

РАСЧЕТ СЕЛЕКТИВНО-СОГЛАСУЮЩИХ СВЧ-ЦЕПЕЙ  
НА ОСНОВЕ ФЕРРИТОВЫХ РЕЗОНАТОРОВ

Простейшая селективно-согласующая цепь представляет собой ферритовый резонатор (ФР) [2], окруженный двумя ортогональными витками. Матрица сопротивлений такой системы имеет вид

$$Z = \begin{vmatrix} j\rho_{11} + \frac{\beta_{11}}{1+j\xi} & -j\frac{\xi_{12}}{1+j\xi} \\ j\frac{\beta_{21}}{1+j\xi} & j\rho_{22} + \frac{\beta_{22}}{1+j\xi} \end{vmatrix} \begin{cases} \beta = \frac{\pi^2}{3Z_0} \frac{f_0 M_0 W^2 q^2 r}{\Delta H} \\ \rho = \frac{2\pi\mu_0}{Z_0} f_0 r \left[ F(W) \left( \ln \frac{8r}{a} - 2 \right) + \right. \\ \left. + \frac{1}{\pi} \left( \ln \frac{r}{a} - 1 \right) \right], \end{cases}$$

где  $\beta_{12}$  — параметр связи ФР с витками;  $\xi$  — обобщенная расстройка;  $\rho = \frac{\omega L}{R_0}$ ;  $\omega$  — частота сигнала;  $L$  — индуктивность витка;  $Z_0$  — сопротивление нормировки;  $\mu_0$  — магнитная постоянная;  $2\Delta H$  — ширина резонансной кривой;  $M_0$  — намагниченность насыщения;  $W$  — нормированный угол обхвата витком ФР, реально  $W=0,5; 1,0; 1,5$ ; при этом  $F(W)=0,5; 1,0; 2,2$  соответственно,  $a$  — радиус провода;  $r$  — радиус витка;  $r_\Phi$  — радиус ФР;  $q$  — коэффициент заполнения витка ФР. Для случая подключения активной нагрузки  $R_H$  ко второму витку и ФР сферической формы выражения для добротности связи и радиуса второго витка соответственно имеют вид

$$Q_{св} = (\rho_2^2 + 1)/\rho; \quad r_2 = (\sqrt{Q_{св}\rho} - 1)/A; \quad (1)$$

здесь  $\rho = 232M_0W^2q^2r^2/R_H$ ;  $A = 7,9f_0 \left[ F(W_2) \left( \ln \frac{8r}{a} - 2 \right) + \frac{1}{\pi} \left( \ln \frac{r}{a} - 1 \right) \right] / R_H$ .

Расчет радиуса второго витка производится путем решения уравнения (1) методом простых итераций. Программа на входном языке микрокалькулятора «БЗ-21» [1] имеет вид

```

F2 2 0 X ln 1 - ↑ π ÷ P8 F2
↑ F3 X ln 2 - ↑ F4 X ↑ F8 +
↑ F5 X P8 F2 ↑ F7 X ↑ 1 - V
↑ F8 ÷ ↑ F2 XY P2 - X² ↑ F6 X²
XY - X > 0 P 0 F2 C/P.

```

Исходные данные:  $1 = P2$ ;  $160(200) = P3$ ;  $F(W) = P4$ ;  $E = P6$ ;  $0,16 f_{ГГц} = P5$ ;  $4,6q^3 M_0 W^2 Q_{св} = P7$ .

Определение размеров первого (входного) витка выполняется по заданному входному импедансу с учетом предыдущих вычислений. Уравнение для определения радиуса первого витка:

$$r_1 = \sqrt{1/f(r_1) \sqrt{r_1} \sqrt{2r_1 - j(r_1) x_{вх} - (R_{вх} + x_{вх})^2 + a' R_{вх}}}$$

где  $a' = 6,6 \cdot 10^4 f_0 M_0 W_1^2 r_\phi^3 / \Delta H_s$ ;  $\Delta H_s = \Delta H + 1,4 \cdot 10^4 f_0 / Q_{св}$ ;  $\rho = 0,16 \times \times f_0 r_1 \left[ F(W_1) \left( \ln \frac{8r}{a} - 2 \right) + \frac{1}{\pi} \left( \ln \frac{r}{a} - 1 \right) \right] = f(r_1) r_1$ .

Программа расчета:

```

F2 2 0 × ln 1 -- ↑ π ÷ P8 XY
1 -- 8 ln + ↑ F3 × ↑ F8 + ↑
F4 × P8 ↑ F2 × 2 × ↑ F5 × ↑
F6 -- ↑ F2 X2 × ↑ F7 + √ ↑ F8
÷ √ ↑ F2 -- XY P2 ÷ X = 0 PO F2 C/П
    
```

Исходные данные:  $1 = P2$ ;  $F(W) = P3$ ;  $0,16 f_{ГГц} = P4$ ;  $X_{вх} = P5$ ;  $R_{вх} + X_{вх}^2 = P6$ ;  $a' \times R_{вх} = P7$ .

