

19) Obvody střídavého proudu

STŘÍDAVÝ PROUD

stejnoseměrný proud – proud prochází stále stejným směrem (zdroj baterie)

- **Elektrický proud, jehož směr se periodicky mění**
- Vznik – otáčení cívek v magnetickém poli (alternátor)
- Frekvence 50 Hz
- Okamžitá hodnota střídavého napětí

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

- Okamžitá hodnota střídavého proudu

$$i = I_m \sin \omega t$$

- Grafické znázornění veličin:
 - Časový diagram (závislost proud a napětí na čase)
 - Graf – sinusoida, kosinusoida (posun $0 + \frac{\pi}{2}$)
 - Fázorový diagram
 - Fázor = šipka, pomocí které zakreslujeme napětí a proudy jednotlivých prvků zařazených v obvodu do fázorového diagramu.

OBVODY STŘÍDAVÉHO PROUDU

- Střídavý obvod tvoří různé prvky, které jsou charakterizované svými parametry: rezistor s odporem R, cívka s indukčností L a kondenzátor s kapacitou C
- Zařazením jediného prvku do obvodu vzniká jednoduchý obvod střídavého proudu
- Je-li zařazeno prvků více, vzniká složený obvod střídavého proudu
- Střídavé obvody používané v praxi jsou vždy tvořeny kombinací těchto prvků (RLC)

OBVOD S REZISTOREM

- Platí Ohmův zákon
- Odpor R se nazývá se rezistance

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

- f frekvence nemá vliv
- Střídavé napětí i proud dosahuje amplitudy ve stejném okamžiku – **nevzniká fázový rozdíl mezi proudem a napětím**
- Efektivní hodnota napětí U = odpovídá stejnosměrnému napětí, pro které má el. proud v obvodu s rezistorem stejný výkon jako střídavý proud

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

- Efektivní hodnota proudu I = odpovídá stejnosměrnému proud, který má v obvodu s rezistorem stejný výkon jako střídavý proud

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

OBVOD S CÍVKOU

- Střídavý proud procházející cívku, vytváří proměnné magnetické pole
- Tím se v cívce indukuje napětí
- Následkem toho proud v obvodu nabývá největší hodnoty později než napětí (kvůli vlastní indukci)
- Napětí předbíhá proud
- **Posun $0 + \frac{\pi}{2}$** (za předpokladu nulového odporu cívky, jinak odpor zapojíme do série)
- Induktance cívky X_L :

$$X_L = U_m / I_m$$

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

OBVOD S KONDENZÁTOREM

- Po připojení ke zdroji střídavého napětí dochází k jeho periodickému nabíjení a vybíjení.
- Nabíjecí proud kondenzátoru je největší v okamžiku, kdy je kondenzátor nenabitý
- V okamžiku, kdy je kondenzátor nabit na napětí je proud v obvodu nulový
- Napětí je opožděno za proudem
- Jejich **fázový rozdíl je: $-\frac{\pi}{2}$**
- Kapacitance X_C :

$$X_C = U_m / I_m$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

SÉRIOVÝ OBVOD RLC SE STŘÍDAVÝM PROUDEM

- Jednotlivými prvky obvodu prochází stejný proud, ale napětí na nich se liší velikostí a vzájemnou fází
- Impedance (Z) charakterizuje obvod jako celek

$$Z = \frac{U_m}{I_m} = \frac{U}{I} = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}; [Z] = \Omega.$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

- Efektivní hodnota napětí U :

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

- Efektivní hodnota proudu I :

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

- Je-li $X_L = X_C$ při dané frekvenci \rightarrow fázový rozdíl proudu a napětí je nulový a obvod má vlastnost rezistence
 - proud dosahuje v obvodu maximální hodnot – **rezonance**

- Rezonanční frekvence (Thompsonův vztah):

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

PARALELNÍ OBVOD RLC SE STŘÍDAVÝM PROUDEM

- Prochází stejné napětí, ale proud se liší vzájemnou fází

VÝKON STŘÍDAVÉHO PROUDU

- Činný výkon střídavého proudu = část elektrické energie dodané zdrojem, která se v obvodu za jednotku času mění na teplo a na práci

$$P = UI \underbrace{\cos \varphi}_{\text{účinník}}$$

φ rozdíl fází obvodu
 Účinník – určuje účinnost přenosu E ze zdroje do spotřebiče

GENERÁTOR STŘÍDAVÉHO PROUDU

- Elektrárny: přeměna mechanická E → elektrická E
- **Trojfázový alternátor = generátor střídavého proudu**
- Složení generátoru: **rotor** a **stator**
- Stator obsahuje **3 masivní cívky** mezi kterými rotuje **elektromagnet** (rotor)
- Otáčivým pohybem mag. pole rotoru se na cívkách indukují střídavá napětí
- Tato napětí jsou vzájemně posunuta o 1/3 periody
- Rotory jsou obvykle konstruovány na frekvenci otáčení 3000 otáček za minutu, čemuž odpovídá frekvence 50 Hz

TROJFÁZOVÁ SOUSTAVA STŘÍDAVÉHO NAPĚTÍ

- Používá se k přenosu el. E a rozvodu el. proudu
- Součet okamžitých hodnot napětí je nulový ($u_1 + u_2 + u_3 = 0$)
- Jeden konec každé z cívek je spojen do společného uzlu, vodič spojený s uzlem = **nulovací vodič**
- Druhé konce cívek alternátoru jsou vyvedeny jednotlivě = **fázové vodiče**
- Mezi fázovými vodiči a nulovacím vodičem = **fázová napětí**
- Mezi libovolnými dvěma fázovými vodiči = **sdrúžená napětí**
- Efektivní hodnota sdrúženého napětí = $\sqrt{3} \times$ efektivní hodnota fázového napětí
- V el. rozvodné síti:
 - Fázová napětí: 230 V
 - Sdrúžená napětí: $\sqrt{3} \times 230 = 398$ V
 - Používá se proto označení: 3 × 400 V/230 V
- Spotřebiče konstruované na větší výkon se připojují současně ke všem fázovým vodičům
 - Spotřebiče můžeme pak zapojit do hvězdy nebo do trojúhelníku
 - **Při spojení do hvězdy** jsou jednotlivé spotřebiče připojeny k fázovému napětí 230 V

- **Při spojení do trojúhelníka** jsou připojeny k napětí sdruženému 400 V

TRANSFORMÁTOR

- Umožňuje nám **snížovat** nebo **zvyšovat napětí** v elektrické síti
- Části: dvě cívky se společným ocelovým jádrem
- $k > 1$ = transformace nahoru (napětí na sekundární cívce je větší než na primární cívce)
- $k < 1$ = transformace dolů (napětí na sekundární cívce je menší než na primární cívce)
- k = transformační poměr

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} = k$$

- Účinnost transformátoru je okolo 99.98 (ztráty: vibrace, teplo)

VÝHODY A NEVÝHODY ST. PROUDU

- **Výhody:**
 - Snížení přenosových ztrát
 - Přístroje jsou jednodušší než dynamo (generátor stejnosměrného proudu)
- **Nevýhody:**
 - Nutnost synchronizovat všechny elektrické generátory v celé síti
 - Uschovávání (dnes se ale rychle rozvíjí – bateriová uložení, elektrolytická ukládání)