



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Digitální učební materiál

Číslo projektu	CZ.1.07/1.5.00/34.0802
Název projektu	Zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT
Číslo a název šablony klíčové aktivity	III/2 – Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT
Příjemce podpory	Gymnázium, Jevíčko, A. K. Vitáka 452

Název DUMu	Střídavý proud
Název dokumentu	VY_32_INOVACE_16_12
Pořadí DUMu v sadě	12
Vedoucí skupiny/sady	Mgr. Petr Mikulášek
Datum vytvoření	11. 1. 2013
Jméno autora	Mgr. Jiří Janeček
e-mailový kontakt na autora	janecek@gymjev.cz
Ročník studia	3.
Předmět nebo tematická oblast	Fyzika
Výstižný popis způsobu využití materiálu ve výuce	Shrnutí a procvičování učiva. Inovace: využití ICT, netradiční úlohy, mezipředmětové vztahy - matematika

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

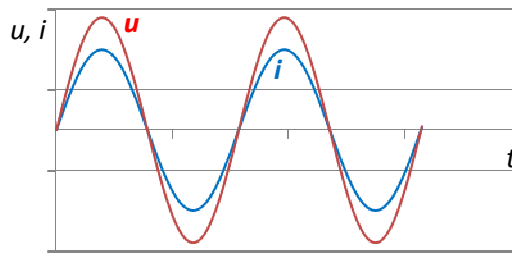
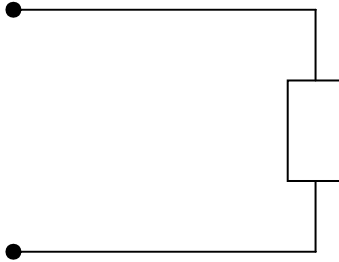
1. Základní pojmy

Zdroj střídavého napětí generuje napětí, jež se harmonicky mění podle rovnice

$$u = U_M \sin \omega t \quad (1)$$

Děje v obvodu ovlivňuje jak **frekvence** proudu, tak fyzikální vlastnosti obvodu – je tvořen různými prvky, z nichž základní jsou **rezistor (rezistivita) R**, **cívka (indukčnost) L** a **kondenzátor (kapacit) C**.

Obvod s odporem.

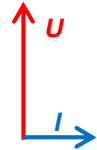
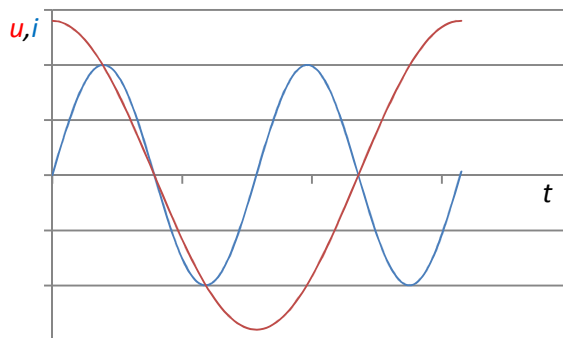
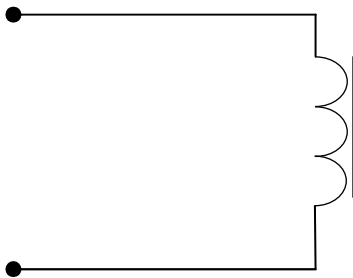


Obrázek 1

Rezistor charakterizuje
Napětí je dáno rovnicí
Proud je charakterizováno rovnicí
Fázový rozdíl stř. napětí a proudu
Výkon je dán vztahem

rezistivita R
 $u = U_M \sin \omega t$
 $i = \frac{U_M}{R} \sin \omega t = I_M \sin \omega t$, kde I_M je amplituda stříd. proudu
 $\varphi = 0$
 $P = UI = RI^2$
 $p = ui = Ri^2 = RI_M^2 \sin^2 \omega t$
 $P_M = RI_M^2$

Obvod s indukčností.



Obrázek 2

cívku charakterizuje

indukčnost L
 indukčnost $X_L = \frac{U}{I} = \omega L$, $[X_L] = \Omega$

Napětí je dáno rovnicí

$$u = U_M \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) = U_M \cos \omega t$$

Proud je charakterizováno rovnicí

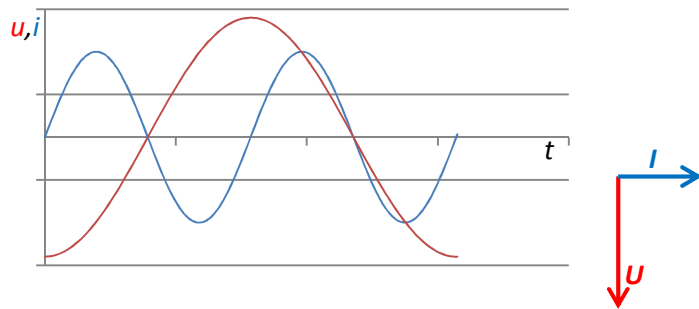
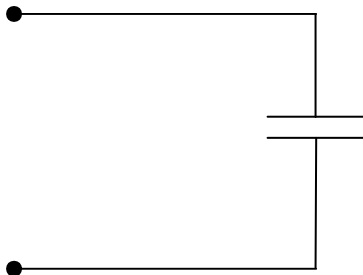
$$i = \frac{U_M}{R} \sin \omega t = I_M \sin \omega t$$
, kde I_M je amplituda stříd. proudu

Fázový rozdíl stř. napětí a proudu

$$\varphi = \frac{\pi}{2}$$

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Obvod s kapacitou.



