



УДК 620.91.004.896:669.1

А.И. КРИВОНОСОВ, докт. техн. наук, профессор, начальник отдела,

С.П. БАЗЮЧЕНКО, главный конструктор, **В.Ф. ЦУКАНОВ**, ведущий инженер, **М.А. НОСАЛЬ**, главный технолог
Украинский государственный научно-технический центр «Энергосталь» (УкрГНТЦ «Энергосталь»), г. Харьков

АСУ ТП ВОДОПОДГОТОВКИ И ВОДОСНАБЖЕНИЯ КОМПЛЕКСА МНЛЗ И СОРТОВОГО ПРОКАТНОГО СТАНА

Представлена разработанная УкрГНТЦ «Энергосталь» автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУ ТП) водоподготовки и водоснабжения для металлургического комплекса машины непрерывного литья заготовок и прокатного стана.

Ключевые слова: АСУ ТП, контроллер, децентрализованное многоконтроллерное управление, каскадное управление, АРМ, водоподготовка, водоснабжение, насосная станция, централизованное управление, распределенное управление, живучесть, эффективность, затраты.

Современные металлургические комплексы требуют для своего функционирования разветвленной системы водоснабжения и водоподготовки, которая строится по принципу оборотного водоснабжения. Так, например, комплекс машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) и прокатного стана с нагревательной печью и линией закатки имеет множество локальных потребителей (узлов, установок) с различными требованиями к характеристикам потребляемой воды (давлению, расходу, составу), но в общем случае водоснабжение таких комплексов осуществляется оборотными циклами (ОЦ) «условно-чистой» (ЧОЦ) и «условно-грязной» (ГОЦ) воды.

Так, например, комплекс МНЛЗ и прокатного стана фирмы «Danieli» производительностью 500 тыс. т про-

ката в год требует для своей работы около 3500 м³/час воды различного давления и качества. Из них по ЧОЦ – около 1155 м³/час, по ГОЦ – около 1830 м³/час.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ

Для обеспечения такой потребности в воде различного давления и качества блок водоподготовки содержит большое количество технологического оборудования, для контроля и управления которым необходимо наличие АСУ ТП с определенным количеством входных/выходных сигналов (перечень технологических объектов приведен в табл. 1). Общее количество входных/выходных сигналов АСУ ТП приведено в табл. 2.

Таблица 1 – Перечень технологических объектов

Технологические объекты, установки	Кол-во, шт.
Насосные станции (включая дренажные)	23
Приемники воды (включая дренажные приемки)	23
Фильтры напорные	12
Фильтры щелевые	2
Градири двухсекционные	8
Флокуляторы	2
Маслосборочные машины	8
Установка (участок) приготовления подпиточной воды (УППВ)	1
Ямы окалины	2
Сборные напорные резервированные коллекторы (включая магистральные трубопроводы)	14
Системы сжатого воздуха	3
Подпиточные магистрали	3

Оборудование водоподготовки и водоснабжения территориально расположено следующим образом: основные (большие) две части – обособленно, в отдельно стоящих двух соседних корпусах на территории завода, остальные (четыре части) – на территории МНЛЗ и прокатного стана.

В системе предусмотрены три операторских помещения, в которых размещаются четыре автоматизированных рабочих места (АРМ) оператора.

Таблица 2 – Перечень объектов управления и сигналов АСУ ТП

Тип оборудования	Кол-во оборуд., шт.	Σ сигналов по типам оборудования, шт.				
		AI	AO	DI	DO	Σ
Датчики	188	107		81		188
Исполнительные механизмы (ИМ)	407		4	2211	806	3021
ИТОГО по всей АСУ ТП (датчики + ИМ)	595	107	4	2292	806	3209

ТРЕБОВАНИЯ К ПОСТРОЕНИЮ АСУ ТП

При построении такой обширной АСУ ТП необходимо соблюдение определенных положений и принципов, которые позволяют наилучшим образом достичь целей и задач, возлагаемых на АСУ ТП, главными из которых являются:

- энерго- и ресурсосбережение;
- безопасность;
- живучесть;
- эффективность;
- простота обслуживания;

- минимальное время ввода в эксплуатацию и ремонта отдельных систем;
- возможность поэтапного наращивания системы;
- минимизация стоимости.

