



Agronomická
fakulta

Synchronní elektromotory

1f motory, 3f motory, nf motory, alternátory,
kompenzátory

Mendelova
univerzita
v Brně



Opakování z minule:

- Jaké máme druhy elektromotorů podle funkčních modelů?
- Popište konstrukci jednoduchého stejnosměrného motoru.
- Jak můžeme řídit stejnosměrný elektromotor?
- Jaké máme druhy zapojení buzení stejnosměrných elektromotorů?
- Co je to hodinový úhel transformátoru.
- Můžeme stejnosměrný motor připojit na střídavé napětí?
- Kde se využívají stejnosměrné motory?
- Stejnosměrný motor může mít jen jednu cívku na rotoru? Odpověď zdůvodněte.
- Co se děje se stejnosměrným motorem při přepětí?

Definice synchronního stroje

- Jsou zařízení, která přeměňují jeden druh energie na jiný druh energie, nebo mění její parametry (velikost). Minimálně jedna z energií musí být elektrická a existuje přímá úměra mezi rychlostí otáčení a frekvencí elektrické energie.
- Synchronní stroje jsou točivé stroje, jejich otáčky jsou úměrné pouze frekvenci napájecího napětí a počtu pólových párů (dvojic). V případě synchronního motoru má stator a rotor shodné otázky magnetického pole.

