

Obsah

21 Střídavý elektrický proud	1
21.1 Součástky v obvodu se střídavým napětím	1
21.1.1 Rezistor	1
21.1.2 Cívka	1
21.1.3 Kondenzátor	2
21.2 RLC Obvod	2
21.2.1 Sériový RLC obvod	2
21.2.2 Impedance	3
21.2.3 Fázový posun	3
21.2.4 Resonance sériového RLC obvodu	3
21.3 Hodnoty střídavého proudu	3
21.3.1 Efektivní hodnota proudu	3
21.3.2 Efektivní hodnota napětí	3
21.3.3 Výkon	4
21.4 Zařízení střídavého proudu	4
21.4.1 Alternátor	4
21.4.2 Třífázový generátor (třífázový alternátor)	4
21.4.3 Transformátor	4
21.4.4 Třífázová soustava střídavého napětí	6

21 Střídavý elektrický proud

- směr elektrického proudu v čase se mění
- průběhy
 - periodický – okamžité hodnoty proudu se v čase periodicky mění a opakují, lze popsat jednoduchou funkcí
 - neperiodický – okamžité hodnoty jsou náhodné, nelze určit následující hodnotu (např. šum)
- rovnice střídavého el. proudu

$$i(t) = I_m \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$u(t) = U_m \sin(\omega t + \varphi_0 + \varphi)$$

- i, u – okamžitá hodnota proudu a napětí
- I_m, U_m – maximální amplituda proudu a napětí
- $\omega = 2\pi f = 2\pi/T$ – úhlová rychlost
- φ_0 – počáteční fáze napětí
- φ – fázový posun mezi proudem a napětím

21.1 Součástky v obvodu se střídavým napětím

21.1.1 Rezistor

- odpor rezistoru v obvodu střídavého napětí – rezistance
- značka X_R , jednotky Ω (ohm)
- stejné chování jako při stejnosměrném proudu
- výpočet

$$i = X_R u \rightarrow X_R = R = \frac{u}{i} = \frac{U_m}{I_m}$$

- nevytváří fázový posun
- změna energie na teplo

21.1.2 Cívka

- induktance, značka X_L , jednotky Ω (ohm)

$$X_L = \omega L = 2\pi f L$$

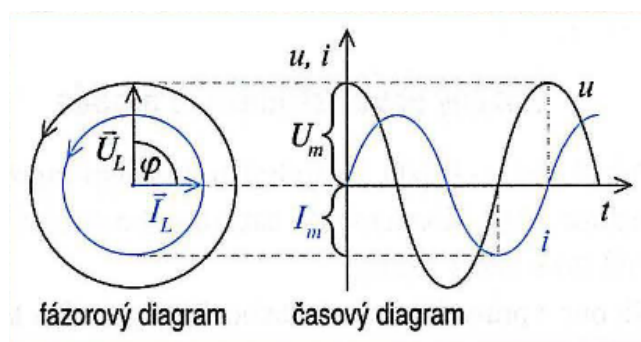
- L – indukčnost cívky
- platí Ohmův zákon

$$I_m = \frac{U_m}{X_L}$$

- při připojení na zdroj cívka vytváří elektromagnetické pole \rightarrow vlastní indukce napětí $u_i = -L\Delta i/\Delta t$ s opačnou polaritou než $u \rightarrow u$ v maximum dříve než $i \rightarrow$ fázový posun

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

- proud zpožděn za napětím
- změna energie v magnetické pole



Obr. 21.1: Fázový diagram posunu z důvodu indukčnosti

21.1.3 Kondenzátor

- kapacitance, značka X_C , jednotky Ω (ohm)

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

- platí Ohmův zákon

$$I_m = \frac{U_m}{X_C}$$

- záporný fázový posun – napětí zpožděné za proudem

$$u = U_m \sin \omega t$$

$$i = I_m \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$$

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

- v obvodu střídavého proudu se chová jako prvek s odporem
 - lepší propustnost pro velké frekvence; špatná propustnost malých frekvencí
- přeměna energie na elektrické pole

