

Система группового управления возбуждением генераторов Сургутской ГРЭС-1

Олег Селиванов, Борис Лопаткин, Александр Распутин, Андрей Решетов

В статье анализируется опыт разработки и внедрения системы группового управления возбуждением генераторов общей мощностью 3200 МВт. Новая система отличается высокой надежностью и наличием встроенных средств настройки и диагностики. Показана возможность уменьшения времени и трудоемкости модернизации на основе эмуляции ПО прежней системы.

ВВЕДЕНИЕ

Регулирование (поддержание) напряжения в электрических сетях энергосистем связано с необходимостью воздействия на уставки АРВ (автоматических регуляторов возбуждения) генераторов электростанций.

Обычно на электростанции параллельно работают несколько генераторов (или групп генераторов), в связи с чем управлять уставками АРВ вручную по отдельности на каждом генераторе чрезвычайно неудобно. Для того чтобы единым управляющим сигналом воздействовать на регуляторы возбуждения группы генераторов, используют групповое управление возбуждением генераторов (ГУВ). Кроме того, задачей ГУВ является следящее регулирование генераторов в режимах перевозбуждения и недовозбуждения.

На Сургутской ГРЭС-1 установлено 16 генераторов общей мощностью 3200 МВт, что делает процесс ручного управления уставкой АРВ более сложным и соответственно необходимость ГУВ еще более очевидной.

Работы по внедрению ГУВ велись на ГРЭС-1 с начала 80-х годов. В результате с 1988 года на станции функционировала система ГУВ, созданная на основе микроконтроллеров «Ремиконт Р100» (всего использовалось два микроконтроллера – по одному для систем шин 220 кВ и 500 кВ). Эта система, в принципе, удовлетворяла всем возлагаемым на нее требованиям, но имела один существенный недостаток: не обеспечивала необходимый для подобных применений уровень надежности. После 10 лет непрерывной эксплуатации ситуация дополнительно усугуби-

лась моральным и физическим устареванием используемой аппаратуры. Кроме этого, еще одним недостатком системы было практически полное отсутствие средств для отображения хода ее работы, вследствие чего диагностика и настройка системы были достаточно сложны и неудобны (для записи графиков переходных процессов, например, приходилось применять запоминающий осциллограф).

Таким образом, целью описываемой работы было создание системы ГУВ на основе современных аппаратных и программных средств, которая была бы лишена описанных недостатков, максимально использовала положительный опыт предыдущих разработок и обеспечивала качество регулирования не хуже, чем у прежней системы. При этом время от остановки и демонтажа



старой системы до запуска в эксплуатацию новой не должно было превышать 3-4 недели.

ПРИНЦИП РАБОТЫ СИСТЕМЫ

На Сургутской ГРЭС-1 имеются два открытых распределительных устройства: 220 и 500 кВ, при этом генераторы 1-4 работают на системы шин 220 кВ, а генераторы 7-16 – на системы шин 500 кВ. Типовая зависимость напряжения на шинах станции от реактивной мощности приведена на рис. 1. Генераторы 5 и 6 в зависимости от режима энергосистемы могут работать через автотрансформаторные группы на шины как 220 кВ, так и 500 кВ. Таким образом, система состоит из двух независимых контуров регулирования, при этом каждый контур реализован на отдельном контроллере. Для обеспечения работы генераторов 5 и 6 на шины 500 кВ между контроллерами передаются соответствующие аналоговые и дискретные сигналы.

Далее рассматривается работа только одного контура регулирования, так как работа другого контура полностью аналогична. Упрощенная структурная схема контура регулирования системы приведена на рис. 2.

Контур регулирования содержит набор функциональных блоков, основным из которых является центральный регулятор напряжения ЦРН. На выходе ЦРН формируется величина заданной реактивной мощности генераторов $Q_{зад}$, пропорциональная отклонению напряжения на шинах станции от уставки по напряжению:

$$Q_{зад} = (U - U_{ш}) * K \tag{1}$$

Здесь

$Q_{зад}$ – уставка реактивной мощности, МВА;

U – уставка напряжения, кВ;

$U_{ш}$ – напряжение на шинах станции, кВ;

K – коэффициент усиления ЦРН, определяющий устойчивость внешней характеристики генераторов станции, работающих в системе.

