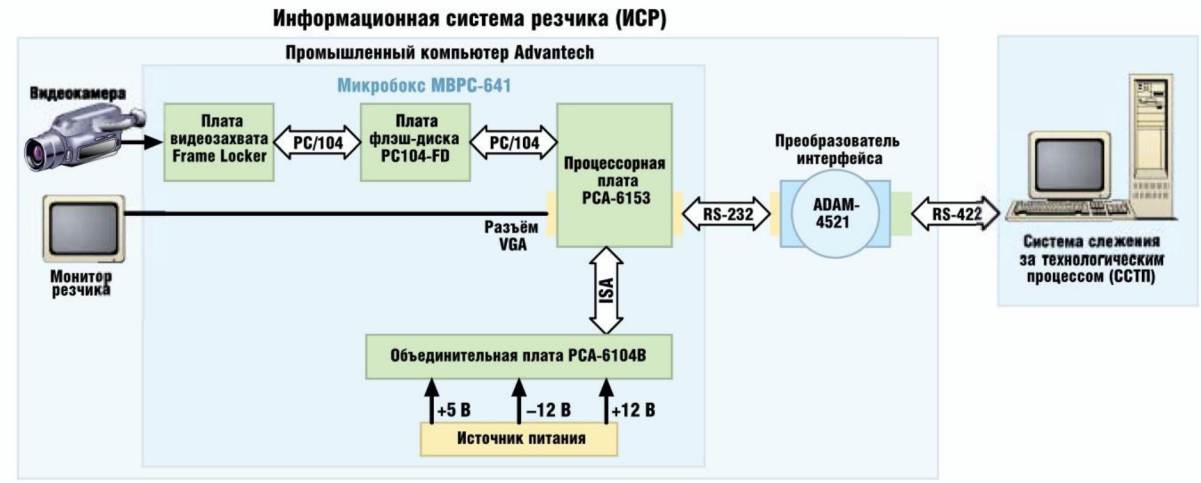


Рис. 2. Структурная схема ИСР

Благодаря организации обмена данными с ССТП потребовался минимальный набор технических средств для решения поставленных перед системой задач. ССТП, помимо предоставления исходных данных для расчетов, регламентировала моменты выдачи информации резчику. Основными устройствами, входящими в состав и определяющими структуру ИСР (рис. 2), являются:

● промышленный компьютер,

● видеокамера,

● монитор резчика,

● преобразователь интерфейса.

На рис. 3 представлен основной шкаф системы, установленный на посту управления ножницами в обжимном цехе.

Рис. 3. Внешний вид аппаратуры информационной системы резчика

Средством реализации заданных алгоритмов работы системы является IBM PC совместимый промышленный компьютер, в состав которого входят следующие устройства:

- процессорная плата PCA-6153 (Advantech) на базе процессора Pentium-100,
- плата флэш-диска PC104-FD (M-Systems),
- плата видеозахвата Frame Locker (Ajeco) с шиной PC/104,
- корпус MBPC-641 (Advantech) в комплекте с объединительной платой PCA-6104B и источником питания.

Для получения изображения зоны рабочего хода ножа используется видеокамера KPC-300BH-AC (KT&C), обеспечивающая разрешение 420 телевизионных строк. Надёжная работоспособность камеры в условиях обжимного цеха обеспечивается за счет внешнего кожуха и обдува воздухом в летние месяцы года.

На рис. 4 показана видеокамера в кожухе, который находится в защитном шкафчике. Средством отображения информации является монитор SyncMaster 410b, заключенный в настенный шкаф, передняя дверь которого выполнена из стекла. Шкаф обеспечивает степень защиты IP55. Преобразование RS-232 в интерфейс RS-422, используемый для обмена информацией с системой слежения за технологическим процессом, производится с помощью отдельного модуля ADAM-4521 (Advantech). На рис. 5 и 6 показано размещение оборудования в шкафу информационной системы.

Рис. 4. Видеокамера в кожухе

Рис. 5. Вид монтажного шкафа ИСР сзади (справа — промышленный компьютер

Рис. 6. На задней секции монтажного шкафа ИСР размещён преобразователь RS3232/RS3422

Программное обеспечение (ПО) системы предназначено для работы в среде DOS 5.5-6.22 и состоит из прикладных программ, обеспечивающих работу системы. Базовым языком программирования является C++.

В состав ПО системы входят:

- исполняемый файл,
- файл параметров,
- файлы данных,
- файлы статистики и ошибок,
- драйверы внешних устройств.

ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ

Работа системы заключается в своевременной выдаче информации на экран монитора резчика для обеспечения технологического процесса порезки раскатов на слябы. Моменты выдачи информации определяет фотореле перед ножницами, входящее в состав ССТП. В зависимости от текущей технологической ситуации в зоне ножниц ССТП формирует пакеты данных и затем передает их в ИСР. По результатам обработки полученных данных производится вывод соответствующей информации на экран монитора резчика. Вывод на экран изображения зоны рабочего хода ножа происходит постоянно, за исключением случаев возникновения продолжительных пауз в работе стана. В этом случае монитор автоматически переводится в «спящий» режим.

При подходе раската к ножницам ИСР получает информацию о его размерах и параметрах, определяющих технологические особенности данной единицы металлопотока. Далее производится расчет и вывод на экран рационального раскройного плана с условием получения двух слябов из одного раската и объёмной масштабной сетки с отметкой оптимальной длины донного обреза. На мониторе отображаются номер плавки, марка стали, число слитков в плавке и порядковый номер раската из слитка в плавке.

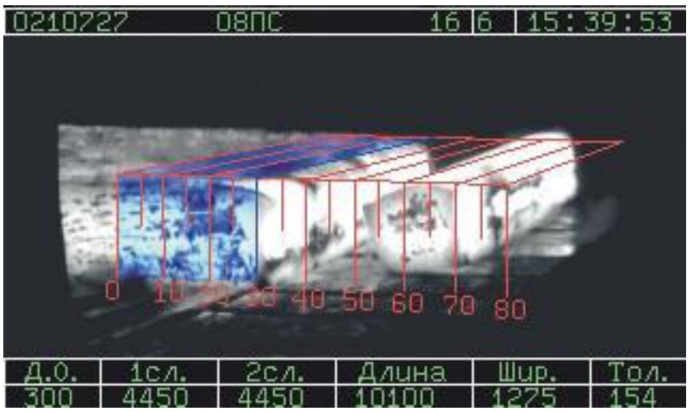


Рис. 7. Изображение на экране монитора резчика в процессе удаления донного обреза

На рис. 7 представлено изображение на экране монитора резчика в процессе удаления донного обреза при порезке раската. В верхней таблице расположена следующая информация:

- номер плавки — 0210727,
- марка стали — 08пс,
- число слитков в плавке — 16,
- номер слитка в плавке — 6,
- текущее время — 15:39:53.

В центральную часть экрана выводятся изображение передней части раската в зоне рабочего хода ножа ножниц и масштабная сетка, повторяющая верхнюю и боковую грани. Начало отсчета масштабной сетки совпадает с линией реза. Отметка оптимальной длины донного обреза находится на расстоянии 30 см от линии реза, при этом область, определяющая удаляемую часть раската, выделяется изменением цветовой палитры. В нижней таблице представлена следующая информация:

- оптимальная величина донного обреза («Д.О.») — 300 мм,
- рекомендуемая длина первого сляба из раската («1сл.») — 4450 мм,
- рекомендуемая длина второго сляба из раската («2сл.») — 4450 мм,
- общая длина раската («Длина») — 10100 мм,
- ширина раската («Шир.») — 1275 мм,
- толщина раската («Тол.») — 154 мм.

При порезке раскатов из слитков, прокатанных донной частью вперед, длина головного обреза не выводится, поскольку он является остатком после завершения процесса раскроя. Для раскатов из слитков, прокатанных головной частью вперед, по тем же причинам не выводится длина донного обреза.

Для раскатов в пределах одной плавки номер плавки, марка стали и число слитков выводятся постоянно, независимо от наличия металла в районе ножниц. Остальная информация, кроме текущего времени, перестает выводиться после порезки.

Так как предоставляемый резчику раскройный план не учитывает дополнительные поверхностные дефекты и повышенный закат в донной части раската, он является рекомендуемым. Для слитков, прокатанных головной частью вперед, раскройный план формируется и предоставляется оператору, исходя из условия получения минимального процента головного обреза, предусмотренного действующей технологической инструкцией.

Настройка масштабной сетки заключается в определении ориентации видеокамеры относительно линии реза ножниц. Предварительное измерение и ввод в файл параметров базовых расстояний, характеризующих ориентацию видеокамеры, а также наличие информации о ширине и толщине раската позволяют построить идеальную геометрическую модель передней части раската, которая на экране представлена в виде объёмной масштабной сетки.

Одним из основных достоинств данной системы является автономность, что исключает вмешательство в её работу со стороны резчика.

РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ

Обеспечение резчика информацией о рациональном раскрое, отображение технологических параметров раската, а также предоставление возможности измерения длины обреза позволили:

- производить более точную порезку раскатов,
- сократить число технологических ошибок при порезке,
- повысить точность учета металла в обжимном цехе,
- улучшить условия труда резчика. Эффективность работы системы отражает полученная экономия металла при производстве слябов на комбинате «Запорожсталь», которая составляет 3000 тонн в год.

НАДЁЖНОСТЬ СИСТЕМЫ

Лучшим показателем надёжности си стемы является бесперебойная работа с апреля 2000 года при достаточно жест ких условиях эксплуатации, характеризующихся повышенными температурами в цехе, отложением пыли, вибрациями. За этот период производились отключения системы лишь на период суточных ремонтов стана. За время работы отмечены некоторые случаи, когда система не имела возможности выдавать рекомендации или предоставляла неверную информацию. Эти ситуации вызваны нарушением технологического цикла и определены как нештатные. Общее количество нештатных ситуаций столь незначительно, что в целом на надёжность системы существенного влияния они не оказывают.

5 Автоматизированная система управления нагревом слитков в нагревательных колодцах обжимного стана

Авторы статьи: Константин Кукуй, Сергей Сульников, Сергей Вахранев, Алексей Светличный

Рассмотрен объект управления — группа нагревательных колодцев регенеративного типа. Уделено внимание вопросам создания двухуровневой автоматизированной системы управления нагревом слитков в нагревательных колодцах обжимного цеха. Описаны функциональные возможности, элементная база и программное обеспечение созданной системы.

Производственные корпуса ОАО «Запорожсталь»

ВВЕДЕНИЕ

Обычная технология производства горячекатаного листа включает в себя несколько этапов.

1. Доменное, затем сталеплавильное производство. Готовую сталь разливают в изложницы определенных типоразмеров, и после кристаллизации слитки передают в обжимный цех.

2. Прокатное производство на стане слябинге. Поступившие в цех слитки подают в отделение нагревательных колодцев (ОНК) для подогрева перед прокаткой на слябинге до температуры 1280-1350°С. На этом стане путем прокатки в горизонтальных и вертикальных валках из слитков получают заготовку для листового стана. После порезки заготовки на слябы их транспортируют на склад.

3. Производство тонкого листа на широкополосном стане горячей прокатки (ШСГП). Со склада обжимного цеха слябы поступают в цех горячей прокатки тонкого листа (ЦГПТЛ). Перед прокаткой на ШСГП слябы греют в методических печах до температуры 1050-1100°С, необходимой для прокатки на ШСГП. Готовую полосу сматывают на моталках в рулоны и отправляют на склад готовой продукции.

В последние годы для экономии энергоресурсов при производстве горячекатаного листа начала применяться технология так называемой транзитной прокатки, при которой слябы сразу же после порезки передаются в прокатку на листовой стан без подогрева в методических печах. Внедрение транзитной прокатки позволило сократить удельный расход топлива в целом по прокатному переделу на 15-20%. Однако при реализации такой технологии возросли требования к нагреву слитков в ОНК обжимного цеха. Причин этого оказалось несколько. Во-первых, ужесточились требования к теплосодержанию слитков, которое должно быть достаточным для прокатки листа из слябов без дополнительного

подогрева. Во-вторых, темп и порядок выдачи слитков из колодцев задается при такой технологии операторами листового стана. Таким образом, задачей ОНК становится не просто нагреть металл до нужного теплосодержания, но и нагреть к заданному моменту времени. Дополнительные проблемы связаны с тем, что из-за удлинения технологической линии любые аварии приводят к увеличению времени пребывания слитков в нагревательных колодцах с соответствующими корректировками режима нагрева.

К обычным задачам управления, реализуемым нагревальщиком (поддержание заданной температуры в колодце, соотношения газ/воздух, давления и реверса факела), добавились расчет времени начала подъема температуры и корректировка режимов нагрева при задержках выдачи слитков. Любые отклонения в теплосодержании слитков, задаваемых в прокатку, как в меньшую, так и в большую сторону приводят к нарушениям технологии и даже к получению бракованной продукции. Невозможность проведения надежного нагрева слитков в ОНК при ручном управлении вызвало необходимость перехода к автоматизированному управлению нагревом. Для его реализации специалистами научно-производственного общества «ДОНИКС» (город Донецк) была разработана и внедрена автоматизированная система управления нагревом слитков в отделении нагревательных колодцев обжимного цеха (АСУ НС).

АСУ НС предназначена для управления технологическим процессом нагрева слитков перед прокаткой на обжимном стане, а также для регистрации и протоколирования необходимых технологических параметров процесса нагрева, действий оператора и аварийных ситуаций. АСУ НС производит автоматизированный нагрев слитков всех типоразмеров 1-й группы марок сталей, входящих в сортамент комбината по технологическим картам нагрева с учетом времени, прошедшего после разливки.

Отделение нагревательных колодцев обжимного цеха

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА

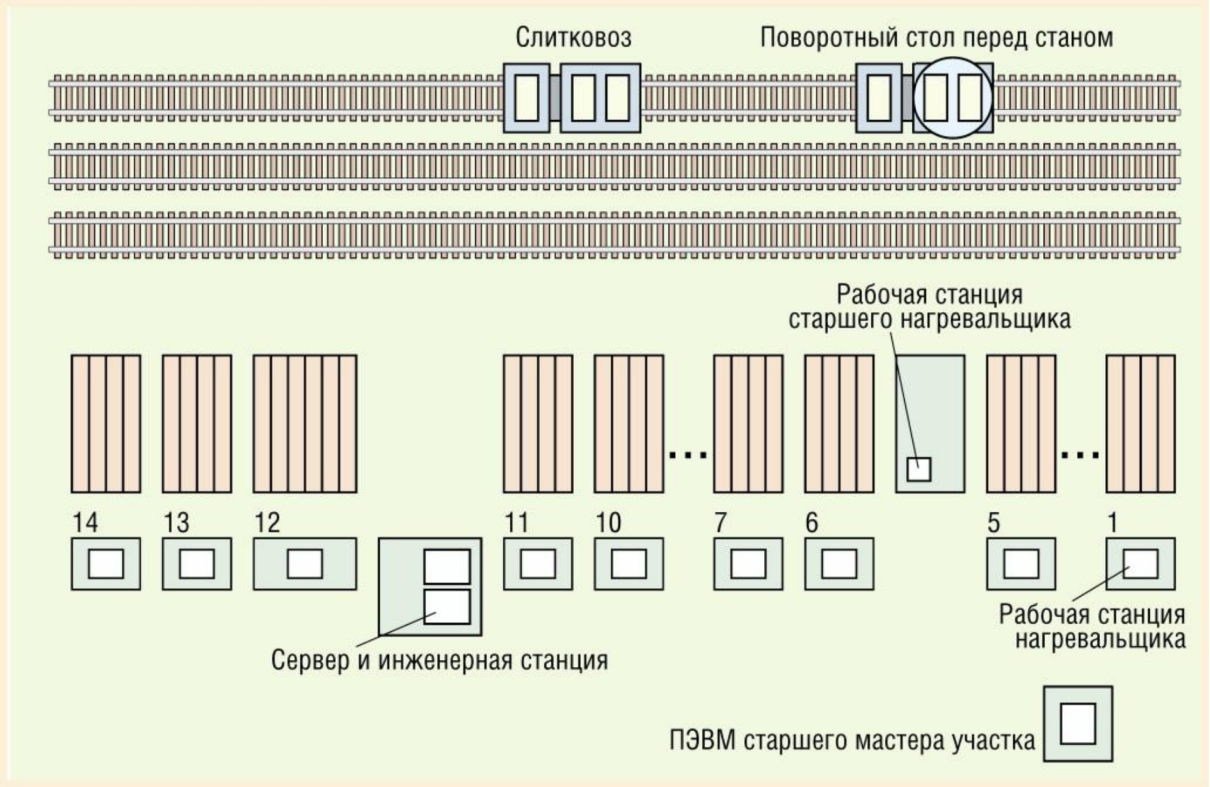


Рис. 1. План расположения групп нагревательных колодцев

Нагрев металла в обжимном цехе осуществляется в нагревательных колодцах регенеративного типа. Группы колодцев расположены в одну линию (рис. 1). Из 14 групп нагревательных колодцев группы 1–11, 13 и 14 состоят из четырех ячеек и для удобства размещения плавок и удаления жидкого шлака сблокированы по схеме 2-2 и 3-1. Группа 12 с жидким шлакоудалением состоит из 6 ячеек и сблокирована по схеме 3-3. Указанные группы предназначены для нагрева углеродистых, низколегированных и высокоуглеродистых марок сталей.

Колодцы отапливаются коксодоменной смесью газов калорийностью 900-950 ккал/м3.

Каждая ячейка имеет индивидуальные перекидные устройства: клапан золотникового типа на газовом тракте и клапан мотылькового типа на воздушном тракте. Для удаления продуктов сгорания каждая группа имеет свою дымовую трубу. В каждой ячейке тяга регулируется шибером, установленным в дымовом борове. На рис. 2 приведена функциональная схема ячейки.

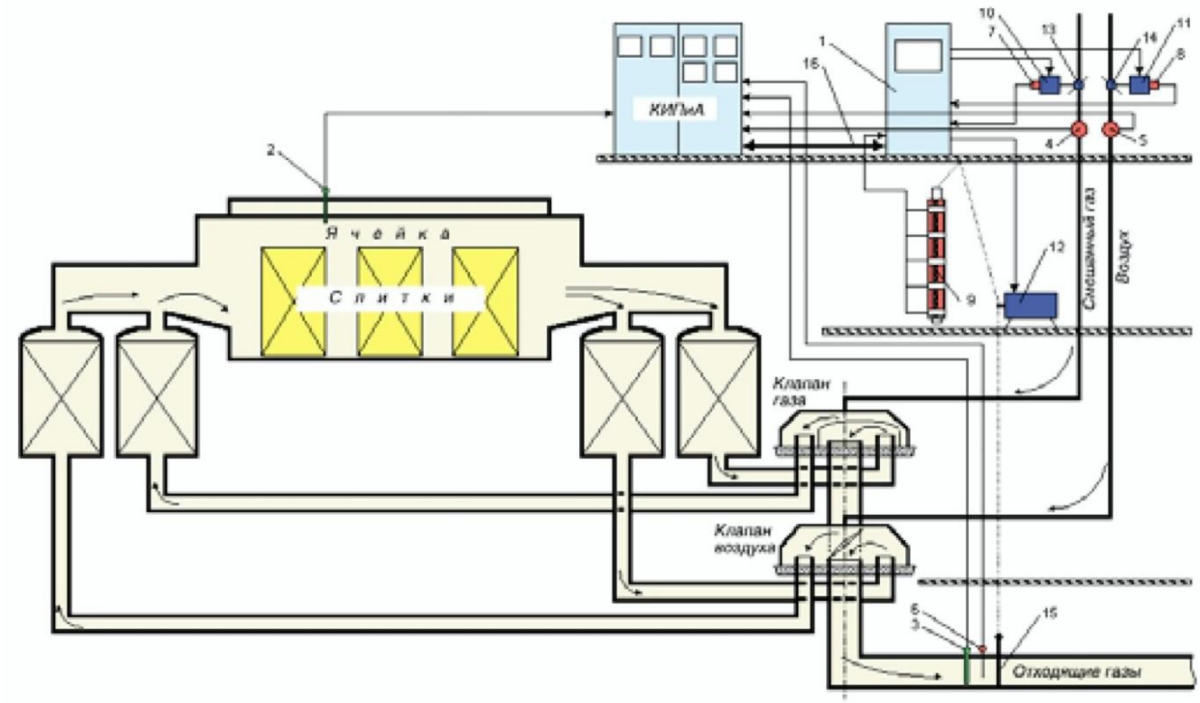


Рис. 2. Функциональная схема одной ячейки нагревательного колодца

Условные обозначения: 1 — шкаф управления группой нагревательных колодцев; 2 — термопара измерения температуры в ячейке; 3 — термопара измерения температуры отходящих газов; 4 — датчик расхода газа; 5 — датчик расхода воздуха; 6 — датчик разрежения перед шибером; 7 — датчик положения регулирующей заслонки газа; 8 — датчик положения регулирующей заслонки воздуха; 9 — датчик положения шибера; 10 — исполнительный механизм регулирующей заслонки газа; 11 — исполнительный механизм регулирующей заслонки воздуха; 12 — исполнительный механизм шибера; 13 — регулирующая заслонка газа; 14 — регулирующая заслонка воздуха; 15 — шибер; 16 — кабели сигнальные.

Каждая ячейка оборудована системой теплового контроля и автоматического регулирования, состоящей из следующих узлов:

а) измерения и регулирования температуры в рабочем пространстве ячеек;

б)измерения расхода газа и воздуха и регулирования соотношения газ — воздух;

в) измерения разрежения перед дымовым шибером;

г) автоматической перекидки клапанов;

д) измерения температуры отходящих газов;

е)измерения давления смешанного газа в общем коллекторе.

