

Рисунок 1 – Частотная зависимость напряженности поля открытой измерительной площадке и в полубеззюзовой камере

Следовательно, испытываемое техническое средство, удовлетворяющее нормативным требованиям по уровню излучаемых радиопомех в ПБЭК, будет с запасом удовлетворять тем же требованиям при измерении на ОИП.

Список использованных источников

- 1 Правила R10-02 ЕЭК ООН. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении электромагнитной совместимости.
- 2 ГОСТ Р 50414-92. Совместимость технических средств электромагнитная. Оборудование для испытаний. Камеры экранированные. Классы, основные параметры, технические требования и методы испытаний.

УДК 621.372.8

РАСЧЕТ ДИАГРАММЫ ТИПОВ КОЛЕБАНИЙ В ЭКРАНИРОВАННОЙ СИММЕТРИЧНОЙ ПОЛОСКОВОЙ ЛИНИИ ПЕРЕДАЧИ

Рахаева Е.А., Казанский Н.Л., Подлипов Г.А.

При расчете электромагнитных полей в экранированной симметричной полосковой линии передачи (рисунок 1) возникает задача определения типов волн, распространяющихся в ней.

Определить распространяющиеся типы волн можно по дисперсионным характеристикам, которые получаются из решения дисперсионного уравнения. В /1-3/ описана методика решения дисперсионного уравнения, однако полученные результаты не позволяют воспользоваться ими при различных геометрических размерах и электродинамических параметрах

заполняющих сред. Кроме того, расчет дисперсионных характеристик, по которым можно определить частотные зависимости постоянных распространения, является довольно трудоемкой задачей. Определить количество распространяющихся типов волн можно по диаграмме типов колебаний, рассчитать которую значительно проще.

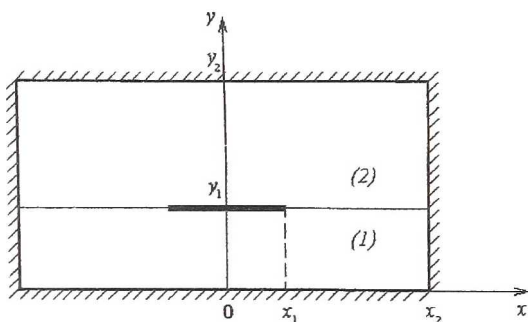


Рисунок 1 - Поперечное сечение экранированной симметричной полосковой линии

Для получения дисперсионного уравнения необходимо в соответствии с методом частичных областей поперечное сечение исследуемой структуры разбить на две области с помощью границы $y=y_1$, совпадающей с границей раздела сред (1) и (2). Продольные составляющие полей собственных типов волн в каждой из областей можно представить в виде рядов, почленно удовлетворяющих уравнению Гельмгольца для сред, заполняющих экранированную симметричную полосковую линию, а также граничным условиям на поверхности экрана:

$$E_{z(j)} = \sum_m A_{m(j)} \cdot X e_{m(j)}(x) \cdot Y e_{m(j)}(y),$$

$$H_{z(j)} = \sum_m B_{m(j)} \cdot X h_{m(j)}(x) \cdot Y h_{m(j)}(y),$$

где $A_{m(j)}$, $B_{m(j)}$ - неизвестные коэффициенты,

$X e_{m(j)}(x)$, $X h_{m(j)}(x)$, $Y e_{m(j)}(y)$, $Y h_{m(j)}(y)$ - ортогональные базисы частичных областей,

$j=1$ или 2 - номер частичной области.

Знание продольных составляющих полей $E_{z(j)}$, $H_{z(j)}$ в регулярной линии передачи позволяет определить и поперечные составляющие полей $E_{x(j)}$, $E_{y(j)}$, $H_{x(j)}$, $H_{y(j)}$, связь которых с продольными можно определить из уравнений Максвелла. Таким образом определяются выражения зависимостей поперечных составляющих электромагнитного поля от продольных, записанные в виде рядов.

