



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Název projektu:

Internacionalizace, spolupráce, inovace, reflexe a evaluace v přípravě budoucích učitelů

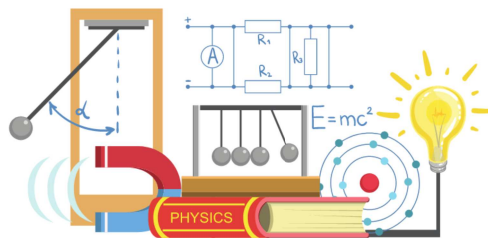
Registrační číslo:

CZ.02.3.68/0.0/0.0/19_068/0015764

Toto dílo podléhá licenci Creative Commons 4.0 ve variantě BY-SA



Praktikum školních pokusů 2 ZŠ



STŘÍDAVÝ PROUD

Následující experimenty jsou čerpány z těchto zdrojů a literatury:

1. SVOBODA, Emanuel a Václav HOUDEK. Pokusy z fyziky na střední škole. Praha: Prometheus, 1997. ISBN 8071960071.
2. Veletrh nápadů učitelů fyziky (vnuf.cz)
3. FyzWeb - Experimenty s Vernierem dle kapitol v učebnicích pro ZŠ
4. Návod od firmy Didaktik

ZOBRAZENÍ PRŮBĚHU STŘÍDAVÉHO NAPĚTÍ VERNIEREM

POMŮCKY:

VERNIER

modul voltmetr

signální generátor s napájecím zdrojem 12 V stř.

demonstrační voltmetr s nulou uprostřed (rozsah 10 V)

spojovací vodiče

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

K signálnímu generátoru nastavenému na frekvenci cca 1 Hz připojíme paralelně modul voltmetr systému Vernier a demonstrační voltmetr. Volíme nejdříve sinusový průběh.

Dobu měření nastavíme na dataloggeru na 10 s, vzorkovací frekvenci 100 Hz, opakování zapnuto, zobrazení standardní (čas, napětí), start manuální.

Zapneme zdroj a odstartujeme registraci napětí dataloggerem. Průběh kmitů ručky demonstračního voltmetru a graf snímaný a registrovaný graficky v reálném čase dataloggerem ukazuje sinusový průběh střídavého napětí.

Měníme frekvenci a amplitudu napětí a sledujeme změny grafu a změny kmitání ručky voltmetru.

V dalším kroku přepneme signální generátor na trojúhelníkový průběh napětí a potom na obdélníkový průběh a pozorujeme změny průběhu.

VYSVĚTLENÍ:

Standardní střídavé napětí má sinusový průběh.

POZNÁMKY

POMŮCKY:

lístkové U jádro s pólovými nástavci
dvoupólová kotva
kotva s mnoha závity bez jádra
kotva s mnoha závity s jádrem
2 ks cívek 600 z
voltmetr s ukazovatelem uprostřed
zdroj ss napětí 6 V až 12 V
sběrací kartáčky
kotva s jedním závitem
spojovací vodiče

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Na lístkové U jádro nasuneme 2 cívky o 600 z na ně nasadíme pólové nástavce, mezi které umísťujeme kotvy. Cívky zapojíme ke stejnosměrnému zdroji napětí tak, aby se zesilovala magnetická pole, která jsou vytvořena proudy v obou cívkách,.

Ke kroužkům (nepřerušovaným) přitlačíme sběrací kartáčky. Svorky kartáčků připojíme k demonstračnímu stejnosměrnému voltmetru s ukazovatelem uprostřed.

Mezi pólové nástavce umístíme cívku s jedním závitem. Voltmetr nastavíme na nejvyšší citlivost. Otáčením cívky zjišťujeme, že výchylka ukazovatele voltmetru je velmi malá.

Zaměníme-li tuto kotvu za kotvu s mnoha závity, zjistíme, že se výchylka ukazovatele zvětšila a ručka se střídavě vychyluje na obě strany. Pak zaměníme tuto kotvu za dvoupólovou kotvu s jádrem. Maximální výchylka ukazovatele voltmetru je ještě větší.

VYSVĚTLENÍ:

Při otáčení cívky v homogenním magnetickém poli se v ní indukuje střídavé napětí sinusového průběhu.

Indukované napětí roste s počtem závitů otáčející se cívky, s rostoucí permeabilitou (bez jádra, s jádrem) a s frekvencí otáček.

