

Измервания в електрониката

1

Съдържание

7. Измерване на честотно-времеви параметри
8. Измерване на пасивни елементи
9. Измерване на полупроводникови прибори
10. Измерване на неелектрически величини
11. Компютърни измервателни системи

8. Измерване на пасивни елементи

1. Основни характеристики на пасивните двуполюсници и методи за тяхното измерване
2. Волт-амперметрични методи за измерване на RLC-параметри
3. Специализирани RLC-измерватели

8.1. Основни параметри

- Основни параметри
 - Номинална стойност,
 - Допустими граници на отклонение на основния параметър,
 - Температурен коефициент на изменение на основния параметър.

8.1. Основни параметри и методи за измерване

Еквивалентна схема	Векторна диаграма	$\tan \delta$
		$\frac{U_R}{U_L}$ $\frac{R_r}{\omega L}$
		$\frac{U_R}{U_C}$ $R_r \omega C$
		$\frac{I_R}{I_L}$ $\frac{\omega L}{R_p}$
		$\frac{I_R}{I_C}$ $\frac{1}{R_p \omega C}$

8.1. Основни параметри и методи за измерване

□ Измерване на реактивни съпротивления и импеданси

- От измерването на ефективните стойности на U и I се получава стойността на импеданса Z :

$$Z = \frac{U}{I}$$

- Импедансът има активна компонента R и реактивна компонента X .

$$\underline{Z} = R + jX$$

$$X = -\frac{1}{\omega C}$$

8.1. Основни параметри и методи за измерване

□ Измерване на реактивни съпротивления и импеданси

- В зависимост от елемента:

$$X = -\frac{1}{\omega C} \qquad X = \omega L$$

$$\underline{Z} = R + jX$$

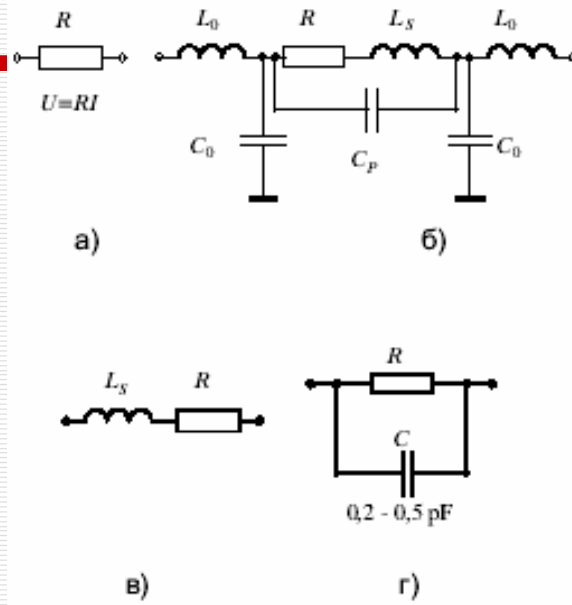
8.1. Основни параметри и методи за измерване

- Ако активното съпротивление R може да се пренебрегне, то въз основа на измерените ток и напрежение може да се определи съответното реактивно съпротивление:

$$\frac{1}{\omega C} = \frac{U}{I} \qquad \omega L = \frac{U}{I}$$

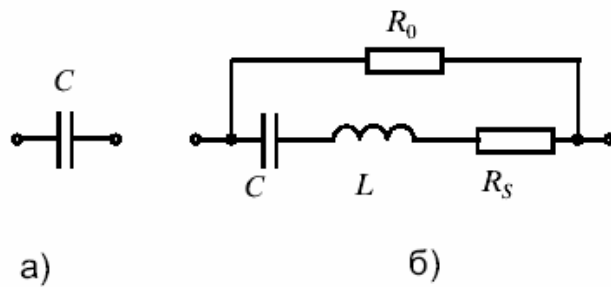
- За изчисляване на стойността на C или L е необходимо да се знае **честотата** на напрежението.

8.1.1. Резистори



Фиг. 8.1. Символично означение и модели на резисторни елементи

8.1.2. Кондензатори



Фиг. 8.2. Символно означение и модел на кондензатори

8.1.2. Кондензатори

- Връзка между ток и напрежение

$$U_C = \frac{1}{C} \int i_C dt$$

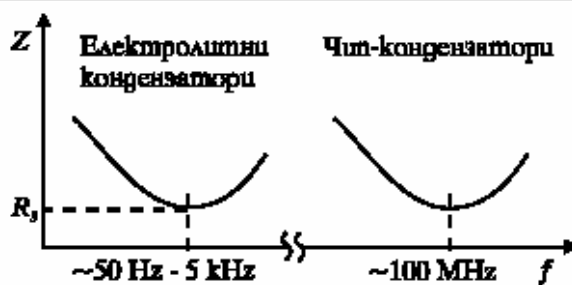
- Среден ток
 $I_C = j\omega C U_C$

- Импеданс
 $Z = R_S + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)$

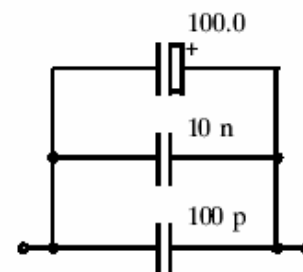
- Минимална стойност
 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