Фактическое напряжение на шинах станции зависит от многих факторов, поэтому обычно диспетчерским персоналом станции в качестве исходного параметра регулирования выставляется начальное значение $Q_{зад}$, для чего в системе предусмотрен соответствующий ключ. При этом в процессе установки $Q_{зад}$ производится пересчет U в соответствии с формулой (1), то есть:

$$U = Q_{зад} / K + U_{ш} \tag{2}$$

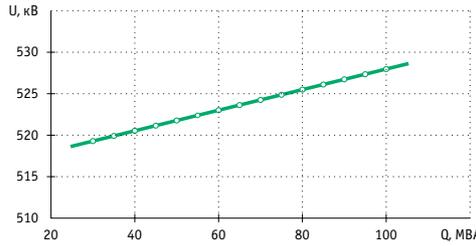


Рис. 1. Зависимость между напряжением на шинах генератора и реактивной мощностью

Когда требуемое значение $Q_{зад}$ установлено, включается контур регулирования, после чего U остается величиной постоянной, а $Q_{зад}$ будет меняться

в соответствии с формулой (1), поддерживая напряжение на шинах станции близким к установленному на момент задания начального значения $Q_{зад}$.

Для повышения надежности работы напряжение на шинах вводится в систему по двум независимым каналам, при этом имеется специальный программный блок, обеспечивающий нормальную работу системы в случае неисправности одного из вводов. Кроме этого, имеется ряд блокировок и защит, обеспечивающих корректную работу системы при возникновении нестандартных ситуаций в энергосистеме

