

УПРАВЛЕНИЕ ДИАПАЗОННОСТЬЮ ВИБРАТОРНОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ С ОПОРНЫМИ СТОЙКАМИ

Собственные функции давно применяются в задачах электродинамики для проводящих тел, поверхность которых совпадает с координатными поверхностями систем координат, в которых разделяется уравнение Гельмгольца. В [1] показано, что собственные функции могут быть введены для проводящих тел произвольной формы. Изложенный там подход основан на диагонализации матрицы взаимных импедансов и дает явные формулы для определения собственных токов и их полей.

В данной работе развитый подход применяется для исследования собственных функций вибраторного излучателя со стойками и управления этими функциями с целью расширения полосы рабочих частот вибратора.

В [1] рассматривается уравнение на собственные значения для проводящей поверхности S произвольной формы в свободном пространстве:

$$\hat{Z}(J_n) = v_n \hat{M}(J_n), \quad (1)$$

где Z – оператор, связывающий ток на поверхности с тангенциальной составляющей электрического поля; V_n – собственные значения, J_n – соответствующие им собственные поверхностные токи; \hat{M} – оператор, выбор которого определяется требованиями к собственным функциям. Собственные функции J_n будут диагонализировать Z при выборе в качестве оператора M любого симметрического оператора, но только выбор $\hat{M} = \hat{R}$, где \hat{R} – действительная часть оператора \hat{Z} , дает также и ортогональность диаграмм направленности, соответствующих собственным токам J_n . Подставив в (1) разложение $\hat{Z} = \hat{R} + i\hat{X}$ и положив $v_n = 1 + i\mu_n$, получим окончательный вид исходного уравнения

$$\hat{X}(J_n) = \mu_n \hat{R}(J_n). \quad (2)$$

Здесь \hat{R} и \hat{X} есть действительные симметрические операторы, более того, R – положительно определенный оператор.

В [2, 3] обсуждается вопрос управления собственными токами в задачах излучения и рассеяния. В задачах рассеяния возбуждение собственных токов может контролироваться размещением сосредоточенных нагрузок вдоль антенны, однако, если эти нагрузки пассивные, то будет достигнут лишь частичный контроль над возбуждением собственных токов. В [2, 3] эти нагрузки выбраны чисто реактивными и в этом случае уравнение (2) принимает вид:

$$(\hat{X} + \hat{X}_L)(J_n) = \mu_n \hat{R}(J_n).$$

Здесь \hat{X}_L – оператор реактивных нагрузок, его матрица диагональна для сосредоточенных нагрузок.

Вычислительная программа строилась на базе одной из модификаций программы SAPRA, общий алгоритм которой изложен в [4].

Исследовались собственные функции симметричного вибратора со стойками над экраном (рис. 1).

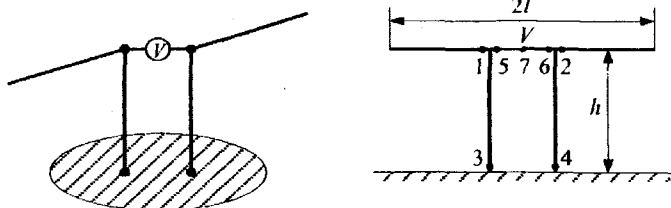


Рис. 1. Геометрия симметричного вибратора со стойками

Экран считался бесконечным и идеально проводящим. Использовались следующие параметры вибратора со стойками: длина плеча l и расстояние вибратора от экрана h равны, радиусы всех проводников $a/l = 0,04$, волновое сопротивление линии, образованной опорными стойками, $W_L = 150$ Ом.

При расчете собственных токов вибратора со стойками выяснилось, что они разделяются на две разновидности: 1) токи на стойках направлены одинаково, а на плечах – противоположно (синфазные моды), 2) токи на плечах направлены одинаково, а на стойках – противоположно (противофазные моды).

Собственные числа вибратора со стойками в диапазоне частот представлены на рис. 2, где сплошными линиями обозначены собственные числа противофазных мод, а штриховыми – синфазных мод.

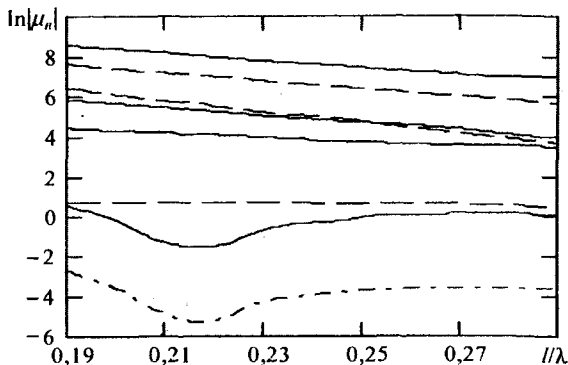


Рис. 2. Частотные зависимости собственных чисел вибратора со стойками

На рис. 3 приведены модули коэффициента отражения в полосе частот для вибратора со стойками без нагрузок (сплошные линии) и с нагрузками (штриховые линии). При этом волновое сопротивление фидера составляет 50 Ом (кривые 1) или 75 Ом (кривые 2). Хорошо видно, что вибратор с нагрузками обладает более широкой полосой частот, чем без нагрузок.

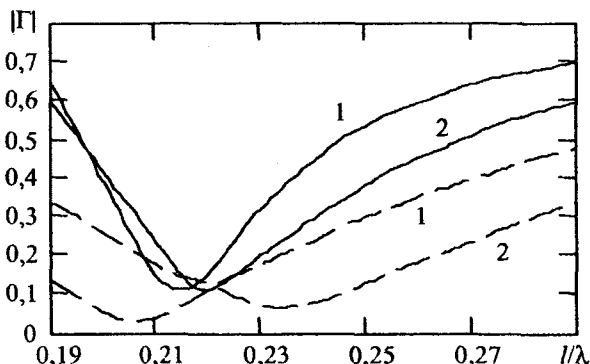


Рис. 3. Частотные зависимости коэффициента отражения вибратора со стойками без нагрузок и с нагрузками

Выводы

Показано, что у симметричного вибратора со стойками все собственные функции делятся на два типа: синфазные и противофазные моды.

Исследовано частотное поведение собственных чисел.

Найдены пассивные нагрузки, которые уменьшают собственное число первой противофазной моды и тем самым расширяют рабочий диапазон вибратора со стойками.

Список литературы

1. Harrington R. F., Mautz J. R. //IEEE Transactions, 1971. V. AP-19, № 5. P. 622–628.
2. Harrington R. F., Mautz J. R. //IEEE Transactions, 1972. V. AP-20, № 4. P. 446–454.
3. Mautz J.R., Harrington R. F. //IEEE Transactions, 1973. V. AP-21, № 2. P. 188–199.
4. Кудин В. П., Рубан А. П. //Изв. вузов. Сер. Радиоэлектроника. – 1986. – Т. 29, № 8. – С. 10–15.