8.1.2. Кондензатори

- Кондензаторът се отнася като капацитет за $\omega < \omega_0$,
- За $\omega > \omega_0$ има индуктивен характер



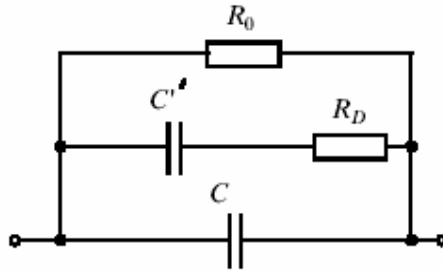
Фиг. 8.3. Импедансна характеристика на кондензатори



Фиг. 8.4. Паралелно свързване на кондензатори

8.1.2. Кондензатори

- Еквивалентна схема за честотната област под резонансната ($\omega < \omega_0$),

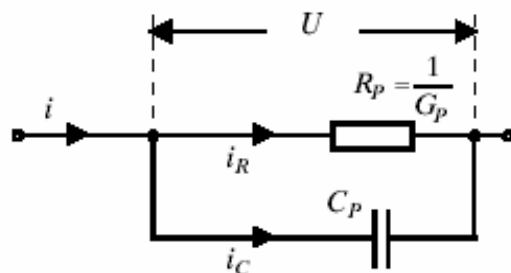


Фиг. 8.5. Еквивалентна схема на кондензатор

8.1.2. Кондензатори

- Паралелна еквивалентна схема за променлив ток

$$Y = G_P + j\omega C_P$$



Фиг. 8.6. Паралелна еквивалентна схема на кондензатор

$$|Y| = \sqrt{G_P^2 + \omega^2 C_P^2}$$

$$\varphi = \arctg \frac{\omega C_P}{G_P}$$

8.1.2. Кондензатори

□ Паралелна еквивалентна схема за променлив ток

■ Диелектрични загуби

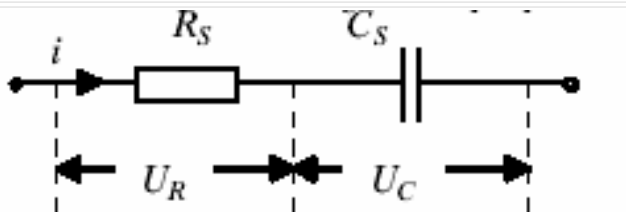
$$\operatorname{tg}\delta = D = \frac{i_R}{i_C} = \frac{1}{\omega R_P C_P}$$

■ Качествен фактор

$$\theta = \frac{1}{\operatorname{tg}\delta} = \omega R_P C_P$$

8.1.2. Кондензатори

□ Последователна еквивалентна схема за променлив ток



Фиг. 8.7. Последователна еквивалентна схема на кондензатор

$$Z = R_S + \frac{1}{j\omega C_S}$$

$$|Z| = \sqrt{R_S^2 + \frac{1}{\omega^2 C_S^2}}$$

$$\varphi = \arctg \frac{1}{\omega R_S C_S}$$

8.1.1. Кондензатори

□ Последователна еквивалентна схема за променлив ток

■ Диелектрични загуби

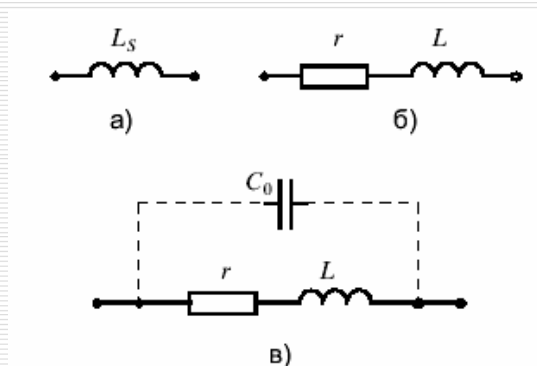
$$\operatorname{tg} \delta = D = \frac{u_R}{u_C} = \omega R_S C_S$$

