



АСУ гидроагрегатов Загорской ГАЭС: особенности внедрения, эксплуатации и развития

В.В. Плетнёв (ООО «НПФ «Ракурс»)

Описаны особенности объекта автоматизации – Загорской гидроаккумулирующей электростанции. Приведена структура и состав АСУ гидроагрегатами. Рассмотрены особенности реализации проекта – технические и программные решения, разработанные специально для данного проекта.

Ключевые слова: гидроагрегат, гидроаккумулирующая электростанция, виброконтроль, диагностика, архивация данных, интеграция.

АСУ комплексного объекта нельзя рассматривать как статичный механизм решения алгоритмизированных задач. Хотя ей присущи такие черты и подобная позиция выглядит экономически привлекательной, однако это путь к неконтролируемой деградации объекта управления. Системный же подход требует не только выбора правильных решений для структуры и принципов функционирования, но и ежедневного компетентного анализа, внимания к деталям, доработки как объекта управления, так и АСУ в соответствии с изменившимися условиями. Именно такой подход использовался специалистами при выполнении проекта автоматизации на Загорской ГАЭС.

Объект и стратегия автоматизации

Существование гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС) обусловлено дефицитом маневренных мощностей на фоне преобладания тепловых и атомных электростанций. Ночное использование избытка электроэнергии для закачивания воды в верхний бассейн, утреннее и вечернее покрытие дефицита в энергосистеме работой агрегатов в генераторном режиме, обеспечивают выравнивание суточной неоднородности графика нагрузок. Попутно решаются задачи оптимизации работы тепловых и атомных электростанций, позволяя им избегать кратковременных глубоких разгрузок и таким образом сокращать износ оборудования энергоблоков. Обеспечивается баланс доступных потребителям активной и реактивной мощностей. Реализация функции аварийного резерва генерирующей мощности дает возможность купировать сбои в энергосистеме, не давая локальным авариям перерасти в системные.

Мощность Загорской ГАЭС, расположенной в Сергиево-Посадском районе Московской области, – 1200/1320 МВт (в турбинном/насосном режимах). ГАЭС включает шесть обратимых гидроагрегатов радиально-осевого типа мощностью по 200/220 МВт с расчетным напором 100 м. К ГАЭС относятся рукотворное водохранилище верхнего бьефа и нижний бьеф на реке Кунья.

Проведенное обследование объекта привело к выработке следующей стратегии автоматизации: было принято решение о разделении гидромеханической и электротехнической частей оборудования на две независимые системы для обеспечения возможности выбора наиболее эффективных решений, учитывающих их специфику и индивидуальные специализированные требования. Работы по созданию АСУ электротехническим оборудованием (АСУ ЭТО) еще продолжаются, тогда как весь запланированный комплекс работ в области АСУ гидроагрегатами (АСУ ГА) выполнен к концу 2011 г.

В течение пяти лет, начиная с декабря 2006 г., ООО «НПФ «Ракурс» последовательно произвело замену АСУ ГА для всех агрегатов. АСУ состоит из двух частей – верхнего (общего) и среднего (поагрегатного) уровня.

Верхний уровень АСУ

Состав и функции верхнего уровня управления:

- 1) дублированные серверы БД – ведение архива данных функционирования АСУ ГА и интегрированных систем, обслуживание канала связи с административной сетью станции;
- 2) дублированные серверы общестанционного уровня – обработка сигналов точного времени от ПТК измерений, сигнализации, управления общестанционного уровня (ИСУ ОУ); организация SNTP (Simple Network Time Protocol) сервера для синхронизации участников сети верхнего уровня;
- 3) ПТК ИСУ ОУ – централизованная обработка данных сигнализации от ПТК верхнего и среднего уровней, математическая обработка показаний датчиков уровня бьефов с учетом стоячих волн, расчет текущего напора и передача его на ПТК электрогидравлического регулятора (ЭГР) каждого агрегата, раздача ПТК агрегатного уровня синхроимпульсов сигналов точного времени от GPS/ГЛОНАСС приемника ПС-161 (производства ОАО «Российский институт радионавигации и времени»);

4) АРМ оперативного и диспетчерского персонала (6 ед.) – визуализация протекания ТП, состояния сигнализации;

5) агрегатный шлюз на каждом ГА – узел связи между верхним и средним уровнями: консолидация данных от ПТК среднего уровня, транзит команд от верхнего уровня управления и обеспечение синхронизации по SNTP;

6) информационная панель на каждом ГА – ведение архива параметров функционирования агрегата для обеспечения локального, независимого от основных серверов БД доступа к нему;

7) станция виброконтроля на каждом ГА – подключение к локальному стационарному комплексу оборудования виброконтроля, сбора, анализа и трансляция данных от него;

8) мультиплексор Метран-670 на каждом ГА – подключение HART совместимых устройств (Highway Addressable Remote Transducer), передача данных между ними и конфигурационным ПО.

