

Meno:

Trieda:

Laboratórne cvičenie
Elektrické obvody so striedavým prúdom

Úlohy:

1. Zistiť ako sa správa rezistor v elektrickom obvode so striedavým prúdom
2. Zistiť ako sa správa cievka v elektrickom obvode so striedavým prúdom
3. Zistiť ako sa správa kondenzátor v elektrickom obvode so striedavým prúdom

Pomôcky:

počítač s meracím panelom CoachLab II, program COACH6, Generátor striedavého napätia s meniteľnou frekvenciou (napr. BK 124), odporová dekáda (napr. $R=600\Omega$), cievka 8600 závitová, jadro tvaru U, kondenzátory rôznych kapacít (napr. $4\mu F$)

Fyzikálny princíp:

Obvod striedavého prúdu s odporom

Keď okamžité napätie na spotrebiči $u = U_m \sin \omega t$, je okamžitá hodnota striedavého prúdu i podľa Ohmovho zákona daná vzťahom:

$$i = \frac{u}{R} = \frac{U_m}{R} \sin \omega t = I_m \sin \omega t. \quad (1)$$

kde $I_m = U_m/R$ je amplitúda striedavého prúdu. V tomto obvode prechádza spotrebičom prúd, ktorý sa mení rovnako, ako napätie. Fázy napätia a prúdu sú rovnaké, t.j. hovoríme, že v obvode je striedavý prúd vo fáze s napätím. Odpor R sa nazýva rezistencia a je rovnako veľký ako v obvode jednosmerného prúdu.

Obvod striedavého prúdu s cievkou

Keď okamžité napätie na spotrebiči $u = U_m \sin \omega t$, je okamžitá hodnota striedavého prúdu i podľa Ohmovho zákona daná vzťahom:

$$i = \frac{u}{R} = \frac{U_m}{R} \sin \omega t = I_m \sin \omega t. \quad (2)$$

kde $I_m = U_m/R$ je amplitúda striedavého prúdu. V tomto obvode prechádza spotrebičom prúd, ktorý sa mení rovnako, ako napätie. Fázy napätia a prúdu sú rovnaké, t.j. hovoríme, že v obvode je striedavý prúd vo fáze s napätím. Odpor R sa nazýva rezistencia a je rovnako veľký ako v obvode jednosmerného prúdu.

Obvod striedavého prúdu s kondenzátorom

V takomto obvode sa kondenzátor pravidelne nabíja a vybíja podľa kmitočtu zdroja striedavého napätia. Pri zapojení obvodu, keď sa napätie na svorkách kondenzátora začne utvárať, je prúd najväčší a postupne klesá. Kondenzátor sa nabíja, kým nedosiahne maximálnu hodnotu. Od okamihu, keď napätie na svorkách kondenzátora začne klesať, kondenzátor sa vybíja prúdom opačného smeru. Krivky prúdu a napätia sú navzájom fázovo posunuté tak, že prúd predbieha napätie. Rozdiel fáz napätia a prúdu je $\varphi = -\pi/2$. Odpor kondenzátora v obvode striedavého prúdu sa volá kapacitancia X_C , ktorú vyjadruje vzťah:

$$X_C = \frac{1}{\omega C} \quad (3)$$

Obvod RLC v sérii

Prechodom stried. prúdu týmto obvodom vznikajú na jednotlivých prvkoch napätia, ktoré majú rôznu veľkosť a sú fázovo posunuté. Výsledný fázový rozdiel medzi prúdom a napätím môžeme zistiť z fázorového diagramu.

