

## ЛИТЕРАТУРА

1. Земенков Ю.Д. – Газокомпрессорные станции. – Тюмень.: УГТУ, 2002. – 15 с.
2. Рожкова Л.Д.; Козулин В.С. – Электрооборудование станций и подстанций. – М.: Энергоатомиздат, 1987. - 648 с.
3. Биленка Б.Д.; Сергиенко Р.В. - Энергетические установки для компрессорных станций магистральных трубопроводов // Журнал. – 2010. – Т. 621. – № 2. – С. 70–79.

## ЭНЕРГИЯ ШАГА

Валиев Д.А., Мицкевич Р.В., Брагин С.В., Коченков А.А., Баженов И.С.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

Проблема ограниченности мировых видов сырья для использования их в качестве источников всё возрастающих потребностей человечества в электрической энергии вызывает озабоченность у широкого круга ученых и инженеров. В современном мире одной из важнейших тем для обсуждения является проблема нахождения новых возобновляемых источников энергии [1]. В 2012 г. на открытом форуме Евронауки основной направленностью была озвучена проблема возобновляемых источников.

Последнее время доля выработанной электроэнергии альтернативными источниками питания неуклонно растет. Как правило, под альтернативными источниками энергии подразумевается солнечная энергия, ветровая, приливные, геотермальные. Однако перечисленные направления имеют ряд достоинств и недостатков. Так, например, при использовании источника возобновляемой энергии, такой как гидроэлектростанции заливаются огромные площади плодородной земли, снижается скорость течения рек, что носит негативное влияние на экологическое состояние. Экологически безопасные ветряные генераторы могут быть использованы только в подходящей для этого местности, где постоянно существует достаточно высокая плотность ветра, при этом направленность ветра предпочтительна одного направления.

Еще одним источником самовозобновляемой энергии являются солнечные батареи. Однако, ввиду их большой стоимости их использование целесообразно только в южных регионах с высокой частотой солнечных дней. Поэтому солнечные батареи в основном используются в космосе.

Следует упомянуть область малой энергетики, такую как автономные электрохимические источники электрической энергии, однако данный тип также имеет ряд существенных недостатков – большой ток разряда, небольшой ресурс, необходимость частого мониторинга состояния.

Однако незаслуженно мало внимания уделяется пьезоэлементам и пьезогенераторам на их основе. Пьезоэлектрический эффект был открыт в 1880 году братьями Пьером и Жаком Кюри. Было обнаружено, что если кристаллы некоторых диэлектриков (сегнетовой соли, кварца и др.) подвергнуть механическому воздействию, сжатию, то на их поверхности появляются электрические заряды противоположных знаков, или, как теперь принято говорить, в кристалле возникает наведенная поляризация, которая создает внешнее и внутреннее по отношению к кристаллу электрические поля. Простейшая схема пьезогенератора изображена на рис.1. В данной схеме условно показан способ получения электрической энергии при использовании изгибных колебаний.

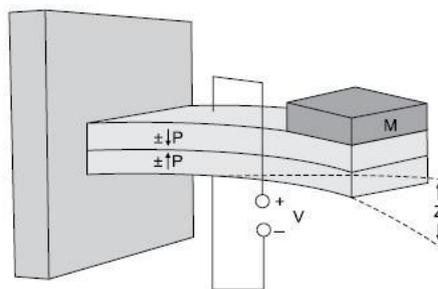


Рис. 1. Схема пьезогенератора на изгибных колебаниях

Пьезогенераторы относятся к источникам малой мощности, поэтому область их применения ограничена потребителями, такими как малогабаритная бытовая техника, телефоны сотовой связи, беспроводные сенсорные системы для наблюдения и диагностики технического состояния различных объектов и многое другое. Именно использование маломощных пьезогенераторов может с минимальными затратами реализовать энергоснабжение подобного оборудования. На рис. 2 приведена простейшая схема пьезогенератора, включающую в себя выпрямитель и аккумулятор и систему управления.



Рис. 2. Блок-схема установки

Израильская компания Innowattech внедрила интересное направление использования пьезогенераторов, которое связано с применением пьезоэффекта на полотне автострады, где выработка электроэнергии осуществляется за счет движения транспорта. На полотне автострады протяженностью 1 км под асфальтовое покрытие были расположены генераторы, при этом испытания показали, что возможно сгенерировать электрическую энергию мощностью до 0,5 МВт. Однако, подобное использование имеет серьезный недостаток, на данном участке автострады значительно увеличился расход топлива, поскольку, эта энергия по факту получалась из работы двигателей транспортных средств. Дорожное полотно достаточно сильно деформируется при движении транспорта и большая часть энергии теряется в виде тепла.

Опираясь на опыт Innowattech и внося свои коррективы в идеи получения электричества с дорожного полотна предлагается использовать в место энергии движения машин энергию ходьбы людей. Проанализировав загруженность пешеходных переходов вблизи кампусов Томского политехнического университета, предлагается в качестве участка для установки пьезогенераторов использовать перекресток улиц Усова и Советской (рис. 3). Данный пешеходный переход ежедневно проходят тысячи студентов ТПУ. Люди, в отличие от механических средств передвижения, представляют собой возобновляемую энергетическую систему, энергию которой можно использовать.

