

Akční členy řídících systémů.

Seminář

Autor:

Prof. Ing. Dr. V. HAMATA DrSc

AKČNÍ ČLENY ŘÍDICÍCH SYSTÉMŮ

jsou prvky, které způsobují:

- **Posun** (přemístění) akční části systému, tzv. aktuátory (např. elektromagnet-sepnutí).
- **Pohyb** (v daných lineárních souřadnicích), tzv. translátory (lineární motor).
- **Natočení** příp. točení akční části systému, tzv. motory (asynchronní, synchronní, ventilové, krokové, reluktanční, stejnosměrné, jednofázové).

Princip aktuátorů bude podrobněji vysvětlen ve druhé části semináře spolu s principy spínaných reluktančních motorů.

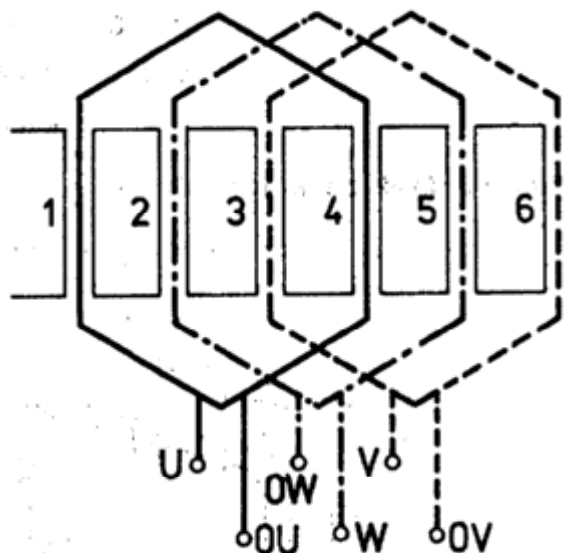
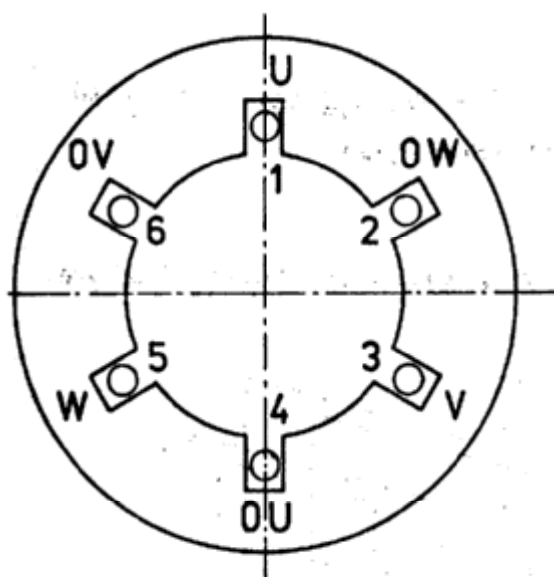
Lineární motory jsou pouze zvláštní konstrukční formou točivých strojů. Budou tedy probírány společně s motory.

ZÁKLADNÍM PRINCIPEM
VŠECH ELEKTRICKÝCH TOČIVÝCH STROJŮ JE:

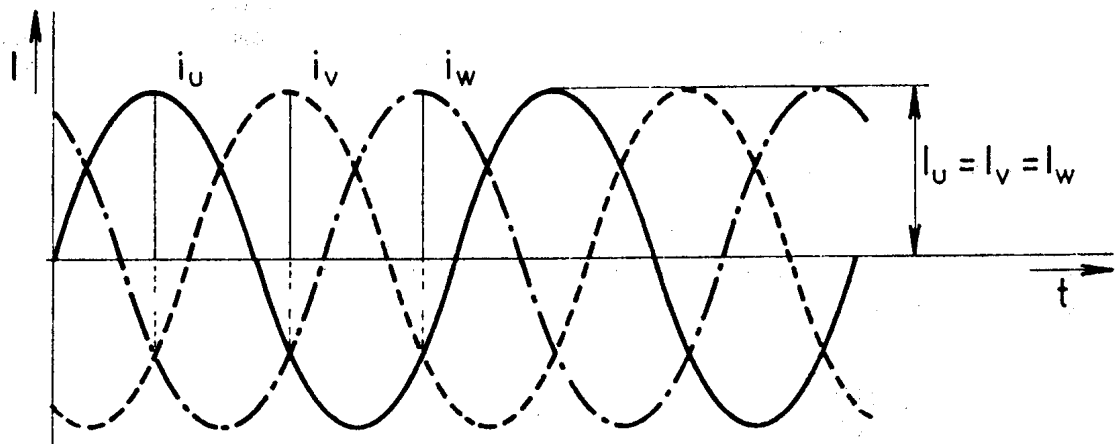
TOČIVÉ MAGNETICKÉ POLE

Napájíme-li systém m stejných cívek, rozložených po
 obvodu stroje o elektrický úhel

