

АСУ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

А.В. УВАРОВ (компания ДЭП)

ДЕКОНТ в металлургии

Рассматриваются варианты структур АСУТП для различных типов ТОО в металлургии. Сформулирована постановка задачи управления такого рода объектами с использованием комплекса ДЕКОНТ. Приводится описание АСУТП "Агломашина".

The variants of automated control system structures for various types of process control objects in metallurgy are considered. The task of controlling such objects using the DECONT system is set. The Aglomachine process control system is described.

АСУТП в различных отраслях металлургического производства при всем их многообразии содержат, в основном, однотипные подсистемы контроля и регулирования. Такие подсистемы составляют подавляющую часть от общего количества подсистем в металлургии [1]. Дальнейший анализ показывает, что с точки зрения теории регулирования динамические характеристики подавляющего множества ТП в металлургии являются сходными.

Наиболее характерные примеры таких подсистем – это подсистемы регулирования температуры и давления в тепловом агрегате (например, в домне), давления газа, воздуха и воды, расхода массопотоков и их соотношения.

Приведем характерные примеры.

АСУТП аглопроизводства содержит подсистемы:

- регулирования температуры горна по зонам;
- соотношения газ-воздух по зонам давления в горне;
- влажности аглошихты.

АСУТП доменного производства включает подсистемы:

- регулирования расхода газа по фурмам;
- регулирования температуры купола;
- регулирования соотношения газ – воздух;
- регулирования давления в печи;
- регулирования давления в газовой сети;
- регулирования влажности дутья.

АСУТП нагрева металла перед прокаткой содержит подсистемы:

- регулирования температуры по зонам;
- регулирования соотношения газ – воздух по зонам;
- регулирования давления под крышкой колодца.

Список подобных подсистем можно продолжать еще достаточно долго. Их информационная основа содержит традиционный для металлургии набор регулируемых и контролируемых параметров, алгоритмически реализованных в виде одноканальных контуров автоматическо-

го регулирования. Основной задачей такого контура (подсистемы) является поддержание задаваемой величины технологического параметра с требуемой точностью при соблюдении определенного характера переходных процессов при типовых (наиболее часто происходящих) возмущениях.

Современные условия функционирования производства предполагают, что подсистема должна также обеспечивать обмен информацией с соседними подсистемами и системами верхнего уровня для обмена данными о задаваемой и текущей величине регулируемого параметра. Однако аппаратная реализация таких подсистем на множестве предприятий осуществлялась еще в 70-80-х гг. прошлого века. Как следствие – значительное моральное устаревание и почти полный физический износ упомянутых средств (еще советской) автоматики в настоящее время делает практически невозможным ее безболезненную интеграцию в современные цифровые системы управления.

До настоящего времени на практике типовой реализацией подобных подсистем является ПИД регулятор, обеспечивающий при определенных условиях требуемое качество ТОО. Точность регулирования, характер переходных процессов при типовых возмущениях процесса и его динамических характеристики определяются в значительной степени коэффициентами алгоритма регулирования (настройками регулятора).

Выбор типа регулятора (алгоритма регулирования) и его настроек определяется следующими факторами:

- требуемым качеством регулирования или характером переходного процесса при компенсации типовых (наиболее часто встречающихся) возмущений; на практике в металлургии рассматриваются три основных типа процесса регулирования: апериодический с минимальным временем регулирования; с 20 %-ым перерегулированием и минимальным временем первого полупериода колебаний; с минимальной квадратичной площадью;

- динамическими характеристиками объекта – т.е. зависимостью выходной величины регулируемого параметра от изменения входной величины при типовых возмущениях.

Как известно [1], динамические характеристики объекта, в основном, оцениваются такими параметрами как время запаздывания τ , постоянная времени T_0 и коэффициент передачи K . Указанные параметры характеризуют переходный процесс выходной величины (кривую разгона), вызванный однократным и скачкообразным возмущением на входе. Возможность оценки динамических свойств объекта такими параметрами обусловлена тем, что с достаточной точностью можно аппроксимировать сложные объекты как последовательное включение нескольких элементарных звеньев – звена чистого запаздывания и апериодического звена [1].

Анализ показывает, что для большинства ТП в металлургии динамические характеристики являются сходными и, в основном, определяются характеристиками контролируемых датчиков, которые, будучи установленными в “представительные” точки объекта, отражают ход и динамику регулируемого процесса.