POZNÁMKY

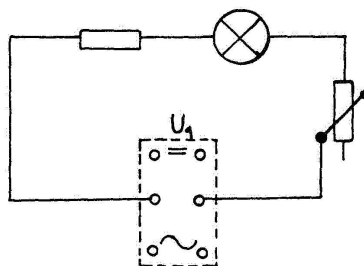
Pokud ukazovatel voltmetru neukazuje žádnou výchylku, je nejběžnější závadou špatný kontakt mezi sběracími kartáčky a kroužky.

Vlastnosti střídavého proudu

OBVOD S REZISTOREM

POMŮCKY:

žárovka 4 V/0,3 A
reostat 13 Q.
přepínač
zdroj ss a stř. napětí 6 V
rezistor 5 Ω / 4 W
spojovací vodiče



PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Obvod sestavíme podle schématu na obrázku. Výstupy střídavého i stejnosměrného napětí nastavíme tak, aby efektivní hodnota střídavého napětí byla stejná, jako hodnota stejnosměrného napětí. Při připojení stejnosměrného napětí nastavíme reostatem proud tak, aby žárovka jasně svítila.

Přepínačem připojíme obvod ke zdroji stejnosměrného napětí. Žárovka svítí jasně. Po připojení obvodu ke zdroji střídavého napětí se jas žárovky nezmění.

VYSVĚTLENÍ:

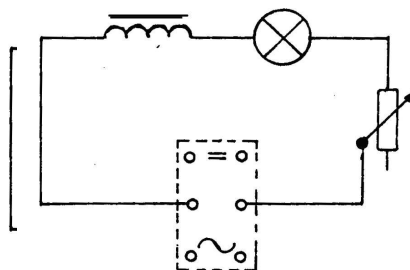
Rezistor se chová stejně v obvodu stejnosměrného i střídavého proudu.

POZNÁMKY

OBVOD S CÍVKOU

POMŮCKY:

zdroj ss a střídavého napětí 6 V
přepínač
krátké jádro a lístkové U jádro
žárovka 4 V
cívky 300 z, 600 z, 1200 z
reostat 13 Q
spojovací vodiče



PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Obvod zapojíme podle schématu na obrázku. Do obvodu zapojíme cívku 300 z na neuzavřeném U jádře. Obvod připojíme přepínačem ke zdroji stejnosměrného napětí a nastavíme proud reostatem tak, aby žárovka jasně svítila.

Pokus provedeme v několika krocích.

1) Obvod připojíme ke zdroji stejnosměrného napětí. Žárovka svítí jasně. Po připojení obvodu ke zdroji střídavého napětí se jas žárovky ztlumí.

Přepneme opět na stejnosměrné napětí a uzavřeme U jádro krátkým jádrem. Jas žárovky se nezmění. Ke změně však dojde při přepnutí na střídavé napětí. Jas žárovky se podstatně zmenší.

2) Použijeme cívku 600 z. Po zapojení do obvodu stejnosměrného napětí svítí žárovka téměř stejně jasně jako pro cívku 300 z. Uzavřeme-li U jádro krátkým jádrem, nedojde ke změně

jasu. Po zapnutí střídavého napětí do obvodu (cívka 600 z jen s U jádrem) dojde k poklesu jasu žárovky. Při uzavření U jádra krátkým jádrem, dojde při střídavém napětí ke zřetelnému poklesu jasu žárovky.

3) Postup stejný jako v 2., ale místo cívky 600 z zapojíme cívku 1200 z. Rozdíl je ještě větší než pro cívku se 600 z.

VYSVĚTLENÍ:

Odpor dané cívky bez jádra i s jádrem je pro stejnosměrné napětí stejný. Induktance (induktivní odpor) cívky je po jejím připojení ke střídavému napětí větší než odpor při stejnosměrném napětí. Je tím větší, čím více má cívka závitů. Cívka s jádrem má větší indukanci než tatáž cívka bez jádra.

POZNÁMKY

Jas žárovky v obvodu s cívkou 600 z a hlavně 1200 z je při zapojení ke zdroji stejnosměrného napětí menší než pro cívku 300 z. Je to způsobeno větším odporem delšího a tenčího měděného drátu použitého k navinutí cívek.

