

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**Тернопільський національний технічний університет імені Івана
Пулюя**

**Тернопільський осередок наукового товариства
імені Т. Шевченка
Технічний коледж
Зборівський коледж
Гусятинський коледж**

XX

НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ

**Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя**

17-18 травня 2017 року



ТЕРНОПІЛЬ, 2017

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

Голова

Ясній П.В.

ректор ТНТУ, д-р.техн.наук, професор

Заступник голови

Рогатинський Р.М.

проректор ТНТУ, д-р.техн.наук, професор.

Члени програмного комітету:

д-р. техн. наук, проф. В. Андрійчук, д-р. екон. наук., проф. Б. Андрушків, д-р. техн. наук, проф. В. Барановський, д-р. психол. наук, проф. Н. Буняк, д-р. техн. наук, проф. В. Васильків, д-р. техн. наук, проф. Т. Вітенько, д-р. техн. наук, проф. Б. Гевко, д-р. техн. наук, проф. І. Гевко, д-р. техн. наук, проф. В. Грицик, д-р. фіз.-мат. наук, проф. Л. Дідух, д-р. філос. наук, проф. А. Довгань, д-р. техн. наук, проф. П. Євтух, канд. техн. наук, доц. К. Зеленський, канд. техн. наук, доц. В. Калушка, д-р. екон. наук, проф. Н. Кирич, канд. техн. наук, доц. Б. Ковалюк, д-р. фіз.-мат. наук, проф. В. Кривень, д-р. іст. наук, проф. А. Криськов, д-р. вет. наук, проф. М. Кухтин, канд. пед. наук, доц. В. Кухарська, канд. техн. наук, доц. Р. Лещук, д-р. техн. наук, проф. А. Лупенко, д-р. техн. наук, проф. С. Лупенко, д-р. техн. наук, проф. І. Луців, канд. філос. наук, проф. В. Лобас, д-р. техн. наук, доц. О. Ляшук, канд. техн. наук, доц. О. Мацюк, д-р. техн. наук, проф. П. Марущак, канд. філос. наук, проф. В. Ніконенко, д-р. техн. наук, проф. М. Паламар, д-р. екон. наук, проф. О. Панухник, д-р. техн. наук, проф. О. Пастух, д-р. техн. наук, проф. М. Петрик, д-р. біол. наук, проф. О. Покотило, д-р. техн. наук, проф. М. Підгурський, канд. техн. наук, доц. А. Пік, д-р. техн. наук, проф. М. Пилипець, д-р. техн. наук, доц. П. Попович, д-р. техн. наук, проф. М. Приймак, д-р. техн. наук, проф. Ч. Пулька, д-р. техн. наук, проф. Т. Рибак, д-р. держ. управління, проф. М. Рудакевич, канд. техн. наук, доц. Л. Скоренький, д-р. техн. наук, доц. І. Стадник, д-р. техн. наук, проф. П. Стухляк, д-р. іст. наук, проф. Я. Стоцький, д-р. техн. наук, проф. М. Тарасенко, д-р. техн. наук, проф. Р. Ткачук, канд. екон. наук, проф. Р. Федорович, канд. екон. наук, доц. Г. Ціх, канд. фіз.-мат. наук, доц. Б. Шелестовський, д-р. біол. наук, проф. В. Юкало, канд. техн. наук, доц. В. Яськів, д-р. техн. наук, проф. Б. Яворський, нач. Відділу ВІД О. Дубик, нач. НДЧ канд. техн. наук, доц. В. Дзюра.

Науковий секретар

Золотий Роман Захарійович

Адреса оргкомітету: ТНТУ ім. І. Пулюя, м. Тернопіль, вул. Руська, 56, 46001,
моб. 0685155028

E-mail: zolytyy@gmail.com

ceghey

УДК 623.407

В.Пісьціо, І. Беякова, В.Медвідь,

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ОПТИМІЗАЦІЯ ВЛАСНОЇ ФОРМИ КОЛИВАНЬ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

V.Piscio, I.Belyakova, V.Medvid

OPTIMIZING OWN FORMS OF VIBRATIONS OF A PIEZOELECTRIC TRANSFORMER

Розглянемо задачу оптимізації форми плоского п'єзотрансформатора струму (ПТ) з поляризацією за товщиною пластини. Нехай пластинка має товщину h , її середня площина співпадає з площиною xOy , а матеріал має густину ρ .

Припустимо, що бічні поверхні п'єзотрансформатора вільні від електродів, а верхня і нижня поверхні покриті системою електродів, зазор між якими наближається до нуля. Для зменшення втрат енергії п'єзотрансформатор, зазвичай, закріплюють так, щоб його поверхні не передавали зусилля на закріплення. Така умова приводить до граничної умови: $\sigma_{ij}n_j = 0$, де n_j - вектор зовнішньої нормалі. У випадку одномірних коливань по довжині (координаті x) з коловою частотою ω при змінній ширині $b(x)$ п'єзотрансформатора та симетрії ПТ відносно осі Ox , рівняння, що описують його, можуть бути записані у вигляді:

$$\frac{d}{dx}(b\sigma_{11}) + \rho\omega^2 b u_1 = 0;$$
$$\frac{d}{dx} u_1 = s_{11}\sigma_{11} + \frac{d_{31}}{h \cdot b} \int_{-b/2}^{b/2} \varphi(x, y) dy,$$

де $\varphi(x, y)$ - різниця потенціалів між верхнім і нижнім електродами ПТ, залежна, в загальному випадку, від двох координат. Так як п'єзотрансформатор найчастіше працює у режимі, близькому до резонансу, можна вважати, що розподіл напружень у трансформаторі буде такий самий, як при власній формі коливань.

