

## Система калибровки измерительных каналов АСУ ТП

*Материал посвящен важному аспекту метрологического обеспечения готовых систем автоматизации - калибровке измерительных каналов (ИК) АСУ ТП, а именно: проблеме повышения эффективности калибровочных работ и снижению их трудоемкости за счет более эффективного метода калибровки.*

Создаваемые сегодня современные автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) крупных объектов теплоэнергетики характеризуются высокой сложностью и степенью ответственности. Программно-технические комплексы (ПТК), составляющие основу АСУ ТП, должны не только обеспечивать реализацию всех необходимых сегодня функций контроля, измерения и регулирования технологических параметров, но быть удобными и технологичными в эксплуатации и сопровождении. Одним из важных видов сопровождения готовых автоматизированных систем является метрологическое сопровождение.

Не секрет, что метрологические вопросы являются самыми "больными" и "нелюбимыми" как для многих поставщиков ПТК, так и для эксплуатационных служб. Нередко вопросы метрологии вообще игнорируются, особенно в связи с внедрением микропроцессорных систем управления. Правда, такой способ решения требует определенной лояльности со стороны органов стандартизации и метрологии. В противном случае, проблемы в решении метрологических задач могут обернуться серьезными проблемами и значительными производственными и экономическими потерями.

Используя опыт внедрения АСУ ТП и их сопровождения, компания "Модульные Системы Торнадо" разработала комплексный подход к созданию современных систем на генерирующих объектах энергетики. Совместно с ведущими проектными и технологическими организациями компания осуществляет все необходимые исследовательские и инжиниринговые работы. Особое внимание уделяется метрологическому обеспечению поставляемых автоматизированных систем управления.

Необходимые метрологические работы выполняются на каждом этапе жизненного цикла АСУ ТП. На этапе технического задания формируются требования к метрологическому обеспечению разрабатываемой системы, на стадии технического проекта разрабатываются перечни измерительных каналов (ИК), определяются требования к точности выполнения измерений, выбираются средства измерений для формирования ИК, обеспечивающие требуемую точность, и также подбираются рабочие эталоны, с помощью которых можно подтвердить заданную точность измерения. На этапе подготовки рабочей документации выполняется согласование с Заказчиком применения утвержденных Госстандартом РФ методик поверки (калибровки) измерительных каналов.

На стадии ввода АСУ ТП в действие осуществляется комплекс метрологических работ в соответствии с нормативными документами.

На этапе пусконаладочных работ осуществляется монтаж и наладка измерительных каналов системы, на этапе предварительных испытаний наладочная организация совместно с персоналом эксплуатирующей организации выполняет приемку ИК из наладки в опытную эксплуатацию с целью проверки

соответствия ИК и готовности к вводу в эксплуатацию. Все измерительные каналы системы подвергаются первичной поверке или калибровке.

На этапе приемочных испытаний могут быть проведены испытания с целью "сертификации соответствия" ИК, либо испытания с целью утверждения типа. И, наконец, в промышленной эксплуатации осуществляется периодическая поверка или калибровка измерительных каналов АСУ ТП.

Программно-технические комплексы "Торнадо", являющиеся основой для создаваемых АСУ ТП, разработаны в соответствии с нормативными документами РФ и относятся к изделиям Государственной системы приборов. ПТК "Торнадо" занесены в Государственный реестр и имеют сертификат об утверждении типа средств измерений.

Разработанные метрологической службой компании методики поверки (калибровки) измерительных каналов АСУ ТП и измерительных модулей, входящих в состав программно-технического комплекса, согласованы Всероссийским НИИ метрологии и стандартизации (ВНИИМС).

Помимо необходимых документов и аппаратного обеспечения, компания предлагает Заказчикам специализированное ПО "АРМ метролога" (собственная разработка компании), которое является составной частью ПО ПТК "Торнадо" и позволяет осуществлять калибровку измерительных каналов АСУ ТП в автоматизированном режиме.

Разработанные методики калибровки измерительных каналов АСУ ТП поставляются в комплекте со специализированным программным и аппаратным обеспечением. На наш взгляд, этот способ является одним из наиболее оптимальных для решения метрологических вопросов при внедрении АСУ ТП. Однако уже сегодня специалисты компании работают над проблемой сокращения трудозатрат на калибровку ИК, поставляемых заказчику АСУ ТП. По существующему в настоящее время методу в процессе калибровки каналов АСУ ТП на объекте участвуют как минимум два человека. Один из них находится на стационарном рабочем месте инженера АСУ ТП или метролога и работает с программой "АРМ метролога". Второй должен находиться у соединительных коробок, чтобы с помощью генератора эталонных сигналов подавать эталонный сигнал в месте подключения первичного преобразователя (датчика). Оба калибровщика должны быть снабжены рациями, чтобы согласовывать свои действия. После того, как введены исходные данные о канале, задано количество сечений диапазона измерения, в которых будет осуществляться сбор измеренных значений, программа определяет значение эталонного сигнала и подсказывает, в какой момент этот сигнал можно подавать на вход ИК. Эту информацию калибровщик, работающий за компьютером, должен передать коллеге, который находится на объекте (рис. 1).



