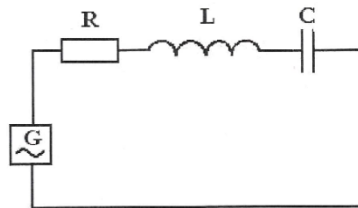


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

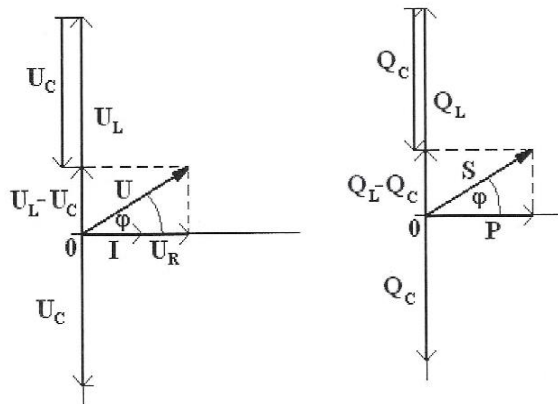
Předmět:	Ročník:	Vytvořil:	Datum:
ELEKTROTECHNIKA	PRVNÍ	ZDENĚK KOVAL	31. 10. 2013
Název zpracovaného celku:			
Ele 1 – RLC v sérii a paralelně, rezonance, trojfázová soustava, trojfázové točivé pole, rozdělení elektrických strojů			

6.3.4 RLC v sérii

$R \neq 0, L \neq 0, C \neq 0$



Pro $U_L > U_C$



Vektorový(fázorový) diagram napětí a trojúhelník výkonů

$$U = \sqrt{(U_L - U_C)^2 + U_R^2}$$

$$U_L = I \cdot X_L \quad U_C = I \cdot X_C \quad U_R = I \cdot R$$

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

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

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



evropský
sociální
fond v ČR



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Zajímavý případ nastane, když $U_L = U_C$, protože pak je proud a napětí ve fázi, to znamená, že:

$$I \cdot X_L = I \cdot X_C$$

$$L \cdot \omega = \frac{1}{\omega \cdot C}$$

$$\omega^2 \cdot L \cdot C = 1, \quad \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$4\pi^2 \cdot f^2 \cdot LC = 1,$$

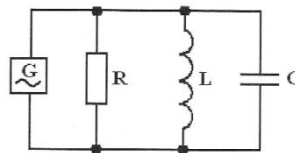
Thomsonův vztah pro rezonanční frekvenci a periodu:

$$f = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{LC}}, \quad T = 2\pi \cdot \sqrt{LC}$$

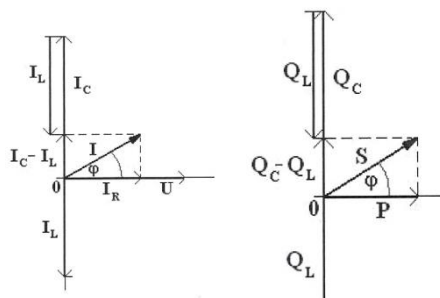
Celkový odpor obvodu se redukuje na R a proud v obvodu je maximální. Napětí vložené do obvodu má stejnou frekvenci (kmitočet) jako je vlastní frekvence obvodu. Hovoříme o rezonanci napětí, neboť výsledné napětí je rovno napětí na činném odporu.