Для решения данных задач при проектировании АСУ ТП нами учитывалось следующее:

- структура АСУ ТП должна соответствовать структуре технологических процессов, технологической схеме;
- для обеспечения максимальной живучести необходимо сосредоточить управление одним агрегатом, процессом, установкой в одном локальном вычислительно-управляющем узле, блоке. При управлении резервированными технологическими системами предъявляются повышенные требования к надежности управляющего оборудования: при частичном или полном отказе систем «верхнего уровня» локальная автоматика «нижнего уровня» продолжает управление техпроцессом без участия обслуживающего персонала;
- при нештатных режимах работы технологического оборудования, не связанных с его разрушением, или при частичном отказе управляющей автоматики объект автоматизации должен оставаться в рабочем (работающем) состоянии с сохранением или понижением технологических параметров (до прибытия обслуживающего персонала);
- построение аппаратных и программных средств управления аналогичными техпроцессами или техоборудованием должно максимально унифицироваться и выполняться по модульному принципу;
- построение управления оборудованием с большим энергопотреблением должно осуществляться на основе энерго- и ресурсосберегающих алгоритмов и принципов, обеспечивающих оптимальное сочетание требований технологических режимов и загрузку технологического оборудования.

Вышеперечисленные требования в наши дни не являются уникальными – они стоят на повестке дня перед многими разработчиками АСУ ТП. Аналогичные вопросы поднимаются также в публикациях различных журналов по автоматизации [1, 2, 3].

СТРУКТУРА АСУ ТП БЛОКА ВОДОПОДГОТОВКИ И ВОДОСНАБЖЕНИЯ МНЛЗ И ПРОКАТНОГО СТАНА

При разработке структуры АСУ ТП конкретного проекта водоподготовки и водоснабжения комплекса МНЛЗ и прокатного стана (с заданным количеством и типами технологического оборудования, количеством АРМ операторов) рассмотрены два варианта структуры – А и Б. Оба варианта основаны на двухуровневой струк-



туре АСУ ТП, где «нижний уровень» (НУ) представлен контроллерами управления со станциями ввода/вывода, а «верхний уровень» (ВУ) – с АРМ операторов. Рассмотрим оба варианта.

Вариант А. Структурная схема АСУ ТП варианта А приведена на рис. 1.

В основе первого варианта (А) – идея централизованного управления с учетом структуры технологического процесса и оборудования водоподготовки и водоснабжения, включающего два оборотных цикла: «чистый» ОЦ и «грязный» ОЦ. Поскольку ЧОЦ и ГОЦ по технологической схеме не связаны между собой, но в то же время содержат достаточно большое количество сигналов управления (ГОЦ – около 2200 сигналов, ЧОЦ – 1000 сигналов), для их управления было выбрано два мощных контроллера Siemens (S7-319): K1 – для управления ГОЦ, K2 – для управления ЧОЦ. Станции ввода/вывода ET200 каждого контроллера адресно ориентированы на обработку сигналов (прием/выдача) от каждого технологического объекта (или группы объектов, объединенных техпроцессом). Станции подключены к контроллерам через сеть Profibus DP. Контроллеры K1, K2 включены в локальную кольцевую сеть Ethernet верхнего уровня, куда включены все АРМ операторов. Сеть объединяет АРМ операторов водоподготовки, контроллеры K1, K2, а также АРМ оператора МНЛЗ и АРМ оператора прокатного стана, расположенные на удалении около 500 м от блока водоподготовки.

Исходя из этого, сеть строится по технологии ВОЛС и топологии «кольцо», парирующей обрывы в любой точке. Станции ввода/вывода ET200, обслуживающие объекты на территории МНЛЗ и прокатного стана, тоже удалены от контроллеров K1, K2 на расстояние около 500–700 м, поэтому все наружные участки линии связи также выполняются оптикой.

Вариант Б. Структурная схема АСУ ТП варианта Б приведена на рис. 2.

