

## ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ УЛЬТРАЗВУКОВИХ РЕЗОНАНСНИХ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНИХ ПРИВОДІВ-ВИПРОМІНЮВАЧІВ В СИСТЕМАХ МЕХАТРОНІКИ

*Новосад А.А., аспірант*

*Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Одним з перспективних методів інтенсифікації технологічних процесів є введення в рідину ультразвукових механічних коливань та збудження в рідкому середовищі акустичної кавітації. [1]

Для цього використовуються п'єзоелектричні приводи-випромінювачі. [2] Їх живлення здійснюється від потужного електричного генератора змінної напруги. Оскільки п'єзоприводи-випромінювачі є резонансними системами, то для підтримання заданого рівня споживаної потужності і постійного значення резонансної частоти в електричних генераторах вводяться зворотні зв'язки за підведеними до привода струмом і напругою. Для здійснення керування параметрами акустичного поля та кавітацією в робочому середовищі необхідним є введення додаткової групи зворотних зв'язків, що є можливим шляхом аналізу сигналу давачів акустичного тиску в рідині. Для цього необхідно знати передаточні функції усіх ланок системи керування, що дає змогу визначати параметри якості та стійкості системи. В літературі недостатньо чітко розглянуто п'єзопривід-випромінювач, як ланку автоматичних систем, відсутні вирази коефіцієнтів передачі, які б пов'язували вхідні електричні сигнали та вихідні реакції п'єзопривода. Вхідними його сигналами є напруга та струм живлення, а вихідними реакціями – акустичний тиск в рідинному середовищі і швидкість руху робочої поверхні. Також метою дослідження є з'ясування можливості контролю та керування акустичним полем в рідині за допомогою вхідних струму і напруги.

На основі розгляду п'єзоелектричного привода-випромінювача як чотириполюсника, використовуючи метод електромеханічних аналогій, отримано еквівалентну електричну схему заміщення п'єзопривода. [2, 3]

Параметри електричної схеми п'єзопривода можуть бути визначені у відповідності з методикою, викладеною в роботі [4].

Отже, коефіцієнт передачі, який пов'язує швидкість руху робочої поверхні з вхідним струмом живлення, має вигляд

$$\dot{K}_1(p) = \frac{p}{p^3 L_m C_0 + p^2 \left( C_0 R_m + C_0 \dot{Z}_n + \frac{L_m}{R_e} \right) + p \left( 1 + \frac{R_m}{R_e} + \frac{\dot{Z}_n}{R_e} + R_m + \frac{C_0}{C_m} \right) + \frac{1}{C_m R_e}}$$

Коефіцієнт передачі, що пов'язує напругу на вході п'єзопривода  $U_e$  та напругу на навантаженні, еквівалентну тиску на виході п'єзопривода, можна записати як

$$\dot{K}_U(p) = \frac{p \dot{Z}_n}{p^3 L_m C_0 \dot{Z}_i + p^2 \left( C_0 R_m \dot{Z}_i + C_0 \dot{Z}_i \dot{Z}_n + \frac{L_m \dot{Z}_i}{R_e} + L_m \right) + p \left( \dot{Z}_i + \frac{R_m \dot{Z}_i}{R_e} + \dot{Z}_n + R_m + \frac{\dot{Z}_n \dot{Z}_i}{R_e} + \frac{C_0 \dot{Z}_i}{C_m} \right) + \frac{R_e + \dot{Z}_i}{C_m R_e}}$$

Аналізуючи ці вирази можна зробити висновок, що на робочій частоті послідовного резонансу швидкість руху робочої поверхні синфазна з вхідним струмом, а отже і з вхідною напругою, тиск в робочому середовищі має зсув фази по відношенню до швидкості руху робочої поверхні, обумовлений комплексним характером акустичного опору навантаження.

Виведені вирази коефіцієнтів передачі  $\dot{K}_U(p)$ ,  $\dot{K}_I(p)$  можуть бути використані при проектуванні та аналізі мехатронних систем з резонансними п'єзоприводами-випромінювачами.

При розробці мехатронних систем з п'єзоприводами-випромінювачами в якості сигналів керування можуть бути використані як вхідні струм і напруга, так і сигнали пропорційні швидкості робочої поверхні та акустичного тиску в робочому середовищі, отримані з відповідних давачів. Стосовно використання сигналів з давачів акустичного тиску, то слід наголосити, що має бути врахований зсув фази по відношенню до вхідних сигналів, а також те, що давачем буде прийнято не лише сигнал від п'єзопривода, а і акустичні сигнали кавітаційного шуму.

В подальших дослідженнях необхідно з'ясувати як залежить форма кавітаційної області та картина акустичного поля від параметрів руху п'єзопривода, а також розширити знання про зв'язок компонентів спектру акустичного сигналу, що поширюється в рідині, з гідродинамічними явищами.

### Література

1. Агранат Б.А. Основы физики и техники ультразвука: Учеб. пособие для вузов / Б.А. Агранат, М.Н. Дубровин, Н.Н. Хавский и др. – М.: Высш. шк., 1987.-352 с.: ил.
2. Ермолов Е.И. Ультразвуковые преобразователи для неразрушающего контроля / Под ред. И.Е. Ермолова. – М. Машиностроение, 1986. – 280 с., ил.
3. Агранат Б.А. Ультразвуковая технология. Под. ред. Б.А. Аграната. – М.: Металлургия. 1974 г.
4. Мовчанюк А.В. Інженерна методика визначення параметрів схеми заміщення п'єзоперетворювача / А.В Мовчанюк, В.П. Фесіч, І.М. Кирпатенко, О.Ф. Луговський // Вісник НУТУ «КПІ». Сер. Радіотехніка. Радіоапаратобудування. К. 2006. № 33. с.58-66