

ИНТЕЛЛЕКТ СПУСКАЕТСЯ ВНИЗ ИЛИ КАК ЗАСТАВИТЬ РАБОТАТЬ В ОДНОЙ УПРЯЖКЕ КОНЯ И ТРЕПЕТНУЮ ЛАНЬ

Д.В. Мякишев, Т.К. Раввич,

Ю.А. Тархов, Н.Н. Учайкин (ООО НПП «КОМПЛЕКСЫ и СИСТЕМЫ»)

Представлен подход к построению систем контроля и управления промышленными объектами, основанный на применении «интеллектуальных» электротехнических шкафов, оснащенных встроенными средствами автоматизации. Показаны преимущества такого подхода, основные проблемы, возникающие при его использовании. Приведен пример реализации данного подхода при создании системы контроля и управления электрообогревом (СКУ ЭО) строящегося энергоблока №4 Белоярской АЭС.

Ключевые слова: распределенное управление, блоки автоматического регулирования, силовые блоки, датчики, исполнительные механизмы, электромагнитные помехи.

В одну телегу впрячь неможно
Коня и трепетную лань.

А.С. Пушкин «Полтава»

А мы все-таки попробуем. Речь пойдет об объединении «в одном флаконе» (точнее, в одном шкафу) средств автоматизации и силовых электротехнических блоков. Зачем это нужно и как это сделать — читаем дальше.

Традиционно в структуре АСУТП принято выделять три уровня. Верхний уровень — это рабочие станции (или АРМ) операторов, мозаичные табло и другие средства отображения, серверы БД и т.п., соответствующее ПО. Основные функции верхнего уровня — обеспечение управления системой со стороны эксплуатирующего персонала промышленного объекта. Средний уровень — это промышленные контроллеры, размещаемые вместе со средствами электропитания

и средствами коммутации (клеммниками) в приборных шкафах. Основные функции среднего уровня — прием сигналов от датчиков технологического объекта (ТО), их обработка, формирование команд управления исполнительными механизмами (ИМ) и их передача на нижний уровень, взаимодействие с верхним уровнем (прием команд оператора и передача информации о текущем состоянии ТО). И, наконец, нижний уровень — это силовые блоки, размещаемые в электротехнических шкафах¹. Основные функции нижнего уровня — прием команд управления ИМ от среднего уровня, их усиление по току и напряжению и передача на ИМ ТО (запорную и регулируемую армату-