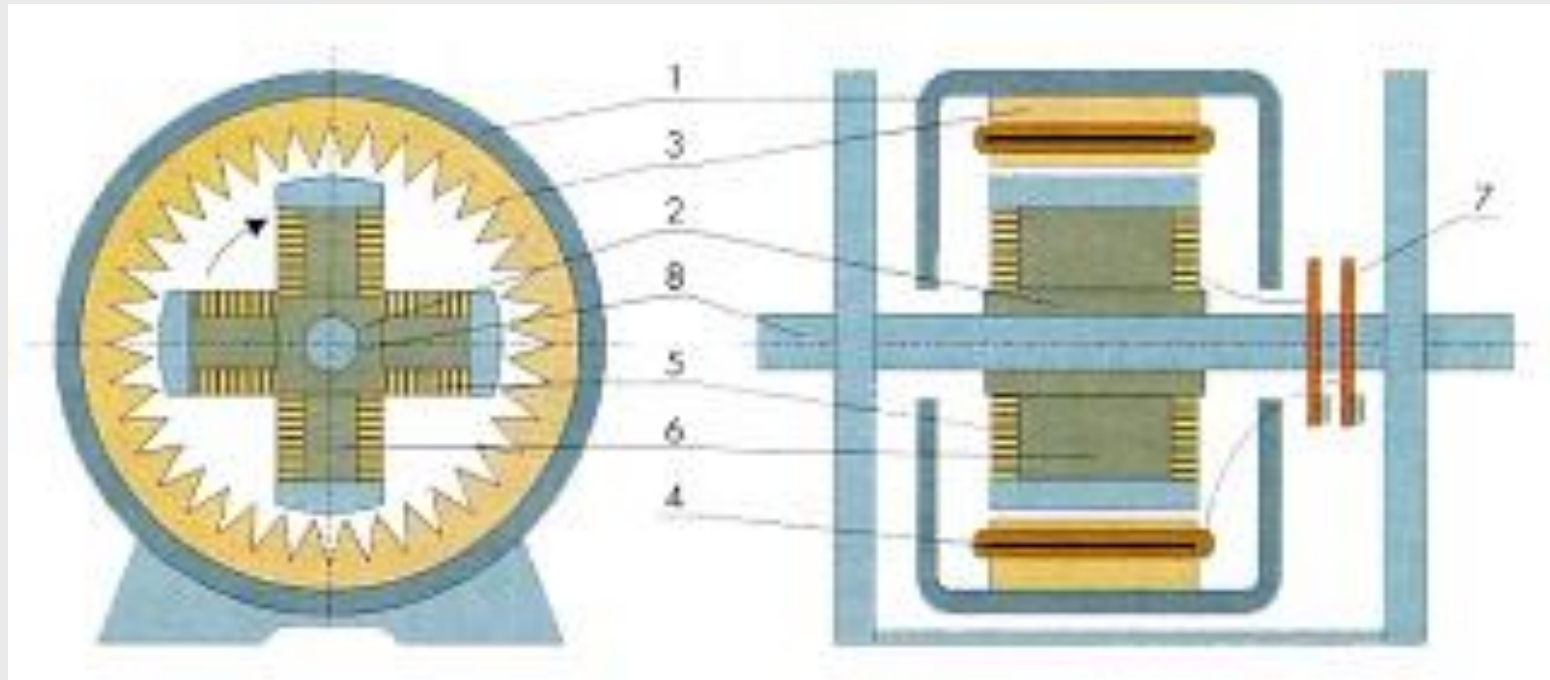
Rozdělení synchronních strojů

- Generátory
 - Turboalternátory
 - Alternátory
 - Pomaluběžné generátory
- Motory
 - S vyniklými póly
 - S hladkými póly
- Kompenzátory

Princip činnosti motoru

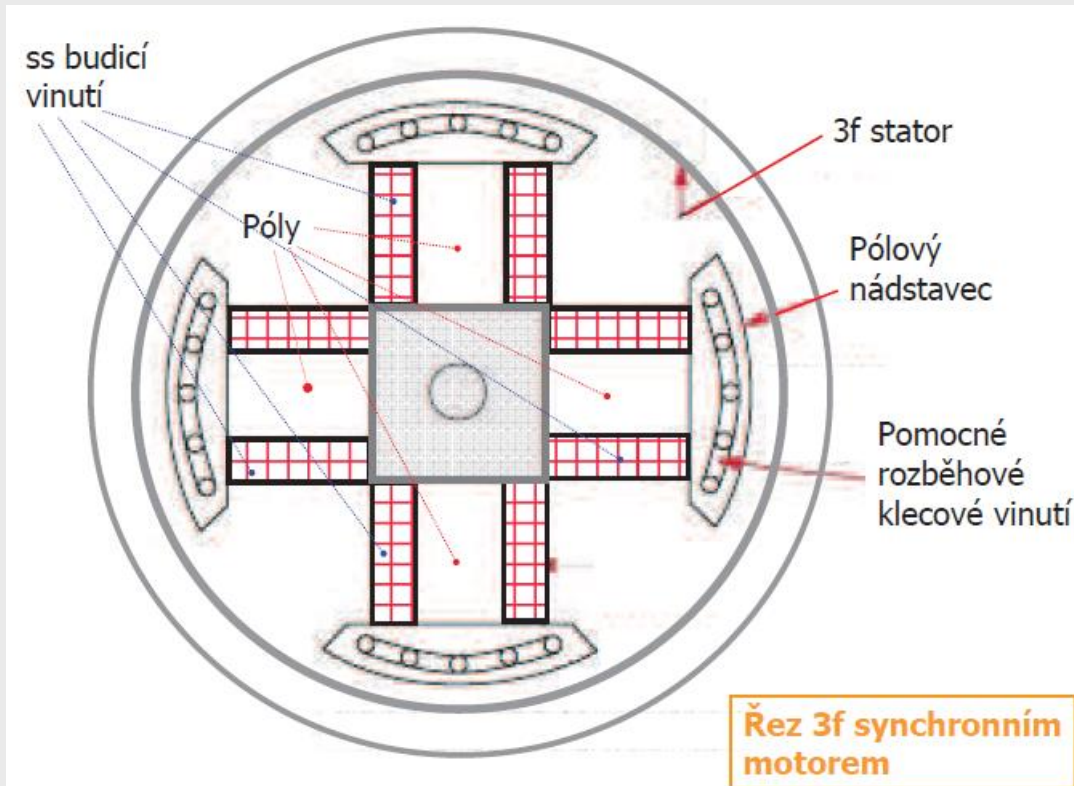
- Stator – 3f vinutí, „střídavina“
- Rotor - je soustava pólů
 - buzení stejnosměrným proudem
 - buzení permanentní magnety.
- Synchronní motor, který se po roztočení otáčí současně s točivým magnetickým polem přesně synchronními otáčkami. Ty se nemění ani při zatížení. Rotor synchronního stroje se tedy otáčí současně s točivým magnetickým polem statoru.

