

**СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
В ПРОМЫШЛЕННОМ ПРИМЕНЕНИИ**

УДК 681.518

Н. В. Котов, А. В. Курочкин, В. В. Курочкин, С. В. Окунишников*(Новосибирск)***АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ
ПАРАМЕТРОВ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ**

Рассматривается один из вариантов реализации цифровой распределенной системы контроля параметров гидроэлектростанции. Излагаются основные требования, архитектура и инженерные решения, использованные при создании аппаратной части и программного обеспечения.

Введение. Современный уровень развития вычислительной техники и средств промышленной автоматизации создали предпосылки внедрения компьютерных систем управления технологическими процессами в различные отрасли промышленности, в том числе и в энергетику. Автоматизированные системы контроля (АСК) технологических процессов, входящие в состав системы управления производством, дают возможность повысить эффективность оборудования и качество выпускаемой продукции, уменьшить затраты на ремонтные работы, улучшить экологическую обстановку и т. д.

Среди энергетических объектов особое место занимают гидроэлектростанции (ГЭС). Они обладают значительной протяженностью и имеют большое число контролируемых параметров в сочетании с тяжелыми условиями эксплуатации, а именно с повышенной вибрацией, стопроцентной влажностью, мощными электромагнитными помехами, большим перепадом рабочих температур [1].

В процессе автоматизации энергетического объекта наиболее трудоемким и неоднозначным является выбор аппаратных и программных средств. Поэтому в данной работе представлен один из вариантов решения этой задачи на основе сформулированных требований к АСК ГЭС, предложена архитектура построения таких систем, обоснованы инженерные решения.

Общие требования. На основе анализа различных аспектов и тенденций развития систем управления крупными промышленными объектами [2—6] были сформулированы общие требования к АСК:

— построение на основе многоуровневой иерархической архитектуры, состоящей из подсистем контроля, как каждого элемента технологического оборудования отдельно, так и всего предприятия в целом, поэтому в случае отказа какой-либо из подсистем сохраняется работоспособность остального оборудования АСК;

— реализация технологии открытых систем реального времени [2], в которых используются сетевые средства связи со стандартными интерфейсами и протоколами для передачи данных между персональными компьютерами (ПК) и промышленными контроллерами различных фирм-производителей как на этапе создания АСК, так и в процессе ее модернизации (жизненный цикл систем автоматизации достигает в среднем 10 лет);

— программная совместимость с наиболее распространенными в стране компьютерными платформами [3] с учетом имеющегося программного обеспечения и относительно низкой стоимостью комплектующих изделий;

— использование интерактивных компьютерных средств, которые дают возможность отображения хода технологических процессов, диспетчерского управления и аварийной сигнализации;

— дружественный человеко-машинный интерфейс на диспетчерском рабочем месте, так как компьютерная подготовка обслуживающего персонала, как правило, невысока [4, 5];

— для реализации автоматизированных рабочих мест диспетчеров предпочтительное использование одного из специализированных программных пакетов класса SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition — диспетчерское управление и сбор данных) [6], применение которых повышает производительность труда разработчиков и даст возможность создавать прикладные программы в кратчайшие сроки небольшим коллективом.

Дополнительные требования. Гидроэлектростанции как объекты автоматизации предъявляют ряд специфических требований к АСК:

— протяженная и скоростная линия связи между агрегатами ГЭС и диспетчерским пультом, определяемая значительными геометрическими размерами объекта автоматизации;

— соединение по шинной топологии расположенных вокруг агрегата датчиков и исполнительных механизмов с помощью локальных помехоустойчивых линий связи, за счет этого по сравнению со звездообразной топологией уменьшение стоимости коммуникационных соединений;

— сохранение работоспособности аппаратуры АСК в тяжелых условиях эксплуатации при повышенных вибрациях и высокой влажности, при мощных промышленных помехах и в широком диапазоне рабочих температур;

— использование бесконтактной аппаратуры измерения неэлектрических параметров (измерители биений вала, уровнемеры и т. д.) для увеличения срока службы оборудования, уменьшения погрешности измерения и снижения затрат на обслуживание;