$$\frac{360^0}{m}$$

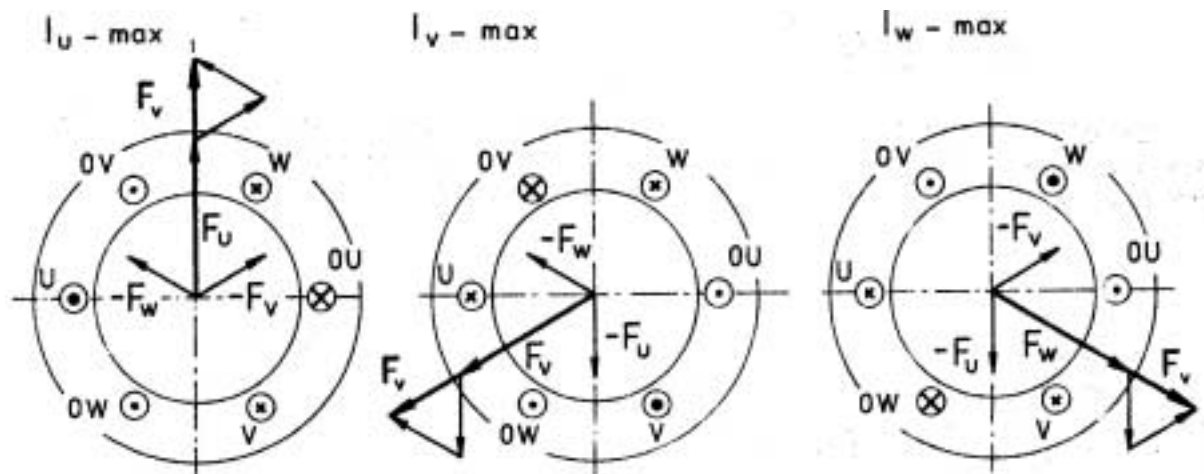


SOUMĚRNÝM m-FÁZOVÝM PROUDEM,



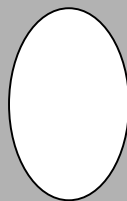
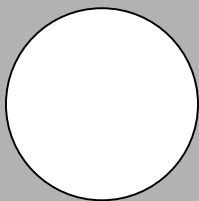
VZNIKNE

Kruhové točivé magnetické pole



Při nedodržení některé podmínky

Vznikne místo kruhového točivého pole:



ELIPTICKÉ TOČIVÉ MAGNETICKÉ POLE

Extrémní případ eliptického pole je:

Pulzující magnetické pole (jednofázové)

Extrémní případ kruhového pole je:

**KRUHOVÉ TOČIVÉ MAGNETICKÉ POLE
O NULOVÉ RYCHLOSTI (STEJNOSMĚRNÉ)**

Při napájení cívek nesinusovým proudem, nebo postupným připínáním cívek na zdroj stejnosměrného proudu (obdélníkový průběh), vznikne:

**SKÁKAJÍCÍ MAGNETICKÉ POLE O
PROSTOROVÝ ÚHEL $360^\circ/\text{m}$.**

PRINCIP TOČIVÉHO MAGNETICKÉHO POLE UDÁVÁ VZTAH MEZI

časovou závislostí elektrického
proudu

(fázorem proudu) a

prostorovou závislostí mag. toku
(prostorovým vektorem toku).

TOČIVÉ MAGNETICKÉ POLE
JE ZÁKLADNÍ UNIFIKAČNÍ
PRVEK
PRINCIPU VŠECH
ELEKTRICKÝCH STROJŮ.

ASYNCHRONNÍ MOTORY

Vložíme-li do točivého kruhového magnetického pole stojící jednoosou cívku, bude v ní protékat sinusově proměnlivý magnetický tok (průmět kružnice do osy cívky).

který bude do ní indukovat
ČASOVĚ SINUSOVĚ PROMĚNLIVÉ NAPĚTÍ.

Vložíme-li do točivého kruhového magnetického pole m_2 stejných stojících jednoosých cívek, prostorově rozložených navzájem o elektrický úhel $360^\circ/m_2$ (rotorové vinutí), bude v nich indukovat m_2 stejných sinusově proměnlivých napětí, navzájem posunutých fázově o $360^\circ/m_2$.

V tomto systému m_2 cívek vznikne symetrický m_2 fázový napět'ový systém.