Konstrukce stroje



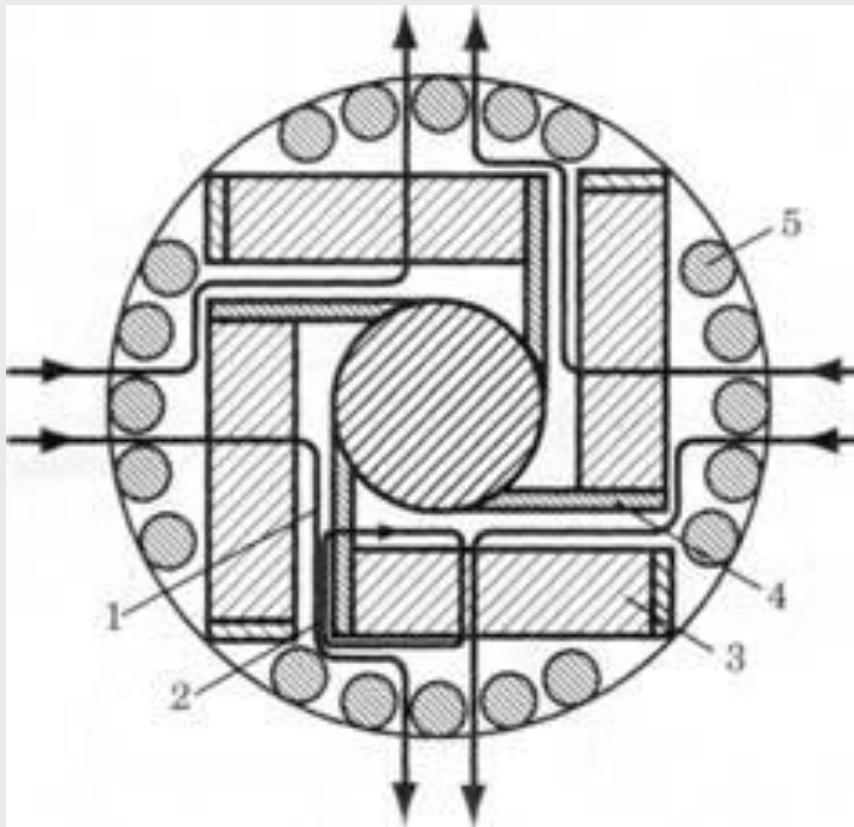
- 1 - stator, 2 - rotor, 3 - magnetický obvod statoru, 4 - statorové vinutí, 5 - rotorové vinutí, 6 - póly, 7 - sběrací kroužky, 8 - hřídel

Konstrukce stroje



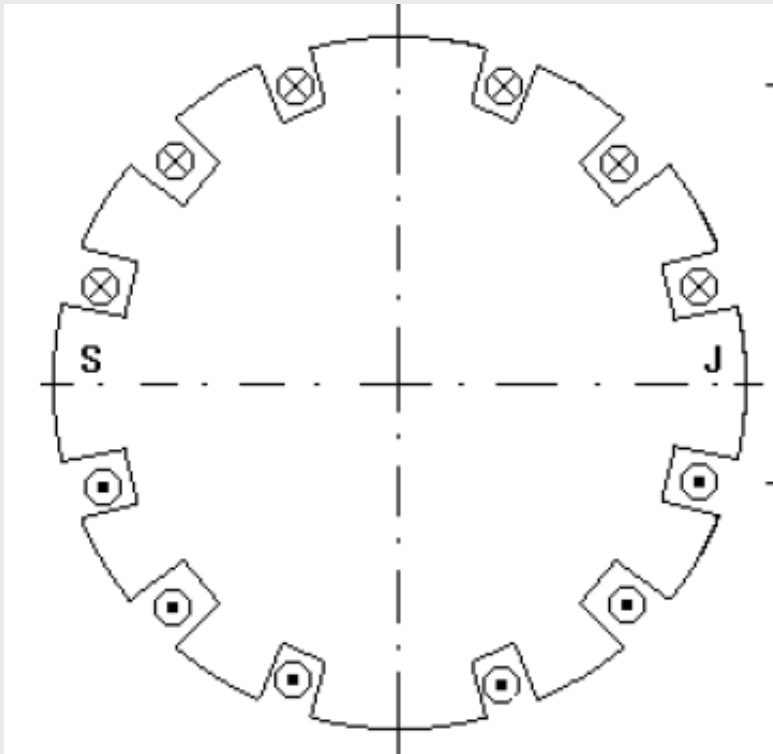
- Rozběh synchronního stroje
- Nelze dosáhnout v t_0 synchronních otáček
- Překonání rozběhového momentu

