

1 Pracovní úkol

1. Změřte účinník:

- (a) rezistoru
- (b) kondenzátoru ($C = 10\mu F$)
- (c) cívky

Určete chybu měření. Diskutujte shodu výsledků s teoretickými hodnotami pro ideální prvky. Pro cívku vypočtete indukčnost a odpor v sériovém a paralelním náhradním zapojení.

- 2. Změřte účinník sériového a paralelního zapojení rezistoru a kondenzátoru ($C = 1; 2; 5; 10\mu F$). Z naměřených hodnot stanovte odpor rezistoru. Určete chyby měření a rozhodněte, které z obou zapojení je v daném případě vhodnější pro stanovení odporu.
- 3. Změřte závislost proudu a výkonu na velikosti kapacity zařazené do sériového RLC obvodu.
- 4. Výsledky úkolu 3 zpracujte graficky, v závislosti na zařazené kapacitě vynesete účinník, fázový posuv napětí vůči proudu a výkon.

2 Teoretický úvod

Pro sériové zapojení indukčnosti L , kapacity C a odporu R do obvodu střídavého proudu platí:

$$U = I \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2} \quad (1)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R} \quad (2)$$

kde I a U jsou efektivní hodnoty proudu a napětí, φ je fázový posun napětí vůči proudu a ω je kruhová frekvence.

Pro paralelní zapojení indukčnosti L , kapacity C a odporu R do obvodu střídavého proudu platí:

$$I = U \sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L} \right)^2} \quad (3)$$

$$\operatorname{tg} \varphi' = \omega RC - \frac{R}{\omega L} \quad (4)$$

kde I a U jsou efektivní hodnoty proudu a napětí, φ' je fázový posun proudu vůči napětí a ω je kruhová frekvence.

měření účinníku

Účinník se nazývá výraz $\cos\varphi$, kde φ je fázový posun napětí vůči proudu. Lze jej určit např. z rovnice pro výpočet výkonu P střídavého proudu:

$$P = UI \cdot \cos \varphi \quad (5)$$

kde U a I jsou opět efektivní hodnoty napětí a proudu.

Na ideálním rezistoru jsou napětí a proud ve fázi, proto je $\cos \varphi = 1$.

Na ideálním kondenzátoru je napětí vůči proudu posunuto o $\varphi = -\pi/2$, tedy $\cos \varphi = 0$. Proto by na něm měl být naměřený výkon roven nule.

Na ideální cívce je napětí vůči proudu posunuto o $\varphi = \pi/2$, tedy opět $\cos \varphi = 0$. Proto by i na cívce měl být naměřen nulový výkon.

náhradní zapojení cívky

Protože reálná cívka má vlastní odpor, je vhodné vypočítat odpor rezistoru sériově nebo paralelně připojeného k ideální cívce tak, aby tento celek měl stejné naměřené charakteristiky jako reálná měřená cívka. Vzorce pro výpočet odporu rezistoru získáme úpravou vzorců (1)-(4), jestliže členy s kapacitou položíme rovné nule.

sériové a paralelní zapojení kondenzátoru a rezistoru

Vztahy pro tato zapojení opět dostaneme úpravou vztahů (1)-(4) tím, že členy s indukčností položíme rovné nule:

$$U = I \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2} \quad (6)$$

pro sériové zapojení,

$$I = U \sqrt{\frac{1}{R^2} + (\omega C)^2} \quad (7)$$

pro paralelní zapojení.

Měření úkolu 1 jsem prováděla při zapojení dle schématu na obr.1, kde jsem za zátěž Z dosazovala postupně rezistor, kondenzátor a cívku. Při měření úkolu 2 jsem použila schéma na obr.2 (sériové zapojení), resp. na obr.3 (paralelní zapojení). Schéma zapojení pro měření úkolu 3 je na obr.4 (vše viz příloha 1).

