

Úkol

1. Změřte účinník:
 - (a) rezistoru,
 - (b) kondenzátoru ($C = 10 \mu\text{F}$),
 - (c) cívky.
2. Spočítejte fázový posun proudu a napětí. Určete chybu měření. Diskutujte shodu výsledků s teoretickými hodnotami pro ideální prvky.
3. Pro cívku vypočítejte indukčnost a odpor v sériovém a paralelním náhradním zapojení.
4. Změřte účinník sériového a paralelního zapojení rezistoru a kondenzátoru pro kapacity v intervalu $C = 1 - 10 \mu\text{F}$ a spočítejte fázový posuv. Výsledky zpracujte graficky. Z naměřených hodnot stanovte odpor rezistoru a porovnejte ho s hodnotou přímo naměřenou digitálním multimetrem. Určete chyby měření a rozhodněte, které z obou zapojení je v daném případě vhodnější pro stanovení odporu.
5. Změřte závislost proudu a výkonu na velikosti kapacity zařazené do sériového RLC obvodu pro kapacity do $10 \mu\text{F}$. Výsledky zpracujte graficky, v závislosti na zařazené kapacitě vynesete účinník, fázový posuv napětí vůči proudu a výkon.
6. V průběhu měření sériového RC obvodu připojte na kondenzátor digitální osciloskop **Tektronix** a pozorujte změnu fáze napětí na kondenzátoru vzhledem k průběhu napětí zdroje v závislosti na velikosti nastavené kapacity v intervalu $1 - 10 \mu\text{F}$. Popište kvalitativně pozorované jevy a vysvětlete je. Stručný popis ovládání a schema připojení osciloskopu je přiloženo u úlohy.

Teorie

Výkon střídavého proudu závisí na fázovém posunu napětí vůči proudu φ vztahem

$$P = UI \cos \varphi, \quad (1)$$

kde U a I jsou efektivní hodnoty napětí a proudu.

Pomocí komplexního formalismu řešení střídavých obvodů je možné odvodit vztahy pro absolutní hodnotu komplexní impedance $Z = \frac{U}{I}$ a fázový posun napětí vůči proudu φ sériového RL obvodu

$$Z = \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}, \quad (2)$$

$$\varphi = \arctan \frac{\omega L}{R} \quad (3)$$

a paralelního RL obvodu

$$\frac{1}{Z} = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{\omega^2 L^2}}, \quad (4)$$

$$\varphi = \arctan \left(\frac{R}{\omega L} \right). \quad (5)$$

Z těchto vztahů pak plynou rovnice pro odpor a indukčnost prvků

$$R_s = \frac{U}{I} \frac{1}{\sqrt{1 + \tan^2 \varphi}}, \quad (6)$$

$$L_s = \frac{1}{\omega} \frac{U}{I} \sqrt{\frac{\tan^2 \varphi}{1 + \tan^2 \varphi}} \quad (7)$$

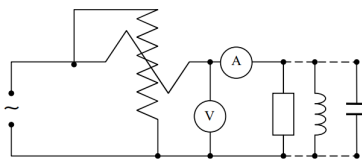
v sériovém a

$$R_p = \frac{U}{I} \sqrt{1 + \tan^2 \varphi}, \quad (8)$$

$$L_p = \frac{1}{\omega} \frac{U}{I} \sqrt{\frac{1 + \tan^2 \varphi}{\tan^2 \varphi}} \quad (9)$$

v paralelním zapojení. V těchto vztazích je $\omega = 2\pi f$ úhlová frekvence střídavých veličin.

Pro měření účinku bylo použito zapojení z obrázku 1.