Так, динамические характеристики объекта по каналу температуры определяются датчиком:

- в случае использования термодары в алундовом и карбофраковых чехлах запаздывание равно приблизительно 15-20 с, постоянная времени 60 – 100 с;
- при использовании радиационного пирометра – запаздывание 1-3 с, а постоянная времени 15-20 с.

Контроль расходов (через диафрагму) и давлений газа, пара, воды осуществляется манометрами, имеющими запаздывание 0,5 -2 с, постоянную времени 3 -5 с. Опыт показывает, что для большинства процессов металлургии отношение величины запаздывания τ к постоянной времени T_0 меньше единицы, а часто именно по этому соотношению выбирают настройки регуляторов. Таким образом, можно утверждать, что во многих случаях датчики величин технологических параметров металлургических агрегатов, устанавливаемые в представительных точках отбора, определяют динамику процессов регулирования.

Постановка задачи

Возможности ПО комплекса ДЕКОНТ позволяют устанавливать настройки практически любого из рассматриваемых выше контуров по критериям необходимого характера переходного процесса – аperiodического, с 20 %-ым перерегулированием или с минимальной площадью отклонения.

Интересно, однако, рассмотреть ситуацию использования одного контроллера ДЕКОНТ для регулирования нескольких параметров (нескольких контуров) и оценить количество параметров, регулирование которых возможно с использованием одного контроллера с соблюдением требуемого качества.

На практике [2] стандартные цифровые регуляторы, работающие с небольшим числом контуров управления (от 8 до 16), используют фиксированную частоту выборки порядка долей секунды. Количественная оценка требуемого такта цифрового регулятора для управления интересующими нас металлургическими процессами дает величину порядка 0,5-1с [3].

Таким образом, требовалось оценить возможность использования контроллера ДЕКОНТ-182, доукомплектованного необходимым числом модулей ввода/вывода, в качестве многоканального регулятора. В нашем случае для одного

контра требуется один канал аналогового ввода и два канала дискретного вывода (для управления типа широтно-импульсная модуляция – ШИМ).

Для 8 контуров регулирования получаем:

- один модуль типа AIN8 (каждый модуль – 8-канальный аналоговый ввод);
- два модуля типа DOUT8-R07 (каждый модуль – 8-канальный дискретный вывод).

Для 16 контуров регулирования получаем:

- два модуля типа AIN8 (каждый модуль – 8-канальный аналоговый ввод);
- четыре модуля типа DOUT8-R07 (каждый модуль – 8-канальный дискретный вывод).

Усложним задачу. Часто в современных системах требуется транзитная передача технологических данных на верхний уровень (например, задачи технического учета энергоресурсов или оперативный диспетчерский контроль). В наших моделях контроллер будет собирать данные с дополнительных аналоговых и дискретных сигналов и передавать их на верхний уровень (в ПЭВМ) по локальной технологической сети. Отдельно отметим, что каждый такт на верхний уровень передаются также измеренные текущие значения регулируемых технологических параметров (8 или 16 аналоговых значений с ПИД регуляторов).