В основу второго варианта (Б) легла идея децентрализованного многоконтроллерного управления, где каждый небольшой контроллер управляет небольшой группой оборудования. Группы оборудования объединены по технологическому признаку и предназначены для выполнения какой-либо одной производственно-технологической функции или задачи. В такие группы выделены, например, насосные станции, работающие от одного приемника воды (холодной или нагретой) в «грязном» или «чистом» ОЦ и подающие воду определенному потребителю или на определенную группу оборудования (МНЛЗ, прокатный стан, нагревательная печь, линия закалки, градирни, фильтры и т.п.). Каждой такой группой управляет отдельный контроллер, реализующий адресное управление. Часть оборудования каждого оборотного цикла, не попадающая в группы адресного управления (общее оборудование), остается в управлении контроллеров общего оборудования (K1 – для ГОЦ; K2 – для ЧОЦ).

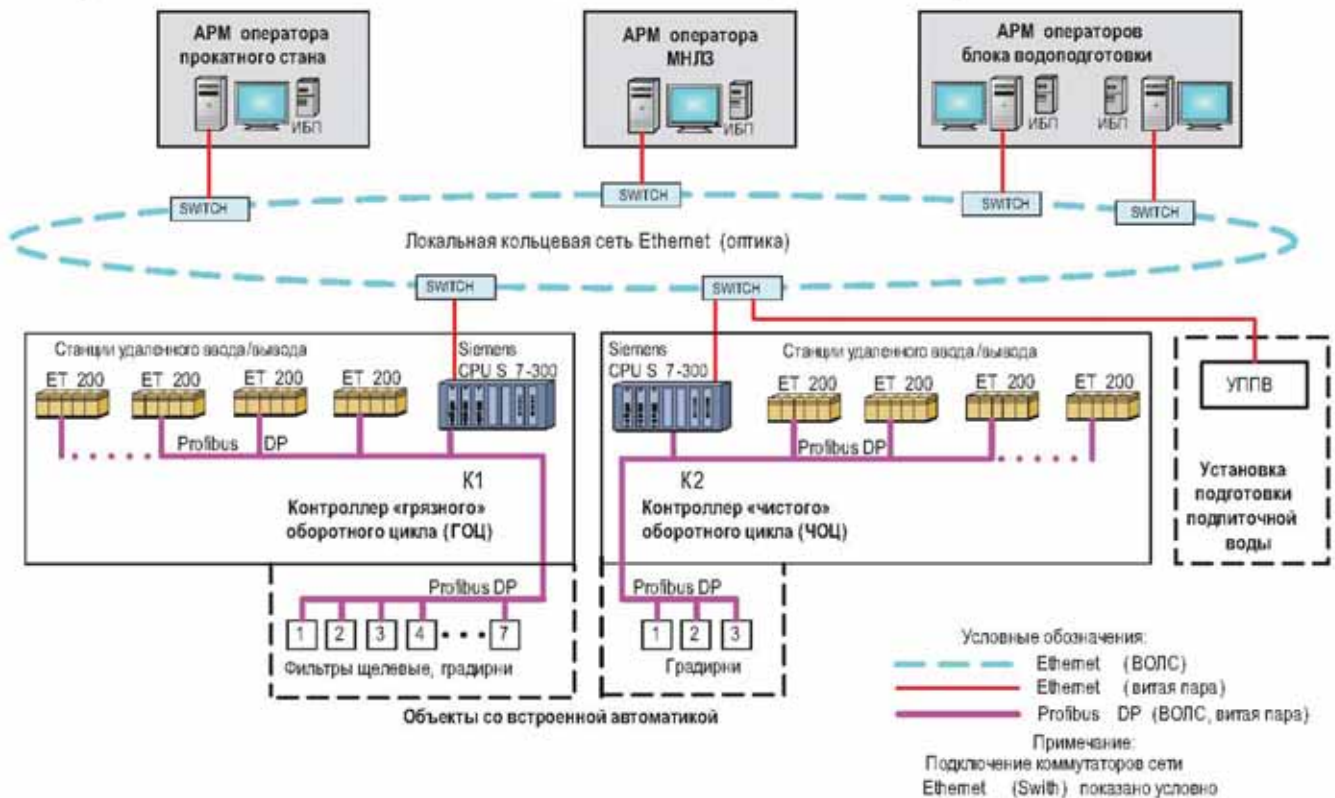


Рисунок 1 – Структурная схема АСУ ТП, вариант А

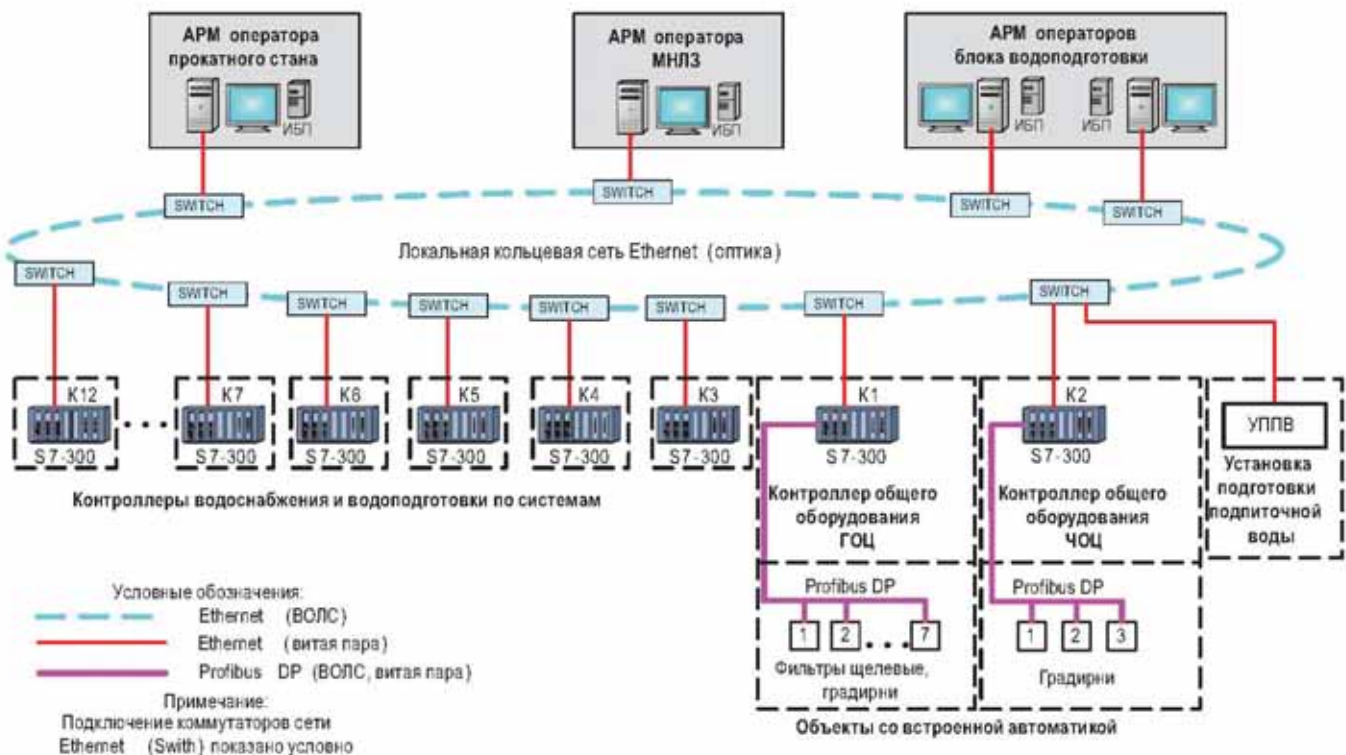


Рисунок 2 – Структурная схема АСУ ТП, вариант Б

Всего в системе насчитывается 12 контроллеров, которые включены в кольцевую локальную оптическую сеть Ethernet, аналогичную варианту А. Похожая структура описана [1], однако ее решения гораздо более затратные, поскольку на каждый насос с обвязкой предусматривают один аналогичный контроллер и отдельный преобразователь частоты (ПЧ). В предлагаемом варианте один контроллер может управлять насосной станцией с несколькими насосами (от 2–3 до 4–6 или даже до 8 шт.), используя один ПЧ и принцип каскадного или каскадно-частотного управления насосами, как изложено в литературе [2, 5].