**Рис. 1.** Один из существующих методов калибровки ИК АСУ ТП

Таким образом, существующая методика реализует традиционный (с использованием средств ВТ и специализированного ПО) метод калибровки (поверки), который имеет ряд недостатков:

- большие временные затраты (на калибровку каждого канала необходимо 10-15 минут без учета времени, затрачиваемого на подключение задатчика эталонного сигнала);
- необходимость участия в процессе калибровки двух человек;
- возможность ошибочной информации;
- ручное управление задатчиком;
- передача информации ведется по радию.

Недостаток пользовательского интерфейса стационарного АРМ метролога - потребность в ручном внесении настроек процесса, при поверке каждого канала (класса точности канала, сечений диапазона измерений, единиц измерения и др.).

Принципиальным недостатком существующей методики калибровки ИК является то, что калибровщик, работающий на объекте, постоянно занят в процессе калибровки и не может отвлечься на работу по подготовке следующего канала в момент калибровки текущего канала. То есть, по существующей методике калибровщик работает строго последовательно - подготовка канала для калибровки (5-10 мин), калибровка (10-15 мин), восстановление канала (5-10 мин). Итого, весь процесс занимает в среднем 30 минут на один канал. Таким образом, за одну смену можно провести калибровку 10-15 каналов. Если учесть, что все эти работы проводятся дневным персоналом, а объем ИК, подлежащих калибровке на энергоблоке 200 МВт, составляет порядка 2000, то на калибровку всех ИК потребуется от 6 до 9 месяцев! Это, конечно, если все честно делать.

Поэтому если есть лазейки, и есть возможность не делать, то в подавляющем большинстве случаев метрологией, как таковой, никто и не занимается - ни поставщик АСУ ТП, ни эксплуатационные службы.

Как уже было сказано, ПТК "Торнадо" имеет в своем составе комплексное решение метрологических задач, но, к сожалению, трудоемкость этих работ остается высокой. И специалисты компании на собственном опыте поняли, что необходимо в корне изменить ситуацию и снизить трудоемкость калибровочных работ.

Для создания более эффективного метода калибровки, не имеющего недостатков предшествующей системы и способного значительно повысить эффективность работы специалиста-калибровщика за счет большей автоматизации процесса сбора измерительной информации и обработки результатов, специалистам компании необходимо было провести ряд теоретических и исследовательских работ:

- разработка нового метода калибровки;
- анализ необходимого аппаратного обеспечения и выбор оборудования;
- разработка оптимальной архитектуры новой системы калибровки;
- просчет и создание тестовой модели мобильного АРМ метролога;
- разработка операторского интерфейса для мобильного и стационарного АРМ;
- разработка новых протоколов связи.

После проведения работ специалисты компании пришли к идее применения беспроводных технологий связи для организации проведения калибровочных работ.

### **Разработка нового метода калибровки**

Разработанный метод предполагает последовательное выполнение следующих операций:

- отключение датчика и подключение генератора эталонных сигналов к входу измерительного канала;
- выбор канала по его коду или наименованию на мобильном АРМ метролога. При этом, с мобильного АРМ посылается запрос на стационарный АРМ, на котором из базы данных или из перечня ИК выбирается вся необходимая информация об этом канале: диапазон измерения, класс точности канала, сведения о датчике, измерительном модуле и другая информация, необходимая для организации процесса калибровки и для внесения в сертификат;
- запуск автоматической процедуры сбора измеренных значений и статистической обработки выборки;
- мониторинг процесса калибровки, просмотр результатов.

В ходе автоматического выполнения процесса калибровки у калибровщика есть возможность следить на мобильном АРМ за текущим измеренным значением, за отклонением этого значения от эталонного, за переключением генерируемых значений. Также имеется возможность просмотреть протокол калибровки и сертификат на канал.