— высокая производительность компьютерных средств для контроля в реальном масштабе времени большого количества аналоговых и цифровых параметров;

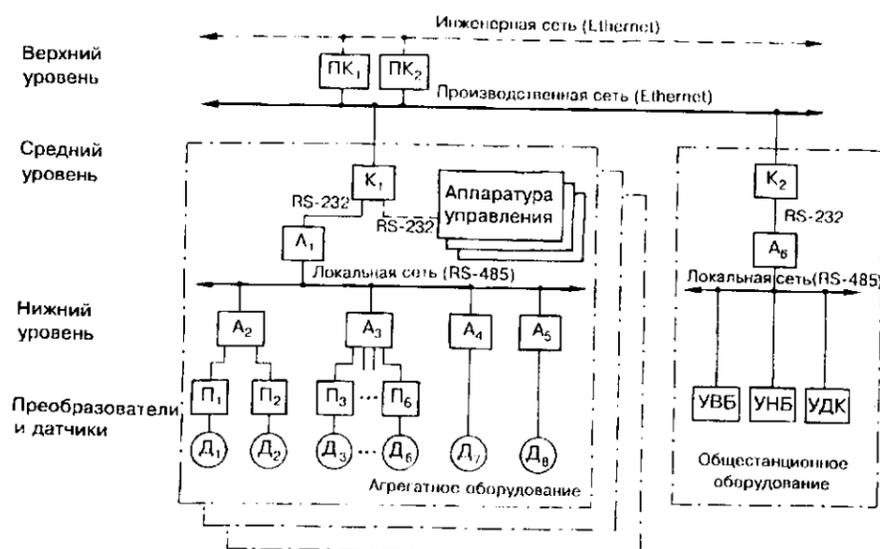
— гальванические развязки всех входов и выходов аппаратуры АСК, обеспечивающие защиту оборудования от короткого замыкания на сеть переменного тока;

— базирование системы на компонентах, обеспечивающих время наработки на отказ более 50 000 ч (около 6 лет), при этом срок эксплуатации АСК может совпадать со сроком полного износа технологического оборудования.

Архитектура АСК. В настоящее время при построении АСК наблюдается переход от использования централизованных архитектур, в которых к одной или нескольким стойкам аппаратуры подключаются все аналоговые и релейные сигналы, к распределенным архитектурам на основе локальных вычислительных сетей. Это позволяет сэкономить до 70 % дорогостоящей кабельной продукции, уменьшить затраты на эксплуатацию и т. д.

Предлагаемая трехуровневая архитектура АСК ГЭС представлена на рисунке.

Верхний (диспетчерский) уровень составляют автоматизированные рабочие места диспетчеров, созданные на основе персональных компьютеров ПК₁ и ПК₂. В специальных базах данных на диспетчерских ПК накапливается полная технологическая информация и производится ее обработка. Собранные данные представляются на экране компьютеров в числовом виде или с помощью гистограмм и графиков. При помощи системы графических индикаторов диспетчер оповещается о превышении параметрами соответствующих аварийных уставок или о недостоверности значений этих параметров. В любой момент времени диспетчер со своего рабочего места может изменить любые технологические или аварийные уставки. На каждом диспетчерском ПК ведется специальный файловый архив для последующего анализа технологической



информации. Имеется четыре типа архивов: секундный, минутный, часовой и суточный. Секундный архив предназначен для хранения данных, поступающих каждую секунду с контроллеров среднего уровня в течение суток. В минутный архив записываются данные, усредненные за минуту, соответственно в часовой — за час, в суточный — за сутки. Минутный архив рассчитан на неделю, часовой — на год, а суточный — на 50 лет. Файловые архивы могут быть просмотрены диспетчером. Для получения твердых копий имеется возможность распечатки накопленной технологической информации.

В АСК предусмотрена возможность подсоединения диспетчерских компьютеров к общестанционной инженерной сети, к которой подключены инженерные компьютеры для проведения диагностики технического состояния оборудования, а также компьютеры административно-управленческого персонала. Кроме того, по инженерной сети можно передавать производственные данные в другие организации энергосистемы.