Konstrukce stroje



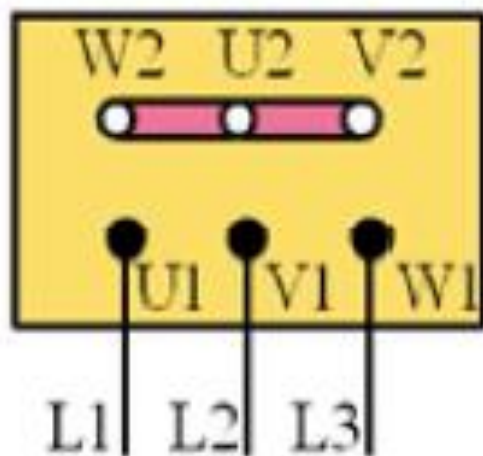
- 1 – Účinný magnetický tok
- 2 – Uzavřený magnetický tok
- 3 – Permanentní magnety
- 4 – Distanční deska (nemagnetická)
- 5 – Startovací klec

Konstrukce stroje

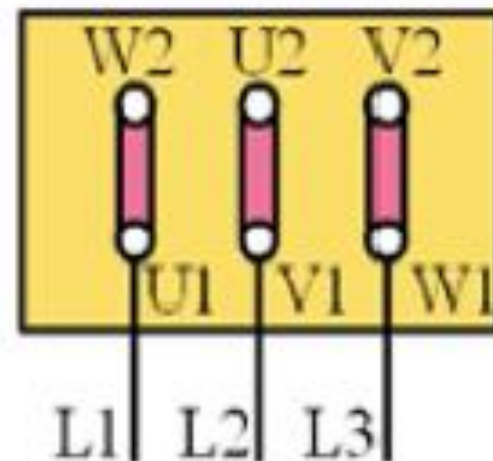


- Rotor s hladkými póly
- Nakreslit průběh magnetického pole (spirála)
- Využití u turboalternátorů

Zapojení u 3f



HVĚZDA



TROJÚHELNÍK

Otáčky

- Otáčky rotoru jsou závislé čistě na frekvenci napájecího proudu.
- Pro motory buzené stejnosměrným napětím ještě záleží na napětí buzení.
 - U přebuzení možné rychlejší otáčení -> rychlé opotřebení motoru

$$n_0 = \frac{60 \cdot f}{p}$$

Moment 1f

$$M = \frac{P}{\omega} = \frac{m.U.I.\cos\varphi}{\omega} = \frac{m.U.U_{ib}.\sin\beta}{\omega.X_d}$$

- m – mechanické ztráty $<1,0>$
- U – svorkové napětí
- U_{ib} - Imaginární zdroj generovaný strojem z náhradního schématu
- β – zátěžový úhel
- φ – fázový posuv
- X_d – synchronní reaktance z náhradního schématu

Zátěžový úhel pro 3f

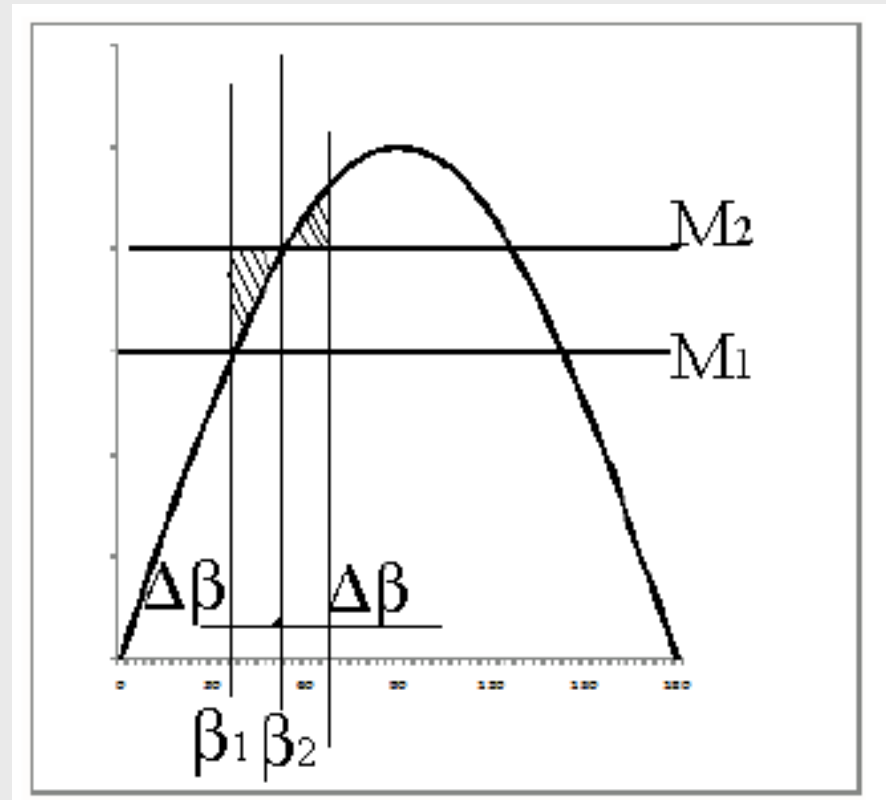
- Jedná se o rozdíl úhlu mezi statorovým a rotorovým magnetickým polem ve stejný čas t.
- Nesmí přesáhnou 45° od středu