21.2 RLC Obvod

- RLC obvod – obvod složený z rezistoru R , cívky L a kondenzátoru C
 - zapojeny za sebou – sériový RLC obvod

21.2.1 Sériový RLC obvod

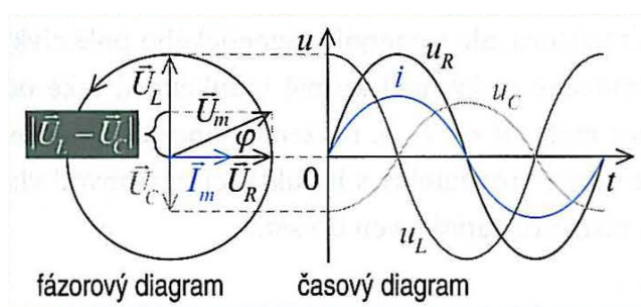
- $\overline{U_R}, \overline{U_L}, \overline{U_C}$ – fázory otáčející se v čase
 - $\overline{U_R}$ – fázor rezistoru, stejná fáze jako $\overline{I_m}$
 - $\overline{U_L}$ – fázor cívky, vektor posunut o 90°
 - $\overline{U_C}$ – fázor kondenzátoru, vektor posunut o -90°
- U_{Rm}, U_{Lm}, U_{Cm} – amplitudy napětí
- výsledný fázor napětí roven součtu všech fázorů

$$U_m^2 = U_{Rm}^2 + (U_{Lm} - U_{Cm})^2 \text{ (Pythagorova věta)}$$

$$U_m^2 = (X_R I_m)^2 + (X_L I_m - X_C I_m)^2$$

$$U_m^2 = I_m^2 (X_R^2 + (X_L - X_C)^2)$$

$$U_m^2 = I_m^2 \sqrt{X_R^2 + (X_L - X_C)^2}$$



21.2.2 Impedance

- $Z, [Z] = \Omega$
- veličina jednotně popisující RLC obvod

$$Z = \frac{U_m}{I_m} = \sqrt{X_R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{X_R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

- komplexní veličina

21.2.3 Fázový posun

- značka φ , úhel
- posun napětí vůči proudu

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \varphi &= \frac{X_L - X_C}{X_R} \\ \cos \varphi &= \frac{X_R}{Z} \end{aligned}$$

21.2.4 Resonance sériového RLC obvodu

- nastává při $X_C = X_L$
- impedance je na minimální hodnotě $Z = X_R$
- fázový posun nulový
- proud nabývá maximální hodnoty
- rezonanční frekvence f_0

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \Rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

21.3 Hodnoty střídavého proudu

21.3.1 Efektivní hodnota proudu

- hodnota střídavého proudu odpovídající stejnosměrnému proudu
- *proud, který má v obvodu s rezistorem stejný výkon jako střídavý proud $i = I_m \sin \omega t$*

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0,707 I_m$$

21.3.2 Efektivní hodnota napětí

- hodnota střídavého napětí odpovídající stejnosměrnému napětí
- *napětí, které má v obvodu s rezistorem stejný výkon jako střídavé napětí $u = U_m \sin \omega t$*