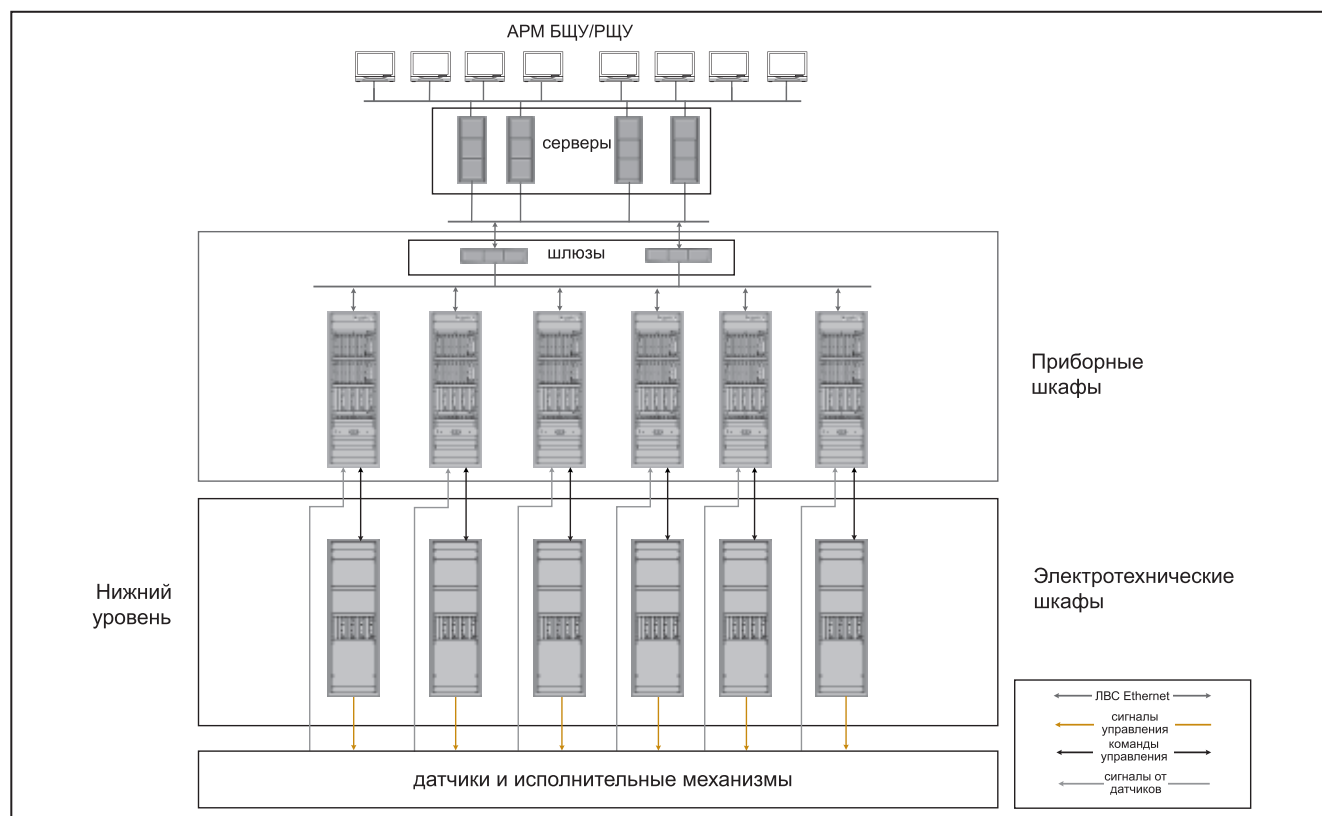


Рис. 1

¹ В некоторых источниках не принято относить электротехнические шкафы к средствам АСУТП.

ру, электродвигатели, насосы, электрообогреватели и т.п.). Соответственно все три уровня объединены по определенной схеме с помощью кабелей и сетевых средств (коммутаторов, шлюзов и т.п.). На рис. 1 приведена упрощенная структурная схема «классической» АСУТП энергоблока АЭС.

Функционирует такая система следующим образом. Аналоговые и дискретные сигналы по медным кабелям поступают на входы контроллеров среднего уровня. Как правило, контроллер включает в свой состав несколько модулей функциональных (МФ), каждый из которых в свою очередь обеспечивает ввод/вывод нескольких сигналов. После предварительной обработки данные о состоянии ТО анализируются ПО контроллера. На основе результатов анализа в соответствии с установленным алгоритмом формируются команды управления соответствующими ИМ (частный случай – все хорошо, управлять не нужно), команды преобразуются в соответствующие электрические сигналы, которые передаются на силовые блоки электротехнических шкафов нижнего уровня. И наконец, после усиления по току и/или напряжению управляющее воздействие поступает на ИМ. Состояние ТО изменяется, что отражается показаниями датчиков, сигналы от которых поступают на входы контроллеров и т.д. Цикл автоматического управления замкнулся.

Выше описан «малый» цикл управления. Однако существует еще один цикл. Оцифрованные данные о текущем состоянии ТО передаются контроллерами среднего уровня по кабелям ЛВС через шлюзы на серверы и рабочие станции верхнего уровня. Отображаясь на видеомониторах, табло и других средствах визуализации в удобной для восприятия форме, они становятся доступны оператору (операторам) блочного щита управления (БЩУ). На основе анализа данных о состоянии ТО оператор может принять решение вмешаться в процесс управления, выдав соответствующую команду, которая по ЛВС передается на соответствующий контроллер среднего уровня. Дальнейшие действия зависят от типа команды. Если оператор принял решение напрямую воздействовать на работу ИМ, то команда преобразуется контролле-

ром в соответствующий электрический сигнал, который передается на нижний уровень. Оператор также может воздействовать на процесс автоматического управления путем изменения параметров алгоритма управления. В этом случае команда оператора замыкается на контроллере среднего уровня. Назовем этот цикл циклом ручного управления.

В табл. 1 представлена информация по типу и числу связей при взаимодействии компонентов различных уровней АСУТП в автоматическом и ручном цикле управления.