Fázor výsledného napätia U_m nájdeme ako vektorový súčet jednotlivých fázorov napätí vo fázorovom diagrame. Z Pytagorovej vety vyplýva veľkosť fázora U_m :

$$U_m^2 = U_R^2 + (U_L - U_C)^2 = I_m^2 \left[R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega} \right)^2 \right], \quad (4)$$

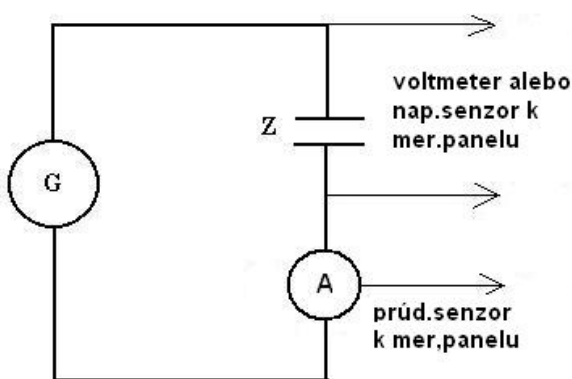
pričom $Z = \frac{U_m}{I_m} = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega} \right)^2}$ je impedancia obvodu. Pre fázový posun φ napätia a prúdu platí vzťah:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{U_L - U_C}{U_R}, \quad (5)$$

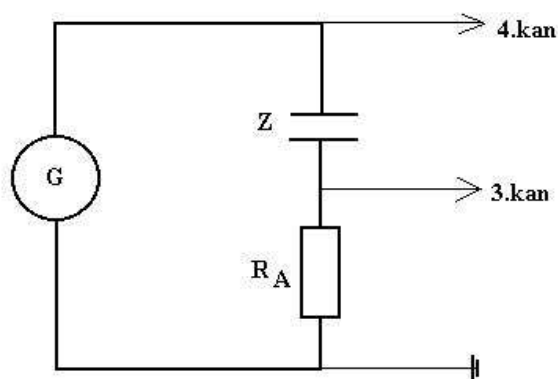
pričom φ leží v intervale $-\pi/2 \leq \varphi \leq +\pi/2$.

Postup:

1. Otvorte súbor „*RLC obvody*“. Pokiaľ súbor k dispozícii nemáte, pripravte novú úlohu. Na kanál 3, resp. 4 vložte voltmeter *CMA 0.5V*, resp. *CMA -10..10V* a na kanál 1 vložte senzor elektrického prúdu. Dobu merania nastavte na 200 milisekúnd a sondu elektrického prúdu pripojte na 1. kanál meracieho panela. Vytvorte graf závislosti napätia na kondenzátore od času $U = f(t)$ a graf závislosti elektrického prúdu prechádzajúceho obvodom od času $I = f(t)$. (Ak nemáte k dispozícii senzor prúdu, k jeho meraniu môžete použiť odpor známej hodnoty R_A , na ktorom budete merať napätie).
2. Zostavte elektrický obvod podľa schémy (obr.1), pričom namiesto prvku Z postupne zapojte rezistor, cievku, kondenzátor, resp. všetky tri prvky súčasne.
3. Na generátore striedavého napätia nastavte napätie napr. 5 V a frekvenciu 25Hz.
4. Stlačením zeleného tlačidla START spustíte meranie.



