УДК 621.3

СИСТЕМА СБОРА ЭНЕРГИИ С МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ

Р.В.Петров, Д.Н.Иванов

Институт электронных и информационных систем НовГУ, initra@narod.ru

Приводятся данные измерений характеристик магнитоэлектрического преобразователя. Были изучены возможности преобразования двух типов энергии — энергии переменного магнитного поля и энергии вибрации. В эксперименте пиковое значение напряжения составляло 10 мВ при токе до 1 мкА, что позволяет говорить о реальном техническом применении подобных систем для запасания электроэнергии в энергонезависимом или мобильном варианте исполнения.

Ключевые слова: магнитоэлектрический преобразователь, системы сбора энергии

In this paper we discuss the energy accumulation system with magnetoelectric converter. Energy accumulation devices can power or recharge cell-phones, mobile computers, radio communication equipment, etc. We have executed the experiments by transformation of the alternating magnetic energy and energy of vibrations to electric energy. The output voltage of magnetoelectric converter centimeters has average about 10 mV and current about 1 mcA. Hereinafter we plan to improve the parameters of the accumulation system using the number increase of active layers in magnetoelectric converter.

Keywords: magnetoelectric converter, energy accumulation systems

Введение

Требования мобильности и энергонезависимости все чаще выступают на первый план в создании сенсорных и измерительных систем [1]. Пути решения этой актуальной проблемы предлагаются самые разнообразные. Это и уменьшение энергопотребления датчиков и преобразователей, входящих в систему измерения [2], и создание 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 (это может быть, например, солнечная панель, преобразующая энергию солнца в электрический заряд). Мы предлагаем использование для целей сбора и накопления энергии магнитоэлектрических элементов, позволяющих преобразовать энергию механических, акустических и магнитных колебаний в электрический заряд с целью обеспечения энергией сенсоров и датчиков [3].

Магнитоэлектрический элемент представляет собой слоистую структуру, состоящую из двух слоев пьезоэлектрика $Pb(Zr,Ti)O_3$ (ЦТС) и расположенного между ними магнитострикционного сплава FeBSiC [4]. Этот элемент должен быть закреплен с одной стороны. В результате воздействия на него акустических колебаний на обкладках элемента возникает электрический потенциал, обусловленный как механическими, так и магнитными преобразованиями. Как показано в работе [5], такая система может генерировать потенциал до 8 В при наличии механических и магнитных колебаний амплитудой 0,05 м/с^2 и частотой 20 Гц в магнитном поле 2 Э. Ток в устройстве составлял 1,6 мкА. Размеры элемента — 100×12×0,3 мм. Разработка новых магнитоэлектрических материалов и конструкций на их основе позволит разработать в дальнейшем эффективные системы сбора и накопления энергии.

Принцип работы системы

Система сбора энергии работает следующим образом. Внешнее магнитное поле, воздействующее на магнитострикционно-пьезоэлектрическую структуру, индуцирует на электродах пьезоэлектрика электрическое напряжение, что обусловлено магнитоэлектрическим взаимодействием. Благодаря пьезоэлектрическому эффекту внешнее механическое давление также

приводит к появлению на электродах пьезоэлектрика электрического напряжения. В результате выходное напряжение оказывается пропорционально как внешнему магнитному полю, так и внешнему механическому давлению. При этом величина выходного напряжения максимальна, если частота внешних воздействий совпадает с частотой электромеханического резонанса.

Эксперимент

На основе теоретических данных и анализа зарубежной литературы поставлен собственный эксперимент. Для его проведения была собрана установка по структурной схеме, приведенной на рис.1. Ключевой частью нашей измерительной установки является композиционный магнитоэлектрический слоистый образец (рис.2), который и выполняет роль преобразователя энергии.