6.3.5 RLC paralelně

$R \neq 0, L \neq 0, C \neq 0$



Varianta kdy $I_C > I_L$



$$I = \sqrt{I_R^2 + (I_C - I_L)^2} = U \cdot \sqrt{\frac{1}{R^2} + \left\langle \omega \cdot C - \frac{1}{\omega \cdot L} \right\rangle^2} = U \cdot Y$$

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Y je admitance, $Z = \frac{1}{Y}$, Z je impedance a má charakter celkového odporu obvodu

Fázové posunutí mezi proudem a napětím je φ

$$\tan \varphi = \frac{I_C - I_L}{I_R}$$

Varianta kdy $I_C = I_L$

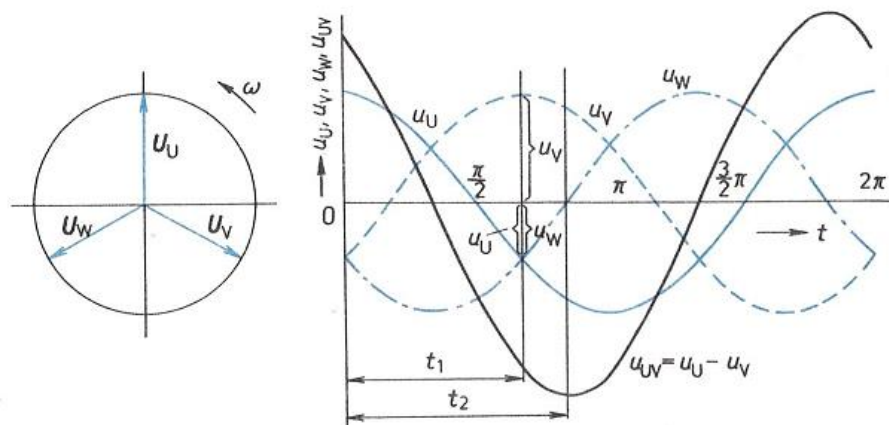
U této varianty se jedná opět o oscilační obvod, kde opět řešením podmínky dosáhneme rezonanční frekvence.

Kontrolní otázky a úlohy:

1. Jakými vzorci můžeme vyjádřit induktivní a kapacitní odpor?
2. Jak se tyto veličiny nazývají ještě jiným způsobem?
3. Co je impedance a co je admitance
4. Které obvody střídavého proudu považujeme za oscilační?
5. Co vyjadřuje Thomsonův vzorec?
6. V jakém obvodu dochází k napěťové rezonanci?
7. V jakém obvodu dochází k proudové rezonanci?
8. Kterým veličinám přiřazuje jednotku Ohm?

6.4 Trojfázová soustava

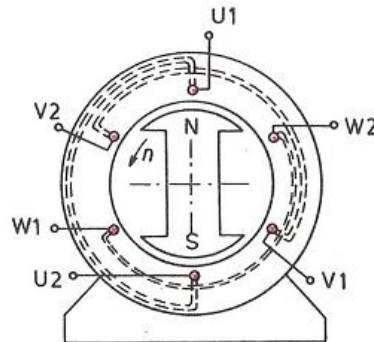
Trojfázová soustava má tři stejně velká napětí sinusového průběhu, jejichž časové průběhy jsou vzájemně posunuty o 120° ; tj. o $1/3$ periody.



Časový průběh trojfázového napětí

Taková trojfázová napětí vznikají v trojfázových generátorech, jejichž principiální uspořádání vypadá takto:

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Konstrukční uspořádání generátoru na střídavý proud

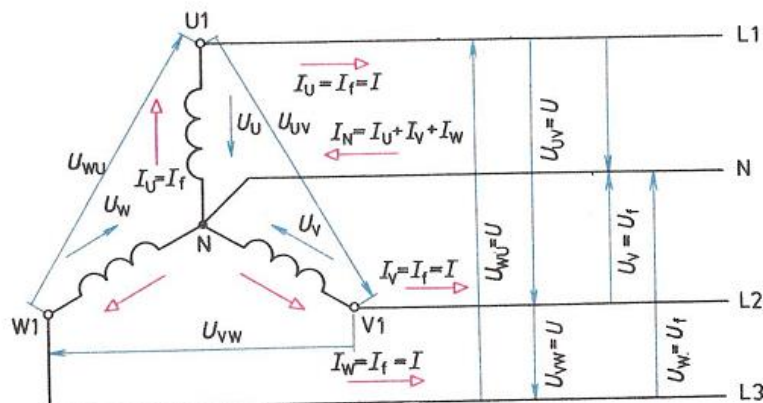
Generátor se skládá s nehybné části, zvané stator a z otočné části zvané rotor. Uvnitř statoru jsou uloženy v drážkách cívky tří vinutí. Na našem obrázků jsou znázorněny pouze jedním závitem. Začátky vinutí (fází) jsou označeny U1,V1,W1, konce U2,V2,W2. Cívky jsou na statoru vzájemně posunuty o 120°. V dutině statoru se otáčí rotor, který je dvojpólový. Cívka na rotoru je napájena stejnosměrným proudem, takže se polarita pólu nemění. Pólové nástavce mají takový tvar, že magnetická indukce má pod póly sinusový průběh.