Obr. 1a Zapojenie obvodu so senzorom prúdu



Obr.1b Zapojenie obvodu bez senzora prúdu

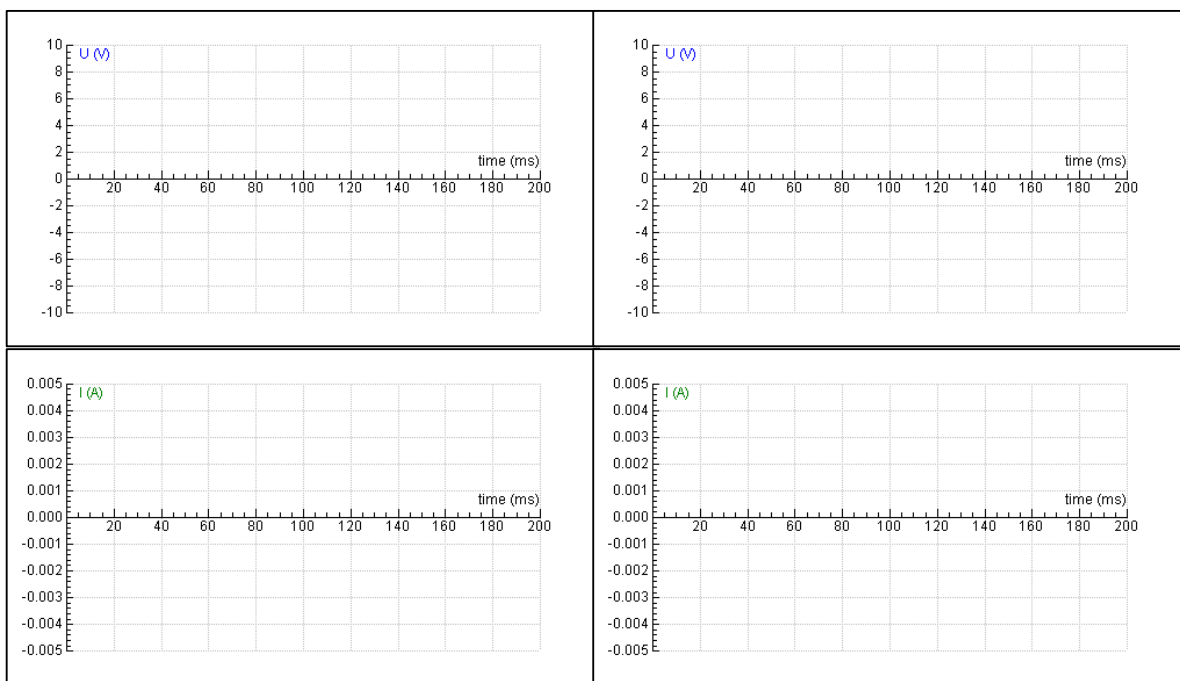
Aktivita 1 Rezistor v obvode so striedavým prúdom

Otázky a úlohy:

1. Aký je vzťah medzi napätím na generátore a napätím, ktoré snímame na odpore R ? (Uvedomte si pritom, že sonda prúdu sa vyznačuje malým vnútorným odporom)
2. Do pripraveného grafu závislosti napätia na rezistore od času, resp. elektrického prúdu od času zakreslite svoju predpoveď o priebehu sledovaných závislostí.

PREDPOVEĎ

VÝSLEDOK



3. Čo viete povedať o napätí na rezistore a elektrickom prúde prechádzajúcom rezistorom? Sú tieto dve veličiny vo fáze?

4. Meranie opakujte pri rovnakom napätí generátora (5V) pri rozličných frekvenciách striedavého napätia, napr. 30Hz, 40 Hz. Pre každé meranie zodpovedajte na otázky v tabuľke:

$f=20\text{Hz}$	$f=30\text{Hz}$	$f=40\text{Hz}$
Ak je napätie maximálne , potom je elektrický prúd maximálny, minimálny, nulový ale rastie, nulový ale klesá, nenulový ale rastie, nenulový ale klesá, iný	Ak je napätie maximálne , potom je elektrický prúd maximálny, minimálny, nulový ale rastie, nulový ale klesá, nenulový ale rastie, nenulový ale klesá, iný	Ak je napätie maximálne , potom je elektrický prúd maximálny, minimálny, nulový ale rastie, nulový ale klesá, nenulový ale rastie, nenulový ale klesá, iný
$U_R^{\max} =$	$U_R^{\max} =$	$U_R^{\max} =$
$I^{\max} =$	$I^{\max} =$	$I^{\max} =$
$R = U_R^{\max} / I^{\max} =$	$R = U_R^{\max} / I^{\max} =$	$R = U_R^{\max} / I^{\max} =$