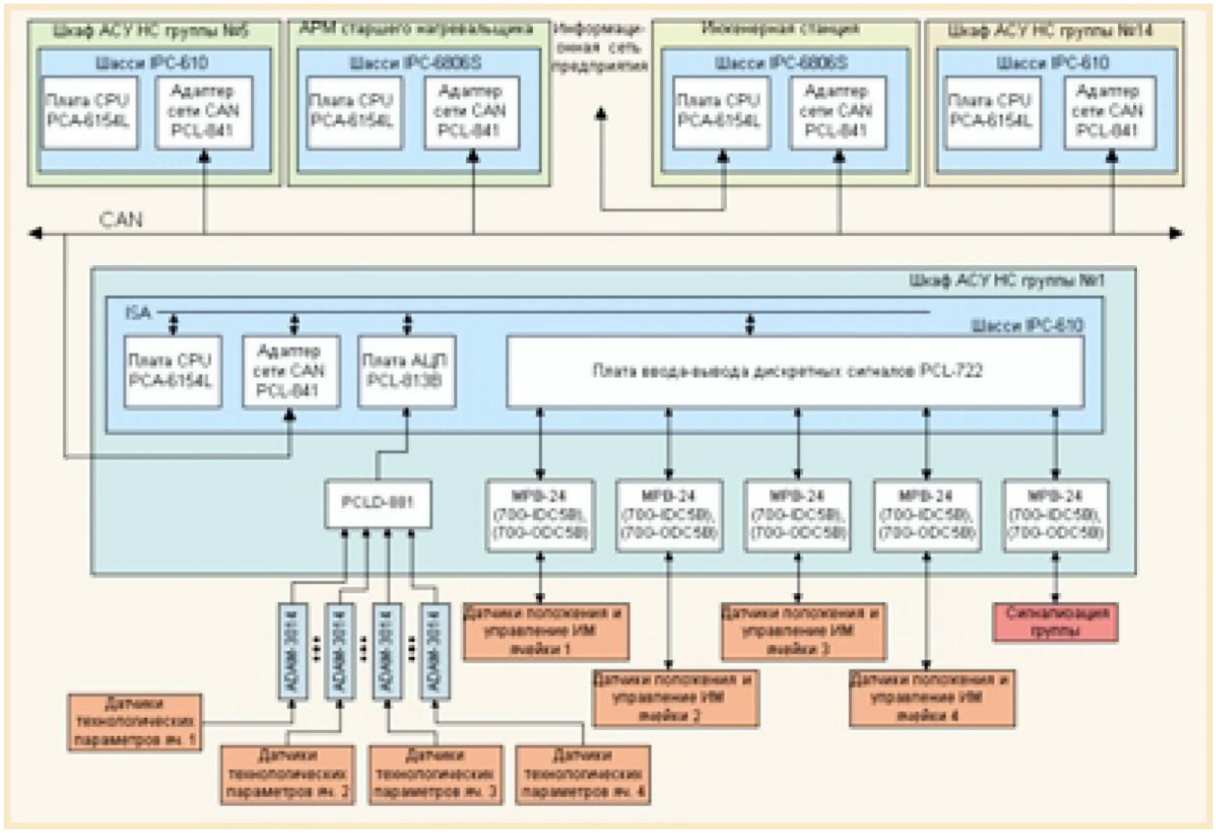


Рис. 3. Структурная схема АСУ НС

АСУ НС, структурная схема которой приведена на рис. 3, имеет два уровня. Нижний уровень представляет собой 14 контроллеров, собранных на базе шасси IPC-610 фирмы Advantech. Каждый контроллер имеет в своем составе процессорную плату PCA-6154L, адаптер сети CAN PCL-841 и две платы ввода/вывода дискретных и аналоговых сигналов (PCL-722 и PCL-813B). Контроллеры размещены в герметичных шкафах, которые установлены в помещении КИП группы нагревательных колодцев вблизи вторичных приборов КИПиА. В шкафу также установлены монитор Samsung 14", источник бесперебойного питания Smart-UPS 700 фирмы APC, 5 плат MPB с модулями УСО 70G-IDC5B и 70G-ODC5B фирмы Grayhill и модули УСО ADAM-3014 фирмы Advantech. Внешний вид установленного в шкафу оборудования показан на рисунках 4 и 5.

Рис. 4. Вид шкафа с открытой дверью спереди

Рис. 5. Вид шкафа с открытой задней дверью

Контроллер управляет ходом технологического процесса нагрева слитков индивидуально по каждой ячейке, воздействуя на приводы дымового шибера и регулирующих органов расходов газа и воздуха в соответствии с установленными заданиями.

На экран монитора выводится необходимая для нагревальщика технологическая информация по группе или по ячейке (рис. 6 и 7). В память контроллера записываются все регистрируемые технологические параметры, входные сигналы, управляющие воздействия, технологические и аварийные события.

Рис. 6. Главное рабочее окно управляющей программы нижнего уровня

Рис. 7. Информационное окно выбранной ячейки

Верхний уровень включает в себя автоматизированное рабочее место (АРМ) старшего нагревальщика (рис. 8) и инженерную станцию. Промышленные компьютеры собраны на базе рабочей станции AWS-825 и шасси IPC-6806S фирмы Advantech с процессорными платами PCA-6154L и адаптерами сети CAN PCL-841 и установлены, соответственно, на посту старшего нагревальщика и в помещении АСУ ТП отделения нагревательных колодцев.

Рис. 8. Рабочее место старшего нагревальщика

На экран монитора АРМ старшего нагревальщика выводится общая диспетчерская информация по всем группам и по запросу оператора — технологическая информация индивидуально по любой группе, включая тренды технологических параметров за любой промежуток времени в течение месяца.

Инженерная станция предназначена для внесения изменений в режимы нагрева и в технологические базы данных. Через инженерную станцию осуществляется связь с информационной сетью предприятия.

Программное обеспечение разработано на языке Borland C. За основу были приняты существующие технологические инструкции, скорректированные для удобства представления временных функций в непрерывной форме. Для обработки файлов с протоколами работы контроллера использовался MatLab-5.3.

ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ АСУ НС

АСУ НС имеет четыре основных режима работы:

1) автоматический со связью с верхним уровнем (основной);

2) автоматический без связи с верхним уровнем;

3) регулятора;

4) отображения и регистрации.

В автоматическом режиме работы (режим 1) АСУ НС позволяет осуществлять нагрев слитков в соответствии с технологическими инструкциями с минимальным вмешательством нагревальщика в процесс нагрева.

Перед доставкой новой плавки в ОНК из стрипперного отделения на АРМ старшего нагревальщика передаются из информационной сети предприятия исходные данные по плавке:

- номер плавки,
- группа марок стали,
- марка стали,
- тип слитка,
- время конца разливки,
- число слитков в плавке.

Эти данные могут быть введены также с пульта управления АРМ старшего нагревальщика. Главное рабочее окно АРМ старшего нагревальщика показано на рис. 9.

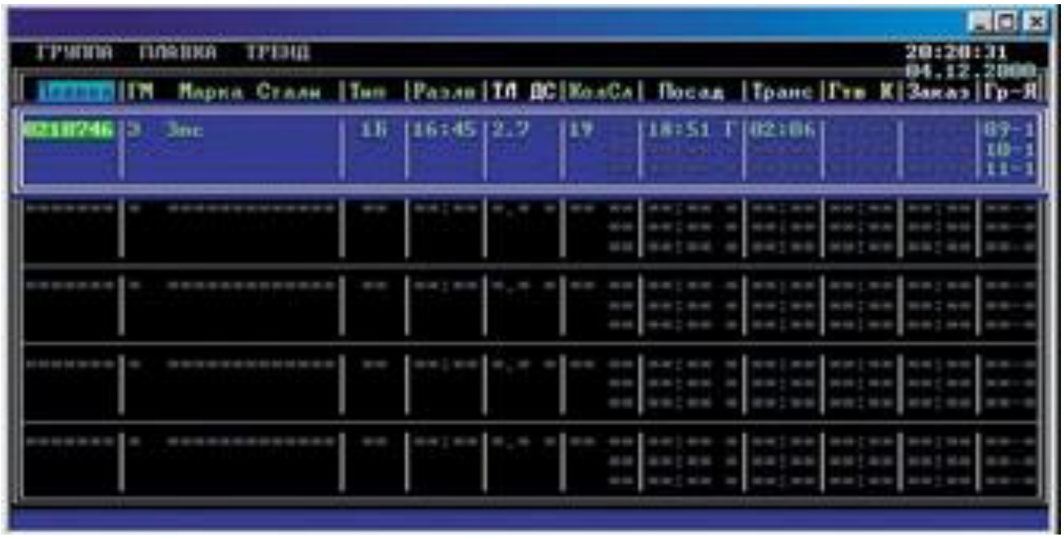


Рис. 9. Главное рабочее окно АРМ старшего нагревальщика

После получения исходных данных по плавке старший нагревальщик указывает номера подготовленных для посадки ячеек, и исходные данные автоматически пересылаются на соответствующий контроллер нижнего уровня. Причем плавка может быть посажена в ячейки разных групп нагревательных колодцев. Процесс посадки слитков в колодец иллюстрирует рис. 10.

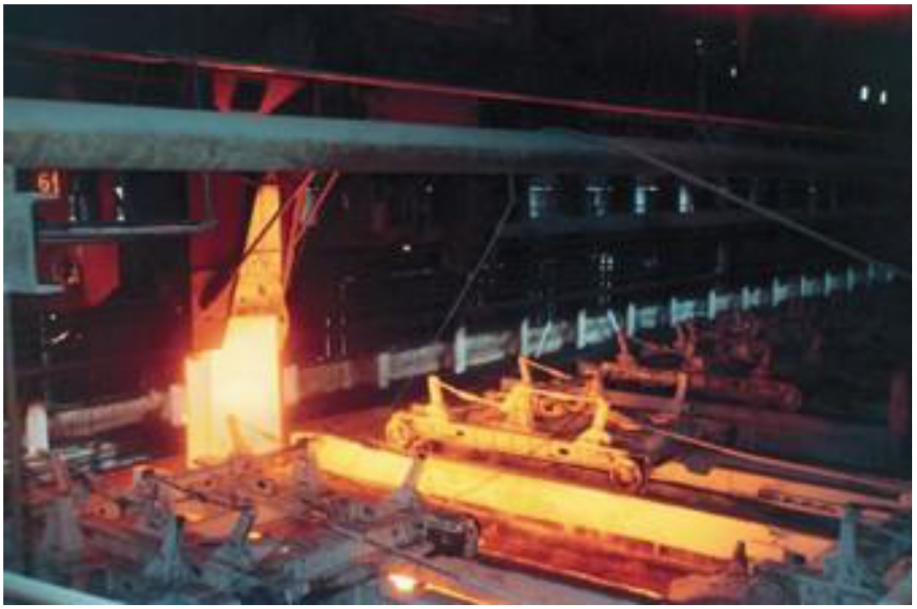


Рис. 10. Посадка слитков в ячейку

После посадки слитков в ячейку нагревальщику на группе достаточно нажать кнопку «Пуск» соответствующей ячейки на местном пульте управления, и компьютер самостоятельно находит режим нагрева из технологической базы данных и начинает нагрев слитков в соответствии с этим режимом. После выбора режима нагрева вычисляются и передаются на АРМ старшего нагревальщика следующие данные:

- время окончания посадки,
- время транспортировки,
- расчетное время готовности слитков,
- номер строки технологической таблицы, по которой ведется нагрев.

В процессе нагрева контроллер регулирует температуру в рабочем пространстве ячейки, соотношение расхода воздуха и газа, разрежение перед дымовым шибером в

соответствии с выбранной технологической картой нагрева. Каждая ячейка может греться по своему технологическому режиму. На монитор контроллера в группе выводятся текущие значения технологических параметров по всем ячейкам группы.

Со всех 14 контроллеров нижнего уровня по локальной вычислительной сети передается информация на АРМ старшего нагревальщика о ходе нагрева на любой ячейке ОНК.

На монитор АРМ старшего нагревальщика выводятся текущие значения параметров нагрева любой ячейки ОНК или тренды изменения этих параметров за любой промежуток времени в течение месяца.

Программное обеспечение инженерной станции позволяет просматривать текущие значения параметров нагрева с любой ячейки ОНК, тренды изменения этих параметров за любой промежуток времени в течение месяца и протоколы работы контроллера с технологическими и аварийными событиями. На рис. 11 представлен фрагмент графика суточного отчёта системы о работе первой ячейки девятой группы колодцев с 18:50 до 24:00 от 22.11.2000. Здесь виден момент посадки металла в ячейку, первый нагрев и нагрев на заказ. На рис. 12 представлен фрагмент протокола работы ячейки 9-1, соответствующий графику технологических параметров, изображенному на рис. 11.

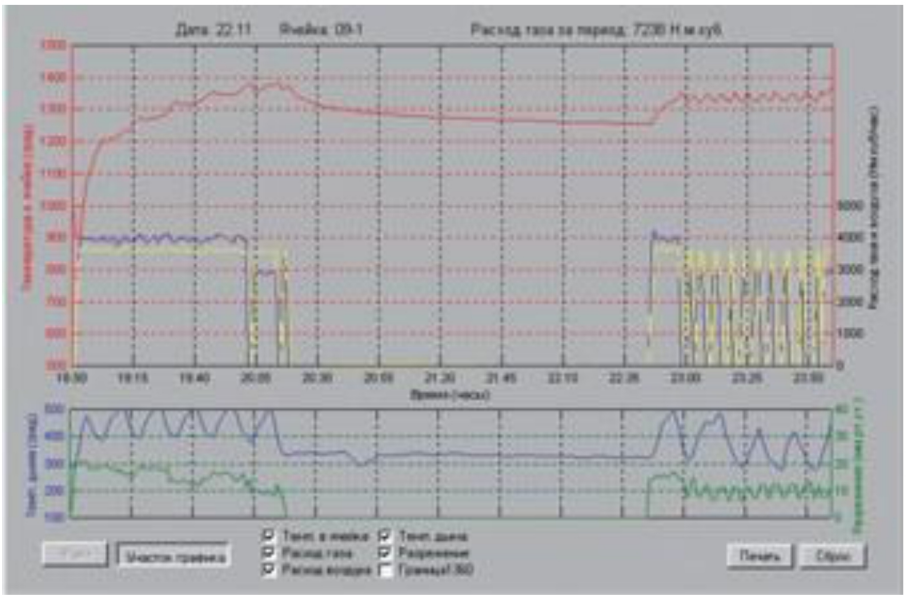


Рис. 11. Тренды технологических параметров нагрева ячейки 9-1 с 18:50 до 24:00 22.11.2000

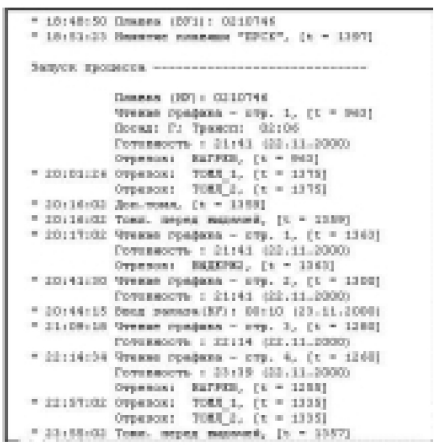


Рис. 12. Фрагмент протокола работы ячейки 9-1 с 18:50 до 24:00 22.11.2000

Для повышения надежности работы АСУ НС в автоматическом режиме технологическая база с профилями нагрева установлена на каждом контроллере нижнего уровня. При отсутствии связи с верхним уровнем (режим 2) нагревальщик в группе может ввести исходные данные по плавке с локального пульта управления и запустить автоматизированный нагрев отдельно по каждой ячейке.

Роль нагревальщика при работе в автоматизированном режиме сводится к наблюдению за ходом технологического процесса и за работой оборудования группы и АСУ НС.

Ведение транзитной прокатки требует согласованной работы двух станов — слябинга и ШСГП. Заказы на время выдачи слитков из колодцев обжимного цеха формирует диспетчер ШСГП. Особенностью автоматического режима является способность АСУ НС выбирать режим нагрева слитков в зависимости от времени их заказа и текущей температуры в ячейке. Кроме этого, при переносе времени выдачи слитков какой-либо плавки автоматически пересчитывается время выдачи слитков всех последующих плавок в очереди.

Режим регулирования (режим 3) не предусматривает автоматизированного нагрева слитков. В этом режиме нагревальщик самостоятельно следит за изменениями технологических параметров и продолжительностью участков графика, вводит с местного пульта управления необходимые задания на температуру в ячейке, соотношение расхода воздуха и газа, разрежение перед дымовым шибером. Система лишь поддерживает указанные параметры в рамках заданного диапазона.

В режиме отображения и регистрации (режим 4) управление исполнительными механизмами от АСУ НС отключено. На экран монитора выводятся технологические параметры, в память компьютера записываются протоколы и отчеты.

Оценка качества нагрева слитка производится по показаниям пирометров, установленных по линии прокатки, а также по энергозатратам на передел слиток/сляб на слябинге. Определение энергозатрат производится с помощью контрольно-измерительной системы параметров работы главных приводов слябинга.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ АСУ НС

Внедрение АСУ НС позволило реализовать ресурсосберегающие режимы нагрева слитков в ОНК обжимного цеха с экономическим эффектом от снижения удельного расхода условного топлива 2-3 кг у.т./т нагретого металла и от снижения угара металла за счет сокращения времени пребывания металла в зоне высоких температур около 1 кг/т нагретого металла.

6 Измерительновычислительный комплекс для определения натяжения полосы проката

Авторы статьи: Тлеухан Намазбаев, Юрий Критский, Валерий Лигай,

В статье представлен измерительно-вычислительный комплекс ИНД-7681, предназначенный для определения натяжения полосы проката на непрерывных станах холодной прокатки 1700.

ВВЕДЕНИЕ

Современное металлопрокатное производство характеризуется интенсификацией нагрузок на технологическое оборудование, увеличиваются скорости прокатки, обжатия и т.д. В этих условиях возрастает роль различных систем автоматического регулирования, обеспечивающих повышение производительности и качества выпускаемой продукции.

Оптимизация натяжения полосы проката в межклетьевых промежутках, а также между последней клетью и моталкой является обязательным условием нормального протекания технологического процесса на непрерывных станах холодной прокатки. При ослаблении натяжения ниже определенного предела нарушается равномерность вытяжки полосы и появляются дефекты в виде «коробоватости» профиля или «волны». Существенное ослабление натяжения, близкое к полному его исчезновению, приводит к неустойчивости полосы в валках, что, как правило, сопровождается обрывом полосы проката. К такому же результату приводит и чрезмерное увеличение натяжения.

Таким образом, одним из главных технологических требований при непрерывной прокатке металлической полосы является обеспечение заданных значений межклетьевых натяжений как в переходных, так и в установившихся режимах прокатки.

Межклетьевое натяжение, помимо предотвращения смещения полосы в валках, оказывает стабилизирующее действие на сам процесс непрерывной прокатки, делая допустимыми некоторые отклонения в установленных соотношениях скоростей рабочих валков. Вместе с тем неотрегулированное межклетьевое натяжение приводит к получению разной толщины по продольной оси на концах прокатываемой полосы, что устраняется уменьшением величины натяжения при входе и выходе металла из клети.

Высокие требования к контролю и регулированию натяжения предъявляются при дрессировке холоднокатаного отожженного металла (прокатка с обжатием от 0,5 до 5%). Дрессировка позволяет придать металлу повышенные механические свойства, повысить планшетность, улучшить внешний вид. Дрессировка металла, предназначенного, например, для получения жести, производится на двухклетьевых станах, где полоса обжимается дважды с натяжением между клетями, близким к пределу текучести. Это придает металлу мелкозернистую структуру, поверхностную твердость и вязкость, необходимые при глубокой вытяжке.

Шестиклетьевой стан холодной прокатки

Участок готовой продукции металлопрокатного производств

Не менее высокие требования к контролю и регулированию натяжения действуют при прокатке цветных металлов и их сплавов. Поэтому все современные реверсивные станы холодной прокатки цветных металлов оснащены системами автоматического регулирования натяжения (САРН), без которых процесс прокатки на этих станах, в принципе, невозможен.

Таким образом, вопрос контроля и регулирования натяжения металлической полосы при прокатке актуален как в черной, так и в цветной металлургии.

МЕТОДЫ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ НАТЯЖЕНИЯ ПОЛОСЫ

На непрерывных станах натяжение полосы измеряют преимущественно косвенным методом по вертикальной составляющей усилия натяжения, которая действует на измерительный ролик, отклоняющий полосу от линии прокатки (рис. 1).

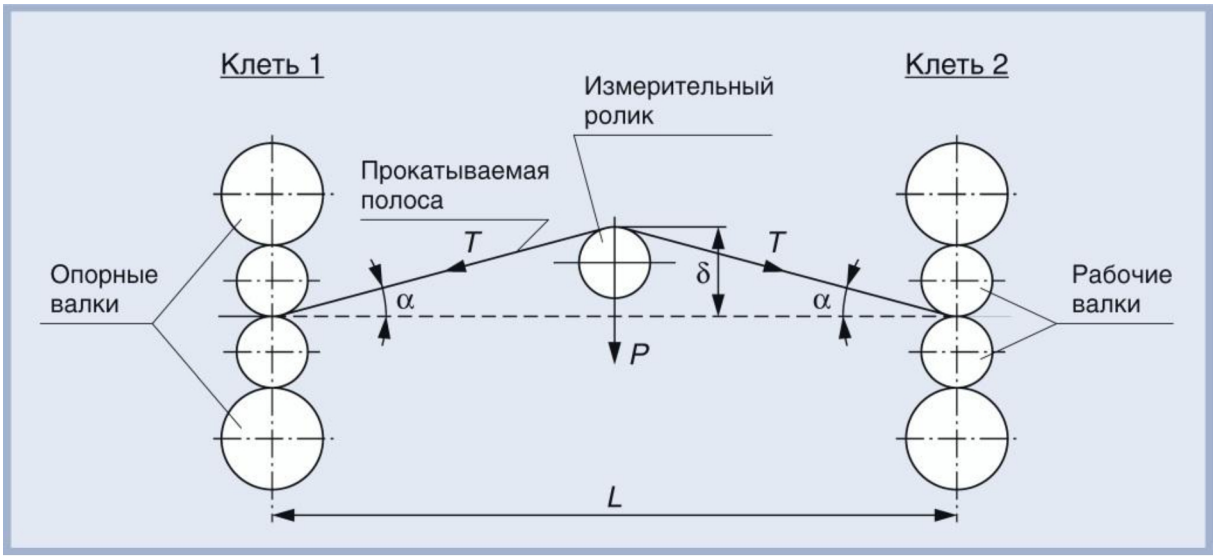


Рис. 1. Определение усилия натяжения полосы с помощью измерительного ролика

Подшипники измерительного ролика опираются на датчики усилия, преобразующие натяжение в электрический сигнал. Вертикальная составляющая усилия, действующего на ролик, определяется по формуле:

$$P = 2T\sin\alpha \cong 2T\frac{\delta}{L/2},$$

где

P — вертикальная составляющая усилия натяжения полосы;

T — усилие натяжения полосы;

L — расстояние между клетями;

α — угол отклонения полосы от линии прокатки;

δ — высота отклонения полосы от линии прокатки в месте установки измерительного ролика.

Из приведенной формулы видно, что важнейшим условием определения величины натяжения с заданной точностью является постоянство параметра δ. Для обеспечения этого условия необходимо после каждой «перевалки» (смены опорных или рабочих валков) проверять величину δ. Кроме того, деформация измерительного ролика и датчиков при приложении усилия должна быть минимальной.