OBVOD S KONDENZÁTOREM

POMŮCKY:

zdroj ss a střídavého napětí 6 V
přepínač
binární kondenzátor 2x200 mF a 2x500 mF
žárovka 6 V/ 0,05 A
kondenzátor 1 F/6V
spojovací vodiče

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Obvod zapojíme podle schématu na obrázku. Bipolární kondenzátor získáme tím způsobem, že dva stejné elektrolytické kondenzátory spojíme do série tak, aby dva stejné póly byly připojeny k sobě.

Po zapojení zdroje stejnosměrného-napětí do obvodu se žárovka nerozsvítí. Žárovka se nerozsvítí, ani když zvýšíme kapacitu kondenzátoru.

Zapojíme-li do obvodu zdroj střídavého napětí, žárovka se rozsvítí. Svítí tím jasněji, čím je větší kapacita v obvodu zapojeného kondenzátoru.

VYSVĚTLENÍ:

Stejnosměrný proud obvodem s kondenzátorem neprochází. Střídavý proud obvodem prochází. Kapacitance (kapacitní odpor) je tím menší, čím je větší kapacita zapojeného kondenzátoru.

POZNÁMKY

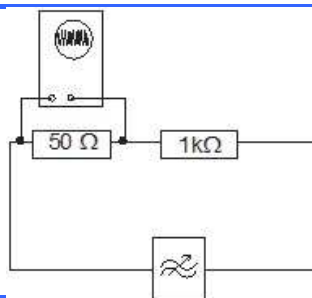
Pokus doplníme ukázkou nabíjecího proudu do kondenzátoru tím, že do ss obvodu se žárovkou sériově připojíme kondenzátor mimořádně velké kapacity (např. 1 F). Po zapojení zdroje chvíli žárovka svítí, prochází jí nabíjecí proud. Po nabití kondenzátoru žárovka svítit přestane, ale připojíme-li ji potom ke svorkám kondenzátoru bude opět chvíli svítit vybíjecím proudem.

Závislost rezistance, indukance a kapacity na frekvenci střídavého napětí

OBVOD S REZISTOREM

POMŮCKY:

signální generátor
osciloskop
rezistor $1\text{k}\Omega$ a rezistor $50\ \Omega$
spojovací vodiče



PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Obvod zapojíme podle schématu na obrázku. Napětí na rezistoru o odporu $50\ \Omega$ přivedeme na vertikální vstup osciloskopu. Toto napětí je přímo úměrné proudu v obvodu. Měníme frekvenci přiváděného napětí a sledujeme amplitudu napětí (a tím i amplitudu proudu) na stínítku osciloskopu.

VYSVĚTLENÍ:

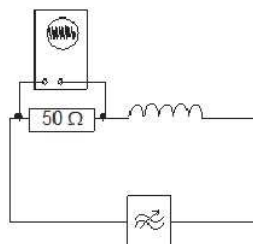
Se změnou frekvence se nemění amplituda proudu v obvodu a tedy ani impedance obvodu. Odpor daného rezistoru na frekvenci nezávisí.

POZNÁMKY

OBVOD S CÍVKOU

POMŮCKY:

signální generátor
osciloskop
rezistor $50\ \Omega$
cívka 600 z s krátkým jádrem
spojovací vodiče



PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Obvod zapojíme podle schématu na obrázku. Napětí na rezistoru o odporu $50\ \Omega$ přivedeme na vertikální vstup osciloskopu. Toto napětí je přímo úměrné proudu v obvodu. Měníme frekvenci přiváděného napětí a sledujeme amplitudu napětí (a tím i amplitudu proudu) na stínítku osciloskopu.

VYSVĚTLENÍ:

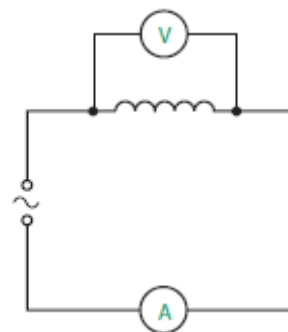
Pro danou cívku se s rostoucí frekvencí zmenšuje amplituda napětí na rezistoru a tedy i amplituda proudu v obvodu. Impedance cívky roste.

