

УДК 621.3

РОЗРАХУНОК ОПТИМАЛЬНИХ РОЗМІРІВ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНОГО ВІБРОГЕНЕРАТОРА НАПРУГИ

Студ. А.В. Кинкурогова, гр.ДГ-61м
 Науковий керівник проф. М.Ю. Артеменко
 Національний технічний університет України
 «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Мета і завдання. Мета – дослідження математичної моделі п'єзоелектричного віброгенератора напруги.

Завдання – провести розрахунок оптимальних розмірів п'єзоелектричного віброгенератора напруги, при яких його вихідна електрична потужність буде досягати максимуму.

Актуальність. За останні роки все більш актуальною темою є використання п'єзоелектричних віброгенераторів напруги (харвесторів) для збирання розсіяної енергії вібрацій, що є альтернативою звичайним батарейкам. Ці механізми дуже прості, і вони, як правило, мають дуже довгий термін служби [1].

Об'єкт та предмет дослідження. Об'єктом дослідження є процес перетворення механічної енергії вібрацій в електричну енергію з використанням прямого п'єзоелектричного ефекту. Предмет дослідження – оптимізація геометричних розмірів п'єзоелектричного віброгенератора напруги для отримання максимальної вихідної електричної потужності в залежності від частоти вимушених коливань, матеріалу п'єзоелектричного перетворювача, механічних параметрів та опору навантаження.

На рисунку 1 представлена конструкція п'єзоелектричного віброгенератора у вигляді трьохшарової кантилеверної балки з двома шарами п'єзокераміки та металічною центральною прокладкою. П'єзоелементи складаються із двох однакових п'єзокерамічних пластин.

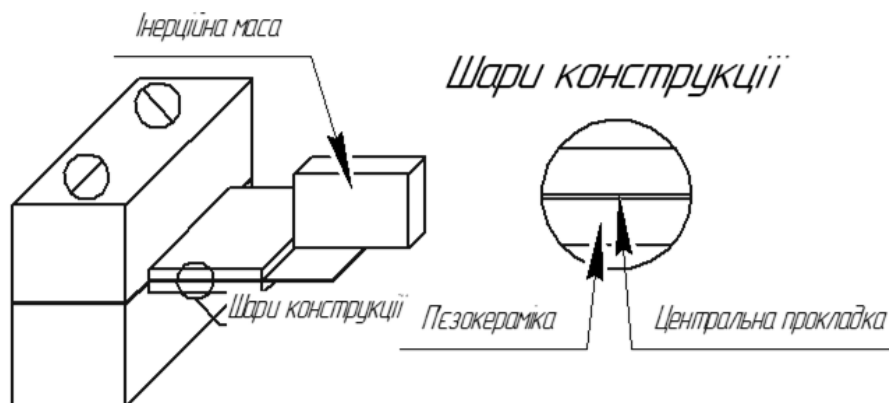


Рисунок 1 – Конструкція п'єзоелектричного віброгенератора типу кантилевер

Динамічну модель харвестора зображено на рисунку 2. Еквівалентна механічна резонансна система представлена інерційною масою m , підвішеною на пружині із жорсткістю k_s . Зовнішня вібрація змушує гармонічно коливатися резонансну систему вздовж осі y . Механічне демпфування (внаслідок тертя, опору повітря, тощо) представлено коефіцієнтом тертя d . Рух маси використовується для деформування п'єзоелектричного перетворювача і перетворення механічної енергії в електричну. Внаслідок електромеханічного зворотного зв'язку п'єзоелектричний перетворювач діє з

еквівалентною силою F_e на інерційну масу. Робота, яка виконується інерційною масою проти еквівалентної сили, перетворюється на електричну енергію.

Залежність вихідної електричної потужності від параметрів системи описується залежністю [2]:

$$P(\omega) = \frac{m(\frac{\omega}{\omega_n})^3 \hat{y}^2 \xi_e}{[1 - (\frac{\omega}{\omega_n})^2]^2 + [2(\xi_d + \xi_e)\frac{\omega}{\omega_n}]^2} \quad (1)$$

де m – величина інерційної маси; ω – кругова частота коливань;

$\omega_n = \sqrt{\frac{k_s}{m}}$ – резонансна частота механічної системи; \hat{y} –

прискорення вхідних коливань; $\xi_d = \frac{d}{2m\omega_n}$ –

коефіцієнт механічного загасання; $\xi_e = \frac{d_e}{2m\omega_n}$ –

коефіцієнт електричного загасання.

Оптимізація геометричних розмірів пристрою, проведена у середовищі Matlab методом послідовного квадратичного програмування, дала наступні результати (табл.1).

Таблиця 1 – Параметри оптимізації

Величина	Пояснення величини	Оптимізація
l_m , мм	Довжина маси	20
h_m , мм	Висота маси	6,5
w_m , мм	Ширина маси	2
l_b , мм	Довжина кантілевера	10
w_b , мм	Ширина кантілевера	10
l_e , мм	Довжина електрода на поверхні випромінювача	10
t_c , мм	Товщина п'єзоелемента	1
t_{sh} , мм	Товщина прокладки	0,1
R, кОм	Опір навантаження	51,5
P, мкВт	Вихідна потужність	667,4

Висновки. За результатами проведеної оптимізації отримано максимальне значення потужності 667,4 мкВт при величині опору навантаження 51,5 кОм та розраховані геометричні розміри п'єзоелектричного віброгенератора напруги.

Ключові слова: п'єзокераміка, п'єзогенератор, віброгенератор, оптимізація.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бугайов В. Збірники енергії вібрацій від MideTechnology приходять на зміну батарейкам / Бугайов В., Дідук В., Мусієнко М. // Новини електроніки. – 2015. – №5. – С. 5.

2. Thorsten Hehn, Yiannos Manoli (2015) *CMOS-kontury dlya piezoelectrychnyh energetychnyh harvestoriv* [CMOS Circuits for Piezoelectric Energy Harvesters]. Library of Congress Control Number: 2014944326. (in English)

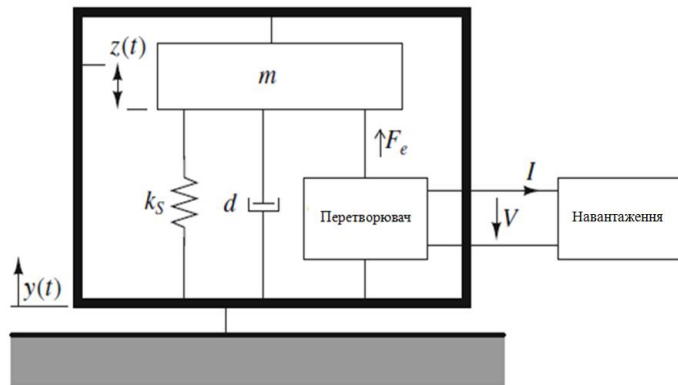


Рисунок 2 – Динамічна модель харвестора