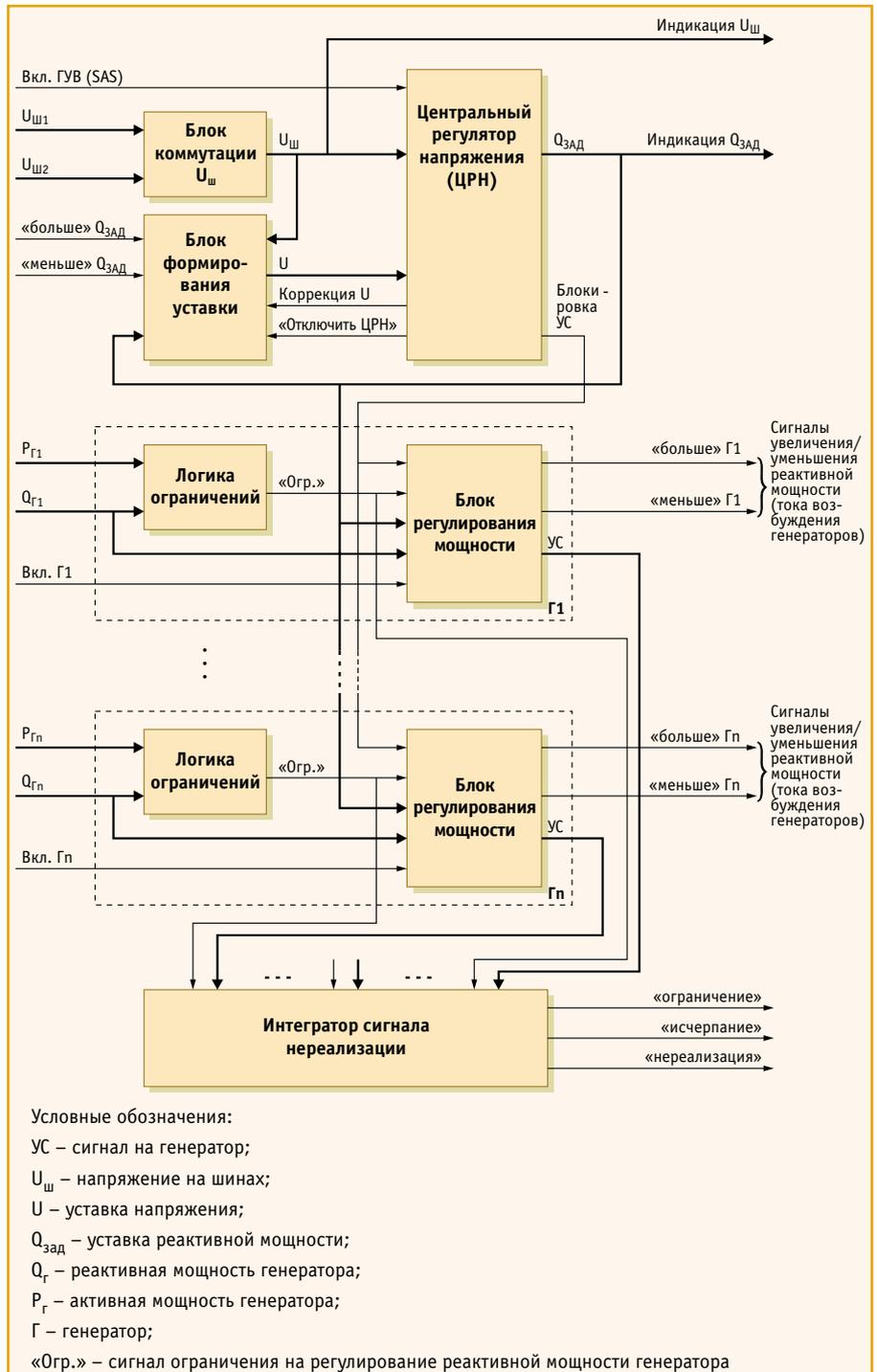


Рис. 2. Упрощенная структурная схема одного контура регулирования

Условные обозначения:

УС – сигнал на генератор;

$U_{ш}$ – напряжение на шинах;

U – уставка напряжения;

$Q_{зад}$ – уставка реактивной мощности;

$Q_{г}$ – реактивная мощность генератора;

$P_{г}$ – активная мощность генератора;

$Г$ – генератор;

«Огр.» – сигнал ограничения на регулирование реактивной мощности генератора

(при резком изменении напряжения на шинах, выходе этого напряжения за пределы допустимого диапазона и др.). Чаще всего в этих случаях система запрещает дальнейшее изменение $Q_{\text{зад}}$ и блокирует выдачу всех управляющих воздействий, а после восстановления нормального состояния в энергосистеме через несколько секунд возобновляет процесс регулирования. Все эти действия выполняются системой автоматически и не требуют вмешательства персонала, однако имеется специальный ключ, с помощью которого система может быть в любой момент переведена на ручное управление, при этом выходы контроллеров физически отключаются от объекта регулирования. Имеется также специальное реле, аппаратно блокирующее работу системы в случае выхода из строя контроллера или сбоев в его работе.

Фактически установка необходимых значений реактивной мощности на генераторах выполняется программными блоками регулирования мощности (по одному на каждый генератор), преобразующими сигнал рассогласования между текущим значением реактивной мощности генера-

тора и $Q_{\text{зад}}$ в последовательность импульсов, период которых постоянен и равен 2,04 с, а длительность каждого импульса пропорциональна сигналу рассогласования и может меняться в пределах от 120 мс до 1,9 с, причем в зависимости от знака рассогласования импульсы выдаются на выход уставки «больше» или «меньше». Имеется ряд блокировок, запрещающих выдачу сигналов управления при определенных условиях, а также ограничивающих диапазон изменения реактивной мощности таким образом, чтобы не допустить выхода генератора за пределы рабочего режима. Коэффициен-