Тоді система рівнянь спроститься і може бути записана у вигляді одного рівняння другого порядку:

$$\frac{d}{dx} \left(\frac{1}{b} \frac{d}{dx} (b\sigma_{11}) \right) + \rho\omega^2 s_{11}\sigma_{11} = 0$$

У випадку оптимальної форми ПТ, напруження σ_{11} у матеріалі ПТ наближаються до $[\sigma]$, а форма ПТ має наближатись до такої, що описується наступним рівнянням:

$$\frac{d}{dx} \left(\frac{1}{b} \frac{d}{dx} (b[\sigma]) \right) + \rho\omega^2 s_{11}[\sigma] = 0.$$

Цю залежність можна вважати диференціальним рівнянням відносно b , що має загальний розв'язок, котрий може бути записаний у вигляді:

$$b(x) = B \exp \left(-\frac{\rho\omega^2 s_{11} x^2}{2} + A \cdot x \right).$$

Невідома стала A лише призводить до переміщення п'єзотрансформатора по осі x , а при $A = 0$ невідома стала B визначається необхідною потужністю ПТ.

Як легко зрозуміти, дефект такої оптимальної форми полягає в тому, що оптимальна форма п'єзопластини має мати нескінчену довжину, так як у протилежному випадку напруження σ_{11} ніколи не досягнуть нульового значення. Але, якщо примусово задати при $|x| > l_r$ ширину $b(x)$, рівну $b(l_r)$, довжина такої ділянки має бути

такою, щоб напруження у матеріалі спали до нуля. Отримана форма ПТ буде близькою до оптимальної, і тим ближче до оптимальної, чим більше l_r .

Графік залежності коефіцієнту використання матеріалу від l_r для п'єзотрансформатора із матеріалу ЦТС-19 із робочою частотою 40 кГц зображений на рис. 1. Коефіцієнт використання матеріалу визначається за формулою:

$$K_M = \frac{\int \sigma_{11} dV}{V \cdot [\sigma]}$$

де $[\sigma]$ - максимально допустимі механічні напруження у матеріалі, V - об'єм п'єзотрансформатора.

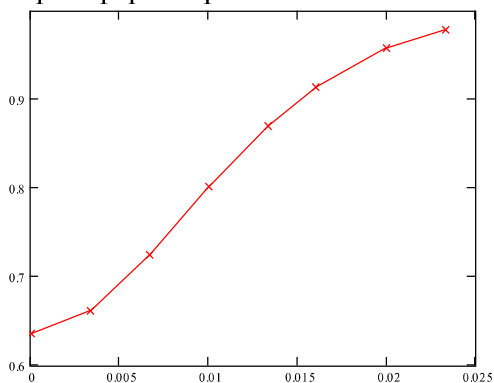


Рис. 1. Залежність коефіцієнта використання матеріалу від l_r

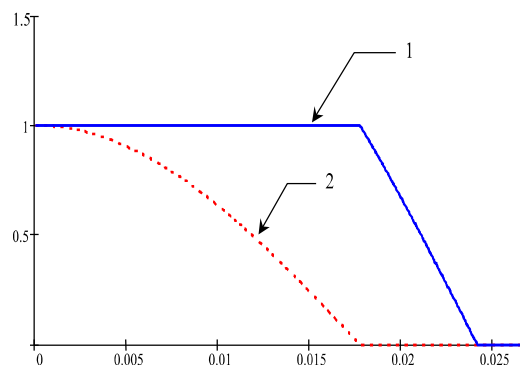


Рис. 2. Розподіл напружень у матеріалі п'єзотрансформатора у долях від $[\sigma]$ 1 - запропонований п'єзотрансформатор, 2 - стандартний п'єзотрансформатор постійної ширини

Ескіз відповідної форми п'єзотрансформатора із матеріалу ЦТС-19М представлений на рис. 3 ($l_r = \frac{1}{4 \cdot f \cdot \sqrt{\rho \cdot s_{11}}} = 0.018$). Пунктирними лініями зображено п'єзотрансформатор "класичної" форми поперечно-поперечного типу із таким самим значенням електричних параметрів.

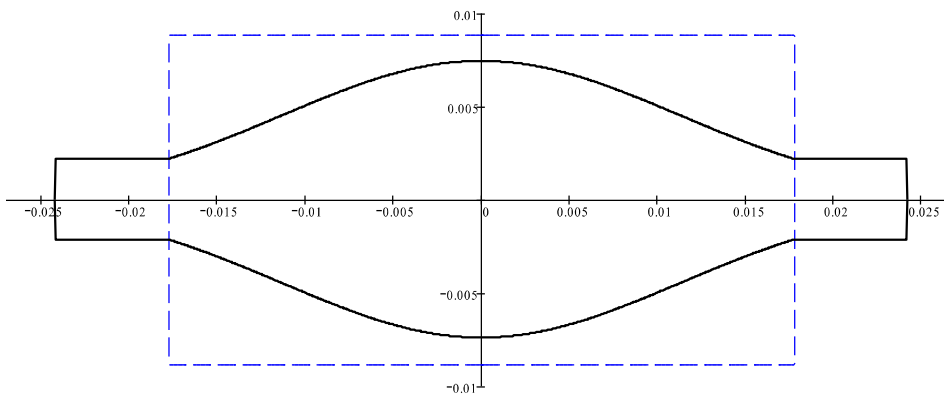


Рис. 3. Форма п'єзотрансформатора, що пропонується у порівнянні із класичним
Розподіл механічних напружень (у долях $[\sigma]$) у п'єзотрансформаторі зображений на рис. 2.

Із графіка видно, що напруження у матеріалі запропонованого п'єзотрансформатора близькі до максимально допустимих практично по всьому матеріалу ПТ, крім прикінцевих областей, вклад котрих у загальну роботу матеріалу не значний.