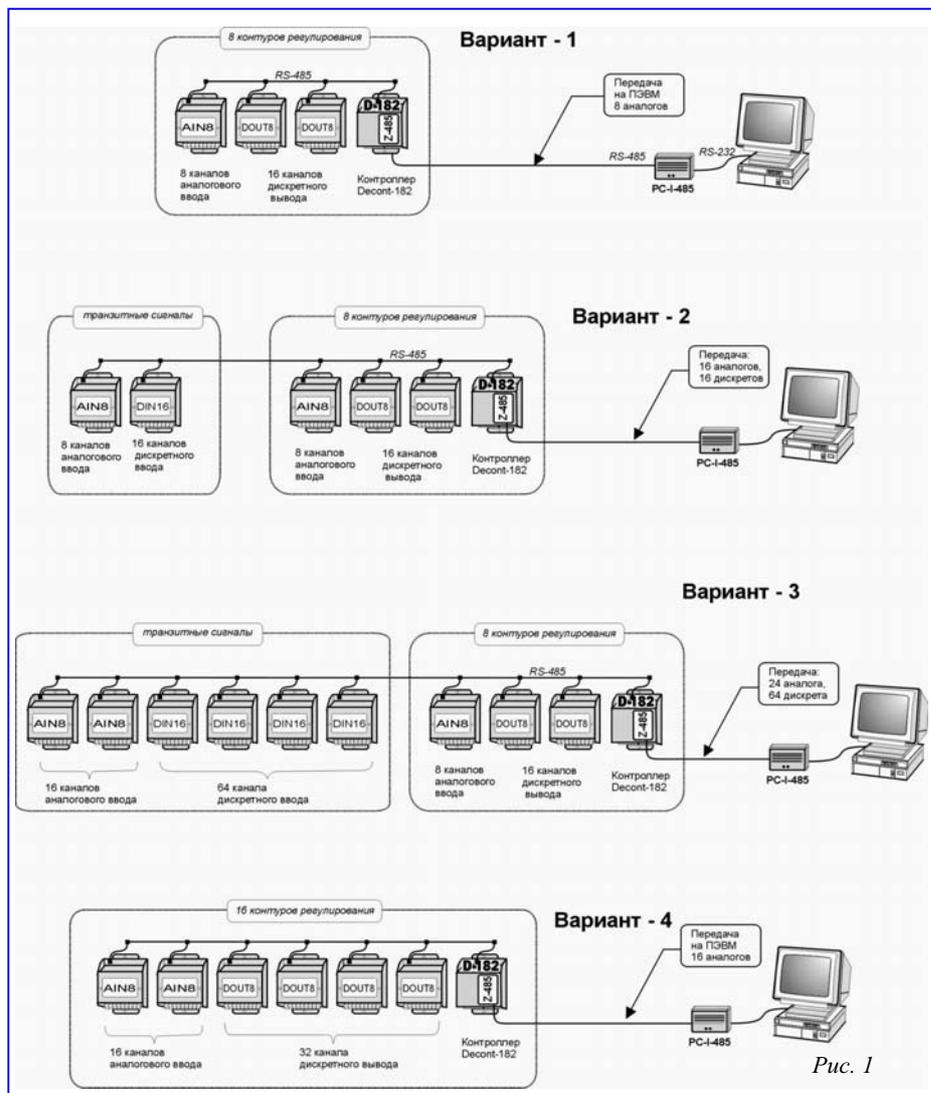


Рис. 1

Контроллер ДЕКОНТ-182 как 16-канальный регулятор

Итак, для оценки производительности контроллера в качестве многоканального регулятора испытывались 7 вариантов конфигурации системы. Конфигурации этих вариантов показаны на рис. 1 и 2. *Вариант 1* – простейший случай 8-канального регулятора. *Вариант 7* – “пределный” случай 16-канального регулятора, дополнительно нагруженного максимальным (в контексте данной статьи) объемом транзитной передачи данных.

Производительность контроллера оценивалась с помощью встроенной в ПО контроллера функции, позволяющей вычислять время простоя процессора. Например, если выбран такт управления 1 с, и на каждом такте процессор “вхолостую” работает 0,5 с, то все системные и прикладные программы (в том числе и ПИД регуляторы) занимают оставшиеся полсекунды процессорного времени каждого такта. Удобно ввести количественный параметр, косвенным образом отражающий производительность контроллера – процент свободного процессорного времени контроллера P :

$$P[\%] = (\text{время простоя процессора в течение такта}) / (\text{период такта})$$

Для приведенного примера $P = 0,5/1 = 50 [\%]$.

В качестве критерия оценки способности контроллера выполнять функции многоканального регулятора были введены эмпирические пороговые значения параметра $P_{ж}$ – “желтая граница” = 30 % и $P_{к}$ – “красная граница” = 10 %. Практическая интерпретация введенных значений следующая. При наличии 30 и более процентов свободного процессорного времени (выше “желтой границы”) возможно дальнейшее увеличение задач, решаемых контроллером. Иными словами – имеется разумный запас прочности для развития системы автоматизации в будущем. При значении P , лежащем между 10 и 30 %, гарантируется бесперебойное выполнение текущих задач без возможности существенного расширения задач, решаемых контроллером. Иными словами – допускается существенная модернизация существующего ПО. Более низкое чем 10 % (“красная граница”) значение P говорит о возможной перегруженности контроллера и возможных задержках в выполнении возложенных на него задач.

В контроллере также была реализована программная модель 16 ОУ. Для каждого контура объект моделировался аperiodическим звеном 2-го порядка (более подробно описание модели приведено в приложениях 1 и 2).