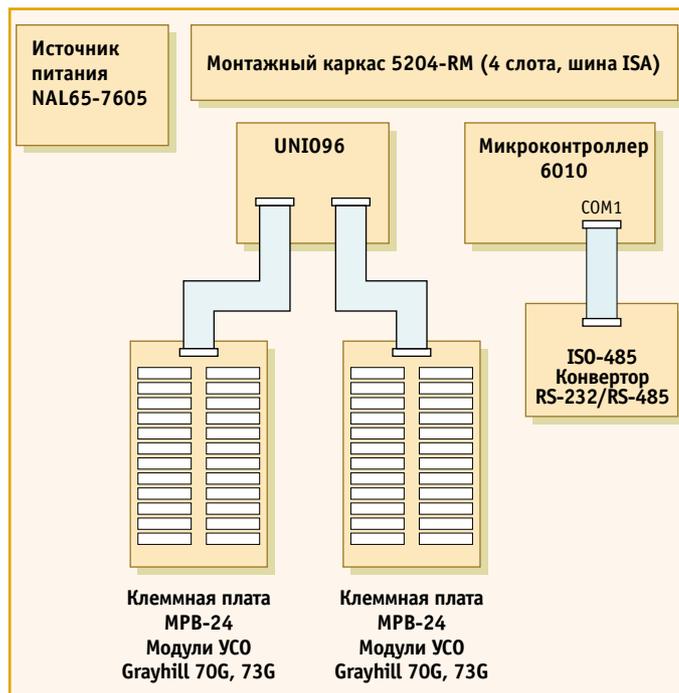


Рис. 3. Структура контроллера ГУВ

ты пропорциональности и пороги ограничения устанавливаются при настройке индивидуально для каждого генератора и сохраняются в энергонезависимой памяти контроллера.

Кроме штатных органов управления и индикации, унаследованных от прежней системы и уже установленных на центральном щите управления и блочных щитах управления (ключи перевода на ручное управление всей системы или отдельных генераторов, изменения $Q_{\text{зад}}$, отмены ограничения, цифровые индикаторы $U_{\text{ш}}$ и $Q_{\text{зад}}$), предусмотрена возможность подключения к системе через интерфейс RS-485 внешней наладочной ПЭВМ для подробного отображения процесса работы ГУВ, настройки системы, записи и анализа графиков переходных процессов, изменения коэффициентов в энергонезависимой памяти контроллеров, а также при необходимости для перепрограммирования контроллеров.

АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

При проектировании системы использовались проверенные и отработанные технические средства:

- микроконтроллер 6010 (Octagon Systems);
- модули универсального ввода-вывода UNIO96-5 (Fastwel);
- модули УС0 70G-ODC5B, 70G-IDC5, 73G-OV10B, 73G-IV10B (Grayhill);
- источники питания Artesyn.

Структура контроллера показана на рис. 3.

Соответственно, никаких сюрпризов «железо» не преподнесло. На момент написания статьи прошло 13 месяцев безотказной работы.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Структура программного обеспечения ГУВ состоит из двух частей: встроенного программного обеспечения контроллеров и программного обеспечения наладочной ПЭВМ, подключаемой к системе только во время диагностики и настройки, а в штатной работе не используемой (во всяком случае, в настоящее время).

Как уже говорилось, у описываемой системы был прототип на контроллерах «Ремиконт Р100», программы для которых были написаны на языке функциональных блоковых диаграмм. При этом у персонала станции уже был значительный опыт сопровождения и модификации этих программ, и такая идеология построения программного обеспечения всех полностью устраивала. Таким образом, возникла следующая идея: используя ка-

кой-либо современный пакет, поддерживающий программирование на языке функциональных блоковых диаграмм в соответствии со стандартом МЭК 61131, реализовать на нем библиотеку, полностью эмулирующую функциональные блоки «Ремиконта», а затем с использованием этой библиотеки при минимальных доработках перенести на новую элементную базу существующее программное обеспечение.