Otáčí-li se rotor, otáčí se také jeho magnetické pole. Přitom protíná vodiče vinutí na statoru a indukuje v nich střídavé sinusové napětí. V trojfázovém vinutí se indukují tři samostatná napětí U_u, U_v, U_w , vzájemně posunutá o 120°.

Z časového průběhu trojfázového napětí vidíme, že algebraický součet okamžitých hodnot se v kterémkoli okamžiku rovná nule. Tato vlastnost nám umožňuje spojovat trojfázová vinutí generátoru do hvězdy nebo do trojúhelníku.

6.4.1 Spojení trojfázového vinutí do hvězdy

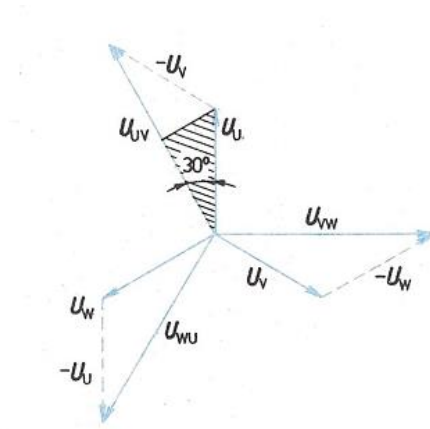
Spojení fází do hvězdy se označuje, Y. Vznikne tak, sdružená trojfázová soustava. Při spojení do Y spojujeme fáze (cívky) do jednoho bodu, tzv. uzlu a to buď začátky, nebo konce vinutí.



Spojení fází generátoru do hvězdy

Každá fáze generátoru má své fázové napětí U_u, U_v, U_w , které naměříme mezi začátkem fáze a uzlem. Kromě toho jsou zde ještě sdružená napětí U_{uv}, U_{vw}, U_{wu} , která naměříme mezi začátky jednotlivých fází. Fázové napětí označujeme U_f a sdružená napětí U_s . Sdružené napětí je dáno geometrickým rozdílem napětí dvou fází.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Fázorový diagram pro spojení fází do hvězdy

Velikost sdruženého napětí určíme z fázorového diagramu, přičteme-li k fázoru U_u opačně vzaty fázor U_v . Výslednice je fázor sdruženého napětí U_{uv} . Z pravoúhlého trojúhelníka, který je na obrázků vyšrafován, vyplývá

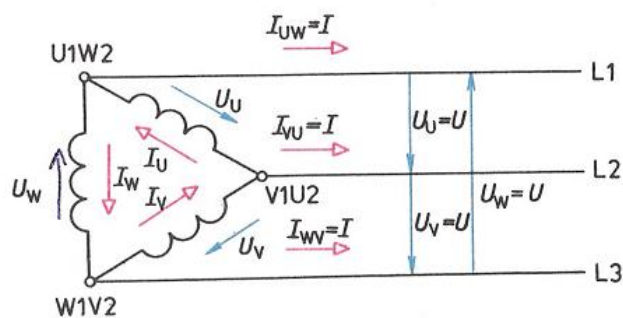
$$\frac{U_{uv}}{2} = U_u \cos 30^\circ = U_u \frac{\sqrt{3}}{2} \quad U_{uv} = \sqrt{3} \cdot U_u$$

$$\text{Obecně } U_s = U = \sqrt{3} \cdot U_f = 1,73 \cdot U_f$$

U nás je normalizované napětí 3x 230/400V. $U_f = 230\text{V}$, $U_s = 400\text{V}$.