Obrázek 1: Zapojení pro měření účinku

Výsledky měření

	U [V]	σ_U [V]	I [A]	σ_I [A]	P [W]	σ_P [W]	$\cos \varphi$ []	$\sigma_{\cos \varphi}$ []	$ \varphi $ [°]	$\sigma_{ \varphi }$ [°]
R	50,8	0,5	0,0504	0,0011	2,50	0,07	0,98	0,04	12	10
L	51,0	0,5	0,0300	0,0005	0,50	0,07	0,33	0,05	71,0	3,0
C	49,6	0,5	0,1522	0,0026	0,12	0,07	0,017	0,010	89,1	0,6

Tabulka 1: Tabulka

	U [V]	σ_U [V]	I [A]	σ_I [A]	P [W]	σ_P [W]	$\cos \varphi$ []	$\sigma_{\cos \varphi}$ []	$ \varphi $ [°]	$\sigma_{ \varphi }$ [°]
R	50,1	0,7	0,051	0,005	2,548	0,030	1,00	0,10	0	8
L	50,3	0,7	0,030	0,005	0,594	0,015	0,39	0,07	67	4
C	50,7	0,7	0,163	0,006	0,012	0,010	0,0015	0,0012	89,92	0,07

Tabulka 2: Tabulka

C [μF]	U [V]	σ_U [V]	I [A]	σ_U [A]	P [W]	σ_P [W]	$\cos \varphi$ []	$\sigma_{\cos \varphi}$ []	$ \varphi $ [°]	$\sigma_{ \varphi }$ [°]
1	51,1	0,7	0,015	0,005	0,243	0,012	0,32	0,11	72	7
2	50,8	0,7	0,027	0,005	0,740	0,016	0,54	0,10	57	7
3	50,3	0,7	0,035	0,005	1,213	0,020	0,69	0,10	46	8
4	50,2	0,7	0,040	0,005	1,564	0,023	0,78	0,10	39	9
5	50,1	0,7	0,043	0,005	1,800	0,024	0,84	0,10	33	11
6	49,9	0,7	0,045	0,005	1,967	0,026	0,88	0,10	29	12
7	49,9	0,7	0,046	0,005	2,083	0,027	0,91	0,10	25	14
8	49,8	0,7	0,047	0,005	2,167	0,027	0,93	0,10	22	16
9	49,8	0,7	0,047	0,005	2,233	0,028	0,95	0,11	17	20
10	49,7	0,7	0,048	0,005	2,273	0,028	0,95	0,10	18	20

