

КОЛИВАННЯ П'ЄЗОРЕЗОНАТОРА З ГРАДІЄНТНИМ ПОЛЕМ УПРАВЛІННЯ НА ОСНОВІ РІВНЯННЯ ГЕЛЬМГОЛЬЦА

Васильчук Д.П., Хуторненко С.В., Семенець Д.А.

Українська інженерно-педагогічна академія, м. Артемівськ

До сучасних пристроїв генерації і селекції частоти (генераторів, фільтрів, модуляторів) пред'являються жорсткі вимоги по мінімізації рівня фазових шумів. Перебудову по частоті коливальних систем таких пристроїв традиційно забезпечують за допомогою варикапу, використання якого приводить до збільшення рівня фазових шумів. Тому актуальним завданням є усунення варикапа і управління частотою з п'єзореzonансної коливальної системи (ПРКС) шляхом безпосередньої дії на сам резонатор. В роботі [1] пропонується управління частотою ПРКС безпосередньо впливаючи на п'єзоелемент градієнтним електричним полем. В роботі [1] запропонована математична модель керованої за частотою ПРКС з градієнтом поля збудження, але подальше її використання ускладнене розв'язком складної системи диференціальних рівнянь при різних граничних умовах.

В даній роботі запропоновано спрощення існуючої моделі [1] на підставі врахування геометричних розмірів п'єзоелементу. Для існуючої математичної моделі в разі припущення незначної товщини пластини, градієнт напруги уздовж усієї товщини можливо розглядати сталим, що дозволяє позбавитися змішаної похідної $\frac{\partial \varphi}{\partial x_2 \partial x_3}$ і отримати спрощену математичну модель коливань такої пластини.

Отримано залежність механічних товщинно-зсувних коливань п'єзореzonатора на основі однорідного рівня Гельмгольца у вигляді:

$$u_1(\xi, \eta) = - \int_{-\infty}^{+\infty} f_1(\gamma) G(\xi, \eta, \gamma, 0) d\gamma + \int_{-\infty}^{+\infty} f_2(\gamma) G(\xi, \eta, \gamma, h) d\gamma,$$

де $G(\xi, \eta, \gamma, \psi) = \frac{1}{2h} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\varepsilon_n}{\beta_n} e^{(-\beta_n |\eta - \gamma|)} \cos(q_n \eta) \cos(q_n \psi)$ – функція Гріна.

$$q_n = \frac{\pi n}{h}, \quad \beta_n = \sqrt{q_n^2 - \lambda}, \quad \varepsilon = \begin{cases} 1, & \text{при } n = 0, \\ 2, & \text{при } n \neq 0. \end{cases}$$

Граничні умови: $\frac{\partial u_1}{\partial \xi} = f_1(\xi)$ при $\xi = 0$, $\frac{\partial u_1}{\partial \xi} = f_2(\xi)$ при $\xi = h$.

Отримана залежність після підстановки граничних умов дозволить отримати математичну модель провідності ПРКС з градієнтним полем управління.

Література:

1. Хуторненко С.В. Керування частотою п'єзореzonансної коливальної системи градієнтом поля збудження / С.В. Хуторненко, Д.П. Васильчук, Д.А. Семенець // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – Харків: ХУПС ім. І.Кожедуба. – 2014. – № 4 (17). – С. 56-59.