Измеритель межклетьевых натяжений полосы на основе сельсинных датчиков

До последнего времени на станах холодной прокатки для измерения межклетьевых натяжений применяли сельсинные датчики. Принцип действия сельсинного датчика основан на изменении угла поворота ротора, установленного под измерительным роликом, при этом угол поворота ротора сельсина пропорционален перемещению упругих опор (рессор) ролика под действием межклетьевого натяжения полосы. Применение таких датчиков приводит к значительным погрешностям измерения (до 10-15%) вследствие изменения высоты отклонения полосы δ при деформации рессоры, на которой устанавливается измерительный ролик, а также в результате трения в механизме.

Малая жесткость рессоры обуславливает низкую частоту собственных колебаний измерителя натяжения, что приводит к появлению динамических погрешностей (до 20%), особенно при высоких скоростях прокатки.

Кроме того, вследствие частых поломок узла преобразования поступательного движения ролика во вращательное движение ротора сельсина и нарушения изоляции его обмоток сельсинные датчики в эксплуатации ненадежны.

Измеритель межклетьевых натяжений полосы на основе магнитоанизотропных датчиков

Гораздо более высокую точность обеспечивает применение магнитоанизотропных датчиков (МД).

Принцип действия таких датчиков основан на изменении магнитной проницаемости ферромагнитных материалов под действием внутренних механических напряжений. Этот эффект, названный магнитоупругим, в наибольшей степени проявляется тогда, когда направления векторов магнитной индукции и механического напряжения совпадают. При этом под действием растягивающего усилия магнитная проницаемость уменьшается, а под действием сжимающего усилия — увеличивается. На непрерывных станах холодной прокатки 1700 ОАО «ИспатКармет» для измерения межклетьевых натяжений полосы используют магнитоанизотропные датчики усилия МАД-7681, разработанные в ОАО «Казчерметавтоматика» (рис. 2).

Рис. 2. Магнитоанизотропные датчики усилия МАД-7681

МД устанавливают в специальных пластинчатых пружинных стойках с гнездами под подшипниками качения, на которых покоится измерительный ролик. В конструкциях измерителей натяжения с МД недостатки, отмеченные для системы с сельсинными датчиками, практически отсутствуют: жесткость конструкции измерителя натяжения с МД выше в несколько раз, их эксплуатация намного проще, а точность измерения натяжения полосы с использованием МД повышается до 1%.

Минимальные потери на трение в измерителях с МД достигаются тем, что все перемещения происходят в пределах упругих деформаций пружины и датчиков. Подвешивание ролика на пластинчатых пружинах позволяет устранить влияние горизонтальной составляющей натяжения на датчик, причем доля вертикальной

составляющей натяжения затрачиваемая на деформацию пружины, не меняется во времени и составляет не более 5% от измеряемого усилия.

Максимальная величина вертикальной составляющей натяжения, измеряемая датчиками МАД-7681, составляет 20 кН, нелинейность характеристик не более ±0,5%, выходное напряжение при полном усилии на датчик равно 3 В, а выходная мощность одного датчика составляет 4 мВт, гистерезис отсутствует.

Основной деталью датчика является чувствительный элемент, представляющий собой монолитный магнитопровод из железохромоалюминиевого сплава. В теле магнитопровода просверливают отверстия, в которые укладывают одну первичную и две вторичные взаимно перпендикулярные обмотки, причём одна из них расположена соосно направлению действия механического усилия. Первичная обмотка размещена под углом 45° к каждой из вторичных обмоток. Первичную обмотку подключают к генератору синусоидального напряжения (5 В, 400 Гц), а с вторичных обмоток снимают напряжение, которое наводится вследствие проявления анизотропии магнитных свойств в результате приложения усилия к магнитопроводу.

При отсутствии магнитной и механической анизотропии силовые линии магнитного поля, созданного первичной обмоткой, не охватывают вторичные обмотки, и э.д.с на выходе датчика равна нулю.

Когда на магнитопровод датчика действует сжимающее усилие, магнитная проницаемость в определённом направлении увеличивается, а силовые линии магнитного поля деформируются и пересекают вторичную обмотку, в результате чего устанавливается магнитная связь первичной обмотки с вторичными обмотками датчика, в которых наводится э.д.с. На выходе датчика э.д.с. будет возрастать по мере увеличения механического напряжения в магнитопроводе. Следует отметить, что магнитоанизотропные свойства материалов проявляются лишь до определенного предела механического напряжения, после превышения которого наступает состояние насыщения.

Для защиты от механических повреждений и воздействия агрессивных сред чувствительный элемент устанавливают в корпусе и заливают эластичным компаундом. Кроме того, для исключения случаев перегрузки датчиков, а также для обеспечения возможности регулирования в них начальных механических напряжений в пружины измерительного ролика рядом с датчиками устанавливают винтовые домкраты.

ДВУХКАНАЛЬНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ИНД-7681

Для решения задачи измерения усилий натяжения полосы в условиях металлопрокатного производства ОАО «Казчерметавтоматика» разработало двухканальный измерительно-вычислительный комплекс (ИВК) ИНД-7681. Комплекс использует информацию, полученную от специально разработанных магнитоанизотропных датчиков МАД-7681.

Основные технические характеристики ИВК ИНД-7681 представлены в табл. 1.

Таблица 1. Основные технические характеристики ИВК ИНД-7681

Число каналов измерения, шт.	2
Диапазон измерения вертикальной составляющей усилия натяжения, кН	0,4…20
Пределы допускаемых значений основной погрешности, %	±2
Перегрузочная способность датчиков, %	не менее 100
Период опроса датчиков, мс	не более 10
Напряжение питания от сети переменного (50±1 Гц) тока, В	220 ± 22
Выходы для каждого канала:	0…10
● аналоговый выход, напряжение постоянного тока, В	RS-232 или RS-485
● цифровой выход	

ИВК ИНД-7681 в 2001 году успешно прошел Государственные приемочные испытания и внесен в Государственный Реестр средств измерений Республики Казахстан (№ РК 311-01), сертификат об утверждении типа средств измерений № 718 от 11.12.2001.

Структурная схема ИВК ИНД-7681 приведена на рис. 3. Каждый из двух каналов позволяет определить и сумму сигналов от двух датчиков, установленных под обоими подшипниками измерительного ролика, и величину сигнала от каждого датчика в отдельности. Такая возможность иногда используется вальцовщиками для выявления отклонений в распределении натяжения по ширине полосы.

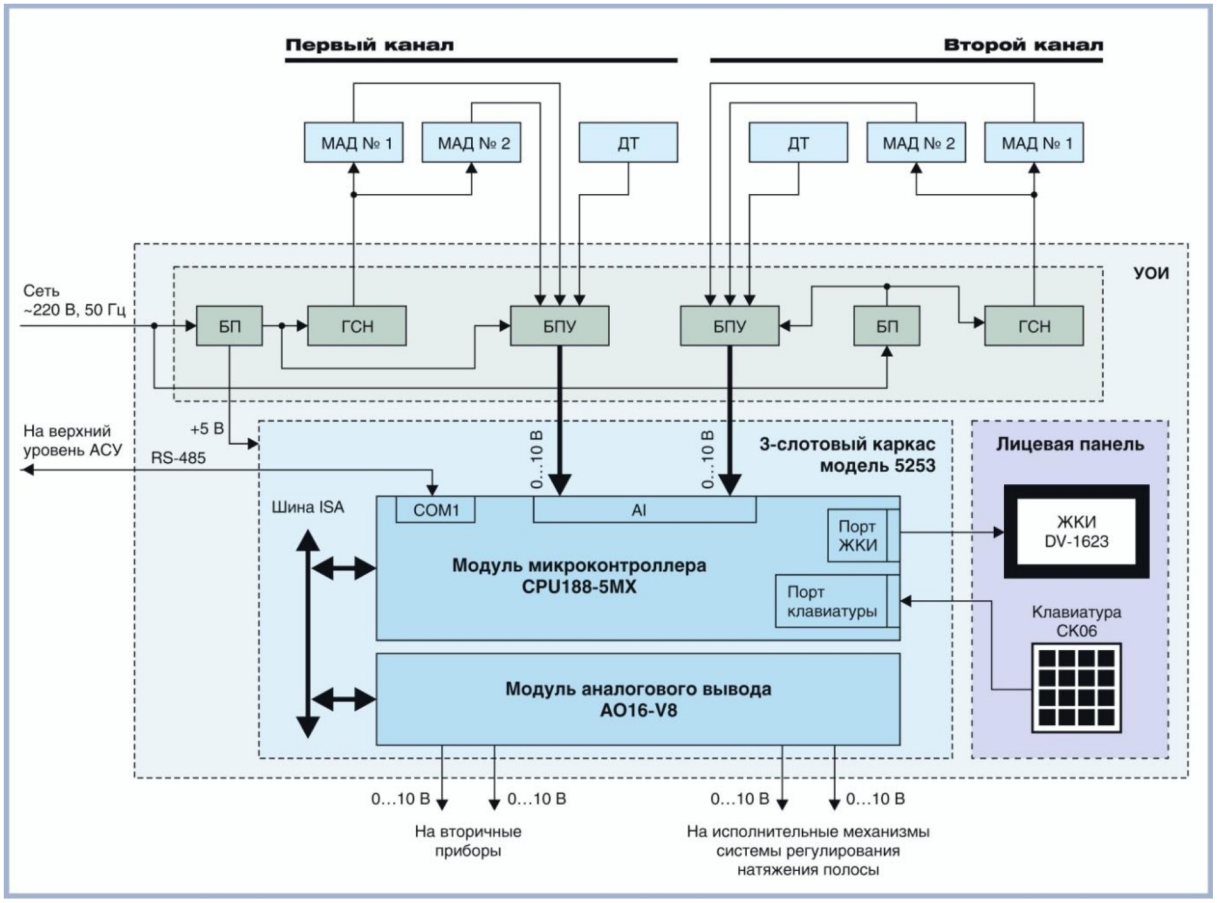


Рис. 3. Структурная схема ИВК ИНД-7681

Условные обозначения: МАД — магнитоанизотропный датчик; БП — блок питания; БПУ — блок преобразования и усиления; ГСН — генератор синусоидального напряжения; ДТ — датчик температуры; УОИ — устройство обработки информации; ЖКИ — жидкокристаллический индикатор.

Рассмотрим работу комплекса на примере его первого канала.

Сигналы с магнитоанизотропных датчиков МАД-1, МАД-2 и датчика температуры ДТ (измеряет температуру корпусов датчиков МАД-1 и МАД-2) поступают в блок преобразования и усиления (БПУ). Этот блок имеет два канала преобразования сигналов с соответствующих магнитоанизотропных датчиков, в которых производится фильтрация, выпрямление и усиление сигналов, и один канал преобразования сигнала с датчика температуры в напряжение.

На обмотки возбуждения магнитоанизотропных датчиков подается стабилизированное синусоидальное напряжение 5 В с частотой 400 Гц от генератора синусоидальных напряжений (ГСН).

На электронные схемы подаётся стабилизированное напряжение с номиналами +5 В, +15 В, –15 В от блока питания (БП).

В устройстве обработки информации (УОИ) производится линеаризация характеристик магнитоанизотропных датчиков МАД-1 и МАД-2, осуществляется вычисление вертикальной составляющей усилия натяжения P и величины усилия натяжения полосы T. Информация о полученных значениях усилия натяжения через аналоговые выходы (по два выхода типа 0...10 В на каждый канал) передаётся на вторичные показывающие приборы и в систему регулирования натяжения полосы; связь с верхним уровнем АСУ реализована через интерфейс RS-485.

В состав УОИ входят микроконтроллер CPU188-5MX и модуль аналогового вывода AO16-V8, являющиеся изделиями фирмы Fastwel и соответствующие стандарту MicroPC, а также клавиатура CK06 и жидкокристаллический индикатор DV-1623.

Необходимо отметить, что функциональные возможности микроконтроллера CPU188-5MX наиболее полно отвечают техническим требованиям, поставленным при разработке ИВК ИНД-7681, и, что особенно важно, этот модуль имеет достаточно высокое быстродействие процессора и реализует аналого-цифровое преобразование входных сигналов.

Применение модуля CPU188-5MX позволило:

- подключить все датчики измерительного комплекса к одному микроконтроллеру;
- сделать комплекс двухканальным и контролировать натяжения полосы во всем диапазоне допускаемых скоростей прокатки (до 30 м/с) с периодом опроса датчиков 10 мс;
- создать архив измеренных значений усилий натяжения;
- диагностировать текущее состояние датчиков;
- производить кусочно-линейную аппроксимацию номинальной статической характеристики (НСХ) датчиков и т.д.

Всё это в конечном счёте создало условия для повышения точности и расширения диапазона измерений комплекса ИНД-7681.

На рис. 4 показан шкаф с аппаратурой ИВК ИНД-7681, а на рис. 5 трехслотовый каркас 5253 фирмы Octagon Systems с модулем микроконтроллера CPU188-5MX и модулем аналогового вывода AO16-V8.

Рис. 4. Шкаф с аппаратурой комплекса ИНД-7681 (вид спереди и вид сзади)

Рис. 5. Каркас 5253 с модулями CPU188-5MX и AO16-V8

Настройка и калибровка комплекса

Настройка комплекса в условиях завода-изготовителя сводится к снятию на тарировочной установке НСХ датчиков усилий Uвых = f (P) и назначению необходимых коэффициентов передачи усилителей.

Калибровку комплекса производят по полученным на этапе настройки номинальным статическим характеристикам датчиков с использованием метода кусочно-линейной аппроксимации. Для этого НСХ каждого датчика разбивают на пять линейных участков, находят координаты точек перелома НСХ, а также точек начала и конца диапазона измерений. Пример кусочно-линейной аппроксимации типовой НСХ датчиков показан на рис. 6.

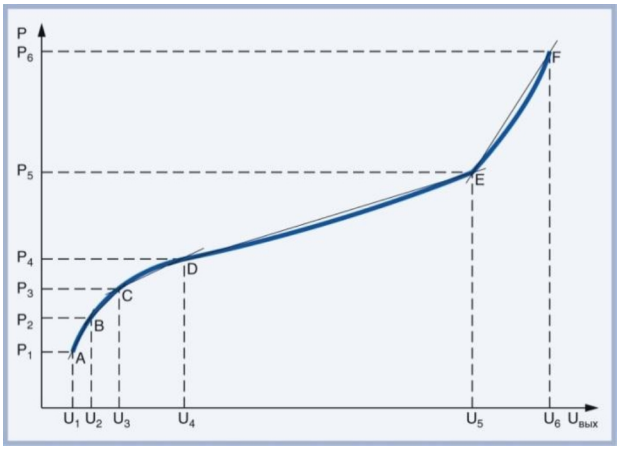


Рис. 6. Пример кусочно-линейной аппроксимации номинальной статической характеристики магнитоанизотропного датчика

Условные обозначения: P — вертикальная составляющая усилия натяжения полосы; Uвых — выходное напряжение; B, C, D, E — точки перелома НСХ; A, F — точки начала и конца диапазона измерений.

Найденные градуировочные значения P и Uвых (координаты точек A, B, C, D, E, F) заносятся с помощью клавиатуры во флэш-память микроконтроллера CPU188 и в дальнейшем используются при выполнении проверок и вычислении градуировочных коэффициентов.

Проверка работоспособности измерительных каналов производится подачей на вход комплекса эталонных напряжений, соответствующих градуировочным значениям Uвых (координатам точек A, B, C, D, E, F по оси напряжения).

Настройку комплекса после установки на месте эксплуатации производят посредством определения начальных показаний при значении натяжения T = 0. Эти показания заносят в микроконтроллер, где они используются для коррекции начального смещения нуля.

В микроконтроллер также вводятся текущие дата и время, коэффициент геометрии по каждому каналу, минимальное и максимальное допустимые по технологии значения натяжения, значения температурной поправки для каждого канала.

Программное обеспечение

Программное обеспечение комплекса разработано на базе встроенной операционной системы модуля CPU188-5MX, совместимой с MS-DOS 6.22. Используются языки программирования Паскаль и Ассемблер, причём Ассемблер использован только для организации ввода и вывода информации. Ввод комплекса в действие осуществляется через главное меню программы, высвечиваемое на индикаторе лицевой панели сразу после включения электропитания. Блок-схема алгоритма работы ИНД-7681 приведена на рис. 7.

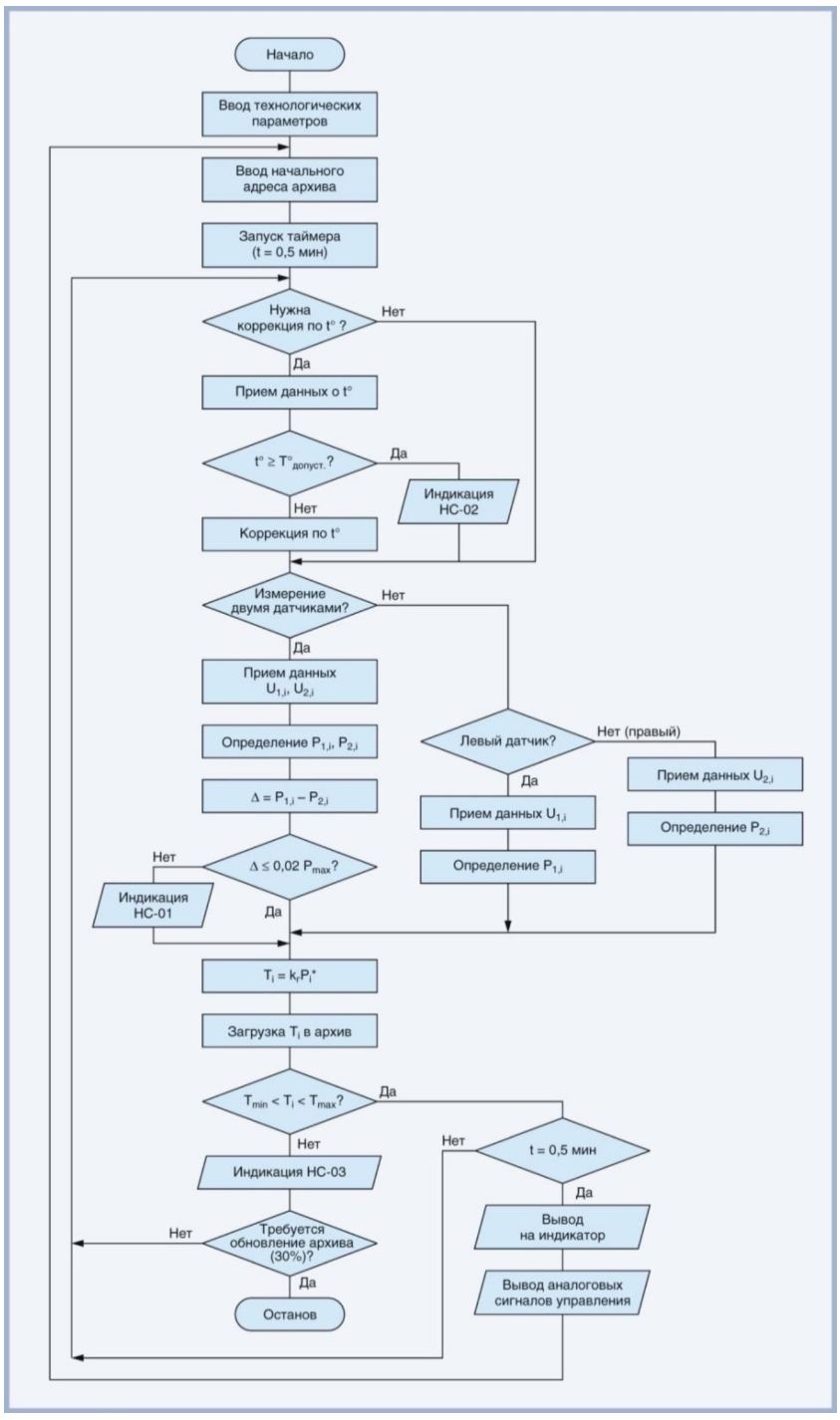


Рис. 7. Блок-схема алгоритма работы ИНД-7681 в одноканальном режиме

Условные обозначения: t° — значения температуры; T°допуст. — предельно допустимое значение температуры в зоне измерения; U — выходное напряжение датчика усилия; P — вычисленное значение вертикальной составляющей усилия; Δ — разность результатов, полученных по показаниям правого и левого датчиков; P* — значение P, вычисленное по показаниям одного из датчиков или по усреднённым показаниям двух датчиков; КГ — коэффициент геометрии, равный 2sinα (см. рис. 1); T — вычисленное значение усилия натяжения; НС — код нештатной ситуации.

Главное меню программы содержит следующие пункты:
«Ввод технологических параметров»;
- «Расчет градуировочных коэффициентов»;
- «Измерение».

Пункт «Ввод технологических параметров» подразумевает выполнение операции ввода технологических параметров, необходимых для выбора режима эксплуатации. К числу этих параметров относятся:

- дата и время;
- номер канала измерения;
- номер датчика;
- вид индицируемой информации (Pi или Ti);
- поддиапазон измерений;
- коррекции по температуре («да» или «нет»);
- диапазоны измерений температуры и силы натяжения;
- значения нулевого смещения вертикальной составляющей по каждому датчику.

Пункт «Расчет градуировочных коэффициентов» предполагает ввод данных, полученных в процессе градуировки, и расчет градуировочных коэффициентов для каждого датчика. Значения градуировочных коэффициентов ai и bi микроконтроллер определяет, решая для каждого i-го линейного участка НСХ систему уравнений:

$$\begin{cases} P_1 = a_1 + b_1 U_1 - участок\ AB \\ P_2 = a_1 + b_1 U_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} P_2 = a_2 + b_2 U_2 - участок\ BC \\ P_3 = a_2 + b_2 U_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} P_3 = a_3 + b_3 U_3 - участок\ CD \\ P_4 = a_3 + b_3 U_4 \end{cases}$$

$$\begin{cases} P_4 = a_4 + b_4 U_4 - участок\ DE \\ P_5 = a_4 + b_4 U_5 \end{cases}$$

$$\begin{cases} P_5 = a_5 + b_5 U_5 - участок\ EF \\ P_6 = a_5 + b_5 U_6 \end{cases}$$

Пункт «Измерение» соответствует выполнению основной программы функционирования измерительного комплекса.

Основная программа осуществляет приём и обработку информации от четырёх датчиков усилия и от двух датчиков температуры по заданному алгоритму. Вычисление значения вертикальной составляющей усилия натяжения (Pi) происходит в программе «Определение Pi » по алгоритму, блок-схема которого приведена на рис. 8.

