Отчёт по лабораторной работе №2
" Исследование приборов и методов измерения
параметров двухполюсников"

ст. гр. ИКТЗ - 83
Громов А. А.

Исследование приборов и методов измерения параметров двухполюсников.

Цель работа:

Изучить мостовой и резонансный методы измерения параметров двухполюсников; ознакомиться с тех. характеристиками и схемами универсального моста и измерителя добротности

Таблицы:

Таблица 2.1

Основные метрологические хар-ки приборов.

Название и тип прибора	Диапазон раб. частот, Гц	Измеряемые величины	Пределы измерения	Нормируемая осн. погрешность
Универсальный мост(измеритель R, L, C) E7-11	100 - 1000 Гц	R	0,1 Ом - 10 МОм	±(1+2/R)%, где R в Ом
		L	0,3 мкГн - 100 0 Гн	1%
		C	0,5 пФ - 1000 мкФ	±(1+20(C))% где C в пФ
		tgδ	0,005 - 0,1	
		Q	0,1 - 30	
Измеритель добротности E4-11	30 - 300 МГц	Q	10 - 1000	См. ниже
		f	30 - 300 МГц	1%
		Lx	25 нГн - 2,5 мкГн	—
		Co	0,1 - 95 пФ	(±0,5 + 0,005 C) пФ
		Cx	0,1 - 95 пФ	—

для Q: $\delta = (6 + \frac{Q_{кон}}{Q_{изм}} + 0,5 \cdot \sqrt{f} + 3 \cdot 10^{-5} \cdot f \cdot Q_{изм})\%$

$\delta = (6 + \frac{Q_{кон}}{Q_{изм}} + 0,5 \cdot \sqrt{f} + 3 \cdot 10^{-5} \cdot f \cdot Q_{изм})\%$

Таблица 2.3

Результаты оценки параметров катушки индуктивности.

Частота, МГц	$Q_д$	$C_{об}$, пФ	$L_Д$, мкГн	R_A, Ом	C_L, пФ	L_x, мкГн	Q_x	R_L, Ом	$f_в$, МГц
$f_1 = 100$ МГц	260	92.80	0,027	0,065	0,73	0,027	262	0,065	113
$f_2 = 200$ МГц	265	22,65	0,028	0,133	0,73	0,027	273,5	0,12	113

Таблица 2.4

Результаты измерения параметров конденсатора и резистора.

Объект измерения	f, МГц	$C_{об}$, пФ	Q_1	$C_{об2}$, пФ	Q_2	C_x, пФ	$tg δ$	R_x, Ом	$C_в$, пФ
Конденсатор	100	92,50	255	89,45	240	3,05	0,0074	-	-
Резистор	100	92,00	250	73,80	210	-	-	22705	18,2

Таблица 2.5

Оценка погрешностей измерения параметров двухполюсников.

Измеряемая	Полученное значение	Относительная погрешность, %	Абсолютная погрешность	Результат измерения
L_x, мкГн	27	4%	±1,08 мкГн	(27,0±1,1)мкГн
Q	255	12,8 %	±32,64	(255±33)
C_x, пФ	3,05	62,6 %	±1,93 пФ	(3,1±1,9)пФ
RC, кОм	11,8			
R_x, кОм	22,7	1,8 %	±0,4 кОм	(22,7±0,4)кОм
C_x, пФ	18,2	3,2	0,59 пФ	(18,2±0,6)пФ

Пример расчёта

1. Действующее значение индуктивности

$$L_9 = \frac{1}{4\pi^2 f_1^2 C_{o\delta_1}})$$

$$L_9 = \frac{1}{4\pi^2 \cdot (10^8)^2 \text{Гц} \cdot 92,8 \cdot 10^{-12}\text{ф}} = 0,027 \text{ мкГн}$$

2. Действующее сопротивление потерь в измеряемой катушке:

$$R_9 = \frac{X_{91}}{Q_{95}} = \frac{2\pi f_1 L_9}{Q_{91}};$$

$$R_9 = \frac{2\pi \cdot 10^8 \text{Гц} \cdot 0,027 \cdot 10^{-6} \text{Гн}}{260} = 0,065 \text{ Ом}$$