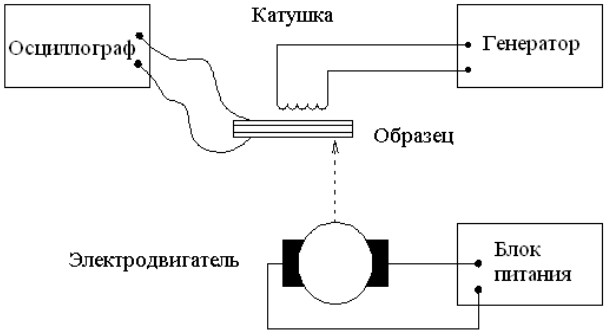

Рис.1. Структурная схема установки

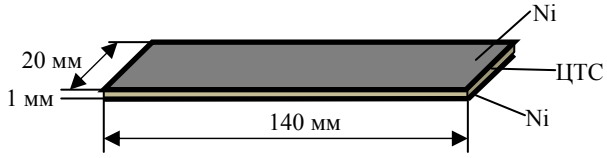

Рис.2. Магнитоэлектрический преобразователь на основе магнитострикционно-пьезоэлектрической структуры

Опытный образец зажимался в пластине с контактами, через которые снималось индуцированное напряжение. С помощью установки измерялось выходное напряжение, получаемое при вибрации магнитоэлектрической магнитострикционно-пьезоэлектрической структуры. Вибрация создавалась благодаря вращению электродвигателя. За счет изменения напряжения питания двигателя, мы изменяли скорость вращения, а следовательно, и частоту вибрации, воздействующей на опытный образец. Выходное напряжение фиксировали осциллографом. Генератор с катушкой в установке служит для создания переменного магнитного поля, которое в образце также преобразуется в электрическую энергию.

По результатам эксперимента мы получили осциллограммы, представленные на рис.3-5. На рис.3 представлена осциллограмма, полученная при генерировании ЭДС с пластины во время вибрации. Такой вид кривой связан с особенностями преобразования механической энергии и несовершенством контакта образца и держателя.

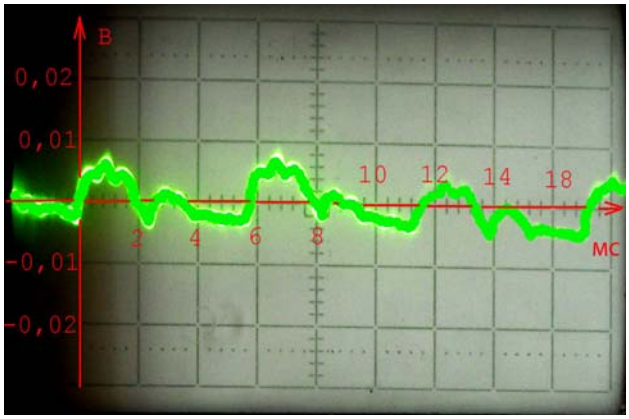

Рис.3. Осциллограмма генерации ЭДС преобразователя от вибрации

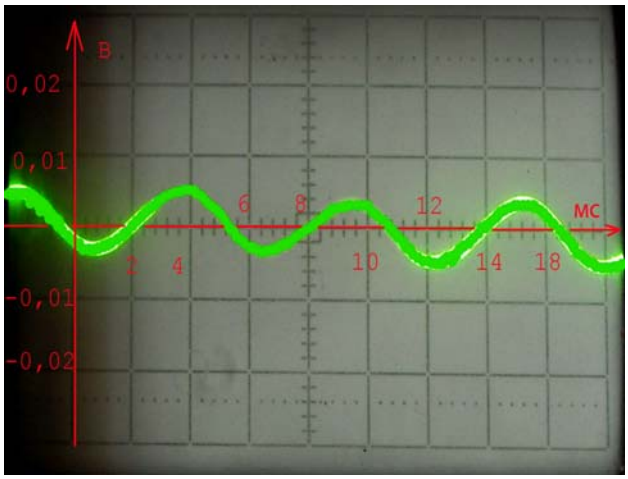

Рис.4. Осциллограмма ЭДС при помещении системы сбора энергии в переменное магнитное поле