В процессе обработки информации также производятся:

- диагностирование датчиков (если абсолютная величина разности значений вертикальной составляющей от двух датчиков одного канала превышает 2% максимального значения вертикальной составляющей в измеряемом поддиапазоне, то формируется сигнал «Нештатная ситуация», НС-01, загорается светодиод на панели блока управления и на индикаторе появляется код «01»);
- анализ текущего значения температуры (при превышении текущим значением максимально допустимого значения температуры формируется сигнал «Нештатная ситуация», НС-02, загорается светодиод на панели блока управления, на индикаторе появляется код «02»);
- оценка соответствия полученного значения усилия натяжения граничным условиям (если текущее значение усилия натяжения выходит за пределы допустимых значений, то формируется сигнал «Нештатная ситуация», НС-03, загорается светодиод на панели блока управления и на индикаторе появляется код «03»).

Полученные значения усилия натяжения записываются в архив, глубина которого соответствует функционированию комплекса в течение 0,5 минуты. Информация в архиве

имеет привязку к реальному времени. При выявлении недопустимого значения усилия натяжения с необходимой временной задержкой в архиве фиксируется информация, 70% которой относится к периоду до возникновения нештатной ситуации, а 30% — к последующему периоду.

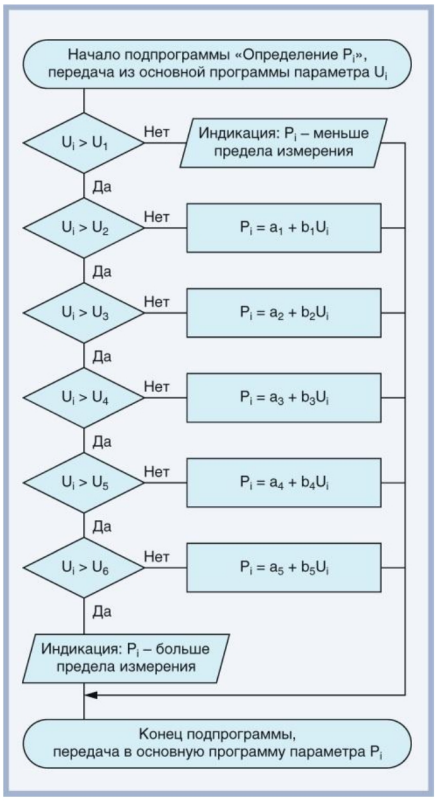


Рис. 8. Блок-схема алгоритма вычисления вертикальной составляющей усилия натяжения (Pi)

Вся информация, выводимая на индикатор комплекса, представлена в доступном для понимания виде и не требует от обслуживающего персоналазнаний в области языков программирования.

Общий вид машинного зала, в котором установлен шкаф с аппаратурой комплекса ИНД-7681

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ОАО «Казчерметавтоматика» работа над ИВК ИНД-7681 успешно завершена проведением Государственных приемочных испытаний с получением сертификата об

утверждении типа средств измерений, Государственной лицензии на поверку и Государственной лицензии на изготовление.

Внедрение двухканального измерительно-вычислительного комплекса для измерения натяжения полосы ИНД-7681 на станах холодной прокатки ОАО «Испат-Кармет» позволяет повысить точность регулирования натяжения полосы в 1,5-2 раза, что приводит к уменьшению размеров отклонений по ширине полосы и увеличению выхода годного проката на 0,25% за счёт сокращения количества металла, попадающего в обрез по ширине. Годовой экономический эффект от внедрения ИНД-7681 с учетом капитальных затрат, а также затрат на амортизацию и текущий ремонт на прокатном стане 1700 составляет примерно 82,0 тыс. долларов США.

7 Система прямого цифрового управления главным приводом блюминга

Авторы статьи: Алексей Хомяк, Алексей Светличный, Сергей Зайченко, Петр Тарсков, Павел Розкаряка, Роман Федоряк

Статья посвящена вопросу разработки и внедрения системы прямого цифрового управления главным электроприводом блюминга 1300 комбината «Криворожсталь». Представлен анализ технологических требований к характеристикам электропривода, раскрыты технические и программные решения, соответствующие этим требованиям.

ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА

Основная концепция построения систем управления главными приводами обжимных станов в 70-х и 80-х годах выражалась в максимальном повышении быстродействия электроприводов для сокращения времени цикла прокатки и тем самым увеличения производительности. Высокое быстродействие достигалось путём уменьшения динамических и статических ошибок отработки управляющего воздействия при увеличении скорости нарастания тока до предельной. Некоторые специалисты выражали сомнение в целесообразности такого подхода. Их основным аргументом являлось то, что при повышении скорости нарастания тока резко возрастали динамические нагрузки. Но главный вопрос – можно ли иметь высокую производительность стана при относительно низких скоростях нарастания тока — оставался открытым.

Кроме того, оставались недостаточно изученными вопросы рациональных статических и динамических характеристик приводов. Для станов с индивидуальным приводом актуальным оставалось решение вопросов о связи приводов через прокатываемый металл и решение задачи распределения нагрузок и скоростей двигателей. Иногда применялись регуляторы выравнивания нагрузок (токов) и скоростей двигателей. Однако при этом не учитывалось распределение моментов, токов и скоростей двигателей в зависимости от статических и динамических характеристик привода, и на практике такие регуляторы оказывались малоэффективными.

Еще одна проблема, снижавшая производительность станов, — это проблема надёжного ограничения тока в системах генератор-двигатель. Несмотря на большое количество теоретических работ данная проблема не была решена полностью. Актуальным оставался также вопрос одновременного ограничения нескольких координат в специфических для прокатки режимах.

Нерешённой была задача идентификации опасных нестационарных режимов прокатки (пробуксовок) и управления в указанных режимах. Реализованные в 70-х годах и позже системы выявления пробуксовок на практике оказались неэффективными. Достоверность их работы находилась в пределах 10…15%.

Изменение экономических условий работы металлургических предприятий в настоящее время потребовало отказа от старого лозунга «План — любой ценой!». Оборудование должно эксплуатироваться оптимальным образом с минимальным количеством аварий и простоев, резко ухудшающих экономические показатели предприятия. Эффективным способом для достижения этой цели является модернизация электроприводов крупных технологических агрегатов с использованием современных средств цифрового управления, без внесения существенных изменений в действующее силовое оборудование. Такой подход позволяет улучшать технико-экономические показатели без остановки непрерывного технологического цикла производства.

ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ

Перед специалистами НПО «ДОНИКС» была поставлена задача спроектировать, изготовить и произвести наладку цифровой системы управления главным приводом стана 1300 цеха Блюминг-2 КГГМК «Криворожсталь».

Новая система должна заменить физически и морально устаревшую аналоговую систему управления.

Кратко охарактеризуем существующее оборудование.

● Реверсивная клеть стана (рис. 1) предназначена для прокатки стальных слитков массой до 20 тонн в заготовки крупных размеров – блюмы и слябы.

● Привод — индивидуальный на каждый валок. Электродвигатели: тип Д24-160-6,8; 6800 кВт; 0-60-90 об./мин (рис. 2). Генераторы: по 2 на каждый двигатель; тип П12-40-17к; 4000 кВт.

Использование надёжного, ориентированного на применение в промышленных системах цифрового оборудования избавляет эксплуатационный персонал от множества проблем, возникавших при использовании аналоговой элементной базы для реализации алгоритмов управления (масштабирование внутренних сигналов системы, дрейф нуля операционных усилителей, изменение характеристик элементов схем регуляторов и др.). Применение цифровой элементной базы позволило значительно увеличить функциональные возможности системы, расширить круг решаемых ею задач – как управления, так и визуализации, диагностики, протоколирования событий и т. д.

В начальной стадии проекта определилась основная концепция работы: «Система управления главным приводом проектируется для управления электроприводами валков как единой, взаимосвязанной электромеханической системой (двигатель — валки — слиток — ролики) с применением технологического контура управления».

Рис. 1. Внешний вид клети блюминга

Рис. 2. Электродвигатели

На первых этапах реализации проекта было выполнено следующее:

● рассмотрены вопросы связи приводов через металл и структура объекта управления как многосвязной электромеханической системы, определены оптимальные статические и динамические характеристики приводов с учётом указанной связи по критериям устойчивой прокатки;

● произведён анализ осциллограмм работы привода со старой системой управления и работы главных приводов других станов, подобных по своим энергосиловым характеристикам стану 1300, а также выявлены возможные резервы повышения производительности стана без увеличения скорости нарастания тока;

● учтён опыт предыдущих работ НПО «ДОНИКС» по данной проблеме [1];

● исследованы вопросы надёжного ограничения координат приводов с использованием скользящих режимов управления;

● особое внимание уделено проблемам определения статических моментов двигателей, технологической нагрузки, а также нестационарным режимам прокатки.

На основании проведённых подготовительных работ, изучения существующих проблем в приводах обжимных станов и принятой концепции был определён функциональный состав системы. Структура системы управления главным приводом представлена на рис. 3.

Эти задачи решаются отдельными взаимосвязанными системами, регуляторами и блоками:

● система управления соотношением скоростей и моментов двигателей обеспечивает динамическое регулирование механических характеристик привода клети как единой электромеханической системы отдельных приводов, взаимосвязанных через металл в процессе прокатки, а также снижение нагрузок на привод при случайном возникновении локальных нарушений контакта валков с металлом в зонах деформации из-за поверхностных дефектов слитков, наличия окалины и т.п.; данная система представляет собой регулятор, структура и значения параметров которого динамически зависят от состояния и текущих характеристик объекта управления, она позволяет значительно уменьшить количество возникающих нестационарных режимов прокатки (пробуксовок валков) и время их протекания;

● система определения нестационарных режимов автоматически обнаруживает начало нестационарных режимов прокатки и вырабатывает управляющее воздействие, адекватное текущей технологической ситуации;

● система определения технологической нагрузки использует специальный алгоритм и обеспечивает точную фиксацию нагрузки по обоим валкам с минимальными амплитудными и временными погрешностями;

● система управления скоростными режимами позволяет оптимизировать скоростные режимы путём изменения скоростей захвата-прокатки в функции раствора валков и положения линеек манипуляторов;

● регулятор заданного динамического момента позволяет снизить время работы привода в режиме ограничения тока и обеспечить управляемость приводов при перегрузках, тем самым создаются условия для увеличения допустимого значения момента прокатки на 20…25%;

● регулятор мощности обеспечивает автоматическое регулирование задания на скорость во второй зоне в функции текущего момента прокатки, что фактически увеличивает допустимый момент прокатки на 15…20%;

● блок «лыжеобразования» и формирования переднего и заднего давления при прокатке позволяет реализовать независимое, то есть задаваемое отдельно для каждого калибра и направления прокатки, «лыжеобразование» (загибание края раската вверх) и возможность создания переднего (верхнего) или заднего (нижнего) давления на раскат с учётом текущей нагрузки привода. Блок датчиков включает все необходимые для работы системы датчики, в первую очередь датчики токов и датчики скоростей. Кроме того, для вычисления такого трудно измеряемого параметра, как статический момент двигателя, разработан и реализован алгоритм программного датчика с широкой полосой пропускания и высокой точностью преобразования, позволяющий контролировать статические моменты на валах вплоть до случая их колебаний на собственных частотах. Достоинством датчика является отсутствие каких-либо механических частей и практически неограниченный ресурс работы. По итогам предварительных испытаний выяснено, что качество работы этого датчика не уступает качеству работы физических датчиков. Информация о вычисленных статических моментах позволяет более точно оценить текущую технологическую нагрузку прокатной клети.

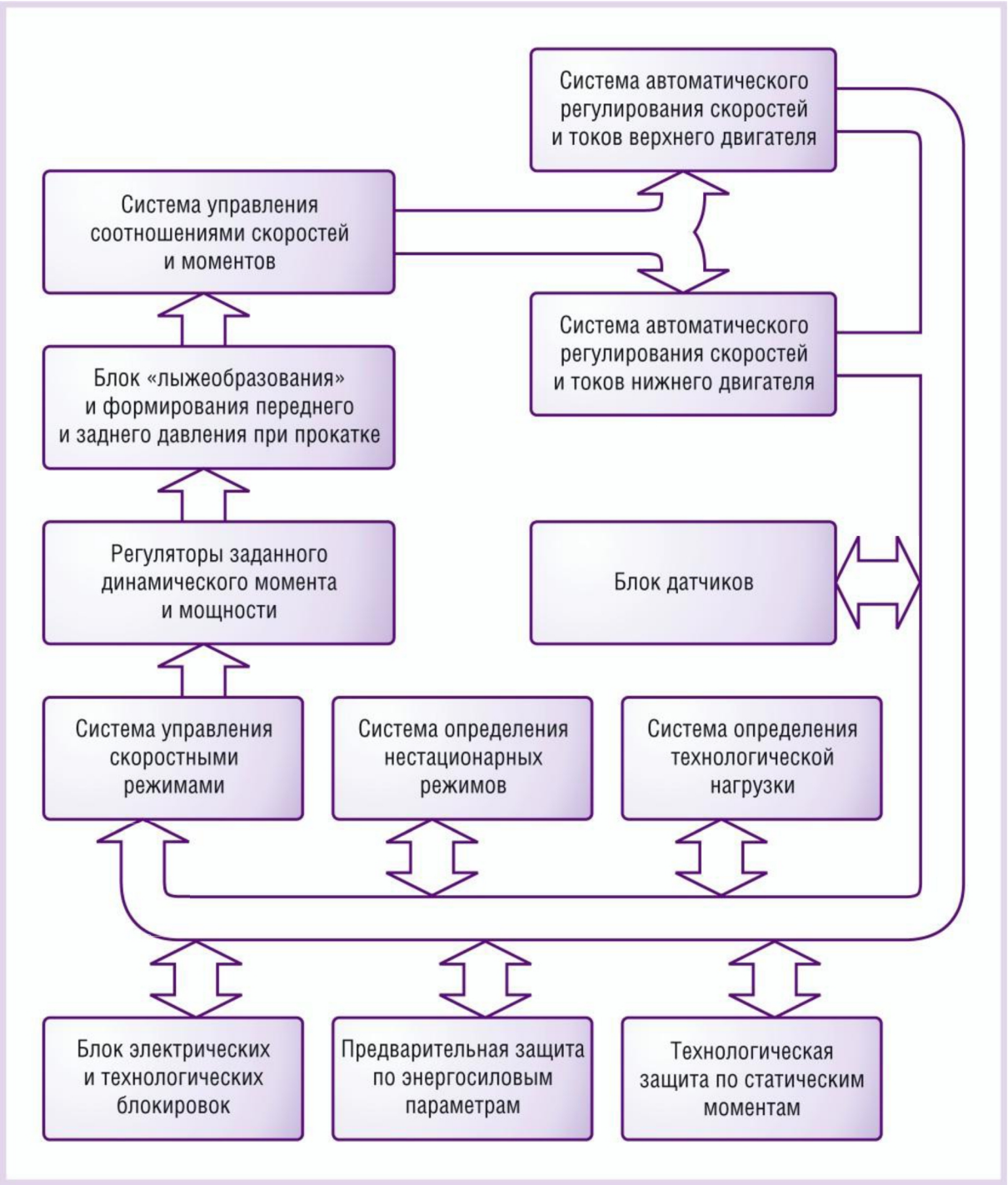


Рис. 3. Структура системы прямого цифрового управления главным приводом блюминга

В системе также реализована предварительная защита по энергосиловым параметрам и по статическим моментам двигателей, обеспечивающая безаварийную и стабильную работу электропривода и, кроме того, уверенную работу оператора. Необходимый набор электрических и технологических блокировок отрабатывает соответствующий блок системы.

АППАРАТНЫЕ И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА

В связи с высокими требованиями к надежности и безопасности эксплуатации обжимных станов для систем автоматического управления главными приводами неприемлемы любые задержки в выдаче сигналов управления. Поэтому к оборудованию и программному обеспечению системы управления предъявляются особые требования.

Требования к оборудованию:

● повышенная надёжность при круглосуточной работе и больших межремонтных периодах;

● работа при расширенном диапазоне рабочих температур;

● повышенная пыле и виброзащищённость;

● обязательная гальваническая развязка каналов ввода-вывода — 1500 В для аналоговых цепей и не менее

1000 В для дискретных;

● повышенная помехозащищённость каналов ввода-вывода;

● минимально возможные искажения и стабильность ввода данных для аналоговых каналов;

● открытость архитектуры.

Требования к программному обеспечению:

● ориентация на применение в индустриальных системах;

● работа в режиме реального времени с гарантированным временем отклика;

● оперативное изменение настраиваемых параметров системы;

● наличие системы распределения приоритетов выполняемым задачам;

● связь по сети между устройствами, входящими в состав системы;

● защита от несанкционированного доступа и некорректных действий персонала.

Технический состав системы определился, исходя из условий оптимального выполнения ранее перечисленных функций:

● главный шкаф системы автоматического управления (САУ) со встроенным монитором (рис. 4);

● рабочая станция дежурного машинного зала;

● рабочая станция на посту оператора;

● инженерная станция наладчика;

● цифровые датчики скоростей двигателей, цифровой датчик положения нажимного устройства и датчики положения линеек манипуляторов и кантователя;

● блок согласования.

Внешние соединения шкафа САУ показаны на рис. 5.

Рис. 4. Внешний вид шкафа САУ блюминга

На начальном этапе проекта предполагаемое место установки главного шкафа САУ было в машинном зале блюминга, в непосредственной близости от тиристорных

возбудителей двигателей и силовых генераторов. Летом температура в машинном зале достигает +45…50°С, что при наличии большого количества взвешенной пыли, состоящей из окалины и графита со щёточных механизмов электромашин, сделало практически невозможным применение шкафов с забором воздуха при вентиляции из окружающей среды. В дальнейшем по инициативе цеховой электрослужбы место установки шкафа перенесли в закрытое помещение, что при улучшении внешних условий привело к другим проблемам: длина кабельных трасс увеличилась до 100…160 метров, причём по большей части трассы прокладки кабелей расположены тиристорные преобразователи (ТП) различных механизмов – мощные источники помех. Несмотря на это, правильное согласование и корректный выбор фильтров в системе позволили снизить влияние помех до минимума без потери достоверности информации.

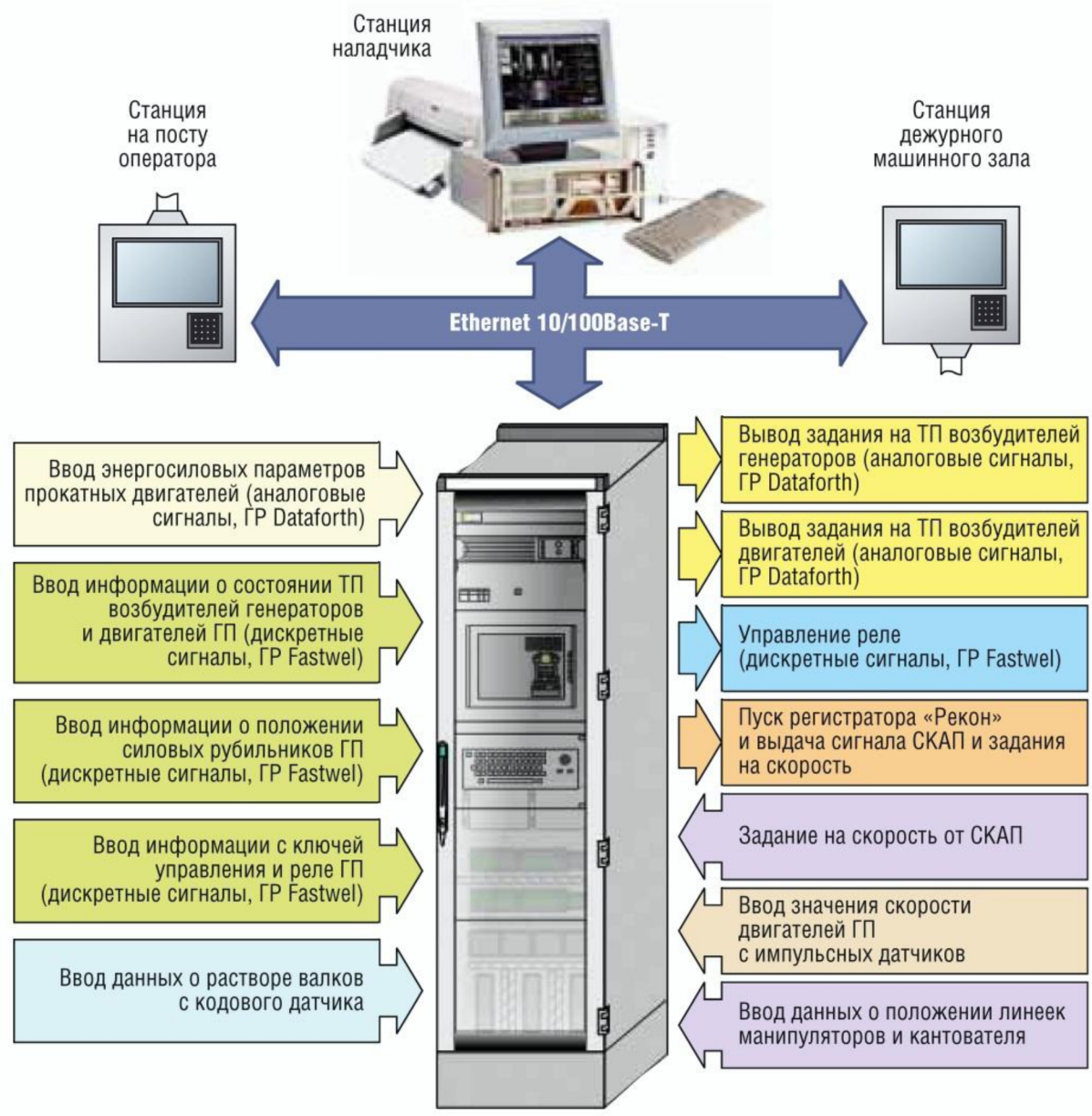


Рис. 5. Внешние соединения шкафа САУ

Условные обозначения: ГР — гальваническая развязка (модули или платы); ГП — главный привод; ТП — тиристорные преобразователи; СКАП — сельсинный командоаппарат.