6.4.2 Spojení trojfázového vinutí do trojúhelníku

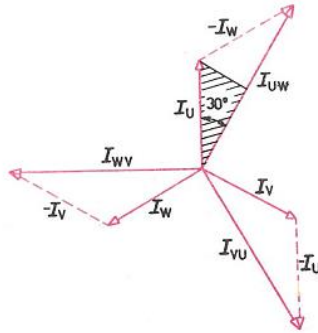
Při spojení trojfázového vinutí do trojúhelníku je spojen vždy konec jedné fáze a začátek následující fáze, takže vinutí generátoru tvoří uzavřený obvod. Konec fáze U_2 je spojen se začátkem fáze V_1 , podobně jsou spojeny V_2 s W_1 W_2 s U_1 . Nulovací vodič zde není, a proto je rozvodná síť třívodičová. Mezi vyvedenými fázovými vodiči L_1 , L_2 , a L_3 je napětí vždy jedné fáze generátoru, takže se síťové napětí rovná fázovému napětí, $U_s = U = U_f$. Fázemi generátoru prochází při zatížení fázový proud I_u , I_v , I_w a u každé fáze je kladný směr proudu od konce fáze k jejímu začátku. Kladný směr fázového napětí U_u , U_v , U_w je od začátku ke konci každé fáze. Fázový vodič je vždy připojen ke společné svorce dvou fází, a proto je síťový proud I proud sdružený. Jeho kladný směr je od svorky generátoru ke spotřebiči.



Spojení fází generátoru do trojúhelníku

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Velikost sdruženého proudu v síti určíme z fázorového diagramu.



Fázorový diagram pro spojení fází do trojúhelníku

Sdružený (síťový) proud je ve fázorovém diagramu dán geometrickým součtem proudů dvou fází. K fázovému proudu I_u přičteme zápornou hodnotu proudu I_w a výslednice je hledaný proud, $I_{uw} = I$. Z pravoúhlého trojúhelníku vyplývá

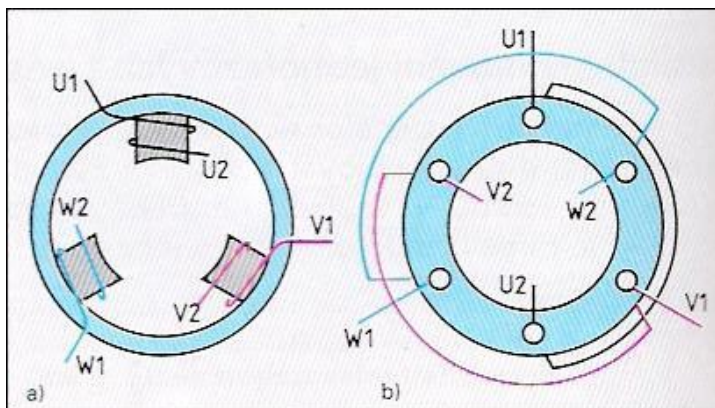
$$\frac{I_{uw}}{2} = I_u \cdot \cos 30^\circ = I_u \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$I_{uw} = I_u \cdot \sqrt{3} = I = 1,73 \cdot I_f$$

Síťový proud je při spojení vinutí generátoru do trojúhelníku $\sqrt{3}$ krát větší než fázový proud generátor.