Используя условия Мейкснера для сингулярности на краю центрального проводника ($x=x_1$) и граничные условия на вертикальной идеально проводящей стенке в плоскости $x=x_2$, получается дополнительное условие, которому должны удовлетворять базисные функции, используемые для разложения E_z . Если кроме того потребовать согласованности этих базисов для увеличения скорости сходимости алгоритма и повышения его устойчивости, то такими согласованными на всем интервале разложения составляющих полей базисами будут являться системы функций

$$\left\{ \sqrt{1-\chi^2} U_{2n+1}(\chi) \right\},$$

$$\left\{ \frac{1}{\sqrt{1-\chi^2}} T_{2n}(\chi) \right\},$$

где $U_{2n+1}(\chi)$ и $T_{2n}(\chi)$ — полиномы Чебышева второго и первого рода;

$$\chi = \frac{x-x_1}{x_2-x_1}.$$

Применив граничные условия при $y=y_1$ к составляющим электромагнитного поля собственных типов волн, можно получить систему уравнений, которая может быть записана в виде:

$$\begin{cases} \sum_{n=1}^{\infty} c_{kn} C_n + \sum_{n=1}^{\infty} g_{kn} A_n = 0, \\ \sum_{n=1}^{\infty} c'_{kn} C_n + \sum_{n=1}^{\infty} g'_{kn} A_n = 0. \end{cases}$$

Таким образом, получена система уравнений относительно неизвестных коэффициентов в выражениях для составляющих электромагнитного поля для определения дисперсионного уравнения симметричной экранированной полосковой линии передачи.

Условие существования нетривиального решения системы, состоящее в равенстве нулю ее определителя, дает трансцендентное уравнение для нахождения фазовых постоянных распространения собственных типов волн. Для реализации алгоритма на ЭВМ используется метод редукции, состоящий в замене определителя системы с бесконечно большим числом элементов

$$M = \begin{vmatrix} c_{k,n} & g_{k,n} \\ c'_{k,n} & g'_{k,n} \end{vmatrix},$$

где $n = 1, 2, 3, \dots$,

$$k = 1, 2, 3, \dots,$$

определителем конечного порядка. При этом

$$n = 1, 2, \dots, N, \quad k = 1, 2, \dots, K,$$

где N - число членов, удерживаемых в рядах E_z и E_x ,

K - число членов, удерживаемых в рядах H_z и H_x .

Для совместности такой редуцированной системы уравнений необходимо, чтобы выполнялось равенство $K=N$.

Диаграмма типов колебаний определяется из дисперсионного уравнения $\det M(\beta)=0$, где β - фазовая постоянная собственных типов волн. Количество корней этого уравнения при заданной частоте равно числу соответствующих этой частоте типов волн. Анализ корней дисперсионного уравнения позволяет рассчитать диаграмму типов колебаний экранированной симметричной полосковой линии передачи. Для ряда геометрических размеров и электродинамических параметров заполняющих сред рассчитана диаграмма типов колебаний (рисунок 2), позволяющая на разных частотах определить количество и типы распространяющихся колебаний в экранированной симметричной полосковой линии передачи.

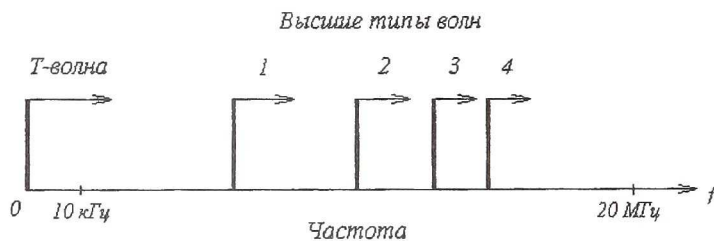


Рисунок 2 - Диаграмма типов колебаний

Работа выполнена при поддержке российско-американской программы "Фундаментальные исследования и высшее образование".

Список использованных источников

1. Неганов В.А. Электродинамическая теория полосково-щелевых структур. - Самара: Саратовский университет, 1991. - 240 с.
2. Неганов В.А., Раевский С.Б., Яровой Г.П. Линейная макроскопическая электродинамика. Т.2 / Под. ред. Неганова В.А. и Раевского С.Б. - М.: Радио и связь, 2001. - 575 с., 142 ил.
3. Веселов Г.И., Платонов Н.И., Слесарев Е.С. Построение эффективных алгоритмов решения электродинамических задач методом частичных областей с учетом особенностей. //Сб. науч. трудов "Микроэлектронные радиотехнические устройства и техника СВЧ". - М.: МИЭТ, 1980.