Классическая структура АСУТП в момент своего становления определялась существующим уровнем развития электронной техники и на тот период времени была единственно возможной.

Современный уровень развития электронной индустрии и вычислительной техники позволяет создавать миниатюрные контроллеры с низким энергопотреблением, по своим функциональным возможностям практически не уступающим своим «большим» собратьям. При построении АСУТП это обстоятельство наводит на очевидную мысль – интегрировать, встроить в электротехнические шкафы малогабаритные контроллеры, обеспечивающие цифровую обработку сигналов от датчиков технологического объекта, формирование сигналов (команд) управления и обмен информацией по цифровым каналам связи. Каждый контроллер работает «в связке» с соответствующим силовым блоком, обеспечивающим управление «своим» ИМ. Назовем такие шкафы «интеллектуальными» электротехническими шкафами, чтобы как-то отличать их от предшественников. На рис. 2 приведена упрощенная структурная схема АСУТП энергоблока АЭС с использованием «интеллектуальных» шкафов.

По сути дела, произошло слияние среднего и нижнего уровня АСУТП. На среднем уровне остаются лишь шлюзы, которым, как мы увидим, предстоит выполнять еще одну важную функцию.

Аналоговые и дискретные сигналы по медным кабелям поступают на входы контроллеров «интеллектуального» шкафа. Данные о состоянии каждого ИМ анализируются ПО «своего» контроллера.

Далее в соответствии с установленным алгоритмом формируются управляющие электрические сигналы, которые передаются на связанные силовые блоки, усиленные сигналы от силовых блоков поступают на ИМ. Состояние ТО изменяется, что отражается показаниями датчиков, сигналы от которых поступают на входы контроллеров и т.д. Таким образом, цикл автоматического управления реализуется внутри «интеллектуального» шкафа.

Таблица 1. Типы и число связей при взаимодействии компонентов различных уровней АСУТП

Уровни взаимодействия	Соединяемые компоненты	Тип кабеля	Число кабелей
Автоматический режим			
ТО – средний	Датчик – контроллер	Медный **	Один на каждый сигнал
Средний – нижний	Контроллер – силовой блок	Медный	
Нижний – ТО	Силовой блок – ИМ		
Средний – верхний	Контроллер – АРМ*	«Витая пара» /ВОЛС	Один на контроллер
Ручной цикл управления			
Верхний – средний	АРМ – контроллер*	«Витая пара»/ВОЛС	Один на контроллер
Средний – нижний	Контроллер – силовой блок	Медный	Один на каждый сигнал
Нижний – ТО	Силовой блок – ИМ		
Средний – верхний	Контроллер – АРМ*	«Витая пара»/ВОЛС	Один на контроллер