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 0,707 U_m$$

21.3.3 Výkon

Efektivní hodnota výkonu

- výpočet z efektivních hodnot proudu a napětí

$$P = UI = RI^2 = \frac{U^2}{R}$$

- bez posunu fáze napětí

Střední hodnota

- průměrná hodnota výkonu při průběhu střídavého proudu

$$P = \frac{1}{2} U_m I_m = \frac{1}{2} R I_m^2$$

Činný výkon

- elektrická energie dodaná zdrojem změněna v užitečnou práci či teplo

$$P = UI \cos \varphi$$

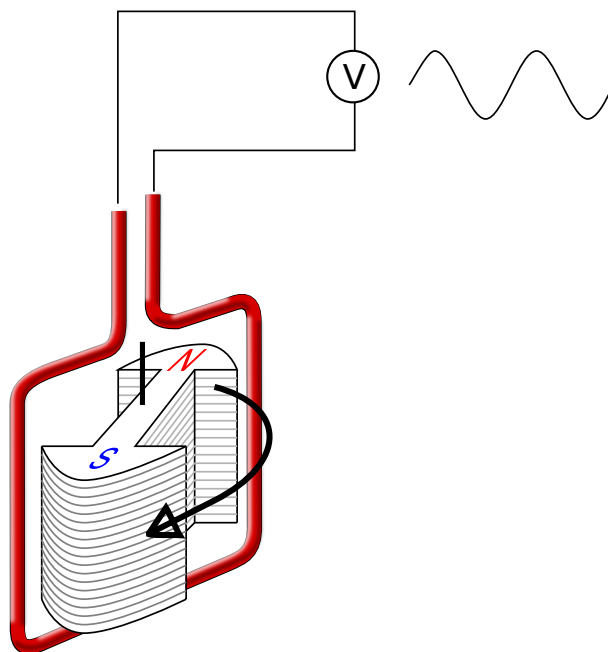
– $\cos \varphi$ – účinník

- speciální případ pro RLC obvod s posunem fáze napětí

21.4 Zařízení střídavého proudu

21.4.1 Alternátor

- výroba střídavého napětí
- přeměna mechanické energie na elektrickou
- rotor – stálý magnet, otáčí se
- stator – vodič navinut v cívce s jádrem
- měnící se magnetické pole indukuje na statoru el. proud



Obr. 21.2: Nákres jednoduchého alternátoru

21.4.2 Třífázový generátor (třífázový alternátor)

- výroba střídavého napětí
- stator – statická vnější část – 3 cívky
- rotor – otáčivá část – elektromagnet
- indukce střídavého napětí na každé cívkce, napětí o třetinu fáze navzájem posunuty

$$u_1 = U_m \sin \omega t \quad u_2 = U_m \sin \left(\omega t + \frac{2}{3}\pi \right) \quad u_3 = U_m \sin \left(\omega t + \frac{4}{3}\pi \right)$$

21.4.3 Transformátor

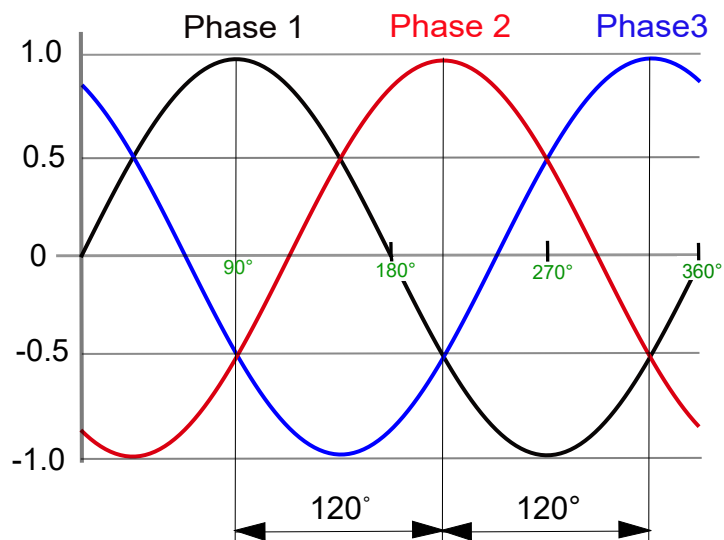
- změna napětí střídavého proudu
- energie zachována – při zvýšení napětí snížení proudu a naopak
- dvě cívky na společném jádře
 - primární cívka – přijímá vstupní napětí, vytváří elektromagnetické pole
 - sekundární cívka – indukování proudu na základě elektromagnetického pole
- napětí na cívkách

