Автоматизированная система управления энергопотреблением «Янтарь»

Андрей Фукалов

В статье описан опыт разработки и внедрения автоматизированной системы управления энергопотреблением цехов Уральского электрохимического комбината. Подробно рассматриваются структура системы, аппаратное и программное обеспечение.

Постановка задачи

В основных цехах нашего предприятия для контроля и управления энергетическим и теплотехническим оборудованием применялись системы контроля на базе релейно-контактных систем, сданные в эксплуатацию 20-30 лет назад и выработавшие свой ресурс. Перед предприятием встала задача замены устаревших систем на систему контроля и управления, которая бы отвечала современным требованиям, предъявляемым к программно-техническим средствам.

В качестве объекта контроля и управления выступало энергетическое и теплотехническое оборудование цехов, имеющее следующие особенности:

- непрерывный режим работы;
- большое количество точек контроля (в каждом цехе — не менее 5000 дискретных сигналов и 3000 аналоговых параметров);
- территориальная рассредоточенность точек контроля в пределах цеха;
- удалённость оборудования от диспетчерского пункта энергетика (ДПЭ) до 1 км;
- большая единичная мощность установленных электрических агрегатов;
- высокий уровень электрических помех;
- высокая стоимость действующего технологического оборудования;
- повышенные требования к надёжности функционирования оборудования.

К системе были предъявлены следующие основные требования:

- система должна быть типовой для различных цехов предприятия, независимо от применяемого оборудования;
- режимы функционирования — информационный, локально-автоматический и с возможностью управления оборудованием по командам оператора;
- режим эксплуатации — непрерывный, круглосуточный; во время ремонтных и профилактических работ должно быть исключено снижение надёжности функционирования системы, исключена потеря поступающей и обеспечена сохранность накопленной информации.

Структура системы

После проработки различных вариантов структуры программно-технических средств автоматизированной системы управления энергопотреблением (АСУЭ) «Янтарь» был выбран следующий:

АСУЭ предприятия должна состоять из цеховых сетей АСУЭ, а АСУЭ цеха должна быть построена по принципу информационных кластеров (ИК). ИК должен включать в себя:

- два промышленных компьютера-концентратора, которые выполняют функции серверов баз данных, содержащих описания оборудования, накопленную ретроспективную информацию об изменении параметров и произошедших событиях, а также серверов, обслуживающих доступ к текущей и накопленной информации;
- промышленные программируемые контроллеры (ППК), осуществляющие сбор входной информации (аналоговой и дискретной) о состоянии оборудования, а также выдачу команд управления на исполнительные механизмы.

Таким образом, задачей ИК является сбор данных от первичных преобразователей и сигнализаторов, обработка собранной информации, создание и хранение архивов, а также обеспечение доступа клиентов к текущей и накопленной информации. Так как каждый из цехов располагается в нескольких зданиях, соединенных переходами-галереями, то в одном цеховом здании, как правило, располагается один ИК.

ИК объединены в информационную сеть АСУЭ цеха, в состав которой также входят рабочие станции персонала служб энергетика и механика цеха. Подключение рабочих станций к информационной сети АСУЭ производится, исходя из принципа минимизации использования кабельной продукции.

Структура цеховой сети АСУЭ «Янтарь» представлена на рис. 1.

АСУЭ цехов объединяются в систему управления энергопотреблением предприятия путём подключения к корпоративной вычислительной сети (КВС) комбината через цеховые коммутаторы КВС.

Технические средства АСУЭ

Сетевые средства

Для снижения влияния помех и обеспечения возможности прокладки

© 2003, СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 232-1653 http://www.cta.ru

