

Магнитоэлектрическая система сбора энергии

И. Н. Соловьев

Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого,
Великий Новгород, Россия
тел: +7 (964) 311-42-49, эл. почта: ivan.solessi@gmail.com

Требования мобильности и энергонезависимости все чаще выступают на первый план в создании сенсорных и измерительных систем. Пути решения этой актуальной проблемы предлагаются самые разнообразные. Это и уменьшение энергопотребления датчиков и преобразователей, входящих в систему измерения, и создания аккумуляторов и батарей со сверхдлительным сроком службы, и передача, например, сверхвысокочастотной, магнитной или световой энергии по воздушным каналам. Автономность может быть достигнута также, за счет установки на сенсорное устройство элемента способного выделять и аккумулировать внешнюю энергию, например, солнечную панель. Я предлагаю использование магнитоэлектрической (МЭ) системы сбора энергии, позволяющей преобразовать энергию механических, акустических и электромагнитных колебаний в электрическое поле с целью обеспечения энергией сенсоров и датчиков.

МЭ сборщик энергии основан на МЭ эффекте, наблюдаемом в механически связанных пьезоэлектрической и магнитострикционной фазах. Он заключается в появлении намагниченности во внешнем электрическом поле и поляризации во внешнем магнитном поле [1]. Благодаря магнитострикции при воздействии магнитного поля в магнитострикционной компоненте создаются упругие напряжения, которые передаются в пьезоэлектрическую фазу и изменяют поляризацию вследствие пьезоэлектрического эффекта. Ввиду того, что МЭ взаимодействие в таких композиционных структурах связано с механическими напряжениями, можно наблюдать его усиление, когда частота переменного магнитного поля будет совпадать с частотами акустических колебаний образца, то есть на частоте электро-механического резонанса (ЭМР). Было проведено моделирование магнитоэлектрического эффекта в области ЭМР, основанное на точном решении уравнений движения среды с использованием материальных параметров исходных компонентов структуры. Если размеры композита гораздо меньше длины электромагнитной волны, то можно пренебречь градиентами электрического и магнитного полей внутри образца. Поэтому, основываясь на уравнениях эластодинамики и электростатики, уравнение движения среды запишется в виде:

$$\bar{\rho} \frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2} = V \frac{\partial^p T_{ij}}{\partial x_j} + (1-V) \frac{\partial^m T_{ij}}{\partial x_j}, \quad (1)$$

где u_i - смещение композита, $\bar{\rho} = V^p \rho + (1-V)^m \rho$ - средняя плотность вещества композита, V - объемная доля пьезоэлектрика, $^p \rho$, $^m \rho$, $^p T_{ij}$ и $^m T_{ij}$ - плотности и компоненты тензора напряжений пьезоэлектрической и магнитострикционной составляющих, соответственно. Было найдено точное выражение для МЭ коэффициента по напряжению при совместном решении закона Гука и уравнения (1) при использовании соответствующих граничных условий для тонкой прямоугольной слоистой структуры при поперечной ориентации магнитных полей. Коэффициент полезного действия преобразования внешних полей в электрический сигнал в МЭ композите прямо пропорционален МЭ коэффициенту по напряжению. Таким образом, выбор материалов композита оказывает существенное влияние на КПД МЭ системы сбора энергии. В качестве пьезоэлектрического материала выбран ЦТС, который имеет высокий пьезоэлектрический коэффициент, а в качестве магнитострикционного материала - метглас, обладающий очень сильной эффективной магнитострикцией. Согласно материальным параметрам фаз композита была построена частотная зависимость для поперечного МЭ коэффициента по напряжению. В настоящее время проводится работа по проектированию МЭ сборщика энергии на основе полученных расчетных результатов.

Литература

1. М. И. Бичурин и др. Магнитоэлектрический эффект в композиционных материалах. Великий Новгород, 2005.