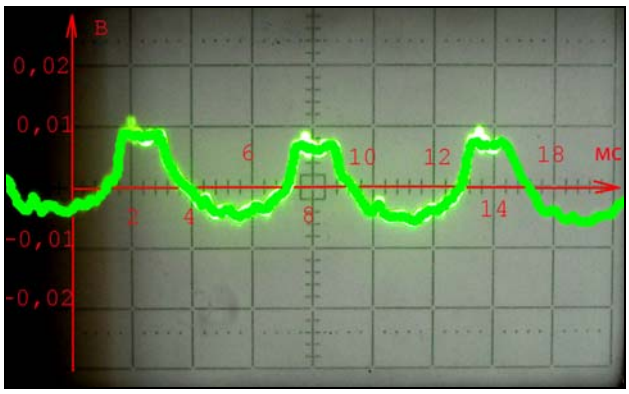

Рис.5. Осциллограмма ЭДС при одновременном воздействии вибрации и переменного магнитного поля

Проведенный эксперимент демонстрирует широкие возможности для создания систем сбора энергии от вибрации и переменного магнитного поля. В эксперименте пиковое значение напряжения составляло 10 мВ при токе до 1 мкА, что позволяет говорить о реальном техническом применении подобных систем для запасания электроэнергии в энергонезависимом или мобильном варианте исполнения. Заметим, что размеры устройства составляли всего 14×2×0,1 см.

Заключение

Рассмотрена возможность создания системы сбора энергии из внешней среды — энергии переменного магнитного поля и вибрационной энергии. Для преобразования использовался магнитоэлектрический элемент. Как было показано, работа данного устройства основана на преобразовании внешнего магнитного поля и приложенной вибрации в электрическую энергию.

Результаты эксперимента свидетельствуют, что подобные системы сбора энергии позволяют получать на выходе десятые доли вольта. Дальнейшее совершенствование подобных устройств, в частности благодаря применению новых слоистых композитов с лучшими характеристиками, позволит повысить получаемое выходное напряжение в десятки раз.

Системы сбора энергии индуцируют на выходе переменное напряжение, что ограничивает их прямое применение в схемах питания. Поэтому в этих системах предлагается использовать различные схемы, которые позволят выпрямлять напряжение и запасать электроэнергию. Применение аккумуляторных элементов и драйверов управления еще более повысит гибкость их практического применения.

Предлагаемые устройства можно будет применять в различных автономных системах, для питания сетей датчиков, контроля состояния различных объектов, питания мобильных устройств, питания сетевых устройств, а также устройств связи, энергонезависимых морских буев и т.д. Возможно также их применение в медицине. Применение систем сбора энергии является альтернативой ныне используемым химическим источникам энергии для питания маломощных устройств, исключающей замена отработанных химических источников или их зарядку.

Работа выполнена в рамках ФЦП Федерального агентства по образованию «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России».

1. Glynne-Jones P., White N.M. // Sens. Rev. 2000. №21 (2). P.91-97.
2. Петров Р.В., Бичурин М.И., Килиба Ю.В. Датчики электромагнитного поля // Тез. докл. 8-й Всерос. науч.-техн. конф. «Датчики и преобразователи информации систем измерения, контроля и управления». М.: МГИЭМ, 1996. Т.2. С.324.
3. Петров Р.В., Бичурин М.И. Магнитоэлектрическая система сбора энергии для датчиков физических величин // Мат. I-й Междунар. конф. «Диагностика-2009», Курск, 2009. Т.2. С.172.
4. Nan C.W., Bichurin M.I., Dong S.X., Viehland D., and Srinivasan G. // J. Appl. Phys. 2008. V.103. P.031101.
5. Dong S.X., Zhai J., Li J.F. Viehland D., and Priya S. // Appl. Phys. Lett. 2008. V.93. P.103511.