

УДК 621.3:519.81

В.А. Иващенко

**АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЕМ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Излагается подход к выбору аппаратно-программных средств построения систем автоматизированного управления электропотреблением промышленных предприятий.

V.A. Ivaschenko

**HARDWARE AND SOFTWARE TOOLS FOR AUTOMATED CONTROL SYSTEMS
OF ELECTRIC ENERGY CONSUMPTION IN INDUSTRIAL ENTERPRISES**

An approach of a choice of hardware end software tools for automated control systems consumption electric energy to industrial enterprise is presented in this paper.

В настоящее время осуществляется переход к использованию новых подходов к построению систем автоматизированных систем управления, основанных на применении современных серийно производимых аппаратно-программных средств [1].

Анализ систем автоматизированных систем управления электропотреблением промышленных предприятий показал, что их построение целесообразно осуществлять на платформе операционных систем (ОС) общего назначения (как правило, Windows NT), а не ОС реального времени (РВ). Это обусловлено тем, что в состав этих систем, наряду с задачами РВ, входят «фоновые» задачи, которые жестко не связаны со временем решения. К таким задачам относятся, например, задачи расчета электробалансов, нормирования и планирования электропотребления предприятий. К тому же использование ОС РВ не гарантирует создания системы реального времени (СРВ). Это необходимое, но недостаточное условие. Требуется еще правильная организация реализации всего комплекса задач, решаемых системой управления (правильное построение общего алгоритма управления) [2].

Результаты тестирования и эксплуатации ОС Windows NT при решении задач управления электропотреблением промышленных предприятий показывают, что время реакции этих систем на события, возникающие в процессе управления, не превышает 1 мс, а время перезагрузки составляет около одной минуты. Это не приводит к нарушениям функционирования объекта управления (ОУ) и вполне допустимо при интервалах сбора информации в системе, составляющих от 3 до 7 минут.

Использование расширений RTX позволяет повысить надежность работы ОС Windows NT в режиме РВ (выполнение страховочных действий и операций по сохранению данных при сбоях в работе ОС). К тому же ряд функций, связанных со сбором информации и ее первичной обработкой, реализуется, как правило, контроллерами в непосредственной близости от контролируемых пунктов, и только затем эта информация вводится в ПЭВМ.

Структура аппаратно-программных средств построения систем управления

Для реализации задач управления электропотреблением промышленных предприятий предлагается структура аппаратно-программных средств, включающая два уровня иерархии (рис. 1):

- нижний уровень составляют контроллеры (ЛОМИКОНТ, Simatic S7-300, TSX Premium, System 300V, Speed 7 и др.), осуществляющие в режиме РВ сбор, преобразование из аналоговой формы в цифровую и наоборот, проверку на достоверность и форматирование измерительной информации, поступающей с ОУ;

- верхний уровень образуют SQL-сервер (серверы) и автоматизированные рабочие места (АРМы), обеспечивающие формирование реляционной базы данных (БД), решение задач и функциональную диагностику систем управления [3].

Данный аппаратно-программный комплекс обеспечивает:

- надежное хранение, резервное копирование и восстановление (при возникновении аппаратных сбоев) информации;

- контроль доступа к БД;

- предотвращение несанкционированного вмешательства в работу системы.

Система управления строится на базе существующих сертифицированных аппаратных и программных средств и включает: датчики (измерительные преобразователи) напряжения, текущих значений активной и реактивной мощности; счетчики электроэнергии; устройства коммутации элементов схем электропитания; устройства передачи данных; контроллеры; ПЭВМ.

Коммуникационные сети реализуются на базе стандартных линий связи, таких как Ethernet, RS-485, RS-232, радиоканалы, и протоколов обмена данными между контроллерами, ПЭВМ и внешними системами – TCP/IP, Modbus, Profibus и др.

В качестве измерительных приборов применяются серийно выпускаемые отечественные и импортные устройства, оборудованные счетно-импульсными цифровыми и аналоговыми выходами, и в отдельных случаях интеллектуальные микропроцессорные датчики.

Назначение серверов опроса четко не привязано к функциям одного из уровней. Они могут использоваться для реализации функций обоих уровней. В «простых» (реализующих небольшое количество задач) системах управления эти серверы отсутствуют.