Obrázek 3

kondenzátor charakterizuje

kapacita C

$$\text{kapacitance } X_C = \frac{U}{I} = \frac{1}{\omega C}, [X_C] = \Omega$$

Napětí je dáno rovnicí

$$u = U_M \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) = -U_M \cos \omega t$$

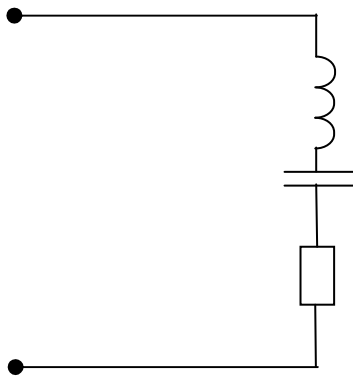
Proud je charakterizováno rovnicí

$$i = \frac{U_M}{R} \sin \omega t = I_M \sin \omega t, \text{ kde } I_M \text{ je amplituda stříd. proudu}$$

Fázový rozdíl stř. napětí a proudu

$$\varphi = -\frac{\pi}{2}$$

RLC obvod složený v sérii.



Obrázek 4

obvod charakterizuje

impedance Z

$$\text{kapacitance } Z = \frac{U}{I} = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}, [Z] = \Omega$$

Napětí je dáno rovnicí

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

Je-li v tomto obvodu $X_C = X_L$ je $Z = R$ a dochází k **rezonanci** střídavého obvodu; **rezonanční frekvenci** určíme z podmínky, kdy k rezonanci dochází, tedy $X_C = X_L$ a dostaneme

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}. \quad (2)$$

Činný výkon odpovídá části energie dodané zdrojem, která se v obvodu za jednotku času přemění v teplo nebo užitečnou práci, je dán vztahem

$$P = UI \cos \varphi, \quad (3)$$

kde hodnotu $\cos \varphi$ nazýváme **účinník** (určuje účinnost přenosu energie ze zdroje do spotřebiče).

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Efektivní hodnot a střídavého napětí a proudu nám dává hodnotu stejnosměrného proudu, který má v obvodu s odporem stejný výkon, jako daný proud střídavý, tedy

$$U = \frac{U_M}{\sqrt{2}} \quad a \quad I = \frac{I_M}{\sqrt{2}} \quad (4)$$

Generátor střídavého proudu – otáčení vodivé smyčky (elektromagnet – **rotor**) v magnetickém poli (soustava cívek – **stator**). V elektrárnách využíváme **trojfázové alternátory**. Tyto mají stator ze 3 cívek složených tak, že jejich osy jsou v úhlech 120° . Uprostřed těchto cívek se otáčí magnet, tím se v cívkách generuje-indukuje střídavé napětí o stejných amplitudách, ale vzájemně posunutá o $\frac{T}{3}$. Platí tedy

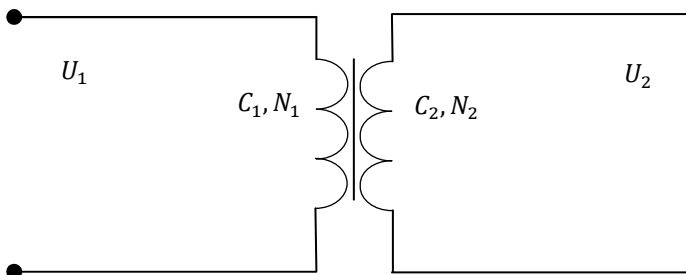
$$\begin{aligned} u_1 &= U_M \sin(\omega t) \\ u_2 &= U_M \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) \\ u_3 &= U_M \sin\left(\omega t - \frac{4\pi}{3}\right). \end{aligned} \quad (5)$$

Asynchronní elektromotor má 2 základní části – **stator** (podobně jako stator alternátoru), **rotor** (kotva) vyrobený z ocelových plechů s drážkami, je zde vedeno vinutí. Charakterizuje jej veličina **skluz S**

$$s = \frac{f_P - f_R}{f_P}, \text{ kde} \quad (6)$$

f_P je frekvence otáčení točivého pole a f_R je frekvence otáčení rotoru.

Transformátor (jednofázový) – jsou dvě cívky se společným jádrem (primár a sekundár).