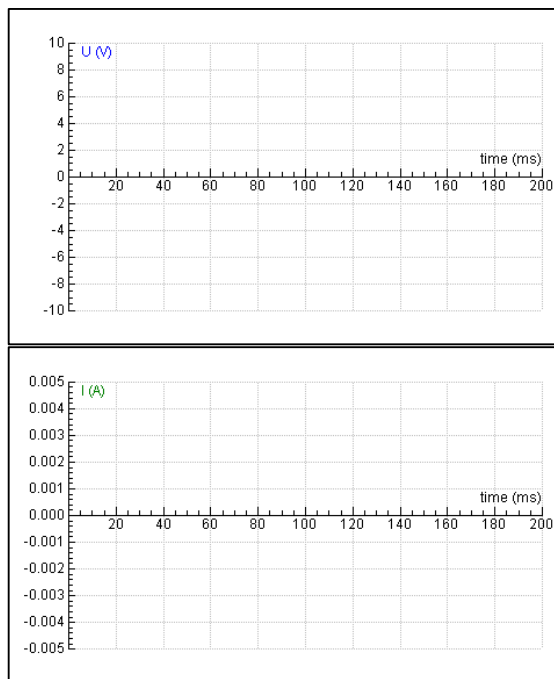
5. Ak je frekvencia striedavého napätia 30, resp.40Hz, nadobúda elektrický prúd prechádzajúci rezistorom svoju maximálnu hodnotu skôr, neskôr alebo v rovnakom čase ako nadobúda maximum elektrické napätie na rezistore?

Aktivita 2 Kondenzátor v obvode so striedavým prúdom

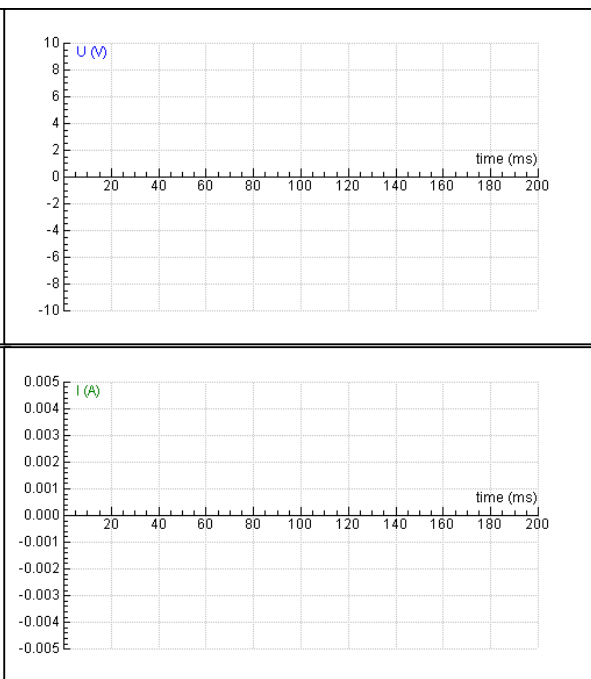
Otázky a úlohy:

1. Predpokladajte, že generátor striedavého prúdu nahradíte batériou a spínačom. Na začiatku je kondenzátor vybitý, takže napätie na kondenzátore je rovné nule. Čo sa stane po zapnutí spínača? Ktorá veličina nadobudne maximálnu hodnotu skôr, napätie na kondenzátore alebo elektrický prúd v obvode? Čo sa deje počas nabíjania kondenzátora s prúdom v obvode? Vysvetlite.
2. V istom okamihu nadobudne napätie na kondenzátore maximálnu hodnotu. Aký bude v tomto okamihu elektrický prúd prechádzajúci obvodom, maximálny, minimálny alebo nulový?
3. Teraz do obvodu zapojíme generátor striedavého napätia. Do pripraveného grafu **závislosti napätia na generátore od času, resp. elektrického prúdu od času** zakreslite svoju predpoveď o priebehu sledovaných závislostí pri frekvencii striedavého napätia 20Hz a napätí 5V.

PREDPOVEĎ



VÝSLEDOK



4. Čo viete povedať o napätí a elektrickom prúde prechádzajúcom obvodom? Sú tieto dve veličiny vo fáze? Nadobúda elektrický prúd svoju maximálnu hodnotu pred, po alebo v rovnakom čase ako je napätie maximálne?

Poznámka:

Jeden zo spôsobov ako určiť fázový rozdiel medzi dvoma sinusovými funkciami s rovnakou periódou je odmerať časový rozdiel medzi susednými maximami a vydeliť ho periódou. Tým dostaneme fázový rozdiel vyjadrený ako zlomok periódy. Fázový rozdiel v stupňoch alebo radiánoch dostaneme jednoduchým vynásobením zlomku periódy 360° alebo 2π .