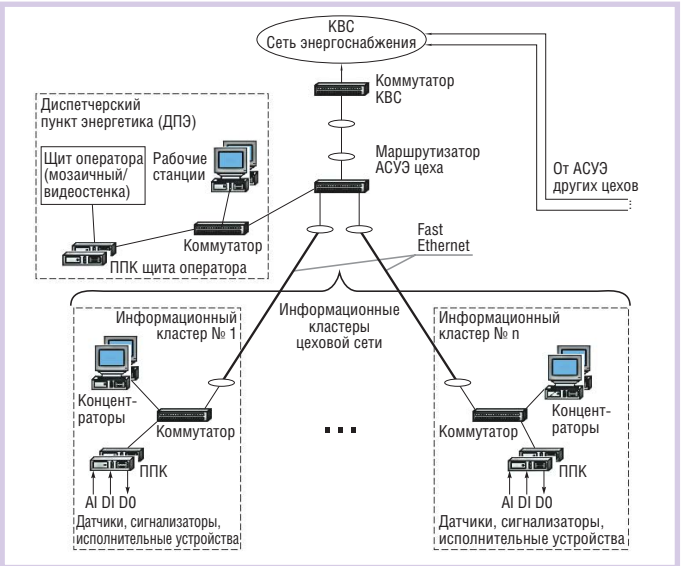
сетей на большие расстояния используются оптоволоконные линии связи. Для внутренней разводки применяется кабель типа витая пара категории 5. В качестве сетевого протокола (канальный уровень) используется Fast Ethernet.

Компьютеры-концентраторы

В качестве компьютеров-концентраторов (или просто концентраторов) используются промышленные компьютеры фирмы Advantech. Для повышения надёжности работы АСУЭ в каждом ИК имеется по два независимых полукомплекта концентраторов. Комплектация концентратора из последнего внедрённого в эксплуатацию ИК была следующей: отказоустойчивое шасси промышленного компьютера IPC-615, кросс-плата PCA-6114P4, процессорная плата PCA-6184VE (процессор Intel Pentium 4 2,4 ГГц), жёсткий диск объёмом 20 Гбайт. Достаточной для нормального функционирования программного обеспечения и реализации всех требуемых задач можно считать такую комплектацию: одноплатный промышленный компьютер на базе процессора не хуже Pentium II с жёстким диском объёмом не менее 1 Гбайт и видеокартой не хуже SVGA 1024×768.

Промышленные программируемые контроллеры

В качестве ППК в АСУЭ используются промышленные контроллеры, тоже построенные на базе изделий фирмы Advantech. Комплектация ППК из последнего сданного в эксплуатацию ИК была следующей: отказоустойчивое шасси промышленного компьютера IPC-6908P4, кросс-плата PCA-6108P4, резервированный источник питания PS-260, процессорная плата PCA-6184V (процессор Intel Pentium 4 2,4 ГГц). Кроме того, в корпусе ППК размещены сетевые средства Fast Ethernet, мультипортовая плата RS-485 и плата АЦП. Такой контроллер для нынешней конфигурации системы обладает некоторой избыточностью и существенным запасом производительности. Разработчики сознательно пошли на это, предполагая дальнейшее расширение АСУЭ в ближайшей перспективе. Достаточной же для нормального функционирования программного обеспечения и реализации всех задач при нынешней конфигурации системы можно считать комплектацию ППК на базе одноплатного промышленного компьютера с процессором не хуже Pentium MMX 200 МГц без видеокарты и жёсткого диска.



Условные обозначения:
— компьютер (концентраторы, рабочие станции);
— маршрутизатор, коммутатор;
— конвертор типа витая пара (кат. 5)/оптоволоконный кабель;
— кабель типа витая пара (кат. 5);
— оптоволоконный кабель;
КВС — корпоративная вычислительная сеть;
ППК — промышленный программируемый контроллер;
AI — аналоговый вход;
DI — дискретный вход;
DO — дискретный выход.

Рис. 1. Структурная схема цеховой сети АСУЭ «Янтарь»

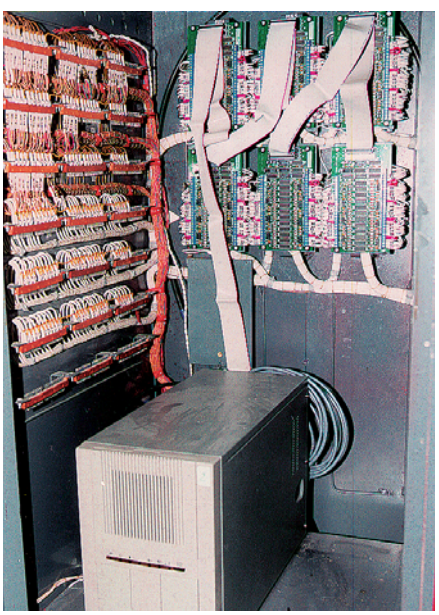


Рис. 2. Шкаф для размещения ППК и соответствующих средств сбора данных и управления

ППК устанавливаются в специальных шкафах, где помимо них размещаются соответствующие платы мультиплексоров аналогового ввода и коммутационное оборудование. На рис. 2 показан один из вариантов компоновки шкафа для размещения ППК.