3. Собственная ёмкость катушки:

$$C_L = \frac{f_1^2 C_{o\delta_1} - f_2^2 C_{o\delta_2}}{f_2^2 - f_1^2} = \frac{C_{o\delta_1} - n^2 C_{o\delta_2}}{n^2 - 1}$$

Удобно выбрать $n = 2$, тогда:

$$C_L = \frac{C_{o\delta_1} - 4 C_{o\delta_2}}{3}; \quad C_L = \frac{92,8 \cdot 10^{-12}\text{ф} - 4 \cdot 22,65 \cdot 10^{-12}\text{ф}}{3} =$$

$$= 0,73 \text{ пф}$$

4. Истинное значение индуктивности:

$$L_x = \frac{1}{4\pi^2 f_1^2 (C_{o\delta_L} + C_L)}$$

$$L_x = \frac{1}{4\pi^2 \cdot (10^8 \text{Гц})^2 (92,8 \cdot 10^{-12}\text{ф} + 0,73 \cdot 10^{-12}\text{ф})} = 0,027 \text{мкГн}$$

5. Добротность Q_x:

$$Q_x = Q_3 \frac{C_{o6_1} + C_1}{C_{o6_1}} = 260 \cdot \frac{92,8 + 9,3}{92,8} = 262.$$

6. Сопротивление R_L:

$$R_L = \frac{2\pi \cdot f \cdot L_x}{Q_x} = 0,065 \ Ом$$

7. Ёмкость конденсатора C_x:

$$C_x = C_{o6_1} - C_{o6_2} = 92,5 - 89,45 = 3,05$$

8. Тангенс угла потерь

$$tg\delta = \frac{C_{o6_1}(Q_1 - Q_2)}{C_x \, Q_1 \, Q_2} = \frac{92,5(255 - 240)}{3,05 \cdot 255 \cdot 240} = 0,007$$

9. Сопротивление R_x:

$$R_x = \frac{Q_1 \, Q_2}{2\pi \cdot f \cdot C_{o6_1}(Q_1 - Q_2)} = \frac{250 \cdot 210}{2\pi \cdot 92 \cdot 10^{-12} \cdot 100 \cdot 10^6 (250 - 210)} = 22705 \ Ом$$

10. Паразитная ёмкость C_R:

$$C_R = C_{o6_1} - C_{o6_2} = 92 - 73,8 = 18,2 \ пФ$$

11. Сопротивление R_c:

$$R_c = \frac{1}{tg\delta \cdot 2\pi \cdot f \cdot C_R} = \frac{1}{0,0074 \cdot 2\pi \cdot 100 \cdot 10^6 \cdot 18,2 \cdot 10^{-12}} = 11817 \ Ом$$

Громов

12 Абсолютные и относительные погрешности

для L_x:

$$\Delta L_x = \left|\frac{dL_x}{df_1}\right|\Delta f_1 + \left|\frac{dL_x}{dC_{об_1}}\right|\Delta C_{об_1} + \left|\frac{dL_x}{dC_{об_2}}\right|\Delta C_{об_2} =$$

$$= L \cdot (2\delta f_1 + \delta C_{об_1} + \delta C_{об_2}) = 27 \cdot 0{,}04 = \pm 1{,}08 \text{ мГн}$$

$$\delta L_x = \frac{\Delta L_x}{L_x} = \frac{1{,}02}{27} = 0{,}04 = 4\%$$

для C_x:

$$\Delta C_{об_1} = (\pm 0{,}5 + 0{,}005 \, C_{об_1}) = \pm 0{,}96 \text{ пФ}$$

$$\Delta C_{об_2} = (\pm 0{,}5 + 0{,}005 \, C_{об_2}) = \pm 0{,}95 \text{ пФ}$$

$$\Delta C_x = \left|\frac{dC_x}{dC_{об_1}}\right| \cdot |\Delta C_{об_1}| + \left|\frac{dC_x}{dC_{об_2}}\right| \cdot |\Delta C_{об_2}| = |\Delta C_{об_1}| + |\Delta C_{об_2}| =$$