Забегая вперед, можно сказать, что такой подход себя полностью оправдал. В процессе пуско-наладки, благодаря использованию уже отработанного программного обеспечения, практически не возникло вопросов, связанных с алгоритмами работы системы и технологией регулирования, что было бы маловероятно при переносе системы на традиционные языки (типа С++). Корректировки настроечных коэффициентов, унаследованных от прежней системы, также практически не потребовалось, что сэкономило значительное количество времени и сил, учитывая, что подбор этих коэффициентов требует проведения

трудоемких научно-исследовательских экспериментов на работающем промышленном объекте. Дальнейшее сопровождение программного обеспечения при этом также значительно упрощается, благодаря использованию уже знакомых для персонала станции технологий. При всем том следует учесть, что на разработку и отладку собственно библиотеки эмуляции «Ремиконта» ушло не более 2 месяцев. Вместе с тем в процессе дальнейшего развития системы нет препятствий для отхода от использования алгоблоков «Ремиконта» и применения любых других языковых средств, благодаря тому, что в основу разработки положен наиболее популярный в настоящее время мировой стандарт на промышленные языки программирования МЭК 61131.

В качестве инструмента разработки ПО нижнего уровня был выбран язык UltraLogik [1] как наиболее доступный и имеющий все необходимые для работы средства. Особенности данного пакета являются встроенная поддержка всех использованных в системе аппаратных средств фирм Octagon Sys-

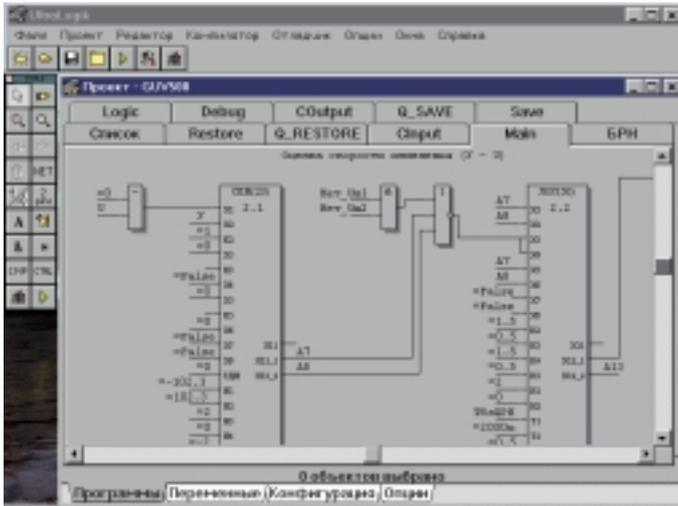


Рис. 4. Фрагмент управляющей программы контроллера ГУВ на языке функциональных блоков



Рис. 5. Вид экрана программы мониторинга работы системы

tems, Grayhill и Fastwel, а также возможность включения в проект внешних алгоблоков, реализованных на языках C, C++ или ассемблере. Пример фрагмента программы в среде разработки UltraLogik приведен на рис. 4.

Значительная часть коэффициентов и параметров в системе должна иметь возможность оперативного изменения с верхнего уровня без перепрограммирования контроллера, поэтому существует специальный программный модуль, написанный на C++, обеспечивающий функции

записи/восстановления блока параметров в энергонезависимой памяти контроллеров. Приходится принимать во внимание то обстоятельство, что потеря коэффициентов в результате тех или иных сбоев по питанию или в самом контроллере может иметь самые плачевные последствия, не говоря уже о том, что восстановление коэффициентов само по себе может оказаться трудоемким делом и потребовать повторных настроечных работ. При их потере или искажении существует вероятность того, что ра-

бота системы с неправильными коэффициентами приведет к выходу генераторов в недопустимые режимы, что в случае несвоевременной реакции диспетчерского персонала может иметь самые неприятные последствия, вплоть до аварийного отключения генераторов. Связано это с тем, что в отличие от отказа контроллера система диагностики работоспособности ГУВ не фиксирует нарушений и не отключит ГУВ от управления АРВ. Учитывая все сказанное, для хранения коэффициентов используются две