$$u = N \frac{d\Phi}{dt}$$

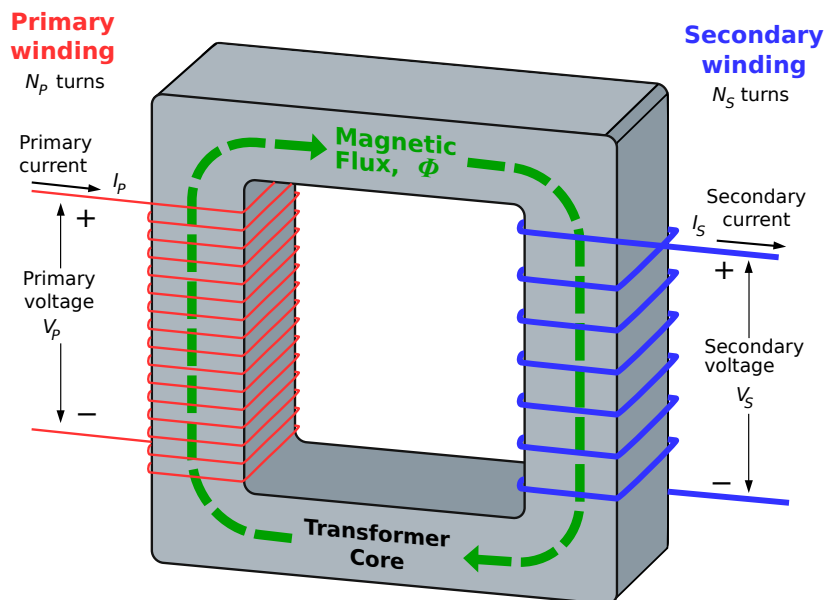
- Φ – magnetický tok
- transformační poměr

$$k = \frac{N_2}{N_1} = \frac{u_2}{u_1} = \frac{i_1}{i_2}$$

- $k > 1$ – zvýšení napětí
- $k = 1$ – napětí se nemění
- $k < 1$ – snížení napětí



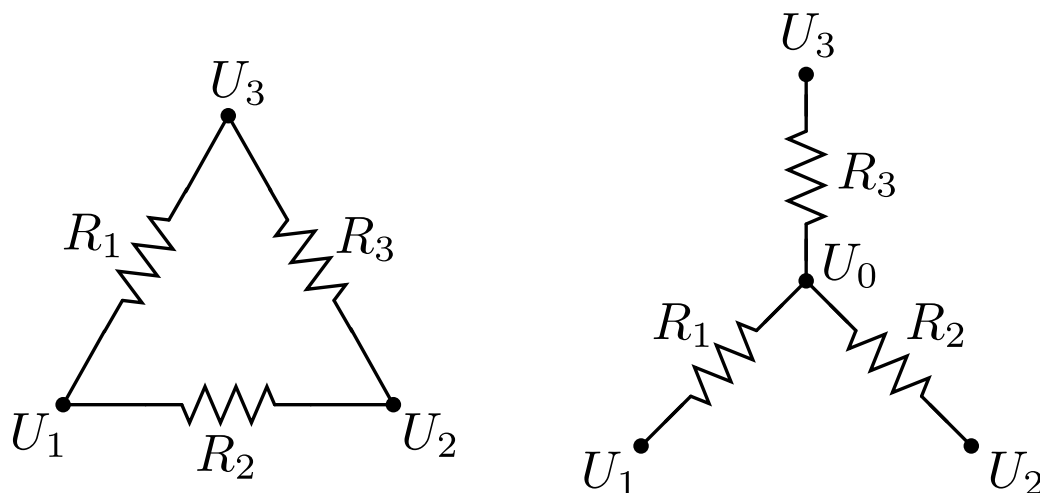
Obr. 21.3: Průběh tří fází generátoru



Obr. 21.4: Náčrt transformátoru

21.4.4 Třífázová soustava střídavého napětí

- součet okamžitých hodnot napětí fází $u_1 + u_2 + u_3 = 0$
- vodič z každé cívky spojen do uzlu – nulový potenciál – nulovací vodič
- druhé konce vyvedeny separátně – fázové vodiče
- napětí
 - fázové napětí – mezi fází a nulou – 230V
 - sdružená napětí – mezi fázemi, efektivní hodnota napětí $\sqrt{3}$ krát větší než efektivní hodnota napětí fáze – 398 V (400 V)
- zapojení
 - trojúhelník – na spotřebičích sdružená (vyšší) napětí, absence nulovacího vodiče
 - hvězda – na spotřebičích fázová napětí, nulovací vodič



Obr. 21.5: Zapojení trojúhelník-hvězda