Средний (агрегатный) уровень АСК составляют промышленные контроллеры K_1 и K_2 , на которых выполняется концентрация данных. Они в режиме реального времени осуществляют опрос контроллеров нижнего уровня, предварительную обработку полученных данных и передают накопленную технологическую информацию на верхний (диспетчерский) уровень.

Производственная сеть, которая объединяет контроллеры-концентраторы и диспетчерские ПК, построена на широко применяемом в настоящее время стандарте Ethernet [7]. Этот стандарт — типичный представитель сетей с коллективным доступом. Физической средой передачи данных является коаксиальный кабель, позволяющий обмениваться относительно короткими сообщениями (до 1 Кбайт) со скоростью 10 Мбит/с. Сеть может иметь протяженность до 1 км и содержать до двух повторителей.

Нижний уровень системы для каждого из агрегатов ГЭС составляют контроллеры A_2 — A_5 . На аналоговые входы этих контроллеров поступают унифицированные сигналы 0—5 мА от датчиков виброперемещений D_1 — D_6 через соответствующие преобразователи P_1 — P_6 , от датчика D_7 перепада давлений воды на сороудерживающей решетке, а также от измерителя расхода воды охлаждения турбинного подшипника D_8 . Все контроллеры нижнего уровня объединяются локальной сетью на основе интерфейса RS-485. Контроллер-концентратор K_1 подключается к локальной сети через модуль A_1 , преобразующий интерфейс RS-232 в RS-485. Кроме того, с контроллером K_1 по линии

RS-232 может быть связана имеющаяся на агрегате аппаратура управления для анализа ее работоспособности.

Интерфейс RS-485, используемый для создания локальной шины, соответствует спецификации симметричной передачи данных стандарта EIA RS-485 [8] и пригоден для скоростной передачи данных. Дифференциальная структура этого интерфейса значительно ослабляет влияние любых смещений земляного потенциала и сигналов помех, которые проявляются как синфазное напряжение на выходах передатчиков и входах приемников. Максимальная длина экранированной витой пары варьируется от 1,2 км при скорости передачи данных 90 Кбит/с и до 200 м при скорости передачи 500 Кбит/с.

Подсистема общестанционного оборудования имеет в своем составе уровнемер верхнего бьефа (УВБ), уровнемер нижнего бьефа (УНБ) и уровнемер дренажного колодца (УДК). Результаты измерений, полученные этими уровнемерами, передаются на контроллер-концентратор К₂ по локальной сети с интерфейсом RS-485. Контроллер К₂ подключен, с одной стороны, к локальной сети через модуль А₆ — преобразователь RS-232 в RS-485, а с другой — к производственной сети Ethernet.

Базовая аппаратура. К числу базовых компонент АСК можно отнести компьютеры диспетчеров, а также контроллеры среднего и нижнего уровней.

В настоящее время компьютерная архитектура IBM является наиболее распространенной как за рубежом, так и в нашей стране, за счет постоянного снижения цен и повышения технико-экономических показателей, наличия доступного программного обеспечения, в том числе в области систем реального времени, а также большого количества высококвалифицированных специалистов по архитектуре и программированию IBM PC. Обычно на верхнем уровне иерархии промышленных систем находятся мощные компьютеры, предназначенные для управления производством и технологическими процессами. Эти компьютеры повышенной надежности способны круглосуточно работать в широком диапазоне температур, при вибрациях и других неблагоприятных факторах.

Для верхнего (диспетчерского) уровня АСК из большого количества продукции различных фирм-производителей удовлетворяют указанным требованиям PC-совместимые компьютеры HP Vectra фирмы "Hewlett-Packard" [9], которые отличаются высокой производительностью, высоким качеством компонент и относительно низкой ценой.

Более жесткие требования предъявляются к контроллерам среднего и нижнего уровней АСК, так как эта аппаратура должна работать в непосредственной близости от каждого из агрегатов ГЭС.

