

11. **Schölkopf B., Smola A.** Learning with kernels: support vector machines, regularization, optimization and beyond // MIT press. Cambridge. 2001.

12. **Simon D.** Kalman filtering with state constraints: a survey of linear and nonlinear algorithms // IET control theory & applications. 2010. Vol. 4. No. 8. P. 1303–1318.

13. **Tumer K., Ghosh J.** Analysis of decision boundaries in linearly combined neural classifiers // Pattern recognition. 1996. Vol. 29. No. 2. P. 341–348.

14. **Kingma D.P., Ba J.** A method for stochastic optimization // arXiv:1412.6980. 2014. P. 1–15.

15. **Suykens J.A.K., Vandewalle J.** Least squares support vector machine classifiers // Neural processing letters. 1999. Vol. 9. P. 293–300.

16. **Hinton G.E., Osindero S., Teh Y.W.** A fast-learning algorithm for deep belief nets // neural computation. 2006. Vol. 18. No. 7. P. 1527–1554.

*Статья поступила в редакцию 14.05.2024;
одобрена после рецензирования 20.05.2024;
принята к публикации 20.05.2024.*

Научная статья

УДК 681.5

DOI: 10.36652/0869-4931-2024-78-10-442-445

СИСТЕМА ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ МАЙНСКОЙ ГЭС

Виталий Евгеньевич Захарченко, Вячеслав Владимирович Цветков

ООО Научно-внедренческая фирма «Сенсоры, Модули, Системы», Самара, Россия,
vitaliy.zakharchenko@sms-a.ru, vyacheslav.tsvetkov@sms-a.ru

Аннотация. Статья посвящена вопросам построения автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУТП) Майнской гидроэлектростанции (ГЭС).

Ключевые слова: промышленная автоматизация, АСУТП, верхний уровень, ГЭС, SCADA

Для цитирования: Захарченко В.Е., Цветков В.В. Система диспетчеризации Майнской ГЭС // Автоматизация. Современные технологии. 2024. Т. 78. № 10. С. 442–445. DOI: 10.36652/0869-4931-2024-78-10-442-445

Original article

MAINSKAYA HPP DISPATCH SYSTEM

Vitaly E. Zakharchenko, Vyacheslav V. Tsvetkov

LLC Research and development company «Sensors, Modules, Systems», Samara, Russia,
vitaliy.zakharchenko@sms-a.ru, vyacheslav.tsvetkov@sms-a.ru

Abstract. The article is devoted to the issues of constructing an automated process control system (APCS) for the Mainskaya hydroelectric power station (HPP).

Keywords: industrial automation, process control system, upper level, hydroelectric power station, SCADA

Введение. В 2024 г. ПАО «РусГидро» отчиталось о завершении комплекса работ по модернизации Майнской ГЭС [1]. Одним из важных пусковых комплексов в рамках технического перевооружения станции стал «верхний уровень» (ВУ) автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУТП) Майнской ГЭС. Разработку технического проекта, рабочей документации и внедрение АСУТП выполняли сотрудники ООО Научно-внедренческая фирма «Сенсоры,

Модули, Системы». В данной статье рассмотрены особенности построения ВУ АСУТП Майнской ГЭС.

Постановка задачи. Необходимо выполнить комплекс проектных работ по созданию ВУ АСУТП Майнской ГЭС. ВУ АСУТП предназначен для интеграции функций локальных систем автоматизации в единое информационное пространство. Он должен представлять собой многоуровневую иерархическую структуру сбора, обработки, передачи, хранения

ния, представления информации и принятия управляющих воздействий по заложенным алгоритмам или по команде оперативного (обслуживающего) персонала.