* – через шлюз; ** – для аналоговых сигналов – кабель экранированный

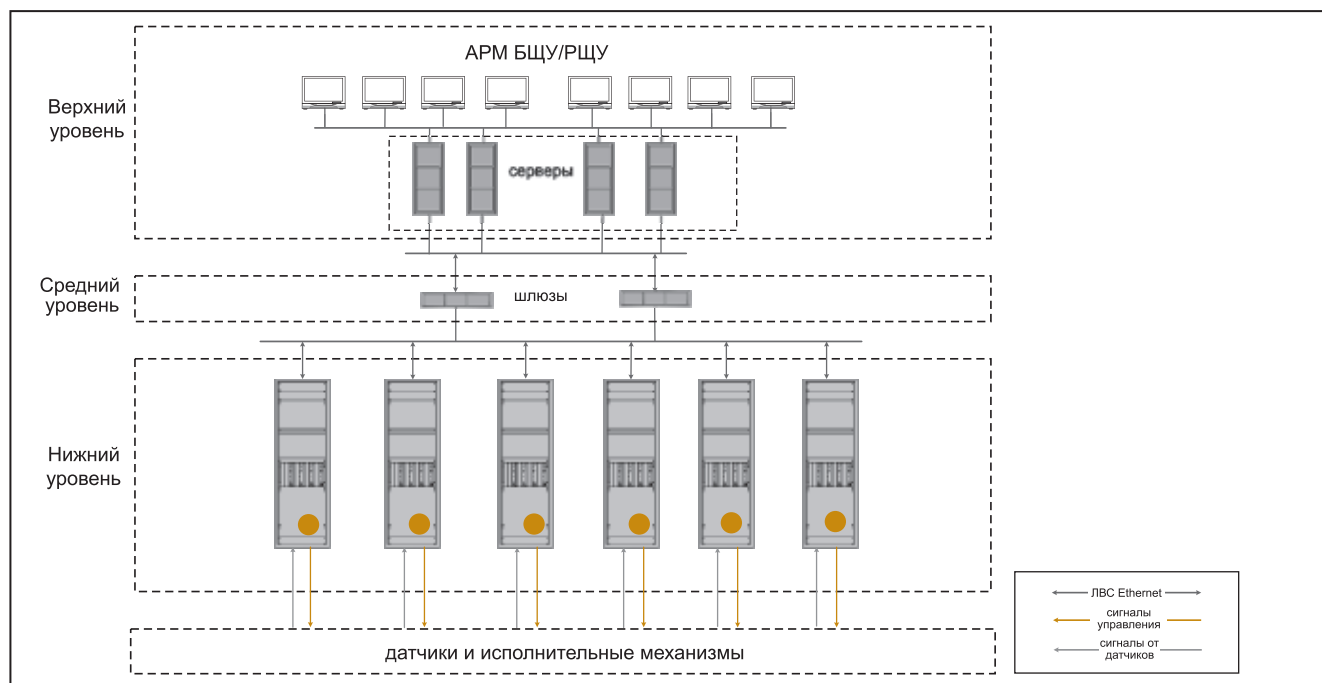


Рис. 2

Как и в «классическом» варианте, оцифрованные данные о текущем состоянии ТО передаются контроллерами «интеллектуальных» шкафов по кабелям ЛВС через шлюзы на серверы и рабочие станции верхнего уровня. Для сокращения числа сетевых соединений в каждый «интеллектуальный» шкаф устанавливается специальный сетевой контроллер-концентратор, собирающий данные от всех контроллеров шкафа по цифровой магистрали. На основе анализа данных о состоянии ТО оператор может принять решение вмешаться в процесс управления, выдав соответствующую команду, которая по ЛВС передается на определенный контроллер через концентратор. Если оператор принял решение напрямую воздействовать на работу ИМ, то команда преобразуется контроллером в соответствующий электрический сигнал, который передается на силовой блок. Оператор также может воздействовать на процесс автоматического управления путем изменения параметров алгоритма управления конкретным ИМ, которые хранятся в памяти «его» контроллера.

Таким образом, получается распределенная система управления. Однако существует важная задача, которая в силу своей специфики должна решаться централизованно — это функционально-групповое управление (ФГУ). В «классической» АСУТП эта задача обычно решается на среднем уровне. Иными словами, ФГУ — это процедуры пошагового управления несколькими ИМ, объединенными в группы по некоторому критерию. В рассматриваемом варианте построения АСУТП задачи ФГУ предлагается выполнять на шлюзах, при необходимости увеличив их вычислительную мощность.

В табл. 2 представлена информация по типу и числу связей при взаимодействии компонентов различ-

ных уровней АСУТП в автоматическом и ручном цикле управления для варианта с «интеллектуальными» шкафами.

Оценим преимущества предлагаемого подхода.

Во-первых, произошло резкое снижение числа соединительных кабелей². Из сравнения табл. 1 и 2 видно, что полностью отпадает нужда в «длинномерах», соединяющих приборные и электротехнические шкафы. Этот вид соединений «переехал» внутрь «интеллектуальных» шкафов. Также сократилась длина кабелей, идущих от датчиков, так как в большинстве случаев расстояние от датчиков до электротехнических шкафов меньше, чем до приборных.

Во-вторых, исчезла необходимость в приборных шкафах³.

В-третьих, распределенная система управления «по построению» более надежна и живуча, нежели централизованная, так как содержит минимум «узких мест» или вообще их не содержит.

И как следствие вышеперечисленного — сокращение материальных и временных затрат при проектировании, оснащении, вводе в эксплуатацию и эксплуатации АСУТП.