### **Выбор оборудования**

Специалистами компании были изучены специфические особенности процесса калибровки ИК на крупных промышленных объектах и сформулированы

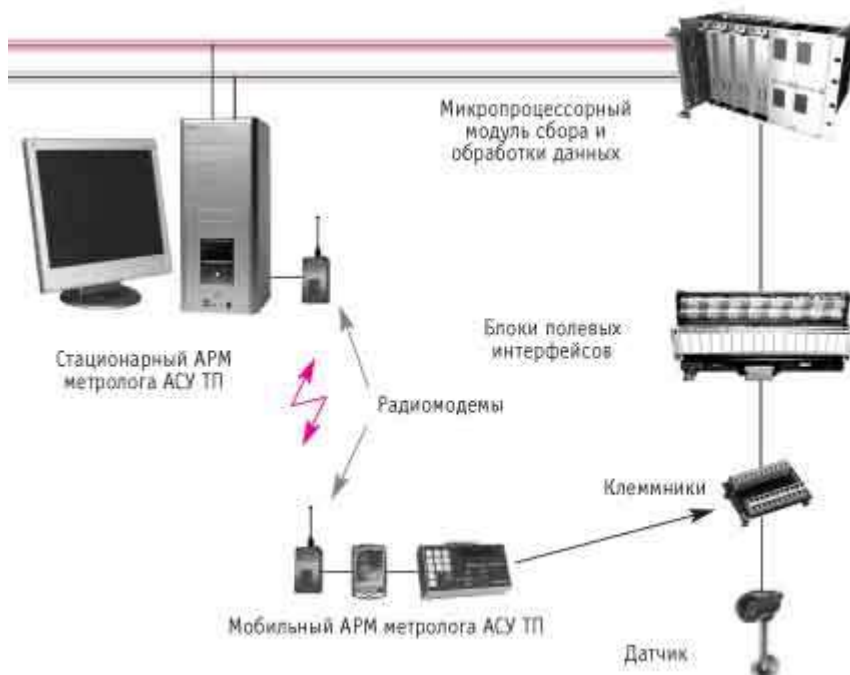
основополагающие критерии для определения состава технических средств новой системы:

- дальность связи и скоростные характеристики. При выборе средств беспроводной связи важным критерием являются дальность связи и скоростные характеристики. Данный критерий напрямую связан с конструктивными особенностями промышленного объекта, а именно: геометрией помещений, наличием металлических конструкций, наличием помех.

Натурные испытания новой системы проводились на Новосибирской ТЭЦ-5;

- совместимость физических интерфейсов. Следует учесть, что все устройства должны быть совместимы друг с другом на уровне физических интерфейсов, а также быть поддерживаемыми на уровне операционных систем (ОС);
- вес и размеры используемых компонентов. Все устройства, входящие в мобильный АРМ, должны отвечать требованиям мобильности и удобства эксплуатации. То есть иметь минимальный вес и размеры для беспрепятственного перемещения специалиста-калибровщика по объекту вместе с мобильным АРМ;
- оптимальность электропитания. Низкое энергопотребление, мобильность, возможность использования общего автономного источника питания;
- экономичность внедрения. Требование касается приемлемой стоимости и целесообразности внедрения на объекте, при соблюдении всех вышеописанных критериев.

### Разработка архитектуры системы



**Рис. 2.** Общая структура системы калибровки ИК АСУ ТП

Структура распределенной системы калибровки измерительных каналов была определена с учетом специфики проведения калибровки измерительных каналов на крупных промышленных объектах. В основу системы положена идея применения беспроводных технологий связи, мобильного компьютера и управляемого от него генератора эталонного сигнала. К компьютеру стационарного АРМ подключается радиомодем (рис. 2), в программу

стационарного АРМ вносятся необходимые изменения для работы ее в режиме удаленного управления мобильным АРМ.

В состав мобильного АРМ метролога входят:

- 1\_карманный персональный компьютер (КПК), который выполняет две функции:
  - удаленный интерфейс к стационарному АРМ метролога;
  - передача заданий, полученных от стационарного АРМ метролога программируемому задатчику.
- 2\_Программируемый задатчик, с помощью которого формируется калибровочный сигнал на входе канала.
- 3\_Блок для обеспечения беспроводной связи КПК со стационарным АРМ.
- 4\_Средства, обеспечивающие питание радиомодема и генератора аналоговых сигналов.

### **Создание тестовой модели мобильного АРМ метролога**

После проведенных испытаний и анализа сравнительных характеристик ряда промышленных ноутбуков и карманных персональных компьютеров в качестве компьютера тестовой модели АРМ решено было использовать КПК.

В качестве блока для обеспечения беспроводной связи КПК со стационарным АРМ в испытательной модели мобильного АРМ метролога был использован радиомодем с питанием модема от аккумуляторной батареи 12 В.

В отличие от устройств WI-FI, работающими на частотах 2400 - 2483.5 МГц, радиомодем работает на частоте 433.92 МГц и оптимально подходит для промышленных объектов, таких как ТЭЦ.



