

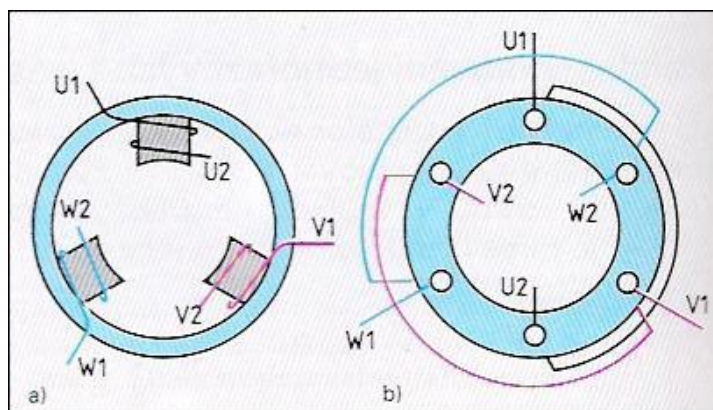
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

<i>Předmět:</i>	<i>Ročník:</i>	<i>Vytvořil:</i>	<i>Datum:</i>
ELEKTROTECHNIKA	PRVNÍ	ZDENĚK KOVAL	19. 12. 2013
<i>Název zpracovaného celku:</i>			
Ele 1 – asynchronní stroje, rozdělení, princip činnosti, trojfázový a jednofázový asynchronní motor			

9. Asynchronní stroje

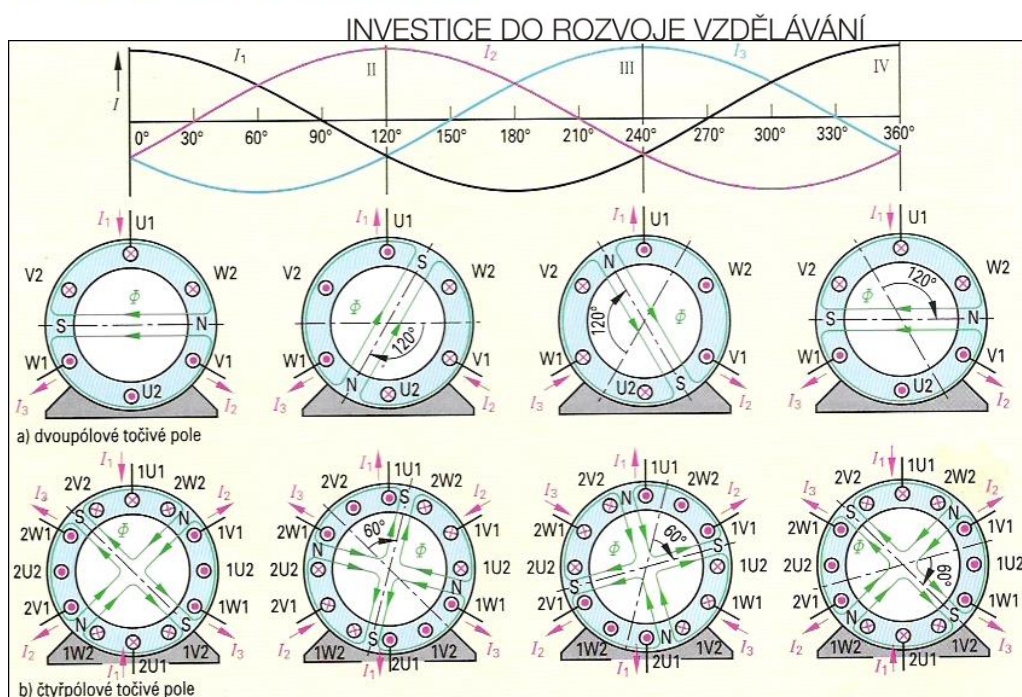
9.1 Točivé magnetické pole a princip asynchronního motoru

Otáčením tyčového permanentního magnetu nebo tyčového elektromagnetu kolem vlastní vlastní osy 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 složen z plechů (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