Актуальность. Как уже отмечалось, ВУ АСУТП предназначен для сбора данных со всех подсистем (локальных систем автоматизации) и формирования единой информационной базы для принятия управленческих решений оперативным персоналом и руководством станции. Следует отметить, что Майнская ГЭС выполняет функции контроллера для Саяно-Шушенской ГЭС им. П.С. Непорожного (крупнейшая ГЭС России) и предотвращает колебания уровня воды при смене режимов [2]. Сбои в работе Саяно-Шушенской ГЭС могут привести к недовыпуску электроэнергии в объеме, критичном для целого региона страны. Поэтому ВУ АСУТП Майнской ГЭС должен быть тесно интегрирован, наблюдаем и управляем с ВУ АСУТП Саяно-Шушенской ГЭС, при этом он должен сохранять работоспособность в автономном режиме. От качества и надежности работы ВУ АСУТП зависят оперативность, адекватность и полнота всех мероприятий, предпринимаемых персоналом, что обуславливает важность и актуальность решаемой задачи.

Выполнение задачи. Разработана совокупность проектных решений, обеспечивающих описание архитектуры, технических и технологических характеристик проекта АСУТП.

В ВУ АСУТП Майнской ГЭС выделены следующие иерархические уровни:

первый уровень — сбора информации и управления (уровень интегрируемых локальных САУ);

второй уровень — сетевой (сеть на базе Ethernet для организации интеграции всех локальных систем станции), а также обеспечения взаимодействия с внешними по отношению к ВУ АСУТП системами;

третий уровень — оперативной визуализации и обработки данных.

К первому уровню относятся устройства автоматизации, которые непосредственно связаны с объектом управления. С их помощью обеспечивается сбор информации и выдача команд управления, необходимые для функционирования системы в целом. Первый уровень представляет собой различные комплексы технических средств, входящие в состав локальных САУ на Майнской ГЭС.

В состав второго уровня входят локальные сети и средства передачи технологической информации, включающие в себя технологическую сеть передачи данных (ТСПД) агре-

гации подсистем и сеть предоставления и визуализации данных персоналу станции (сеть подключения АРМ).

Задачей третьего уровня является реализация функций отображения, протоколирования, архивации и передачи оперативной информации внешним (по отношению к Майнской ГЭС) системам.

При построении ВУ АСУТП рассмотрены следующие зоны распространения потоков информации:

зона АСУТП, соединяющая технологические системы управления и серверы сбора данных ВУ АСУТП, обладающая наибольшей степенью защиты (потоки данных с корпоративной сетью запрещены);

демилитаризованная зона, служащая для разграничения и обеспечения контролируемой связи АСУТП и корпоративных систем. Здесь уровень безопасности ниже, чем у сети АСУТП (поток данных от корпоративной сети возможен, но ограничивается и фильтруется);

зона предприятия (корпоративная) — сетевая структура общего назначения. С точки зрения безопасности рассматривается как небезопасная, однако может содержать серверы обмена информацией (в том числе потребляемой АСУТП).

Основу ВУ АСУТП Майнской ГЭС составляет центр сбора и обработки данных (ЦСОД), включающий два шкафа со следующим оборудованием:

промышленные серверы и системы хранения данных (СХД) для построения системы виртуализации достаточной мощности (с запасом производительности не менее 25 %), выполнения информационных, управляющих и расчетных функций АСУТП;

СХД системы резервного копирования (СРК), предназначенная для резервного копирования и хранения бэкапов виртуальных серверов и архивов информации;

технические средства для передачи и отображения информации на мониторы АРМ ВУ и LCD-экраны;

сетевые коммутаторы.

Упрощенная схема информационного взаимодействия ВУ АСУТП представлена на рисунке.

Объектами сбора технологической информации для ВУ АСУТП являются локальные подсистемы АСУТП (локальные САУ).

Действующая техническая политика РусГидро [3] и вектор импортозамещения, заданный правительством России, определили выбор программного обеспечения из реестра Российского программного обеспечения.

Ядром системы стал программный комплекс «Инфоконт» с модулями системы диспетчеризации АСОКУ (Автоматизированная система оперативного контроля и управления, <https://асоку.рф>), предназначенными для применения в больших географически распределенных приложениях и системах диспетчерского управления. Система функционально разделена на несколько независимых менеджеров (процессов), распределение которых возможно по различным компьютерам. Коммуникации между компонентами системы осуществляются по платформонезависимому протоколу TCP строго по событиям, что позволяет существенно разгрузить каналы связи. Такая архитектура позволяет применять ее в качестве платформы для построения больших распределенных систем вне зависимости от операционной системы или аппаратного обеспечения. Встроенный менеджер истории позволяет архивировать данные в базе данных с возможностью открытого доступа к информации. В качестве базы данных системы на Майнской ГЭС использована специализированная СУБД.