POZNÁMKY

POZOROVÁNÍ A ANALÝZA RC OBVODU SE ZDROJEM OBDÉLNÍKOVÝCH PULZŮ (NABÍJENÍ A VYBÍJENÍ)

POMŮCKY:

Generátor střídavého napětí s nastavitelnou frekvencí,
voltmetr Vernier (rozsah 6 V),
ampérmetr Vernier (rozsah 0,6 A),
LabQuest,
počítač s programem Logger Pro,
cívka,
spojovací vodiče



PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Sestavte obvod, který umožní změřit průběh napětí a proudu na cívce při různých frekvencích střídavého proudu.

Změřte průběh napětí a proudu na cívce při frekvenci 5 Hz, 50 Hz a 500 Hz.

Určete v každém ze tří případů maximální proud a napětí, impedanci a fázové posunutí (ve stupních).

Odhadněte na základě experimentu elektrický odpor cívky a její indukčnost.

Proveďte odhad impedance pro jiné frekvence (například 200 Hz, 1 000 Hz) a ověřte následujícím experimentem.

Na zdroji nastavíme frekvenci $f = 4$ Hz, obdélníkové napětí (0; + U_e), přičemž elektromotorické napětí U_e nepřekročí 6 V.

Zapojíme obvod podle schématu. Použijeme rezistor o odporu $100\ \Omega$ a kondenzátor o kapacitě $100\ \mu\text{F}$.

Ampérmetr a voltmetr zapojíme do analogových vstupů CH1 a CH2 LabQuestu, LabQuest propojíme USB kabelem s počítačem.

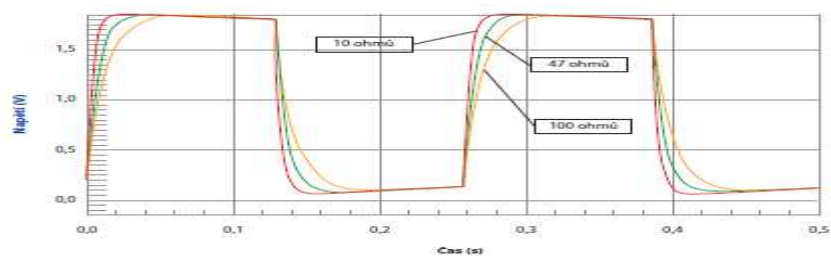
Na počítači v programu Logger Pro nastavíme (menu Experiment→Sběr dat...):

- dobu měření 0,5 sekundy,
- vzorkovací frekvenci 10 kHz,
- trigger: spustit měření, když napětí přesáhne 0,3 V.

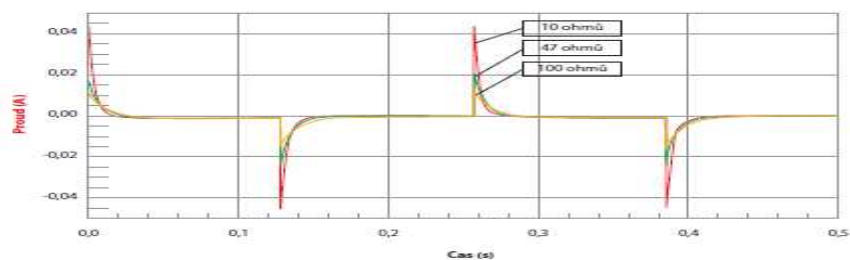
Před zahájením měření (zdroj odpojen) senzory vynulujeme a spustíme měření.

Chceme-li do téhož grafu přidat křivku pro jiný rezistor, v menu Experiment zvolíme *Uchovat poslední měření*.

