

Уточнение диагностического смысла параметров позволит точнее локализовать патологическое звено в цепи возможных нарушений электрической активности желудочков сердца при анализе патологических ЭКГ-кривых.

Автор благодарит профессора В. В. Балашова, а также всех участников теоретического семинара ЛТП НИИЯФ за полезные дискуссии.

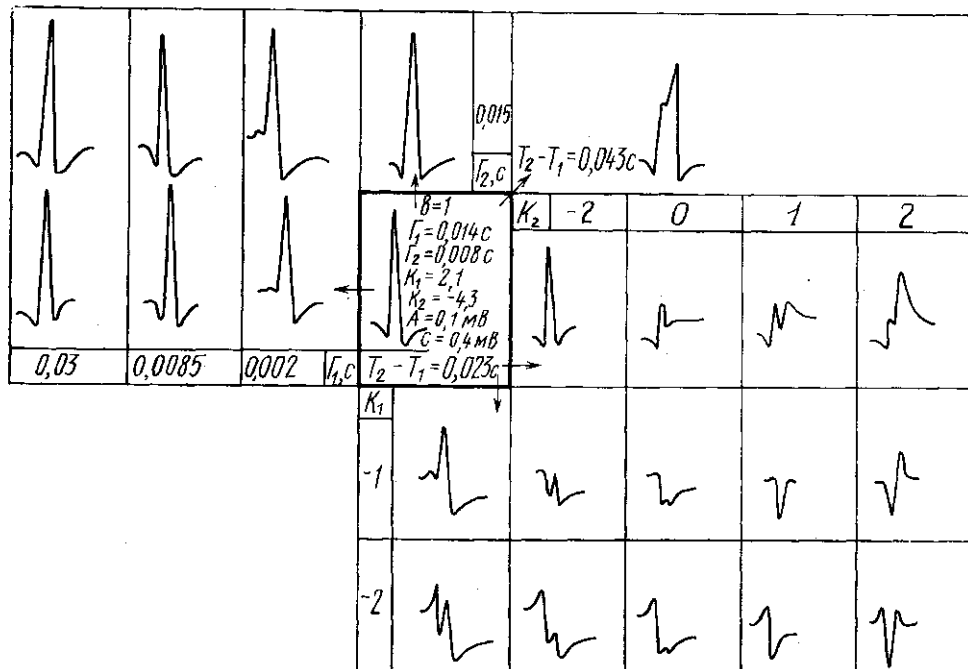


Рис. 3. Эволюция приведенной в центре кривой при изменении параметров

ЛИТЕРАТУРА

1. Дехтярь Г. Я. Электрокардиография. М., 1952; Электрокардиографическая диагностика. М., 1966.
2. Фолков Б., Нил Э. Кровообращение. М., 1976.
3. Янушкевичус З. И., Валужис К. К., Витенштейнас Г. А., Эрлицкиге Д. А. Статистическая электрофизиология. Ч. I. Вильнюс, 1968, с. 662—673.
4. Fano U. — «Phys. Rev.», 1961, 124, 1866.

Поступила в редакцию
31.5 1977 г.
НИИЯФ

УДК 621.372

А. В. Козарь

Магди Фахим (АРЕ)

Ю. А. Пирогов

ОПТИМИЗАЦИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ СОГЛАСУЮЩИХ СТРУКТУР

В работе [1] показано, что посредством многослойных структур можно осуществлять эффективное согласование импедансов нагрузки и линии передачи. При рассмотрении одночастотной задачи, подобной [1], в качестве согласующих выбираются четвертьволновые слои слабопоглощающего материала. Задача о согласовании импедансов с помощью таких структур в полосе частот не рассматривалась. В настоящей

работе эта задача анализируется и находится оптимальная геометрия структуры (толщина слоев) при заданных материалах слоев, их числе и частотной полосе согласования. Показано, что оптимальные толщины слоев при согласовании в полосе частот отличаются от четвертьволновых.

Итак, будем полагать, что нагрузка задана и известно число слоев структуры и их диэлектрические проницаемости. Требуется найти толщины слоев, соответствующие оптимальным характеристикам структуры (по минимуму коэффициента отражения) в заданной полосе частот.