5. Meranie opakujte pri rovnakom napätí generátora (5V) pri rozličných frekvenciách striedavého napätia, napr. 30Hz, 40 Hz. Pre každé meranie zodpovedajte na otázky v tabuľke:

$f=20\text{Hz}$	$f=30\text{Hz}$	$f=40\text{Hz}$
Ak je napätie maximálne , potom je elektrický prúd maximálny, minimálny, nulový ale rastie, nulový ale klesá, nenulový ale rastie, nenulový ale klesá, iný	Ak je napätie maximálne , potom je elektrický prúd maximálny, minimálny, nulový ale rastie, nulový ale klesá, nenulový ale rastie, nenulový ale klesá, iný	Ak je napätie maximálne , potom je elektrický prúd maximálny, minimálny, nulový ale rastie, nulový ale klesá, nenulový ale rastie, nenulový ale klesá, iný
$U_C^{\max} =$	$U_C^{\max} =$	$U_C^{\max} =$
$I^{\max} =$	$I^{\max} =$	$I^{\max} =$
$X_C = U_C^{\max} / I^{\max} =$	$X_C = U_C^{\max} / I^{\max} =$	$X_C = U_C^{\max} / I^{\max} =$
$\Delta\phi =$	$\Delta\phi =$	$\Delta\phi =$
Vplyv vodičov	Vplyv vodičov	Vplyv vodičov

6. Čo viete povedať o veľkosti odporu, ktorý kladie kondenzátor striedavému prúdu? Ako sa tento odpor volá?
7. Porovnajte odpor, ktorý kladie kondenzátor striedavému prúdu pri jednotlivých frekvenciách striedavého napätia.
8. Čo viete povedať o veľkosti fázového posunu medzi elektrickým prúdom a napätím pri rozličných frekvenciách striedavého napätia?

9. Na základe výsledkov v tabuľke zapíšite vzťah medzi kapacitanciou a frekvenciou striedavého prúdu.

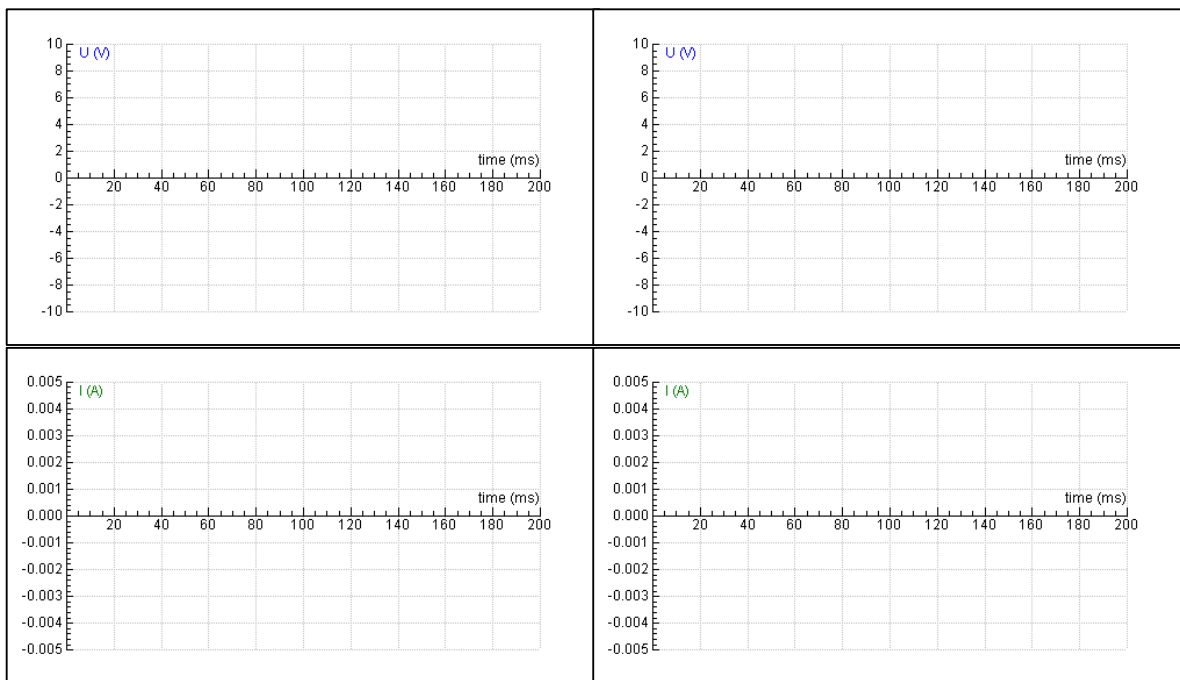
Aktivita 8-3 Cievka v obvode so striedavým prúdom