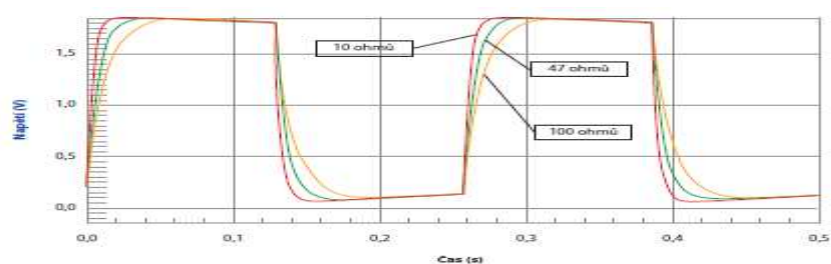
Časový průběh napětí na kondenzátoru



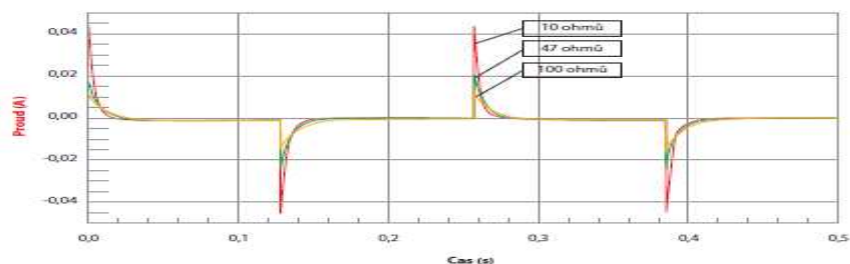
Časový průběh proudu na kondenzátoru



Časový průběh napětí na kondenzátoru



Časový průběh proudu na kondenzátoru



VYSVĚTLENÍ:

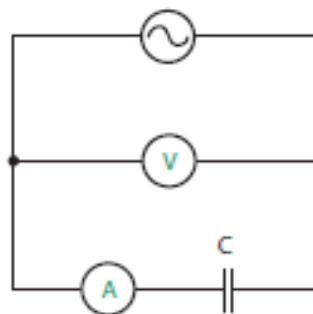
Pro danou cívku se s rostoucí frekvencí zmenšuje amplituda napětí na rezistoru a tedy i amplituda proudu v obvodu. Impedance cívky roste.

POZNÁMKY

KONDENZÁTOR PŘIPOJEN KE ZDROJI HARMONICKÉHO NAPĚTÍ

POMŮCKY

Generátor střídavého napětí s nastavitelnou frekvencí,
voltmetr Vernier (rozsah 6 V),
ampérmetr Vernier (rozsah 0,6 A),
LabQuest,
počítač s programem Logger Pro,
cívka,
spojovací vodiče

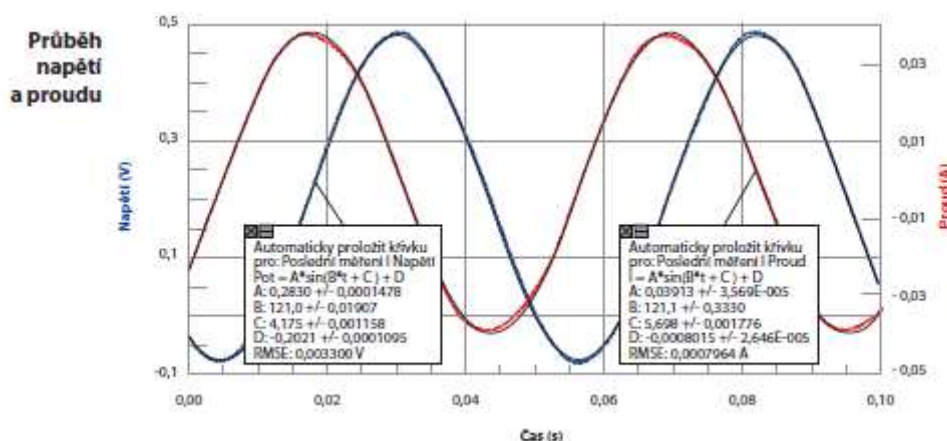


PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ

Na zdroji nastavíme frekvenci $f = 20$ Hz, sinusové napětí o amplitudě menší než 2 V. Zapojíme obvod podle schématu. Použijeme kondenzátor o kapacitě $1\,000\ \mu\text{F}$. Ampérmetr a voltmetr zapojíme do analogových vstupů CH1 a CH2 LabQuestu, LabQuest propojíme USB kabelem s počítačem. Na počítači v programu Logger Pro nastavíme (menu Experiment→Sběr dat...):

- dobu měření 0,1 sekundy,
- vzorkovací frekvenci 10 kHz,
- trigger: vypnutý.

Před zahájením měření senzory vynulujeme kliknutím na ikonu. Měření spustíme kliknutím na ikonu. Zobrazíme proud i a napětí do jediného grafu (viz obr.) a proložíme je sinusoidami (Analýza→Proložit křivku...).



VYSVĚTLENÍ:

Graf ukazuje, že střídavý zdroj (harmonického napětí) způsobí střídavý proud předbíhající napětí o $1/4$ periody.