$$= 0{,}96 + 0{,}95 = \pm 1{,}93 \text{ пФ}$$

$$\delta C_x = \frac{\Delta C_x}{C_x} = \frac{1{,}91}{3{,}05} = 62{,}6\%$$

$$\delta C_{об_1} = \frac{\Delta C_{об_1}}{C_{об_1}} = 1{,}08\%$$

$$\delta C_{об_2} = \frac{\Delta C_{об_2}}{C_{об_2}} = 1{,}06\%$$

для R_x и Q:

$$\Delta R_x = \pm\sqrt{\left(\left|\frac{\partial R_x}{\partial Q_1}\right|\cdot|\Delta Q_1|\right)^2 + \left(\left|\frac{\partial R_x}{\partial Q_2}\right|\cdot|\Delta Q_2|\right)^2 + \left(\left|\frac{\partial R_x}{\partial f}\right|\cdot|\Delta f|\right)^2 + \left(\left|\frac{\partial R_x}{\partial C_{об_2}}\right|\cdot|\Delta C_{об_2}|\right)^2} =$$

$$= \sqrt{\left(\frac{Q_2}{2\pi f_1 C_{об_1}}\left|\frac{-1}{Q_1 - Q_2}\right|\cdot|\Delta Q_1|\right)^2 + \left(\frac{Q_1}{2\pi f_1 C_{об_2}}\left|\frac{-1}{(Q_1-Q_2)^2}\right|\cdot|\Delta Q_2|\right)^2}$$

$$\pm \left(\frac{Q_1 Q_2}{2\pi C_{об_1}(Q_1-Q_2)}\left|\frac{-1}{C_{об}^2}\right|\cdot|\Delta C_{об_1}|\right)^2 + \left(\frac{Q_1 Q_2}{2\pi C_{об_1}(Q_1-Q_2)}\right) \cdot$$

$$\cdot \left|\frac{-1}{f^2}\right|\cdot|\Delta f_1|\Big)^2 \Big| =$$

$$= \sqrt{\left(R_x \delta Q_1 \cdot \frac{1}{Q_1 - Q_2}\right)^2 + \left(R_x \delta Q_2 \frac{1}{Q_1 - Q_2}\right)^2 + \left(R_x \delta \cos_1\right)^2 + \left(R_x \delta \ell_1\right)^2} = 0{,}4 \text{ кОм}$$

$$\delta Q_1 = \left(6 + \frac{Q_{\text{кон}}}{Q_{\text{изм}}} + 0{,}5 \cdot f + 3 \cdot 10^{-5} \cdot f \cdot Q_{\text{изм}}\right) = 12{,}8\%$$

$$\delta Q_2 = \left(6 + \frac{Q_{\text{кон}}}{Q_{\text{изм}}} + 0{,}5 \cdot f \cdot 3 \cdot 10^{-5} \cdot f \cdot Q_{\text{изм}}\right) = 12{,}7\%$$

$$\Delta Q = \delta Q_1 \cdot Q = \pm 32{,}64 \qquad \qquad \delta Q = \frac{\Delta Q}{Q} = 12{,}8\%$$

$$\delta R_x = \frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{0{,}4}{22{,}7} = 1{,}8\%$$

для C_R:

$$\Delta C_R = (0{,}5 + 0{,}005 \, C_R) \cdot 10^{-12} \varPhi = \pm 0{,}591 \, n \varPhi$$

$$\delta C_R = \frac{0{,}591}{18{,}2} = 3{,}2\%$$

Выводы:

В ходе данной лабораторной работы, я ознакомился с методами измерения параметров двухполюсника (с мостовым и резонансным) а так же изучили технические характеристики и схемы универсального моста и измерителя добротности.