Базовое ПО:

1) операционные системы Windows XP и Windows 2003 Server (Microsoft);

2) SCADA-система Intouch (Wonderware), обеспечивающая визуализацию ТП: схема ГА, электрическая схема, гистограммы температур, диаграмма мощности, текущая сигнализация, управляющие экраны датчиков и механизмов;

3) сервис маршрутизации данных FinsRouter (ООО «НПФ «Ракурс»), осуществляющий кросс-конвертацию стандартных протоколов связи;

4) сервис архивации данных аналоговой и дискретной истории FinsLogger (ООО «НПФ «Ракурс»);

5) сервис доступа к данным аналоговой и дискретной истории RawServer (ООО «НПФ «Ракурс»);

6) ПО для обработки данных аналоговой и дискретной истории Trends (ООО «НПФ «Ракурс») – построение графиков, отчетов, отображение и фильтрация дискретной истории;

7) ПО диагностирования функционирования агрегатов UnitDiag (ООО «НПФ «Ракурс», «Фирма ОРГРЭС»);

8) программа HART-Master (ПГ «Метран») для работы с агрегатными мультиплексорами и обслуживания датчиков, поддерживающих HART протокол;

9) программный комплекс виброконтроля Алмаз-7010 (ООО «Диамех 2000»).

Сетевое взаимодействие осуществляется по FINS протоколу в рамках сети Ethernet 100 Mb/s (TX, FX). Топология сети – дублированная звезда на основе сетевого оборудования Муха (EDS-5xx, EDS-7xx, NPort-5xxx). Сигналы, участвующие в алгоритмах управления, передаются только по физическим линиям.

Средний уровень АСУ

Система управления выполнена на базе ПТК «Апогей». Средний уровень АСУ на каждом из агрегатов представлен шестью шкафами управления,

функционирующими на основе микропроцессорных ПЛК Omron CS1D-S:

1) АУГ – автоматизированное управление агрегатом;

2) ЭГР – электрогидравлический регулятор;

3) ИСУ – концентрация агрегатной сигнализации, управление синхронизацией с сетью;

4) ТК – температурный контроль;

5) УВО – управление вспомогательным оборудованием;

6) АРЗ – управление аварийно-ремонтными затворами.

Ручное управление и информационная поддержка ТП на шкафах реализованы с помощью стрелочных приборов, ламп-индикаторов, кнопок и ключей. В рамках каждого ПТК всю полноту и доступность информации о подключенных устройствах и механизмах, а также функции управления обеспечивают сенсорные терминалы Omron NS8 и NS10. Одно из главных их достоинств – надежность и безотказность в самых жестких условиях эксплуатации.

Особенности реализации проекта

Результатом совместных усилий заказчика и исполнителя может стать не только ограниченный функционал штатных средств промышленной автоматизации от мировых разработчиков, но также, если не революционные, то, как минимум, полезные эволюционные находки. При этом отметим, что жизненный цикл АСУ не заканчивается подписанием актов сдачи-приемки, но и в дальнейшем требует согласованных обоюдных усилий со стороны заказчика и исполнителя для достижения наилучшего результата.

Загорская ГАЭС – интересный и интенсивный объект. Технологические процессы, такие как пуск или останов, и связанные с ними ситуации, происходящие на обычных гидроагрегатах, паровых турбинах или водогрейных котлах 10...20 раз за год, здесь возникают до 400 раз в месяц, не говоря уже о многообразии режимов, переходов между ними и требованиях к своевременному и точному их достижению. Все это приводит к тому, что служба эксплуатации – и оперативный, и обслуживающий персонал – несут большую нагрузку. Это диктует гораздо более широкие требования к функционалу АСУ. Эксплуатационные службы ждут от системы не только отработки стандартных действий, но и помощи в разборе аварий и нештатных ситуаций, информации, позволяющей выявить и предотвратить проблему, если возможно, то еще до ее появления, способности достигать результата разными взаимно не пересекающимися путями. Все эти требования трудно формализуемы и выкристаллизовываются как в процессе пусконаладочных работ, так и в первые несколько лет эксплуатации, когда возможности новой системы дают большую волю фантазии и позволяют переосмыслить накопленный опыт.

Перечислим основные результаты внедрения АСУ Загорской ГАЭС, которые можно отнести к реаль-

ным достижениям совместной работы всех участников проекта.

1. Основной целью модернизации АСУ Загорской ГАЭС была замена морально устаревшего оборудования технологической системы управления агрегатами на современное и более надежное. В результате ввода в эксплуатацию новой АСУ уменьшается частота выхода из строя использованной элементной базы, снижаются объемы и сложность операций по обслуживанию и ремонту.

2. Необходимость срочного и оперативного восстановления программных элементов системы производства ООО «НПФ «Ракурс», оснащенных как интеллектуальная собственность механизмами защиты от копирования, могло бы представить определенную сложность для персонала станции. Специально для решения этой проблемы были внедрены два решения. Первое – использование активационных ключей ограниченного срока действия, которые генерируются автоматически при установке ПО и дают месяц на получение бессрочного. Второе – электронный почтовый сервис, мгновенно предоставляющий оговоренное число лицензий для всех продуктов в ответ на запрос с доверенных почтовых адресов заказчика.

3. Исходные технологические алгоритмы, повторяющие предыдущую реализацию, были представлены ОАО «ПИ НИИ институт «Гидропроект» им. С.Я. Жука» и в процессе ввода в эксплуатацию были доработаны при тесном сотрудничестве специалистов Ракурс, Гидропроект и Загорской ГАЭС. Это позволило использовать значительный объем собственных наработок компании «НПФ «Ракурс» и весь предшествующий опыт службы эксплуатации. Совместными усилиями удалось преодолеть и ограничения консервативного подхода к построению АСУ, и поведенческого консерватизма. Из наиболее заметных достижений стоит отметить режим пуска агрегата в СКг (режим синхронного компенсатора обратимого агрегата с генераторным направлением вращения) от ПТУ (пускового тиристорного устройства). Ценность данного варианта в том, что становится возможным пуск агрегата без использования воды и открытия направляющего аппарата.

4. Для совместной работы с ЭГР была произведена реконструкция гидромеханических колонок (ГМК). К отличительным особенностям их реализации можно отнести наличие ручного управления с помощью механизма ограничения открытия. Это позволяет позиционировать направляющий аппарат при отсутствии электрического питания и команд от ПТК ЭГР. Таким образом, ГМК сохраняет свой статус автономного управляющего устройства, что обеспечивает дополнительные удобство и надежность при эксплуатации и ремонте гидроагрегатов.

5. В качестве системы визуализации была выбрана SCADA-система Intouch, которая является одной из самых надежных. Однако ее компоненты, связанные с работой по ведению архива данных, дале-

ки от совершенства. Они отличаются сложностью обслуживания, ограниченной расширяемостью, высокими требованиями к аппаратным ресурсам. Это отражается и на итоговой стоимости, и на удобстве использования. С самого начала работ было принято решение отказаться от их использования. По первой оценке специалистов потребности станции составляли несколько простых форм отчетов по данным термомониторинга; графики всех аналоговых параметров с широкими возможностями их масштабирования и комбинирования; обобщенный протокол событий по всем агрегатам и общестанционному оборудованию. Применение имевшихся разработок НПФ «Ракурс» позволяло не только эффективно решить обозначенные задачи, но и, имея доступ к исходному коду ПО, реализовать любые пожелания заказчика. Первый шаг – это использование для архивации данных, поступающих из контроллеров на серверы БД, программы FinsLogger. Данные записываются в бинарные файлы. Так обеспечиваются простота управления архивом, переносимость, минимизация используемого для хранения места. Второе – отказ от традиционных СУБД на основе SQL (Structured Query Language) сервера для доступа к данным. Роль провайдера ретроспективных данных исполняет RawServer. Число одновременных подключений ограничено лишь возможностями ОС; к доступной оперативной памяти и процессорному времени предъявляются минимальные требования в виду отсутствия необходимости удержания в памяти всего объема накопленной информации; при этом отсутствуют ограничения на общий размер БД. По сути, сервер БД реализован как файл-сервер, что сводит временные задержки доступа к информации ко времени необходимому на вычитывание файлов с жестких дисков.