Однако за все приходится платить. Как известно из курса физики, вследствие явления самоиндукции при разрыве электрической цепи с индуктивной нагрузкой возникает вихревое магнитное поле, энергия которого прямо пропорциональна произведению значений индуктивности нагрузки и квадрата силы тока. Электроприводы арматуры, обмотки электрообогревателей и т.п. обладают большой индуктивностью, потребляют токи, которые нередко измеряются сотнями ампер. При их переключении генерируется широкий

² Сигнальные кабели на энергоблоке (так называемые длинномеры) измеряются сотнями километров.

³ Соотношение числа приборных шкафов на энергоблоке к числу электротехнических примерно 1 : 6.

Таблица 2. Типы и число связей при взаимодействии компонентов различных уровней АСУТП для варианта с «интеллектуальными» шкафами

Уровни взаимодействия	Соединяемые компоненты	Тип кабеля	Число кабелей
Автоматический режим			
ТО – нижний	Датчик – контроллер	Медный**	Один на каждый сигнал
Нижний – ТО	Силовой блок – ИМ		
Нижний – верхний	Контроллер – АРМ	«Витая пара»/ ВОПС	Один на шкаф
Ручной цикл управления			
Верхний – нижний	АРМ – контроллер*	«Витая пара» / ВОПС	Один на шкаф
Нижний – ТО	Силовой блок – ИМ	Медный	Один на каждый сигнал
Нижний – верхний	Контроллер – АРМ*	«Витая пара» / ВОПС	Один на шкаф контроллера

* – через шлюз; ** – для аналоговых сигналов – кабель экранированный

спектр электромагнитных помех, которые передаются через окружающую среду, цепям электропитания, сигнальным кабелям. В нашем случае положение усугубляется тем, что при размещении в электротехнических шкафах контроллеры находятся в непосредственной близости от переключателей силовоточных цепей (контакторов, магнитных пускателей и т.п.) и, следовательно, подвержены наибольшему влиянию упомянутых помех. Таким образом, при применении предлагаемого подхода на практике проблемой номер один становится электромагнитная совместимость (ЭМС) «коня и лани» — силовых блоков и средств автоматизации. Сказать, что эта проблема не имеет решения, нельзя, но решение требует значительных усилий.

Теперь о применении подхода на практике.

В настоящее время НПП "КОМПЛЕКСЫ и СИСТЕМЫ" выполняют работы по созданию средств автоматизации системы контроля и управления электрообогревом (СА СКУ ЭО) строящегося энергоблока № 4 Белоярской АЭС. Энергоблок оснащается реактором на быстрых нейтронах БН-800. В качестве теплоносителя реакторы данного типа используют жидкий натрий, для циркуляции которого необходимо непрерывно поддерживать в разогретом до определенной высокой температуры состоянии трубы, баки и другое оборудование теплопередающего контура. Таким образом, ТП электрообогрева оборудования — один из важнейших для энергоблока, включающий управление несколькими тысячами обогревателей (тепловыми зонами).

В качестве электротехнических шкафов в СКУ ЭО проектом предусмотрено использование низковольтных комплектных устройств (НКУ РУ) производства Уральского электромеханического завода (УЭМЗ). Для автоматизации управления процессом электрообогрева авторами было предложено использовать одну из последних разработок НПП "КОМПЛЕКСЫ и СИСТЕМЫ" — блок автоматического регулирования малогабаритный (БАР-М)⁴. Блок является функционально законченным



Рис. 3

устройством и предназначен для приема аналоговых и дискретных сигналов от датчиков технологического объекта, их обработки, передачи информации о результатах измерения и других параметров по сетевому интерфейсу RS-485 и формирования сигналов управления исполнительными механизмами технологического объекта по установленному алгоритму управления. Внешний вид БАР-М приведен на рис. 3.

Прикладное ПО БАР-М представляет собой конфигурируемый набор функций обработки и формирования сигналов, автоматического управления по разнообразным алгоритмам, вычисления неизменяемых (расчетных) параметров и т.п. Конфигурирование выполняется с помощью специализированных программно-аппаратных средств, доступных как разработчикам, так и эксплуатирующему персоналу.

БАР-М содержат унифицированную номенклатуру измерительных каналов. Пределы допускаемой основной приведенной погрешности измерений постоянного напряжения и тока составляют $\pm 0,1\%$. Пределы допускаемой дополнительной приведенной погрешности измерений постоянного напряжения и тока, вызванной отклонением температуры окружающего воздуха на каждые 10°C от нормальной, составляют $\pm 0,05\%$.