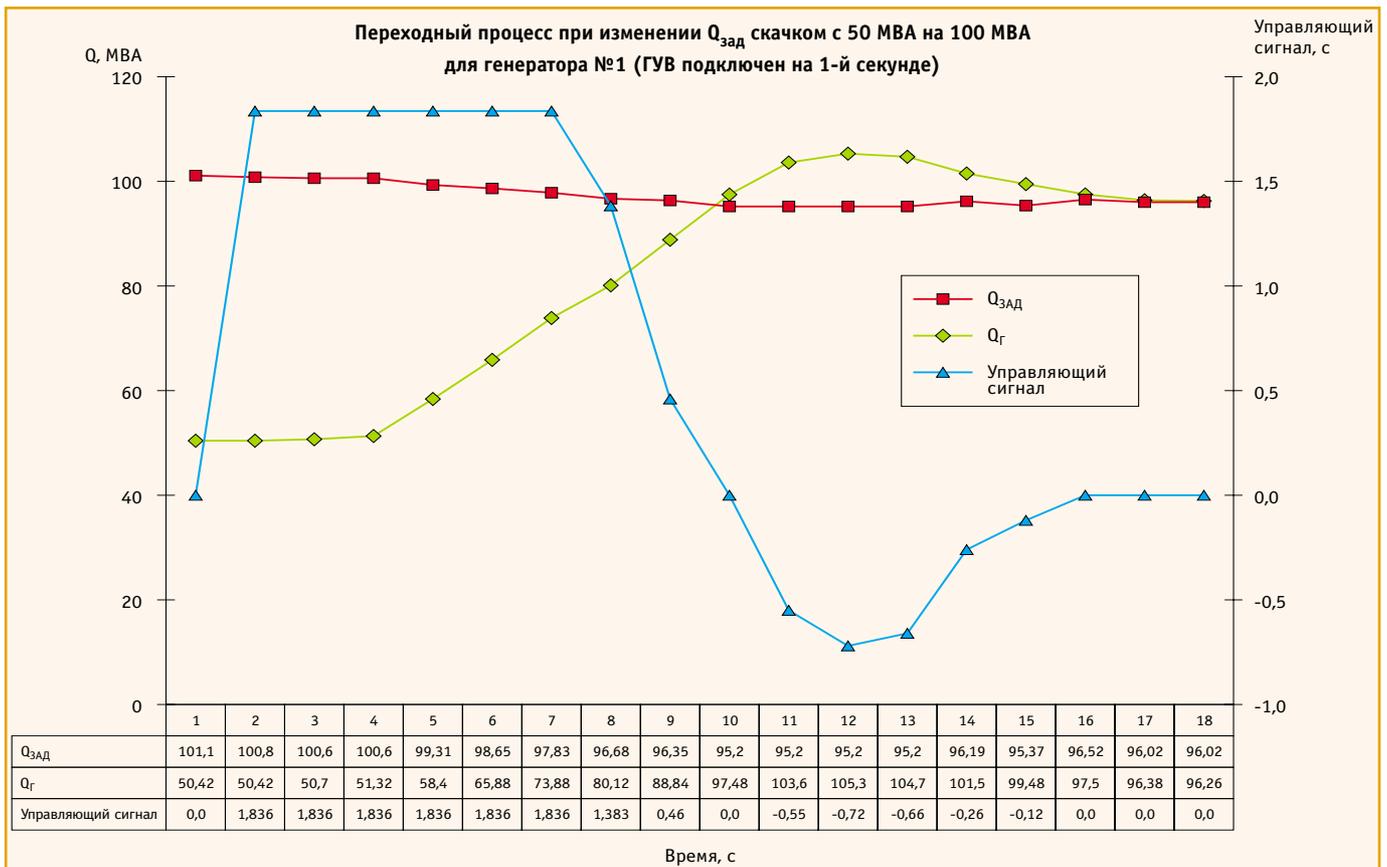


Рис. 6. Пример графика переходного процесса, полученного во время настройки системы