6. Отображение ретроспективной информации в рамках SCADA-системы Intouch или дополнительных продуктов Wonderware имеет множество ограничений: жесткость заданных принципов вывода и манипуляций объектами; обязательное лицензирование каждой копии с установкой ее самой и аппаратного ключа на компьютер конечного пользователя, а в случае выбора Web-ориентированного решения – низкая скорость доступа и урезанный инструментарий работы с представляемыми результатами. То есть при наиболее экономически выгодном формалистском подходе со стороны разработчика заказчик получает в итоге не то, что ему надо, а то, что может базовое ПО. Решением описанных проблем явилось использование собственной разработки НПФ «Ракурс» – ПО Trends. Эта оболочка совмещает механизмы вывода отчетов, графиков, истории событий; обеспечивает выбор из предварительно сконфигурированных временных интервалов или любого произвольно заданного; позволяет параллельно работать с несколькими окнами для всестороннего анализа всего комплекса рассматриваемых данных. Построение отчетов выполнено на базе компонентов FastReport. Последние

позволяют в каждом конкретном случае выбирать реализацию обработки и подготовки данных по принципу «толстого» или «тонкого» клиента.

Управление графиками позволяет:

- совмещать отображение произвольного числа сигналов;
- моментально изменять индивидуальные характеристики отрисовки через контекстное меню;
- изменять масштаб и смещаться по осям времени и значения;
- отображать уставки датчиков;
- уточнять метку времени и значение сигнала в любой точке по наведению мыши или используя курсор-рамку;
- выводить значения замеров в табличном виде;
- динамически управлять пользовательскими наборами трендов.

История событий представляется в таблице в виде упорядоченного по времени с точностью до миллисекунд перечня зафиксированных событий. Для удобства пользователя вызов функционала рационально распределен между панелью инструментов, контекстными меню и «жестами» мыши. Программа Trends была доработана с учетом пожеланий заказчика к организации доступа не только из технологической, но и из административной сети. Для оптимизации обслуживания и обновления запуск осуществляется с общедоступного сетевого диска – на сегодняшний день зарегистрировано 11 пользователей технологической сети верхнего уровня и более 30 пользователей административной сети.

7. Слабым местом многих АСУ и программных средств автоматизации как таковых является несовершенство способов фильтрации событийных списков. В ряде решений для этого требуются знания о соответствии имен переменных искомым событиям, умение строить запросы к СУБД или представление общих списков событий, манипулирование которыми занимает гораздо больше времени, чем работа с результатами фильтрации. НПФ «Ракурс» была предложена и реализована структура упорядочивания объектов и событий по схеме: агрегат – контроллер – группа источников событий – устройство – событие. Учитывая, что разбиение технологии и управления отдельными устройствами было изначально рационально распределено между ПТК в соответствии с их обозначенными целями функционирования, причинно-следственные основания их расположения в структуре становились очевидными для персонала станции. Наиболее наглядным вариантом представления является древовидная структура (рис. 1).

Использование такого подхода и прозрачной логики расположения элементов позволило пользователям быстро отмечать интересующие отдельные события или же сразу целые их группы. При этом дерево фильтра постоянно находится на виду и внесение изменений в уже заданную фильтрацию становится секундным делом.



Рис. 1. Древовидная структура представления фильтра событий объектов

8. Суммарное число объектов, способных генерировать события, в общей сложности составило более 60 тыс. ед. Чтобы обеспечить действенный контроль информации – предоставление именно той информации, которая необходима в данный момент, была реализована возможность сохранения/загрузки фильтров, подготовленных работниками станции. Предусмотрена возможность использовать фильтр, расположенный в произвольном месте или размещенный в библиотеке фильтров соответствующей службы (рис. 2).

Использование таких опытных наработок персонала станции расширяет доступность информации и позволяет поставить регулярность мониторинга работы на плановую основу, быстро и эффективно сравнивать текущие характеристики работы с прошлыми периодами.

9. Развитием технологии сквозного общего протокола событий и показаний датчиков стали интеграция с системами виброконтроля и АСУ ЭТО станции. Клиентская часть программного комплекса виброконтроля «Алмаз-7010» была доработана для запуска по сети и стала доступной на всех АРМ сети верхнего уровня. Дополнительно утвержденный перечень сигналов от обеих систем был добавлен в систему архи-