6.4.3 Vytvoření točivého magnetického pole

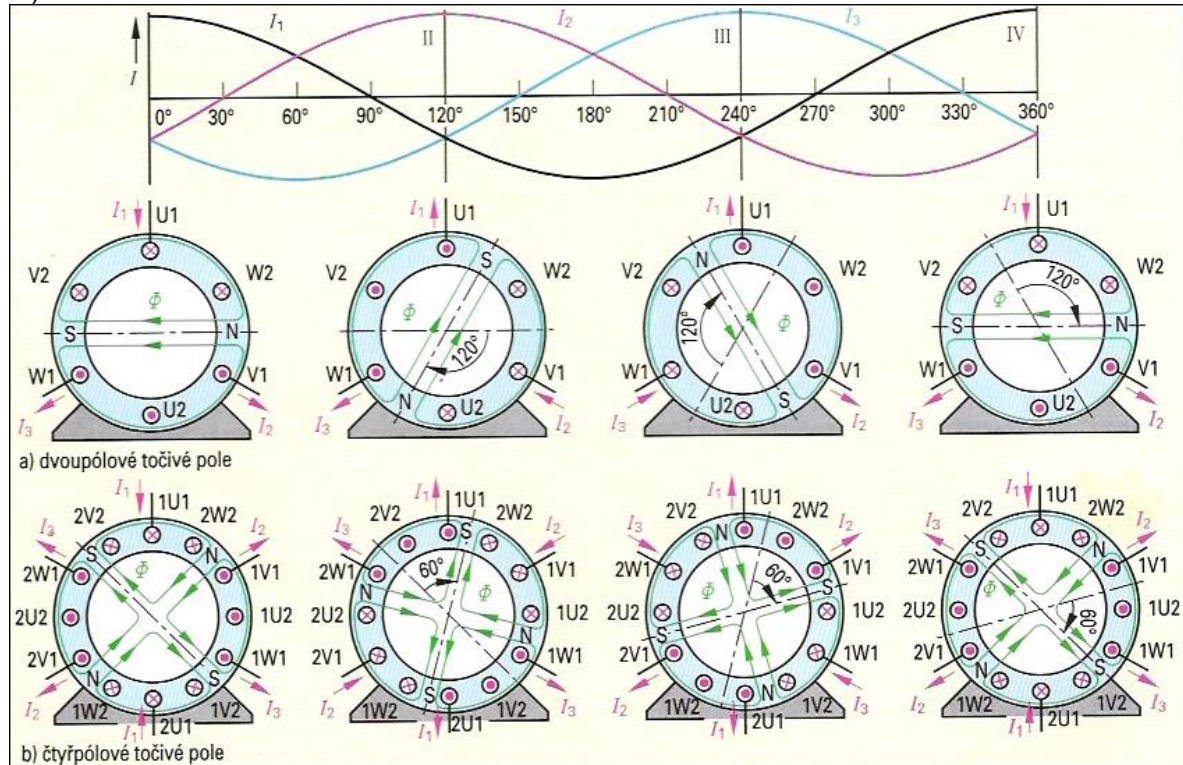
Otáčením tyčového permanentního magnetu nebo tyčového elektromagnetu kolem vlastní vlastního středu vznikne točivé magnetické pole. Točivé magnetické pole můžeme vytvořit např. třemi stejnými válcovými cívkami, pootočenými o 120° jestliže jsou napájeny trojfázovým proudem. Trojfázovým proudem lze tedy vytvořit točivé magnetické pole bez mechanického pohybu. Statorové vinutí je rozloženo na obvodu statoru. Stator je složených ze statorových (obdoba transformátorových) plechů (obr. 1).



Obr. 1 Konstrukce rotoru trojfázového motoru se třemi vinutími odsazenými o 120° , se svazkem plechů s otvory pro troje vinutí

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Pole se vytváří při průchodu trojfázového proudu vinutími. Protože jsou proudy procházející geometricky posunutými vinutími posunuty časově (fázově o 120°), vzniká točivé magnetické pole (obr.2).