Учитывая реальные условия работы на объекте, для размещения в главном шкафу системы управления (шкаф серии TS8 фирмы Rittal со степенью защиты IP55 и установленным циркуляционным вентилятором для принудительного охлаждения) было выбрано следующее оборудование:

- контроллеры CPU686E (формат MicroPC) фирмы Fastwel (их диапазон рабочих температур от –40 до +70°С, а установленный процессор Geode™ GX1 300 МГц не требует принудительной вентиляции, что повышает надежность работы всей системы) с дополнительно интегрированными на плате видеосистемой и контроллером Ethernet 10/100Base-T;
- модули гальванической развязки серии SCM5B (входные и выходные аналоговые) фирмы Dataforth, а также платы гальванической развязки TBI-24/0C-1 (дискретный ввод) и TBI-0/24C (дискретный вывод) фирмы Fastwel;
- выполненные в формате MicroPC платы дискретного ввода-вывода UNIO96-1 и UNIO96-5, АЦП AI16-5 и ЦАП AO16-V8 фирмы Fastwel, обеспечивающие хорошие технические характеристики в диапазоне рабочих температур от –40 до +85°С;
- каркас 5278 для плат формата MicroPC с сетевым блоком питания 7155 фирмы Octagon Systems;
- источники вторичного стабилизированного напряжения фирмы NemicLambda серии ZD (выходное напряжение 5 и 12 В, мощность 50 Вт) и серии RWS (выходное напряжение 24 В, мощность 50 Вт — 2 шт.; выходное напряжение 48 В, мощность 50 Вт);
- источник бесперебойного питания (ИБП) шкафа — Smart-UPS 2U RM 700 В·А (450 Вт) фирмы APC (ИБП защищает аппаратуру шкафа от просадок напряжения и обеспечивает её работу при аварии в сети; выявленное по результатам испытаний максимальное время работы от полностью заряженной батареи при штатной загрузке ИБП на 25-35% составляет 35-45 минут, что даёт возможность восстановить подачу питания или корректно завершить работу системы);
- монитор TFT 15" Samsung 151S (применение данного монитора было обусловлено наличием сильных электромагнитных полей, его низкой потребляемой мощностью, а также плоской конструкцией корпуса);
- разработанный и изготовленный отделом электроники НПО «ДОНИКС» модуль обработки сигналов сельсинов (МОСС), используемых в качестве датчиков положения механизмов клети (модуль выполняет преобразование аналоговых сигналов сельсина в цифровой 12-разрядный код, отображающий текущий физический угол положения ротора сельсина);
- клеммники фирмы WAGO (их применение повысило надёжность соединений и снизило временные затраты при выполнении монтажных работ).

Внутренний состав шкафа САУ иллюстрирует рис. 6.

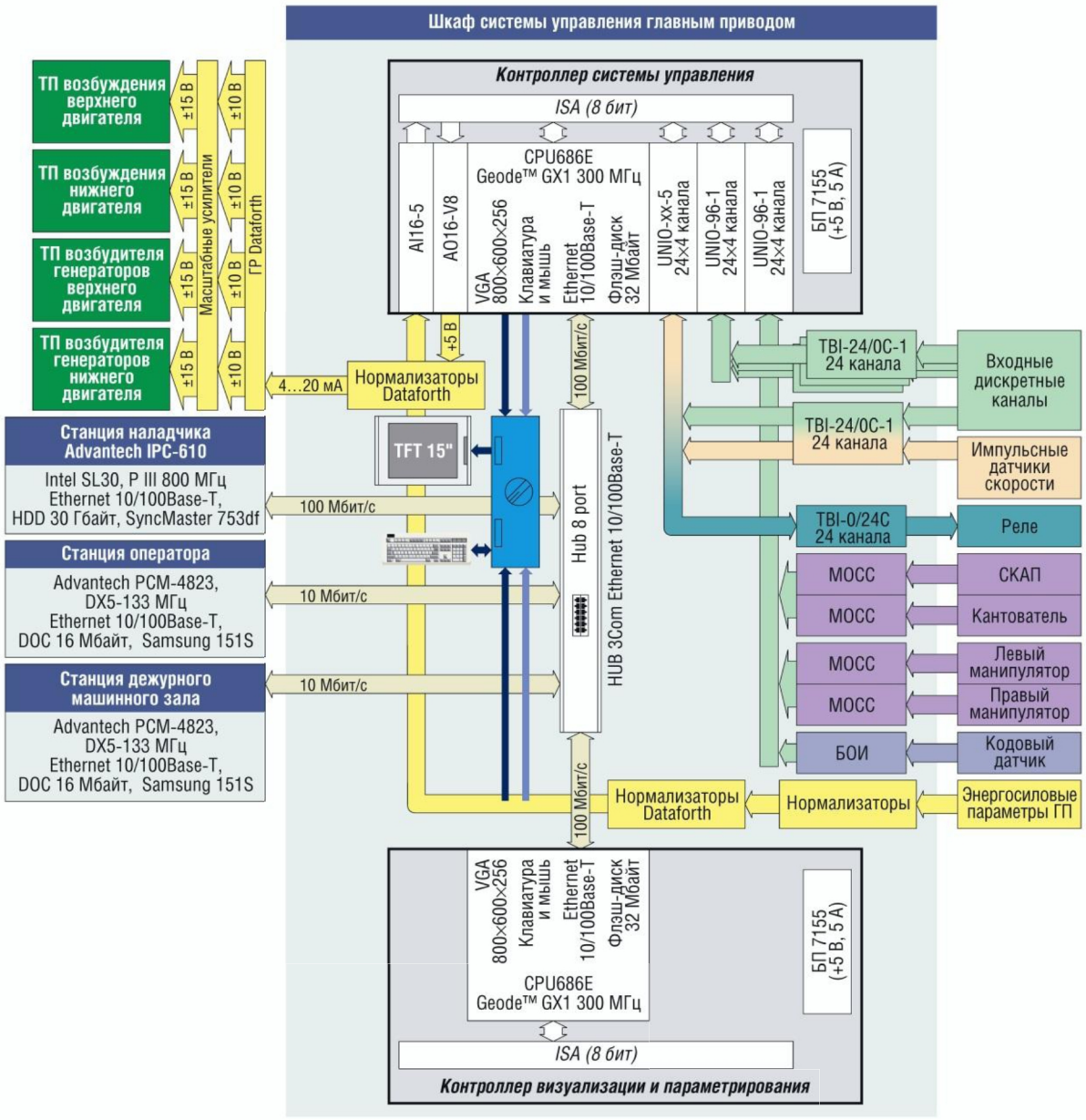


Рис. 6. Структура шкафа управления главным приводом

Условные обозначения: ТП — тиристорные преобразователи; МОСС — модуль обработки сигналов сельсинов; ГП — главный привод; СКАП — сельсинный командоаппарат; БОИ — блок оптической изоляции; БП — блок питания; ГР — гальваническая развязка (модули и платы).

Входные и выходные аналоговые сигналы (порядка 24 каналов) имеют гальваническую развязку 1500 В. Выходные сигналы управления заданием преобразователей для исключения помех выполнены с использованием токовой петли 4…20 мА. При этом возникла проблема согласования стандартов: максимальные выходные уровни системы ±10 В, а входные уровни тиристорных преобразователей ±24 В. Для согласования уровней был изготовлен блок согласования, установленный непосредственно в один из шкафов ТП.

Дискретные сигналы (порядка 100 каналов) имеют гальваническую развязку 1000 В, при этом большинство входных сигналов выполнено по схеме «сухой» контакт и запитано от шкафа системы напряжением48 В. Такое решение, независимо от пропаданий

напряжения питания на различных удалённых контролируемых участках, исключает поступление ложной информации.

Для измерения скоростей двигателей и контроля раствора валков прокатной клети применены импульсные и кодовый датчики, разработанные Киевским институтом автоматики (КИА). Датчики скорости установлены непосредственно в задний торец двигателей через специальный конструктив, компенсирующий осевые и радиальные биения вала. Датчик раствора валков установлен непосредственно на редукторе прокатной клети через компенсирующую мембранную муфту. Разработка конструктивов, установка датчиков и авторское сопровождение производилось специалистами Криворожского отделения КИА.

Рабочие станции оператора и дежурного машинного зала выполнены на основе одноплатного компьютера PCM-4823 серии Biscuit PC фирмы Advantech. Станция наладчика представляет собой промышленный компьютер, построенный на базе шасси IPC-610 этой же фирмы.

Для разработки программного обеспечения была выбрана операционная система реального времени (ОС РВ) QNX 4.25.

Почему выбрана именно эта ОС? В настоящее время многие ОС РВ показывают близкие значения показателей эффективности. Поэтому одним из наиболее важных условий успеха операционной системы (наряду с высокой производительностью) является наличие в ней развитой среды разработки, графических интерфейсов, сетевой поддержки, возможность работы на многопроцессорных средствах. Среди других известных ОС РВ операционная система QNX выгодно выделяется наиболее полным набором инструментальных средств, к которым пользователь привык в DOS или UNIX. Кроме того, благодаря архитектуре микроядра и модульности QNX обладает уникальной способностью к масштабированию как вверх (сложные распределённые системы управления), так и вниз (малогабаритные встроенные системы, включая «слепые» узлы распределённых систем). Далее приведены основные черты ОС РВ QNX, благодаря которым она и была выбрана для реализации данного проекта:

- надёжная архитектура микроядра с защитой памяти;
- предсказуемость;
- гибкая масштабируемость и встраиваемость;
- POSIX совместимый API;
- наличие простого и быстрого графического интерфейса Photon;
- распределённый сетевой доступ к ресурсам;
- поддержка различных сетевых протоколов;
- простота адаптации к аппаратным средствам.

Система управления состоит из пяти узлов, каждый из которых работает под управлением ОС РВ QNX 4.25, соединённых локальной сетью Ethernet.

Главный шкаф системы автоматического управления главным приводом стана 1300 включает в себя два узла (контроллера). Задачами первого узла являются выполнение управляющего процесса, то есть получение сигналов с объекта управления (ОУ), последующая математическая обработка и выдача управляющих сигналов, а также коммуникация со всеми остальными узлами сети для обмена данными. В задачи второго узла входит визуализация параметров текущих процессов ОУ, изменение параметров системы управления через пользовательский интерфейс. Одно из окон графического интерфейса оператора приведено на рис. 7. Рис. 8 и рис. 9 показывают рабочее место оператора поста блюминга.

Основным требованием к управляющему процессу является жёсткое время реакции на изменение сигналов ОУ, то есть управляющий процесс должен реагировать на изменение входных сигналов в гарантированный промежуток времени, ограниченный только дискретностью работы операционной системы. В данном случае это достигается путём запуска в системе только необходимых процессов, правильным выбором их

приоритетов, привязкой к таймерам реального времени ОС, что вполне осуществимо в среде QNX.

В нашем случае период работы (тик) операционной системы и соответственно максимальное время отклика установлены на уровне 2 мс; при этом управляющий процесс «расходует» в среднем лишь 1,2…1,3 мс, то есть 60…65% времени тика. Остальное время остаётся для процессов коммуникации с другими узлами сети и иных служебных функций микроядра, как то: переключения контекстов между процессами, диспетчеризации процессов, первичной обработки прерываний, связи между процессами и т.д. При этом осуществляется самоконтроль каждого шага управляющего процесса аппаратным путём. В случае превышения времени выполнения цикла сигнал об этом поступает другим узлам, а также предпринимается ряд действий, способных устранить данную ситуацию, например, повышается приоритет управляющего процесса, выгружаются менее важные процессы и т.д.

Рис. 7. Вид главного рабочего окна САУ

Рис. 8. Рабочее место оператора первого поста

Рис. 9. Внешний вид рабочей станции оператора первого поста

Не менее важным является процесс коммуникации между узлами, так как без него невозможно наблюдение текущего состояния системы и коррекция её параметров. В типичной для многозадачной системы реального времени ситуации выполнения нескольких процессов одновременно ОС должна предоставить механизмы, позволяющие им «общаться» друг с другом.

Связь между процессами (Interprocess Communication, IPC) является ключом к разработке приложений как совокупности процессов, в которых каждый процесс выполняет отведённую ему часть общей задачи. QNX предоставляет простой, но мощный набор возможностей IPC, которые существенно облегчают разработку приложений, состоящих из взаимодействующих процессов. Самым простым способом было бы использование стандартных способов связи между процессами, где микроядро ОС осуществляло бы маршрутизацию и доставку сообщений, используя свой сетевой интерфейс низкого уровня. Но данный путь хотя и прост в реализации, но достаточно «громоздкий» в плане временных интервалов, отведённых для коммуникации. Есть и более эффективный путь сетевой коммуникации: работать напрямую с менеджером сети QNX и драйвером сетевой карты. Этот путь сложнее предыдущего в реализации, так как необходимо формировать и обрабатывать запросы системных процессов, разработать свой протокол обмена, используя так называемый «сырой» протокол. Но этот способ является наиболее эффективным по временным параметрам передачи, что и послужило основным критерием для выбора данного способа передачи сообщений между процессами в качестве базового.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Почти годовая опытно-промышленная эксплуатация системы прямого цифрового управления главным приводом блюминга подтвердила, что все поставленные при разработке задачи были успешно решены. Несмотря на ограничение скорости нарастания тока на уровне не более 10 номинальных значений тока в секунду, время цикла прокатки не увеличилось. Кроме того, за счёт более устойчивой работы главного привода

операторы работают увереннее и в большинстве смен отмечено возрастание часовой производительности по сравнению с работой на старой аналоговой системе регулирования. Возникновение нестационарных режимов по технологическим причинам предотвращено благодаря автоматической реализации рациональных скоростей захвата и прокатки, а также выбору оптимальных динамических параметров привода. В редких случаях возникновения пробуксовок они быстро выявляются и система автоматически обеспечивает выход из неустойчивого режима. На рис. 10 представлена осциллограмма выхода главного привода из пробуксовки, возникшей при захвате второго слитка, а на рис. 11 — осциллограмма выхода из пробуксовки при прокатке. Как видно из представленных осциллограмм, система обеспечивает снятие задания на скорость ещё до того момента, когда на возникновение пробуксовки успевает среагировать оператор. Применение разработанной системы прямого цифрового управления главным приводом блюминга позволило повысить эксплуатационную надёжность этого ответственного механизма.

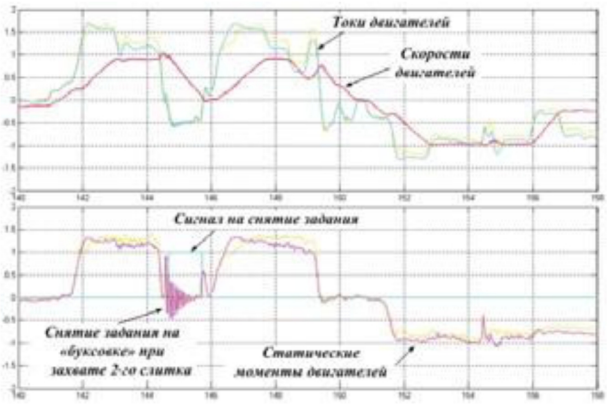


Рис. 10. Осциллограмма реакции системы управления на буксовку при захвате второго слитка

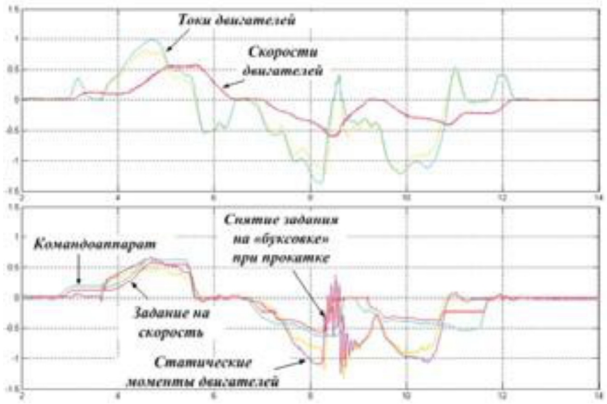


Рис. 11. Осциллограмма реакции системы управления на буксовку при прокатке слитка

8 Автоматизированная система контроля параметров работы оборудования непрерывно-заготовочного стана

Авторы статьи: Владимир Романовский, Алексей Светличный, Пётр Тарсков, Анатолий Шевченко

Рассказывается об опыте разработки и внедрения автоматизированной системы контроля параметров работы оборудования непрерывно-заготовочного стана 900/700/500 Криворожского государственного горно-металлургического комбината. Подробно описаны функциональные возможности системы и особенности её аппаратной реализации.

ВВЕДЕНИЕ

Непрерывно-заготовочные станы (НЗС) являются важнейшим звеном прокатного производства, обеспечивающего заготовками все сортовые и проволочные прокатные станы Криворожского государственного горно-металлургического комбината (КГГМК) (рис. 1). Особенностью их работы является одновременное нахождение металла в нескольких прокатных клетях и порезка (раскрой) заготовки в движении с помощью летучих ножниц [1]. Все эти факторы требуют слаженного взаимодействия большого количества механизмов, а следовательно, и наличия оперативного контроля их функционирования.

Рис. 1. Непрерывно-заготовочный стан 900/700/500 КГГМК

До недавнего времени контроль работы электрооборудования главных приводов прокатных клетей и летучих ножниц производился по показаниям стрелочных приборов и диаграммам, зарегистрированным на бумаге самописцами (рис. 2). Помимо неудобств, связанных с обслуживанием такого оборудования (замерзание или засыхание чернил, обрыв бумаги), способ регистрации на бумажном носителе имел существенные ограничения по разрешающей способности. При установленной скорости протяжки ленты 1 см/мин токовая диаграмма, соответствующая времени прокатки одной заготовки в клети 20 секунд, занимала всего 0,3 см бумаги. Естественно, что увидеть характер изменения тока при захвате металла прокатными валками, который длится 0,2 секунды, не представлялось возможным. Кроме того, если нормальному рабочему току прокатной клети соответствовало отклонение линии самописца до 50 мм, то оперативно заметить отклонение в 5-10% на такой диаграмме было практически невозможно. А именно такие вариации свидетельствуют о наличии важнейших явлений в процессе прокатки – подпора или натяжения металла в межклетевых промежутках.

Рис. 2. Щитовые самопишущие приборы типа Н3092

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

Для повышения надёжности работы оборудования НЗС и улучшения информационного обеспечения оперативного персонала сотрудниками Научно-производственного общества «ДОНИКС» (г. Донецк) совместно с инженерами КГГМК была разработана и внедрена в эксплуатацию автоматизированная система контроля параметров работы оборудования непрерывно-заготовочного стана 900/700/500 цеха Блюминг-2 (рис. 3).

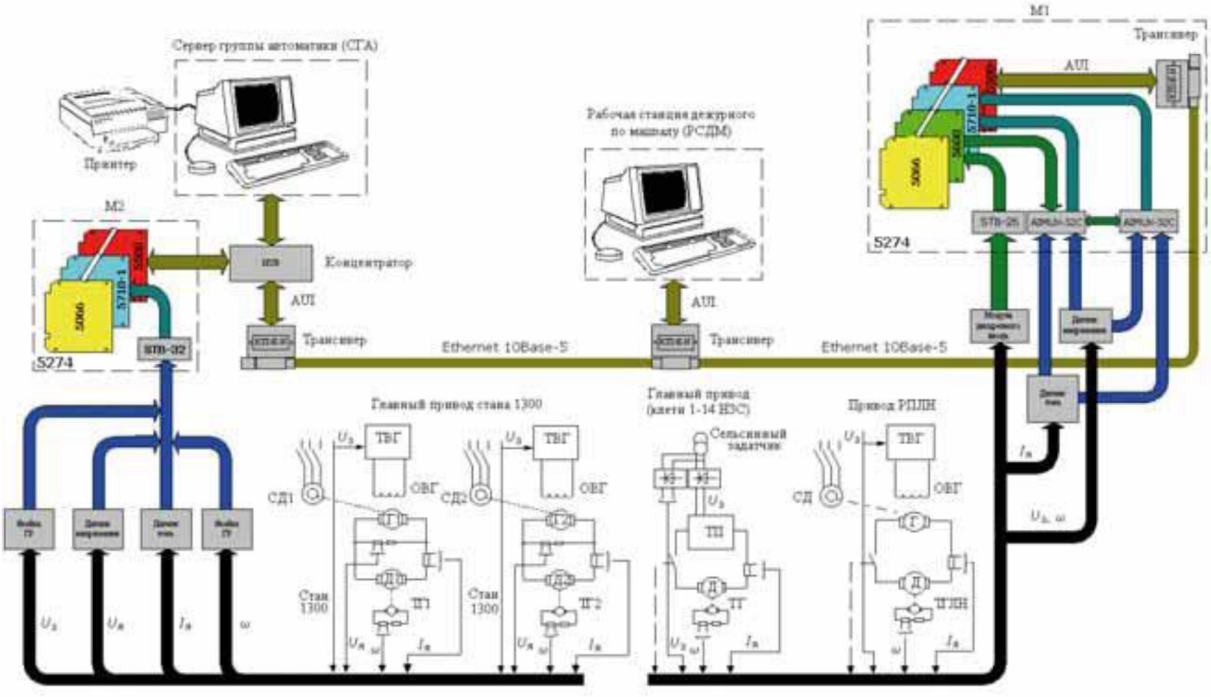


Рис. 3. Функциональная схема системы контроля параметров работы оборудования НЗС

Условные обозначения: М1, М2 — модули сбора информации, ГР — гальваническая развязка, Д — двигатель, Г — генератор, СД — синхронный двигатель, ТП — тиристорный преобразователь, ТГ — тахогенератор, ТВГ — тиристорный возбудитель генератора, ОВГ — обмотка возбуждения генератора, РПЛН — рычажно-планетарные летучие ножницы, ТГЛН — тахогенератор летучих ножниц.

Система включает в себя модули сбора информации М1 и М2, рабочую станцию дежурного по машинному залу (РСДМ) и сервер группы автоматики (СГА).

Модуль М1 собирает информацию о задании на скорость (Uз) привода прокатной клети, скорости (ω) и токе якоря (Iя) для клетей 1-14 групп 900/700/ 500 НЗС, а также о

задании на скорость, скорости и токе якорей для привода рычажно-планетарных летучих ножниц (РПЛН). Помимо каналов регистрации перечисленных сигналов модуль М1 имеет 7 свободных аналоговых каналов, которые могут быть использованы для подключения других сигналов по усмотрению технического персонала.

Модуль М2 собирает информацию о задании на скорость привода клети 1300, скорости, а также о токе и напряжении (Uя) якоря для верхнего и нижнего двигателей. Ввод сигналов осуществляется через устройства, обеспечивающие гальваническую развязку (ГР) аналоговых и дискретных сигналов: датчики тока (ДТ) типа S412A, датчики напряжения S404, ячейки ГР типа N404, ячейки оптронных развязок N604. Процессорная плата 5066 управляет работой многоканального аналого-цифрового преобразователя платы 5710-1 и размещением данных в оперативной памяти. В соответствии с протоколом обмена через сетевую плату 5500 и преобразователь интерфейса KTDEN (AUI – 10Base-5) данные передаются по локальной сети Ethernet на рабочую станцию РСДМ, а также на сервер СГА, где накапливаются в базе данных.

