Анализ ВЧ-коррекции с частотно-зависимой нагрузкой

Рассмотрим каскад по схеме ОЭ. Его эквивалентная схема для переменного тока с паразитной емкостью в коллекторной цепи приведена на рис. 1а.

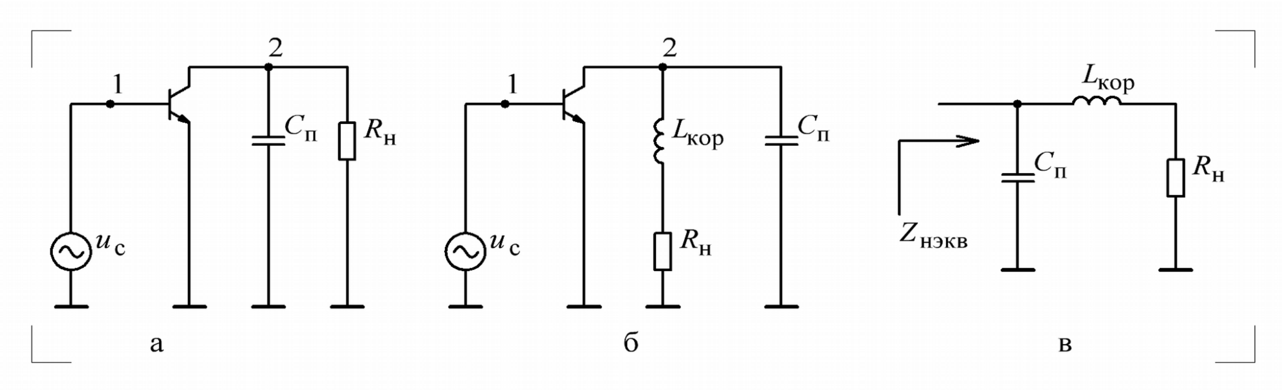

Рис. 1

Учтенная паразитная емкость приводит к уменьшению диапазона равномерно усиливаемых частот. Поставим задачу: путем включения в нагрузочную цепь корректирующей индуктивности расширить диапазон частот, причем оптимальным значением корректирующей индуктивности будем считать такое, при котором результирующая АЧХ каскада максимально плоская.

Эквивалентная схема каскада с введенной корректирующей индуктивностью приведена на рис. 1б, а схема эквивалентного 2-полюсника нагрузки – на рис. 1в.

Коэффициент передачи схемы ОЭ от точки 1 к точке 2 определяется выражением $K_{12}(jf)=-g_{21}Z_{нэкв}(jf)$, из которого следует, что с точностью до постоянного множителя АЧХ каскада совпадает с модулем эквивалентного сопротивления нагрузки.

Из схемы рис. 1в комплексное сопротивление нагрузки

$$Z_{нэкв}(jf)=(R_н+j2\pi f L_{кор})||C_п=\frac{R_н+j2\pi f L_{кор}}{1-(2\pi f)^2 C_п L_{кор}+j2\pi f C_п R_н}\ .$$

Квадрат модуля сопротивления нагрузки

$$|Z_{нэкв}(jf)|^2=R_н\frac{1+\left(\dfrac{2\pi f L_{кор}}{R_н}\right)^2}{1+(2\pi f)^2(L_{кор}^2 C_п^2-2L_{кор}C_п)+(2\pi f)^4 L_{кор}^2 C_п^2}\ .$$

После нормировки $M_Z(jf)=Z_{нэкв}(jf)/R_н$ получаем

$$|M_Z(jf)|^2 = \frac{1 + \left(\dfrac{2\pi f L_{\text{кор}}}{R_{\text{н}}} \right)^2}{1 + (2\pi f)^2 (L_{\text{кор}}^2 C_{\text{п}}^2 - 2 L_{\text{кор}} C_{\text{п}}) + (2\pi f)^4 L_{\text{кор}}^2 C_{\text{п}}^2} \ .$$

Введем параметры $x = 2\pi f C_{\text{п}} R_{\text{н}}$ и $m = \dfrac{L_{\text{кор}}}{C_{\text{п}} R_{\text{н}}^2}$. Тогда

$$|M_Z(x)|^2 = \frac{1 + m^2 x^2}{1 + (1 - 2m) x^2 + m^2 x^4} \ .$$

Оптимальное значение корректирующей индуктивности $L_{\text{кор}opt}$ соответствует оптимальному значению m_{opt}. В соответствии с принципом Брауде частотная характеристика будет максимально плоская, когда коэффициенты полинома числителя максимально близки коэффициентам полинома знаменателя при равных степенях x.

На основании этого для нахождения m_{opt} следует приравнять коэффициенты при x^2: $m_{opt}^2 = 1 - 2 m_{opt}$. Это квадратное уравнение, положительный корень которого $m_{opt}^2 = \dfrac{-2 + \sqrt{4 - 4(-1)}}{2} = 0{,}414$. В результате оптимальное значение корректирующей индуктивности $L_{\text{кор}\,opt} = 0{,}414\, C_{\text{п}} R_{\text{н}}^2$.

Смысл оптимального значения корректирующей индуктивности поясняется на рис. 2.

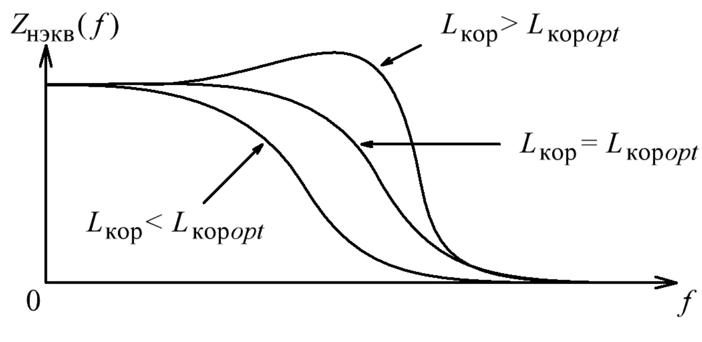

Рис. 2

Если индуктивность катушки меньше оптимальной, то нормированный импеданс нагрузки имеет ранний спад в области ВЧ из-за паразитной емкости. Если индуктивность больше оптимальной, то на частотной характеристике возникает подъем. При оптимальном значении частотная характеристика максимально плоская.