Для примера рассчитаем параметры селективно-согласующих четырехполосников с ФР двухрезонаторного транзисторного СВЧ-генератора с феррит-варикапной перестройкой (рис. 1).

Расчеты по составленным программам дают следующие резуль-

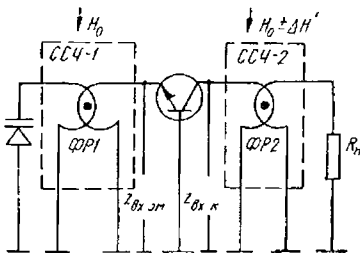


Рис. 1

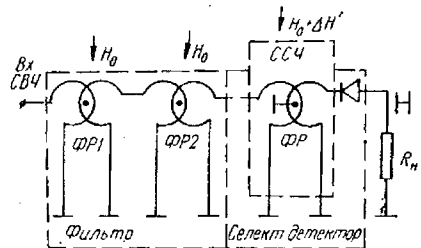


Рис. 2

таты для четырехполосника коллекторной цепи:  $M_0 = 9,065$  Гл,  $2\Delta H = 80$  А/М,  $Q_{св} = 250$ ,  $r_1 = 0,61$  мм,  $r_2 = 0,79$  мм,  $r_\phi = 0,39$  мм,  $W_1 = 0,5$ ;  $W_2 = 1,0$ .

Параметры селективно-согласующего четырехполосника эмиттерной цепи определяются из условия обеспечения наиболее широкого диапазона электрической подстройки частоты генератора, что имеет место при равенстве частоты настройки ФР и ре-

зональной частоты контура, образованного варикапом и индуктивностью второго витка, диаметр которого вычисляется по такой программе:

F6 ↑ F7 × √ P6 F8 X<sup>2</sup> ↑ π × ↑  
 F4 × ↑ F6 × 1 0 0 XY ÷ P5 F2  
 ↑ F3 ÷ 8 × ln 2 — ↑ F4 × 1/X  
 ↑ F5 × ↑ F2 — XY P2 ÷ X<sup>2</sup> X<sup>2</sup> x<sup>2</sup>  
 X<sup>2</sup> X = 0 ÷ F2 2 × C/П.

Исходные данные:  $1 = P2$ ;  $a_{mm} = P3$ ;  $0,4\pi = P4$ ;  $C_{\min, \text{пФ}} = P6$ ;  
 $C_{\max, \text{пФ}} = P7$ ;  $f_{ГГц} = P8$ .

Диаметр ФР после этого вычисляется по коэффициенту заполнения  $q_{\max} = 0,65$ , а диаметр первого витка — по программе для первого витка с учетом обеспечения требуемой величины входного импеданса. При использовании варикапа с  $C_{b \min} = 0,25$  пФ,  $C_{b \max} = 1,0$  пФ,  $Q_{\text{вар}} = 50$ ,  $r_1 = 0,65$  мм,  $r_2 = 1,3$  мм,  $r_{\Phi} = 0,42$  мм,  $W_1 = 1,0$ ,  $W_2 = 0,5$ ,  $M_0 = 0,065$  Тл;  $2\Delta H = 80$  А/М.

Параметры селективно-согласующего четырехполюсника, включенного на входе СВЧ-преобразователей частоты с магнитной перестройкой, определяются эквивалентным импедансом полупроводниковых приборов преобразователя. Так, для селективного детектора (рис. 2) на основе диода с барьером Шоттки, входной импеданс которого на частоте 3 ГГц равен  $(0,94 - j 1,1)$ ,  $M_0 = 0,065$  Тл,  $2\Delta H = 80$  А/М,  $Q_{\text{св}} = 100$ ,  $r_1 = 0,73$  мм,  $r_2 = 0,62$  мм,  $W_1 = 1,5$ ,  $W_2 = 0,5$ ,  $r_{\Phi} = 0,35$  мм для внутреннего сопротивления СВЧ-генератора, к которому подключается селективный детектор, 50 Ом.

Приведенные примеры могут использоваться в качестве тестовых при отладке программ.

1. Трохименко Я. К., Любич Ф. Д. Инженерные расчеты на микрокалькуляторах. Киев, Техніка, 1980. 383 с. 2. Цымбал В. И., Шеламов Г. П. Использование ферритовых резонаторов в качестве селективно-согласующих СВЧ элементов. — Радиотехника, 1979, т. 3, № 10, с. 84.

Поступила в редколлегию 30.06.81

УДК 621.372.8

Е. В. ГУСЕВА, инж., В. И. НАЙДЕНКО, канд. техн. наук

### РАСЧЕТ ЛИНЕЙНОГО ДЕЛИТЕЛЯ МОЩНОСТИ НА ПОЛОСКОВЫХ ЛИНИЯХ

В технике СВЧ широко применяются полосковые и широкополосные линейные делители (или сумматоры) мощности на два канала (рис. 1). Важным свойством таких делителей является синфазность полей в симметричных точках разделенных каналов.