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 statorem. 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 satorovými 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 satoru 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

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

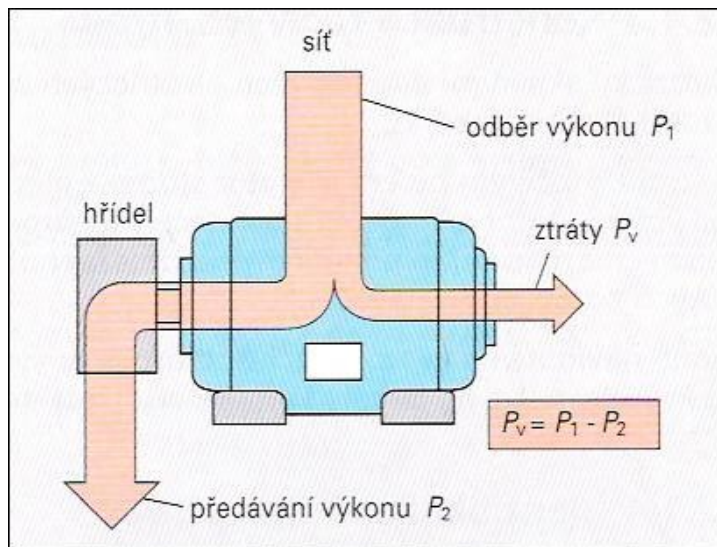
n_s [ot. /min] – kmitočet (frekvence) otáčení
 f [Hz] – kmitočet (proudu)
 p – počet pólových párů statoru

9.2 Výkon a točivý moment

Motory přeměňují odebranou elektrickou energii na mechanickou, generátory opačně přeměňují mechanickou na elektrickou.

V elektrických strojích dochází ke ztrátám a to ke ztrátám v železe (hysterezní ztráty a ztráty vířivými proudy) a ke ztrátám ve vinutí, daným činným odporem měděného drátu. Dále dochází ke ztrátám třením (v ložiskách a na kartáčích) a ke ztrátám při ventilaci. Měřítkem celkových ztrát je účinnost motoru (obr. 3).

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 3 Tok výkonu elektromotorem

Účinnost je dána poměrem odváděného výkonu a odebraného výkonu.

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

η [%] – účinnost

P_1 [W] – příjem výkonu

P_2 [W] – výdej výkonu

Výkon odevzdaný elektromotorem P_2 lze vypočítat z točivého momentu a otáček. Výstupní výkon P_1 lze měřit jako elektrický výkon odebraný motorem ze sítě. Točivý moment je u elektromotoru výsledný účinek působení magnetického pole statoru a proudu procházejícího otáčejícím se rotorem. Proud procházející vinutím nebo klecí rotoru vyvolává v magnetickém poli statoru sílu F , která vytváří točivý moment. Měřením síly na obvodu hřídele či řemenice motoru může být zjištěn točivý moment (obr. 4), který může být měřen dynamometrem nebo nějakou brzdou, na které je měřena brzdná energie nebo brzdňý výkon.

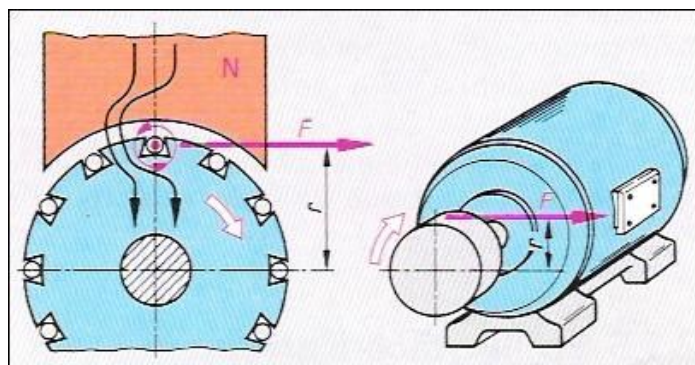
$$M = F \cdot r$$

M [N m] – točivý moment

F [N] – síla

r [m] – poloměr (rameno síly)

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

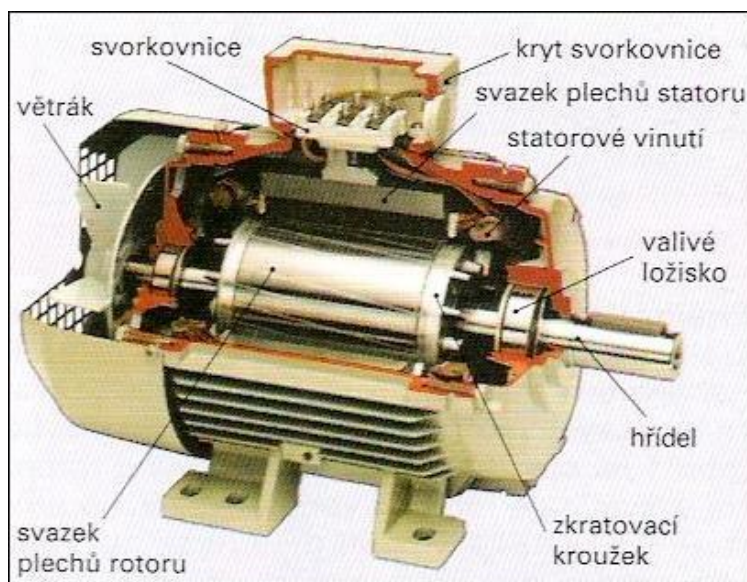


Obr. 4 Vznik točivého momentu na rotoru a na řemenici motoru
Při jmenovitém výkonu má motor jmenovitý moment při jmenovitých otáčkách.

9.2 Trojfázové asynchronní motory s kotvou nakrátko

Asynchronní motory jsou nejdůležitější trojfázové motory. Magnetické pole statoru indukuje v rotoru napětí a vzniklý proud pak vyvolá sílu otáčející rotorem.

Konstrukce. Stator se skládá z nosného tělesa (krytu) motoru, svazku statorových plechů a statorového vinutí, které je vyvedeno na svorkovnici (obr. 6).



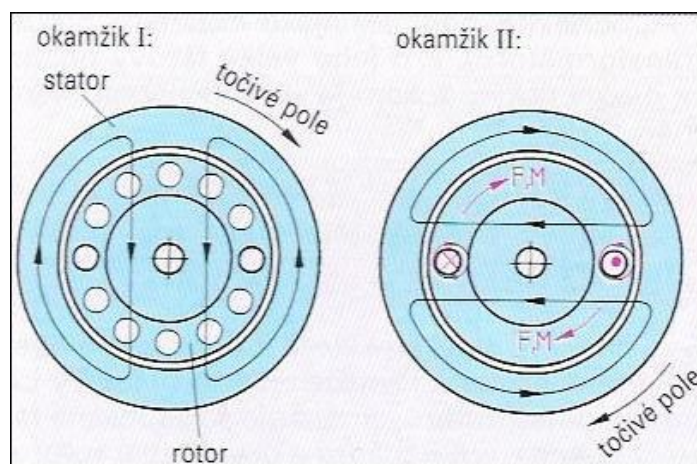
Obr. 6 Trojfázový motor s kotvou nakrátko

Rotor (kotva) je sestaven z rotorových plechů nasazených ve svazku na hřídeli a z vodičů v drážkách rotoru. Vodiče jsou tvořeny hliníkovými nebo měďnými tyčkami a jsou na čelních stranách svazku rotorových plechů spojeny nakrátko zkratovacími kroužky. Celé vinutí tvoří klec (klecový rotor). Rotor i stator jsou složeny z jednostranně izolovaných

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

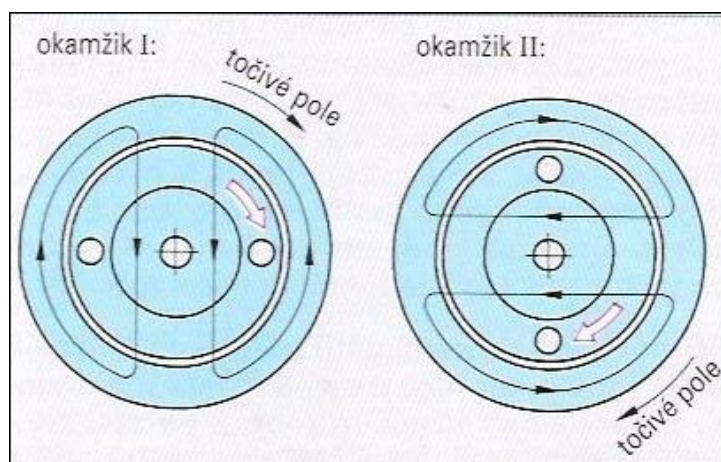
elektro-plechů. Touto konstrukcí je prakticky zabráněno ztrátám vířivými proudy podobně jako u transformátorů.

Princip činnosti. Klecový rotor lze považovat za nejjednodušší trojfázové vinutí. V okamžiku zapnutí se chová klecový rotor jako zkratované vinutí transformátoru. Točivé pole statoru způsobuje změny magnetického toku ve vodivých smyčkách tvořených vodiči rotoru. Rychlost změn magnetického toku procházejícího vodivými smyčkami stojícího rotoru odpovídá kmitočtu točivého elektromagnetického pole. Indukované napětí vyvolá průtok elektrického proudu klecovým rotorem (obr. 7).



Obr. 7 Indukční působení točivého pole na nehybný rotor

Asynchronní motory jsou indukční motory. Proud v rotoru je vyvolán indukcí. Podle Lencova pravidla způsobí magnetické pole indukované proudem v rotoru točivý moment, který otočí rotorem ve směru otáčení točivého pole statoru. Pokud by dosáhly otáčky rotoru otáček točivého pole statoru, klesl by točivý moment na nulu (obr. 8).



Obr. 8 Neměnný magnetický tok procházející rotorem při synchronních otáčkách

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Točivý moment je úměrný rozdílu otáček rotoru a pole statoru, který nazýváme skluzové otáčky asynchronního motoru. Asynchronní motor potřebuje skluz otáček k indukci proudu v rotoru. Skluz otáček asynchronního motoru bývá běžně 3% až 8% jmenovitých otáček.

$$\Delta n = n_s - n$$

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} \cdot 100\%$$

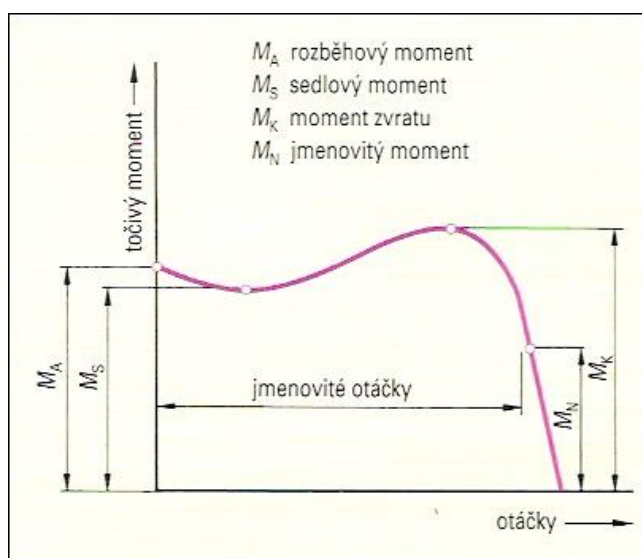
Δn [ot. /min] – skluz otáček

n [ot. /min] – otáčky rotoru

n_s [ot. /min] – otáčky točivého pole

s [%] – relativní skluz

Otáčky asynchronního motoru jsou menší než otáčky točivého pole. Skluz je závislý na zátěži motoru. Chování klecového rotoru (kotvy nakrátko) lze vysvětlit na rotoru s vodiči kruhového průřezu. V okamžiku zapnutí motoru se nehybný rotor chová převážně jako indukčnost. Činný odpor vodivé klece je velmi malý. Rozběhový proud proto může dosáhnout až desetinásobku jmenovité hodnoty. Pro jeho velký fázový posun za magnetickým tokem je však točivý moment malý. Můžeme konstatovat, že rotory s kruhovými vodiči mají přes velké rozběhové proudy jen malý rozběhový moment. S rostoucími otáčkami klesá indukované napětí i proud v rotoru. Protože současně klesá induktivní reaktance rotoru, zmenšuje se současně fázový posun mezi napětím a proudem v rotoru.

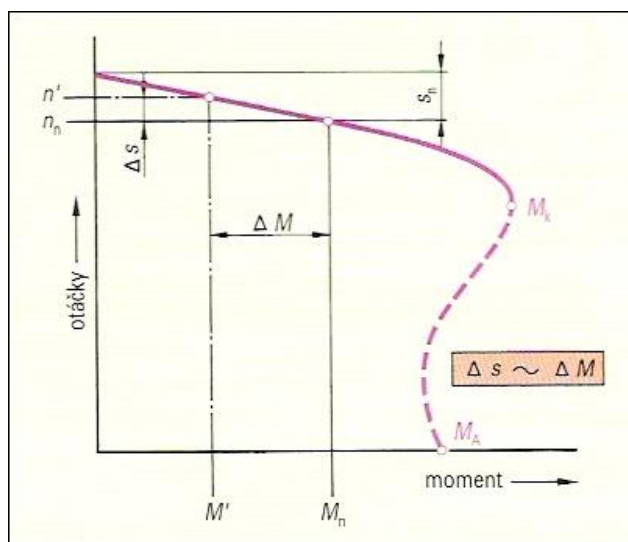


Obr. 9 Charakteristika asynchronního motoru s hluboko-drážkovým rotorem

Průběh momentu v závislosti na otáčkách tj. momentová charakteristika motoru (obr. 9) ukazuje nárůst až do hodnoty M_K momentu zvratu, kdy začne pokles rychlostí změny indukčního toku ve smyčkách rotoru převažovat nad vlivy zvětšujícími moment. Při

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

jmenovitých otáčkách působí jmenovitý moment M_N (jmenovité zatížení). V nezatíženém stavu dosahuje motor otáčky téměř synchronní n_s . V okolí jmenovitého momentu M_N jsou změny skluzu úměrné změnám zatížení ΔM , neboť charakteristika je zde téměř lineární (obr. 10). Při nárůstu (kolísání) zatížením klesají otáčky jen málo motor se chová stabilně.



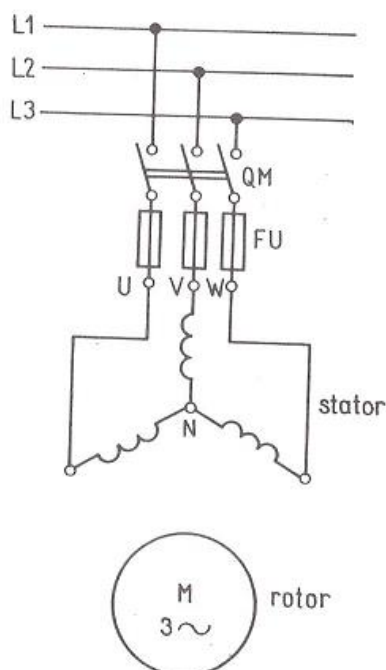
Obr. 10 Zatěžovací charakteristika asynchronního motoru s kotvou nakrátko

Sedlový moment M_s lze téměř odstranit a docílit pouze stoupací momentové charakteristiky rozdílným počtem drážek v rotoru a statoru a šikmým nebo stupňovitým uspořádáním tyčových vodičů – klece (obr. 11).



Obr. 11 Provedení klecových rotorů (bez rotorových plechů)

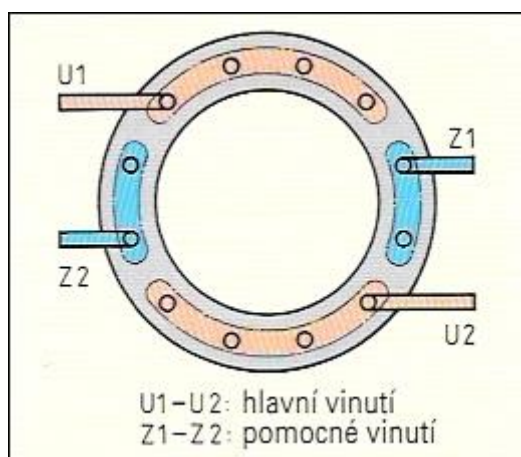
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 12 Schéma motoru nakrátko

9.3 Jednofázový asynchronní motor

Jednofázový indukční (asynchronní) motor má ve statoru, složeném ze statorových plechů, dvojí vinutí. Rotor je v klecovém provedení. Hlavní vinutí vyplňuje 2/3 drážek ve statoru a je připojeno na svorky označené U1, U2. Pomocné vinutí (pomocná fáze) je ve zbývajících třetině drážek a je o 90° pootočeno oproti vinutí hlavnímu (obr. 39), značení svorek Z1, Z2.



Obr. 39 Vinutí statoru jednofázového indukčního motoru

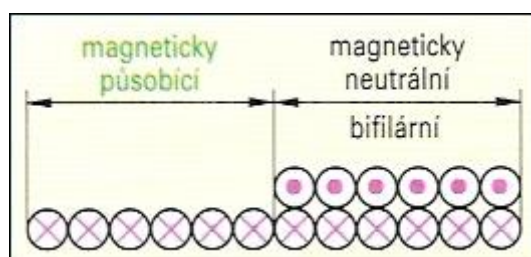
Předpokladem pro vznik točivého magnetického pole statoru je časové posunutí průběhu střídavého proudu v pomocném vinutí oproti průběhu proudu v hlavním vinutí (obr. 39). Střídavá magnetická pole hlavního a pomocného vinutí jsou pak vzájemně časově a tedy i prostorově posunuta (pootočena) a společně vytvářejí točivé magnetické pole. Toto pole

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

zajišťuje také rozjezd motoru. Otáčky motoru jsou určeny stejně jako u trojfázových asynchronních motorů kmitočtem napájecího napětí a počtem pólových párů hlavního vinutí. Fázového posunutí mezi proudy v hlavním a pomocném vinutí je dosaženo kondenzátorem, činným odporem, nebo zvýšenou indukčností pomocného vinutí (používají se zřídka pro malý rozběhový moment).

9.3.1 Jednofázový motor s pomocnou odporovou fází

Je-li pomocné fázi (pomocnému vinutí) jednofázového motoru předřazen rezistor, vznikne v motoru točivé magnetické pole. Potřebný činný odpor lze vytvořit pomocným vinutím z odporového drátu. Většinou je toto vinutí provedeno jako bifilární vinutí (zdvojené protisměrné vinutí). Třetina závitu je zde navinuta v protisměru k ostatnímu vinutí (obr. 40).

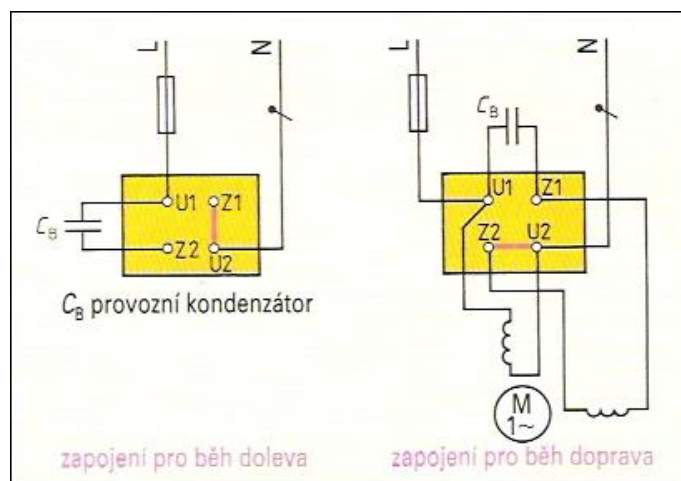


Obr. 40 Bifilární vinutí

V bifilárním vinutí je částečně snížena indukčnost vinutí při nezměněném činném odporu odporového drátu. Toto vinutí musí být po rozběhu odpojeno, například odstředivým vypínačem, aby nedocházelo k přehřívání motoru. Jednofázové motory s pomocnou odporovou fází se vyrábějí do výkonů asi 300W. Jejich rozběhový moment odpovídá přibližně momentu jmenovitému.

9.3.2 Jednofázový kondenzátorový motor

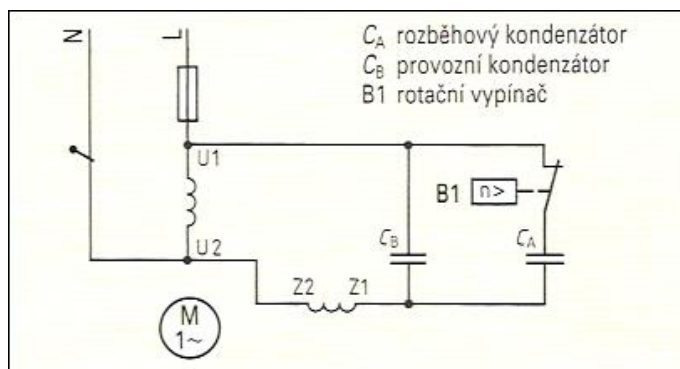
Kondenzátorový motor je jednofázový asynchronní motor s kondenzátorem v pomocné fázi. Kondenzátor vytváří potřebné fázové posunutí v pomocné fázi, potřebné pro vznik točivého pole. Je přiřazen do série s pomocnou fází (obr. 41).



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Obr. 41 Zapojení při nedělení pomocného vinutí

Ke změně směru otáčení motoru je třeba přepólovat směr proudu v pomocném vinutí. Toho lze dosáhnout změnou připojení kondenzátoru na svorkovnici (obr. 41). Velký rozběhový moment vykazuje motor při použití rozběhového kondenzátoru CA a provozního kondenzátoru CB (obr. 42).



Obr. 42 Kondenzátorový motor s rozběhovým a provozním kondenzátorem

Rozběhový moment může být díky kapacitě obou kondenzátorů zvýšen na dvojnásobek až trojnásobek jmenovitého momentu, takže motor se může rozbíhat i se zátěží. Po rozběhu se rozběhový kondenzátor CA odpojuje a v činnosti zůstává jen provozní kondenzátor CB. Odpojení je nutné, protože by jinak protékal pomocným vinutím příliš velký proud, který by vinutí přehřál. Odpojení se uskutečňuje tepelným nebo nadproudovým relé, nebo nadproudovým relé, nebo nejvíce používaným odstředivým vypínačem.

Kontrolní otázky a úlohy:

1. Vysvětli, proč vzniká točivé magnetické pole ve statoru asynchronního motoru.
2. Jak pracuje asynchronní motor?
3. Jaký vliv má počet pólůvých dvojic na otáčky motorů?
4. Co je účinnost motoru a točivý moment?
5. Popiš konstrukci třífázového motoru s kotvou nakrátko.
6. Vysvětli momentovou charakteristiku motoru.
7. Jak vytváříme točivé elektrické pole u jednofázových motorů.

Použita literatura a zdroje obrázků:

VOŽENÍLEK, Ladislav – LSTIBŮREK, František. *Základy elektrotechniky II*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1985

TKOTZ, Klaus a kolektiv. *Příručka pro elektrotechniku*. 2. vyd. Praha: Europa Sobotáles, 2006