Прямое преобразование механических колебаний конструкции в электрическую энергию будет наиболее эффективно при использовании гибких пьезоэлектрических элементов — пьезобиморфов. Анализ опыта зарубежных компаний и проведенные расчеты показали, что пьезоэлемент с габаритами – 5 на 1 мм и толщиной 0,1 мм при амплитуде колебаний на свободном конце пластины 0,1 мм генерирует выходную мощность 1,6 мВт. На рис. 3 представлено примерное расположение пьезоэлектрических элементов.

В рамках проекта для получения электрической энергии на каждом пешеходном переходе планируется установка площадки с пьезоэлементами. Планируется сделать 4 площадки, где будет установлено 400 небольших пьезоэлементов на одну площадку. Они будут заключены в модульную конструкцию, которая будет защищать пьезоэлемент от внешних воздействий. Когда на нее будут наступать прохожие будет выделяться энергия, которая будет преобразована в электрическую, которая будет запасаться в аккумуляторах. За одну деформацию системы выделяется 2,3 Вт. В ночное время возможно использование запасенной электроэнергии для освещения пешеходных переходов.



**Рис. 3.** Схема установки площадок с пьезоэлементами

Проведенный анализ и расчеты позволили выявить достоинства и недостатки предлагаемой системы генерирования электроэнергии с использованием пьезогенераторов, к достоинствами можно отнести [2, 3]:

- Простота и надежность, т.к. количество элементов системы минимально.
- Дешевизна, т.к. при изготовлении не используются редкоземельные материалы и новые технологии
- Отсутствует привязка к местности, т.к. установка не чувствительна к колебаниям температуры, времени суток, устойчива к агрессивным средам.
- Минимальные эксплуатационные расходы, модульность системы позволяет с легкостью заменить один элемент при выходе его из строя, при этом не требуется специальной квалификации персонала.
- Экологичность, работа не сопровождается шумом или вредными выбросами в окружающую среду.
- Производство электроэнергии происходит без потребления какого-либо энергетического сырья.

К отрицательным моментам, сдерживающим широкое распространение системы можно отнести:

- Маломощность системы.
- Часть производимой энергии будет теряться в виде нагрева при больших нагрузках.

В заключение хотелось бы сказать, что у данной системы есть потенциал для развития и модернизации. Разработкам генераторов на пьезоэффекте посвящают работы ведущие университеты и предприятия США, Японии, Израиля. Появляются экспериментальные и опытные образцы, однако, в России развитие пьезогенераторов представлено слабо. В связи с этим предполагается дальнейшее исследование в данной области, изготовление опытного образца с его дальнейшей апробацией, и также экономическая оценка целесообразности применения.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Акопьян В. А., Истомина И. В., Паринов И. А. Пьезогенераторы - новое перспективное направление малой энергетики // Промышленная метрология, №9 [227] 24.05.2011. Режим доступа: [http://metrology-spb.ru/Biblioteka/Pezogeneratoriy\\_%E2%80%93\\_novoe\\_perspektivnoe\\_napravlenie\\_maloy\\_jenergetiki/](http://metrology-spb.ru/Biblioteka/Pezogeneratoriy_%E2%80%93_novoe_perspektivnoe_napravlenie_maloy_jenergetiki/)
2. Олейник Д.Ю. Вопросы современной альтернативной энергетики / Д.Ю.Олейник, К.В.Кайдакова, А.П.Преображенский // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 46-48.
3. Вострикова О.Ю., Шиндлер Ф. Пьезоэлементы, как один из источников энергии // ВЕСТНИК Воронежского института высоких технологий. 2013. №11. С. 90-95.

### ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТОКОГРАНИЧИВАЮЩИХ РЕАКТОРОВ

Кудаярова А.А., Хузина Л.Н., Дорофеев А.О.

Уфимский государственный авиационный технический университет, г.Уфа

Реактор представляет собой индуктивную катушку, включенную в цепь последовательно, не имеющую сердечника из магнитного материала. Реактивность прямо пропорциональна индуктивному сопротивлению катушки. При больших токах у катушек со стальными сердечниками происходит насыщение сердечника, что резко снижает реактивность, и, как следствие, реактор теряет свои токоограничивающие свойства. По этой причине реакторы выполняют без стальных сердечников, несмотря на то, что при этом, для поддержания такого же значения индуктивности, их приходится делать больших размеров и массы. Благодаря этому он обладает постоянным индуктивным сопротивлением, не зависящим от протекающего тока. Такая индуктивность включается в каждую фазу трехфазной сети. Индуктивное сопротивление реактора зависит от числа его витков, размеров, взаимного расположения фаз и расстояний между ними. Измеряется индуктивное сопротивление в омах.

Токоограничивающие реакторы можно классифицировать по разным признакам:

- с линейной, нелинейной и ограниченно–линейной или квази–линейной характеристикой;
- без магнитопровода и с магнитопроводом;