

ДВА ВАРИАНТА ПОСТРОЕНИЯ ПР МСК ТРИБОДАТЧИКОВ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ТИПА И ИХ ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ

В.Н. Седалищев, М.Ю. Ларионов, Е.М. Крючков, А.В. Новичихин Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова
г. Барнаул

В статье описаны два варианта конструктивного исполнения ПР МСК трибодатчиков, с внешней и внутренней связью между взаимодействующими составными пьезорезонаторами, приведены их эквивалентные электрические схемы замещения. Рассмотрены особенности функционирования и области практического применения измерительных устройств такого типа.

Ключевые слова: связанные колебания пьезорезонаторов, пьезорезонансный трибодатчик, эквивалентная электрическая схема замещения.

Первичные измерительные преобразователи пьезорезонансных трибодатчиков параметрического типа конструктивно могут состоять из одного монолитного пьезоэлемента с системой обкладок на его поверхности, из двух и более пьезорезонаторов, взаимодействующих между собой через газообразный, жидкостный или твердотельный элемент связи. Модулируемыми параметрами таких измерительных устройств могут являться как элементы схемы замещения самих резонаторов, так и элемента связи между ними. Механизм чувствительности пьезорезонансных трибодатчиков параметрического типа определяется характером взаимодействия поверхностей вибраторов с элементами конструкции датчика, а так же с окружающей средой. В общем случае эквивалентная электрическая схема замещения (ЭЭСЗ) контакта пьезорезонаторов может включать в себя несколько компонентов (ЭДС, резисторов, индуктивностей, емкостей) [1]. Наличие ЭДС в ЭЭСЗ контакта между взаимодействующими поверхностями отражает проявление трибоэлектрического, термоэлектрического и других эффектов. Электрическая емкость в ЭЭСЗ контакта трибодатчика характеризует упругие свойства контактирующих поверхностей. Наличие индуктивности в ЭЭСЗ контакта может быть связано, например, с износом соприкасающихся поверхностей резонаторов, возможность массопереноса вещества между ними. Величина активного сопротивления в ЭЭСЗ контакта трибодатчика определяет уровень потерь колебательной энергии резонаторов на трение. Данный фактор отражает механизм трибочувствительности датчика, отличающийся от известного понятия акусто-

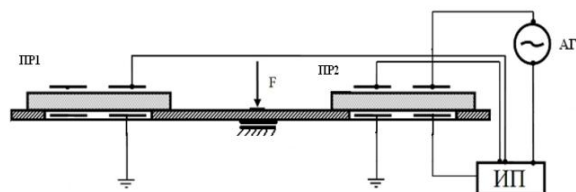
чувствительности тем, что механизм акусто-чувствительности ПРД связан с излучением колебательной энергии резонаторов в элементы конструкции датчика и в окружающую среду. При этом часть излученной энергии может возвращаться обратно к источнику за счет отражения, переизлучения, взаимодействия и т.п. Трибочувствительность же обусловлена наличием невозвратимых потерь энергии колебательной системой датчика на внутреннее и внешнее трение в местах контакта резонаторов между собой и с элементами конструкции датчика.

Рассмотренные механизмы чувствительности пьезорезонансных трибодатчиков могут проявлять себя по отдельности и совместно. Для их реализации могут использоваться как простые однорезонаторные конструкции датчиков, так и достаточно сложные колебательные системы с конечным числом степеней свободы и системы с распределенными параметрами. К числу таких измерительных устройств относятся трибодатчики, основанные на модуляции связанных колебаний пьезорезонаторов (МСК ПРД) [2, 3]. Чувствительные элементы таких трибодатчиков параметрического типа по конструктивному исполнению могут иметь две основные разновидности: ПР МСК трибодатчики с внешней и внутренней связью между взаимодействующими степенями свободы колебательной системы датчика.

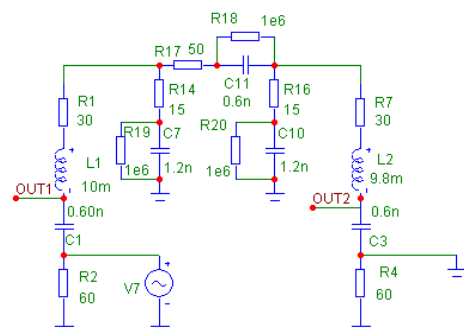
ПР МСК трибодатчики с внешней связью имеют твердотельный элемент связи между взаимодействующими степенями свободы. Это могут быть монолитные дифференциальные пьезотрансформаторные датчики (ДПТ), составные пьезорезонаторы, много-

элементные МСК ПРД с жестким соединением резонаторов между собой. Чувствительным частью такого измерительного преобразователя является область контакта элемента связи с другими элементами конструкции датчика или с окружающей средой (газообразной, жидкой, твердотельной).

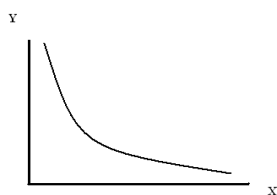
На рисунке 1 и 2 приведены конструкции ПР МСК трибодатчиков, соответственно, с внешней и внутренней связью и их ЭЭСЗ.