АСОКУ поддерживает весь необходимый набор драйверов для интеграции локальных систем автоматизации в единый верхний уровень: МЭК 61850, МЭК 60870-5-104, Modbus TCP. Драйвер протокола FINS разработан специалистами ООО НВФ «СМС» при реализации этого проекта и обеспечил интеграцию со старыми немодернизируемыми системами на основе ПК Omron.

Для интеграции большинства локальных САУ используется протокол МЭК 60870-5-104. В рамках организации сбора информации с локальных систем автоматизации оборудование нижнего уровня выступает в роли сервера, а SCADA-система ВУ АСУТП подключается через стандартный драйвер-клиент протокола МЭК 60870-5-104.

Основными источниками данных стали резервированные контроллеры Regul произ-

водства компании «Прософт» (г. Екатеринбург). Соединения верхнего уровня с источниками настроены одинаково: логическое соединение с передачей данных устанавливается только с активным программируемым логическим контроллером (ПЛК), в случае переключения ПЛК — соединение разрывается и устанавливается с активным ПЛК. При возможных нескольких маршрутах установки соединения устанавливается соединение по первому из них, остальные находятся в холодном резерве и активируются только при неисправности основного маршрута. Резервный сервер ВУ АСУТП не ведет опрос — он находится в горячем резерве и синхронизирует все данные от основного сервера. Определение активности ПЛК помимо внутренней диагностики осуществляется контролем захвата управляющих модулей: каждый ПЛК при активности выставляет определенную комбинацию дискретных выходов, которые направлены на модуль входа, если комбинация на дискретном модуле ввода совпадает с комбинацией на модуле вывода. Это свидетельствует о том, что именно данный контроллер активен. Резервный контроллер не захватывает внутреннюю шину обмена данными с модулями и не может выдать команду на останов основного оборудования. На резервном ПЛК искусственно отключаются протоколы для установки соединения с ВУ АСУТП — это гарантирует, что неуправляющий контроллер не выдает данных и не получает команды управления. Именно таким образом уменьшаются сетевой трафик и количество одновременно активных соединений. При этом на ВУ АСУТП от каждой системы единственный источник данных — достоверный.

Интеграцию ряда локальных систем (например, сегментных затворов) планировалось выполнить по протоколу МЭК 61850. При этом, если бы реализация проекта технического перевооружения ВУ АСУТП была произведена ранее модернизации системы

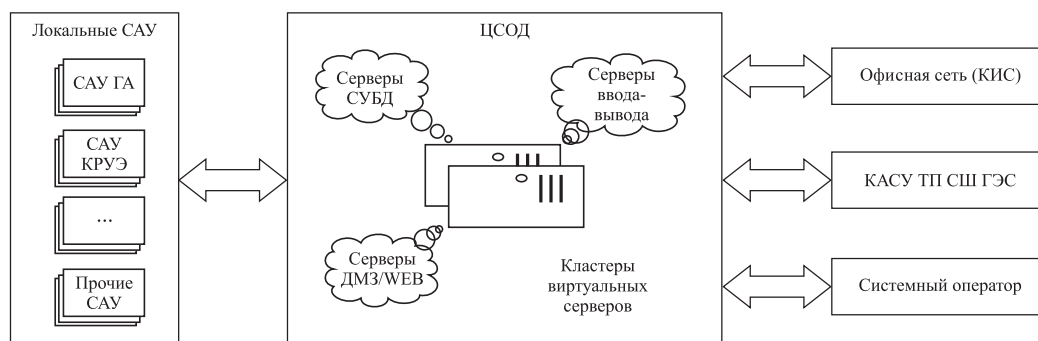


Схема информационного взаимодействия ВУ АСУТП

управления, интеграцию следовало выполнить с использованием имеющихся у локальной САУ протоколов (для этого, в частности, был заложен протокол FINS). ПО SCADA ВУ АСУТП поддерживает расширение функционала возможностями реализации драйвера проприетарных или открытых протоколов и с помощью интерфейса API.

