

УДК 621.039.55

СОЗДАНИЕ И ВНЕДРЕНИЕ МНОГОКАНАЛЬНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПУСКОНАЛАДОЧНОГО КОНТРОЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ СООРУЖАЕМЫХ ЭНЕРГООБЛОКОВ АЭС С ВВЭР-1000*Селезнев А.В., Хайретдинов В.У., Падеров М.М., Тарханов В.В.*

Разработка, изготовление и внедрение многоканальных измерительных систем являются необходимым этапом пусконаладочного и эксплуатационного контроля нагруженности оборудования АЭС с ВВЭР-1000, проводимого в обоснование мероприятий по его безопасной эксплуатации. Сложность этой работы связана с большим числом измерительных точек и повышением требований к качеству и достоверности результатов измерений (рис. 1).

К параметрам и характеристикам, которые контролируются средствами специальных пусконаладочных измерений, относятся:

- пульсации давления и статическое давление теплоносителя;
- вибрационное ускорение, скорость и перемещение оборудования;
- статическое и динамическое напряжение и деформации оборудования;
- температура теплоносителя и оборудования;
- расход теплоносителя и охлаждающего воздуха;
- частота оборотов ГЦН.

Измерительные комплексы термомеханического, вибродинамического и теплогидравлического контроля являются распределенными измерительными системами и включают в себя:

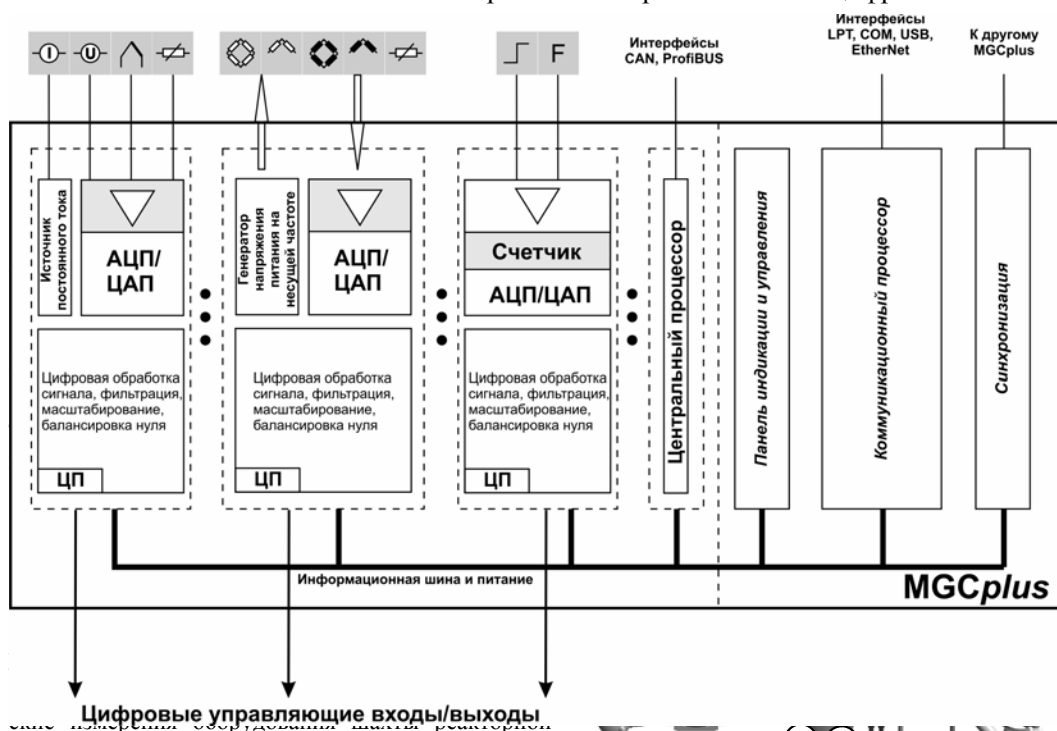
- первичные измерительные средства — в их состав входят измерительные преобразователи (датчики), крепежная оснастка, защитные сегменты, направляющие каналы, блоки разъемов;

- вторичные измерительные усилители, объединенные единым цифровым каналом (линия данных, линия синхронизации, разветвляющие устройства);

вычислительная система для отображения и первичной обработки информации, а также записи регистрируемых сигналов для последующей обработки.