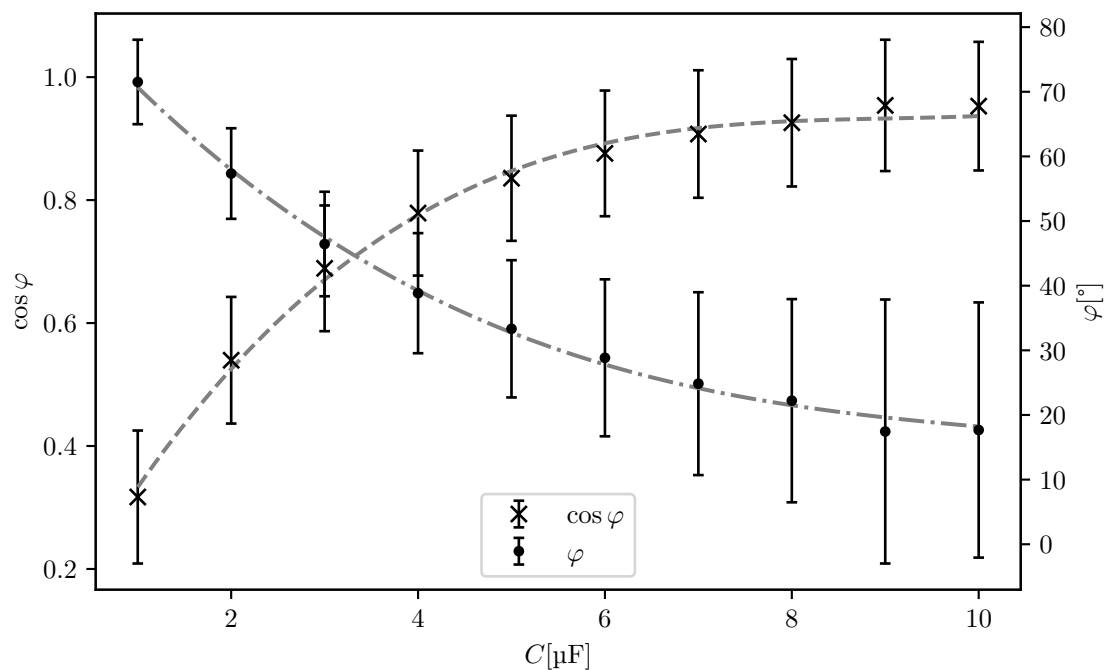
Tabulka 3: Tabulka

C [μF]	U [V]	σ_U [V]	I [A]	σ_U [A]	P [W]	σ_P [W]	$\cos \varphi$ []	$\sigma_{\cos \varphi}$ []	$ \varphi $ [°]	$\sigma_{ \varphi }$ [°]
1	50,1	0,7	0,053	0,005	2,533	0,030	0,95	0,10	17	18
2	50,1	0,7	0,060	0,005	2,555	0,030	0,85	0,08	32	8
3	50,1	0,7	0,070	0,005	2,500	0,030	0,71	0,06	45	5
4	50,4	0,7	0,083	0,005	2,577	0,031	0,62	0,04	52,0	3,0
5	50,5	0,7	0,096	0,005	2,583	0,031	0,533	0,031	57,8	2,1
6	50,5	0,7	0,110	0,005	2,581	0,031	0,465	0,024	62,3	1,6
7	50,7	0,7	0,110	0,005	2,591	0,031	0,465	0,024	62,3	1,6
8	50,6	0,7	0,140	0,006	2,591	0,031	0,366	0,016	68,5	1,0
9	50,6	0,7	0,155	0,006	2,589	0,031	0,330	0,013	70,7	0,8
10	50,8	0,7	0,171	0,006	2,595	0,031	0,299	0,011	72,6	0,7