$$\frac{\sqrt{3} \cdot U \cdot X_d \cdot I \cdot \cos\varphi}{\omega_s \cdot X_d} = \frac{\sqrt{3} \cdot U \cdot U_{ib}}{\omega_s \cdot X_d} \cdot \sin\beta$$

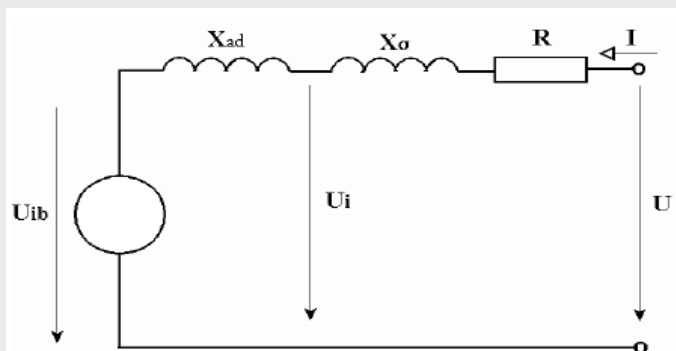
$$M_{max} = \frac{\sqrt{3} \cdot U \cdot U_{ib}}{\omega_s \cdot X_d}$$

Dynamická stabilita

- Rozumíme děje, které se v synchronním stroji dějí během přechodu mezi dvěma ustálenými stavy. „Kývání synchronního stroje“.



