

матических сред (MATLAB, Mathcad и др.) и наличия соответствующих лицензий отсутствует. Для исполняемых приложений, созданных с использованием данных ВП, требуется только бесплатно распространяемая среда исполнения RunTime Engine, то есть отсутствует необходимость полной установки среды LabVIEW.

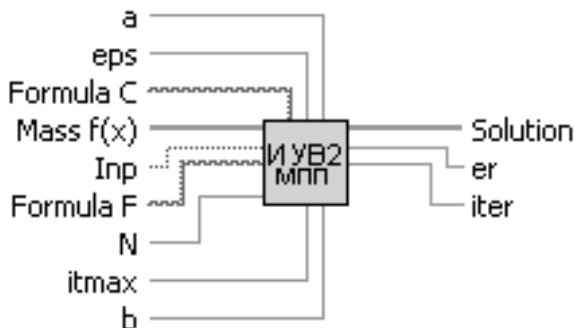


Рис. 2. Вид виртуального прибора на блок-диаграмме

Библиотека ВП для решения интегральных уравнений работоспособна и используется в практикумах для подготовки студентов по направлению обучения «Приборостроение» на кафедре информационных систем МИРЭА. Кафедральная лицензия для этого имеется. С помощью данных ВП можно изучать численные методы решения уравнений, технологию графического программирования, строить модели измерительных каналов и разрабатывать прикладное программное обеспечение ИС.

Литература. 1. Сизиков В.С. Обратные прикладные задачи и MATLAB. – СПб.: Издательство «Лань», 2011. – 256 с. 2. Бессонов А.С. Виртуальные модели измерительных систем концептуального уровня проектирования // Южно-Сибирский научный вестник. – 2014. - №1(5). – С. 74-79. 3. Плохотников К.Э. Вычислительные методы. Теория и практика в среде MATLAB. - М.: Горячая линия – Телеком, 2009. – 496 с.

Реквизиты для справок. Россия, 119454, Москва, пр. Вернадского 78, Московский технологический университет (МИРЭА), к.т.н., доцент **Бессонов А.С.** – bessonov@mirea.ru, тел. (499) 215-65-65 доб. 4045.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ УМЕНЬШЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ПЬЕЗОДАТЧИКОВ ДИНАМИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ ЖИДКИХ И ГАЗООБРАЗНЫХ СРЕД

КИКОТ В.В.

Обеспечение стабильности и точности измерений динамических давлений, которые подробно рассматриваются в [1 – 4], являются актуальной проблемой при эксплуатации пьезодатчиков [5] при мощных и быстроизменяющихся температурных воздействиях в диапазоне от минус 253

до 700 °С с градиентом температуры более 200 °С в секунду (термоударах).

Цель исследования. Целью исследования является уменьшение зависимости электрической ёмкости пьезоэлемента пьезодатчика от нестационарной температуры рабочей среды, а также использование этой зависимости в качестве информативного по температуре пьезоэлемента параметра для уменьшения погрешности пьезодатчиков при измерениях динамического давления жидких и газообразных сред.

Исследовано влияние температуры спекания пьезоэлементов из керамики ЦТС-83Г при изготовлении на температурную стабильность их электрической ёмкости при эксплуатации. На рис. 1 приведены экспериментально определённые температурные характеристики при изменении температуры в диапазоне от 25 до 200 °С для пьезоэлемента из керамики ЦТС-83Г в зависимости от температуры его спекания при изготовлении. При снижении температуры спекания пьезоэлемента уменьшается влияние температуры T на величину электрической ёмкости C_0 пьезоэлемента. Это объясняется уменьшением среднего размера зёрен структуры пьезоэлемента при снижении температуры спекания. Подтверждена возможность измерения температуры пьезоэлемента для формирования сигнала коррекции температурной погрешности измерения динамического давления с использованием температурной зависимости электрической ёмкости пьезоэлементов из различных материалов. На рис. 2 приведены экспериментально полученные графики зависимостей отношения электрической ёмкости C_t пьезоэлементов из сегнетомягких материалов APC-850, ЦТС-83Г и сегнетожестких материалов APC-840, ЦТСБ при температурах рабочей среды в диапазоне от 25 до 200 °С к электрической ёмкости C_0 при температуре 25 °С. Температурные зависимости электрической ёмкости исследованных пьезоэлементов имеют однозначную зависимость во всем температурном диапазоне, их отклонение от номинального значения достигают 40 %, это позволяет их использовать в качестве информативных по температуре параметров пьезоэлементов датчиков динамических давлений (в том числе акустических).

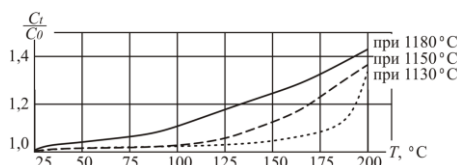


Рис. 1. Повышение термостабильности электрической ёмкости пьезоэлемента изменением температуры спекания при изготовлении

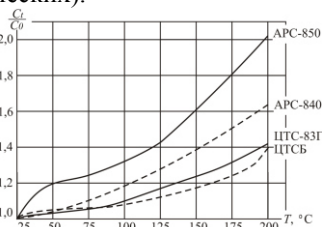


Рис. 2. Температурные зависимости электрической ёмкости пьезоэлементов из различных материалов

На рис. 3 представлена структурная схема разработанного вторичного измерительного преобразователя (ВИП) с коррекцией температурной погрешности.

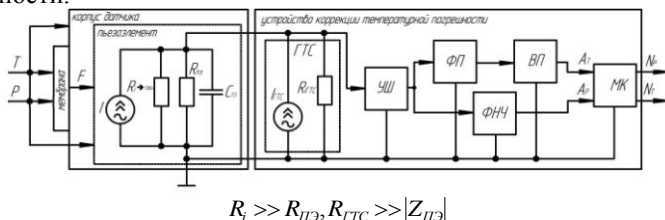


Рис. 3. Структурная схема ВИП

Пьезоэлемент показан на рис. 3 в виде эквивалентной схемы замещения, состоящей из источника тока I с внутренним сопротивлением $R_i \rightarrow \infty$ и комплексного сопротивления, которое состоит из сопротивления пьезоэлемента $R_{ПЭ}$ и ёмкости пьезоэлемента $C_{ПЭ}$. Пьезоэлемент подключен к генератору тест-сигнала (ГТС). ГТС задаёт синусоидальный ток $I_{ГТС}$ со стабильной амплитудой и частотой $f_{ГТС}$, причём значение $f_{ГТС}$ превышает верхнюю границу частотного диапазона измерения динамического давления. Зависимость пьезоэлектрического напряжения, которое возникает в пьезоэлементе и пропорционально силе F от деформации мембраны датчика при воздействии динамического давления ΔP , используется для получения значения измеряемого динамического давления ΔP . Зависимость падения амплитудного значения напряжения токового сигнала $I_{ГТС}$ на комплексном сопротивлении пьезоэлемента датчика от температуры, а именно изменение ёмкости пьезоэлемента $C_{ПЭ}$ от температуры используется для измерения температуры пьезоэлемента. Электрический сигнал, который снимается с электродов пьезоэлемента, усиленный усилителем широкополосным (УШ) поступает на вход фильтра полосового (ФП) с нижней границей полосы пропускания, которая превышает максимальную частоту диапазона изменения пульсации давления рабочей среды, и на фильтр нижних частот (ФНЧ) с полосой пропускания, соответствующей диапазону изменения частоты давления рабочей среды. Микроконтроллером (МК) на основании полученной при предварительной настройке пьезодатчика зависимости выходного сигнала пьезодатчика от температуры рабочей среды, зависимости пьезоэлектрического напряжения от давления рабочей среды и зависимости комплексного сопротивления от температуры рабочей среды вычисляется сигнал коррекции ошибки измерения давления от воздействия температуры, и производится преобразование скорректированного сигнала о давлении рабочей среды в цифровой выходной сигнал в виде кода $N_{ВЫХ}$ и аналоговый выходной сигнал в виде напряжения $U_{ВЫХ}$.

Проведены испытания ВИП (рис. 4). В диапазоне температур от минус 180 до + 250 °С градиентом температуры 400 °С в час, пульсациях

давления 50 кГц с частотой 50 Гц определено влияние температуры на коэффициент преобразования.



Рис. 4. Внешний вид пьезодатчика, подключенного к ВИП

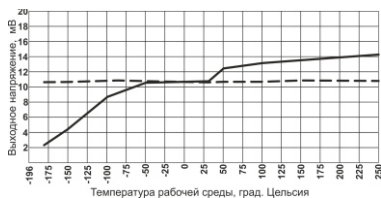


Рис. 5. Зависимость коэффициента преобразования от температуры

Из рис.5 видно, что при подключенном ВИП выходной сигнал пьезодатчика (пунктирная линия) меньше зависит от изменений температуры, чем выходной сигнал без ВИП (сплошная линия).