В последнее время компьютерные средства с архитектурой IBM PC применяются на все более низких уровнях автоматизированных систем управления. Контроллеры-концентраторы, составляющие средний уровень АСК, легко реализовать на PC-совместимых промышленных контроллерах MicroPC фирмы "Octagon Systems", которые широко используются в России. Высокая вибростойкость этих контроллеров позволяет устанавливать их непосредственно на агрегатах. MicroPC функционируют с бездискковой операционной системой, загружаемой из ПЗУ, а в качестве накопителей используются электронные диски, в том числе на базе флэш-памяти. В MicroPC имеется сторожевой таймер для перезапуска контроллера в случае «зависания» прикладной программы. За счет минимальных габаритов, небольшого потребления энергии, отсутствия вентиляторов, высокой механической прочности удается гарантировать среднее время наработки на отказ 90 000 — 230 000 ч [10].

В качестве контроллеров нижнего уровня используются надежные контроллеры ADAM-4000 фирмы "Adventech" [11], обеспечивающие связь объекта с вычислительными средствами системы. С их помощью выполняется нормализация входных аналоговых сигналов, т. е. приведение границ шкалы первичного непрерывного сигнала к одному из стандартных диапазонов аналого-цифрового преобразователя измерительного канала. Кроме того, ADAM-4000 осуществляют предварительную низкочастотную фильтрацию аналоговых сигналов за счет ограничения полосы частот первичного непрерывного сигнала

с целью снижения влияния на результаты измерения помех различного происхождения. К ним можно отнести помехи с частотой сети переменного тока, а также случайные импульсные помехи, вызванные влиянием переходных процессов и наводок при коммутации исполнительных механизмов повышенной мощности. Например, коэффициент ослабления синфазной составляющей помехи на частоте 50 Гц может составлять 92—150 дБ. Контроллеры фирмы "Advantech" обеспечивают гальваническую развязку, за счет чего, помимо собственно защиты входных и выходных цепей, удается снизить влияние на результаты измерения помех по цепям заземления. Погрешность ввода аналоговых сигналов контроллеров ADAM-4000 составляет 0,1 %, а скорость передачи данных по экранированной витой паре с интерфейсом RS-485 может достигать 19 200 бит/с при длине 1,2 км. Оборудование фирмы "Advantech", предназначенное для применения в производственных условиях при рабочих температурах 0—50 °С, имеет среднее время наработки на отказ 50 000—100 000 ч [10].

Таким образом, применение надежной базовой аппаратуры с высокими метрологическими и эксплуатационными характеристиками дает возможность решать все задачи, поставленные перед АСК ГЭС.

Измерительная аппаратура. Измерение виброперемещений вала агрегата осуществляется с помощью аппаратуры, разработанной АО ЭМИ (Пенза). В состав каждого из шести каналов измерения входит бесконтактный датчик ДЛП-1 (Д₁—Д₆) и многофункциональный преобразователь ПОЛИНОМ-ЗСБ (П₁—П₆). Диапазон измерения виброперемещений в полосе частот до 1 Гц составляет 0—3 мм, а погрешность измерения равна 2 %. Датчики расположены попарно на трех уровнях. На каждом уровне датчики развернуты на 90° относительно оси вращения агрегата.

Перепад давлений воды на сороудерживающей решетке и расход охлаждающей воды турбинного подшипника (Д₇, Д₈) измеряются датчиками разности давлений «Сапфир-22МТ» производства АО «Манометр» (Москва). В основном диапазоне измерений до 100 кПа погрешность преобразования разности давлений в электрический ток 0—5 мА составляет 0,25 %.

Для бесконтактного измерения уровней верхнего и нижнего бьефов, а также уровня воды в дренажном колодце (УВБ, УНБ и УДК) применены ультразвуковые уровнемеры, поставляемые НТЦ ИИТ (Королев Московской обл.). В диапазоне измерений 1,25 ÷ 15 м относительная погрешность составляет 0,2 %. Она достигается за счет введения температурной коррекции результатов измерений.

