

## **ASYNCHRONNÍ STROJE**

### **Obsah**

1. Význam a použití asynchronních motorů
2. Princip činnosti asynchronního motoru
3. Rozdělení asynchronních motorů
4. Výkon a moment asynchronního motoru
5. Spouštění trojfázových asynchronních motorů
6. Řízení otáček asynchronních motorů

## 1. Význam a použití

Asynchronní stroje se užívají nejčastěji jako motory. Jsou nejrozšířenějšími elektromotory vůbec a používají se k nejrůznějším pohonům proto, že jsou ze všech elektromotorů nejjednodušší a nejlacinější. Jsou rovněž provozně nejspolehlivější a vyžadují malou údržbu. Užívají se k pohonům zařízení jako jsou čerpadla, ventilátory, kompresory, pásové dopravníky, jeřáby, výtahy, obráběcí stroje, atd.

## 2. Princip činnosti asynchronního motoru ( AM )

Princip činnosti AM je založen na vzájemném elektromagnetickém působení točivého magnetického pole statoru a proudů, vytvořených ve vinutí rotoru tímto magnetickým polem. AM je tedy založen na indukci napětí a proudů v rotoru a proto se také nazývá indukčním motorem. Točivé magnetické pole se u AM vytvoří ve vinutí statoru (pevná, nepohyblivá část stroje), které je nejčastěji provedeno jako trojfázové, kde vinutí jednotlivých fází jsou prostorově natočena o  $120^{\circ}$  a kterými protéká trojfázový harmonický proud.

Asynchronní stroje mohou také pracovat jako asynchronní generátory (to znamená, že mechanickou energii přeměňují na elektrickou) v případě, že poháněním AM dosáhneme jeho mechanických otáček vyšších než jsou otáčky synchronní, čímž indukovaná napětí a proudy v rotoru jsou opačného smyslu a stroj tedy dodává činný elektrický výkon do sítě.

Poháníme-li stroj mechanickým momentem působícím proti otáčení točivého magnetického pole, pracuje jako synchronní brzda, tj. moment asynchronního stroje působí proti hnacímu mechanickému momentu .

V praxi se uvádějí otáčky AM v otáčkách za minutu, pak vztah pro synchronní otáčky je:

$$n_{s1} = \frac{60 \cdot f_1}{p} \text{ (min}^{-1}, \text{ Hz, -)},$$

kde  $p$  je počet pólových dvojic.

Mírou asynchronizmu tj. rozdílu otáček synchronních a otáček rotoru  $n$  je skluz, definovaný vztahem:

$$s = \frac{n_{s1} - n}{n_{s1}} \cdot 100 \text{ (\%)}.$$

Skutečné otáčky asynchronního motoru jsou pak dány vztahem:

$$n = n_{s1} \cdot (1 - s)$$

Indukované proudy v obvodu rotoru vytvoří rovněž točivé magnetické pole rotoru, které se vzhledem k rotoru stroje otáčí rychlostí danou vztahem :

$$n_2 = n_{s1} - n = \frac{f_2}{p}$$

kde frekvence  $f_2$  je frekvence napětí a proudů ve vinutí rotoru definovaná jako