БАР-М успешно прошел испытания на утверждение типа средств измерений и внесен в государственный реестр средств измерений под номером 50776-12 (утвержден приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 июля 2012 г. № 546).

В составе СА СКУ ЭО блоки БАР-М используются для индивидуального управления (автоматического и ручного) тепловыми зонами. Для каждой тепловой зоны установлена пара БАР-М — силовой блок. Для размещения БАР-М в электротехнических шкафах НКУ-РУ предусмотрены блочные каркасы (блоки монтажные), выполненные по ГОСТ 28601.3. В один блок монтажный (БМ) может быть установлено до 16-ти БАР-М. Кроме блоков авторегулирования, в каждый БМ устанавливается пара модулей коммутации малогабаритных (БАР-0-М), предназначенных для обеспечения взаимодействия по каналам интерфейсов RS-485 и Ethernet 10/100 Мбит/с IEEE 802.3u блоков БАР-М и шлюзов.

В СА СКУ ЭО предусмотрены два шлюза. В состав каждого шлюза входят

для индивидуального управления (автоматического и ручного) тепловыми зонами. Для каждой тепловой зоны установлена пара БАР-М — силовой блок. Для размещения БАР-М в электротехнических шкафах НКУ-РУ предусмотрены блочные каркасы (блоки монтажные), выполненные по ГОСТ 28601.3. В один блок монтажный (БМ) может быть установлено до 16-ти БАР-М. Кроме блоков авторегулирования, в каждый БМ устанавливается пара модулей коммутации малогабаритных (БАР-0-М), предназначенных для обеспечения взаимодействия по каналам интерфейсов RS-485 и Ethernet 10/100 Мбит/с IEEE 802.3u блоков БАР-М и шлюзов.

В СА СКУ ЭО предусмотрены два шлюза. В состав каждого шлюза входят

⁴ Мяхишев Д. В. Тархов Ю. А. Учайкин Н. Н. Комплекс ПАССАТ: от централизованного управления объектами к распределенному // Автоматизация в промышленности. 2011. № 10.