В общей сложности через модуль М1 производится передача 46 аналоговых и 18 дискретных сигналов. Ввод сигналов в модуль М1 осуществляется посредством подключения к плате 5600 через клеммную плату STB-26 (дискретные сигналы) или к платам мультиплексора AIMUX-32C (аналоговые сигналы). Модуль М2 обеспечивает передачу 7 аналоговых сигналов и реализован без мультиплексора и плат ввода дискретных сигналов.

АППАРАТНОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

В качестве аппаратной базы системы было выбрано оборудование, отвечающее условиям эксплуатации и высоким требованиям по надёжности (рис. 4 и рис. 5).

Рис. 4. Внешний вид модуля М2 и сервера СГА

Рис. 5. Внешний вид шкафа сбора информации с модулем М1

В аналоговой части системы используются датчики и устройства гальванической развязки производства ОАО «Преобразователь», а также мультиплексоры аналоговых

сигналов AIMUX-32C фирмы Fastwel. Такой выбор обусловлен хорошими техническими характеристиками данных изделий.

Для построения цифровой части системы применены модули индустриального назначения производства компании Octagon Systems, отличающиеся высокой надёжностью комплектующих и самих изделий, что очень важно для такого ответственного объекта, каким является непрерывно-заготовочный стан. В качестве центрального процессора используется процессорный модуль 5066, по производительности аналогичный Pentium 133 МГц. Аналого-цифровое преобразование осуществляется высокоскоростным (70000 выборок в секунду) 12-разрядным модулем аналогового ввода-вывода 5710-1. Для регистрации дискретных сигналов используется модуль дискретного ввода-вывода 5600 с ТТЛ совместимыми входами. Сетевое подключение модулей сбора информации реализуется с помощью высокопроизводительного адаптера Ethernet (модуль 5500), который является узловым контроллером сети и выполняет необходимые для её функционирования операции управления буферизацией, обнаружения конфликтов и извещения об ошибках. При построении сети Ethernet применены трансиверы KTDE-N в индустриальном исполнении фирмы Hirschmann. Модули Octagon Systems размещены в компактных высокопрочных каркасах 5274 производства этой же компании.

Перечисленные аппаратные средства позволяют полностью выполнить технологические задачи, поставленные перед системой, а оптимальный выбор их производителей приводит к минимизации капитальных вложений.

Для реализации программного обеспечения была выбрана операционная система QNX, поддерживающая многозадачный режим в условиях «жёсткого» реального времени.

ВОЗМОЖНОСТИ СИСТЕМЫ

Разработанная система позволяет контролировать

- на стане 1300:
  - напряжение задания на скорость вращения от задатчика оператора,
  - ток якоря двигателей,
  - скорость вращения двигателей,
  - напряжение якоря двигателей;

- на НЗС:
  - напряжение задания на скорость вращения от задатчика оператора,
  - ток якоря двигателя,
  - скорость вращения двигателя,
  - логический сигнал готовности силовой цепи;

- на приводе летучих ножниц:
  - напряжение задания на свободную скорость порезки металла,
  - ток последовательно включённых двух якорей двигателя,
  - скорость вращения двигателя,
  - состояние линейного контактора якорной цепи генератор–двигатель (Г–Д).

Система обеспечивает круглосуточную работу в следующих режимах:

- автоматическая загрузка с момента включения и постоянная автоматическая регистрация, визуализация и ведение базы данных;
- по сети на рабочем месте СГА с управлением всеми режимами посредством клавиатуры сервера, записью параметров процессов на жёсткий диск СГА (максимальная длительность непрерывной записи до трёх месяцев), отображением графической информации на экране монитора СГА в реальном масштабе времени, печатью графической и текстовой информации, работой с базой данных;

● по сети на рабочем месте РСДМ (терминал) с управлением режимами посредством клавиатуры рабочей станции, отображением графической информации на экране монитора РСДМ в реальном масштабе времени, работой с базой данных.

При анализе процессов на РСДМ (рис. 6) информация о них поступает по сети из базы данных сервера. Вместе с тем система продолжает выполнять свои основные функции.

Рис. 6. Внешний вид рабочей станции РСДМ

К основным функциям системы относятся:

● обработка в реальном масштабе времени 53 аналоговых и 18 дискретных сигналов (частота опросов всех входных сигналов составляет 10 Гц);

● постоянная регистрация параметров с отображением на экране мониторов РСДМ и СГА текущего состояния приводов, датчиков и выводом открытых графических окон;

● автоматические очистка дискового пространства и обновление базы данных за период не менее трёх последних месяцев;

● измерение мгновенных, среднеквадратических, экстремальных значений зарегистрированных параметров;

● ведение журнала событий по линии прокатки;

● работа в режиме осциллографа реального времени;

● ведение почасового и посменного (7.00—15.00, 15.00—22.00, 22.00—7.00) учёта времени простоев стана 1300.

Пользовательский интерфейс системы (рис. 7 и рис. 8) обеспечивает различные режимы и формы вывода на экраны сервера и рабочей станции информации о текущем состоянии процесса прокатки на стане.

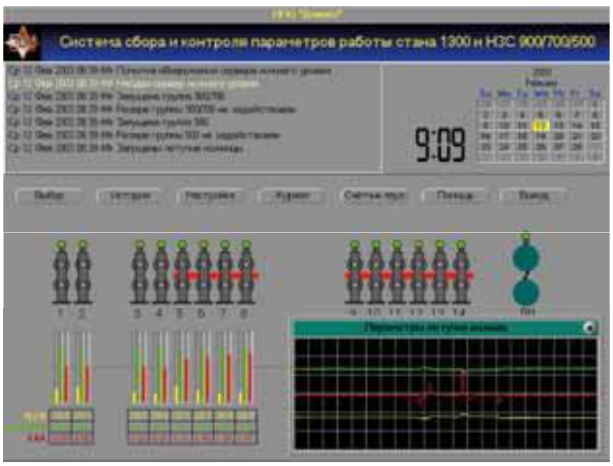


Рис. 7. Вид окна системы в режиме контроля прокатки

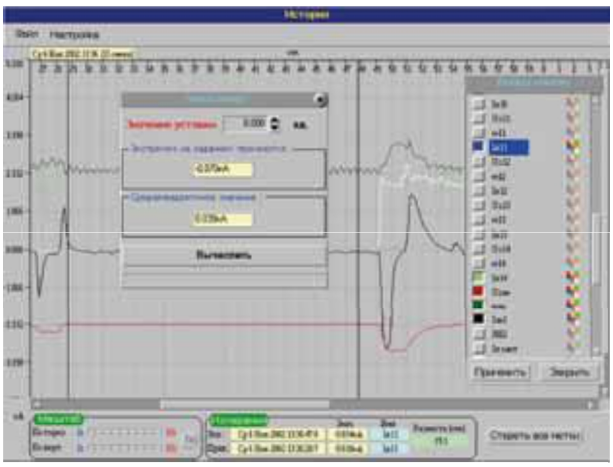


Рис. 8. Вид окна системы в режиме измерений

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За три года непрерывной эксплуатации система показала себя как надёжный и удобный альтернативный вариант централизованного контроля и регистрации параметров, позволяющий определять причины возникновения аварийных ситуаций, а в некоторых случаях и предупреждать их, тем самым способствуя сокращению на 20-25% времени простоев прокатного стана.

Система прошла метрологическую аттестацию на КГГМК и принята в качестве измерительной.

9 Автоматизированная система контроля технологических параметров работы главных электроприводов непрерывно-заготовочного стана

Авторы статьи: Сергей Гуренко, Павел Максаев, Геннадий Шиманский

В статье представлена автоматизированная система контроля технологических параметров работы главных электроприводов непрерывно-заготовочного стана. Система позволяет обеспечить непрерывный контроль технологического процесса прокатки в едином масштабе времени и сохранение регистрируемых технологических параметров, что даёт возможность выявить нарушения в ходе технологического процесса, выбрать рациональный режим прокатки при изменениях технологии, обеспечить восстановление предыстории возникновения аварийных событий, сократить время поиска неисправностей при авариях в электрических цепях главных электроприводов.

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на широкое внедрение в металлургическое производство машин непрерывной разливки стали, на многих металлургических предприятиях СНГ, и Украины в частности, продолжают эксплуатироваться обжимные прокатные станы – блюминги и слябинги, предназначенные для предварительного обжатия стальных слитков, поступающих из сталеплавильных цехов, в заготовки крупных размеров и сечения – блюмы и слябы. Как правило, блюмы не являются товарной продукцией металлургического предприятия и для приобретения товарных свойств подвергаются дополнительному обжатию на непрерывно-заготовочных станах (НЗС) в заготовки меньшего (до 150×150 мм) сечения. Полученные таким образом заготовки либо поступают на рынок в качестве товарной продукции, либо являются исходным сырьём для прокатных станов, производящих готовую продукцию: арматуру, катанку, специальные профили и т.д. Таким образом, обжимные прокатные станы являются важнейшим технологическим звеном металлургических предприятий. Производительность некоторых обжимных станов (например, блюминга 1300) достигает 6 млн. тонн проката в год. Простои этих агрегатов из-за поломок или отказов электрического и механического оборудования приводят к значительным производственным и экономическим потерям, поэтому обеспечение надёжного и бесперебойного функционирования технологического оборудования обжимного прокатного стана является первостепенной задачей его оперативно-технического персонала.

ОАО Криворожский горно-металлургический комбинат (КГМК) «Криворожсталь» является одним из крупнейших предприятий горно-металлургического комплекса Украины с полным циклом производства. В настоящее время на предприятии проводятся значительные работы по реконструкции и модернизации основного механического и электрического оборудования, модернизации существующих и внедрению новых технологий и систем управления технологическими процессами и производством в целом. Целью этих работ является повышение экономической эффективности производства и качества выпускаемой продукции, а также расширение рынков сбыта.

В состав обжимных прокатных цехов комбината входят два блюминга: блюминг 1250 и блюминг 1300 (соответственно цеха блюминг-1 и блюминг-2). Цех блюминг-1 введён в эксплуатацию 18 марта 1958 года, и за прошедшие 47 лет здесь прокатано более 150 млн. тонн стали.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И ХАРАКТЕРИСТИКА ОБОРУДОВАНИЯ НЗС 730/500

В состав оборудования цеха блюминг-1 ОАО КГМК «Криворожсталь» входят два прокатных стана: реверсивный обжимной стан 1250 и НЗС 730/500. Стан 1250 предназначен для прокатки стальных слитков весом 8-10 тонн в заготовки (блюмы) сечением 300×300 мм. НЗС 730/500 состоит из двух непрерывных групп прокатных клетей.

Непрерывная группа клетей 730 (рис. 1) состоит из восьми горизонтальных прокатных клетей типа «дуо» с диаметрами рабочих валков по буртам

730 мм и предназначена для транзитной (то есть без дополнительного нагрева) прокатки блюмов, поступающих со стана 1250, в заготовки сечением (150×150)...(125×125) мм, которые могут быть прокатаны во второй непрерывной группе или порезаны на мерные длины при помощи ножниц горячей резки раскатов с усилием реза 800 т, установленных на обводной линии. Передача раскатов с основной линии на обводную осуществляется при помощи шлепперного устройства. Клети непрерывной группы 730 оснащены попарно-групповым электроприводом, то есть рабочие валки каждой пары клетей приводятся во вращение одним электродвигателем. Клети № 1 и № 2 оснащены электроприводом с регулируемой скоростью вращения, выполненным на базе двигателя постоянного тока мощностью 1840 кВт и получающим электропитание от тиристорного преобразовательного агрегата (ТПА). В состав ТПА входят два тиристорных преобразователя (ТП) напряжения: ТП напряжения якорной цепи и ТП напряжения цепи возбуждения. Предусмотрено 100% резервирование ТПА. Остальные пары клетей оснащены нерегулируемыми электроприводами на базе синхронных двигателей мощностью 2000 кВт каждый, получающих электропитание от сети 6 кВ.

Рис. 1. Непрерывная группа клетей 730

Непрерывная группа клетей 500 (рис. 2) состоит из шести горизонтальных прокатных клетей типа «дуо» с диаметрами рабочих валков по буртам 530 мм и предназначена для транзитной прокатки заготовок, поступающих из непрерывной группы клетей 730, в заготовки сечением (80×80)...(60×60) мм. Клети непрерывной группы 500 оснащены индивидуальными электроприводами с регулируемой скоростью вращения, выполненными на базе двигателей постоянного тока мощностью 1100-1840 кВт и получающими электропитание от ТПА. Предусмотрен один резервный преобразовательный агрегат, который возможно подключить к любому из шести электродвигателей.

Рис. 2. Непрерывная группа клетей 500

В технологическом потоке непрерывной группы клетей 500 установлены реверсивные планетарные летучие ножницы РПЛН-150, предназначенные для порезки «на лету» металла, выходящего из группы, на мерные длины. Ножницы оснащены регулируемым электроприводом, выполненным на базе двухъякорного двигателя постоянного тока мощностью 2×1250 кВт и получающим электропитание от двух тиристорных преобразователей напряжения. Предусмотрен один резервный преобразовательный агрегат, который возможно подключить к любому из якорей приводного электродвигателя.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

До настоящего времени задача контроля за ходом технологического процесса прокатки металла в линии НЗС 730/500 – летучие ножницы традиционно решалась при помощи регистрирующих и показывающих щитовых приборов (одноканальных перьевых самописцев, амперметров, вольтметров, тахометров). Такие приборы устанавливались на панели управления электроприводом соответствующей прокатной клети (рис. 3), самописцы подключались к каналам измерения тока якоря/статора и скорости вращения главных электроприводов.

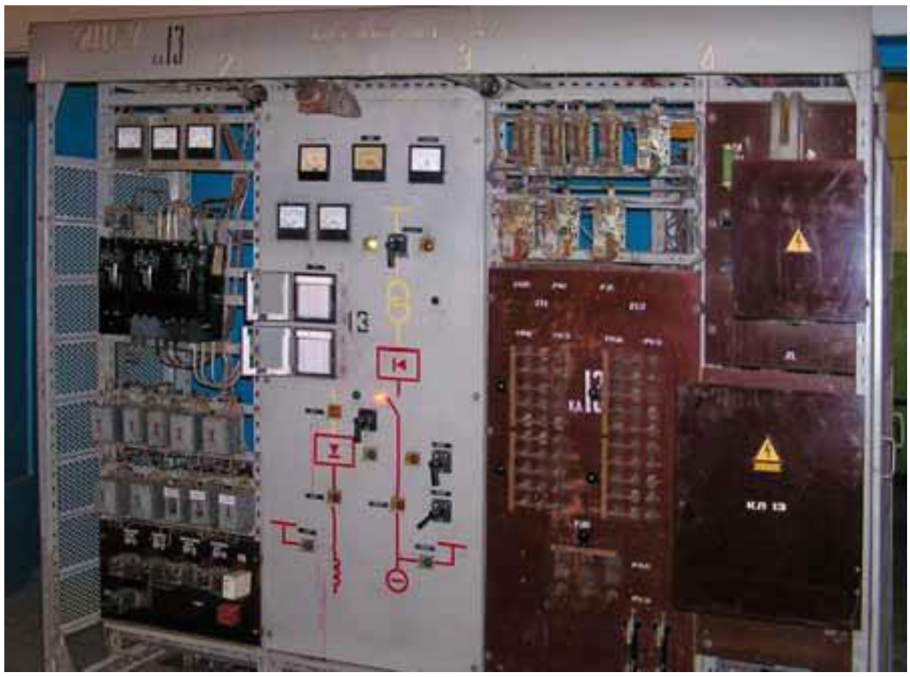


Рис. 3. Панель управления главным электроприводом прокатной клети непрерывной группы 500 с приборами контроля и регистрации

К основным недостаткам данной системы регистрации и схемы размещения регистрирующих приборов можно отнести следующие:

- количество регистрируемых параметров ограничено;
- проведение оперативного и качественного анализа хода технологического процесса, а также работы в нештатных (в том числе и аварийных)

режимах затруднены или вообще невозможны из-за формы представления информации;

- контроль показаний большого количества приборов, расположенных на значительном расстоянии друг от друга, снижает оперативность действий дежурного по машинному залу.

Моральное и физическое старение регистрирующих приборов, ужесточение требований к качеству выпускаемой продукции, а также необходимость минимизации времени поиска и устранения причин возникновения аварийных ситуаций и связанное с этим желание оперативно-технического персонала иметь в своём распоряжении более полную информацию о ходе технологического процесса обусловили необходимость разработки и внедрения в эксплуатацию автоматизированной системы контроля технологических параметров (АСКТП) работы главных электроприводов непрерывно-заготовочного стана.

СТРУКТУРА И ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ АСКТП

АСКТП работы главных электроприводов НЗС 730/500 и электропривода летучих ножниц РПЛН-150 состоит из трёх функционально самостоятельных частей (рис. 4), соединённых с центральным сервером (ЦС) и между собой при помощи локальной информационной сети (ЛИС) с протоколом Ethernet:

1) АСКТП непрерывной группы клетей 730;
2) АСКТП непрерывной группы клетей 500;
3) АСКТП РПЛН-150.

Каждая из перечисленных систем построена по двухуровневому принципу, и все они имеют аналогичные структуры.

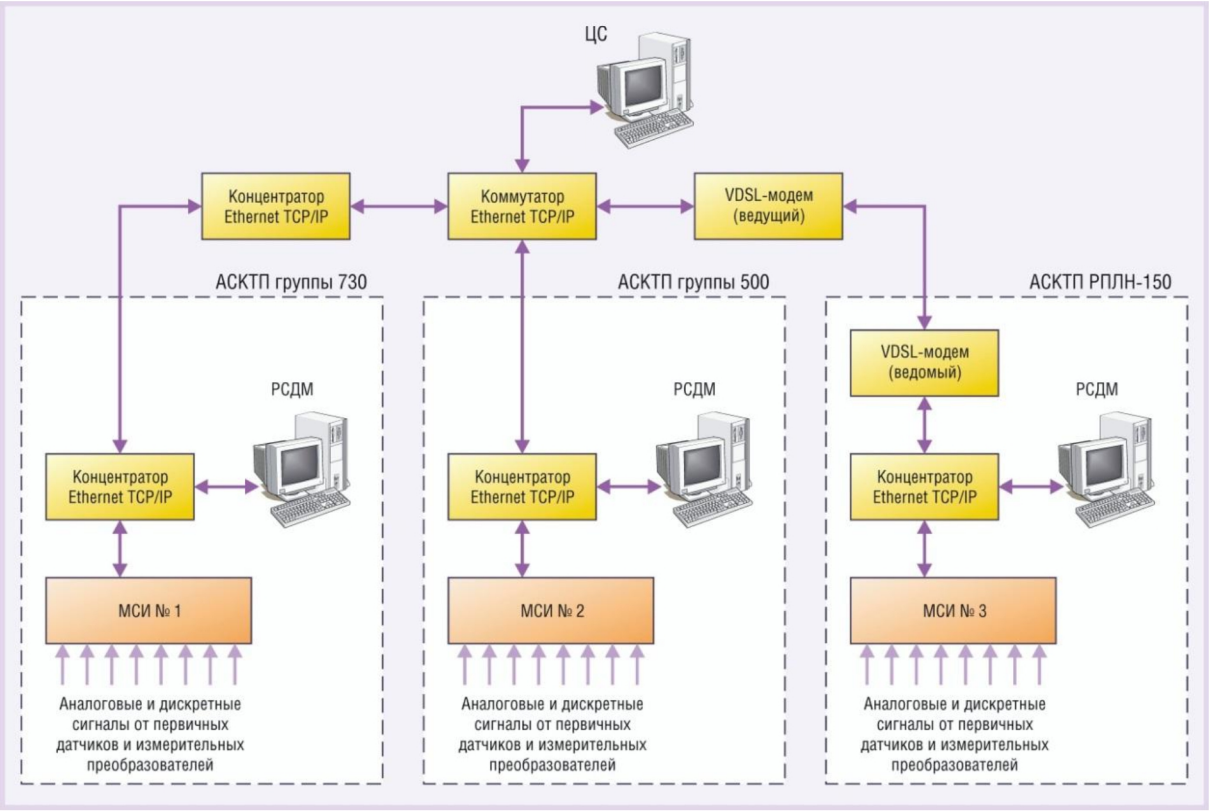


Рис. 4. Структурная схема АСКТП работы главных электроприводов НЗС 730/500 и электропривода РПЛН·150

Условные обозначения: ЦС — центральный сервер; МСИ — модуль сбора информации; РСДМ — рабочая станция дежурного по машинному залу.

Рассмотрим АСКТП непрерывной группы клетей 500. Она состоит из модуля сбора информации (МСИ), рабочей станции дежурного по машинному залу (РСДМ) и сетеобразующего оборудования ЛИС.

МСИ выполняет функции приёма, первичной обработки и передачи технологической информации посредством ЛИС на РСДМ и ЦС. Конструктивно МСИ представляет собой металлический шкаф одностороннего обслуживания, установленный в машинном зале группы 500. Внутри шкафа (рис. 5) установлены модули гальванической изоляции и нормализации аналоговых и дискретных сигналов, источники вторичного электропитания и промышленный микропроцессорный контроллер.

Рис. 5. Модуль сбора информации о параметрах работы главных электроприводов непрерывной группы клетей 500

РСДМ (рис. 6) установлена в комфортном месте (в помещении дежурного) машинного зала и представляет собой IBM PC совместимый персональный компьютер, в состав которого входят системный блок с набором необходимых устройств и модулей, монитор с ЭЛТ 17", клавиатура, манипулятор типа «мышь». На РСДМ выполняются все необходимые функции по визуализации технологического процесса, расчёту дополнительных технологических параметров, архивированию и сохранению поступающей информации.

Рис. 6. Рабочая станция дежурного по машинному залу непрерывной группы клетей 500

Электропитание АСКТП осуществляется от источника бесперебойного питания фирмы APC, который обеспечивает работоспособность системы в случае кратковременного (до 15 минут) исчезновения/просадки напряжения питания, а также защиту электрооборудования при превышении питающим напряжением допустимого уровня.