$$f_2 = n_2 \cdot p = (n_{s1} - n) \cdot \frac{f_1}{n_{s1}} = s \cdot f_1$$

## 3. Rozdělení asynchronních motorů

podle počtu fází statorového vinutí

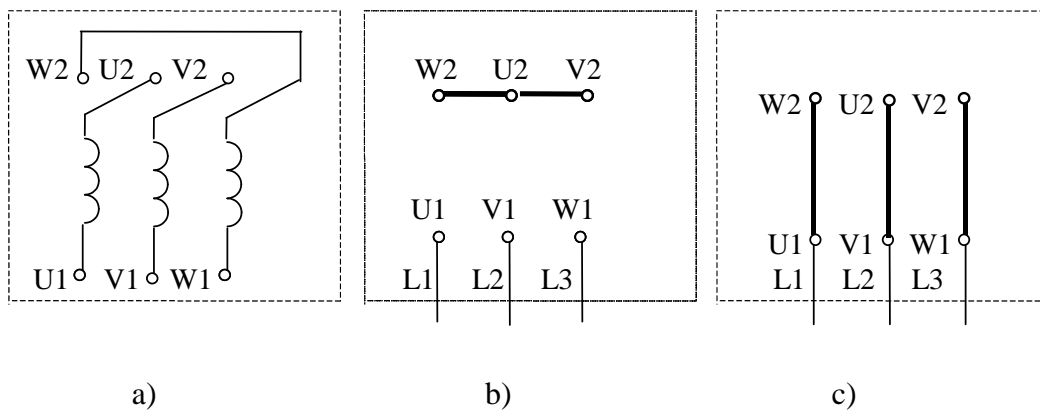
- trojfázové
- dvojfázové
- jednofázové

podle provedení rotorového vinutí

- s kotvou nakrátko (klecové) – v drážkách rotoru jsou uloženy vodivé tyče, nejčastěji hliníkové, spojené na čelních stranách kruhy nakrátko
- s kotvou kroužkovou – v drážkách rotoru je trojfázové vinutí z mědi spojené do hvězdy, jehož vývody jsou připojeny na tři kroužky nalisované stejně jako magnetický obvod rotoru na hřídeli stroje a ke kterým přiléhají pevně osazené kartáče umožňující vyvedení vinutí na svorkovnici stroje.

Způsob zapojení trojfázového statorového vinutí

Vinutí statoru, nejčastěji trojfázové, je uloženo v drážkách jeho magnetického obvodu složeného z plechů vzájemně izolovaných. Jeho šest konců je vyvedeno na svorkovnici a označeno podle obr. 1a, kde začátky vinutí jsou označeny U1, V1, W1 a konce U2, V2, W2. Pomocí vodivých spojek lze spojit vinutí buď do hvězdy (obr.1b), nebo do trojúhelníka (obr. 1c).



Obr. 1 Svorkovnice asynchronního motoru: a) připojení vinutí, b) spojení do hvězdy (Y), c) spojení do trojúhelníka (D)

#### 4. Výkon a moment asynchronního motoru

Příkon odebíraný trojfázovým elektromotorem z napájecí sítě je dán vztahem :

$$P_p = 3 \cdot U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1 = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi_1$$

kde  $U_1$  a  $I_1$  jsou fázové veličiny,

$U$  a  $I$  jsou sdružené veličiny, tj. napětí mezi vodiči a proud tekoucí vodičem přívodního vedení k motoru  
 $\varphi_1$  je fázový posun mezi napětím a proudem.

Účinnost AM je dána vztahem :

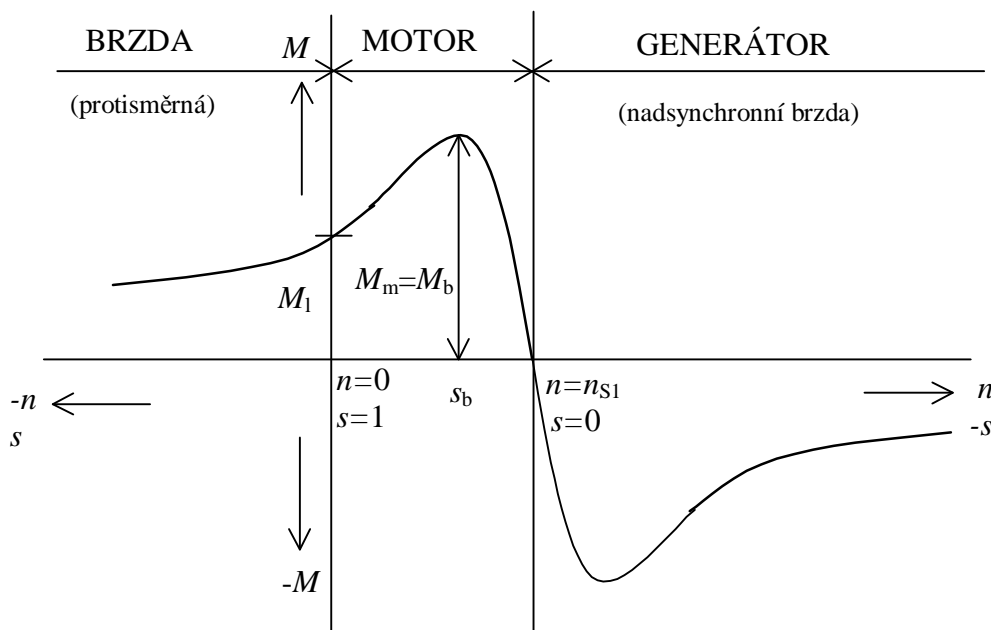
$$\eta = \frac{P}{P_p}$$

$P$  - mechanický výkon na hřídeli motoru  
 $P_p$  - příkon motoru, tj. elektrický výkon odebíraný motorem z napájecí sítě

Jmenovitý točivý moment motoru na hřídeli  $M_N$  pro jmenovitý výkon motoru  $P_N$  a jmenovité otáčky  $n_N$  se určí ze známého vztahu :

$$M_N = \frac{P_N}{\Omega_N} = \frac{P_N}{\frac{2\pi \cdot n_N}{60}} = 9,55 \cdot \frac{P_N}{n_N} \quad (\text{N} \cdot \text{m}, \text{W}, \text{min}^{-1})$$

Grafickým vyjádřením závislosti momentu na otáčkách (tj. i na skluzu) je momentová charakteristika na obr.2.