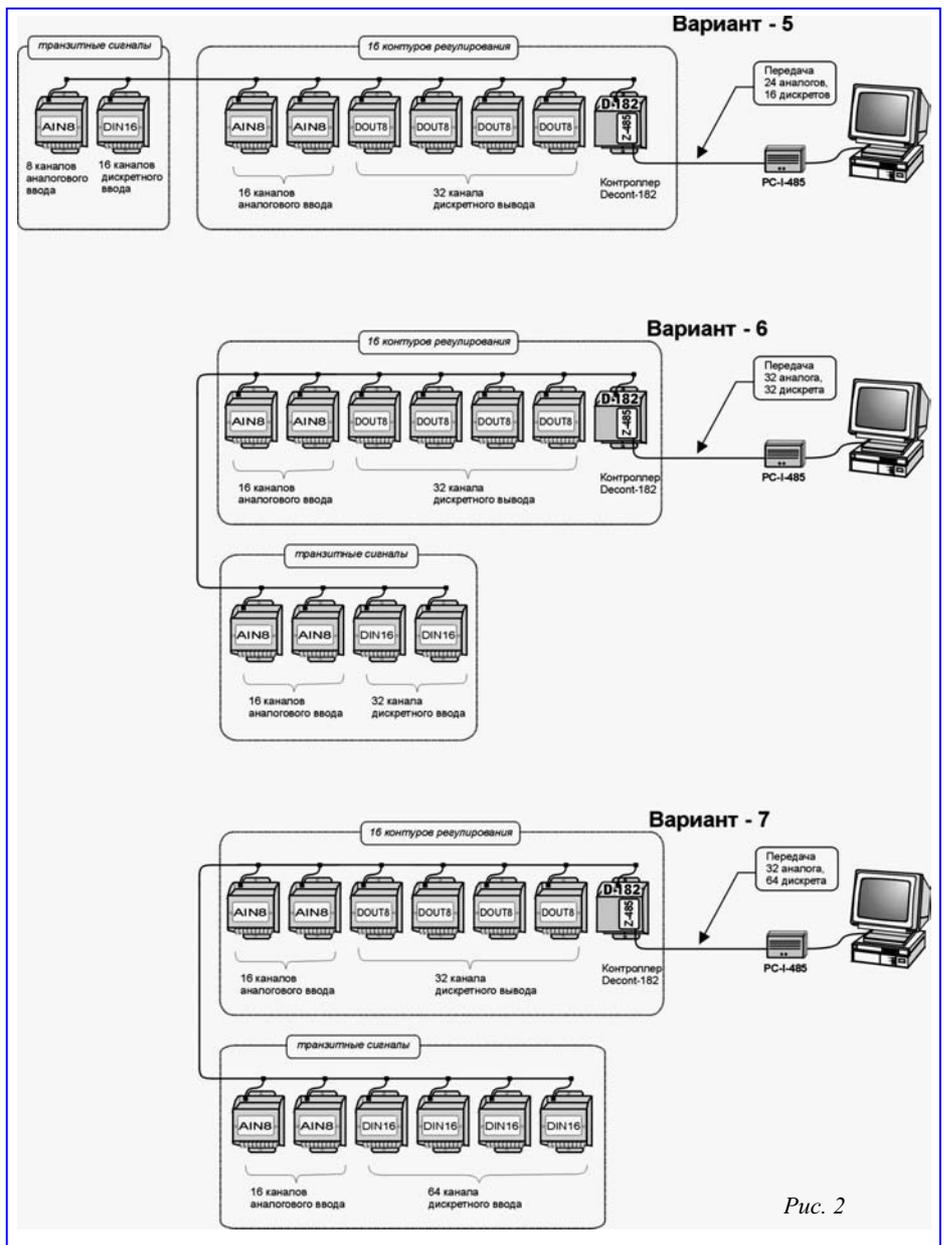


Рис. 2

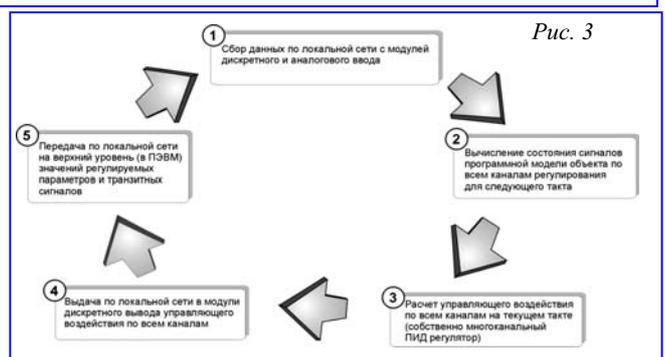


Рис. 3

Для удобства дальнейшего анализа результатов на рис. 3 представлена диаграмма работы ПО контроллера для одного такта регулирования.