Uzavřeme-li elektricky tento systém m_2 cívek (třeba např. nakrátko),
bude jimi protékat symetrický m_2 fázový proud.

VYTVOŘÍ SE KRUHOVÉ TOČIVÉ MAGNETICKÉ POLE ROTORU.

- . -

Statorové m_1 fázové vinutí, protékané m_1 fázovým symetrickým proudem o kmitočtu f_1 ,
vytvoří kruhové točivé magnetické pole
statoru
o úhlové rychlosti

$$\omega_1 = 2\pi f_1.$$

Toto pole indukuje v rotorovém m_2 fázovém vinutí napětí, protlačující proud o kmitočtu f_2 ,
vytvářející rotorové točivé pole
o úhlové rychlosti vůči rotoru

$$\omega_2 = 2\pi f_2 = \omega_1 - \omega_r$$

kde ω_r je mechanická úhlová rychlost rotoru.

Při libovolné úhlové rychlosti rotoru je

úhlová rychlost rotorového pole vůči statoru

$$\omega_2 + \omega_r = \omega_1$$

stálá a rovná rychlosti statorového pole.

Při stálé rychlosti obou polí dojde k jejich interakci a vytvoří se výsledné magnetické pole ve vzduchové mezeře, točící se úhlovou rychlostí ω_1 .

Toto pole vytvoří

MOMENT STROJE,

úměrný tangenciální síle f_x v místě x:

$$f_x = B_x \cdot i_x \cdot l$$

kde B_x je mag.indukce výsled. pole v místě x
a l je délka vodiče v mag. poli
a rotor se začne otáčet.

- . -

Při stojícím rotoru ($\omega_r = 0$) je $\omega_2 = \omega_1$ a $f_2 = f_1$.
Zavedeme-li výraz pro skluz s

$$s = (\omega_1 - \omega_r) / \omega_1$$

pak při libovolné rychlosti rotoru ω_r
bude rotorový kmitočet

$$f_2 = s \cdot f_1$$

Při synchronní rychlosti rotoru

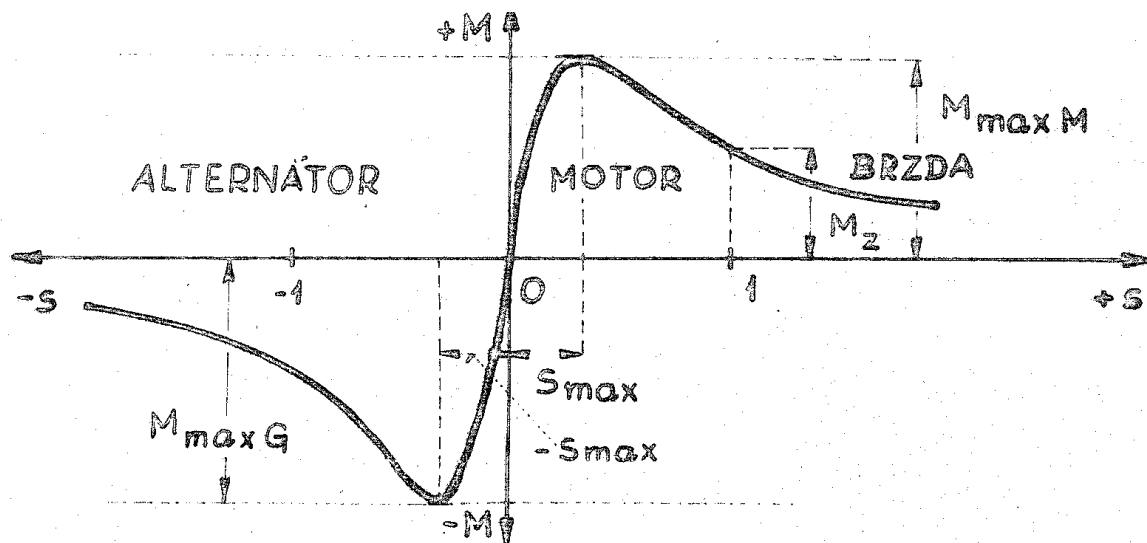
$$\omega_r = \omega_1$$

je skluz $s=0$, kmitočet $f_2=0$,
zanikne rotorový proud a moment stroje.

Stroj při synchronní rychlosti nemůže
pracovat proto se nazývá

ASYNCHRONNÍ MOTOR

Moment asynchronního motoru v závislosti na skluzu s



Po rozběhu ze skluzu $s=1$ ($n=0$) se záběrovým momentem M_z pracuje motor v oblasti malých skluzů $s= 2-5 \%$, tj. v oblasti blízké synchronním otáčkám.