Средства сбора данных и управления

В настоящий момент в системе используются несколько вариантов компоновки средств сбора данных и управления. В зависимости от числа точек контроля в отдельном ИК, а также их пространственного распределения применяется тот или иной из них.

В связи с большим количеством точек температурного контроля в системе основным устройством сбора аналоговой информации является АЦП IC-539 (IC-540) AI, который позволяет подключить до 16 мультиплексоров (МП) аналогового ввода IC-538 AI. Каждый МП позволяет подключить до 7 термопреобразователей сопротивления (ТСМ) или до 28 преобразователей со стандартным унифицированным выходом.

В качестве средств сбора дискретной информации и управления используются устройства, приведённые в табл. 1. Указанные в таблице достоинства, недостатки и замечания по применению данных устройств являются результатом личного опыта и не претендуют на абсолютную объективность.

Для организации удалённого контроля и управления использованы модули серии I-7000.

Описанные средства сбора данных и управления позволяют АСУЭ в рамках одного ИК (до 20 ППК) контролировать до 3000 дискретных сигналов, 2000 аналоговых параметров и 500 команд управления (данные приведены только для разработанных и внедрённых ИК и не могут считаться реальными ограничивающими показателями).

Щит оператора

В АСУЭ «Янтарь» имеется два варианта реализации щита оператора. Первый — это мозаичный щит, кото-

© 2003, СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 232-1653 http://www.cta.ru

Таблица 1. Характеристика используемых плат дискретного ввода-вывода

Название устройства	Количество каналов	Достоинства	Недостатки	Замечания по применению
Плата дискретного ввода-вывода ACL-7122 (ADLink Technology Inc.)	144 дискретного ввода-вывода	Большое число каналов ввода-вывода	1. Разъёмы портов ввода-вывода установлены на самой плате, а не на внешней крепёжной пластине 2. Невозможность генерации аппаратного прерывания при изменении значения любого входного сигнала	Установить дополнительные разъёмы на шлейфах
Плата дискретного вывода PCI-1752 (Advantech)	64 дискретного вывода (оптоизолированные)	1. Наличие оптической изоляции цепей 2. Высокая скорость переключения каналов 3. Внешние клеммы для подключения цепей управления	Относительно невысокая нагрузочная способность выходных каналов	Плата применяется при концентрированном расположении объектов управления
Плата дискретного ввода PCI-1754 (Advantech)	64 дискретного ввода (оптоизолированные)	1. Наличие оптической изоляции цепей 2. Высокая скорость переключения каналов 3. Внешние клеммы для подключения внешних сигнальных цепей	Невозможность генерации аппаратного прерывания при изменении значения любого входного сигнала	Плата применяется при концентрированном расположении объектов контроля

рый состоит из индикаторов, функционирующих по принципу «горит — не горит». Сигналы на него поступают через набор 64-канальных плат дискретного вывода PCI-1752 (Advantech). Второй вариант — модули видеостенки типа Retro Block DATA 708 (фирма Barco). Анализ и подготовка данных для отображения в первом варианте осуществляется на компьютерах-концентраторах, и информация предоставляется через специальный сервис. Во втором варианте система отображения функционирует как графический клиент с запросом данных через обычный сервис. Сосуществование разных вариантов реализации щита оператора вызвано различиями требований цеховых заказчиков к выбору средств отображения информации на ДПЭ.

