

К РАСЧЕТУ СОПРЯЖЕНИЯ КОНТУРОВ В СУПЕРГЕТЕРОДИННОМ ПРИЕМНИКЕ С ИНДУКТИВНОЙ НАСТРОЙКОЙ

И. Н. Деркач

Севастополь

В статье приводится принцип построения контуров входной цепи и гетеродина при индуктивной настройке и обобщается методика расчета элементов сопряжения при емкостной и индуктивной настройках. Приводится пример расчета.

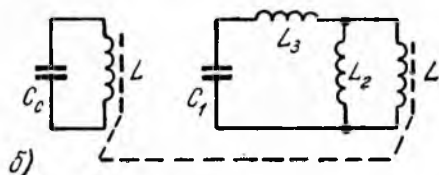
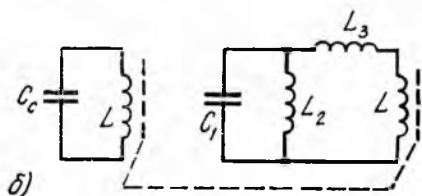
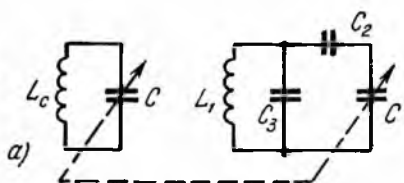
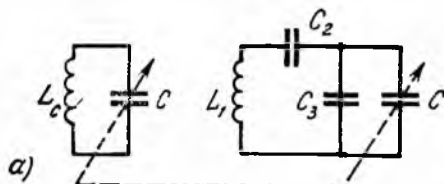


Рис. 1.

Рис. 2.

В радиотехнических и телемеханических системах часто применяется настройка входной цепи и контура гетеродина блоком катушек переменных индуктивностей, называемых ферроиндукторами. При расчете элементов сопряжения контуров гетеродина и входной цепи встречаются трудности, так как методика построения цепей и расчета их сопряжения не освещена в литературе, хотя принцип построения и расчета по существу одинаков как и в случае настройки блоком конденсаторов переменной емкости.

Покажем это. На рис. 1, а и 2, а приведены емкостные схемы сопряжения, а на рис. 1, б и 2, б — индуктивные при частоте гетеродина большей частоты сигнала. Катушки ферроиндуктора обычно экранированы и взаимная индуктивность как между собой так и с другими катушками отсутствует. Допустим также, что взаимная индуктивность между катушками L_2 и L_3 отсутствует, что можно добиться экранировкой или соответствующим их расположением.

Результирующая емкость гетеродинного контура (рис. 2, а) запишется в виде

$$C_1 = C_3 + \frac{CC_2}{C + C_2}, \quad (1)$$

а результирующая индуктивность (рис. 2, б).

$$L_1 = L_3 + \frac{LL_2}{L + L_2}. \quad (2)$$

Выражения (1) и (2) показывают, что участки цепи, состоящие из конденсаторов C , C_2 и C_3 , (рис. 2, а) и из катушек L , L_2 и L_3 (рис. 2, б), дуальны. Исходным выражением для определения элементов сопряжения принимается

$$(2\pi f) = \frac{1}{L_1 C_1}, \quad (3)$$

в которое C_1 и L_1 входят совершенно одинаково (оба в знаменателе и в первой степени). Поэтому из (1), (2) и (3) можно сделать вывод, что и расчетные формулы для определения отдельных элементов контуров для обоих видов настройки должны быть идентичны.

Приведем методику расчета элементов схем рис. 1, б и 2, б [1]

Определяются частоты точного сопряжения:

$$f_1 = \frac{f_{\max} + f_{\min}}{2}, \quad (4)$$

$$f_2 = f_1 - \frac{\sqrt{3}}{4} (f_{\max} - f_{\min}), \quad (5)$$

$$f_3 = f_1 + \frac{\sqrt{3}}{4} (f_{\max} - f_{\min}). \quad (6)$$

В (4), (5), (6) $f_{\max}$ и $f_{\min}$ — крайние частоты диапазона.

