

Куницька Л.Г., к.т.н., доцент

Кісіль Т.Ю., к.т.н., доцент

Черкаський державний технологічний університет

l_kunytska@ukr.net

ВИКОРИСТАННЯ П'ЄЗОТРАНСФОРМАТОРНОГО МЕТОДУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНИХ ВИПРОМІНЮВАЧІВ

Abstract. The piezotransformer has several advantages when measuring dynamic characteristics. In the simplest case, a piezoelectric transformer is a piezoelectric element with three electrodes, forming two systems of electrodes. The piezotransformer circuit is very convenient for determining the inherent only of this object given to the oscillating system of dynamic characteristics. With the help of a piezotransformer method, it is possible to obtain not only information about resonant frequencies, but also quality factor, bandwidth, internal (own) resistance of the piezotransformer.

Key words: piezotransformer, piezoceramic electro-acoustic transducers, piezoelectric oscillator, resonant frequencies, sound pressure.

Створення складних автоматизованих виробництв обумовлює необхідність розробки і впровадження засобів контролю, без яких неможливе отримання інформації про поточні процеси, стан приладів, устаткування та інші компоненти виробничого циклу.

У світовій практиці для контролю динамічних процесів в якості первинних перетворювачів інформації широко застосовуються п'єзокерамічні перетворювачі акустичного і швидкозмінного тиску, прискорення, зусилля, вібрації, ударів, кутів нахилу та інших фізичних величин.

Цікавим є дослідження можливості визначення динамічних характеристик електроакустичних перетворювачів за допомогою п'єзотрансформаторного методу, тому що схема п'єзотрансформатора дуже зручна для визначення властивих тільки даному об'єкту, даній коливальній системі динамічних характеристик [1].

У найпростішому випадку п'єзоелектричний трансформатор представляє собою п'єзоелемент з трьома електродами, що утворюють дві системи електродів. Раніше п'єзотрансформатори використовувалися перш за все для зміни рівня вхідного сигналу. Крім того, на основі п'єзотрансформаторів були розроблені датчики статичних зусиль. Та, як виявилось в результаті досліджень, за допомогою п'єзотрансформаторного методу можна отримати не лише інформацію про резонансні частоти, але і добротність, ширину смуги робочих частот, внутрішній (власний) опір п'єзотрансформатора [2, 3].

П'єзотрансформатор має ряд переваг при вимірюванні динамічних характеристик. Наприклад, на рис. 1,а показана АЧХ, знята для п'єзоелемента з двома електродами (п'єзорезонатор) відомим способом (у струмовому режимі), недоліком якого є якісна і кількісна сторони інформації про вигинисті коливання, а на рис. 1,б – АЧХ того ж п'єзоелемента в п'єзотрансформаторному режимі. Як видно з рис. 1, останній має очевидні переваги перед струмовим режимом (режимом резонатора).

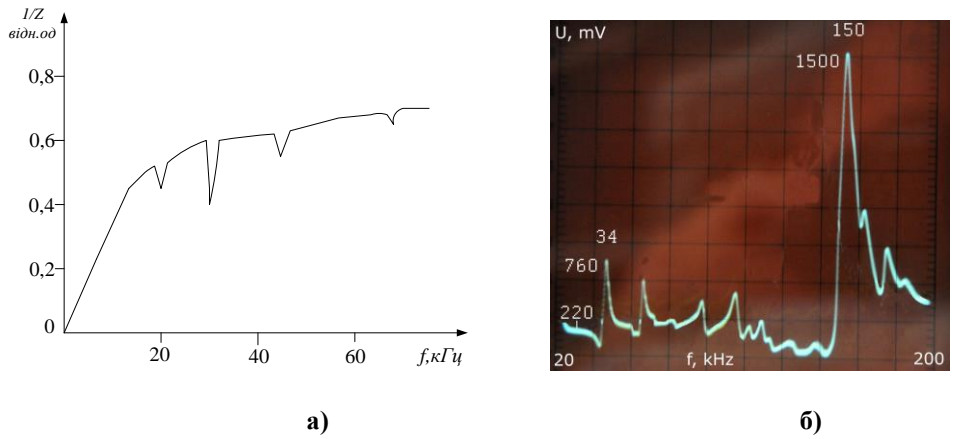


Рис. 1. АЧХ п'єзоелемента: а) в струмовому режимі; б) в режимі п'єзотрансформатора

Використовуючи методи електромеханічних аналогій і теорії електричних ланцюгів, можна отримати еквівалентну схему п'єзокерамічних електроакустичних перетворювачів, а потім визначити ефективність перетворення електричної енергії в механічну (рис. 2).