Náhradní schéma

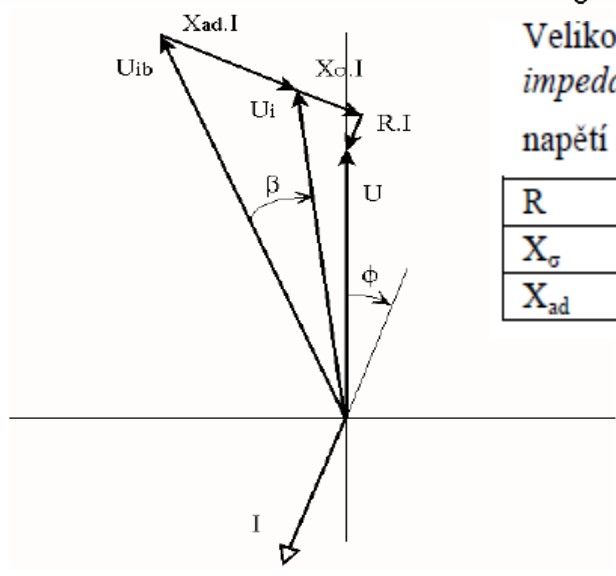


V pravé smyčce obvodu platí rovnice

$$\bar{U} = \bar{U}_i + R \cdot \bar{I} + j \cdot X_{\sigma} \cdot \bar{I}$$

V levé smyčce pak platí

$$\bar{U}_i = \bar{U}_{ib} + j \cdot X_{ad} \cdot \bar{I}$$

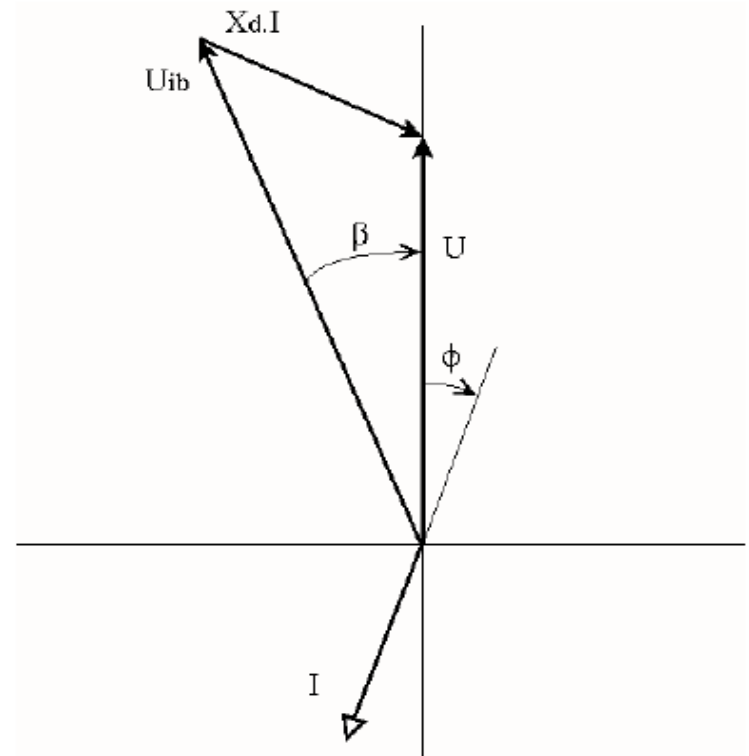
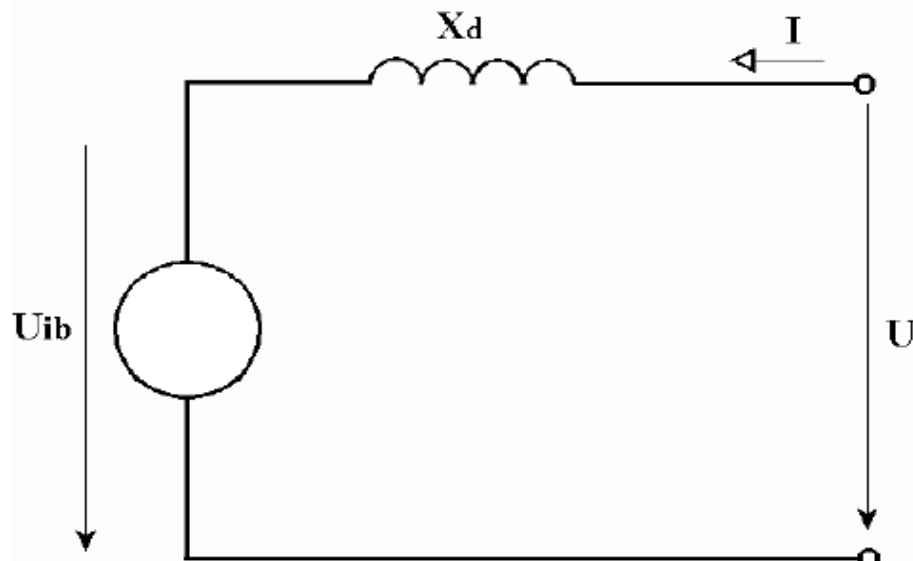


Velikosti jednotlivých prvků obvykle vyjadřujeme v procentech *jmenovité impedance stroje*, která je dána poměrem jmenovitých fázových hodnot napětí a proudu $X_n = \frac{U_{nf}}{I_n}$. Orientační velikosti prvků :

| | |
|--------------|----------|
| R | 1-5 % |
| X_{σ} | 15-30% |
| X_{ad} | 100-200% |

Náhradní schéma

Z velikosti prvků náhradního schématu vyplývá, že činný odpor stroje je z hlediska napěťových poměrů zanedbatelný a lze jej v náhr.schematu vynechat. Reaktance stroje lze sloučit do jediné *synchronní reaktance* X_d .

