

ЗАСТОСУВАННЯ СКА MAPLE У МОДЕЛЮВАННІ ПАРАМЕТРІВ КВАРЦОВИХ РЕЗОНАТОРІВ

Савченко В.М.¹, Хуторненко С.В.¹, Мнушка О.В.²,

¹Українська інженерно-педагогічна академія, м. Харків, ²Харківській національній автомобільно-дорожній університет, м. Харків.

Перевагами використання системи комп'ютерної алгебри (СКА) Maple для наукових та інженерних розрахунків є відпрацьована система символічної алгебри; достатній вибір методів чисельного аналізу; вбудована мова програмування високого рівня; розвинута система візуалізації результатів обчислень та ін.

Моделювання параметрів кварцових резонаторів (КР) можливе як на основі чисельних моделей, головним чином скінчено-елементних моделей, так і на основі аналітичного рішення диференціальних рівнянь у часткових похідних коливань п'єзоелектричного тіла. Перший підхід реалізований у поширених системах скінчено-елементного аналізу (ANSYS та ін.) та має ряд обмежень для моделювання параметрів КР, другий – вимагає великого обсягу „ручних” обчислень, проте надає можливість більш ретельного урахування властивостей матеріалу та факторів, що впливають, на параметри коливань КР.

Авторами на основі запропонованої аналітичної моделі коливань КР із міжелектродним зазором та однобічним масонавантаженням розроблено пакет програм для моделювання параметрів КР на мові Maple на основі аналітичного рішення, що включає: модуль розрахунків значень матеріальних констант п'єзоелектричного матеріалу для довільного кута зрізу; модуль моделювання впливу зовнішніх та конструктивно-технологічних факторів на параметри коливань КР; модуль моделювання параметрів еквівалентної електричної схеми КР (ЕЕС); модуль параметричної оптимізації параметрів КР. При розробці програм були використані можливості пакетів розширення *LinearAlgebra*, *plots*, *Optimization*. Проведено моделювання параметрів КР для випадку однобічного масонавантаження та міжелектродного зазору, показано вплив однобічного масонавантаження на форму коливань зсуву по товщині п'єзоелементу КР; проведено моделювання впливу зовнішніх та конструктивно-технологічних факторів на параметри ЕЕС. Проведено параметричну оптимізацію параметрів КР для наступних класів пристроїв: КР з перестроюванням частоти для пристроїв з та без термостатування, КР без перестроювання частоти для пристроїв з та без термостатування, отримано оптимальні значення кута зрізу кварцу, величини відносного масонавантаження та величини міжелектродного зазору. Отримані результати є вихідними для розробки кварцових генераторів із поліпшеними характеристиками.