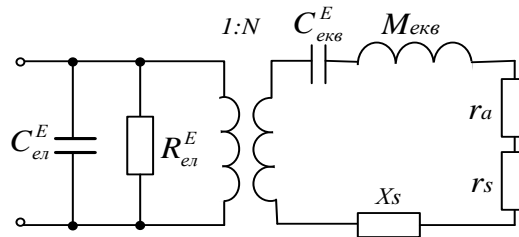


Рис. 2. Еквівалентна схема п'єзоелектричного випромінювача:
 r_a – опір механічних втрат; r_s – втрати енергії на випромінювання; X_s – інерційний опір маси, яка коливається; $C_{екв}^E$ - гнучкість випромінювача; $C_{ел}^E$ - статична ємність випромінювача;
 $R_{ел}^E$ - опір випромінювача

Звуковий тиск електроакустичного перетворювача в режимі випромінювання можна знайти за допомогою співвідношення:

$$p(r,0,0)e^{j(\varphi p - kr)} = \frac{k(\rho c)_B v_0}{r} e^{j(\varphi p - kr)} = \frac{k(\rho c)_B NU}{r Z_M} e^{j(\varphi k - \varphi_M + \varphi_U - kr)} \quad (1)$$

де k – коефіцієнт, що враховує дифракційні явища в полі випромінювача;

v_0 – швидкість точки приведення;

N – коефіцієнт електромеханічної трансформації;

U – електрична напруга;

r – відстань до точки приведення;

Z_M – опір механічної сторони перетворювача, рівний

$$Z_M = r_M + j(\omega m_{екв} - \frac{1}{\omega C_{екв}^E}) = Z_M e^{j\varphi_M}, \quad (2)$$

φ_k , φ_M і φ_U – зсуви фаз тиску, обумовлені дифракцією, параметрами механічної сторони перетворювача і електричною напругою.

Амплітудно- і фазочастотні характеристики приведенного тиску $p_{II} = f_1(F)$ і $\varphi_M = f_2(F)$ для різних добротностей випромінювача показані на рис. 3.

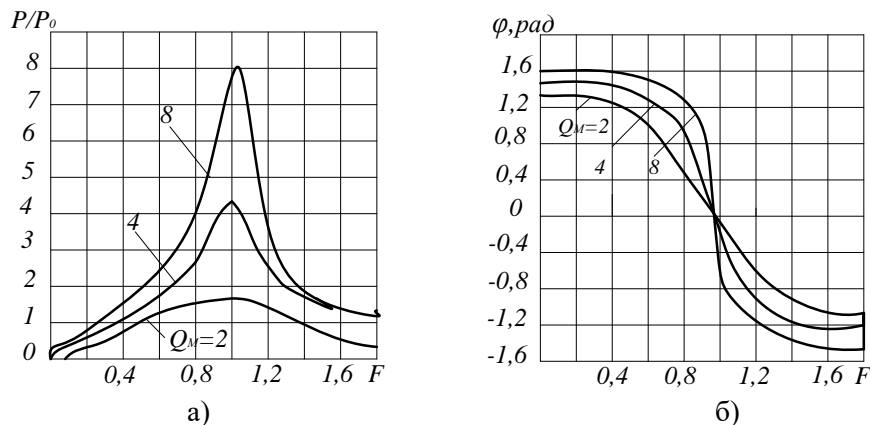


Рис. 3. Амплітудно- (а) і фазочастотні (б) характеристики п'єзовипромінювача за звуковим тиском

Якщо антирезонансні частоти п'єзовипромінювача і п'єзоприймача рівні, то в загальному випадку частоти максимального коефіцієнта передачі в режимах випромінювання і прийому не збігаються. Тому смуга пропускання системи в режимі «випромінювання-прийм» може вийти ширшою за смугу пропускання кожного перетворювача окремо. АЧХ системи при достатній величині коефіцієнта електромеханічного зв'язку має форму двогорбої кривої, як на характеристиках, наведених на рис. 4.

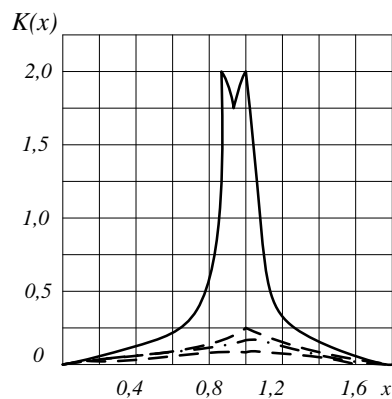


Рис. 4. АЧХ системи випромінювач-приймач без електричних узгоджувальних ланцюгів

Дані АЧХ розраховані для випадку, коли випромінювач живиться від генератора напруги, а приймач працює на електричному холостому ході. При живленні від генератора з кінцевим внутрішнім опором частота максимального випромінювання зсувається в бік антирезонансних частот, і АЧХ стає одногорбою [1].

Список літератури

1. Куницкая Л.Г. Совершенствование дисковых биморфных пьезокерамических электроакустических преобразователей на основе пьезотрансформаторов: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.05/ Куницка Лариса Георгіївна; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Черкаський державний технологічний університет; наук. кер. Шарипов В.М. –Черкаси, 2012. – 166с.

2. Sharapov V., Sotula Zh., Kunitskaya L. Piezoelectric electroacoustic transducers. Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer Verlag, 2013. - 230 p.
3. Шарапов В.М. Электроакустические преобразователи / В.М. Шарапов, И.Г. Минаев, Ж.В. Сотула, Л.Г. Куницкая. – М.: Техносфера, 2013. – 280 с.