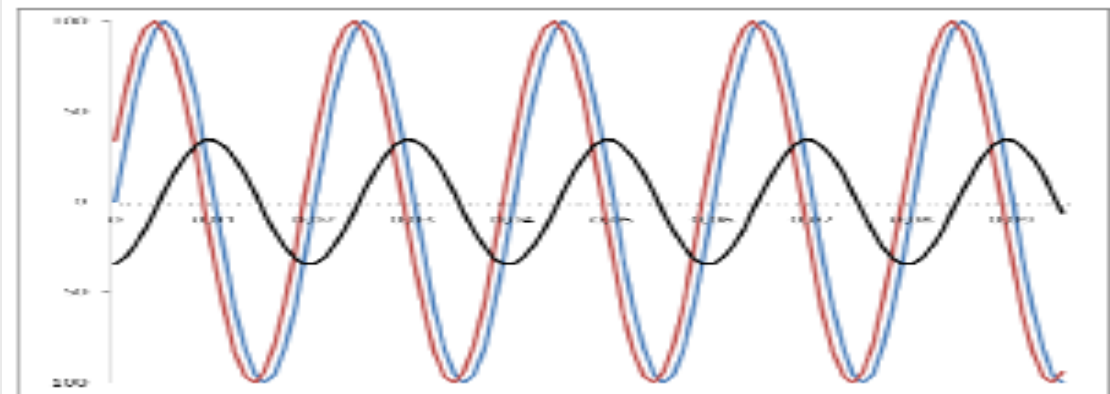


Stavy motorů a generátorů jako náhradní schéma

Stavy stroje a jejich fázorové diagramy

| | | | |
|--|--|---|--|
| <p><i>Generátor s čistě indukční zátěží</i></p> | | <p><i>Generátor s čistě kapacitní zátěží</i></p> | |
| <p><i>Generátor s čistě činnou zátěží</i></p> | | <p><i>Generátor se zátěží ind.charakteru</i></p> | |
| <p><i>Generátor se zátěží kap.charakteru</i></p> | | <p><i>Přebuzený motor</i></p> | |
| <p><i>Podbuzený motor</i></p> | | <p><i>Motor s $\cos \varphi = 1$</i></p> | |

Fázování



Jestliže chceme spojit 2 točivé systémy, nesmí mezi nimi být žádný rozdíl napětí. Lze toho dosáhnout splněním 4 podmínek :

1. Stejný sled fází – systémy mají stejný smysl otáčení. Při nesouhlasu sledu je třeba zaměnit 2 fáze na jedné straně.
2. Stejná frekvence – oba systémy se točí stejně rychle. Frekvence synchronního stroje se nastavuje otáčkami.
3. Stejně napětí. Napětí synchronního stroje lze měnit budicím proudem.
4. Stejný fázový posun – sinusové průběhy napětí se překrývají. Pokud nesouhlasí fáze, je třeba synchronní stroj urychlit (zpomalit) a po dosažení shody opět zpomalit (urychlit) na shodnou frekvenci. Na obrázku vpravo je znázorněn průběh rozdílového napětí při chybě fáze 20° .

Turboalternátor

- Pracují v tepelných elektrárnách
- Mají vodorovný hřídel
- Pracují s otáčkami 1 500 - 3 000 ot./min.
- Problémy s chlazením jsou dlouhé

Alternátory

- ve vodních elektrárnách vysokotlaké
- v elektrocentrálách
- Hřídel
 - Vodorovná elektrocentrály
 - Svislý vodní elektrárny
- otáčky se pohybují od 100 do 1500 ot./min.

Hydroalternátory

- ve vodních elektrárnách nízkotlaké
- Hřídel svislá
- otáčky se pohybují do 100 ot./min.
- Velká počet pólů
- Každý magnet má své buzení

Definice

- Synchronní motor běžící naprázdno
- Speciální konstrukce (nemá vyvedenou hřídel ven)
- Vlastnosti kondenzátoru, dodává do sítě jalový výkon -> tím zvyšuje jalovou složku, kompenzuje indukci.
- Má přebuzené buzení

Ukotvení

- Bez vyvedené hřídele
 - Kompenzátory – indukční zátěž
- Vyvedená hřídel na jedné straně
 - S hrotem
 - Přírubová
 - Přítlačná
- Oboustranná hřídel
 - Stejně jako u jedné hřídele
 - Může být na obou stranách jiný