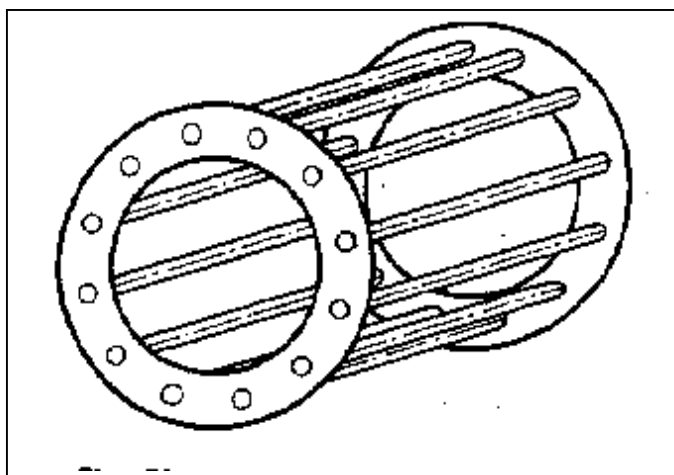
Rychlost otáčení rotoru

$$n_r = \frac{60f_1}{p} (1 - s)$$

ŘÍZENÍ OTÁČIVÉ RYCHLOSTI

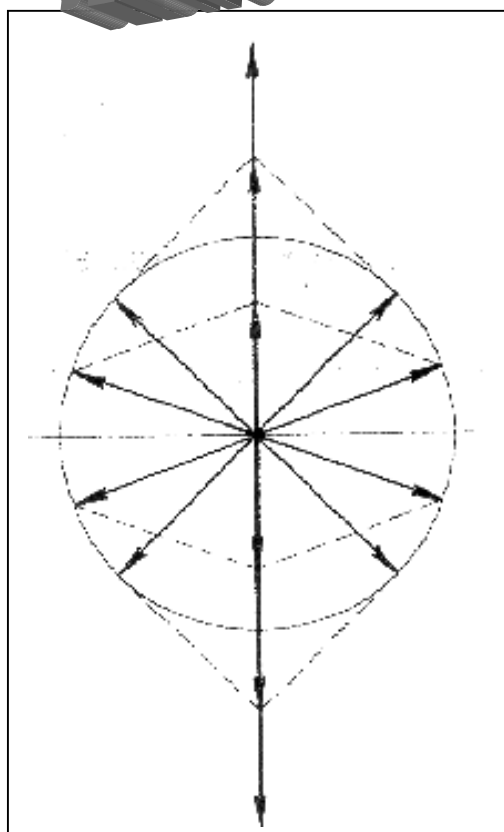
- Kmitočtové (f_1) – měnič kmitočtu (polovodičový)
- Přepínáním počtu pólů (skoková změna)
- Řízením skluzu (odporem v rotoru, napájením rotoru (kaskády), impulsním napájením).

PROVOZNÍ VLASTNOSTI ASYNCHRONNÍCH MOTORŮ.



Asynchronní motory s kotvou nakrátko jsou provozně nejpoolehlivější a výrobně nejlevnější. Mají poměrně malý záběrový moment a poměrně drahé řízení otáček.

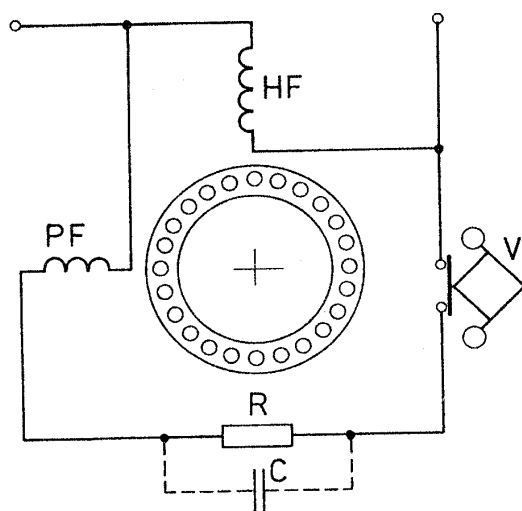
JEDNOFÁZOVÉ ASYNCHRONNÍ MOTORY.