Результаты исследований

Для всех 7 представленных вариантов исследования проводились при двух значениях такта управления: 0,5 и 1,0 с. Эксперименты проводились последовательно от

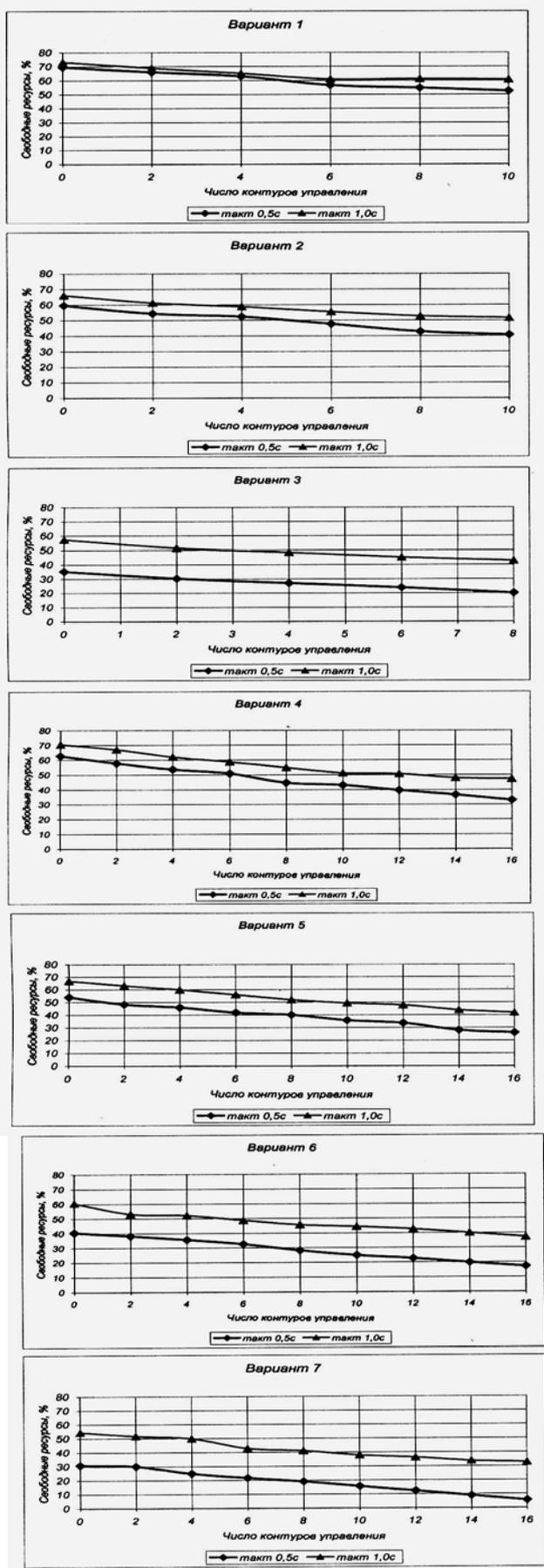


Рис. 4

варианта 1 до варианта 7. Для каждого варианта фиксировалась зависимость значения Р от количества задействованных контуров ПИД регулирования. Количество контуров регулирования варьировалось в диапазоне 0...16. Выбор такого диапазона основан на предварительных опытах, показавших, что в самом тяжелом варианте 7 – значение Р при 16 каналах регулятора пересекает “красную границу”. Графики полученных зависимостей представлены на рис. 4.

Анализ результатов исследований

Полученные данные показывают, что даже при предельных нагрузках (в контексте данной статьи это – вариант 7) контроллер успешно справляется с функциями 16-канального ПИД регулятора.

Реальная нагрузка на процессор будет еще меньше. Методика проведения описываемых исследований привносит дополнительные (по сравнению с реальностью) нагрузки на процессор контроллера по следующим причинам.

Во-первых, будет отсутствовать программная модель ОУ (функция 2 на рис. 2). *Во-вторых*, на практике, управление инерционным объектом не требует частой подачи сигналов управления, т.к. сигналы управления подаются с периодом, соответствующим постоянной времени привода объекта. Следовательно, сетевой обмен с модулями дискретного вывода на практике меньше, чем в эксперименте. В эксперименте сигналы управления посылались на каждом такте работы ПИД регулятора. Это приводит к увеличению сетевого обмена контроллера с модулями, а, следовательно, и к уменьшению свободного процессорного времени.