Далее определяются вспомогательные коэффициенты:

$$a = f_1 + f_2 + f_3, \quad (7)$$

$$b^2 = f_1 f_2 + f_2 f_3 + f_1 f_3, \quad (8)$$

$$c^3 = f_1 f_2 f_3, \quad (9)$$

$$d = a + 2f_{\text{пр}}, \quad (10)$$

где $f_{\text{пр}}$ — промежуточная частота

$$l^2 = \frac{b^2 d - c^3}{2f_{\text{пр}}}, \quad (11)$$

$$m^2 = ad + f_{\text{пр}}^2 - b^2 + l^2, \quad (12)$$

$$n^2 = \frac{f_{\text{пр}}^2 l^2 + c^3 d}{m^2}. \quad (13)$$

Определяется также емкость входного контура по формуле

$$C_c = \frac{25330}{L_0 f_0^2}. \quad (14)$$

В последнем выражении f_0 — частота настройки входной цепи, L_0 — индуктивность ферроиндуктора при настройке на f_0 .

Вычислив коэффициенты l^2 , m^2 , n^2 , определяют L_2 , L_3 , C_1 по формулам

Схема рис. 1, б

$$L_2 = L_0 f_0^2 \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{l^2} \right),$$

$$L_3 = \frac{L_0 f_0^2}{l^2},$$

$$C_1 = C_c \frac{l^2}{m^2} \frac{L_2 + L_3}{L_2}.$$

Схема рис. 2, б

$$L_2 = \frac{L_0 f_0^2}{h^2}, \quad (15)$$

$$L_3 = \frac{L_0 f_0^2}{l^2 - n^2}, \quad (16)$$

$$C_1 = C_c \frac{l^2}{m^2} \frac{L_2}{L_2 + L_3}. \quad (17)$$

В формулах (7) — (17) частоты в $Mгц$, индуктивности в $мкгн$, емкости в $пф$.

Если между катушками L_2 и L_3 существует взаимоиндуктивность, то следует задаться величиной ее.

После нахождения L_2 , L_3 и C_1 следует проверить, не превысила ли неточность сопряжения допустимую, как и в случае емкостной настройки.

Катушки ферроиндуктора обычно однослойные, их индуктивность около $1000 мкгн$, а коэффициент перекрытия по индуктивности около 10. Такие катушки переменной индуктивности позволяют перекрыть диапазоны длинных и средних волн. При этом емкость входной цепи в диапазоне длинных волн около $1200 пф$ (емкость конденсатора плюс емкость монтажа, собственная емкость катушки и др.). На средних волнах емкость входного контура с тем же ферроиндуктором должна быть в $\left(\frac{f_{min}CB}{f_{min}DB}\right)^2 = 12$ раз меньше чем на длинных волнах, т. е. около $100 пф$.

В коротковолновом диапазоне емкость контура должна быть в сотни раз меньше чем на длинных волнах и составлять несколько пикофард. Собственная емкость катушки ферроиндуктора, емкость монтажа и др. вместе взятые обычно составляют несколько десятков пикофард. Следовательно, индуктивности контура требуется сильно уменьшать, шунтируя катушки ферроиндуктора дополнительными индуктивностями. При этом, конечно, уменьшается коэффициент перекрытия, и перекрыть весь диапазон или значительную часть коротковолнового диапазона нельзя. Поэтому в радиовещательных приемниках с индуктивной настройкой применяются растянутые коротковолновые поддиапазоны.