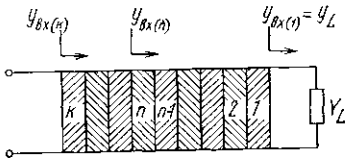


Рис. 1. Система слоев согласующей структуры

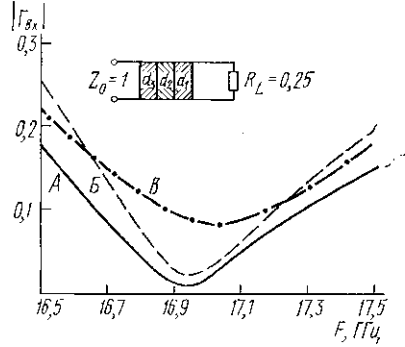


Рис. 2. Оптимальные характеристики согласующей структуры

Для такой задачи предлагается следующий алгоритм решения. Набор слоев согласующей структуры (рис. 1) характеризуется векторными величинами с компонентами, соответствующими характеристикам однородных слоев:

- $\epsilon = \{\epsilon_1, \epsilon_2, \dots, \epsilon_k\}$ — вектор диэлектрических проницаемостей слоев;
- $\mathbf{d} = \{d_1, d_2, \dots, d_k\}$ — вектор толщины слоев;
- $\mathbf{y} = \{y_1, y_2, \dots, y_k\}$ — вектор характеристических адмиттансов;
- $\mathbf{V} = \{B_1, B_2, \dots, B_k\}$ — вектор волновых чисел.

Входной адмиттанс n -го слоя задается рекуррентным соотношением [2]:

$$y_{BX} = y_n \frac{y_{BX(n-1)} + iy_n \operatorname{tg}(B_n d_n)}{y_n + iy_{BX(n-1)} \operatorname{tg}(B_n d_n)}, \tag{1}$$

где $n=1, 2, \dots, k$, k — число слоев. Тогда входной коэффициент отражения структуры Γ_{BX} можно записать в виде

$$\Gamma_{BX} = \frac{1 - y_{BX(k)}}{1 + y_{BX(k)}}. \tag{2}$$

причем

$$\Gamma_{BX} = \Gamma_{BX}(\epsilon, \mathbf{d}, f), \tag{3}$$

где f — частота колебаний волны в волноводе.

Задача заключается в том, чтобы найти оптимальный вектор \mathbf{d} , при котором существует $\min |\Gamma_{BX}|$ в заданной полосе частот $\Delta f = f_1 - f_2$, т. е. согласно [3] требуется найти минимум функционала в виде

$$\min_{(\mathbf{d})} \left(\frac{1}{\Delta f} \int_{f_1}^{f_2} |\Gamma_{BX}| df \right). \tag{4}$$

Для численного нахождения минимума функционала применяется градиентный метод по координатного спуска [4].

Результаты численных расчетов для трех конкретных случаев приведены на рис. 2. Рассмотрено в качестве примера согласование с линией передачи ($Z_0=1$) активного сопротивления $R_L=0,25$ посредством трехслойной структуры с различным сочетанием

диэлектрических проницаемостей слоев (указано на рисунках). При вычислении минимума функционала [4] в качестве нормированной полосы частот выбиралось значение $\Delta f = 1$ ГГц с центральной частотой $f_0 = 17$ ГГц, т. е. $f_1 = 16,5$ ГГц и $f_2 = 17,5$ ГГц. Предполагается, что линия передачи является стандартной для этого диапазона волн, а волновод с сечением $5,5 \times 11$ мм.

А

	ϵ	мм.	$\lambda_{В}/4$
d1	3	3,1881	1,1093
d2	1	12,6761	1,7157
d3	3	5,2941	1,8421

Б

d1	2	2,6868	0,7893
d2	1	9,9100	1,3413
d3	2	6,5049	1,7173

В

d1	3	0,36932	0,1255
d2	2	5,3474	1,4117
d3	3	4,73312	1,6469

В таблицах приводятся полученные в результате расчета толщины слоев (в мм и в долях четверти длины волны), оптимальные по минимуму функционала (4), а на графиках даются зависимости $|Г_{вх}|$ от частоты для оптимизированных согласующих структур. Из сравнения графиков видно, что в случае А (рис. 2) имеет место наиболее широкополосное согласование: на уровне $|Г_{вх}| = 0,1$ полоса согласования составляет $\sim 0,6$ ГГц. Отметим, что при широкополосном согласовании толщины слоев оптимизированных структур могут существенно отличаться от четвертьволновых.

Таким образом, полученные результаты показывают возможность использования систем диэлектрических слоев для создания широкополосных согласователей волноводных нагрузок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баскаков А. Н., Козарь А. В. и др. — В кн.: Всесоюзный симпозиум по приборам, технике и распространению миллиметровых и субмиллиметровых волн в атмосфере. М., 1976.
2. Бреховских Л. М. Волны в слоистых средах. М., 1973.
3. Тихонов А. Н., Арсенин В. Я. Методы решения некорректных задач. М., 1974.
4. Миттра Р. Вычислительные методы в электродинамике. М., 1977.

Поступила в редакцию
21.6 1977 г.
Кафедра
радиофизики СВЧ