3 Výsledky měření

měření účinníku rezistoru, kondenzátoru a cívky

	I(mA)	U(V)	P(W)	$\cos \varphi$	$\varphi(rad)$
rezistor	53.0	58.3	3.5	1.1	(1)
kondenzátor	190.0	59.0	1.0	0.1	1.5
cívka	35.0	58.5	0.8	0.4	1.2

(1): Protože vzhledem k chybě měření vyšel účinník rezistoru větší než nula, nelze určit fázový posun napětí vůči proudu.

náhradní zapojení cívky

	L(H)	R(Ω)
sériové	4.9	673.5
paralelně	5.8	4148.2

zapojení kondenzátoru a rezistoru

	C(μF)	U(V)	I(mA)	P(W)	$\cos \varphi$	R(Ω)
sériové	1.00	59.7	16.6	0.4	0.4	1275.8
	2.11	59.5	30.5	1.2	0.7	
	2.21	59.5	31.5	1.3	0.7	
	4.23	59.1	43.0	2.3	0.9	
	10.6	59.1	52.0	3.3	1.1	
paralelní	1.00	58.9	57.0	3.5	1.0	1144.8
	2.11	58.8	68.0	3.7	0.9	
	2.21	58.6	68.0	3.7	0.9	
	4.23	58.6	94.0	3.8	0.7	
	10.6	58.7	200.0	4.6	0.4	

Ve sloupci R(Ω) je uvedena průměrná hodnota odporu při daném zapojení.

Závislost proudu a výkonu na velikosti kapacity v RLC obvodu

$C(\mu F)$	U(V)	I(mA)	P(W)	$\cos \varphi$	φ
0.49	59.6	49.0	0.18	0.06	1.5
0.56	59.5	58.0	0.25	0.07	1.5
1.00	59.3	112.5	0.93	0.14	1.4
1.49	59.2	157.5	1.93	0.21	1.4
1.56	59.2	162.5	2.00	0.21	1.4
2.05	59.1	175.0	2.28	0.22	1.3
2.11	59.0	167.5	2.18	0.22	1.3
2.21	59.1	170.0	2.23	0.22	1.3
2.60	59.3	167.5	2.15	0.22	1.4
3.11	59.2	165.0	2.08	0.21	1.4
3.60	59.0	165.0	2.15	0.22	1.4
4.23	59.3	157.5	1.93	0.21	1.4
4.72	59.2	155.0	1.85	0.20	1.4
5.23	59.2	155.0	1.80	0.20	1.4
5.79	59.3	152.5	1.75	0.19	1.4
6.44	59.3	150.0	1.70	0.19	1.4
7.00	59.2	150.0	1.68	0.19	1.4
7.49	59.3	147.5	1.70	0.19	1.4
8.00	60.0	150.0	1.68	0.19	1.4
8.49	59.9	147.5	1.65	0.19	1.4
9.60	60.0	147.5	1.63	0.18	1.4
10.11	59.8	145.0	1.60	0.18	1.4
10.60	59.3	147.5	1.63	0.19	1.4

Grafické zpracování závislostí viz příloha 2.

4 Diskuze

Chyba měření účinníku jednotlivých prvků RLC obvodu je asi 10%. Pro cívku vychází fázový posun přibližně 66° , pro kondenzátor 85° . Účinník rezistoru vyšel větší než jedna, nelze proto fázový posun určit. Účinník rezistoru se v rámci chyby shoduje s teoretickou hodnotou. Velká neshoda účinníku cívky s teoretickou hodnotou je podle mého názoru způsobena hlavně zanedbáním odporu cívky.

Chyba stanovení odporu rezistoru podle úkolu 2 je při sériovém zapojení přibližně 16%, při paralelním zapojení přibližně 11%. Proto je podle mého názoru vhodnější paralelní zapojení.

Z grafů závislostí účinníku, fázového posuvu a výkonu na kapacitě kondenzátoru je vidět výrazné maximum (u grafu fázového posuvu minimum). Pro tuto hodnotu kapacity, tj. asi pro $C = 2.2\mu F$ nastává rezonance obvodu.

5 Závěr

- účinník - rezistoru: $\cos \varphi_1 = 1.1$
 - kondenzátoru: $\cos \varphi_2 = 0.1$
 - cívky: $\cos \varphi_3 = 0.4$
- RC obvod - odpor rezistoru:
 - sériově: $R_s = 1275.8\Omega$
 - paralelně: $R_p = 1144.8\Omega$
- Rezonance RLC obvodu při dané indukčnosti cívky a daném odporu rezistoru nastavá přibližně pro kapacitu $C = 2.2\mu F$.

6 Literatura

1. Bakule,R., Šternberk,R.: Fyzikální praktikum II. - elektřina a magnetismus, SPN Praha 1989
2. Brož,J.: Základy fyzikálních měření, SPN Praha 1967