На рисунках 3, а и 3, б показаны схемы контуров входной цепи и гетеродина растянутого коротковолнового поддиапазона с емкостной и индуктивной настройками. Правые части схем дуальны. Расчеты их производятся аналогично. Если заданы крайние частоты поддиапазона f_{max} и f_{min} , то шунтирующую индуктивность во входном контуре можно определить по формуле

$$L_1 = \frac{(k^2 - 1) L_{max} L_{min}}{L_{max} - k^2 L_{min}}, \quad (18)$$

где $k = \frac{f_{max}}{f_{min}}$ — коэффициент перекрытия поддиапазона,

L_{max} и L_{min} — наибольшая и наименьшая индуктивности ферроиндуктора.

Емкость входного контура

$$C_{вх} = \frac{1}{(2\pi f_{min})^2 \frac{L_1 L_{max}}{L_1 + L_{max}}}. \quad (19)$$

Емкость конденсатора входного контура

$$C_1 = C_{вх} - C'_{вх}, \quad (20)$$

где $C'_{вх}$ — собственная емкость цепи без емкости конденсатора.

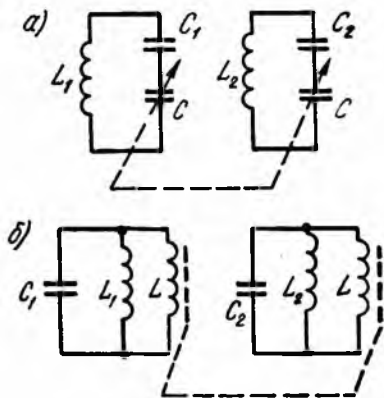


Рис. 3.

В коротковолновом диапазоне частоты настройки входной цепи и контура гетеродина мало отличаются друг от друга (на величину промежуточной частоты) и коэффициенты перекрытия можно принять одинаковыми. Поэтому можно принять $L_1 = L_2$ и определить только емкость контура гетеродина по формуле (19), заменив частоту входной цепи $f_{\min}$ на частоту гетеродина $f_{\text{гет}}$.

Расчет сопряжения при индуктивной настройке можно производить также по номограммам, как и в случае емкостной настройки.

В заключение произведем расчет элементов сопряжения для схемы см. рис. 1, б для средневолнового диапазона. Крайние частоты диапазона $f_{\min} = 520$ кГц, $f_{\max} = 1600$ кГц. Минимальная индуктивность катушки ферроиндуктора $L_{\min} = 130$ мкГн, коэффициент перекрытия $\frac{L_{\max}}{L_{\min}} = 9,5$. Взаимоиндуктивность между катушками сопряжения отсутствует. Промежуточная частота $f_{\text{пр}} = 465$ кГц.

Находим частоты точного сопряжения по формулам (4), (5), (6).

$$f_1 = 1,06 \text{ МГц}, f_2 = 0,56 \text{ МГц}, f_3 = 1,54 \text{ МГц}.$$

Вычисляем по формулам (7) — (13) вспомогательные коэффициенты

$$a = 3,16, b^2 = 3,09, c^3 = 0,91, d = 4,1,$$

$$l^2 = 12,6, m^2 = 22,68, n^2 = 0,29.$$

Вычисляем по формуле (14) емкость входного контура

$$C_c = 76 \text{ пФ}.$$

По формулам (15—1, б), (16—1, б) и (17—1, б) рассчитываем элементы сопряжения и емкость гетеродинного контура

$$L_2 = 1132 \text{ мкГн}, L_3 = 26 \text{ мкГн}, C_1 = 43 \text{ пФ}.$$

Заканчивается расчет проверкой на допустимую неточность сопряжения, для чего рассчитывают частоту гетеродина по формуле

$$f_{\text{гет}} = m \sqrt{\frac{f^2 + n^2}{f^2 + l^2}},$$

а потом и саму неточность по формуле

$$\Delta f = (f + f_{\text{пр}}) - f_{\text{гет}}.$$

Для наглядности желательно построить кривую сопряжения

$$\Delta f = \varphi(f).$$

ЛИТЕРАТУРА

1. В. И. Сифоров. Радиоприемные устройства. Воениздат, 1954.