Программное обеспечение. В состав программного обеспечения (ПО) АСК входят прикладные программы рабочих мест диспетчеров на компьютерах ПК₁ и ПК₂, программы контроллеров-концентраторов К₁ и К₂, а также сетевое ПО производственной сети Ethernet.

В настоящее время для создания ПО диспетчера широко используются специализированные SCADA-пакеты, позволяющие перенести наиболее трудоемкие этапы разработки из области применения стандартных языков программирования (таких как Си++) в область графического программирования. Это дает возможность создавать прикладное ПО небольшим коллективом специалистов в минимальные сроки. На российском рынке представлен целый ряд подобных средств.

В качестве среды разработки прикладного ПО АСК использован отечественный пакет TRACE MODE версии 4.20 [12]. Такой выбор обусловлен следующими факторами. Во-первых, TRACE MODE обеспечивает приемлемый набор графических форм отображения информации, возможность ведения архивов и отчетов тревог, а также составление и печать производственных ведомостей. Во-вторых, только данный пакет имеет среду исполнения (монитор реального времени) как для обычных ПК, которые используются на диспетчерском уровне, так и для MicroPC, выступающих в роли контроллеров-концентраторов, что дает возможность разрабатывать прикладное ПО с помощью единого инструмента. В-третьих, стоимость TRACE MODE примерно на порядок меньше, чем других имеющихся пакетов.

Производственная сеть реализована на основе наиболее доступной сетевой операционной системы Personal Netware фирмы "Novell". Обмен данными по сети между контроллерами-концентраторами и диспетчерскими ПК происходит по протоколу NetBIOS.

Заключение. В результате проведенных исследований выбраны аппаратные и программные средства автоматизации энергетического объекта на примере гидроэлектростанции. С помощью этих средств разработана и реализована на Новосибирской ГЭС первая очередь АСК, которая дала возможность диспетчеру контролировать общестанционное оборудование и технологические параметры одного из агрегатов.

При относительно небольшом количестве контролируемых параметров (до 1000) использование надежных контроллеров MicroPC, малоканальных модулей сбора данных типа ADAM-4000 и недорогой графической инструментальной SCADA-системы TRACE MODE позволяет создавать простые наращиваемые АСК в составе систем управления энергетическими объектами.

Схема построения, аппаратные и программные средства могут использоваться и в других областях промышленного производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эксплуатация гидроэлектростанций /Под общ. ред. В. С. Серкова. М.: Энергия, 1977.
2. Васьков С. Т., Вьюхин В. Н., Коршевер И. И. Открытые системы реального времени // Информатика и вычислительная техника. 1995. № 1-2.
3. Корнеева А. И. Анализ требований к системам управления и новые разработки АСУТП // Приборы и системы управления. 1994. № 7.
4. Сорокин С. IBM PC в промышленности // Компьютерная неделя. М. 1993. № 19.
5. Булавский Д. В., Зюбин В. Е., Карлсон Н. Н. и др. Автоматизированная система управления установкой для выращивания монокристаллов кремния // Автометрия. 1996. № 2. С. 26.
6. Williams R. I. Handbook of SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) Systems: PenWell Publishing Corp., 1992.
7. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: Пер. с англ. М.: Мир, 1993. 2.
8. Любашин А. Н. Первое знакомство: краткий обзор промышленных сетей по материалам конференции FieldComms-95 // Мир компьютерной автоматизации. 1996. № 1.
9. Мястовски С. Новые настольные машины Hewlett-Packard Vectra // Мир ПК. 1997. № 8.
10. Все необходимое для промышленных, бортовых и встроенных систем управления, контроля и сбора данных: Каталог № 1: ProSoft.
11. Локотков А. Устройства связи с объектом. Модули фирмы Adventech // Современные технологии автоматизации. 1997. № 2.
12. Анзимиров Л. В., Медведев С. Р. TRACE MODE 4.20: новый уровень инструментальной системы для разработки АСУТП // Приборы и системы управления. 1996. № 9.

Поступила в редакцию 28 ноября 1997 г.