Исследовано изменение выходных сигналов пьезодатчика при термоударных воздействиях рабочей среды с температурами минус 196 и +96 °С с градиентом температуры 200 °С в секунду при атмосферном давлении и пульсациях давления 500 кПа с частотой 50 Гц без ВИП и с подключенным ВИП.

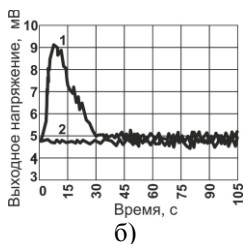
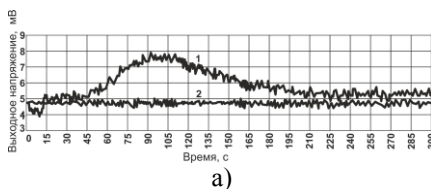


Рис. 6. Временная зависимость выходного сигнала пьезодатчика при термоударном воздействии: а) минус 196 °С; б) + 96 °С

Из рисунков 6а) и 6б) видно при подключенном ВИП выходной сигнал пьезодатчика (кривые 2) меньше зависит от термоударных воздействий рабочей среды, чем выходной сигнал пьезодатчика без ВИП (кривые 1).

Выводы. Разработан и испытан ВИП, улучшающий характеристики пьезодатчика динамического давления для жёстких условий эксплуатации. Погрешность измерения акустического давления при термоударном воздействии рабочей среды с температурой минус 180 °С снижена с 67 до 3 %, с температурой + 200 °С – с 35 до 2 %. Диапазон коэффициента влияния температуры на коэффициент преобразования в диапазоне температур от минус 180 до (25 ± 10) °С уменьшен с $(0,8...1,05)$ до $(0,95...1,02)$, в диапазоне температур от (25 ± 10) до 200 °С уменьшен с $(0,95...1,2)$ до $(0,98...1,03)$.

Литература. 1. Богуш М.В. Проектирование пьезоэлектрических датчиков на основе пространственных электротермоупругих моделей / под

ред. Панича А.Е. // М.: «Техносфера», 2014. – 312 с. **2.** Проектирование датчиков для измерения механических величин / под ред. Осадчего Е.П. // М.: «Машиностроение», 1979. – 482с. **3.** Богуш М.В. Влияние температуры на коэффициент преобразования пьезоэлектрических датчиков.//Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2008. №2. С. 26-39. **4.** Доля В.К. Компенсация температурной зависимости чувствительности.// Проектирование интеллектуального датчика акустического давления. Ростов-на-Дону. –2009 –Издательство ФГОУВПО «ЮФУ». – 21 с. **5.** Датчики. Преобразователи. Системы. Каталог ОАО «НИИФИ» // Пенза: «Пензенская правда», 2011. – С. 70-98.

Реквизиты для справок. Россия, 440026, Пенза, ул. Красная, 40, Пензенский государственный университет, аспирант кафедры «Автоматика и телемеханика» Кикот В.В., тел. (927)380-12-34, e-mail: inbox@post.su.

МЕТОД НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНОЙ ПОЛОСЫ

АБУЛКАСЫМОВ М.М., ЧЕРНЫШ Т.Г. ШОСТАК А.С.

Безопасность полетов летательных аппаратов (ЛА) в сложных метеоусловиях зависит от своевременного и точного прогноза погоды, получаемого в центрах управления воздушным движением (УВД) и на борту ЛА, а также от своевременного и достоверного контроля состояния взлетно-посадочной полосы (ВПП) [1].

Существует проблема расширения функциональных возможностей радиолокационной системы контроля состояния ВПП путем теоретического исследования отраженных сигналов от неоднородностей ВПП на основе решения задачи о входном импедансе полуволновой линейной антенны, расположенной над поверхностью плоскостной среды.

Для проведения численного моделирования коэффициента отражения были использованы диэлектрическая проницаемость воды, льда и диэлектрическая проницаемость асфальтобетона.

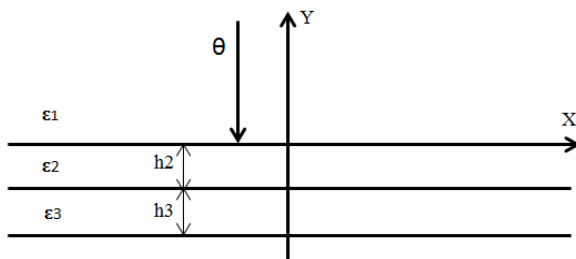


Рис. 1. Математическая модель, содержащая n-слоев (каждый единичный слой имеет свою толщину h_i).