Поскольку большое общее количество входных/выходных сигналов системы (3209 сигналов) в данном случае разделилось на 12 контроллеров, каждый из которых обрабатывает относительно небольшое количество сигналов – от 140 до 300, то возможно использование сравнительно недорогих контроллеров небольшой вычислительной мощности, достаточной для решения определенных задач. Наибольшая нагрузка наблюдается только в контроллерах К1 (общее оборудование ГОЦ) и К3 (управление всеми 12-ю напорными фильтрами), но и они справляются с такой нагрузкой.

Сравнение вариантов А и Б. Основное отличие вариантов А и Б заключается в концентрации управления, что и определяет их основные свойства.

1. Живучесть системы. При отказе одного контроллера в варианте А большое число единиц технологического оборудования в ГОЦ или ЧОЦ оказалось бы без управления. Необходимо отметить, что в системе при-

няты определенные меры и приемы управления, предупреждающие остановки оборудования при отказе АСУ: работа оборудования продолжается, но управление такой системы работающим оборудованием осуществляется только с пультов местного управления. Однако при наличии большого количества оборудования и его размещении в разных производственных корпусах на территории завода поддерживать управление в ручном режиме проблематично. И поскольку каждый ОЦ является общим для МНЛЗ и прокатного стана, то ситуация затрагивает водоснабжение всего комплекса, что является существенным недостатком варианта А.

Отказ любого контроллера в варианте Б вызывает снятие управления с гораздо меньшего количества оборудования (например, только с одной насосной станции), размещенного компактно в одном помещении, следовательно, поддерживать его управление в местном режиме может один человек. Кроме того, выходит из строя только одна локальная система техпроцесса водоподготовки, что не отражается на работоспособности всего комплекса. В этом заключается главное преимущество варианта Б.

2. Запас вычислительной мощности контроллеров. Вычислительные мощности даже больших контроллеров, заложенных в варианте А, не беспредельны – к окончанию проектирования они оказались загруженными на 80–85 %. При дальнейшей нагрузке на этапе рабочего проектирования или при модернизации уже эксплуатируемой системы ресурсы могут оказаться за-



груженными полностью, и тогда возникает необходимость замены контроллера на более мощный и дорогой или изменения структуры системы с введением дополнительных контроллеров, что в любом случае связано с остановом всего комплекса и большими потерями.

В варианте Б вопрос не стоит так остро. Есть только два контроллера, загрузка которых доходит до уровня 80–90 %, но проблема легко разрешима посредством использования более мощных модификаций контроллеров такого же типа или заменой его на недорогой контроллер, следующий в ряду. Во всяком случае это существенно не отразится на стоимости и исключает необходимость переделки структуры и остановки всего комплекса, т.е. затраты при этом минимальны, что и является преимуществом варианта Б.

3. Удобство поэтапного ввода и ремонта отдельных подсистем. Поэтапный ввод необходим при запуске системы, при ремонте или модернизации отдельных частей и т.д. В случае использования одного общего большого контроллера в варианте А не избежать его останова и, следовательно, простоев всей системы.

В варианте Б контроллеры функционируют автономно и практически не влияют на работу другого, что позволяет выводить из управления или вводить части системы без останова всей системы – безусловное преимущество варианта Б.

4. Стоимость. По стоимости оборудования варианты А и Б существенно не отличаются, но за счет недоиспользованных входов/выходов и большего количества модулей питания вариант Б несколько дороже.

5. Унификация и модульность. С точки зрения унификации и модульности построения системы вариант Б более предпочтителен, так как контроллерные шкафы имеют одинаковое построение и конструкцию, что позволяет минимизировать затраты при сборке, наладке и эксплуатации системы. Данный вывод подтверждает и зарубежный опыт, и материалы публикаций [1, 2, 5], и собственный опыт разработчиков.