Интеграцию SCADA ВУ АСУТП Майнской ГЭС с ВУ АСУТП Саяно-Шушенской ГЭС предполагалось выполнить по протоколу МЭК 60870-5-104. Было отмечено, что существующий ВУ АСУТП Саяно-Шушенской ГЭС поддерживает протокол обмена, предназначенный для сетевого взаимодействия распределенных проектов. В результате проект SCADA ВУ АСУТП Майнской ГЭС стал частью распределенного проекта ВУ АСУТП Саяно-Шушенской ГЭС, обеспечивая единое информационное пространство.

Используемое в ВУ АСУТП прикладное программное обеспечение предоставляет возможность отображать получаемую информацию в виде таблиц, графиков (трендов), панелей сигнализации и управления, ведомостей событий, мнемосхем, сформированных отчетов за период или на определенную дату и т. д. На дисплей может быть выведена аналоговая и дискретная информация, необходимая для адекватной оценки ситуации и управления объектом. В рамках системы предусмотрены возможность настройки системы отображения для конкретного пользователя, система гибкого перепрограммирования функциональных клавиш, панелей управления, меню быстрого доступа к часто используемым экранам мнемосхем, графиков и шаблонам отчетов. Всего было реализовано более 200 экранных форм.

Основным инструментом производственной отчетности был выбран программный комплекс «Технодок» (<https://sms-technodoc.ru/features.html>), бесшовно интегрирующийся в мнемосхемы системы диспетчеризации и предоставляющий встроенный конструктор отчетных форм, позволяющий реализовать самые сложные отчеты (к завершению проекта в системе насчитывалось около 150 типов различных отчетов).

Результаты. Разработанный технический проект принят в работу. На основе этого проекта реализована рабочая документация, осуществлены закупка и поставка оборудования на Майнскую ГЭС. В 2021 г. выполнены пуско-наладочные работы по техническому перевооружению ВУ АСУТП Майнской ГЭС. Первой системой, интегрированной в состав единого ВУ комплексной АСУТП, стала система автоматического управления гидроагрегатом № 3 Майнской ГЭС [4].

Выводы. Комплексная диспетчеризация производств отвечает самым современным вызовам времени и обеспечивает устойчивое развитие дальнейшей цифровизации предприятий [5, 6], предоставляя возможности по оптимизации режимов работы основного и вспомогательного оборудования, моделированию различных процессов, обеспечению платформы для обучения персонала, созданию основы для обслуживания основного оборудования по состоянию, а не по регламенту, снижению вероятности ошибок, связанных с человеческим фактором, и повышению общей эффективности работы как системы, так и персонала.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. **Сделано** в Хакасии // Вестник РусГидро. 2024. № 3 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.vestnik-rushydro.ru/articles/3-mart-2024/tema-nomera/sdelano-v-khakasii/> (дата обращения: 15.08.2024).
2. **Как обновлялась** ГЭС // Вестник РусГидро. 2024. № 3 [Электронный ресурс]. URL: <https://vestnik-rushydro.ru/articles/3-mart-2024/modernizatsiya/kak-obnovlyalas-ges/> (дата обращения: 15.08.2024).
3. **Техническая политика** Группы РусГидро в ред. протокола от 07 февраля 2024 г. № 368, 2024. 187 с.
4. **По пути** модернизации // Вестник РусГидро. 2021. № 11 [Электронный ресурс]. URL: <https://vestnik-rushydro.ru/articles/11-noyabr-2021/news/po-puti-modernizatsii/> (дата обращения: 15.08.2024).
5. **Захарченко В.Е., Сидоров А.А.** О цифровизации гидроэлектростанций // Автоматизация в промышленности. 2019. № 1. С. 19–23.
6. **Щавелев Д.С.** Гидроэнергетические установки (гидроэлектростанции, насосные станции и гидроаккумулирующие электростанции). Л., 1981. 520 с.

*Статья поступила в редакцию 06.05.2024;
одобрена после рецензирования 15.05.2024;
принята к публикации 15.05.2024.*

Уважаемые читатели!

Подписку можно оформить в любом почтовом отделении по каталогу:
«Пресса России» — индекс **27838**.