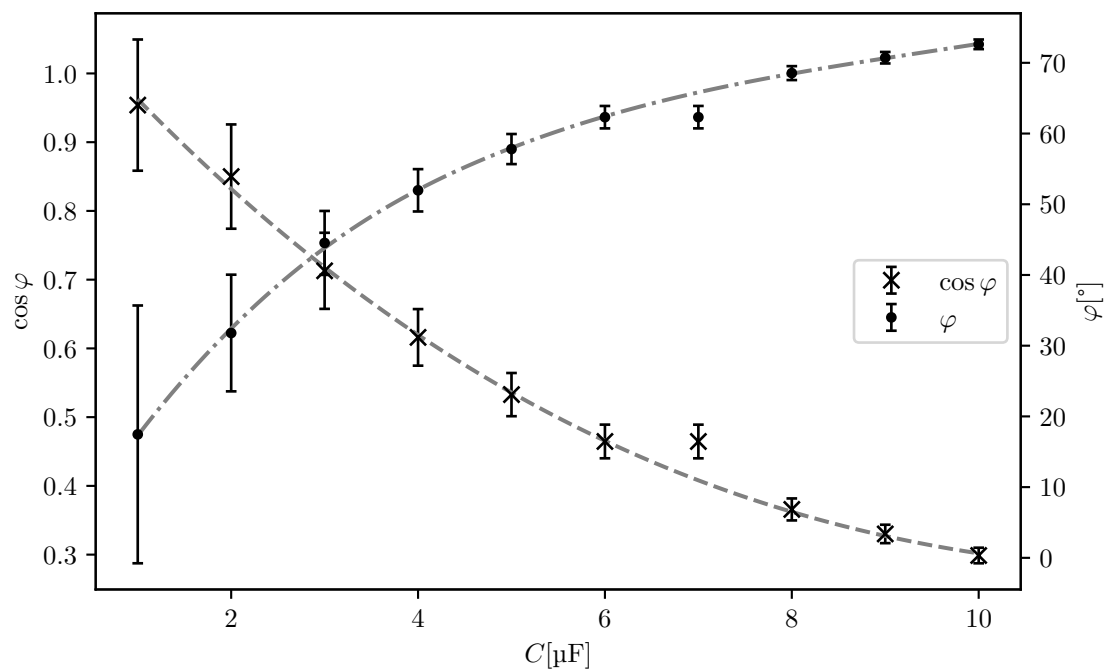
Tabulka 4: Tabulka

C [μF]	U [V]	σ_U [V]	I [A]	σ_I [A]	P [W]	σ_P [W]	$\cos \varphi$ []	$\sigma_{\cos \varphi}$ []	$ \varphi $ [°]	$\sigma_{ \varphi }$ [°]
1,0	49,7	0,7	0,021	0,005	0,668	0,015	0,64	0,16	50	1
1,1	49,7	0,7	0,023	0,005	0,826	0,017	0,72	0,16	44	1
1,2	49,4	0,7	0,024	0,005	0,978	0,018	0,82	0,18	34	1
1,3	49,3	0,7	0,026	0,005	1,107	0,019	0,86	0,17	30	1
1,4	49,1	0,7	0,027	0,005	1,211	0,020	0,91	0,17	24	2
1,5	49,0	0,7	0,028	0,005	1,291	0,020	0,94	0,17	20	2
1,6	49,0	0,7	0,029	0,005	1,351	0,021	0,95	0,17	18	3
1,7	48,9	0,7	0,029	0,005	1,391	0,021	0,98	0,17	10	5
1,8	48,8	0,7	0,029	0,005	1,408	0,021	0,99	0,18	5	5
1,9	48,7	0,7	0,029	0,005	1,421	0,021	1,00	0,18	0	5
2,0	48,7	0,7	0,029	0,005	1,436	0,021	1,00	0,18	0	5
2,1	48,8	0,7	0,029	0,005	1,423	0,021	1,00	0,18	0	5
2,2	48,8	0,7	0,029	0,005	1,427	0,021	1,00	0,18	0	5
2,3	48,7	0,7	0,029	0,005	1,417	0,021	1,00	0,18	0	5
2,4	48,7	0,7	0,029	0,005	1,405	0,021	0,99	0,18	6	5
2,5	48,8	0,7	0,029	0,005	1,391	0,021	0,98	0,17	11	5
2,6	48,9	0,7	0,029	0,005	1,382	0,021	0,97	0,17	13	4
2,7	48,7	0,7	0,029	0,005	1,368	0,021	0,97	0,17	14	4
2,8	48,8	0,7	0,029	0,005	1,360	0,021	0,96	0,17	16	3
2,9	48,9	0,7	0,028	0,005	1,346	0,021	0,98	0,18	11	5
3,0	49,0	0,7	0,028	0,005	1,332	0,021	0,97	0,18	14	4
4	48,9	0,7	0,027	0,005	1,224	0,020	0,93	0,18	22	2
5	49,1	0,7	0,026	0,005	1,152	0,019	0,90	0,18	26	2
6	49,0	0,7	0,026	0,005	1,103	0,019	0,87	0,17	30	2
7	49,2	0,7	0,025	0,005	1,071	0,019	0,87	0,18	29	2
8	49,2	0,7	0,025	0,005	1,047	0,018	0,85	0,17	32	1
9	49,2	0,7	0,025	0,005	1,021	0,018	0,83	0,17	34	1
10	49,2	0,7	0,025	0,005	1,007	0,018	0,82	0,17	35	1