Obr.2 Momentová charakteristika asynchronního stroje

## 5. Spouštění trojfázových asynchronních motorů

Spouštění AM je činnost potřebná k rozběhu, který je pak přechodným dějem, během kterého se mění rychlost, proudy, moment motoru. V okamžiku připojení k napájecí síti se motor s kotvou nakrátko chová podobně jako transformátor nakrátko. V tomto okamžiku protéká motorem záběrný proud omezený při daném napětí sítě jen impedancí nakrátko motoru. Záběrný proud bývá u běžných motorů nakrátko spouštěných přímým připojením na síť asi 4 až 8 násobek jmenovitého proudu v závislosti na konstrukčním provedení daného motoru, např. na počtu pólů, provedení drážek, apod.

### Požadavky při spouštění

- a) dostatečně velký záběrný moment (s ohledem na překonání zatížení motoru v klidu a při rozběhu)
- b) malý záběrný proud (s ohledem na napájecí vedení a síť, ve kterých dochází vlivem záběrného proudu k velkým proudovým nárazům a tím k úbytkům napětí, ovlivňující i vlastní rozbíhaný AM).

S ohledem na proudový náraz při spouštění AM je spouštění přímým připojením na veřejnou síť povoleno pouze u motorů s výkonem do 3 kW. Toto neplatí ve velkých průmyslových závodech a v elektrárnách, kde jsou napájecí sítě a přípojky velkých výkonů

### Způsoby spouštění motorů s kotvou nakrátko (klecových)

U AM nakrátko není možno zvětšovat odpor rotorového obvodu (vyjma motorů se speciálně upravenou rotorovou klecí) a tím zvětšovat záběrný moment. Je možno jen zmenšovat proudový náraz při současném zmenšení záběrného momentu.

AM nakrátko o výkonech větších než 3 kW lze spouštět sníženým napětím na statoru, což samozřejmě způsobí jednak snížení proudového nárazu tak i snížení záběrného momentu, protože moment motoru závisí na čtverci napětí, jak je patrné ze vztahu pro moment AM.

Z tohoto důvodu se takto spouští motory s malým zatěžovacím momentem při rozběhu nebo motory, které nejsou při rozběhu zatíženy.

Jsou možné tyto způsoby rozběhu :

- a) se statorovým spouštěčem
  - s rezistory u menších výkonů
  - s tlumivkami u větších výkonů
- b) spouštěcím autotransformátorem - sníží se úměrně záběrný proud motoru, kvadraticky záběrný proud v síti při současném kvadratickém snížení záběrného momentu
- c) přepínačem hvězda - trojúhelník (popř. stykačové přepínání Y – D, obr. 3) - záběrný proud v síti a záběrný moment motoru se sníží 3 x. Motor je navržen pro spojení do trojúhelníka pro normální chod, tj. tak, aby napětí napájecí sítě odpovídalo jmenovitému napětí pro spojení do trojúhelníka.

Při rozběhu motoru je jeho statorové vinutí spojeno do hvězdy. Je-li impedance fáze motoru rovna  $Z$  a sdružené napětí sítě  $U$ , poteče fází motoru proud:

$$I_{Yf} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z}$$

který je roven proudu sdruženému odebíraném motorem ze sítě

Po ukončení rozběhu se motor přepne do trojúhelníka, fází motoru nyní poteče proud:

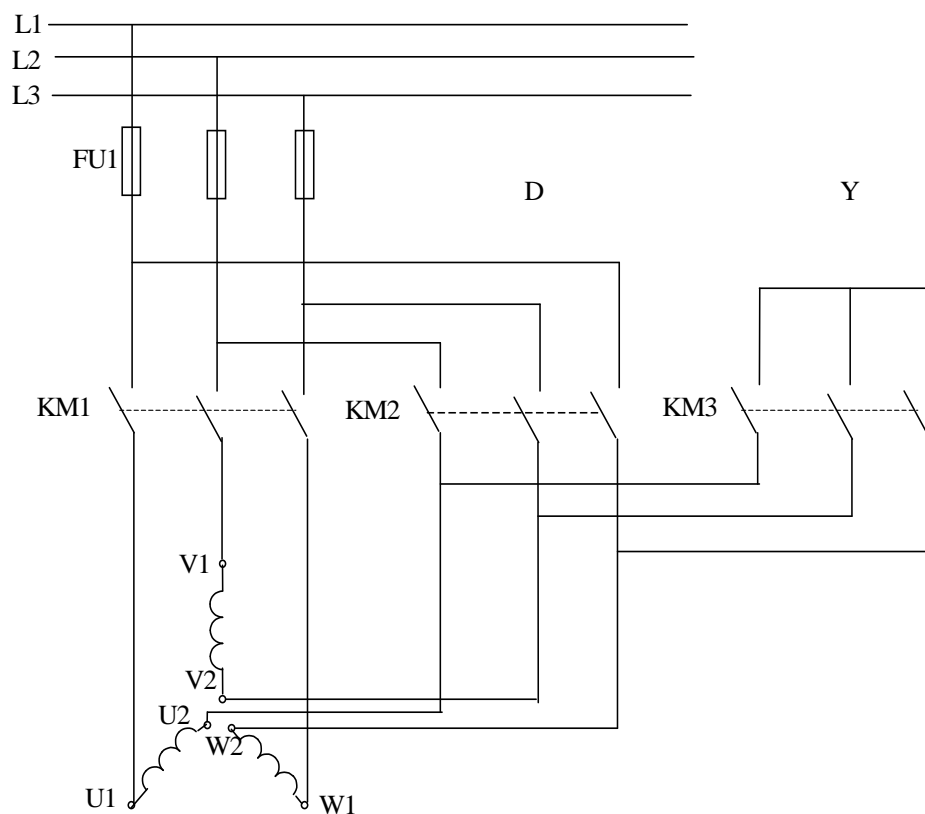
$$I_{Df} = \frac{U}{Z}$$

ale ze sítě motor odebírá sdružený proud :

$$I_D = \sqrt{3} \cdot I_{Df} = \sqrt{3} \cdot \frac{U}{Z}$$

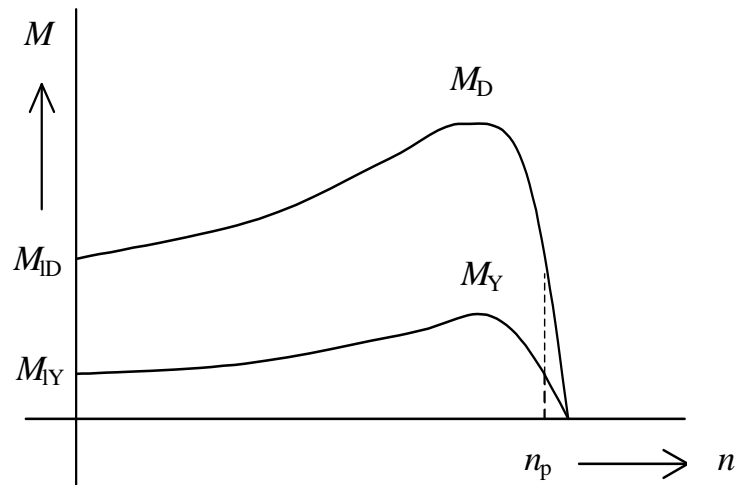
Poměr proudů při spojení vinutí do hvězdy a trojúhelníka je tedy:

$$\frac{I_Y}{I_D} = \frac{1}{3}$$



Obr. 3 Spouštění motoru stykačovým přepínáním Y – D

Momentové charakteristiky AM při spojení vinutí do trojúhelníka ( $M_D$ ) a do hvězdy ( $M_Y$ ) jsou na obrázku 4.



Obr. 4 Momentové charakteristiky pro spouštění AM přepínáním Y – D

d) polovodičovým řízeným měničem napětí - elektronický rozběhový člen ( softstartér )

Jako polovodičový rozběhový člen se používá fázově řízený měnič střídavého napětí tzv. softstartér, který umožní řízený pozvolný rozběh AM, při kterém dochází k výraznému snížení záběrného proudu a momentu. Řízení rozběhu se provádí buď nastavením čas.sklonu (tzv. rampy) nárůstu výstupního napětí, tzv.skokovým napětím, nebo nastavením konstantního proudu motoru (proudovým omezením) během rozběhu. Některá provedení softstartérů umožňují na počátku rozběhu krátkodobé dosažení vyššího momentu motoru.

## 6. Řízení otáček asynchronních motorů

Z rovnice pro skluz AM vyplývá následující vztah pro otáčky motoru :

$$n = n_{s1} \cdot (1 - s) = \frac{60 \cdot f_1}{p} \cdot (1 - s)$$

Ze vztahu je zřejmé, že otáčky AM lze řídit buď změnou synchronních otáček (energeticky výhodné), změnou skluzu (energeticky nevýhodné), změnou frekvence a změnou počtu pólových dvojic. Příkon motoru je vždy úměrný těmto otáčkám.