Для создания Windows-подобных пользовательских интерфейсов, коммуникации с измерительными приборами и исполнительными устройствами используются SCADA-системы (InTouch, Genesis 32, CitectSCADA 6.1, КРУГ-2000, WinCC, Trace Mode 6 и др.), построенные на платформе MS Windows, оснащенные стандартными интерфейсами обмена данными и API функциями, облегчающими процесс разработки отдельных подсистем управления и их интеграции в комплексную АСУ энергетикой и интегрированную АСУ (ИАСУ) предприятий – интеграция с ERP (SAP R3, Oracle Application, «Галактика» и др.) и MES-системами.

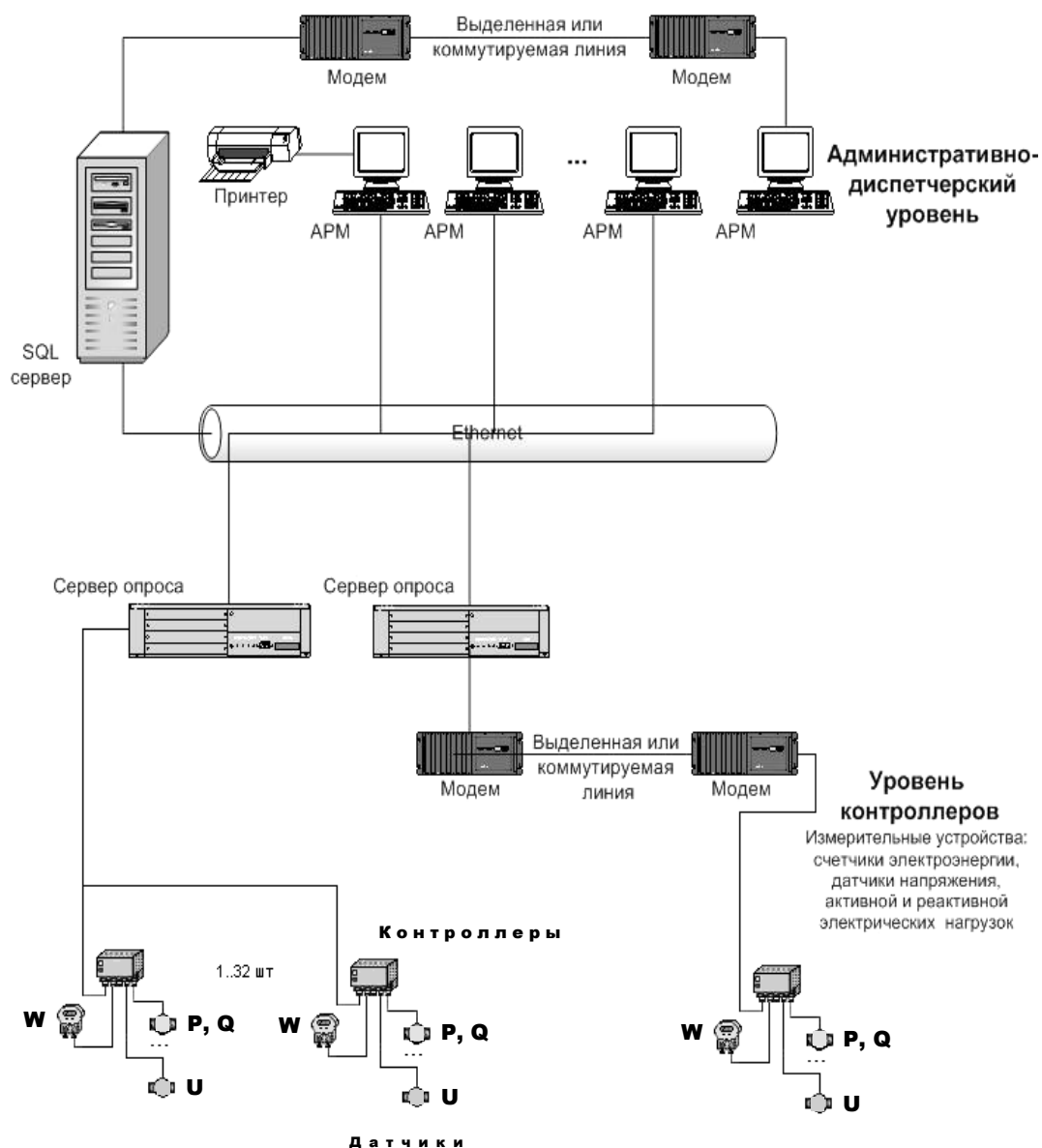


Рис. 1. Структура аппаратно-программных средств построения систем управления электропотреблением промышленных предприятий:
W – расход электроэнергии; P и Q – активная и реактивная мощность; U – напряжение

Среди MES-систем следует особо отметить Simatic IT. Особенностью этой системы является наличие базовых и дополнительных компонентов, открытых интерфейсов и готовых решений по связи с нижним и ERP уровнями, позволяющих создавать эффективные ИАСУ. Все это облегчает внедрение и уменьшает стоимость эксплуатации системы.

