

РАСЧЕТ РЕЗОНАНСНЫХ ЧАСТОТ СОСТАВНОГО МЕТАЛЛО-ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО РЕЗОНАТОРА МЕТОДОМ ЧАСТИЧНЫХ ОБЛАСТЕЙ

*Савин К. Г.; Прокопенко Ю. В., к.т.н. доцент;
Поплавко Ю. М., д.ф.-м.н. профессор
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина*

Непрерывный прогресс беспроводных технологий за последние годы вызвал рост интереса к перестраиваемым селективным устройствам. Диэлектрические резонаторы (ДР) подходят в качестве основного элемента селективных устройств благодаря своей высокой добротности и малым размерам. Электромеханические способы перестройки резонансной частоты ДР выгодно отличаются от других методов сохранением высокой добротности колебательных систем [0].

Металло-диэлектрические резонаторы (МДР) имеют меньшие частоты низших типов колебаний, чем ДР аналогичных размеров. Поэтому их использование позволяет существенно уменьшить размеры селективных устройств. Введение диэлектрической неоднородности в виде воздушного зазора между металлической плоскостью и диэлектриком позволяет перестраивать резонансные частоты за счет перемещения металлической плоскости над диэлектриком. Диапазон перестройки резонансных частот низших колебаний такого составного металло-диэлектрического резонатора (СМДР) значительно превосходит диапазон перестройки частот составных ДР. Поэтому применение СМДР позволяет не только уменьшить габариты селективных устройств, но и увеличить диапазон перестройки.

Общий вид СМДР приведен на рис. 1. СМДР включает в себя две соосные цилиндрические области радиуса R , высотами h и d , с относительными проницаемостями ε_1 и ε_2 , помещенные между двумя металлическими пластинами. Пространство вокруг цилиндрических областей заполнено диэлектриком с относительной проницаемостью ε_3 (рис. 1а). Экранированный вариант включает в себя металлическую стенку радиуса R_s (рис. 1б).

Применение СМДР требует решения задачи о собственных колебаниях для расчета резонансных частот. В данной работе рассматривается решение этой задачи методом частичных областей (МЧО).

Использование МЧО позволяет построить эффективную процедуру для решения задачи о собственных колебаниях СМДР. Задача сводится к системе однородных интегральных уравнений Фредгольма первого рода, которая решена методом Галеркина. Такой подход приводит к матрицам существенно меньших размерностей, чем МКЭ, что значительно уменьшает время расчетов и требования к машинным ресурсам.

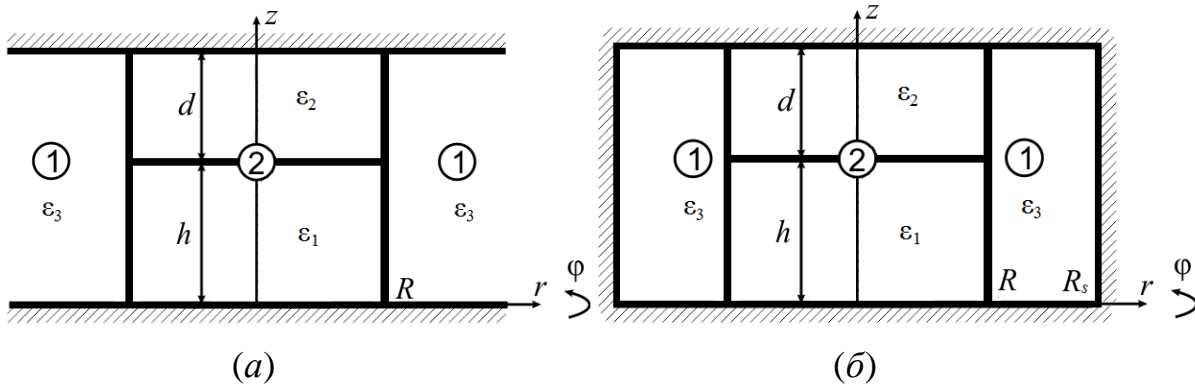


Рис. 1. Конструкція СМДР: (а) відкритий; (б) екранований

Наличие мнимой составляющей резонансной частоты TM_{nm0} -типов колебаний открытого СМДР приводит к затухающим во времени электромагнитным колебаниям. Поэтому использование этих типов колебаний на практике не представляется возможным. Для возбуждения незатухающих колебаний резонатор должен быть помещен в закрытую систему, предотвращающую излучение резонатора в свободное пространство. С этой точки зрения интерес представляет экранированный СМДР (рис 1б).

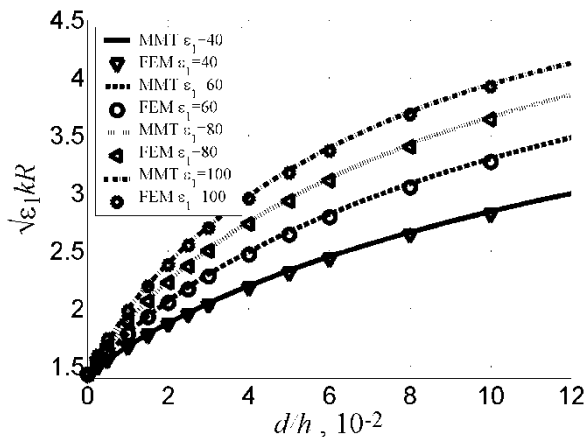


Рис. 2. Зависимость нормированного резонансного волнового числа TM_{010} -колебаний экранированного СМДР от нормированной толщины воздушного зазора ($\epsilon_2=1$) при $R/h=2$, $R_s/R=2$ и различных относительных проницаемостях диэлектрика, рассчитанные МЧО (ММТ) и МКЭ (FEM).

Резонансные частоты низшего TM_{010} -колебания экранированного СМДР сильно зависят от величины воздушного зазора между металлической плоскостью и диэлектриком (рис. 2). Изменение расстояния от металлической плоскости до диэлектрика на не более чем 10% от толщины диэлектрика изменяет в разы резонансную частоту. Требуемые абсолютные перемещения металлической плоскости для перестройки резонансной частоты доступны для современных пьезоэлектрических и электрострикционных актюаторов, а также микроэлектромеханических систем. Для уменьшения требуемых перемещений и увеличения диапазона перестройки частоты следует уменьшать толщину резонатора и повышать относительную проницаемость диэлектрика.

Література

1. Mansour R. High-Q tunable dielectric resonator filters / R. Mansour // IEEE Microwave Magazine. — 2009. — Vol.10. — pp. 84 — 98.