

## РЕФЕРАТ

магістерської атестаційної роботи

на тему:

“ Дослідження особливостей гібридного методу побудови макромоделей неелектричних складових МЕМС ”

Кота Дмитра Миколайовича

### **Актуальність роботи**

В зв'язку з тим, що мікроелектромеханічні системи (МЕМС) набувають широкого розповсюдження в різних галузях науки та техніки, зростають вимоги до сучасних САПР щодо можливості сумісного розрахунку механічних та електричних компонентів. Для цього, всі підсистеми об'єкту, що досліджується, повинні бути представлені у вигляді еквівалентних моделей однієї й тієї ж природи. Найчастіше при побудові моделей об'єктів складної фізичної природи застосовується метод електромеханічних аналогій, проте його використання потребує наявності схемних реалізацій моделей неелектричних блоків. Більшість САПР, які використовуються для проектування механічних систем, при побудові математичної моделі використовують метод кінцевих елементів. Однак в цьому випадку постає проблема – величезні розміри математичних моделей, що досягають сотні тисяч рівнянь. Єдиним можливим виходом із цієї ситуації являється скорочення розмірності математичної моделі МЕМС та отримання її схемного аналога у вигляді макромоделі. Тому розробка та дослідження ефективності методів побудови схемних еквівалентів неелектричних складових макромоделей МЕМС є актуальною проблемою на сьогодні.

### **Мета роботи**

Метою роботи є дослідження особливостей та ефективності використання гібридного методу скорочення для побудови макромоделей неелектричних складових МЕМС, виявлення недоліків методу та розробка засобів їх усунення,

розробка на цій основі універсальної макромоделі та формування рекомендацій щодо вибору її параметрів.

### **Задачі, що розв'язуються в роботі**

1. Дослідження особливостей існуючих алгоритмів скорочення розмірів математичних моделей складних об'єктів.
2. Виявлення недоліків гібридного методу скорочення та пошук шляхів їх усунення.
3. Розробка універсальної кінцевої макромоделі неелектричних складових МЕМС.
4. Експериментальне дослідження розробленої універсальної макромоделі на базі вирішення тестових завдань.
5. Експериментальне дослідження ефективності застосування гібридного методу для побудови макромоделей схем, скорочених алгоритмом Y-Δ перетворення.

### **Досягнуті результати**

Розв'язавши задачі, що поставлені в роботі, автор захищає:

- результати аналізу гібридного методу побудови макромоделей схемних еквівалентів неелектричних складових МЕМС;
- універсальну макромодель механічних складових МЕМС, яка забезпечує постійну структуру інтерпретованої еквівалентної схеми та підвищену точність моделювання;
- результати дослідження ефективності універсальної макромоделі на тестових прикладах;
- результати дослідження ефективності застосування гібридного методу скорочення в комбінації з алгоритмом Y-Δ перетворення.

## Наукова новизна роботи

Наукова новизна роботи полягає в тому, що:

- проаналізовані проблеми використання гібридного методу при поганій обумовленості матриці провідності схеми, що характерно для еквівалентних схем неелектричних складових МЕМС;
- розроблено універсальну макромодель, яка:
  - має відмінну від існуючих топологію та кількість двополюсних компонентів;
  - забезпечує підвищену точність моделювання на конкретних частотах;
  - дає можливість керувати точністю кінцевого результату.
- розроблено комплексний метод, що включає в себе алгоритм Y-Δ перетворення на першому етапі та гібридний метод на другому етапі, що дозволяє побудову макромоделі неелектричних складових МЕМС для вихідних даних великої розмірності.

## Практична цінність роботи

Практична цінність роботи полягає в тому, що:

- експериментально доведена ефективність розробленої універсальної макромоделі, показано вплив її параметрів на точність кінцевого результату;
- експериментально досліджено ефективність застосування гібридного методу для побудови макромоделей схем, скорочених алгоритмом Y-Δ перетворення.

## Висновки

1. Проаналізовані основні методи та алгоритми скорочення математичних моделей МЕМС з точки зору їх ефективності, можливості адаптації до існуючих

систем САПР, зокрема пакетів схемотехнічного проектування, можливостей використання для об'єктів надвеликої розмірності.

2. Досліджено гібридний метод побудови макромоделей еквівалентних схем. Виявлено його недоліки та запропоновано підходи щодо їх усунення. На основі цього розроблено універсальну макромодель механічних складових МЕМС, яка забезпечує постійну структуру інтерпретованої еквівалентної схеми та підвищену точність моделювання.

3. Експериментально, на базі розрахунків тестових прикладів, доведено ефективність розробленої універсальної макромоделі. Наведені результати свідчать, що при її використанні значно зростає точність в порівнянні з базовою макромоделлю.

4. Результати експериментів показують, що застосування паралельного алгоритму Y-Δ перетворення для початкового скорочення еквівалентних схем з подальшим формуванням макромоделі за допомогою гібридного методу дозволяє значно зменшити як час побудови макромоделі, так і відносну похибку скорочення.

Робота містить 98 с., 72 рис., 27 джерел.

Ключові слова: МІКРОЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ СИСТЕМИ, ГІБРИДНИЙ МЕТОД СКОРОЧЕННЯ, Y-Δ ПЕРЕТВОРЕННЯ, ALLTED, МАКРОМОДЕЛЬ.