В-третьих, постоянство числа модулей ввода/вывода при уменьшении числа контуров регулирования. Например, при исследовании варианта 7 количество контуров регулирования варьировалось в диапазоне 0...16. Однако даже при одном задействованном контуре в системе были подключены 2 модуля типа АIN8 и 4 модуля типа DOUT8-R07 (помимо модулей транзитной передачи). На практике число модулей ввода/вывода соответствует числу контуров, что также приводит к снижению сетевой нагрузки по сравнению с экспериментом. Подобные рассуждения справедливы и для других вариантов.

В-четвертых, следует обратить внимание на “факультативную” – транзитную сетевую нагрузку. Уменьшая количество и такт передачи как транзитных, так и “сырых” данных с ПИД регуляторов, передаваемых по локальной сети на верхний уровень, можно существенно снизить вычислительную нагрузку и, как следствие, при необходимости, добавить в контроллер дополнительные контуры регулирования.

Контроллер ДЕКОНТ-182 как 32-канальный регулятор

Для оценки производительности контроллера в качестве 32-канального регулятора испытывался аналогичный вариант конфигурации системы (вариант 8 на рис. 5). Полученные данные показывают, что при такте 1 с контроллер успешно справляется с функциями и 32-канального ПИД регулятора. При этом величина свободных ресурсов составляет около 15 %. При такте, равном 0,5 с, величина свободных ресурсов составляет около 3 %, что меньше допустимого выбранного минимума.

ПТК ДЕКОНТ для АСУТП “Агломашина”

На основании полученных экспериментальных данных была разработана стендовая модель для АСУТП “Аглолента” и “Агломашина”, целиком основанных на ПТК ДЕКОНТ (рис. 6 и 7). При проектировании учитывались практические данные о типовом размещении КИП-оборудования и средств ВТ на давно действующих аналоговых АСУТП и в ближайшее время требующих реконструкции.

Например, при проектировании АСУТП “Аглолента” было принято целесообразным создание четырех подсистем: КИП-1, ..., КИП-4 (рис. 6).

Перечень сигналов для АСУТП “Аглолента” приведен в таблице.

Отдельно стоит отметить тот факт, что сравнительная оценка стоимости программно-технических средств для создания рассматриваемой АСУТП на базе ПТК ДЕКОНТ в 4-5 раз дешевле аналоговых импортных средств. В качестве последнего использовался собирательный образ наиболее часто используемых “брендов” импортных систем. Такая же тенденция прослеживается и для АСУТП других металлургических объектов.

Выводы

Таким образом, можно с уверенностью констатировать, что контроллер ДЕКОНТ-182 при использовании в качестве 8- или 16-канального регулятора с рассмотренной динамикой объектов вполне подходит для решения подобных задач в металлургии.

Стоимость комплекса в варианте ДЭП составляет около 20 % от стоимости в варианте импортной системы.

Предлагаемое техническое решение особенно актуально для достаточно мощных металлургических агрегатов, часто занимающих площади в несколько квадратных километров. Используя выносные, функционально законченные модули ввода/вывода комплекса ДЕКОНТ, выдерживающие работу в температурном диапазоне $-40...70\text{ }^{\circ}\text{C}$, можно создавать распределенные АСУТП. При этом модули ввода/вывода располагаются в защитных шкафах в непосредственной (максимально возможной) близости от источников входных сигналов и приемников выходных

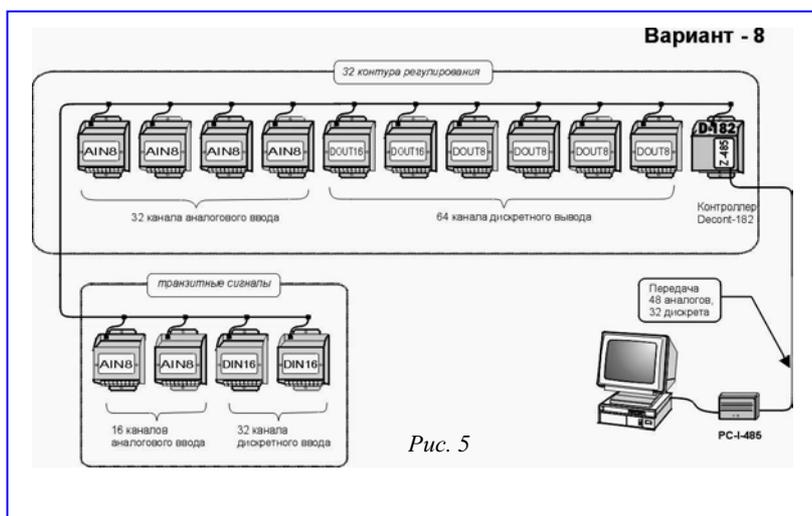


Рис. 5

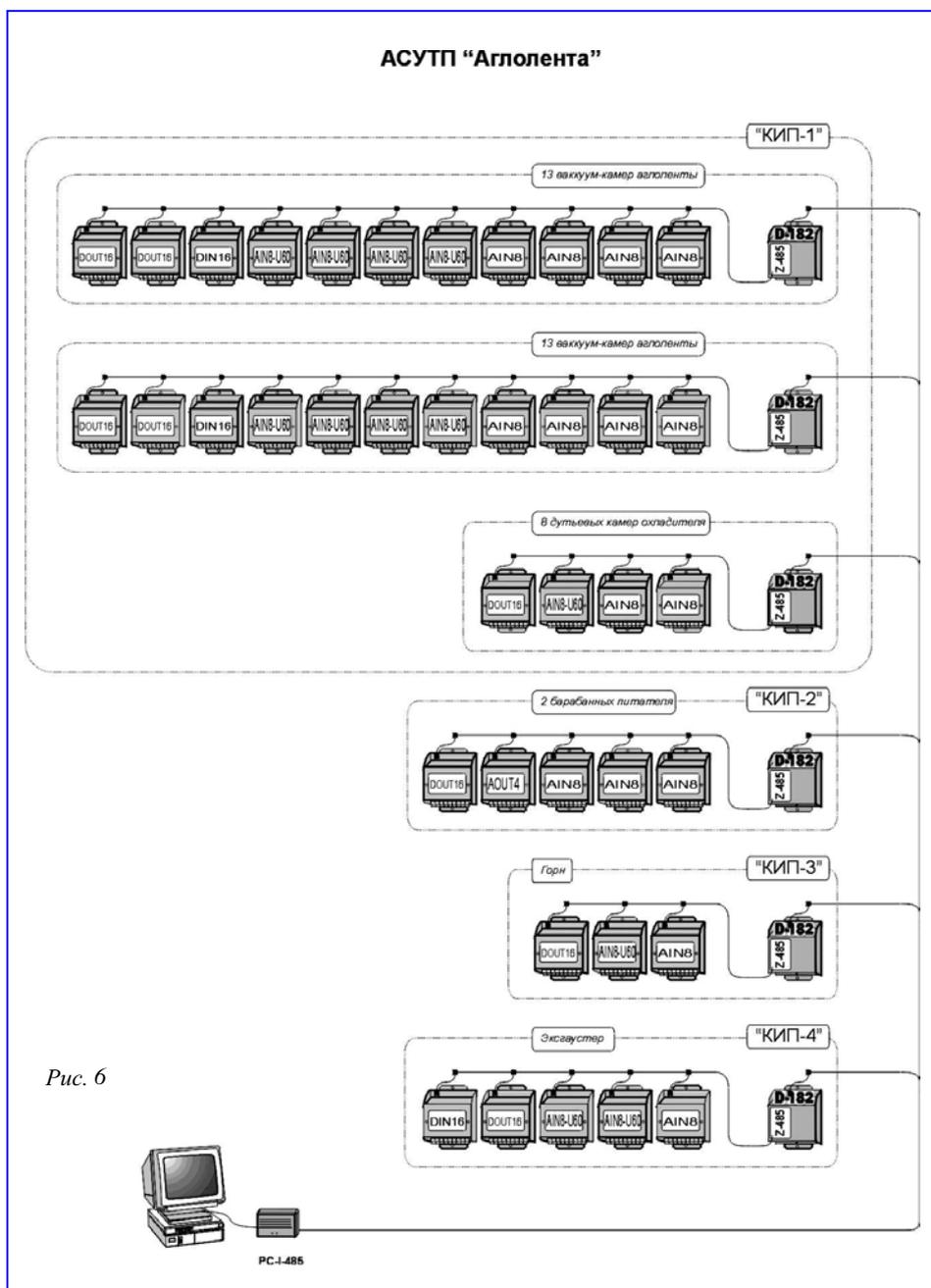


Рис. 6

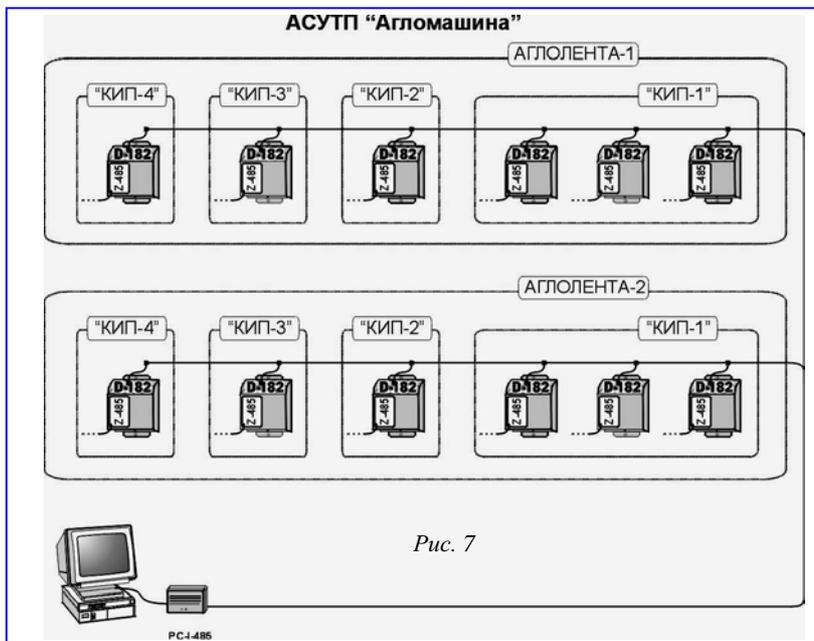


Рис. 7



Рис. 8

исполнительных сигналов. Таким образом, может быть достигнута дополнительная экономия дефицитного многожильного кабеля и, в частности, дорогостоящего компенсационного кабеля термодатчиков.

Перечень сигналов для АСУТП "Аглолента"

Описание канала ввода/вывода	Число каналов	Тип модуля ввода/вывода	Число модулей
Аналоговый вход для измерения сигнала типа 0-20 мА / 4-20 мА / 0-10 В Индивидуальная гальваноизоляция	95	AIN8-I20	12
Аналоговый вход для измерения термосопротивления Индивидуальная гальваноизоляция	70	R3IN6-50	12
Дискретный вход постоянного и переменного тока с общим проводом	46	DIN16-24	3
Дискретный релейный выход (220 В, 5 А)	40	DOU8-R07	5
Аналоговый выход 0...+10 В	4	AOU4-U10	1

Приложение 1

Математическая модель типового объекта

В качестве математической модели типового объекта регулирования для описываемых технологических процессов было взято динамическое звено – апериодика второго порядка с последовательно включенным звеном задержки. Такая модель достаточно точно соответствует реальным объектам в металлургии и других областях промышленности. Передаточная функция модели объекта $W(s)$:

Постоянная времени апериодики 15 с. Время задержки 30 с.

$$W(s) = \frac{1}{(15s + 1)^2} (e^{-30s}).$$