Структура программных средств

Программное обеспечение АСУЭ «Янтарь» выполняет следующие задачи:

- сбор аналоговой и дискретной информации;
- формирование команд управления по запросу оператора и передача их на исполнительные устройства;
- отображение текущего состояния оборудования (аналоговая и дискретная информация);
- уставочный контроль показаний аналоговых датчиков;
- сохранение в БД и отображение на экране монитора ретроспективной информации о поведении параметров аналоговых датчиков;
- отображение трендов поведения параметров аналоговых датчиков;
- формирование, отображение на экране монитора, вывод на принтер, сохранение в БД текстовых сообщений о событиях (имеются три уровня тревожности сообщений — информационный, предупредительный и аварийный);
- редактирование БД описания оборудования (с автоматической синхронизацией информации на полукомплектах);
- управление отображением текущей информации (аналоговой и дискретной) на щите оператора ДПЭ;
- непрерывная диагностика состояния программного комплекса, технических средств и линий связи с выдачей звуковой и текстовой сигнализации при обнаружении неисправностей.

В качестве операционной системы компьютеров-концентраторов, ППК и рабочих станций выбрана ОС QNX v.4.x. Разработка графического пользовательского интерфейса выполнена для оболочки Photon v.1.14 с использованием построителя экранных форм Photon Application Builder. Для управления базами данных используется СУБД Raima Data & Object Managers.

В качестве транспортного протокола обмена информацией между контроллерами и концентраторами (серверами) используется стандартный для QNX v.4.x протокол обмена данными FLEET. В качестве транспортного протокола обмена информацией между концентраторами и клиентами используется стандартный стек протокола TCP/IP.

Загрузка программного обеспечения в контроллеры осуществляется с концентраторов посредством сервиса netboot. Программные средства контроллера реализованы в виде совокупности процессов, осуществляющих сбор данных (выдачу команд управления), первичную обработку информации и передачу её на концентраторы. Потоки дискретной входной, дискретной выходной и аналоговой входной информации независимы. Передача данных с контроллера на концентратор организована по принципу событийности, то есть выполняется при изменении

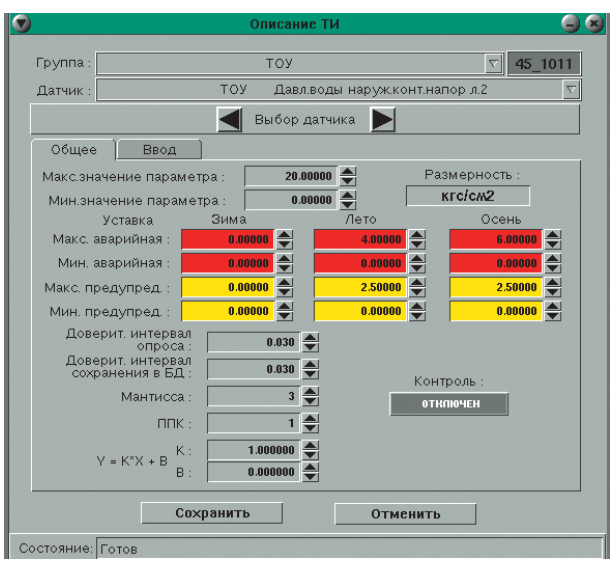


Рис. 3. Редактор базы данных описания оборудования

© 2003, СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 232-1653 http://www.cta.ru