независимые подсистемы, уже имеющиеся на плате микроконтроллера 6010: электрически перепрограммируемая память с последовательным доступом Serial EEPROM и статическая память с батарейным питанием SRAM; в Serial EEPROM блок данных дублируется 2 раза, а в SRAM — 3 раза. Для верификации используется 16-битовая контрольная сумма, записываемая в конце блока данных, причем верификация производится как после записи, так и после чтения данных. Таким образом обеспечивается корректная работа системы даже в том случае, если сбой или пропадание питания произойдут непосредственно в момент записи блока данных, а также в случае различных дефектов запоминающих устройств. В программном обеспечении приняты специальные меры для «безударного» подключения контроллера к объекту управления после кратковременных пропаданий питания или срабатывания сторожевого таймера, для чего некоторые внутренние переменные (в том числе $Q_{\text{зад}}$) периодически сохраняются в SRAM (данный массив информации дублируется 2 раза). В этом же массиве сохраняются некоторые служебные переменные, например, код счетчика срабатываний сторожевого таймера.

Программное обеспечение верхнего уровня состоит из трех основных частей: программы мониторинга работы ГУВ и записи осциллограмм переходных процессов (рис. 5), программы просмотра и изменения настроечных коэффициентов и программ анализа и печати графиков переходных процессов (рис. 6). В качестве операционной системы используется Microsoft Windows 95 OSR 2. Программа мониторинга была написана в среде SCADA-пакета Genie v3.04 фирмы Advantech, при этом для связи с контроллерами нижнего уровня использовались поставляемые с пакетом UltraLogik драйверы под Genie. Запись осциллограмм переходных процессов выполняется в виде обычных текстовых файлов в формате CSV (переменные, разделенные запятыми), для чего написана соответствующая подпрограмма на встроенном в Genie языке Visual Basic. Дальнейший анализ графиков выполняется в среде Microsoft Office, прежде всего — Microsoft Excel. С этой целью написан специальный скрипт на встроенном в

Excel языке Visual Basic for Applications, выполняющий ввод файлов в формате CSV, их запись и сохранение в виде таблицы Excel, а также вывод информации в виде графиков. Естественно, после этого открыты все разнообразные возможности для просмотра, объединения, анализа и презентации данных, поддерживаемые пакетом Microsoft Office.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время система успешно эксплуатируется на Сургутской ГРЭС-1 в непрерывном круглосуточном режиме в течение более чем 13 месяцев, при этом каких-либо отказов или сбоев в работе не наблюдалось. Эксплуатационный персонал станции отмечает высокую надежность системы и удобство проведения диагностических и настроечных работ, необходимость в которых периодически возникает вследствие изменения параметров генераторов при плановых ремонтах или замене оборудования энергоблоков.

В перспективе планируются установка аналогичной системы на Сургутской ГРЭС-2 (6 генераторов суммарной

мощностью 4800 МВт), где в настоящее время также эксплуатируется система на основе «Ремиконт Р100», и создание объединенной системы, управляющей одновременно генераторами ГРЭС-1 и ГРЭС-2.

Выражаем особую благодарность персоналу Сургутской ГРЭС-1 за неоценимое участие и действенную помощь в ходе проведения работ, сделавшие возможным успешное завершение данного проекта. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. Шпиз, Б. Якубович, В. Журавлев, Р. Биусов, С. Шакиров. Применение UltraLogik в проектировании систем управления инженерным оборудованием // «СТА». — 1998. — № 2. — С. 90.
2. А. Локотков. Genie 3.0: гармония простоты и эффективности // «СТА». — 1998. — № 3. — С. 62.

Авторы — сотрудники фирмы «Прософт-Е» и Сургутской ГРЭС-1
Телефон: (3432) 49-3278
Факс: (3432) 49-3459
Web: www.prosoft.ural.ru
E-mail: ras@prosoft.ural.ru