Разработка прикладного программного обеспечения (ПО) управления осуществляется либо на встроенных языках SCADA-систем, либо на языках, допускающих подключение к ним, при использовании CASE-средств и универсального языка моделирования UML (Rational Rose, ARIS и др.), существенно упрощающих процесс и сокращающих сроки проектирования систем управления. Использование CASE-средств позволяет отделить проектирование ПО от кодирования и последующих этапов разработки, по возможности скрыть от разработчиков детали среды разработки и функционирования ПО.

При этом следует выделить методологию ARIS, которая включает большое количество известных методов моделирования – диаграммы Чена ERM, язык UML, методики OMT (Object Modeling Technique), BSC (Balanced Scorecard) и др. Это позволяет

исследовать объекты проектирования с разных точек зрения и осуществлять построение моделей, наиболее полно отражающих их взаимодействие с окружающей средой. Все модели и объекты создаются и хранятся в единой базе проекта, что обеспечивает построение интегрированной и целостной картины предметной области.

Автоматизированные рабочие места пользователей системы

Автоматизированные системы управления электропотреблением промышленных предприятий включают АРМы: администратора, главного энергетика, энергетика, энергодиспетчера, инженера по ремонту оборудования и экономиста, которые должны обеспечивать выполнение закрепленных за ними функций:

АРМ администратора должно обеспечивать:

- доступ к конфигурации логической схемы системы управления;
- формирование и редактирование запросов к БД, используемых другими АРМами;
- обмен информацией между БД и программами Microsoft Office;
- ведение системного журнала событий и доступ к информации, содержащейся в нем.

АРМ главного энергетика должно обеспечивать:

- отображение по запросу необходимой текущей информации об электроснабжении предприятия;
- отображение по запросу необходимой отчетной информации об электроснабжении предприятия.

АРМ энергетика должно обеспечивать:

- анализ электропотребления предприятия, расчет показателей электропотребления и электробалансов;
- выбор оптимальных параметров управления электропотреблением предприятия.

АРМ энергодиспетчера должно обеспечивать:

- вывод на экран принципиальных электрических схем с отображением состояния коммутационной аппаратуры;
- отображение текущих и интегральных расходов электроэнергии по объектам электропотребления;
- отображение суточных графиков электропотребления по объектам электропотребления в табличном и графическом виде;
- отображение результатов прогноза электропотребления предприятия и предупреждение о возможном превышении установленных лимитов;
- управление электроснабжением предприятия на основе человеко-машинного диалога в режиме РВ.

АРМ инженера по ремонту энергооборудования должно обеспечивать:

- формирование и отображение графика проведения планово-предупредительных ремонтов (ППР) энергетического оборудования;
- отображение по запросу информации о текущем техническом состоянии электрооборудования.

АРМ экономиста должно обеспечивать:

- ввод регламентируемых энергоснабжающей организацией показателей электропотребления предприятия;
- анализ электропотребления предприятия в экономическом разрезе, получение необходимых отчетов и передача информации в другие подразделения предприятия.

Системы управления электропотреблением предприятий должны обеспечивать также выполнение следующих общесистемных функций:

- ведение единой общесистемной БД;
- системное администрирование с наличием различных уровней доступа, контроль доступа пользователей к БД;
- интеграцию с ПО существующих средств разработки систем управления;
- настройку конфигурации системного меню для АРМ;

– формирование и ведение системного журнала событий.

Решения, положенные в основу построения ПО систем управления электропотреблением промышленных предприятий, должны обеспечивать возможность дальнейшего увеличения количества объектов управления, типов энергоносителей, видов анализа информации и числа АРМ, а также интеграции с другими подсистемами ИАСУ предприятий.

Построение систем управления на базе Trace Mode

Среди SCADA-систем следует особо отметить Trace Mode 6 (компания AdAstra Research Group, Ltd.) [4, 5], в качестве базового механизма взаимодействия программных компонентов которой используется CORBA (рис. 2). Это повышает мобильность системы и позволяет при необходимости экспортировать ее на LINUX, UNIX, QNX и другие ОС.