6. Энерго- и ресурсосбережение. С точки зрения реализации энергосберегающих алгоритмов управления, оба варианта равноценны. Но, учитывая большие потери в варианте А при остановах, ремонтах, перезапусках и обслуживании системы, вариант Б более предпочтителен.

Выводы по сравнению вариантов. Учитывая вышеизложенное, можно констатировать, что для больших систем с большим количеством оборудования, наличием повторяющихся или однотипных технологических узлов, установок, участков строить системы управления следует по принципу децентрализованного многоконтроллерного управления с использованием недорогих контрол-

леров умеренной производительности. Такой системой является вариант Б, потому и более предпочтителен. В реальном проекте после проработки приведенных и других критериев на этапе подготовки рабочей документации приоритет за вариантом Б.

ОРГАНИЗАЦИЯ СВЯЗИ ПО УПРАВЛЕНИЮ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ

Организация связи между контроллерными шкафами АСУ и низковольтными электротехническими шкафами – еще один важный вопрос, связанный с возможностью снижения аппаратных и материальных затрат на коммутацию и управление электроприводами.

Для мощных систем АСУ ТП (тысячи сигналов, десятки шкафов) актуальность сокращения кабелей, контроллерного оборудования, затрат на монтаж и обслуживание существенно повышается. Мировой опыт подсказывает решение этой проблемы – управление по цифровым последовательным каналам связи с использованием интерфейса Profibus и интеллектуальных коммутирующих устройств. Типичными представителями этих технологий являются модули Simocode фирмы Siemens, которые достаточно дороги, а их большие возможности зачастую не востребованы при управлении простыми электрифицированными механизмами с небольшой мощностью электродвигателя (затворы, задвижки и другая водозапорная арматура), составляющими большой процент объектов управления водоподготовкой. На рынке появляются аналогичные продукты других фирм – так, например, фирма Phoenix Contact представила продукты семейства CONTACTRON (электронные контактные, бесконтактные и гибридные пускатели и контакторы и интеллектуальные управляющие модули «Motor manager EMM»), стоимость которых ниже стоимости модулей Simocode. Правда, их применение наталкивается на невозможность (или нежелание Заказчика) установки их непосредственно на задвижках, затворах, насосах, хотя даже установка их в электрощитах в помещениях ПСУ оправданна.

Ниже приведены результаты сравнительного анализа затрат на связь и управление от АСУ ТП задвижками при использовании в электротехнических шкафах традиционной релейной схемы, а также при использовании современной технологии с применением модулей семейства CONTACTRON и «Motor manager EMM». Эти модули устанавливаются в электрошкафах.

На рис. 3 изображены схемы управления задвижкой двумя способами: а – традиционное релейное управление; б – с применением технологии CONTACTRON и «Motor manager EMM».

