

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ

А. О. Внукова

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Д. И. Зализный

Энергоэффективность и энергосбережение являются приоритетными направлениями энергетической политики большинства стран мира. Прежде всего, это обусловлено исчерпанием невозобновляемых топливно-энергетических ресурсов, отсутствием реальных альтернатив их замены, наличием рисков и значительных затрат при их производстве и транспортировке. В последнее время эти факторы приобретают все большее значение в связи с общей нестабильностью в регионах добычи ТЭР, напряжением на топливно-ресурсных рынках и неблагоприятными прогнозами по дальнейшему росту цен на энергоресурсы. Развитые страны мира, которые уже достигли значительных успехов в решении проблем энергоэффективности, продолжают поиск новых источников энергообеспечения. Одним из направлений развития таких технологий является использование энергии движущихся людей и машин. Преобразование кинетической энергии движущихся тел в электрическую может осуществляться посредством пьезогенераторов.

На основе пьезогенераторов можно создать систему получения и хранения энергии, которая обычно растрачивается напрасно. Источником такой энергии является давление, которое оказывает на поверхность движущийся автомобиль, поезд, самолет или пешеход, велосипед и т. д. Под дорожное покрытие на глубине 3–5 см на определенном расстоянии друг от друга устанавливаются пьезоэлектрические элементы, способные превращать энергию давления проезжающего транспорта в электроэнергию. По расчетам израильской компании *Innowattech*, 1 км автобана может генерировать 5 МВт электрической энергии. При механическом воздействии на пьезоэлемент происходит смещение атомов в несимметричной кристаллической решетке материала. Это смещение приводит к возникновению электрического поля, которое индуцирует (наводит) заряды на электродах пьезоэлемента.

На кафедре «Электроснабжение» ГГТУ им. П. О. Сухого был создан макет пьезогенератора, основным элементом которого является панель, на которую оказывается механическое воздействие посредством шагов людей. Панель состоит из трех пар электродов, представляющих собой пластины фольгированного стеклотекстолита с расположенными между ними и соединенными параллельно пьезоэлементами мембранного типа (рис. 1, а) с помощью фольговых шайб для улучшения контакта (рис. 1, б).

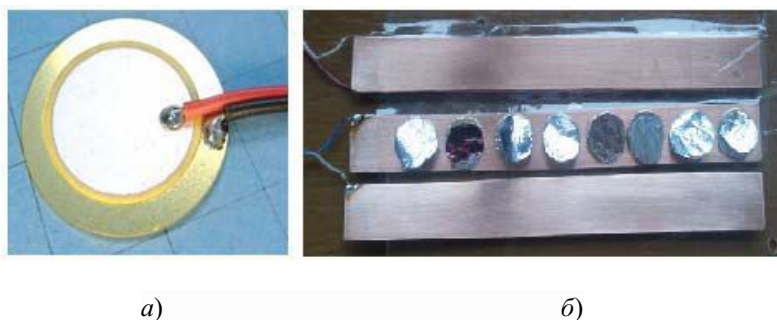


Рис. 1. Пьезоэлемент мембранного типа (а) и панель пьезогенератора (б)

Помимо механической части макет содержит электронный блок, схема которого показана на рис. 2.

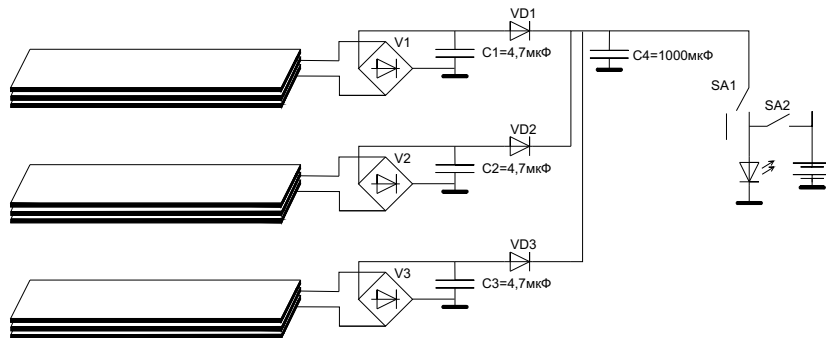


Рис. 2. Принципиальная схема пьезогенератора

При механическом воздействии на панель пьезогенератора вырабатывается напряжение импульсного характера как положительной, так и отрицательной полярности. Для отбора энергии на обеих полярностях в схеме применены диодные мосты $V1-V3$, передающие в нагрузку обе полярности напряжения. В качестве первичных накопителей энергии использованы конденсаторы $C1-C3$ емкостью 4,7 мкФ. Эти конденсаторы быстро заряжаются в момент прихода импульсов напряжения. Далее напряжение с них через максиселектор, собранный на диодах $VD1-VD3$, поступает на конденсатор $C4$ с емкостью 1000 мкФ, который заряжается более медленно от конденсаторов $C1-C3$. При этом в максиселекторе в каждый момент времени открыт только один диод. Открывается тот диод, напряжение на аноде которого в данный момент времени выше, чем на анодах остальных диодов.