Рис. 2. Библиотека фильтров

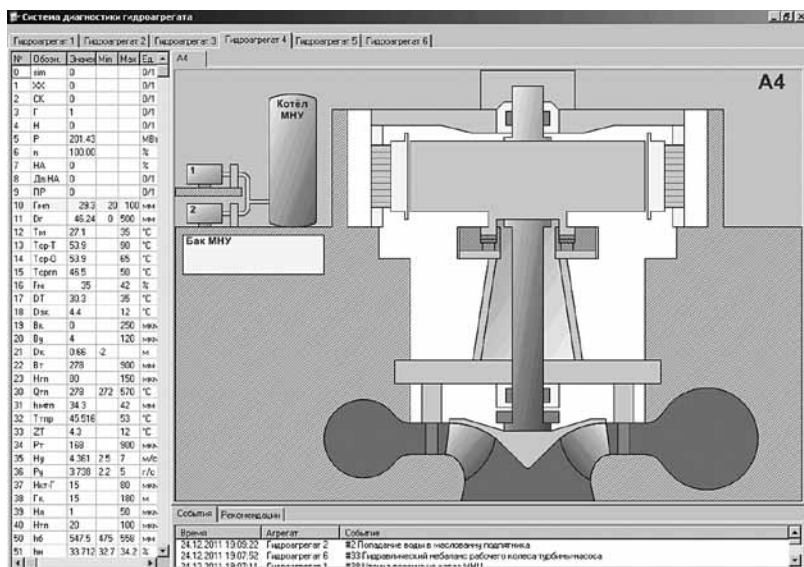


Рис.3. Экран системы диагностирования гидроагрегата

вации и отображения ретроспективной информации АСУ ГА. Соответствующие группы появились в каталоге датчиков и дереве фильтра событий. Это подняло на новый уровень работу технологов, так как информация, о существовании которой они раньше не знали или были вынуждены собирать ее из разных систем, стала непрерывно доступна в контексте основных для гидроагрегатов событий, дополняя и объясняя ее.

10. Другим инструментом, обеспечивающим требуемую высокую надежность и заблаговременное обнаружение тенденций к отказам и неисправностям на ранних стадиях развития, становится диагностика. Система диагностирования гидроагрегатов была разработана специально для агрегатов Загорской ГАЭС с учетом их индивидуальных конструктивных особенностей и двунаправленного рабочего цикла. Подготовкой алгоритмической основы экспертной системы занималось ОАО «Фирма ОРГРЭС».

Программа диагностирования постоянно получает все необходимые данные от АСУ каждого агрегата, проводит их обработку и анализ. Результатом становятся расширенная интерпретация событий, прогнозирование развития дефектов и при необходимости выдача рекомендаций о необходимости проведения корректирующих мероприятий (рис. 3). Вся информация, выдаваемая системой диагностирования, попадает в единый общий архив событий, таким образом обеспечивается максимальная полнота ретроспективного анализа развития дефектов.

В программной реализации были учтены проблемы, с которыми сталкивалась служба эксплуатации при использовании автоматизированной системы контроля гидроагрегатов, существовавшей на одном

из агрегатов с 1998 г. Новое ПО UnitDiag, так же как и Trends, доступно и в сети верхнего уровня, и в административной сети станции. Таким образом, регулярный и оперативный доступ к ней имеют все заинтересованные лица. И износ, и каждый ремонт агрегата оказывают влияние на значения параметров, принимаемых как номинальные, поэтому персоналу обеспечен доступ к смене всех уставок и параметров. Код алгоритмов представлен открытым скриптовым языком, что не привязывает станцию к НПФ «Ракурс» как единственному разработчику, и обеспечивает оперативность и простоту добавления или коррекции алгоритмов. Эффективность работы экспертной системы обеспечивается активностью персонала ГАЭС по регулярному отслеживанию изме-

нений показателей работы агрегатов и привлечению специалистов-технологов для сопровождения алгоритмического обеспечения на всем жизненном цикле.

11. Со времени ввода в работу первой системы прошло уже несколько курсов повышения квалификации в учебном центре НПФ «Ракурс», инициированных заказчиком, для оперативно-ремонтного и административно-технического персонала. Это позволило повысить уровень их компетентности и дало возможность рассматривать используемые системы с точки зрения разработчика – отчетливее представлять их сильные и слабые стороны, потенциал расширения и развития.

Подводя итоги, следует отметить, что на Загорской ГАЭС наблюдалась выраженная тенденция по развитию АСУ в течение всего периода внедрения и промышленной эксплуатации. Налаженная обратная связь между специалистами заказчика и исполнителя дала широкое поле деятельности по анализу функционирования программной и аппаратной частей АСУ, технических средств самих агрегатов. Практическая возможность влиять на работу всего комплекса средств управления стала серьезной мотивацией в первую очередь для специалистов заказчика, так как обеспечила осязаемый и конкретный результат их личной работы. Таким образом, по многим вопросам удалось совершить переход от формулярной функциональности, которую гарантирует исполнение технических требований и технического задания на систему, к реальной задачеориентированности, отвечающей конкретным нуждам и практикам при эксплуатации и обслуживании общего комплекса АСУ и объекта управления.

Плетнёв Владимир Владимирович — старший инженер-программист отдела разработки ПО верхнего уровня ООО «НПФ «Ракурс».

Контактный телефон: (812) 252-59-09

E-mail: pletnev@rakurs.com

http://www.rakurs.com