а)



б)

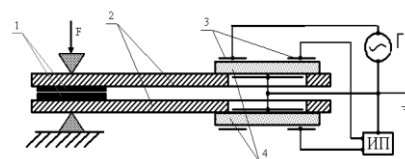


в)

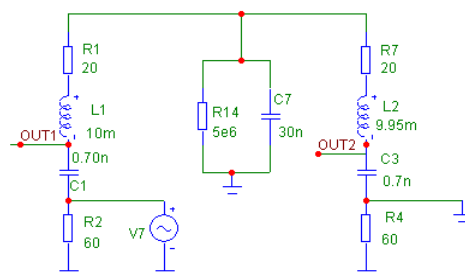
Рисунок 1 – ПР МСК трибодатчик с внешней связью между составными пьезорезонаторами: а - структурная схема; б – ЭЭСЗ; в – вид рабочей характеристики датчика

В ПР МСК трибодатчике с внутренней связью (рисунок 2) чувствительным элементом является контакт между пьезорезонаторами или вибраторами. В устройствах такого типа измеряемое воздействие модулирует параметры физико-механические и трибологические характеристики контактирующих поверхностей между резонаторами или вибраторами. При этом контакт между поверхно-

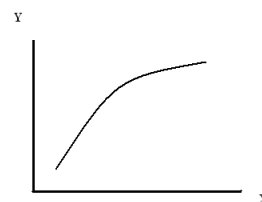
стями может содержать газообразные, жидкостные и твердотельные включения.



а)



б)



в)

Рисунок 2 – ПР МСК трибодатчик с внутренней связью между составными пьезорезонаторами: а – структурная схема; б – ЭЭСЗ; в – вид выходной характеристики датчика

Как следует из приведенных рисунков ПР МСК трибодатчики с внешней связью в цепи ЭЭСЗ контакта содержат последовательно включенное активное сопротивление и емкость. Выходной сигнал такого измерительного устройства изменяется обратно пропорционально изменению входного воздействия. Например, при увеличении усилия сдвигания контактирующих поверхностей выходное напряжение на обкладках приемного пьезоэлемента убывает, а при уменьшении усилия сдвигания – возрастает. Рабочая характеристика такого измерительного устройства имеет вид гиперболы (Рисунок 1в). В связи с этим измерительные преобразователи с внешней связью между резонаторами способны обеспечивать высокую чувствительность и могут найти применение для исследования материалов с малым значением

коэффициента трения, для измерения вязкости жидкостей и т.п.

ЭЭСЗ контакта в ПР МСК трибодатчике с внутренней связью содержит параллельную ветвь из активного сопротивления и емкости (рисунок 2б), поэтому обеспечивают линейную зависимость выходного сигнала от измеряемого воздействия (Рисунок 2в). Устройства такого типа наиболее пригодны для измерения больших усилий, давлений, вязкостей, а так же для исследования физико-механических и трибологических характеристик сильно шероховатых поверхностей.

При проектировании и расчете ПР МСК трибодатчиков необходимо принимать дополнительные меры по оптимизации их конструкции и режимов работы. В частности, с целью повышения метрологических характеристик нужно обеспечивать согласование значений коэффициентов связи и относительной расстройки собственных частот резонаторов с их добротностью [4].

К настоящему времени разработаны различные модификации ПР МСК трибодатчиков, предназначенных для измерения статических усилий, давлений, уровня сыпучих материалов, вязкости жидких сред [2, 4 - 7], а также макеты устройств для исследования физико-механических и трибологических характеристик поверхностей твердых тел и покрытий [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Седалищев, В.Н. Применение имитационного моделирования для сравнительного анализа вариантов построения многоэлементных пьезорезонансных датчиков / В.Н. Седалищев, М.Ю. Ла-

рионов // Ползуновский альманах. – 2012. – № 2. – С. 37-42.

2. Седалищев, В.Н. Акусточувствительный датчик статических усилий с использованием связанных колебаний пьезорезонаторов / В.Н. Седалищев, М.Ю. Ларионов, С. П. Пронин, А. В. Новичихин, Е. М. Крючков // Ползуновский альманах. – 2012. – № 2. – С. 71-72.

3. Седалищев, В.Н. Использование связанных колебаний пьезорезонаторов для исследования физико-механических и трибологических характеристик поверхности твердых тел / В.Н. Седалищев, М.Ю. Ларионов Е. М. Крючков, А. В. Новичихин // Ползуновский альманах. – 2012. – № 2. – С. 6-10.

4. Седалищев, В.Н. Высокочувствительные пьезорезонансные датчики с использованием связанных колебаний для экстремальных условий эксплуатации / В.Н. Седалищев, О.И. Хомутов – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2006. – 184 с.; 55 см. – Библиогр.; с. 180 – 184. – 100 экз. - ISBN 5-7568-0669-5

5. Седалищев, В.Н. Устройство для измерения уровня сыпучих материалов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2006. – № 6. – С. 49 – 50.

6. Седалищев, В.Н. Пьезорезонансные датчики на связанных колебаниях // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2005. – №11. – С. 41-42.

7. Седалищев, В.Н. Измерительные устройства, основанные на реализации режимов связанных колебаний в пьезорезонансных датчиковых структурах // Ползуновский вестник. – 2006. – № 2.С. 264 – 269.

Седалищев Виктор Николаевич – д.т.н., профессор, тел.:(3852) 260492, e-mail:Sedalischew@mail.ru; **Новичихин Андрей Викторович**-аспирант; **Крючков Евгений Михайлович** – аспирант; **Ларионов Максим Юрьевич** – аспирант.