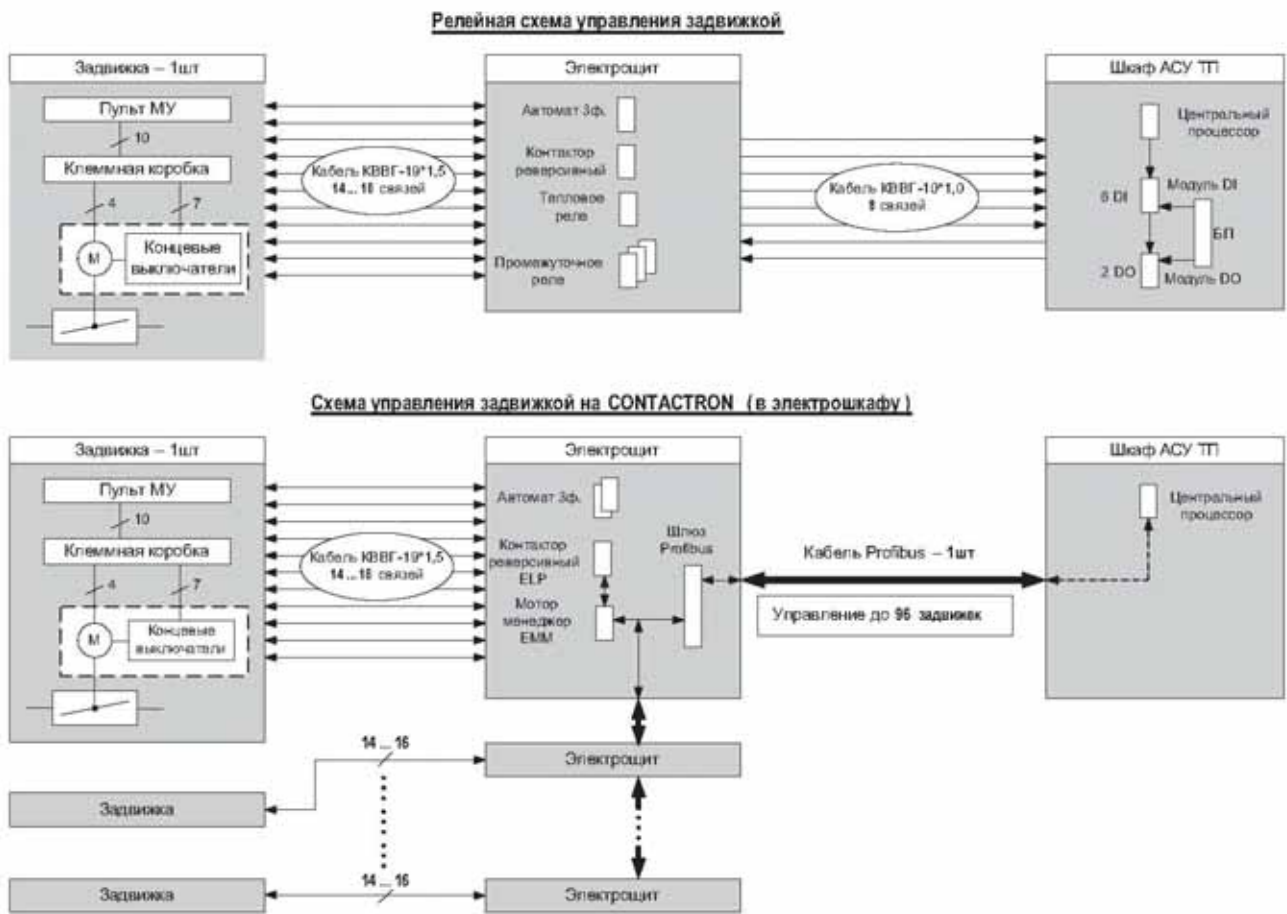


Рисунок 3 – Сравнение принципов управления задвижкой:
 а) релейная схема; б) с использованием CONTACTRON

Расчеты показывают, что затраты по управлению одной отдельно взятой задвижкой при традиционном релейном способе ниже, но для управления 12-ю задвижками сравниваются со схемой с применением технологии CONTACTRON + «Motor manager EMM». При большем количестве задвижек пропорция будет в пользу новой технологии. Заметим, что в представленном анализе учитывались только прямые и очевидные затраты на материалы и оборудование. Однако и затраты на монтаж внутри шкафов, кабели, прокладку кабельных трасс и каналов, снижение энергопотребления в шкафах АСУ ТП и т.д. также в пользу новой технологии. Кроме того, используя интеллектуальные модули управления, получаем новое качество диагностики и новый уровень обслуживания при эксплуатации, а значит продление срока службы контакторов, который сам по себе выше, чем у контактных релейных устройств, поскольку используется или чисто бесконтактная коммутация, или гибридная, когда контакты подключаются после бесконтактной полупроводниковой коммутации и переходного процесса.

На стадии выпуска рабочей документации этот вопрос будет дополнительно рассмотрен и проанализирован.

Оптимальное управление насосными станциями. В насосных станциях водоснабжения металлургических комплексов (МНЛЗ и прокатный стан) используются насосы достаточно большой мощности – десятки и сотни киловатт, суммарной мощностью в тысячи киловатт, что делает актуальным вопрос оптимального управления ими.

Количество основных магистральных насосов, используемых в предполагаемом реальном проекте, приведено в табл. 3.