**Рис.** Подключение задатчика к КПК

Радиоволны частоты 433 МГц лучше огибают металлические конструкции типичных (для промышленного предприятия) размеров. В условиях цеха металлические конструкции частично огибаются радиоволнами, частично волна попадает за препятствия за счет отражений.

Пространственное затухание радиоволн на низких частотах меньше. Используемый радиомодем специально приспособлен для работы в условиях

импульсных помех, так как в нем использовано каскадное кодирование с перемежением, эффективно исправляющее ошибки при передаче данных.

В качестве программируемого задатчика, с помощью которого формируется эталонный сигнал на входе канала, был использован программируемый калибратор-измеритель унифицируемых сигналов ИКСУ 2000. Достоинством данного задатчика является его высокий класс точности, что позволяет использовать его не только для калибровки ИК, но и измерительных модулей ПТК, класс точности которых существенно выше.

Задатчик обладает малым весом и габаритами. Предусмотрена возможность программирования калибратора через интерфейс RS232. Работа калибратора может осуществляться при питании от аккумулятора на 12В, это делает возможным использование одного источника для питания калибратора и радиомодема.

Калибратор ИКСУ 2000 подключается к КПК через кабель.

Использование устройства ИК-RS232 (инфракрасный порт - RS232), как одного из составляющих мобильного АРМ, было определено исходя из потребности в управлении двумя устройствами с КПК. Это дало возможность использования его как прозрачный канал связи ИК-RS232 и питания от подключаемого устройства через интерфейс RS232.

Радиомодем соединяется с КПК через ИКпорт-RS232.

Таким образом, все компоненты мобильного АРМ свободно размещаются в объеме 350x250x100 мм и имеют общий вес не более 2,5 кг.

### **Разработка пользовательского интерфейса для мобильного АРМ**



**Рис.** *Фрагмент интерфейса программы мобильного АРМ*

Для простоты и удобства обслуживания в пользовательский интерфейс введены специальные управляющие и информационные компоненты, обеспечивающие:

- получение и передачу списка калибруемых каналов и возможных используемых калибраторов;
- включение/выключение режима ручного управления калибратором. Данный режим может быть использован, когда нет возможности использовать программируемый калибратор;
- начало и окончание процесса калибровки;
- предоставление информации о ходе калибровки.

### **Результаты проведенных работ**

В результате проведенных работ была создана тестовая модель работающей системы (включающей мобильный АРМ и программу стационарного АРМ) для калибровки измерительных каналов различных типов. В ПО стационарного АРМ были внесены все необходимые изменения для работы в режиме удаленного управления.

Ряд испытаний, проведенных на ТЭЦ-5 ОАО "Новосибирскэнерго", показали, что:

- в процессе калибровки при использовании новой распределенной системы калибровки измерительных каналов достаточно участие только одного человека, оснащенного мобильным АРМ метролога. Все управление задатчиком полностью ложится на программу стационарного АРМ, что исключает погрешности, связанные с установкой прибора. Инструкции поступают через беспроводную связь в программу, установленную на мобильном АРМ, которая и управляет калибратором. Управление всем процессом ведется с мобильного АРМ также через беспроводное соединение;
- в функции калибровщика - координатора мобильного АРМ входят: запуск процесса и выбор кода канала (необходимая инициализация производится на стационарном АРМ); визуальное наблюдение за ходом процесса посредством интерфейса ПО мобильного АРМ, который отображает текущий этап калибровки, значения текущих погрешностей измерений, выставляемые значения на задатчике. Калибровщик имеет возможность в любой момент остановить процесс калибровки или начать процедуру с самого начала;
- калибровка одного измерительного канала занимает менее 5 минут (без времени подключения задатчика), что составляет 1/3 прежних временных затрат;
- за счет высвобождения калибровщика из самого процесса калибровки, у него появляется возможность параллельно заниматься другой работой - подготовкой следующего ИК.



**Рис.** Прототип мобильного АРМ метролога в кейсе

Все это приводит к сокращению общего времени калибровки примерно в три раза, т.е. вместо 6-9 месяцев калибровка ИК крупного энергоблока может быть выполнена за 2-3 месяца силами всего лишь одного человека.

**Статья опубликована в журнале «ИСУП», № 1(9)\_2006**

О.В. Сердюков, И.А. Корепанов, С.А. Кулагин,  
ИЦ №6 ИАиЭ СО РАН, г. Новосибирск,  
Л.В. Журавлева, И.В. Сорокин,  
ЗАО "Модульные Системы Торнадо", г. Новосибирск,  
тел./факс: (383) 330-2039, 339-9352,  
E-mail: info@tornado.nsk.ru