Obr. 2 Vznik dvoupólového magnetického pole ve dvou okamžicích I. A II.

Točivé magnetické pole vzniká, otáčí-li se magnet, nebo když trojfázový proud protéká kruhově uspořádaným trojfázovým vinutím.

Stroje, které pracují na principu točivého magnetického pole, nazýváme elektrické točivé stroje. Elektromotory využívají točivého pole vytvořeného státorem. Má-li rotor stejnou rychlost jako točivé pole statoru nazýváme tyto motory synchronními. Jsou-li rychlost otáčení pole a rotoru různé nazýváme je asynchronními.

Je-li točivé pole vytvářeno třemi statorovými vinutími obsazenými na obvodu po 120°, je kmitočet otáček pole stejný jako kmitočet sítě. Každé vinutí má dvě cívky proti sobě tvořící severní a jižní pól tedy jeden pólový pár. Je-li na statoru šest vinutí obsazených od sebe po 60°, zdvojnásobí se počet pólových párů a otáčky (kmitočet) budou poloviční

Otáčky točivého pole jsou určeny síťovým kmitočtem a počtem pólu trojfázového vinutí

$$n_s = \frac{f}{p}$$

n_s [ot. /min] – kmitočet (frekvence) otáčení

f [Hz] – kmitočet (proudu)

p – počet pólových párů statoru



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

7. Rozdělení elektrických strojů

Elektrické stroje rozdělujeme na netočivé a točivé. Netočivé jsou transformátory, natáčivé transformátory a měniče (usměrňovače, střídače). Přeměňují elektrickou energii na el. energii jiných parametrů. Např. transformátor mění střídavý proud vyššího napětí na střídavý proud nižšího napětí nebo naopak. Usměrňovač mění střídavý proud na stejnosměrný proud a střídač přeměňuje stejnosměrné napětí na střídavé napětí s libovolným kmitočtem.

Točivé stroje jsou generátory a motory. Generátory přeměňují mechanickou energii působením elektromagnetické indukce na energii elektrickou. Motory naopak přeměňují elektrickou energii na mechanickou. Motory můžeme rozdělit na synchronní a asynchronní. Synchronní motory mají otáčky rotoru stejné jako rychlost otáčivého magnetického pole statoru. Naproti tomu asynchronní motory mají rychlost otáčení rotoru se zpožděním proti točivému magnetickému poli statoru a to o tzv. skluz (2 – 10%). Další rozdělení je podle napětí na střídavé a stejnosměrné a nakonec podle počtu fází na jednofázové a vícefázové (většinou 3 fázové).

Elektrický stroj musí vyhovovat pracovním požadavkům a při tom musí být co nejlépe využit. Rozměry stroje jsou přímo úměrné výkonu a nepřímo úměrné otáčkám. Každý stroj je konstruován pro určité jmenovité hodnoty, které jsou vyznačeny na štítku stroje, a musí vyhovovat příslušným normám.

Kontrolní otázky a úlohy:

1. Popiš, jak vznikne třífázová soustava.
2. Vysvětli princip generátoru napětí.
3. Nakresli a popiš zapojení generátoru do hvězdy.
4. Nakresli a popiš zapojení generátoru do trojúhelníka.
5. Vysvětli točivé magnetické pole.
6. Jak vypočteme synchronní otáčky točivého pole generátoru?
7. Rozdělení elektrických strojů.

Použita literatura a zdroje obrázků:

- VOŽENÍLEK, Ladislav – ŘEŠÁTKO, Miloš. *Základy elektrotechniky I.* 2. vyd. Praha: SNTL, 1986
VOŽENÍLEK, Ladislav – LSTIBŮREK, František. *Základy elektrotechniky II.* 1. vyd. Praha: SNTL, 1985
WOJNAR, Jiří. *Základy elektrotechniky I.* 1. vyd. Brno: Tribun EU s.r.o., 2009