Рассмотрим наиболее удачную конфигурацию вторичных измерительных усилителей и вычислительных систем, апробированную на четырех энергоблоках АЭС при специальных пусконаладочных измерениях, а также в стендовых условиях.

В качестве одного из базовых был выбран вторичный преобразователь MGCplus немецкой фирмы HBM (рис. 2). Данный усилитель имеет наиболее подходящие характеристики для построения многоканального комплекса. Его основу составляет крейт с встроенным процессором и блоком питания, универсальные модули расширения, разработанные для многих типов датчиков (в состав модуля входит собственный процессор для управления аналого-цифровым преобразователем, балансировки, настройки и тарировки), а также пакет программного обеспечения, дающий возможность проводить настройку усилителя, параллельный сбор данных, их сохранение и обработку. Модули, предназначенные для подключения тензометрических и индуктивных датчиков, работают на несущей частоте, что обеспечивает высокую помехозащищенность. Усилитель оснащен различными скоростными интерфейсами, позволяющими проводить динамические измерения с высокой частотой опроса одновременно большого числа измерительных точек. Усилители имеют встроенные линии синхронизации, а также синхронизированы с регистрирующими вычислительными системами, что обеспечивает единую систему измерений, объединяющую большое число разнородных первичных преобразователей. Основной задачей вторичного усилителя является увеличение аналогового сигнала от первичного преобразователя и конвертирование в цифровой сигнал. Данное решение позволяет разнести первичный и вторичный преобразователи на расстояние от 60 до 500 м по аналоговой линии и на неограниченное расстояние по цифровой. Это по-



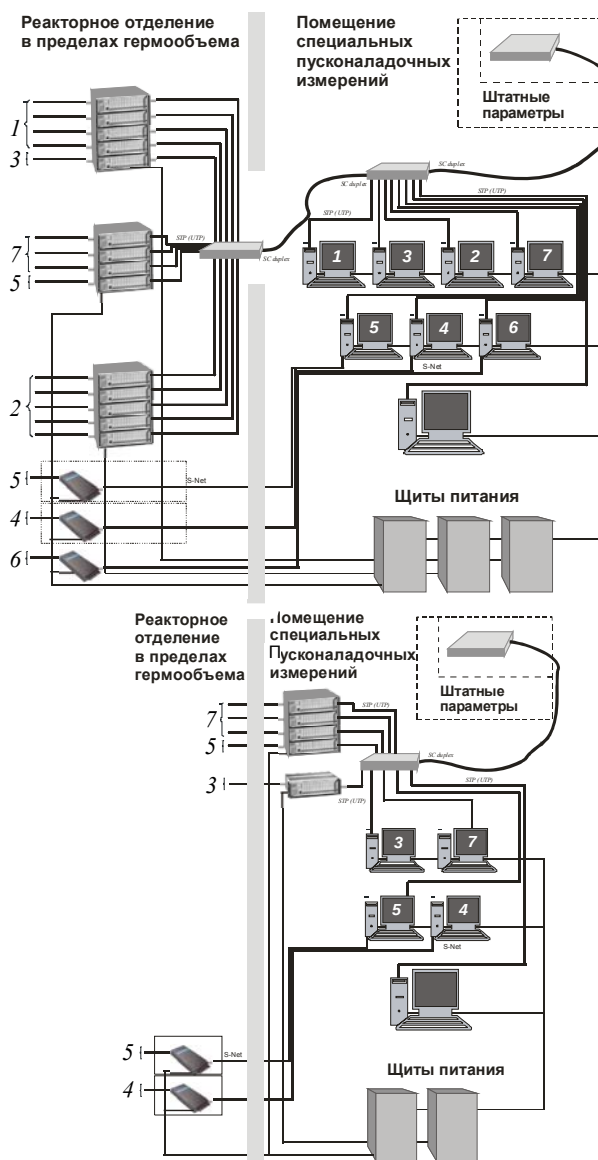
Р и с. 2. Структурная схема вторичного преобразователя MGCplus

Р и с. 3. Примеры построения многоканальных измерительных систем: 1 — динамические измерения внутрикорпусных устройств; 2 — контроль виброхарактеристик имитаторов ТВС; 3 — виброшумовой контроль корпуса и крышки реактора; 4 — термотензометрирование первого контура; 5 — теплогидравлические измерения верхнего блока и шахтного объема; 6 — теплогидравлические измерения реактора и первого контура; 7 — динамические измерения первого контура

звляет построить распределенную систему сбора и обработки данных, широко развернутую по периметру контролируемого оборудования и с центром управления в одной точке (рис. 3).