АСКТП работы главных электроприводов НЗС 730/500 и электропривода летучих ножниц РПЛН-150 выполняет следующие функции:

- сбор первичной информации о таких параметрах работы электроприводов, как величина напряжения задания на угловую скорость вращения якоря, величина напряжения

задатчика интенсивности, фактическая угловая скорость вращения якоря, величина тока якорной/статорной цепи, величина тока возбуждения, величина напряжения якорной/статорной цепи, состояние коммутационной аппаратуры, состояние аварийной и предупреждающей сигнализаций и др.;

- создание эффективного интерфейса, обеспечивающего наглядное представление технологических параметров работы объекта контроля;
- представление полученной информации в реальном масштабе времени в виде числовых значений, а также в виде трендов и графиков различных цветов;
- формирование базы данных о ходе технологического процесса со сроком хранения информации по каждому из объектов не менее двух месяцев;
- формирование базы данных аварийных ситуаций со сроком хранения информации по каждому из объектов не менее одного года;
- ведение журнала событий, в котором отражается информация о времени включения/отключения приводов, срабатывания аварийной/предупреждающей сигнализаций и др.;
- подсчёт машинного времени работы главных электроприводов, времени простоя, «чистого» времени прокатки и количества прокатанных заготовок за выбранный интервал времени;
- фиксация возникновения технологических перегрузок главных электроприводов и подсчёт их количества по каждому электродвигателю;
- подготовка технологических отчётов о параметрах работы непрерывных групп клетей 730 и 500 за интересующий интервал времени;
- вывод на печать требуемой информации.

АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА

АСКТП работы главных электроприводов НЗС 730/500 и электропривода летучих ножниц РПЛН-150 реализована на базе IBM PC совместимых аппаратных средств и стандартной сетевой аппаратуры Ethernet. Учитывая достаточно жёсткие условия эксплуатации, являющиеся следствием размещения в машинном зале заготовочного стана (повышенная температура, наличие токопроводящей пыли, вибрация), для комплектации МСИ было выбрано следующее оборудование:

- промышленный микропроцессорный контроллер в составе:
- модуль центрального процессора CPU686E фирмы Fastwel,
- модуль ввода-вывода аналоговых и дискретных сигналов 5710-1 фирмы Octagon Systems,
- модуль ввода дискретных сигналов с гальванической изоляцией DI32 фирмы Fastwel,
- источник электропитания 7155 фирмы Octagon Systems,
- монтажная корзина (крейт) фирмы

Octagon Systems;

- модули гальванической изоляции и нормализации аналоговых и дискретных сигналов фирм Fastwel, Promsat, Saturn Data International;
- модули коммутаторов аналоговых сигналов AIMUX-32C фирмы Fastwel;
- источники вторичного электропитания модулей гальванической изоляции аналоговых сигналов и «сухих» контактов фирм Promsat и Saturn Data International.

Общее количество входных сигналов — 135, а общее количество параметров системы – около 300.

В каждой АСКТП предусмотрено наличие резервных каналов ввода аналоговых и дискретных сигналов, что создаёт условия для расширения функциональных возможностей этих систем.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

В качестве системного программного обеспечения АСКТП используется операционная система реального времени QNX версии 6.2.1. Для разработки графического интерфейса пользователя использованы стандартные средства QNX – графическая оболочка Photon и инструментальное средство Photon Application Builder. Базовый язык программирования – С.

Прикладное программное обеспечение (ПО) системы составляют ПО МСИ и ПО РСДМ/ЦС.

ПО МСИ включает в свой состав следующие программы: регистрации технологической информации, синхронизации времени между ЦС (локальный источник времени) и остальными узлами системы, определения наличия металла в валках и подсчёта количества прокатанных заготовок, определения технологических перегрузок главных электроприводов (для МСИ непрерывных групп клетей 730 и 500).

ПО РСДМ/ЦС включает в свой состав следующие программы: визуализации технологического процесса, просмотра и анализа технологической информации в виде графиков («Осциллограф», «Просмотр архива регистрации»), формирования и просмотра отчётных документов, просмотра журнала событий и др.

Программа регистрации технологической информации

Алгоритм работы программы регистрации технологической информации заключается в следующем: входные сигналы оцифровываются с частотой дискретизации 1000 выборок в секунду и после предварительной обработки (фильтрация, нормирование) поступают с частотой 1000 Гц в буфер FIFO аварийной регистрации и с частотой 100 Гц в буфер FIFO технологической регистрации. Данные из буфера технологической регистрации используются для непрерывного контроля за ходом технологического процесса. Данные из буфера аварийной регистрации используются в случае необходимости получения более достоверной информации о протекании электрических переходных процессов в главных электроприводах, например при аварийном отключении электропривода. Объём буфера аварийной регистрации установлен фиксированным и определяется временем записи, равным трём минутам. Имеется возможность назначать относительно момента поступления инициативного сигнала (сигнала «Авария», вырабатываемого в системе управления электроприводом при возникновении аварийного режима работы, или команды дежурного по машинному залу, вызванной производственной необходимостью) разную величину времени предыстории развития аварийного процесса. Эта величина может изменяться в пределах, соответствующих 0...100% объёма буфера. Так, например, если установлено значение 50%, то при поступлении инициативного сигнала в буфере будет формироваться 3-минутная запись, в которую включаются данные, полученные за 1,5 минуты (50% от 3 минут) до прихода инициативного сигнала, а затем в течение оставшегося времени (1,5 минуты после инициативного сигнала) дописываются вновь поступающие данные. После завершения формирования такой записи содержимое буфера аварийной регистрации считывается и сохраняется программой записи базы данных в виде отдельного файла «Авария», а также дублируется на флэш-диске контроллера.

Программа визуализации хода технологического процесса

На рис. 7 представлен внешний вид окна программы визуализации технологического процесса непрерывной группы клетей 500.

Рис. 7. Внешний вид окна программы визуализации технологического процесса непрерывной группы клетей 500

В верхней части окна находится панель главного меню. Под ней расположены панель инструментов, содержащая названия и пиктограммы прикладных программ, а также панель с клавишами быстрого доступа к окнам визуализации объектов системы и с полем для отображения информации о текущей дате и времени. Ниже и левее выводится календарь текущего месяца. Правее календаря находится поле для вывода текущих сообщений системы, где в колонке «Тип» отображается графический символ события, в колонке «Дата» записывается время возникновения события, а в колонке «Событие» выводится текст сообщения. Ниже списка событий расположено изображение технологического оборудования НЗС – прокатных клетей, валки которых при работающих приводах изображаются вращающимися. Наличие металла в валках непрерывной группы клетей отображается посредством анимации перемещения раската. Под изображением каждой клети выводится информация о текущем состоянии электропривода, которая представлена в виде индикаторов состояния, изменяющих свой цвет и название. Ещё ниже размещены индикаторы значений основных энергосиловых параметров главных электроприводов и сигналов управления: величина тока в якорной цепи, напряжение на якоре, скорость вращения якоря, величина тока возбуждения, напряжения задания на скорость вращения и задатчика интенсивности.

В самой нижней части окна расположена строка статуса, в которой указано наименование объекта регистрации.

Программы просмотра и анализа графической информации

Отображение регистрируемых и расчётных технологических параметров в виде графиков в режиме реального времени осуществляется при помощи программы «Осциллограф».

На рис. 8 представлен внешний вид окна программы «Осциллограф» непрерывной группы клетей 730.

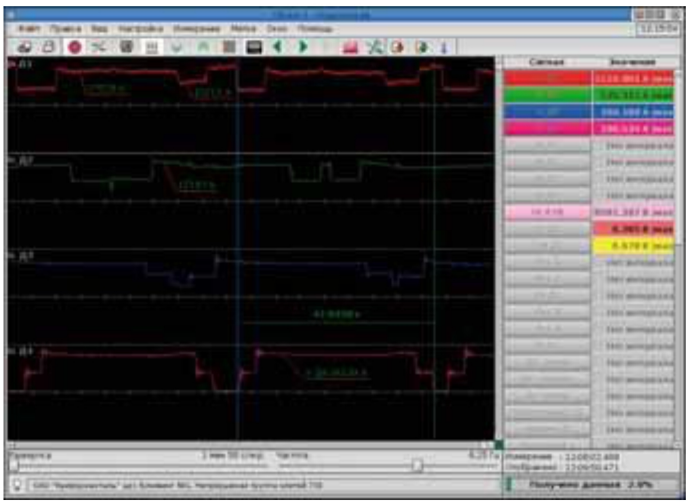


Рис. 8. Внешний вид окна программы «Осциллограф» непрерывной группы клетей 730

В правой части окна расположен полный список регистрируемых сигналов. В столбце «Сигнал» отображаются краткие наименования, а в столбце «Значение» – текущие значения регистрируемых сигналов. Цвет строки списка соответствует цвету графика сигнала. В верхней части окна размещены кнопки управления (слева направо): «Выбор объекта»,

«Печать окна», «Остановить/продолжить отображение графиков», «Направление движения отображаемых графиков», «Во весь экран», «На одну ось/на отдельные оси», «Увеличить/уменьшить количество отображаемых графиков в окне» (кнопки активизируются при выборе режима отображения графиков «На отдельные оси»), «Масштабная сетка вкл./откл.»,

«Измерение», «Пошаговое перемещение измерителя влево/вправо», «Перемещение измерителя по указателю манипулятора мышь», «Спектральный анализ», «Настройка», «Сохранить конфигурацию», «Загрузить конфигурацию», «Инфо». В нижней части окна расположены 2 регулятора: «Развертка» и «Частота».

Ретроспективный просмотр и анализ зарегистрированной информации за интересующий интервал времени осуществляется при помощи программы

«Просмотр архива регистрации». Интерфейс данной программы аналогичен интерфейсу программы «Осциллограф».

Программы просмотра и анализа графической информации позволяют выполнять следующие операции:

- выбор требуемого интервала времени и количества отображаемых сигналов (до 63 сигналов в одном окне);
- выбор направления отображения графиков сигналов (справа налево или слева направо);
- сохранение и загрузку одной из 10 конфигураций (список сигналов, цвета графиков) отображения графиков сигналов;
- включение/отключение масштабной сетки;
- изменение масштаба отображаемых сигналов по оси времени (развёртки) и частоты вывода сигналов от 0,05 до 1000 Гц;
- индивидуальное изменение масштаба вывода сигнала по оси значений от 0 до 1000%;
- наложение выбранных сигналов на одну ось;
- изменение цвета графиков отображаемых сигналов;
- измерение временных интервалов между событиями;
- измерение мгновенных и среднеквадратических значений отображаемых сигналов;

● расчёт максимального и минимального значений выбранных сигналов на указанном интервале;

● расчёт скорости изменения (d/dt) отображаемых сигналов;

● ввод и сохранение комментариев к графикам (временные интервалы, числовые значения сигналов в интересующих точках графиков и т.д.);

● вывод на печать сформированной карты сигналов.

Программы формирования и просмотра отчётных документов

Эти программы позволяют выполнить автоматизированный расчёт числовых значений технологических параметров по каждому из объектов за интересующий интервал времени и сформировать отчётные документы в удобной для визуального восприятия форме.

Программа формирования и просмотра технологических отчётов

В технологическом отчёте содержится следующая информация:

● наименование объекта,

● интервал времени, за который составлен отчёт,

● количество прокатанных заготовок,

● машинное время работы/простоя объекта и «чистое» время прокатки,

● количество пусков главных электроприводов объекта,

● количество перегрузок главных электроприводов и срабатываний аварийной сигнализации,

● среднеквадратические значения параметров работы главных электроприводов.

Сформированный технологический отчёт может быть распечатан на принтере.

Программа формирования и просмотра отчётов по заготовкам

В отчёте по заготовкам содержится следующая информация:

● наименование объекта,

● интервал времени, за который составлен отчёт,

● количество прокатанных заготовок,

● дата и время начала прокатки заготовки, время нахождения металла в валках, среднеквадратические значения энергосиловых параметров электропривода при прокатке. Сформированный отчёт по заготовкам может быть распечатан на принтере.

Программа формирования и просмотра статистических отчётов

В статистическом отчёте содержится следующая информация:

● наименование объекта,

● интервал времени, за который составлен отчёт,

● количество прокатанных заготовок,

● среднее, минимальное и максимальное значения энергосиловых параметров электропривода при прокатке, среднеквадратическое отклонение и дисперсия выборки, а также коэффициент использования электродвигателя по току. Сформированный статистический отчёт может быть распечатан на принтере.

Программа просмотра журнала событий

Данная программа предназначена для облегчения поиска интересующего события, уточнения времени возникновения события и т.д. и позволяет производить следующие операции:

● открыть базу данных журнала событий за указанный интервал времени,

● сортировать информацию по событиям,

● распечатать результаты обработки информации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные аппаратные и программные средства послужили базой для создания надёжной и удобной в эксплуатации системы контроля за ходом технологического процесса прокатки металла и анализа аварийных/нештатных ситуаций.

По сравнению с существующими средствами контроля данная система имеет следующие преимущества:

- за счёт расширенного числа контролируемых сигналов и удобной для восприятия формы представления информации о технологических параметрах работы главных электроприводов улучшены условия и созданы предпосылки для повышения производительности труда оперативно-технического персонала прокатного стана;
- обеспечен непрерывный контроль технологического процесса прокатки в едином масштабе времени, что позволяет объективно выявить нарушения в ходе технологического процесса и ускорить приём адекватных решений по их устранению;
- упрощается процедура настройки прокатного стана при текущей эксплуатации, а также при отработке технологических процессов прокатки для новых марок стали, новых калибровок прокатных валков и режимов обжатий;
- сокращается время поиска причин возникновения неисправностей и принятия решений по их устранению при авариях в электрических цепях главных электроприводов, соответственно уменьшается время непроизводительных простоев технологического оборудования;
- обеспечивается возможность восстановления хода событий, которые предшествовали поломкам и отказам механического и электрического оборудования;
- производятся протоколирование событий и накопление информации о технологических параметрах работы главных электроприводов в штатных режимах эксплуатации и при возникновении аварийных ситуаций (с повышенной частотой дискретизации) в виде графиков сигналов, а также расчёт и сохранение среднеквадратических значений технологических параметров работы главных электроприводов при прокатке каждого слитка с выполнением автоматизированного статистического анализа данной информации.

АСКТП работы главных электроприводов НЗС 730/500 и электропривода летучих ножниц успешно прошла приёмочные испытания и метрологическую аттестацию измерительных каналов, проведённую метрологическим центром ОАО КГМК «Криворожсталь». Получены свидетельства об аттестации, и система внедрена в промышленную эксплуатацию в качестве средства измерения.

10 Контроль порезки слитков на блюминге

Авторы статьи: Игорь Иерусалимов, Юрий Карфидов, Александр Литвинов

В статье описана система контроля порезки слитков на блюминге. Система основана на использовании оптических корреляционных измерителей скорости для контроля положения слитка перед порезкой. Рассказано о сетевых возможностях системы и её интеграции с системами учёта и мониторинга производства.

В металлургическом производстве технология прокатки слитков на блюмингах считается довольно традиционной и поэтому не слишком привлекала внимание разработчиков контрольно-измерительных систем. Одной из операций, производимых над слитком, является его порезка на заготовки-блюмы, а также отрезание дефектных головного и донного участков. С точки зрения разработчиков измерительных систем условия здесь тяжёлые: старые производственные площадки с наличием большого количества пыли и пара, а также старое и сильно изношенное оборудование, для которого характерна сильная болтанка слитков, особенно в поперечном направлении. До настоящего времени требования к точности порезки слитка на блюминге были невысокие. Однако современные тенденции управления производством потребовали включения в автоматизированные системы практически всех производственных участков, в том числе и блюминга. Дополнительно возросли требования к снижению ненормативной обрези при порезке. Всё это определило поиск новых технических решений.

Ножницы горячего реза блюминга

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Для точной порезки слитков на заготовки требуется предоставить резчику информацию о текущем положении слитка относительно ножниц. Для этого на рольганге обычно устанавливаются специальные метки, служащие ориентирами остановки слитка при выбранной длине порезки. Ориентируясь по этим меткам, оператор производит порезку слитка. Однако при такой системе слишком велико влияние квалификации оператора на точность раскроя слитков. Более того, при частых сменах планов раскроя слитков и при высоком темпе проката вероятность ошибок со стороны резчика возрастает.

Одним из решений проблемы является использование специализированных телевизионных систем. Пример реализации такой системы хорошо изложен в работе [1].

Её принцип основан на получении на экране компьютера цифрового изображения горячего слитка. Для точного позиционирования слитка относительно линии реза изображение с телекамеры программно совмещают с предварительно формируемой координатной сеткой. Разумеется, такая система значительно облегчает работу оператора, однако она не позволяет в полной мере решить задачу автоматизированного учёта порезки блюмов.

СПОСОБ РЕШЕНИЯ

При разработке системы контроля порезки были использованы оптические корреляционные измерители собственной разработки. Такой измеритель представляет собой цифровую стереокамеру с линейными матричными фотоприёмниками. Один из каналов камеры определяет перемещение объекта в относительных единицах. Используя информацию от второго канала, определяют расстояние до объекта, и в результате перемещение изображения преобразуется в реальное перемещение объекта. Подобные измерители используются для слежения за скоростью и длиной слитка при разливке стали на машинах непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) [2, 3]. Скорости продвижения слитка на МНЛЗ невелики, обычно это 0,01…0,05 м/с, поэтому реализация корреляционного измерителя для такого перемещения не встретила особых трудностей. Однако на блюминге скорость слитка может достигать 2,5…3,0 м/с, поэтому в данном случае для корреляционного измерителя потребовалась доработка алгоритмов слежения за положением проката.

Корреляционный принцип измерения надёжно работает в процессе слежения за перемещением проката, однако имеются трудности при обнаружении объекта. Речь идёт о том, что необходимо точно определить положение слитка при его появлении в поле зрения оптического измерителя. Но в моменты времени, когда край слитка начинает продвигаться мимо измерителя, корреляционный принцип измерения не даёт точного определения абсолютного положения края слитка. Это связано с очень сильным изменением характера получаемых изображений объекта: происходит резкое изменение амплитуды видеосигналов, а также имеют место блики и засветки от бортов направляющих рольгангов. В металлургии эту проблему решают путём размещения специальных барьерных датчиков, при срабатывании которых производят корректировку показаний оптических измерителей. Однако в настоящей работе был применён другой подход.

Оптический измеритель непрерывно анализирует уровень сигнала на своих матричных фотоприёмниках. В случае если уровень сигнала меньше некоторого значения, измеритель переходит в режим поиска края горячего слитка. Режим поиска края заключается в проведении управляющей программой анализа формы видеосигнала с одного из матричных фотоприёмников. На рис. 1 схематически показана ситуация, когда край горячего слитка входит в поле зрения измерителя. Форма видеосигнала представлена на рис. 2.

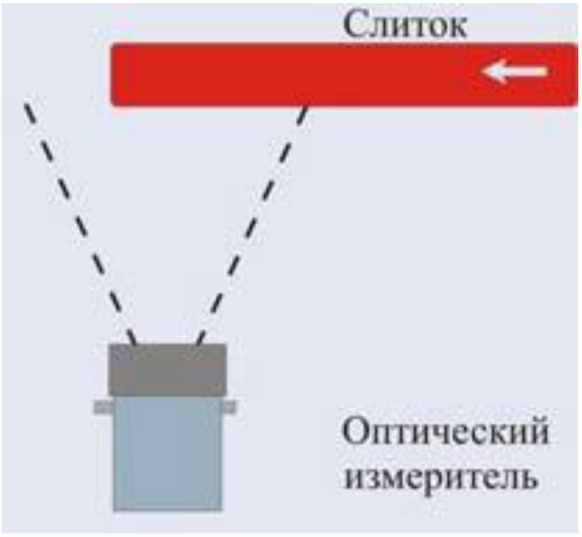


Рис. 1. Вхождение края слитка в поле зрения измерителя

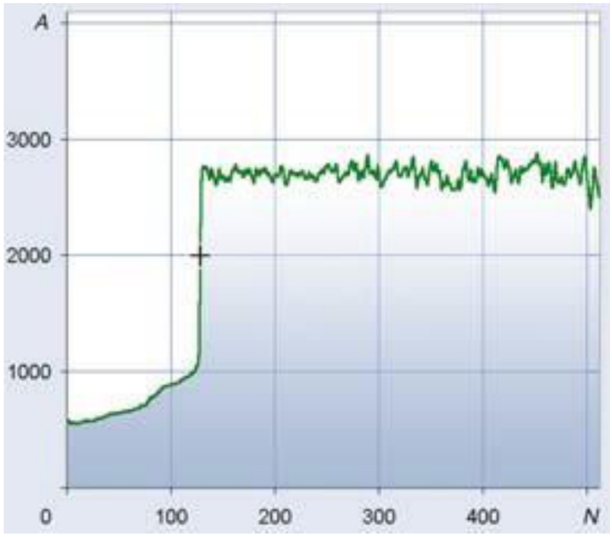


Рис. 2. Видеосигнал от края слитка

По оси абсцисс графика отложены координаты (N) в пикселах матрицы фотоприёмника, а по оси ординат – соответствующие значения амплитуды сигнала (A). Для определения пиксельной координаты края слитка производится анализ второй производной огибающей видеосигнала. Пиксельная координата, в которой вторая производная имеет значение нуля, принимается за координату края слитка. На рис. 2 маркером обозначена точка, соответствующая краю горячего слитка.

Такой способ обнаружения края позволил отказаться от применения барьерного датчика для инициализации измерений положения слитка. Дополнительный программный анализ изображения края позволил убрать оптические помехи, связанные с бликами и посторонними засветками.

После обнаружения края слитка и расчёта его положения относительно рольганга измеритель переходит в режим слежения за продвижением слитка по корреляционному алгоритму. При этом в зависимости от светимости слитка измеритель автоматически регулирует экспозицию фотолинеек для получения оптимального уровня видеосигнала.

Дополнительной трудностью при использовании оптического измерителя явилось наличие окалины на поверхности слитка. Причём самое неприятное заключается в том, что в процессе движения слитка окалина интенсивно и совершенно непрогнозируемо осыпается с его поверхностей. Визуально это напоминает хаотические оптические помехи при наблюдении объекта и приводит к тому, что корреляционный алгоритм в таких условиях даёт недостоверные значения перемещения объекта. Для парирования такого рода сбоев алгоритм расчёта был дополнен функцией слежения за монотонностью скорости. При обнаружении резкого скачка величины текущей скорости измеритель начинает выдавать экстраполированное значение скорости по заранее определённому закону (например, линейному), и это продолжается до тех пор, пока не восстановится монотонность измеряемой скорости или не исчерпается некоторый заданный интервал времени.

Подобные методы повышения надёжности измерения скорости хорошо себя зарекомендовали как при испытаниях, так и в процессе промышленной эксплуатации. Благодаря принятым мерам достоверность измерений не опускалась ниже 95% независимо от наличия окалины на слитке.

На рис. 3 показана типичная временная зависимость скорости слитка при его порезке. Можно видеть, что оптический измеритель подробно регистрирует все изменения скорости при неоднородном движении слитка.

На рис. 4 приведена временная зависимость положения слитка относительно ножниц.

Технические характеристики оптического измерителя приведены в табл. 1.