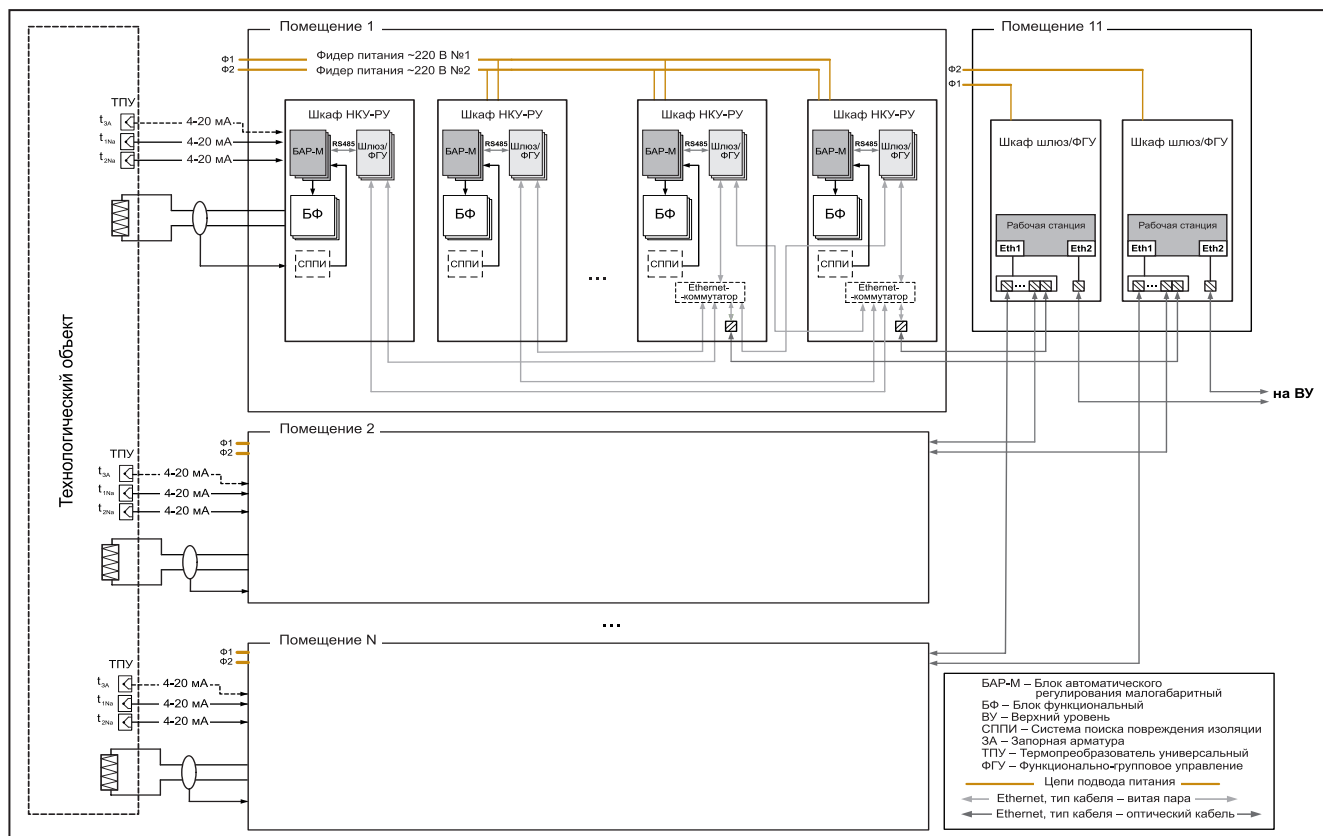


Рис. 4

шесть промышленных серверов, консоль оператора, сетевое оборудование, ИПБ. Кроме чисто «шлюзовых» функций, реализуются функции сервера БД и ФГУ.

Упрощенная структурная схема СКУ ЭО представлена на рис. 4.

В настоящее время параллельно ведутся работы по изготовлению средств автоматизации СКУ ЭО и опробованию их первых образцов на БАЭС.

Несомненно, «интеллектуальные» электротехнические шкафы имеют право на жизнь. Это подтверждается не только пока еще весьма скромным опытом авторов, но и продукцией весьма солидных фирм: интеллектуальные низковольтные комплектные устройства типа MNS iS фирмы ABB (www.abb.com), интеллектуальные

НКУ АВОГ-ЧРП блочно-модульной конструкции производства ЗАО «Газмашпроект» (www.zaogmp.ru), интеллектуальный шкаф ИРТЗО разработки ЗАО «НВТ-Автоматика» (www.nvt.msk.ru), низковольтные комплектные устройства на базе микропроцессорных блоков производства ЗАО «ЧЭАЗ» (www.cheaz.ru), интеллектуальные низковольтные комплектные устройства (с возможностью работы в составе АСУТП) поставки АО «Чебоксарский электроаппарат» (www.elapparat.ru), съемный блок управления электроприводной арматурой КРУЗА-П разработки ЗАО «НТЦ «Диалом»» (www.diaprom.com). Преимущества «интеллектуальных» НКУ значительно перевешивают их недостатки. Но, как говорится, пожием — увидим.

Мякишев Дмитрий Владимирович — канд. техн. наук, доцент, ген. директор, главный конструктор,

Равич Татьяна Кирилловна — директор по конструированию, зам. главного конструктора по конструированию, **Тархов Юрий Андреевич** — зам. главного конструктора по схемотехнике,

Учайкин Николай Николаевич — зам. главного конструктора по проектам ООО НПП «КОМПЛЕКСЫ и СИСТЕМЫ».

Контактные телефоны/факсы: (8412) 447637, 957565, 955998.

E-mail: office@comp-sys.ru <http://www.comp-sys.ru>

Поздравляем редколлегию журнала и лично главного редактора Наталью Игоревну Аристову со славным юбилеем — 10-летием с момента выхода в свет первого номера журнала «Автоматизация в промышленности». Все прошедшие годы мы с Вами шли рука об руку, не реже двух раз в год печатая статьи о нашей продукции, участвуя в круглых столах. Наша фирма является регулярным подписчиком этого замечательного журнала. И я горжусь тем, что являюсь бессменным членом его редколлегии. Успехов Вам, наши дорогие друзья!

Генеральный директор, главный конструктор
ООО НПП «КОМПЛЕКСЫ и СИСТЕМЫ»
канд. техн. наук, доцент

Д.В. Мякишев