Многоплатформенность и использование CORBA не снижают удобства работы программных компонентов системы на Windows-платформе, которая является основной. При этом сохраняется поддержка всех популярных Windows-технологий.

Основным сетевым протоколом является TCP/IP.

Протокол ODBC (Open DataBase Connectivity) обеспечивает обмен данными приложения (SCADA-системы) с системой управления БД (СУБД). Его основная цель – преобразование запросов приложения, написанных на стандартном для СУБД языке запросов SQL, в команды, поддерживаемые СУБД.

Протокол динамического обмена данными DDE (Dynamic Data Exchange) позволяет обмениваться данными между программами, а также управлять одной программой из другой программы.

Взаимодействие между SCADA-системами и офисными приложениями обеспечивает протокол OPC (OLE for Process Control). Такая клиент/серверная технология предоставляет механизм сбора данных из различных источников и их передачу любой клиентской программе вне зависимости от типа используемого оборудования. Это позволяет разработчикам ПО сосредоточить внимание на производительности и оптимизации работы серверной части, которая отвечает за сбор и обработку данных.

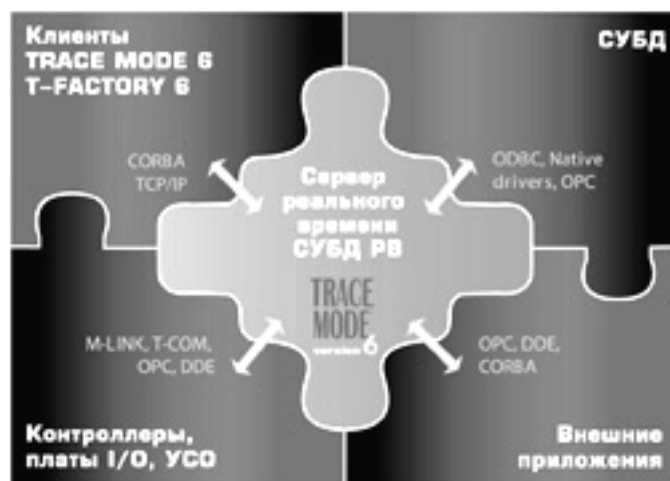


Рис. 2. Взаимосвязь программных компонентов системы, построенной на базе Trace Mode 6

Микромониторы реального времени (микро-МРВ) обеспечивают автоматическое восстановление функционирования в случае зависания процессора путем «безударного рестарта» системы. С их помощью создаются системы с горячим резервом.

Для повышения надежности работы систем управления, построенных на базе Trace Mode 6, предусмотрено диагностирование их состояний в процессе функционирования.

Основу диспетчерского уровня управления составляют мониторы реального времени (МРВ), которые представляют собой серверы, осуществляющие обмен данными с контроллерами, управление, визуализацию информации, запись данных в SIAD 6 и т.д. Они поставляются с библиотекой встроенных драйверов более чем для 1500 контроллеров, промышленных сетей и модулей ввода-вывода. В состав каждого МРВ входит сервер СУБД РВ SIAD 6 и сервер тревог.

К серверу МРВ подключаются клиентские модули NetLink Light («толстый» клиент Trace Mode), а через Web-сервер Trace Mode – Web Activator – «тонкие» Web-клиенты. К МРВ также могут подключаться мобильные пользователи, использующие карманные компьютеры или обыкновенные GSM-телефоны. В первом случае это осуществляется через Trace Mode Mobile для Windows CE, а во втором – посредством GSM Activator.

Для генерирования отчетов в системе используется сервер документирования Trace Mode 6, который может представлять отчеты в Интернет, выводить их на печать и посылать по электронной почте.

Trace Mode 6 содержит средства для разработки АРМов. На административном уровне АСУ используются модули Supervisor, которые позволяют получить руководителю информацию о ходе и ретроспективе производственных процессов, статистических и технико-экономических параметрах предприятия. Кроме того, Supervisor дает возможность просматривать ретроспективу процесса как фильм на видеомониторе.

Приведенная ниже таблица на примере ОАО «Завод автономных источников тока» (г. Саратов) отражает затраты по созданию АСУ режимами электропотребления для неэнергоемких промышленных предприятий (с заявляемой мощностью, участвующей в максимуме нагрузки электроэнергетической системы, порядка 2 МВт) на базе Trace Mode 6 [5].