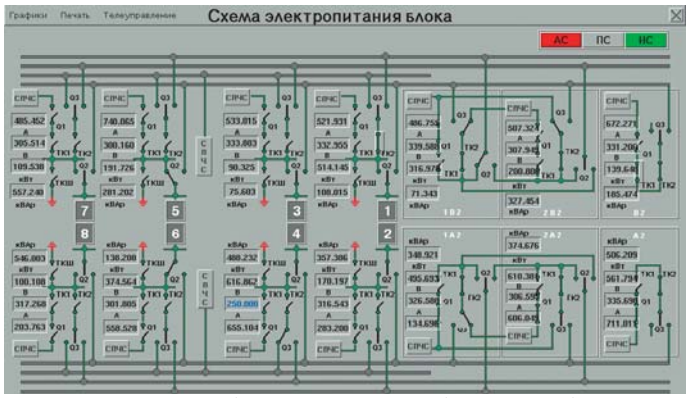


Рис. 4. Мнемосхема отображения состояния оборудования блока электропитания

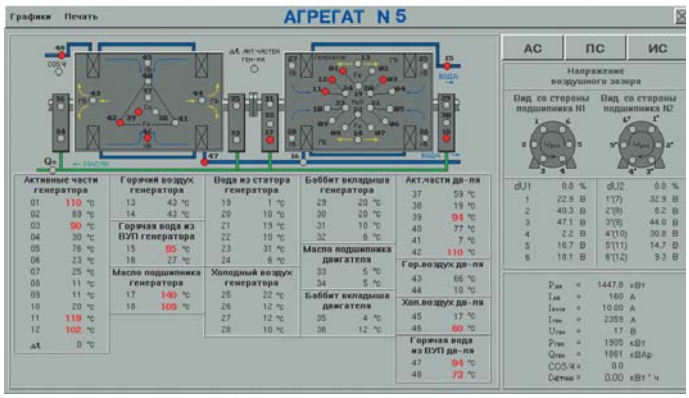


Рис. 6. Мнемосхема отображения состояния агрегата ВГТ (высокочастотный генератор трёхфазный)

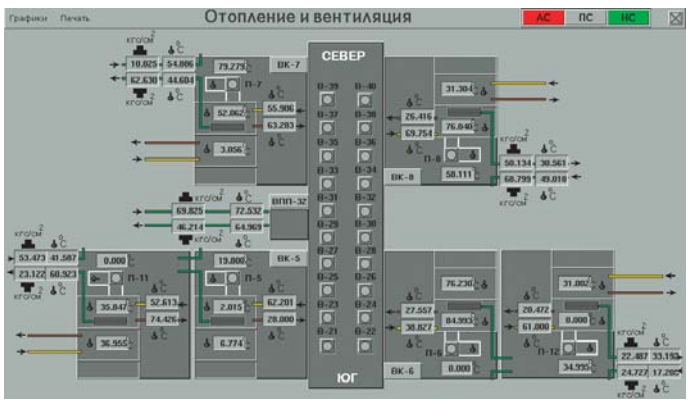


Рис. 5. Мнемосхема отображения состояния оборудования системы отопления и вентиляции

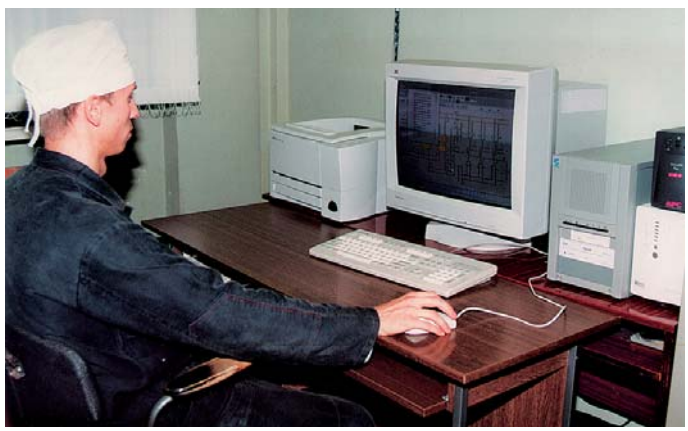


Рис. 7. Рабочее место руководителя группы

входных данных: 1/0 — для дискретной информации, выход за доверительный интервал — для аналоговой информации. Дополнительно периодически производится посылка всего массива данных для проверки корректности информации на концентраторах или проверки функционирования контроллера и наличия связи с задачами сбора данных. Посылка данных с контроллера производится на оба полукомплекта компьютеров-концентраторов.

Для применяемых в системе плат АЦП и дискретного ввода-вывода нами были разработаны драйверы, работающие под QNX v.4.x с использованием стандартного POSIX совместимого протокола.

Задача создания архивов значений параметров функционирует по принципу адаптивного накопления. Сохранение значений параметров происходит при выходе их за доверительный интервал. Доверительные интервалы для передачи данных с контроллера и сохранения их в базе данных в общем случае могут иметь разные границы.