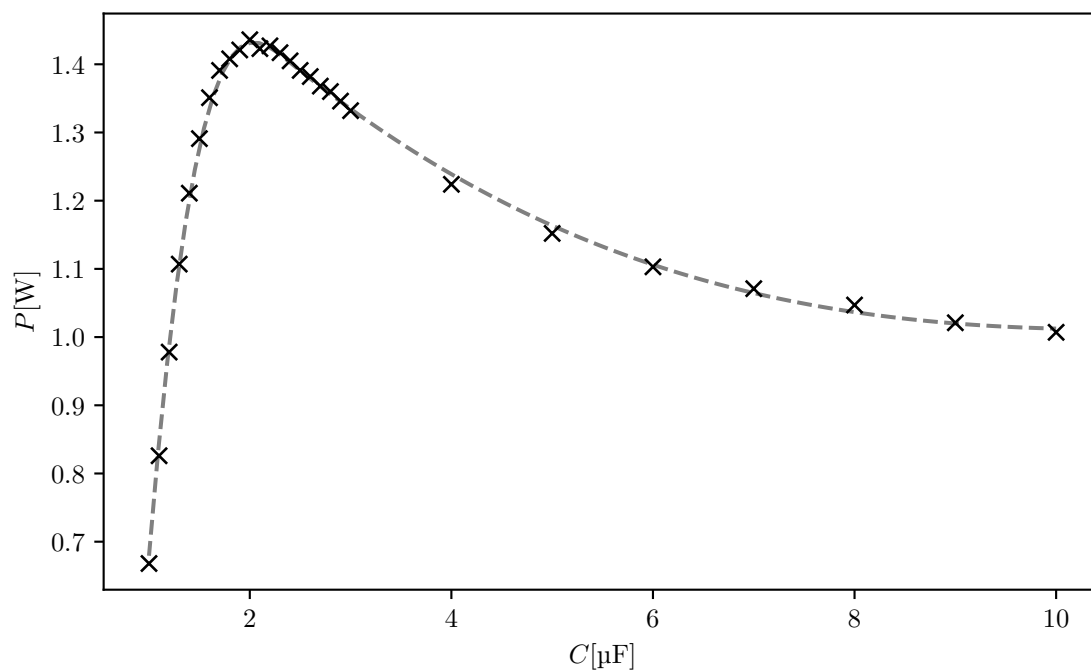
Tabulka 5: Tabulka



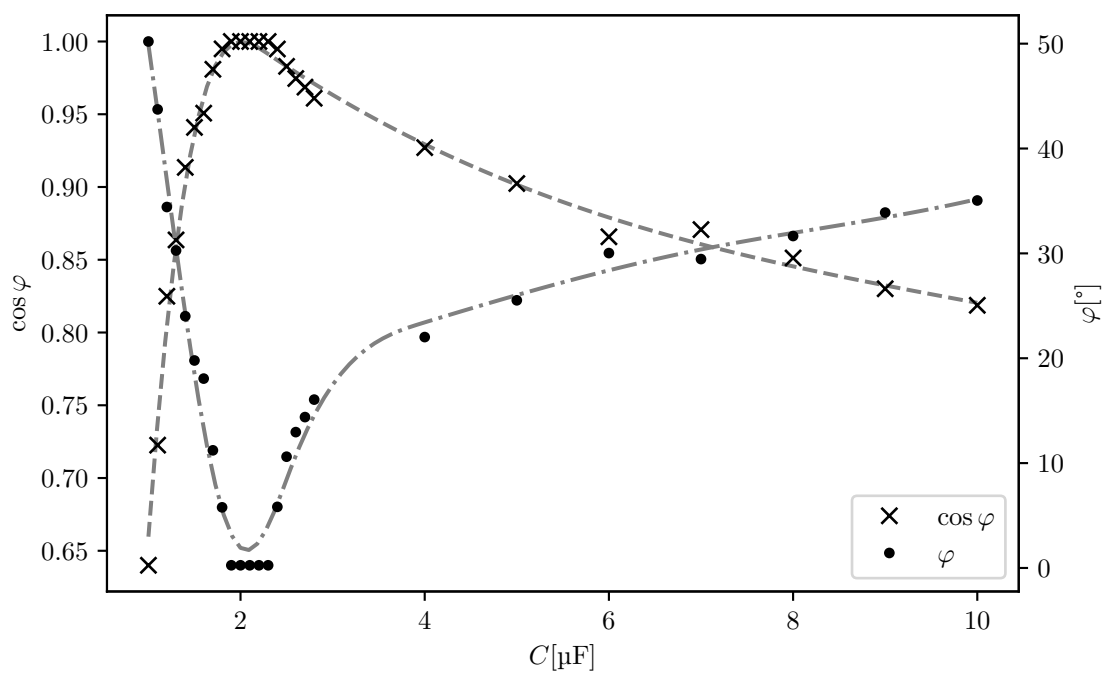
Obrázek 2: Závislost účinku a fázového posunu sériového zapojení rezistoru a kondenzátoru



Obrázek 3: Závislost účinku a fázového posunu paralelního zapojení rezistoru a kondenzátoru



Obrázek 4: Průběh výkonu sériového RLC obvodu v závislosti na kapacitě



Obrázek 5: Závislost účinku a fázového posunu sériového RLC obvodu

Diskuse

Závěr

Literatura

- [1] Studijní text "Měření účinku", dostupné z
http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/_media/zadani/texty/txt_206.pdf,
13.12.2017