

УДК 621.039.53

## ДАТЧИКИ ДАВЛЕНИЯ – ПЕРВИЧНОЕ ЗВЕНО АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

В.С. ЗАГУЗОВ, Д.В. ПАНФЕРОВ, Н.А.ТИТОВА

*Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н. Л. Духова  
Суцьевская, 22, Москва, 127055, Россия*

*Поступила в редакцию 3 февраля 2015*

«Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л. Духова» (далее ВНИИА) относится к предприятиям Госкорпорации «Росатом» и является одним из ведущих предприятий разработчиков ядерного оружейного комплекса Российской Федерации.

ВНИИА ведет свою историю с 1954 г. Здесь трудились такие знаменитые ученые, как Николай Леонидович Духов и Аркадий Адамович Бриш, выдающиеся личности, как Николай Иванович Павлов и Анатолий Васильевич Ляпидевский. Их имена навсегда вписаны в историю создания ядерного оборонного комплекса нашей страны.

Институтом достигнут превосходный научно-технический потенциал. В настоящее время во ВНИИА трудятся более 130 докторов и кандидатов наук.

В 80-е годы прошлого столетия в рамках конверсии во ВНИИА начались разработка и производство наукоемкой продукции гражданского назначения:

– программно-технических средств автоматизированных систем управления технологических процессов (АСУ ТП) атомных и тепловых электростанций, других сложных объектов;

- датчиков и сигнализаторов давления для атомных и нефтегазовых предприятий;
- портативных нейтронных генераторов и аппаратуры на их основе;
- портативных рентгеновских генераторов;
- радиационных мониторов;
- аппаратуры для регистрации быстропротекающих однократных процессов;
- устройств дуговой защиты для объектов энергетики;
- аппаратуры электровзрывания;
- сейсмических датчиков и систем регистрации землетрясений.

Одним из ведущих гражданских направлений является разработка и производство датчиков и сигнализаторов давлений.

Датчики являются первичными звеньями автоматизированной системы управления промышленным объектом; от надежности и точности показаний датчиков зависит безопасная и экономная работа всех систем таких сложных и ответственных объектов, как атомная или тепловая станция. Поэтому во ВНИИА с особой ответственностью относятся к разработке и производству датчиков давления и систем АСУ ТП. В отделах разработки датчиков давления трудятся высококвалифицированные инженеры и научные сотрудники, часть из них имеет ученые степени кандидатов наук.

Датчик давления при своей кажущейся обманчивой простоте является наукоемким продуктом. Он должен обеспечивать заявленную высокую точность измерения в широком диапазоне температур от  $-60^{\circ}\text{C}$  до  $+80^{\circ}\text{C}$ , во внешних агрессивных средах с содержанием коррозионно-активных агентов и дезактивирующих растворах, выдерживать значительные перегрузки давлением, быть стойкими к гидроударам, к воздействиям грозовых разрядов и интенсивных электромагнитных помех; обеспечивать высокое быстродействие при микромощном энергопотреблении.

Поэтому при разработке используются современные пакеты программ моделирования и автоматизированного проектирования, как механических деталей, так и электронных схем: ANSYS, Pro/Engineer, Mentor Graphics и др.

ВНИИА разрабатывает и производит всю линейку датчиков давления:

- датчики избыточного давления;
- датчики разности давлений;
- датчики абсолютного давления;
- датчики разрежения;
- датчики избыточного давления-разрежения.



Рис. 1. Датчики давления серии ТЖИУ406-М100

При разработке ставка делалась на уникальные параметры датчиков, которые значительно превосходят показатели других производителей:

- высокое качество производства обеспечивается действующей в институте международной системой менеджмента качества ISO 9001:2008;

- высокая надежность основана на опыте разработки и производства продукции оборонного назначения;

- высокое быстродействие (время цикла обработки 50 мс) – один из лучших показателей – обеспечивается высокой степенью оптимизации схемы и программного обеспечения датчика;

- широкий диапазон рабочих температур обеспечивается применением первичных преобразователей собственного изготовления, проведением наработки прибора во время настройки на предельных температурах;

- высокая степень защиты от электромагнитных полей высокой интенсивности обеспечивается как специальными конструктивными решениями (разделительная экранирующая перегородка в корпусе, стекло ЖКИ с металлизированным прозрачным покрытием), так и специальной многоступенчатой схемой блока фильтра помех (схемы грозозащиты). Благодаря этому датчик работает в условиях жесткой электромагнитной обстановки группы IV по критерию функционирования А (без нарушения функционирования) по ГОСТ 32137-2013;

- жидкокристаллический поворотный индикатор с подсветкой обеспечивает наглядный вывод показаний при различном положении корпуса датчика;

- широкий диапазон напряжения питания от 9 до 48 В.

### Устройство датчика давления

Первичный преобразователь должен обеспечить минимально возможные несистематические (а значит некомпенсируемые) погрешности, повторяемость, гистерезис, зависящие от множества факторов: материала и технологии изготовления мембран, способа сварки деталей, технологии пайки тензочувствительного элемента, объема заполняющей кремний органической жидкости. Все эти факторы учитываются при проведении математического моделирования с применением программных пакетов во время разработки.