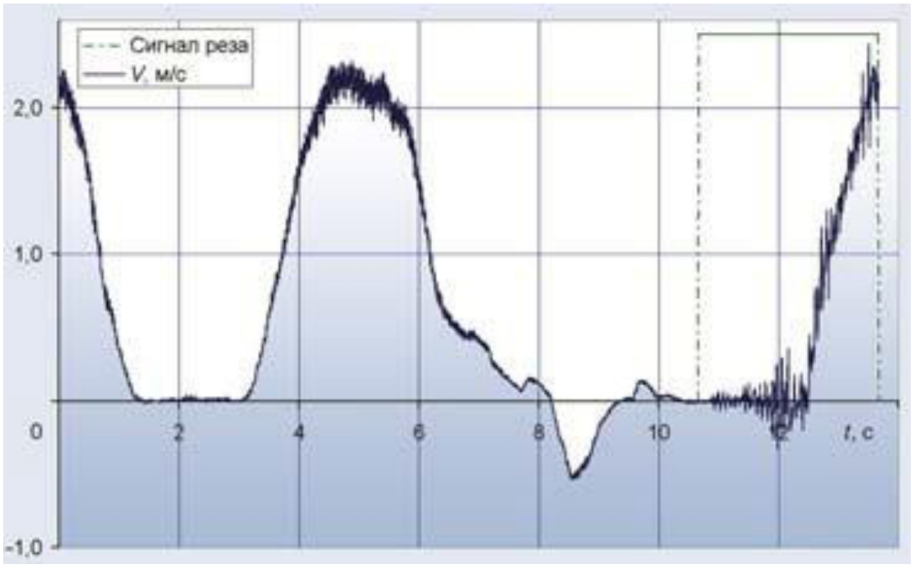


Рис. 3. Временная зависимость скорости слитка

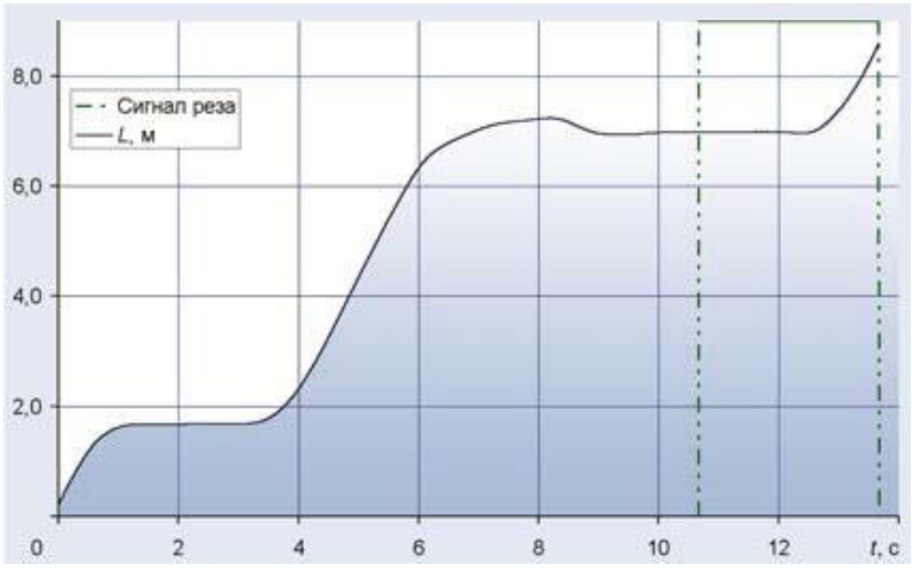


Рис. 4. Временная зависимость положения слитка относительно ножниц

Таблица 1 Технические характеристики оптического измерителя

Диапазон допустимых скоростей	от –3.0 до +3.0 м/с
Расстояние до слитка	2000…2500 мм
Допустимое изменение расстояния	до 600 мм
Погрешность измерения текущей	0.20%
Погрешность измерения скорости	1%
Темп выдачи информации	100 раз в секунду
Интерфейс связи	RS-485

СОСТАВ СИСТЕМЫ

Оптический измеритель располагался вблизи подающего рольганга на расстоянии 2 м от проката, как показано на рис. 5. Дополнительных мер по принудительному охлаждению корпуса или очистке оптики измерителя в процессе промышленной эксплуатации не потребовалось. Калибровка измерителя производилась предварительно в лаборатории, поэтому после монтажа потребовалось ввести в систему только расстояние

от его оптической оси до линии реза слитка. Большой допустимый диапазон изменения расстояния до слитка существенно облегчил размещение измерителя вблизи рольганга.

Рис. 5. Расположение оптического измерителя относительно подающего рольганга

В качестве встроенного компьютера измерителя использовалась процессорная плата PCM-3350 (фирма Advantech), выполненная в формате PC/104. Программное обеспечение оптического измерителя функционировало в операционной системе MSDOS, которая позволила реализовать режим «жёсткого» реального времени. Данные передавались по интерфейсу RS-485 с темпом 100 информационных телеграмм в секунду. В каждой информационной телеграмме содержались данные о текущем положении переднего края слитка относительно измерителя, а также текущие значения скорости слитка и его бокового смещения.

Следует отметить, что обработка изображений и расчёт координат продвижения слитка производятся внутри оптического измерителя. В интерфейс выдаются уже готовые, не нуждающиеся в дополнительной обработке данные о текущем положении слитка относительно линии реза. Таким образом, весь «интеллект» полностью сосредоточен на нижнем уровне системы. Задачей потребителей информации остаётся лишь её отображение.

Благодаря такой глубокой начальной обработке данных структура системы получилась довольно простой. На рис. 6 приведена общая схема измерительной системы. Для организации связи между измерителем и постом оператора по интерфейсу RS-485 применялся конвертер интерфейса I-7120. В промышленном компьютере, размещённом на посту оператора-резчика, использована процессорная плата ROCKY-512 (ICP) с установленным процессором GX1/300 МГц. В корпусе компьютера PAC-106 (ICP) размещался блок питания NLP65 (Artesyn Technologies). Благодаря применению процессора с малым тепловыделением вентиляторов для охлаждения не потребовалось.

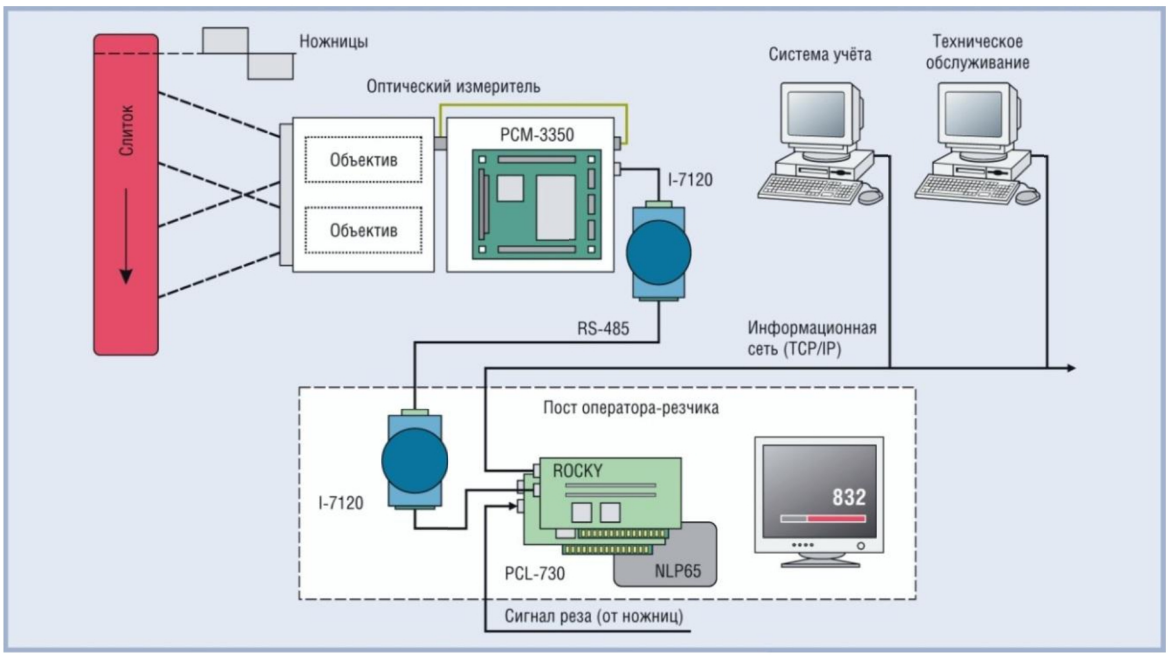


Рис. 6. Структурная схема измерительной системы

В приведённой на рис. 6 структуре системы информация, полученная от оптического измерителя, выдаётся на компьютер оператора-резчика. На дисплее отображается координата переднего края слитка относительно линии реза ножниц. Ориентируясь по значению этой координаты, оператор производит порезку слитка на заготовки-блюмы требуемой длины. Для регистрации факта порезки сигнал реза от ножниц подаётся через плату дискретного ввода PCL-730 (Advantech) в компьютер, где в локальной базе данных создаётся новая запись о времени порезки, длине блюма и его порядковом номере. Программное обеспечение компьютера резчика реализовано в операционной среде Linux. Это позволило организовать в реальном времени как отображение информации для резчика, так и её передачу в систему учёта и мониторинга проката верхнего уровня.

Передача информации в локальную сеть осуществляется по протоколу TCP/IP. Каждый пользователь, подключённый к сети, имеет возможность в реальном времени получать информацию и в буквальном смысле наблюдать за порезкой слитка. Это важно для технического обслуживания как системы, так и самого оптического измерителя. Кроме информации о длине слитка, в сеть передаются текущие параметры измерителя: уровни сигналов, максимальное и минимальное значения экспозиции на матричных фотоприёмниках. Ориентируясь по этим значениям, в процессе эксплуатации системы можно делать заключения об исправности оптического измерителя, а также о необходимости и срочности его технического обслуживания. На рис. 7 показан вид окна программы - клиента для наблюдения за работой системы.

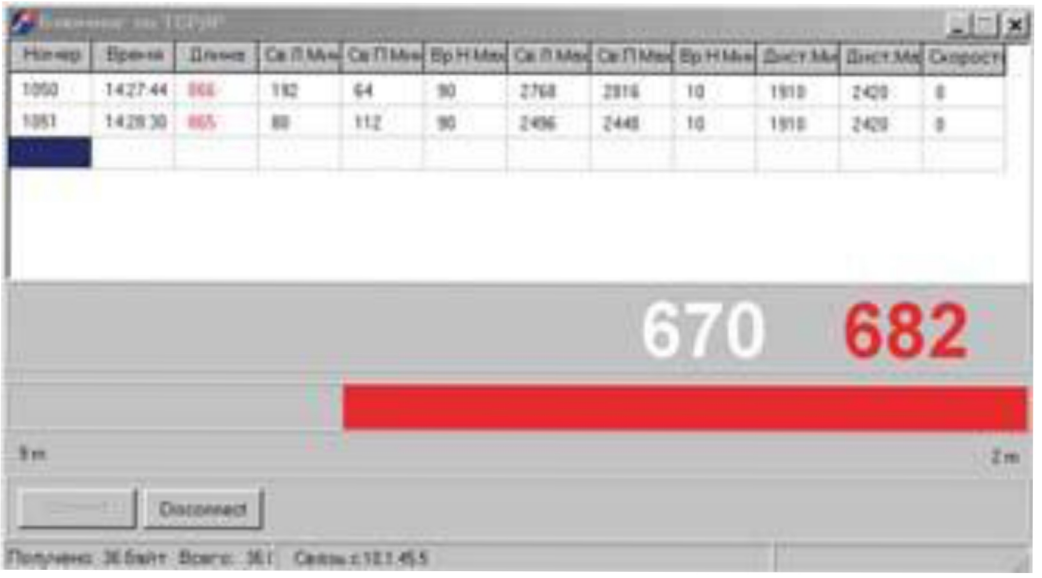


Рис. 7. Окно программы-клиента для наблюдения за работой системы

ИНТЕГРАЦИЯ С СИСТЕМОЙ УЧЁТА ПРОИЗВОДСТВА

Информационная сеть соединяет компьютер оператора с сервером системы учёта. Данные о текущей порезке в реальном времени поступают в систему цехового учёта. Существующая в этой системе информация о плавках, марках стали и заказах соотносится с текущими результатами порезки. Полученные данные выводятся в систему общего мониторинга производства в той части, которая касается прохождения металла через ножницы блюминга.

На рис. 8 показан экран рабочей программы-клиента системы мониторинга цеха. Состояние участков цеха и производственные потоки показаны в виде мнемосхем. Как правило, информация в систему учёта вводится персоналом вручную. В то же время растёт доля информации, поступающей от автоматизированных измерительных систем, в том числе и от оптического измерителя. На мнемосхеме, приведённой на рис. 8, отмечен участок ножниц блюминга, где расположен измеритель. При выборе этого участка мышью или с помощью клавиатуры на экране формируется таблица текущей порезки слитков на блюмы (на рис. 8 таблица тоже приведена). Данные таблицы обновляются в реальном времени и соответствуют темпу проката. При этом на экран выводится информация о дате, времени и длине порезки.

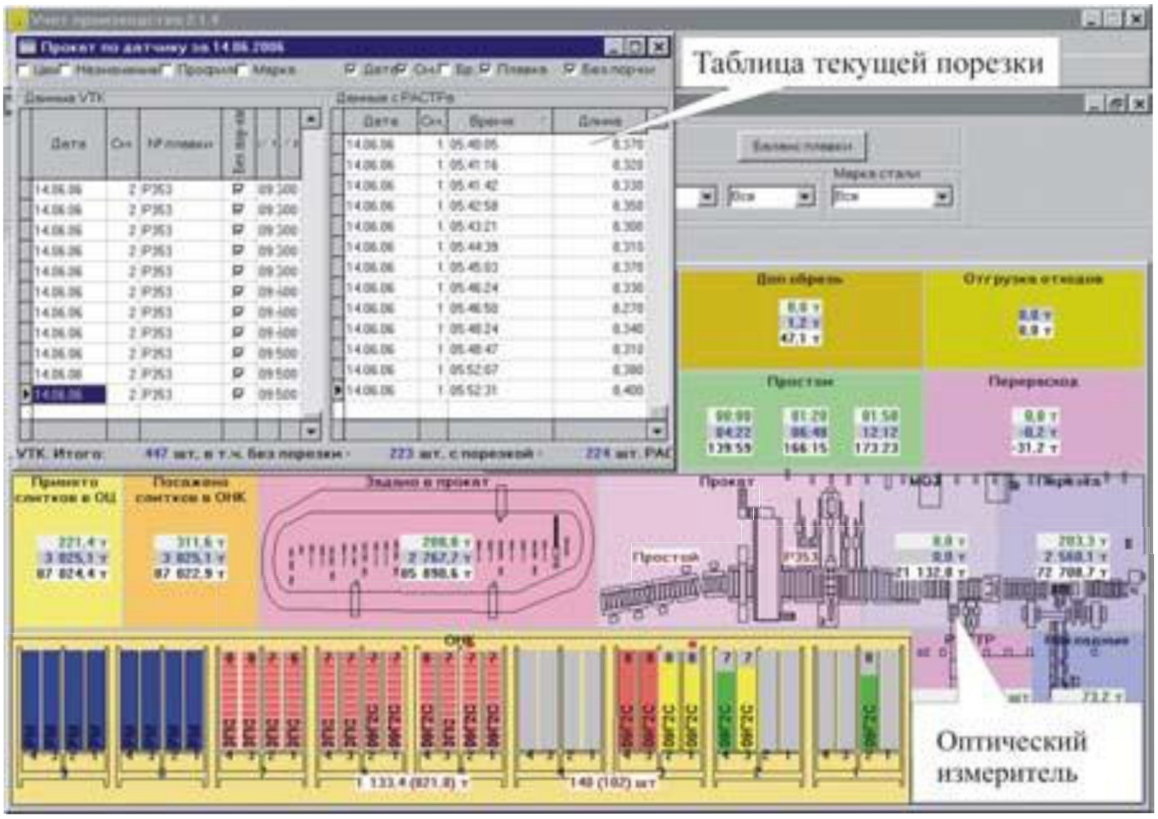


Рис. 8. Экран программы-клиента системы мониторинга цеха

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Система находится в постоянной эксплуатации более 2 лет. Ежегодно производится метрологическая аттестация. Средняя достоверность измерений составила 95%, этого оказалось достаточно, чтобы на основе оптических корреляционных измерителей производить порезку слитков на блюминге.

Интеграция измерительной системы с системой учёта производства позволила ввести в мониторинг проката реальный (и полностью автоматизированный) источник информации о текущей порезке слитков.

Экономический эффект от внедрения измерительной системы составил около 350 тысяч рублей.

Успешное применение оптических корреляционных измерителей на блюминге позволило развивать дальше это направление. В настоящее время закончена разработка и ведётся опытная эксплуатация системы на основе оптического измерителя с более высокими скоростными характеристиками, соответствующими диапазону скоростей металлургического проката до 8 м/с.

11 Автоматизированная система управления реверсивным прокатным станом 400

Авторы статьи: 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 клети с валками, в состав стана входят главный электропривод, его трансмиссия, электромеханическое нажимное устройство (ЭНУ), гидравлическое нажимное устройство (ГНУ), механизм перевалки валков, механизм уравновешивания 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 клети и редуктора. Все механические элементы стана контролируются системой управления. Общий вид прокатного стана 400 показан на рис. 1.

Рис. 1. Общий вид прокатного стана

Заготовка вручную укладывается на проводку перед клетью, подведённую к валкам. После ручного центрирования заготовки линейками оператор включает толкатель перед клетью на перемещение к клети, заготовка перемещается, захватывается валками, происходит прокатка в первом пропуске. Оператор включает механизм перемещения толкателя, он отводится от клети 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 введённым 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 гидросистеме управления цилиндрами использованы пропорциональные клапаны (сервоклапаны) фирмы Duplomatic с интерфейсом 4...20 мА. Для размещения аппаратуры выбраны шкафы и пульты управления фирмы Rittal. Структурная схема АСУ ТП прокатного стана 400 представлена на рис. 2.

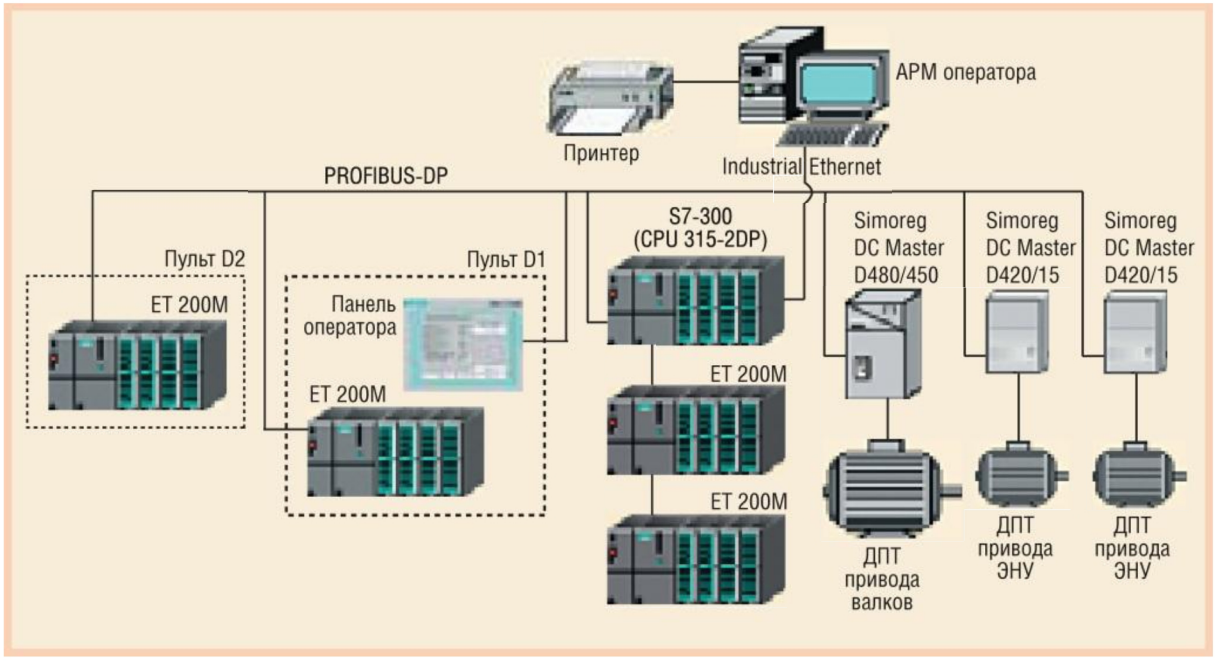


Рис. 2. Структурная схема АСУ ТП прокатного стана 400

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

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 видеокадрах 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 программировал контроллер и панель оператора, другой (автор статьи) — компьютер АРМ со всеми его задачами. На объекте внедрения пуск и наладка 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 клети 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 клети 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 «толчка» 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 видеокадров. На рис. 3 показан один из них. Переход между видеокадрами осуществляется с помощью виртуальных кнопок «Вперёд», «Назад». При включении панели появляется основной видеокадр «Меню». С него можно перейти на любой другой видеокадр. 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: регулирование либо по положению, либо по усилию прокатки. Для регулируемых приводов на видеокадрах 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 окно сообщений, которое отображается «поверх» остальных окон. Журнал аварий отображается на соответствующем видеокадре. Можно просмотреть все аварии или аварии только при текущей прокатке.

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

ОПИСАНИЕ РАБОТЫ АРМ

Компьютер АРМ служит для выполнения следующих задач:

- 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;
- визуализация основных технологических параметров на видеокадрах 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 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 видеокадров SCADA, выводимых на экран компьютера АРМ.

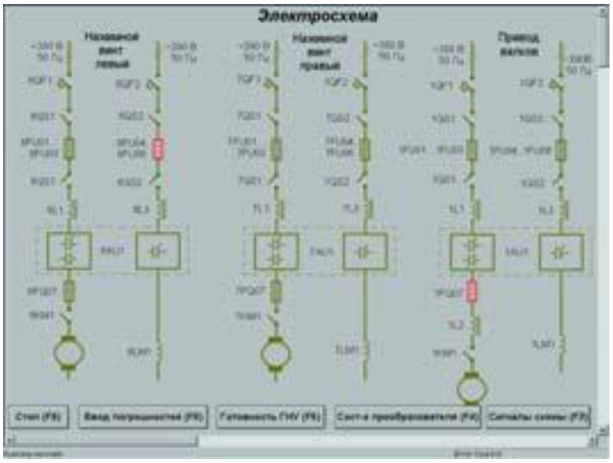


Рис. 4. Видеокадр «Электросхема», выводимый на экран компьютера АРМ

Рис. 5. Видеокадр «Состояние преобразователя», выводимый 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 видеокадров 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.