Графический клиент, отображающий текущую или накопленную информацию, «узнает» о характеристиках отображения в момент своего запуска, получая информацию с компьютеров-концентраторов через определенные и запущенные на них сервисы. В АСУЭ «Янтарь» определены следующие сервисы:

- отображение текущей информации о состоянии оборудования (входные дискретные и аналоговые данные, а также тренды);
- отображение в виде графиков ретроспективной информации о поведении параметров (срок хранения — 2 месяца, объём отображения — 1 сутки);
- отображение текстовых сообщений о зарегистрированных событиях (срок хранения — 2 месяца, объём отображения — 1 сутки) с возможностью выборки по типам оборудования и по типам сообщений;
- просмотр и редактирование данных описания оборудования (рис. 3), таких как места подключения контрольных точек (номер контроллера, устройство ввода-вывода), коэффициенты пересчета значений электрических величин в значения величин физических, уставки для контроля значений параметров (аварийные и предупредительные) и т.д.

На рис. 4-6 представлены примеры экранных форм отображения текущей информации (показания, представленные на объектах контроля, заполнены значениями, сгенерированными случайным образом).

Для хранения информации в БД использованы реляционная (для описания оборудования) и сетевая (для хранения ретроспективной информации о значениях параметров и событиях) модели представления данных. Эти возможности в полной мере предоставляет СУБД Raima Data Manager.

Рабочие станции операторов, установленные в помещении ДПЭ, отличаются от рабочих станций руководителей служб и групп (рис. 7) только дополнительной возможностью формировать команды управления и отправлять их для исполнения в ИК. В этой части набор функций оператора получается шире, чем у руководителя службы или группы.

На концентраторах и рабочих станциях функционирует единый программный комплекс. Функциональные возможности каждого компьютера, а также объём решаемых задач определяются стандартными средствами операционной системы — конфигурационными файлами, переменными окружения, входными параметрами процессов и т.д.

© 2003, СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 232-1653 http://www.cta.ru

Результаты внедрения системы

В результате выбора и применения описанного набора программно-технических средств разработка и внедрение системы не представляет особых трудностей и может вестись по мере возникновения потребностей в постановке на контроль нового оборудования цеха.

В настоящий момент сданы в эксплуатацию три информационных кластера. В стадии разработки находятся ещё три. Данные об информационной ёмкости этих ИК приведены в табл. 2.

Таблица 2. Информационная ёмкость сданных в эксплуатацию и внедряемых ИК

Номер ИК по порядку	Количество контроллеров	Количество аналоговых входных каналов (телеизмерение)	Количество дискретных входных каналов (телесигнализация)	Количество дискретных выходных каналов (телеуправление)
Сданы в эксплуатацию				
1	10	660	820	30
2	14	420	980	150
3	6	800	2690	510*
В стадии разработки и внедрения				
4	21*	1000	2800	600*
5	2	200	600	100
6	12	600	1400	150

* В соответствии с техническим заданием один ИК должен иметь до 20 контроллеров и до 500 дискретных выходных каналов. Реальные возможности разработанных ИК гораздо шире, а объективные ограничения для них определяются конфигурацией сети того или иного кластера.

Заключение

Ввод в эксплуатацию системы, состоящей из нескольких информационных кластеров, подтвердил правильность технических решений, принятых при её создании. Уже имеющийся опыт эксплуатации показал, что АСУЭ обладает удобным интерфейсом, позволяющим персоналу постоянно иметь полную информацию о состоянии системы энергопотребления цеха. Кроме того, АСУЭ, построенная по описанной архитектуре, обладает широкими возможностями развития как в количественном отношении (увеличение объёма контролируемого оборудования), так и в качественном (развитие комплекса задач, в частности, задач анализа состояния оборудования).

В настоящее время ведутся работы по информационной интеграции АСУЭ «Янтарь» со смежными АСУ, внедрёнными на предприятии. Интеграция планируется как внутрицеховая, так и межцеховая посредством подключения цеховых сетей АСУЭ «Янтарь» к корпоративной вычислительной сети предприятия.

Автор благодарит своих коллег инженеров-программистов Галкина Е.Н. и Корлыханову И.А. за помощь в реализации описанного проекта и подготовке материалов для данной статьи.

Автор — сотрудник Уральского электрохимического комбината
Телефон: (34370) 570-42

© 2003, СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 232-1653 http://www.cta.ru