■ Качествен фактор

$$\theta = \frac{1}{\operatorname{tg} \delta} = \frac{1}{\omega R_S C_S}$$

8.1.3. Бобини

□ Последователна еквивалентна схема за променлив ток



Фиг. 8.8. Символично означение и модели на бобини

$$Z = r + j\omega L$$

$$|Z| = \sqrt{r^2 + (\omega L)^2}$$

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{\omega L}{r}$$

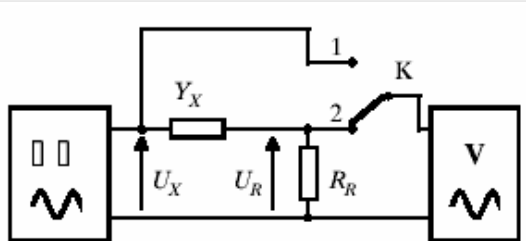
■ Качествен фактор

$$Q = \frac{\omega L}{r}$$

8.2. Волт-амперметрични методи за измерване на RLC-параметри

1. Схеми с пасивни преобразуватели на ток в напрежение
2. Схеми с активни преобразуватели на ток в напрежение

8.2.1. Схеми с пасивни преобразуватели на ток в напрежение



Фиг. 8.10. Структурна схема за измерване на проводимост

$$\bar{U}_R = \frac{Y_X R_R}{1 + Y_X R_R} U_X$$

- За кондензатори с малки диелектрични загуби

$$Y_X = j\omega C_X$$

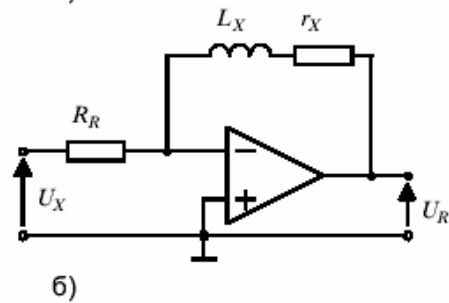
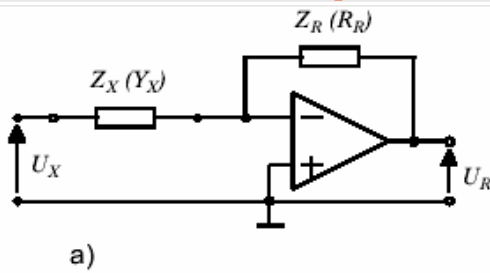
$$C_X R_R \ll 1$$

$$|U_R| = \omega C_X R_R U_X$$

- Y_X – бобина:

нелинейна връзка между L и U_R

8.2.2. Схеми с активни преобразуватели на ток в напрежение

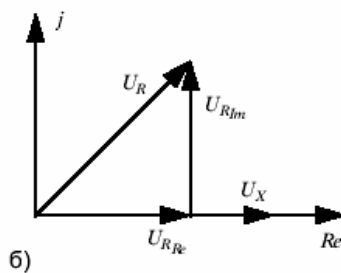
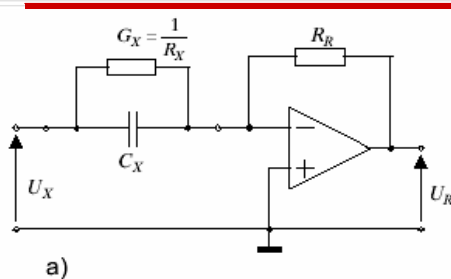


Фиг. 8.11. Измерване на проводимост и импеданс

- За кондензатори с малки диелектрични загуби

$$\bar{U}_R = \frac{\bar{Z}_2}{\bar{Z}_1} U_X = j\omega C_X R_R U_X$$

8.2.2. Схеми с активни преобразуватели на ток в напрежение



Фиг. 8.12

- За кондензатори със загуби

$$\begin{aligned} \bar{U}_R &= (G_X + j\omega C_X) R_R U_X = \\ &= G_X R_R U_X + j\omega C_X R_R U_X \end{aligned}$$

$$U_{R_{Re}} = G_X R_R U_X$$

$$U_{R_{Im}} = \omega C_X R_R U_X$$

8.2.2. Схеми с активни преобразуватели на ток в напрежение

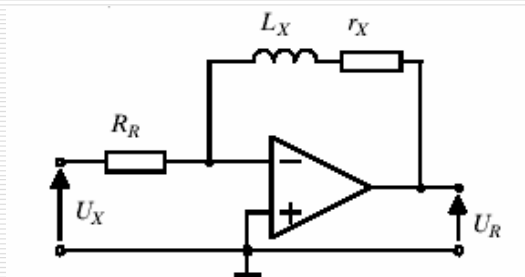
$$U_R = \sqrt{G_X^2 + (\omega C_X)^2} \cdot R_R U_X =$$

$$= \omega C_X R_R U_X \sqrt{1 + D^2}$$

$$\delta = \frac{|U_R| - U_{R_{Im}}}{U_{R_{Im}}} \approx \frac{1}{2} D^2$$

8.2.2. Схеми с активни преобразуватели на ток в напрежение

Измерване индуктивност на бобини според фиг. 8.11. а)