Otázky a úlohy:

1. Predpokladajte, že generátor striedavého prúdu nahradíte batériou a spínačom. Na začiatku cievkou netečie žiaden prúd. Čo sa stane po zapnutí spínača? Ktorá veličina nadobudne maximálnu hodnotu skôr, napätie na cievke alebo elektrický prúd prechádzajúci cievkou? Vysvetlite.
2. Aká je hodnota elektrického napätia indukovaného na koncoch cievky v okamihu, keď elektrický prúd dosiahne maximálnu hodnotu? Vysvetlite.
3. Teraz do obvodu zapojíme generátor striedavého napätia. Do pripraveného grafu **závislosti napätia na generátore od času, resp. elektrického prúdu od času** zakreslite svoju predpoveď o priebehu sledovaných závislostí pri frekvencii striedavého napätia 20Hz a napätí 5V.

PREDPOVEĎ

VÝSLEDOK



6. Čo viete povedať o napätí a elektrickom prúde prechádzajúcom cievkou? Sú tieto dve veličiny vo fáze? Nadobúda elektrický prúd svoju maximálnu hodnotu pred, po alebo v rovnakom čase ako je napätie maximálne?

7. Aký odpor kladie cievka striedavému prúdu? Ako sa nazýva tento odpor a od čoho závisí?

8. Meranie opakujte pri rovnakom napätí generátora (5V) pri rozličných frekvenciách striedavého napätia, napr. 30Hz, 40 Hz. Pre každé meranie zodpovedajte na otázky v tabuľke:

$f=20\text{Hz}$	$f=30\text{Hz}$	$f=40\text{Hz}$
Ak je napätie maximálne , potom je elektrický prúd maximálny, minimálny, nulový ale rastie, nulový ale klesá, nenulový ale rastie, nenulový ale klesá, iný	Ak je napätie maximálne , potom je elektrický prúd maximálny, minimálny, nulový ale rastie, nulový ale klesá, nenulový ale rastie, nenulový ale klesá, iný	Ak je napätie maximálne , potom je elektrický prúd maximálny, minimálny, nulový ale rastie, nulový ale klesá, nenulový ale rastie, nenulový ale klesá, iný
$U_L^{\max} =$	$U_L^{\max} =$	$U_L^{\max} =$
$I^{\max} =$	$I^{\max} =$	$I^{\max} =$
$X_L = U_L^{\max} / I^{\max} =$	$X_L = U_L^{\max} / I^{\max} =$	$X_L = U_L^{\max} / I^{\max} =$
Fázový posun $\Delta\phi =$	Fázový posun $\Delta\phi =$	Fázový posun $\Delta\phi =$
Vplyv vodičov	Vplyv vodičov	Vplyv vodičov

9. Aká je veľkosť indukcie (induktívneho odporu) cievky pri frekvencii 20Hz a pri frekvenciách 30Hz, resp. 40Hz? Vysvetlite na základe vašich pozorovaní.

10. Aký je fázový rozdiel medzi prúdom a napätím pri striedavom prúde s frekvenciou 20Hz v porovnaní s frekvenciami 30Hz, resp. 40Hz?

11. Ako ovplyvňuje frekvencia striedavého prúdu amplitúdu elektrického prúdu v obvode?

12. Čím sú spôsobené rozdiely vo fázovom posune získanom experimentálne oproti teoretickým predpokladom? Vysvetlite.

Záver: