

ASYNCHRONNÍ STROJE

Určeno pro studenty bakalářských studijních programů

Obsah

Úvod - Význam a použití asynchronních strojů

1. Princip činnosti a provedení asynchronního motoru
2. Výkon a moment asynchronního motoru (momentová a proudová charakteristika)
3. Spouštění asynchronních motorů
4. Řízení rychlosti asynchronních motorů
5. Jednofázový asynchronní motor

říjen 2005

doc.Ing. Václav Vrána,CSc.

Úvod - Význam a použití asynchronních strojů

Asynchronní stroje se užívají nejčastěji jako motory. Jsou nejrozšířenějšími elektromotory vůbec a používají se hlavně proto, že jsou ze všech elektromotorů nejjednodušší, 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.

1. Princip činnosti a provedení asynchronního motoru (AM)

Princip činnosti AM je založen na vzájemném elektromagnetickém působení točivého magnetického pole vytvořeného proudem tekoucím ve vinutí statoru a indukovaných proudů ve vodičích rotoru tímto magnetickým polem. AM je tedy založen na indukcí napětí a proudů v rotoru a proto se také často nazývá *indukčním motorem*.

Otáčky magnetického pole statoru n_{S1} dvojpólového AM (tzv. synchronní otáčky) jsou dány vztahem
$$n_{S1} = \frac{60 \cdot f_1}{p} \quad [\text{ot, min}^{-1}; \text{Hz};]$$

kde : p = počet pólových dvojic, $2p$ = počet pólů, f_1 = kmitočet napětí

Mírou asynchronismu tj. rozdílu otáček synchronních a mechanických otáček rotoru n je proměnná s zvaná **skluz**, definovaná vztahem :

$$s = \frac{n_{S1} - n}{n_{S1}} \cdot 100 [\%]$$

Asynchronní stroje připojené k napájecí síti mohou také pracovat jako generátory (mechanickou energii přeměňují na elektrickou) v případě, že poháněním budou mechanické otáčky rotoru vyšší než jsou otáčky synchronní, stroj bude dodávat činný elektrický výkon do napájecí sítě.

Otáčel-li se rotor proti směru otáčení točivého magnetického pole, pracuje jako asynchronní brzda, tj. moment AM působí proti směru otáčení rotoru.

Rozdělení AM

podle počtu fází
statorového vinutí:

- **trojfázové**

- **jednofázové**

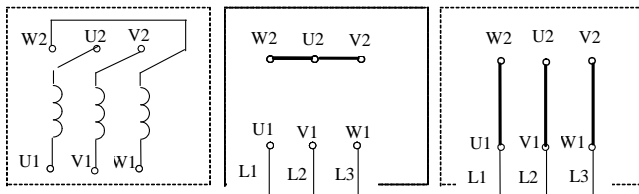
(pouze nakrátko)

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, jehož vývody jsou připojeny na tři kroužky nalisované na hřídeli stroje a ke kterým přiléhají pevně osazené kartáče umožňující vyvedení vinutí na svorkovnici stroje.

Možné způsoby zapojení trojfázového statorového vinutí



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

Vinutí všech fází statoru 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 (měděných plíšků), nebo vnějším

spínačem, popř. stykači lze spojit vinutí buď do hvězdy (obr.1b), nebo do trojúhelníka (obr.1c). Na rubu víka svorkovnice motoru bývá toto schéma zapojení uvedeno.

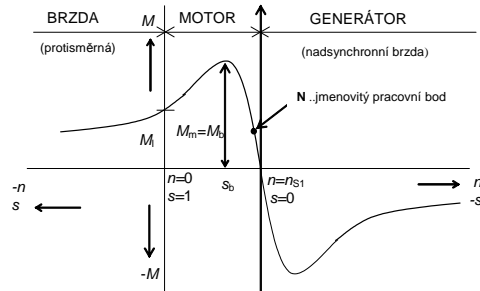
AM při chodu naprázdno ($s \rightarrow 0$)

Při skutečném chodu naprázdno nedosáhne AM synchronních otáček. Moment motoru totiž není nulový, motor je zatížen na hřídeli momentem odpovídajícím mechanickým ztrátám (ztráty napráždiška, ventilátor). AM odebírá ze sítě proud naprázdno, skluz se blíží k nule.

Ideální chod naprázdno je stav, kdy motor má synchronní otáčky $n_0 = n_{s1}$ a odebírá ze sítě pouze magnetizační proud vytvářející točivé magnetické pole.

2. Výkon a moment asynchronního motoru

Grafickým vyjádřením závislosti momentu motoru na otáčkách a skluzu $M = f(n, s)$ je tzv. momentová charakteristika na obr.2.



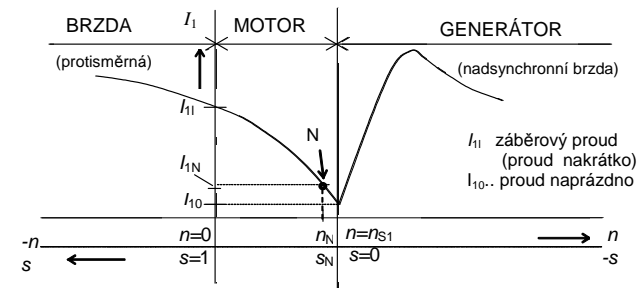
Obr.2 Momentová charakteristika asynchronního stroje

Moment AM, kromě parametrů motoru, závisí na druhé mocnině napájecího napětí a na kmitočtu napájecí sítě. To znamená, že se snižujícím se napětím klesá moment motoru včetně jeho maximální hodnoty M_b kvadraticky. Se změnou kmitočtu se moment mění nepřímo úměrně k této změně.

Jmenovitý moment motoru na hřídeli M_N (bod N na obr.2) pro jmenovitý výkon motoru P_N a jmenovité otáčky n_N se určí ze známého vztahu :

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

Závislost proudu motoru na otáčkách (popř. skluzu) - proudová charakteristika asynchronního stroje je na obr.4,



Obr.3. Proudová charakteristika asynchronního stroje

3. Spouštění trojfázových asynchronních motorů

V okamžiku připojení k napájecí síti protéká motorem záběrný proud, který bývá u běžných motorů nakrátko asi 4 až 8 násobek jmenovitého proudu (v závislosti na konstrukčním provedení daného motoru, např. na počtu pólů, provedení drážek, apod.).

Požadavky při spouštění motoru

- dostatečně velký záběrný moment
- malý záběrný proud

Způsoby spouštění AM s kotvou kroužkovou

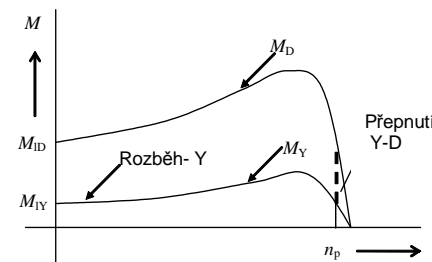
Tyto AM se spouštějí pomocí spouštěcího odporu R_S zapojeného v obvodu rotoru který je přes kartáče a kroužky připojen k vinutí rotoru. Stator motoru se připojí na síť při maximální hodnotě R_S , který se během rozběhu motoru postupně snižuje až je na konci rozběhu zcela vyřazen a vinutí rotoru je spojeno nakrátko.

Způsoby spouštění motorů s kotvou nakrátko (klecových)

U AM nakrátko jsou možné tyto způsoby spouštění:

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

b) přepínáním vinutí statoru hvězda - trojúhelník (Y - D,). Motor má pro své jmenovité



Obr.4. Momentové charakteristiky při spouštění AM přepínáním Y - D

parametry vinutí statoru zapojeno do trojúhelníka-D. Na počátku rozběhu motoru se jeho statorové vinutí spojí do hvězdy-Y - tím se napětí na fázi sníží z hodnoty sdruženého napětí na hodnotu fázového napětí, statorový proud a moment motoru se sníží 3 x.. Ke konci rozběhu se vinutí opět přepne do původního zapojení -D. Poměr proudů, momentů a výkonů při spojení vinutí do Y a D je tedy:

$$I_Y : I_D = 1 : 3, : M_Y : M_D = 1 : 3, : P_Y : P_D = 1 : 3$$

K přepnutí vinutí motoru z Y na D se v praxi používají speciální spínače, nebo kombinace stykačů. K vlastnímu přepnutí musí dojít ke konci rozběhu tak, aby proudový a momentový ráz byl malý.

c) se statorovým spouštěčem - prakticky se to provádí pomocí :

- rezistorů (u menších výkonů motorů);
- tlumivků (u větších výkonů motorů)

zapojených do série se statorovým vinutím.

Po ukončení rozběhu se spouštěč vyřadí přemostovacím stykačem (tzv. bypasse)

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

Motor je na počátku rozběhu připojen na řízené napětí, které je vytvořeno ve fázově řízeném polovodičovém měniči tzv softstartéru.

Softstartér, umožní řízený pozvolný rozběh AM, při kterém dochází k výraznému snížení záběrného proudu a tím momentu.

Po ukončení rozběhu se může měnič vyřadit přemostovacím stykačem (tzv. bypasse)

4. Řízení rychlosti asynchronních motorů

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

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

Otáčky AM lze tedy prakticky řídit:

- buď změnou synchronních otáček n_{s1} (energeticky výhodné)
- nebo změnou skluzu s (energeticky nevýhodné).

Příkon motoru je vždy úměrný synchronním otáčkám, jeho výkon je úměrný otáčkám n

- řízení rychlosti motoru změnou otáček synchronních

Jednou z možností je změna kmitočtu napájecího napětí. Používá se hlavně u motorů s kotvou nakrátko. Mezi řízený AM a napájecí síť je zapojen trojfázový měnič kmitočtu, který může být v různém provedení (přímého měniče kmitočtu (cyklokonvertoru), nebo nepřímého měniče kmitočtu sestávajícího z usměrňovače a střídače

Měniče kmitočtu umožňují plynulou změnu výstupního kmitočtu v širokém rozsahu a tomu odpovídající plynulou změnu otáček AM.:

Druhou možností je změna počtu pólových dvojic $-p$. Provádí se buď přepojením statorového vinutí, nebo připojením dalšího vinutí s jiným počtem pólů. Tím lze dosáhnout pouze skokové změny synchronních otáček. Motory musí mít na statoru takové vinutí, jehož počet pólů lze měnit.

- řízení otáček změnou skluzu

V tomto případě se jedná o změnu sklonu momentové charakteristiky při stejných otáčkách synchronních. Změny otáček lze dosáhnout pouze u zatíženého motoru, kdy skluz bude závislý na jeho pracovním bodě (průsečík momentové charakteristiky motoru a zatěžovacího mechanismu). Toto řízení je možné u AM provést buď změnou napětí, nebo změnou impedance v obvodech statoru nebo rotoru. Prakticky se nejčastěji používá změna impedance v obvodu rotoru, což je možné pouze u motorů s kotvou kroužkovou.

Změnou velikosti napájecího napětí motoru se mění moment motoru kvadraticky, tím se mění momentová charakteristika AM a při daném zatěžovacím momentu i jeho skluz a tím i otáčky. Řízení lze realizovat principiálně stejně jako u spouštění AM. Možný rozsah řízení otáček je zde velmi nízký a proto se tento způsob řízení používá jen zřídka (např. pro pohony ventilátorů, čerpadel apod.).

Změny smyslu otáčení tzv. reverzace chodu motoru se provede přepojením sledu přívodních fází k motoru, čímž se změní smysl otáčení magnetického pole.

5. Jednofázový asynchronní motor

Tyto motory se používají pro pohony zařízení malých výkonů, cca do výkonu 500 W. Mezi takovéto spotřebiče patří např. pračky, ledničky, drobné stroje a ruční nářadí jako malé soustruhy, vrtačky, brusky, atd.

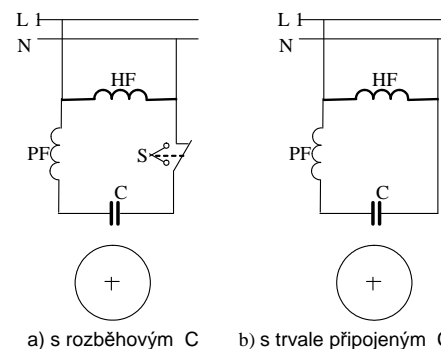
Jestliže připojíme jednofázové střídavé napětí k jednofázovému vinutí statoru vytvoří se pouze střídavé pulsující magnetické pole, které se však neotáčí a nevzniká tak točivý moment, který je nutný pro rozběh motoru. Jednofázový AM lze roztočit buď mechanicky a nebo vytvořením točivého magnetického pole statoru. Pro jeho vytvoření je nutný systém alespoň dvou fází nebo-li dvou vinutí vzájemně posunutých o 90° , kterými musí procházet proudy vzájemně časově posunuté.

Provedení jednofázových motorů

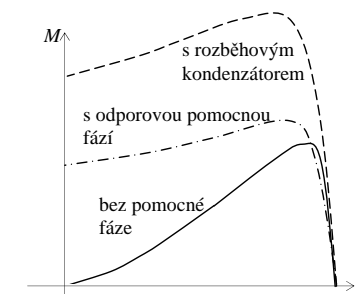
Konstruktivně je vinutí statoru provedeno tak, že ve dvou třetinách drážek statoru je uloženo pracovní vinutí (hlavní fáze- HF) a ve zbývajících třetinách vinutí rozběhové (pomocná fáze-PF), které je obvykle paralelně připojeno k vinutí hlavní fáze přes kondenzátor C způsobující vznik točivého magnetického pole a tím i momentu motoru při $n = 0$. Další možný způsob je zvětšením odporu pomocné fáze.

Jednofázové motory s kondenzátorem v pomocné fázi mohou být v provedení se zapojeným kondenzátorem pouze při rozběhu, nebo s trvale připojeným kondenzátorem

Změnu směru otáčení jednofázového AM lze provést přehozením konců vinutí pomocné nebo hlavní fáze. Otáčky motoru jsou závislé na kmitočtu napájecího napětí a na počtu pólů.



Obr.5 Schéma zapojení jednofázového AM



Obr.6. Momentové charakteristiky jednofázových AM