б)

Фиг. 8.11. Измерване на проводимост и импеданс

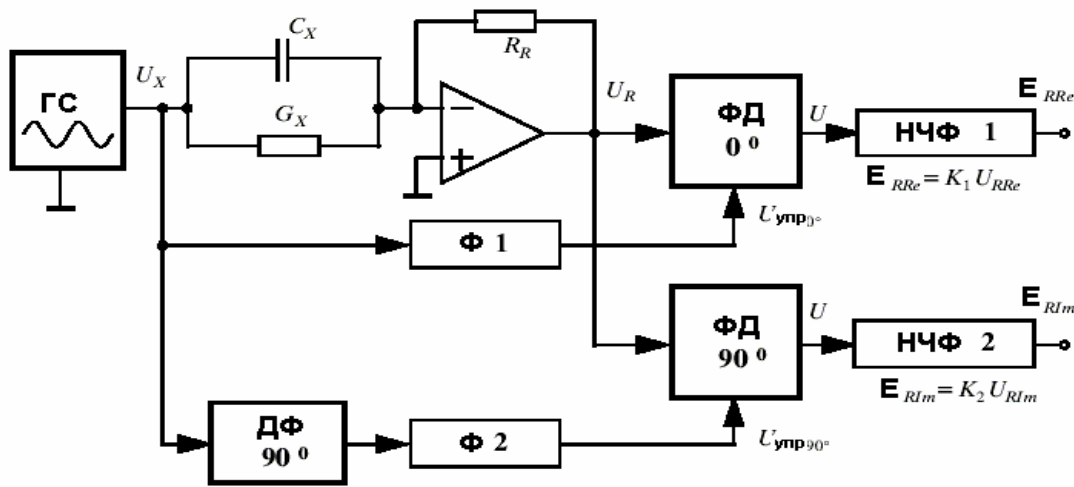
$$\bar{U}_R = \frac{\bar{Z}_2}{\bar{Z}_1} U_X = \frac{R_R}{j\omega L_X} U_X$$

Чрез размяна на местата

$$L_X \text{ и } R_R$$

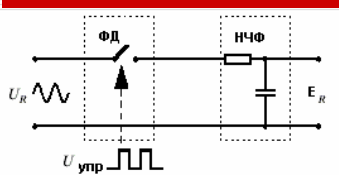
$$\bar{U}_R = \frac{\bar{Z}_2}{\bar{Z}_1} U_X = \frac{j\omega L_X}{R_R} U_X$$

8.3. Измерване на импеданс чрез векторно определяне на тока и напрежението



Фиг. 8.13. Структурна схема на векторен измервател на проводимости

8.3. Измерване на импеданс чрез векторно определяне на тока и напрежението

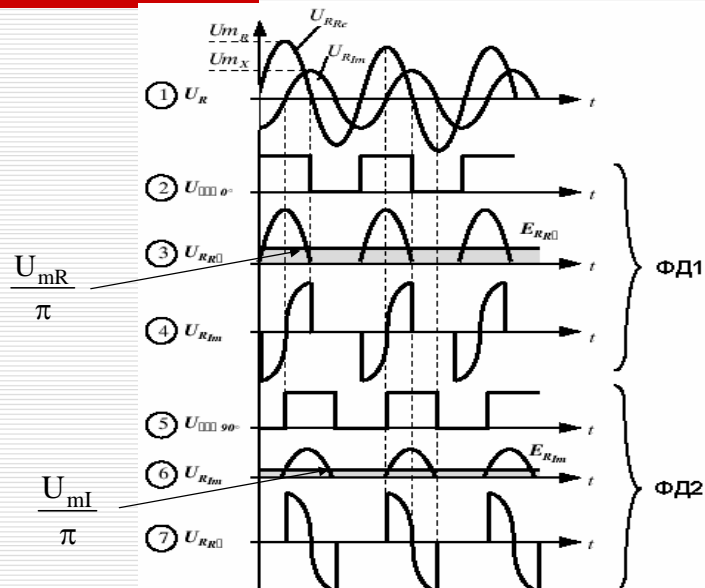


Фиг. 8.14. Опростена схема на фазов детектор

$$G_X = \frac{U_{RRe}}{R_R U_X}$$

$$C_X = \frac{U_{RIm}}{\omega R_R U_X}$$

$$D = \frac{G_X}{\omega C_X}$$



Фиг. 8.15. Времедиаграми изясняващи процеса на фазово детектиране