На рис. 2 представлено внутреннее устройство датчика. Электроника датчика давления выполнена на самом современном уровне. Она включает в себя микроконтроллер, обеспечивающий коррекцию систематических погрешностей (погрешность нелинейности, температурная погрешность), а также сервисные функции – вывод показаний на ЖКИ в различном представлении, настройку датчика под конкретные требования на месте установки

(пределы и единицы измерения, вид характеристики преобразования), подстройку верхней и нижней точек диапазона измерения, самодиагностику. В датчике ТЖИУ406-М100 имеется возможность дистанционного управления по линии связи с использованием HART-протокола, что ставит наши приборы в один ряд с такими известными брендами, как Emerson и Yokogawa. ВНИИА состоит в международной организации HART Communication Foundation.

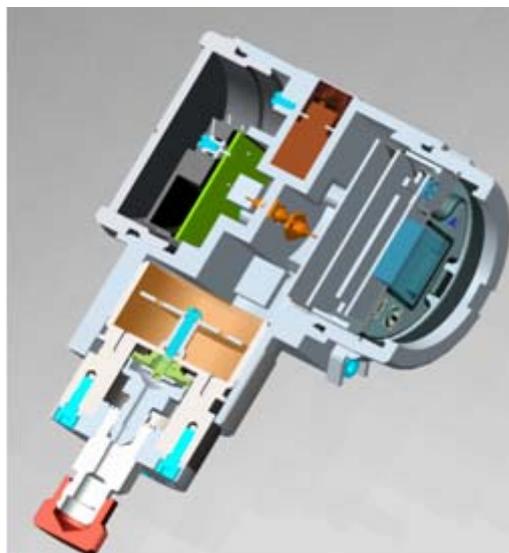


Рис. 2. Внутренне устройство датчика

При разработке датчиков ТЖИУ важно было совместить противоречивые требования – высокое быстродействие и сверхнизкое энергопотребление. С этой целью была проведена значительная оптимизация электронной схемы и программного обеспечения прибора. При проектировании электроники особое внимание уделялось требованиям электромагнитной совместимости – во всех датчиках, как уже говорилось ранее, установлена многоступенчатая схема блока фильтра помех, обеспечивающая защиту от электромагнитных помех высокой энергии, в частности микросекундных импульсов и наносекундных помех.

Для обеспечения работы датчика в его микроконтроллере установлено инструментальное программное обеспечение (ПО). Ввиду того, что датчик является средством измерения, внутренне ПО датчиков ТЖИУ соответствует ГОСТ Р 8.654-2009, аттестовано в соответствии с МИ 2955-2010, его защита соответствует МИЗ286-2010. Так как датчики ТЖИУ применяются на атомных электростанциях в составе систем, важных для безопасности, то для обеспечения надежной работы ПО выполнено в соответствии со стандартом МЭК 880.

При работе датчик давления ТЖИУ выполняет циклическую фоновую самодиагностику: проверяется целостность и отсутствие коротких замыканий тензомоста, проверяются контрольные суммы внутреннего инструментального ПО и энергонезависимой памяти с калибровочной и служебной информацией посредством алгоритма CRC16.

ВНИИА обладает замкнутым производственным циклом датчиков давления, включая участок микроэлектроники для изготовления собственных чувствительных элементов по технологиям КНК (кремний на кремнии) и КНС (кремний на сапфире).

Электронные модули датчиков давления изготавливаются на собственных современных автоматизированных производственных линиях. При этом осуществляется многоступенчатый контроль качества: автоматическая оптическая инспекция и рентгеновский контроль печатных плат после сборки на автоматической линии, параметрический контроль методом «летающих щупов» на автоматической установке, функциональный контроль, контроль в составе изделия, прямо-сдаточные испытания.

Калибровка и прямо-сдаточные испытания датчиков проводят на автоматизированных стендах с минимальным участием рабочего персонала, что минимизирует влияние человеческого фактора на качество продукции. Для подтверждения надежных и эксплуатационных характеристик датчиков во ВНИИА имеется современная испытательная

база, включающая вибростенды, климатические камеры, испытательный центр ЭМС, лабораторию химического анализа.

ВНИИА осуществляет комплексные поставки на новые энергоблоки АЭС систем АСУ ТП типа ТПТС (ТПТС-51, ТПТС-52, ТПТС-НТ, ТПТС-СБ) с датчиками давления ТЖИУ406-М100. При этом обеспечивается их оптимальное взаимодействие, что является результатом тщательной проработки их совместимости и оптимального распределения функций, многоэтапного тестирования. Особое внимание уделено обеспечению однозначной реакции системы на прерывание питания и сигнализацию отказов датчика. Соответствие всем предъявляемым требованиям и гибкая ценовая политика ВНИИА обеспечили, на конкурсной основе, применение датчиков давления ТЖИУ406-М100-АС на действующих энергоблоках и в проектах строящихся атомных станций: Калининская АЭС, Курская АЭС, Нововоронежская АЭС, Смоленская АЭС, Нововоронежская АЭС-2, Балаковская АЭС, Ростовская АЭС, Кольская АЭС, Ленинградская АЭС-2, Билибинская АЭС, Белорусская АЭС, АЭС Бушер.

Датчики давления ТЖИУ406-М100-АС имеют весь пакет разрешительных документов от Свидетельства об утверждении типа средств измерений Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии до Сертификата соответствия требованиям технического регламента Таможенного союза ТР ТС 012/2011 «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах».

Высокое качество работы коллектива специалистов «Всероссийского научно-исследовательского института автоматики им. Н.Л. Духова» подтверждено международным сертификатом TÜV SÜD Системы менеджмента качества ISO 9001:2008 в области разработки, изготовления, сбыта и сервисного обслуживания оборудования ТПТС и датчиков давления ТЖИУ и дипломом Совета по присуждению премий Правительства Российской Федерации в области качества.