

УДК 681.521.35:537.523

**И.В. Нагорный (асп. каф. ПТиСМ)**

## **АКТУАЛЬНОСТЬ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ И ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ МАЛЫХ ПЕРЕПАДОВ ДАВЛЕНИЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ СИГНАЛ В РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЯХ НАУКИ И ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

В последние годы, в связи с широким использованием микро-ЭВМ в различных областях науки при проведении технических, специальных, физико-химических, медико-биологических исследований и разработок, особое место занимает проблема сбора информации, представленной с одной стороны малыми давлениями (до 1000 Па) и такими же малыми перепадами давлений на фоне относительно больших статических давлений, а с другой - электрическими сигналами.

Суть проблемы заключается в том, что традиционное преобразование таких малых давлений и перепадов давлений в электрический сигнал становится малоэффективным в силу самих применяемых принципов. Например, в наиболее совершенных существующих компенсационных преобразователях входное давление вначале преобразуется в механическое перемещение, затем механическое перемещение с помощью механо-электрического датчика недокомпенсации преобразуется в электрический сигнал, усиливающийся по мощности, и посредством электромеханического обратного преобразователя преобразуется в механическое перемещение (в схемах с компенсацией по перемещению) или в силу (в схемах с компенсацией по силе).

Наличие перемещающихся с трением подвижных механических и электромеханических элементов существенно снижает быстродействие таких преобразователей, вызывает гистерезис, зону нечувствительности, сухое трение, что делает преобразование неоднозначным, снижает надежность и чувствительность систем сбора информации. Последнее особенно становится актуальным при преобразовании в электрический сигнал очень небольших давлений или перепадов давлений (на фоне больших статических давлений – до десятков мегапаскалей), например, от 0,1 до 1000 Па.

Это имеет место при проведении научных исследований функционирования биореакторов для получения метана из органических веществ; управления генетической изменчивостью при исследованиях деления клеток, в процессе которого выделяется газ; в динамической океанологии при изучении гидродинамики волн; специальных приложениях, например, при разработке систем обнаружения надводных объектов; спирометрии; хромотографии; интенсификации процессов выплавки стали с заданными свойствами в мартеновском производстве, когда информативным параметром процесса плавки является давление под сводом мартеновской печи; при разработке теческателей газа в различных отраслях промышленности; при разработке средств контроля в сейсмографии.

Кроме того, одной из наиболее преобразуемых и измеряемых величин является расход газа или жидкости и в настоящее время во всем мире установлено на различных объектах свыше 15 млн. расходомеров. Среди них наиболее распространены (70...80 % от всех находящихся в эксплуатации) измерители расхода газа (расходомеры) по переменному перепаду давлений на стандартных сужающих устройствах (СУ) различных типов: диафрагмы, сопла, сопла Вентури, трубы Вентури. Данные расходомеры, включают в себя преобразователь расхода газа в перепад давлений на СУ, дифференциальный манометр (в ряде случаев ртутный дифманометр), преобразователь перепада давлений в пневматический или электрический сигнал с выводом результата измерений на регистрирующее устройство. Промышленные

эксперты ожидают, что в течение ближайших 5 лет объемы ежегодных продаж расходомеров этих типов во всем мире превысят 0,5 млрд. долл. США.

Однако точность существующих расходомеров переменного перепада давлений относительно невелика и в результате имеем колоссальные финансовые потери. Так по данным (1997г.) американской компании PG&E (Сан-Франциско, США) только из-за допущения постоянства температуры в бытовых счетчиках газа, барометрических эффектов, погрешностей диафрагм, погрешностей механических регистраторов расхода газа объем неучтенного газа составил 8,2 % от общего объема газа. А это сотни (если не тысячи) млн. долларов США в год. В широко используемых расходомерах переменного перепада давлений с дифманометрами, вследствие низкой точности приборов и несовершенства метода, учет газа производится с погрешностью 5...6%. В специальных исследованиях отмечается, что повышение точности учета газа в России только на 1% позволило бы получать экономию порядка 100 млрд. рублей в год (данные на 1995 год).

Эту проблему можно решить, максимально используя положительный мировой опыт применения расходомеров переменного перепада давлений с сужающими устройствами того или иного типа, одновременно обеспечив при этом увеличение точности преобразования перепада давлений на СУ в электрический унифицированный сигнал, удобный для обработки с использованием микроконтроллеров, и возможность преобразования малых перепадов давлений (до 1000 Па) на фоне имеющих место в газопроводах относительно больших статических давлений (до нескольких мегапаскалей).

Еще один пример, подтверждающий актуальность решаемой задачи. Одним из приоритетных направлений развития науки и техники нового тысячелетия является пилотируемая космонавтика и связанные с ней создаваемая наукоемкая продукция и разрабатываемые высокоэффективные технологии. Пилотируемая космонавтика развивается благодаря постоянному совершенствованию средств обеспечения безопасности полетов и, в первую очередь, средств контроля и диагностики состояния искусственной газовой атмосферы на борту обитаемого космического аппарата в условиях долговременных орбитальных полетов, включая контроль герметичности и обнаружения мест утечки газа, а также контроль работы бортовых вентиляторов и т.п.

Традиционные методы контроля герметичности космических аппаратов в условиях космического полета связаны, как правило, с измерением абсолютного давления искусственной газовой среды на борту и информированием экипажа об опасных величинах спада давлений (порядка единиц Па/с). Однако чувствительность известных методов контроля герметичности космического аппарата в силу относительно низкой точности существующих используемых датчиков давления и самих применяемых принципов (как правило, с использованием подвижных элементов) невелика, что затрудняет оперативное обнаружение малых утечек искусственной газовой среды на борту.

Задача обнаружения малых утечек искусственной газовой среды на борту становится особенно актуальной для больших космических объектов (орбитальных комплексов типа "Мир", международной космической станции и др.) в условиях долговременного полета и ограниченных ресурсов для поддержания искусственной газовой атмосферы на борту. Как следует из уравнения Клапейрона – Менделеева скорость спада абсолютного давления  $dp/dt$  при поддержании постоянной температуры в замкнутом объеме  $V$  и одинаковых потерях массы газа  $dm/dt$  обратно пропорциональна объему  $V$ , из которого происходит истечение газа. Например, при скорости массопотери искусственной газовой атмосферы на борту космического объекта  $dm/dt = 1$  кг/ч и объеме  $V = 1000$  м<sup>3</sup> величина спада давлений при нормальной температуре составит 0,025 Па/с, что существенно ниже чувствительности существующей в настоящее время аппаратуры. Учитывая погрешность существующих преобразователей абсолютного давления в электрический сигнал, обнаружить эти небольшие потери при наличии течи на борту можно будет не раньше, чем через 10...15 часов, что затрудняет поиск места утечки и создает потенциальную угрозу экипажу.

Выход из положения необходимо искать путем устранения подвижных механических и электромеханических элементов из процесса преобразования малых давлений и перепадов давлений (0,1...1000 Па) в электрический сигнал, причем для увеличения точности следует ориентироваться на компенсационные схемы с отрицательными обратными связями, охватывающими весь контур преобразования сигналов. Поскольку существующими способами это сделать невозможно, то для ее решения следует искать новые физические явления и эффекты, которые могут быть положены в основу построения таких преобразователей.

С целью создания наукоемкой продукции, имеющей межотраслевое применение, нами решается задача создания высокоточных преобразователей малых давлений и перепадов давлений путем разработки принципиально нового компенсационного метода преобразования малых давлений и перепадов давлений (от 0,1 до 1000 Па на фоне больших статических давлений – до десятков мегапаскаль) в электрический сигнал без применения инерционных и ненадежных подвижных механических и электромеханических элементов с электрогидродинамической компенсацией по давлению входного сигнала, что позволяет охватить отрицательной обратной связью всю прямую цепь преобразований и полностью устранить ошибку звеньев прямой цепи. Таким образом, повышается точность преобразования малых давлений и перепадов давлений в электрический сигнал.

Последнее принципиально невозможно в известных компенсационных преобразователях с подвижными механическими элементами, в которых в лучшем случае реализуется компенсация по силе, в худшем — компенсация по перемещению, также как невозможна чувствительность к таким малым (порядка 0,1 Па) перепадам давлений на фоне относительно больших статических давлений (десятки миллионов Паскаль). Дальнейшее повышение точности разрабатываемых преобразователей достигается за счет использования астатических схем компенсации, реализуемых на современной электронной базе.

*Работа выполнена в соответствии с проектом 01.01.041 Министерства образования Российской Федерации по программе “Научные исследования высшей школы по приоритетным направлениям науки и техники”, подпрограмма “Производственные технологии”.*