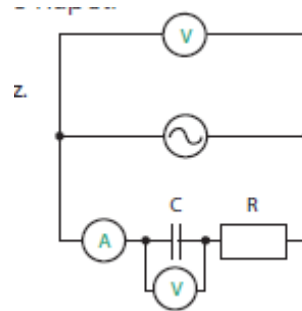
- totožná úhlová frekvence $\omega = 121$ rad/s, $f = 19,3$ Hz
- fázový posuv $5,696 - 4,172 = 1,524$ rad $= 0,5 \cdot \pi$ rad

Z grafu je vidět, že v tomto obvodu proud předbíhá napětí: v dřívějším čase nastane maximum proudu, v pozdějším maximum napětí. V okamžiku, kdy je proud maximální, roste napětí nejrychleji. V okamžiku, kdy je proud nulový, napětí se nemění (maximum nebo minimum).

SÉRIOVÝ RC OBVOD SE ZDROJEM HARMONICKÉHO NAPĚTÍ

POMŮCKY:

Generátor střídavého napětí s nastavitelnou frekvencí,
voltmetr Vernier (rozsah 6 V),
ampérmetr Vernier (rozsah 0,6 A),
LabQuest,
počítač s programem Logger Pro,
cívka,
spojovací vodiče



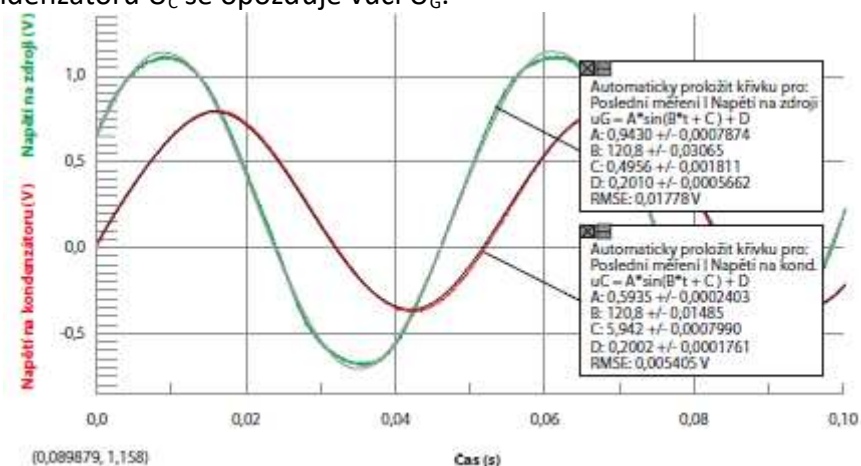
PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Zapojíme obvod podle schématu, zvolíme $C = 100 \mu\text{F}$, $R = 100 \Omega$. Ponecháme dobu měření 0,1 s, vzorkování 10 kHz. Získanými křivkami můžeme proložit sinusoidy (menu Analýza→Proložit křivku...).

Na grafech může vyučující demonstrovat výklad učiva o fázorech.

– Všechny křivky mají tutéž úhlovou frekvenci $\omega = 120,8 \text{ rad/s}$.

– Fázor napětí na zdroji je součtem fázoru napětí na rezistoru a fázoru napětí na kondenzátoru. Podle očekávání proud i (úměrný U_R) předbíhá napětí na zdroji U_G a naopak napětí na kondenzátoru U_C se opoždí vůči U_G .

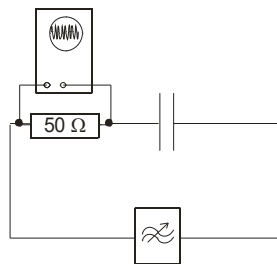


POZNÁMKY:

OBVOD S KONDENZÁTOREM

POMŮCKY:

signální generátor
osciloskop
rezistor $50\ \Omega$
kondenzátor $1\ \mu\text{F}$ až $10\ \mu\text{F}$
spojovací vodiče



PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Obvod zapojíme podle schématu na obrázku. Napětí na rezistoru o odporu $50\ \Omega$ přivedeme na vertikální vstup osciloskopu. Toto napětí je přímo úměrné proudu v obvodu. Měníme frekvenci přiváděného napětí a sledujeme amplitudu napětí (a tím i amplitudu proudu) na stínítku osciloskopu.

VYSVĚTLENÍ:

Pro daný kondenzátor se s rostoucí frekvencí zvětšuje amplituda napětí na rezistoru (tj. i amplituda proudu v obvodu). Kapacitance kondenzátoru se zmenšuje.

POZNÁMKY