

М.А. Мирошник (УкрГАЗТ),
В.Г. Котух, Н.И. Капцова (ХНУГХ)

АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ДАТЧИКОВ ДЛЯ ГАЗОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ

В настоящее время в измерительных системах, особенно в нефтяной и газовой промышленности, функционирующих в сложных климатических условиях, находят применение герметичные датчики с соответствующей элементной базой. С увеличением количества выполняемых датчиком функций за счет оптимальных схмотехнических и конструктивно-технологических решений, выход из строя какого-либо элемента датчика ведет к отказу всей измерительной системы. Поэтому наряду с контролем работоспособности элементной базы датчиков большое внимание уделяется оценке их герметичности, что является актуальной инженерно-технической задачей.

Как правило, контроль герметичности датчиков для газового оборудования и трубопроводных систем (ГО и ТС) представляют собой сложный и долговременный процесс, осуществляемый экспериментальным путем с помощью специальных стендов и приспособлений. Степень герметичности датчиков определяется с помощью механических испытаний методом упругих деформаций в вакууме с использованием вакуумной установки УВН71-ПЗ и контрольных индикаторов. Под действием разности давлений крышка датчика деформируется, а величина её прогиба фиксируется с помощью индикатора. Герметичность датчика определяется по величине прогиба его крышки. Авторами предлагается аналитический метод оценки герметичности датчиков для ГО и ТС.

Рассмотрим произвольную точку X на поверхности крышки датчика и действующие на неё в ходе эксперимента силы.

F_1 - сила, обусловленная давлением газа в подколпачном устройстве и направленная внутрь датчика;

F_2 - сила упругой деформации крышки. Имеет одинаковое направление с F_1 а по величине пропорциональна h - высоте поднятия крышки.

F_{31} - сила, обусловленная давлением газа внутри датчика и противоположная по направлению F_1 и F_2 .

В начале откачки, когда давление под колпаком уменьшается, равнодействующая сил направлена в

сторону колпака, поэтому точка X поднимается.

Т.к. после откачки внешнее давление на датчик меньше чем исходное в этом же объеме, то сила давления газа внутри датчика будет уравновешена фактически силой упругой деформации корпуса.

Давление внутри датчика можно записать в виде

$$P_1 = P_0 \left(1 - \frac{\Delta V}{V_0} \right),$$

где ΔV - изменение внутреннего объема датчика за счет упругих деформаций его корпуса. Это давление может быть выражено как

$$P = \frac{k h}{S},$$

где k - коэффициент жесткости корпуса датчика,
 S - площадь поверхности корпуса,
 h - высота поднятия крышки датчика.

В случае наличия течи в корпусе датчика после откачки масса газа внутри корпуса будет уменьшаться.

Масса газа, заключенного в объеме V_0 ,

$$M(t) = \alpha V_0 P(t),$$

где α - упругость газа.

Изменение массы газа на некую величину dM за время dt пропорционально расходу газа $H dt$.

Откуда

$$dM(t) - H(t) dt - \beta P(t) dt - \left(\frac{\beta}{\alpha V_0} \right) M(t) dt$$

и, следовательно,

$$M(t) = M_0 l^{\frac{t}{\tau}},$$

где $\tau = \frac{\alpha V_0}{\beta}$; $M_0 = \alpha V_0 P_0$

и соответственно $P(t) = P_0 l^{\frac{t}{\tau}}$.

Тогда высота поднятия крышки в произвольный момент времени из интервала наблюдений

$$h(t) = \frac{S}{k} P_0 l^{\frac{t}{\tau}}$$

и может быть связанной с массой газа, заключенной в корпусе датчика:

$$M(t) = \frac{\alpha V_0 k}{S} h(t),$$

откуда просто можно найти средний расход газа в линейном приближении как отношение массы газа,

вытекающей за время наблюдения, к интервалу наблюдения:

$$H = \frac{\alpha V_0 k}{S} \cdot \frac{h_1 - h_2}{t_2 - t_1};$$

h_1, h_2 - высота подъема в моменты времени t_1, t_2 .

В полученную формулу входят только геометрические размеры датчика V_0, S , материальные константы α и k и интервал наблюдения, что позволяет, измеряя лишь величину прогиба крышки датчика, оценить степень его герметичности, не прибегая к использованию специальных стенов и приспособлений.

Полученная зависимость может послужить основой для создания новой методики оценки герметичности датчиков для ГО и ТС.

*Заболотній С.В., Клопотовський П.А.
(Черкаський державний технологічний
університет)*

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВ КВАНТУВАННЯ ПРИ ПОЛІНОМІАЛЬНОЇ УЗГОДЖЕНІЙ ФІЛЬТРАЦІЇ

У роботі [1] на основі апарату стохастичних поліномів та статистик вищих порядків, здійснено теоретичне обґрунтування семи-параметричного підходу до вирішення задач послідовного виявлення та ідентифікації типів розладки негаусових процесів. Запропонований підхід є компромісним оскільки результуючі методи аналізу мають меншу аналітичну та реалізаційну складність порівняно із параметричними підходом та забезпечують підвищення точності порівняно з непараметричними методами, які не враховують реальний характер ймовірнісного розподілу статистичних даних. В його основі лежить процедура поліноміальної узгодженої фільтрації (ПУФ), алгоритм якої (при степеневому базисі) можна представити у вигляді:

$$z_n = x_n - \alpha_1 - \sum_{i=2}^S h_i \cdot [x_n^i - \alpha_i], \quad (1)$$

де x_n – відліки вхідного сигналу, що аналізується; h_i оптимальні коефіцієнти (параметри ПУФ), які знаходяться за умови забезпечення мінімуму середньоквадратичної похибки між вхідним сигналом і його представленням у вигляді стохастичного поліному; α_i – початкові моменти i -го порядку.

Аналіз (1) свідчить, що практична реалізація ПУФ сучасними засобами ЦОС не викликає принципових

труднощів, оскільки алгоритми опрацювання зводяться до лише операцій множення та додавання. Потенційні проблеми можуть виникати лише при переході від дискретного до цифрового (квантованого) подання сигналів і параметрів фільтрів та реалізації арифметичних операцій із застосуванням елементної бази ЦОС (ЦСП або ПЛІС), яка оперує даними з фіксованою точкою. Це пов'язано із можливим переповненням та втратою значущості внаслідок зведення чисел в велику степінь, що є характерним для ПУФ. З метою мінімізації таких ефектів при алгоритмічній реалізації ПУФ для обчислення степеневих поліномів можна використати метод Горнера

$$\sum_{i=0}^S h_i x^i = h_0 + x(h_1 + x(h_2 + \dots + h_S) \dots),$$

застосування якого не лише суттєво мінімізує ефекти квантування, але й додатково зменшує в $(S+1)/4$ раз загальну кількість арифметичних операцій.

Один із поширених способів дослідження ефектів квантування базується на статистичному моделюванні, заснованому на аналізі сигналу, що формується як різниця між результатами опрацювання (фільтрації) дискретної системи та системи з квантованими параметрами (див. рис.1).

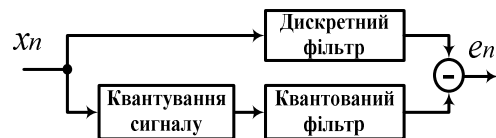


Рис. 1. Структура моделі дослідження шумів квантування

На основі даного підходу в середовищі MATLAB/Simulink розроблена імітаційна модель, застосування якої дозволяє оцінювати характеристики (середнє та дисперсію) шумів квантування, що виникають при поліноміальній узгодженій фільтрації.

Отримані результати статистичного моделювання функціонування ПУФ свідчать, що їх шум квантування є центрованим (середнє рівне нулю) дискретним випадковим процесом. В таблиці 1 представлені нормовані (на величину дисперсії вхідного сигналу) значення $D = \sigma_e^2 / \sigma_x^2$ оцінки величини дисперсії шумів квантування, отримані при різних степенях поліному S та розрядності двійкового M коду в форматі з фіксованою точкою.