Таблица 3 – Количество и мощности основных насосов водоснабжения

Мощность насосов, кВт	Кол-во, шт.	∑ мощность, кВт
250	12	3000
160	15	2400
132	3	396
90	4	360
55	9	495
37	9	333
∑	52	6984



В работе [2] рассмотрены способы технологического управления системой водоснабжения и отмечается, что изменять расходы или давление в системе можно, влияя на гидравлическую сеть, на насосы или одновременно на то и другое. Однако наиболее энергоэффективным способом является управление через насосы путем изменения их оборотов посредством преобразователей частоты (ПЧ) – на практике уменьшение оборотов насоса на 10 % приводит к экономии электроэнергии на 27 % [2]. В последнее время широкое распространение в системах водоснабжения и водоотвода получили экономичные способы регулирования, основанные на изменении частоты вращения рабочих колес насосов при помощи ПЧ, но поставить на каждый насос ПЧ – дорогое удовольствие, требующее больших капиталовложений.

Достичь желаемого результата с меньшими затратами позволяют системы с так называемым «каскадным» («каскадно-частотным») управлением. В таких системах в группу насосов (в насосную станцию) включаются как насосы постоянной скорости, так и насосы с переменной, управляемой скоростью вращения. Каскадное управление – это общая система контроля и управления несколькими насосами, включенными параллельно, что позволяет рассматривать их как один большой управляемый насос. В группу может входить до восьми насосов. В зависимости от технологических требований существуют различные комбинации и сочетания насосов по мощности и способам управления: могут быть насосы различной или одинаковой мощности, а способ управления – автоматическое чередование ведущего насоса и т.п. Но главная особенность таких схем заключается в том, что управляемый насос переменной скорости включается в работу или выключается первым, а насосы фиксированной скорости – последними.

При каскадном способе управления достаточно иметь один ПЧ, который подключается к ведущему насосу или к каждому насосу в группе (по очереди). В любом случае ПЧ обрабатывает переменную составляющую нагрузки, удерживая технологическую гидравлическую

характеристику в минимально необходимом заданном диапазоне. При этом реализуется экономичный энерго-ресурсосберегающий режим управления.

Рассмотренные в данной статье принципы позволяют выполнять проекты АСУ ТП водоподготовки и водоснабжения на самом современном техническом уровне.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Кинебас, А.** Ресурсосбережение и безопасность при локальной организации интеллектуальной АСУ ТП водопроводной насосной станции / А. Кинебас // Современные технологии автоматизации. – 2010. – № 4. – С. 54.
2. **Литвин, Д.** Эффективное управление насосными станциями / Д. Литвин // Мир автоматизации. – 2010. – № 4. – С. 60.
3. Автоматизация насосных станций на основе частотных электроприводов VFD-F компании Delta Electronics. Статья из интернет сайта компании «RTS UKRAINE» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.rts.ua/articles/
4. **Левин, И.** Новый алгоритм управления насосной станцией зоны водоснабжения крупного города / И. Левин // Автоматизация в промышленности. – 2010. – № 10. – С. 58.
5. **Красильников, А.** Автоматизированные насосные установки с каскадно-частотным управлением в системах водоснабжения / А. Красильников // Строительный инжиниринг. – 2006. – № 2. – С. 7–11.
6. **Красильников, А.** Применение автоматизированных насосных установок с каскадным управлением в системах водоснабжения / А. Красильников // Строительный инжиниринг. – 2006. – № 1. – С. 15–18.
7. **Красильников, А.** Применение автоматизированных насосных установок с каскадным управлением в системах водоснабжения // Строительный инжиниринг. – 2005. – № 12. – С. 21–24.

Поступила в редакцию 15.04.2011

Надано автоматизовану систему управління технологічним процесом (АСУ ТП) водопідготовки та водопостачання для металургійного комплексу машини безперервного лиття заготовок і прокатного стану, що розроблена УкрДНТЦ «Енергосталь».

Control automation developed by UkrSSEC «Energostal» for water treatment and water supply systems of the steel complex continuous casting machine and rolling mill is presented.