Функционально модель объекта реализована в виде программного компонента контроллера [4], реализующего передаточную функцию объекта. Компонент создан с использованием графического программного продукта комплекса ДЕКОНТ Wdeveloper.

Для реализации звена апериодики использовалось разностное уравнение. Звено задержки реализовано при помощи массива, сохраняющего текущие значения.

Приложение 2

Проверка работоспособности и настраиваемости регулятора

Было проведено несколько опытов по управлению моделями данных объектов с помощью имеющегося в программной библиотеке комплекса ДЕКОНТ ПИД регулятора. Реакция системы "ПИД регулятор + Модель объекта" на единичное воздействие при различных параметрах регулятора отображена на рис. 8. Для всех приводимых графиков значение параметра регулятора $T_d=0$ из-за присутствия в передаточной функции объекта звена задержки, такт управления равен 0,5 с.

Были найдены параметры ПИД регулятора: $K - 0,06$; $1/T_i - 0,009$; $T_d - 0$, при которых время регулирования 3 мин 15 с. Перерегулирование не превышает 3,5%.

Андрей Валентинович Уваров – генеральный директор компании ДЭП.

Телефоны/факсы: (095) 423-88-44, 423-87-66.

E-mail: mail@dep.ru

http://www.dep.ru

Список литературы

1. М.Д. Климовицкий, А.П. Копелович. Автоматический контроль и регулирование в черной металлургии. М.: "Металлургия", 1967.
2. Г. Олссон, Д.Пиани. Цифровые системы автоматизации и управления. СПб.: Невский Диалект, 2001.
3. К. Острем, Б.Виттенмарк. Системы управления с ЭВМ. М.: Мир. 1987.
4. ПТК ДЕКОНТ. Описание программного обеспечения комплекса, 2002.