При оплате предприятием заявленной мощности в размере 160 рублей за 1 киловатт экономия за счет: обоснованного заявления нагрузки, исключения превышений заявленного значения нагрузки и вынужденных отключений технологического оборудования (ТО), а также минимизации потерь электроэнергии в электросети от поточкораспределения реактивной мощности составляет порядка 750 тыс. руб. в год.

Калькуляция затрат на внедрение и эксплуатацию АСУ режимами электропотребления
ОАО «Завод автономных источников тока» (г. Саратов)

Статьи расхода	Количество	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Компьютеры (Celeron 2800, ОЗУ 512 Mb, HDD 80 Gb)	4	15000	60000
Trace Mode 6 (512 каналов ввода-вывода)	4	20000	80000
Разработка прикладного математического обеспечения	1	600000	600000
Контроллеры Simatic S7-300	4	120000	480000
Аналоговые датчики и измерительные преобразователи (E855-M1, E848-M1, E849-M1, приборы серии ИПЦ 6806 и др.)	100	2000	200000
Датчики дискретных сигналов (с приводов высоковольтных выключателей и низковольтных автоматов)	100	1000	100000
Обучение	1	30000	30000
Эксплуатационные затраты	12	7000	84000
Прочее (кабель, кабель-каналы, мебель)	1	60000	60000
Итого:			1694000

Примечание. При составлении таблицы использованы цены и расценки февраля 2006 года [6].

Дополнительная экономия в размере 250 тыс. руб. в год получается за счет:

- скидок с тарифа при оптимизации потребления реактивной мощности;
- поддержания напряжения в узлах электрической сети в заданных пределах.

В результате экономия от внедрения системы составляет около 1 млн. руб. в год. При затратах на внедрение и эксплуатацию системы, приведенных в таблице, срок ее окупаемости около 1,5 года.

Данная система позволяет включить в свой состав задачи нормирования и планирования расхода электрической энергии, управления расходом электроэнергии, мониторинга технического состояния электропотребляющего ТО, а также другие задачи, которые будут возникать по мере развития системы. При этом на задачи управления режимами электропотребления предприятия будет приходиться лишь часть затрат, указанных в таблице.

При полной загрузке системы возможно наращивание аппаратно-программных средств нижнего уровня – контроллеров, датчиков и измерительных преобразователей.

Таким образом, технико-экономический анализ показывает, что внедрение задач управления режимами электропотребления промышленных предприятий на базе предложенной структуры аппаратно-программных средств и SCADA-системы Trace Mode 6 эффективно даже для неэнергоемких предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иващенко В.А. Подход к построению структур автоматизированного управления электропотреблением промышленных предприятий / В.А. Иващенко, А.Ф. Резчиков, Е.И. Шлычков // Мехатроника, автоматизация, управление. 2006. № 5. С. 53-56.
2. SWD Software [Электронный ресурс]: Применение ОС QNX в промышленности. Режим доступа: <http://www.swd.ru/qnx/support/literature/vote/004.html>. Загл. с экрана.
3. Иващенко В.А. Аппаратно-программная реализация систем управления электроэнергетикой промышленных предприятий / В.А. Иващенко, Ю.И. Мартынов, А.Ф. Резчиков // Информационные технологии в науке, производстве и социальной сфере: сб. науч. тр. / под ред. акад. Ю.В. Гуляева. Саратов: Научная книга, 2005. С. 294-297.
4. Бузинов Р.А. Интегрированная разработка системы автоматизации промышленного предприятия в TRACE MODE 6: АСУ ТП + АСУП от датчика до ERP / Р.А. Бузинов // Управление производством в системе TRACE MODE: тез. докл. XI Междунар. конф. и выставка. М., 2005. С. 9-18.
5. Построение систем управления электропотреблением промышленных предприятий на основе SCADA-систем / В.А. Иващенко, Д.А. Васильев, Ю.И. Мартынов, А.Ф. Резчиков // Проблемы и перспективы прецизионной механики и управления в машиностроении: материалы Междунар. конф. / ИПТМУ РАН. Саратов, 2006. С. 87-97.
6. AdAstrA Research Group, Ltd [Электронный ресурс]: Цены на продукцию и услуги с 17.02.2006. Режим доступа: <http://www.adastra.ru>. Загл. с экрана.

Иващенко Владимир Андреевич –
доктор технических наук, ведущий научный сотрудник
Института проблем точной механики и управления РАН, г. Саратов

Статья поступила в редакцию 14.05.07, принята к опубликованию 03.07.07