При однократном механическом воздействии (наступании ногой) на конденсаторе $C4$ емкостью 1000 мкФ напряжение возрастает на 30 мВ, таким образом, энергия, генерируемая пьезоэлектрической панелью, составит:

$$W_{\text{од. наж}} = \frac{C \cdot U^2}{2} = \frac{1000 \cdot 10^{-6} (30 \cdot 10^{-3})^2}{2} = 450 \text{ мкДж.} \quad (1)$$

Предлагаемое место установки пьезогенерирующей панели – тротуар возле здания по проспекту Победы, 20 в г. Гомеле. Для расчета электрической энергии, которая может быть сгенерирована пьезоэлектрической панелью, необходимо определить количество пешеходов на данном участке. Результаты проведенного исследования представлены в таблице.

При однократном нажатии лабораторная панель пьезогенератора вырабатывает 450 мкДж электрической энергии, ее площадь составляет 120 см². Интерполируем данный результат для предполагаемого пьезогенерирующего полотна, расположенного на тротуаре по проспекту Победы, 20, размером 5 × 15 м:

$$W = \frac{S_{\text{пл}} \cdot W_{\text{од. наж}} \cdot N \cdot l_{\text{пл}}}{S_{\text{лаб}} \cdot l_i}, \quad (2)$$

где $S_{\text{лаб}}$ – площадь панели лабораторного макета, м²; $S_{\text{пл}}$ – площадь действительной пьезогенерирующей панели (75 м²); $l_{\text{пл}}$ – длина пьезогенерирующей панели, м;

$W_{\text{од.наж}}$ – вырабатываемая при однократном механическом воздействии, Дж; N – количество пешеходов; $l_{\text{ш}}$ – средняя длина шага взрослого человека, м.

$$W = \frac{75 \cdot 450 \cdot 10^{-6} \cdot 10781 \cdot 15}{120 \cdot 10^{-4} \cdot 0,65} = 2646843,8 \text{ Дж} = 735 \text{ Вт} \cdot \text{ч.}$$

Энергии 735 Вт · ч достаточно для горения светодиодного светильника мощностью 50 Вт со световым потоком 5500 лм, что является аналогом ДРЛ-125, в течение 14,7 ч, т. е. в течение всего темного времени суток зимой.

Среднее количество пешеходов по проспекту Победы, 20 в г. Гомеле

Время	Количество пешеходов	Время	Количество пешеходов	Время	Количество пешеходов
00.00–01.00	3	08.00–09.00	438	16.00–17.00	948
01.00–02.00	9	09.00–10.00	447	17.00–18.00	1248
02.00–03.00	0	10.00–11.00	642	18.00–19.00	960
03.00–04.00	0	11.00–12.00	912	19.00–20.00	594
04.00–05.00	3	12.00–13.00	942	20.00–21.00	312
05.00–06.00	13	13.00–14.00	780	21.00–22.00	360
06.00–07.00	98	14.00–15.00	552	22.00–23.00	192
07.00–08.00	338	15.00–16.00	438	23.00–24.00	48
<i>Итого</i>				10781	

Таким образом, можно сделать вывод, что для увеличения вырабатываемой электроэнергии необходимо иметь большое количество механических воздействий на установку или повысить количество пьезоэлементов путем расширения пьезогенерирующего полотна или увеличения слоев пьезогенерирующих панелей. При данном уровне развития технологий целесообразным является применение пьезогенераторов на автомобильных дорогах с наиболее интенсивным потоком транспортных средств, на тротуарах оживленных улиц, а также разработка конструкций пьезогенераторов с возможностью их установки на вибрирующих поверхностях электрических двигателей, вентиляторов, станков и других видах электротехнологического оборудования. Также следует отметить ряд преимуществ данной идеи по сравнению с другими разработками в области добычи экологически чистой энергии, которые заключаются в том, что не требуется выделения дополнительной территории в отличие от ФЭС, не наносится ущерб окружающей среде в отличие от ГЭС, система работает независимо от погодных условий.

Недостатками пьезогенераторов являются хрупкость и довольно высокая стоимость пьезоэлементов. Однако с использованием специальных технологий эти недостатки могут быть преодолены.

Литература

1. Bao Yang. Piezo Electric Sensing and Energy Harvesting Itouchscreens / Bao Yang. – University of Maryland, 2017. – Режим доступа: <https://drum.lib.umd.edu/bitstream/handle/1903/19616/PIEZO%20Final%20Thesis.pdf?sequence=1>. – Дата доступа: 10.04.2018.