Obrázek 5

Platí pro libovolný závit primáru (1) – první cívky, že v libovolném závitě se indukuje napětí

$$u_i = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}, \quad (7)$$

tedy celkové napětí na primáru je

$$u_1 = -N_1 \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \quad (8)$$

na sekundáru je celkové napětí

$$u_2 = -N_2 \frac{\Delta\phi}{\Delta t}. \quad (8)$$

Má-li primár zanedbatelný odpor, má u_1 stejnou velikost jako zdroj, ale opačnou fází a plyne nám rovnice pro transformátor

$$k = \frac{N_2}{N_1} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2}. \quad (9)$$

Veličině k říkáme **transformační poměr transformátoru**. Je-li $k > 1$ mluvíme o **transformaci nahoru**, je-li $k < 1$ mluvíme o **transformaci dolů**.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

2. Řešený příklad (Lepil, O., Bednařík, M., & Šíroká, M. 1995)

Žárovku se jmenovitými hodnotami napětí a proudu 110V a 0,3A chceme připojit ke zdroji střídavého napětí 220V o frekvenci 50Hz pomocí tlumivky spojené se žárovkou do série. Urči indukčnost tlumivky, její odpor neuvažujeme.

Pro napětí obvodu platí

$$U^2 = U_Z^2 + U_T^2, \quad (10)$$

U_T je napětí na tlumivce a U_Z je napětí na žárovce, induktaance tlumivky je

$$X_L = 2\pi fL = \frac{U_T}{I_Z} = \frac{\sqrt{U^2 - U_Z^2}}{I_Z}. \quad (11)$$

Hledaná indukčnost je tedy

$$L = \frac{\sqrt{U^2 - U_Z^2}}{2\pi f I_Z} = 2,0H. \quad (12)$$

3. Příklady k řešení (Lepil, O., Bednařík, M., & Šíroká, M. 1995)

- 3.1 Obvod s rezistorem o odporu 60Ω je připojen ke zdroji střídavého napětí o amplitudě 240V a frekvenci 50Hz. Napiš rovnici pro okamžitou hodnotu proudu. ($i = 4\sin(100\pi t)$)
- 3.2 Cívka o zanedbatelném odporu je zapojena do obvodu střídavého proudu o frekvenci 50Hz. Při napětí 24V prochází cívkou proud 0,5A. Urči indukčnost cívky. (0,15H)
- 3.3 Kondenzátor o kapacitě $2,0\mu F$ je připojen do obvodu střídavého proudu o frekvenci 50Hz. Jakou indukčnost by musela mít cívka, která by v obvodu střídavého proudu měla induktanci stejné hodnoty jako kapacitance kondenzátoru? (5H)
- 3.4 Obvod střídavého proudu je tvořen sérií rezistoru o odporu 40Ω , cívky o indukčnosti 0,40H a kondenzátorem o kapacitě $16\mu F$. Obvod je připojen ke zdroji střídavého napětí o amplitudě 24V a frekvenci 50Hz. Urči amplitudu proudu v obvodu. Urči fázový rozdíl mezi napětím a proudem v obvodu. (0,28A, napětí se zpožďuje o 61°)
- 3.5 Kondenzátor je zapojený v sérii se žárovkou v obvodu se zdrojem střídavého napětí 220V o frekvenci 50Hz. Jakou kapacitu musí mít kondenzátor, aby jmenovité hodnoty napětí a proudu na žárovce byly 110V a 1A? ($7,5\mu F$)
- 3.6 Pro jaké napětí musí být vypočtena izolace vedení, kterým se přenáší střídavý proud o efektivním napětí 12,0kV? (17kV)
- 3.7 Můžeme do obvodu o efektivním napětí 220V zapojit kondenzátor konstruovaný na maximální napětí 300V (ne, pokud ho nechceme zničit, napětí v obvodu dosahuje 311V)
- 3.8 Primární cívka transformátoru má 1760 závitů, sekundární 2400. Jaké napětí bude na sekundáru, připojíme-li primár ke střídavému napětí 220V? (300V)
- 3.9 Primární cívkou jednofázového transformátoru prochází střídavý proud o frekvenci 50Hz. V uzavřeném jádru transformátoru je magnetický indukční tok maximální hodnoty $2 \cdot 10^{-3} \text{Wb}$. Jaká je efektivní hodnota střídavého napětí indukovaného na sekundáru s 200 závitů? (88V)
- 3.10 V továrně pracuje pouze pětina všech elektrických strojů. Z rozvodné sítě 22kV odebírá továrna proud 10,0A, při hodnotě účinnosti 98%. Jaký proud odebírá továrna při plném provozu a při hodnotě účinnosti 86%? Jaký je celkový příkon do továrny? (57A, 1,078MW)



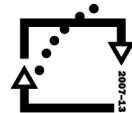
evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

4. Použitá literatura

Lepil, O., Bednařík, M., & Šíroková, M. (1995). *Fyzika – sbírka úloh pro střední školy*. Praha: Prometheus, ISBN 80-7196-048-9

Lepil, O., & Šedivý, P. (2005). *Fyzika pro gymnázia – Elektřina a magnetismus*. Praha: Prometheus, ISBN 80-7196-202-3

Obrázky

Obrázky 1, 2, 3, 4, 5 – Janeček, J. (2012) (Vytvořeny v programu Microsoft Office Word 2007)

Materiály jsou určeny pro bezplatné používání pro potřeby výuky a vzdělávání na všech typech škol a školských zařízení. Jakékoliv další využití podléhá autorskému zákonu. Dílo smí být dále šířeno pod licencí CC BY-SA (www.creativecommons.cz)