Другой основной вторичный усилитель разработан английской фирмой Solartron. При проведении пусконаладочных измерений он используется для обработки статических сигналов, таких, как температура, механические напряжения и деформации. Этот усилитель имеет прочный металлический корпус, что позволяет его крепить непосредственно на контролируемом оборудовании. Использование цифровой линии связи S-Net дает возможность подключиться к вычислительной системе, расположенной за пределами герметичной оболочки оборудования.

Краткие технические характеристики сертифицированных вторичных усилителей, применяемых при построении многоканальных измерительных систем, следующие:



	IMP (Solartron)	MGCplus (HBM)
Максимальное число каналов в одном корпусе . . .	10—20	До 128
Класс точности . . .	0,02 для термодар, 0,1 для тензометрических датчиков	0,03
Частота дискретизации, измерений в 1 с . . .	Не менее 10 с каждого канала по всей системе	19 200
Разрядность АЦП . . .	16	24

Структура АЦП . . .	В каждом корпусе	В каждом канале
Измерительная схема . . .	Тензо-, полу-, четвертьмост.	Тензо-, полу-, четвертьмост.
	Измерение напряжения	Измерение напряжения,
	термопар	частоты
Корректировка нуля . . .	Во всем диапазоне	Во всем диапазоне
Интерфейс . . .	S-Net, Ethernet	RS232, LPT, Ethernet
Рабочая температура, °C . . .	–20—70	–10—60

Вычислительная система основана на базе современных персональных компьютеров, объединенных в локальную сеть, через которую осуществляется связь с вторичными измерительными усилителями, а также с другими системами и комплексами, контролирующими оборудование. Программное обеспечение позволяет проводить индивидуальную настройку каждого измерительного канала, непрерывный параллельный, а также выборочный сбор данных с одновременной визуализацией и сохранением, многосторонний анализ полученных данных, включающий в себя фильтрацию сигнала, спектральный и корреляционный анализ.

Подобные многоканальные измерительные системы были внедрены при проведении специальных пусконаладочных динамических измерений на 1-м энергоблоке Тяньваньской (Китай), 2-м Хмельницкой, 4-м Ровенской (Украина) и 3-м Калининской АЭС. Опыт разработки даст возможность в дальнейшем использовать комплекс для решения задач эксплуатационного контроля.

УДК 621.039.55

РАЗРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ АЭС С ВВЭР

Селезнев А.В., Хайретдинов В.У., Падеров М.М., Тарханов В.В., Вахрушев П.А.

Одним из направлений деятельности ОКБ «Гидропресс» является разработка, изготовление и использование специальных измерительных средств для пусконаладочного и эксплуатационного контроля оборудования АЭС с ВВЭР. Типовые измерения, проводимые на контролируемом оборудовании реакторной установки АЭС с ВВЭР-1000, приведены на рисунке.

Необходимость создания специальных измерительных средств связана с условиями их работы, большим числом и разнообразием измеряемых параметров. К параметрам и характеристикам, которые контролируются специальными измерительными средствами, относятся:

- пульсации давления и статическое давление теплоносителя;
- вибрационные ускорения, скорость и перемещение оборудования;
- статические и динамические напряжения и деформации оборудования;
- температура теплоносителя и оборудования;
- расход теплоносителя и охлаждающего воздуха;
- параметры каналов регулирования реактивности (высотное положение головок ТВС, прямолинейность направляющих каналов тепловыделяющих сборок и усилия перемещения органов регулирования системы управления и защиты);
- частота оборотов главных циркуляционных насосов.