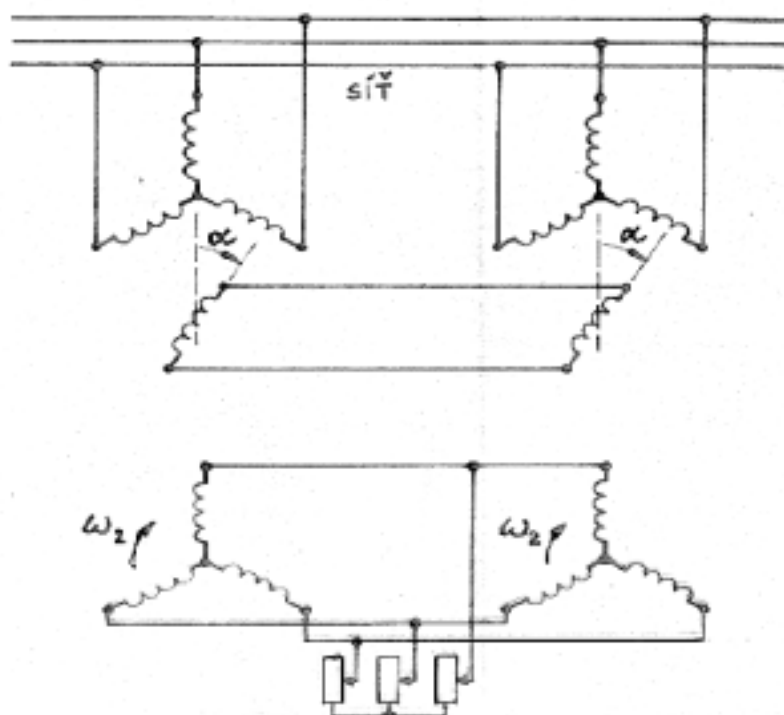
Pulzující jednofázové magnetické pole lze rozložit na dvě kruhová pole protitočivá. Záběrový moment obou polí je stejný opačného smyslu, takže výsledný záběrový moment je nulový.

Při otáčení jakýmkoliv směrem moment v tomto směru narůstá proti brzdnému momentu a motor se rozběhne.

Pro vytvoření záběrového momentu
jednofázového motoru je třeba vytvořit alespoň
eliptické magnetické pole.



SELSYN (elektrický hřídel)

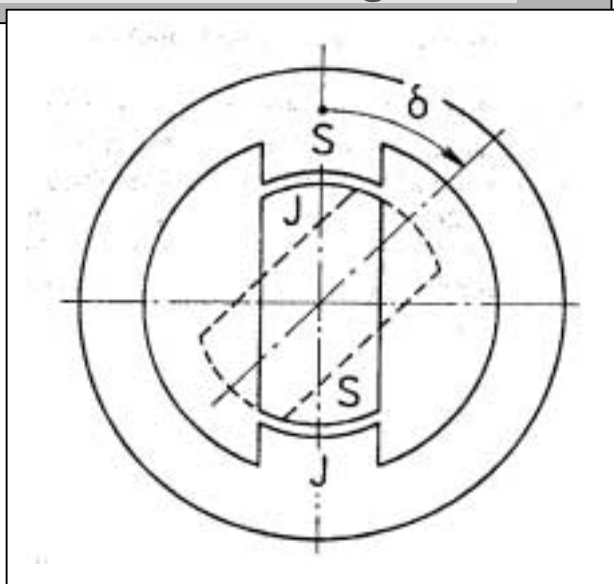
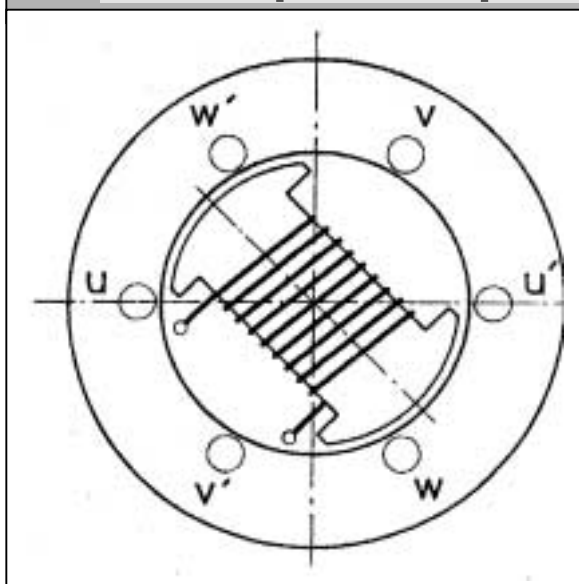


SYNCHRONNÍ STROJE.

Při synchronní rychlosti $s = 0$ je kmitočet $f_2 = sf_1 = 0$.

Zanikne indukované napětí v rotoru a tím i moment stroje.

Chceme-li motor provozovat při synchronních otáčkách, musíme do rotorového vinutí zavést buď proud o nulovém kmitočtu (stejnosměrný), nebo vytvořit stejnosměrné magnetické pole rotoru pomocí permanentních magnetů.



Synchronní motor pracuje pouze v synchronních otáčkách.

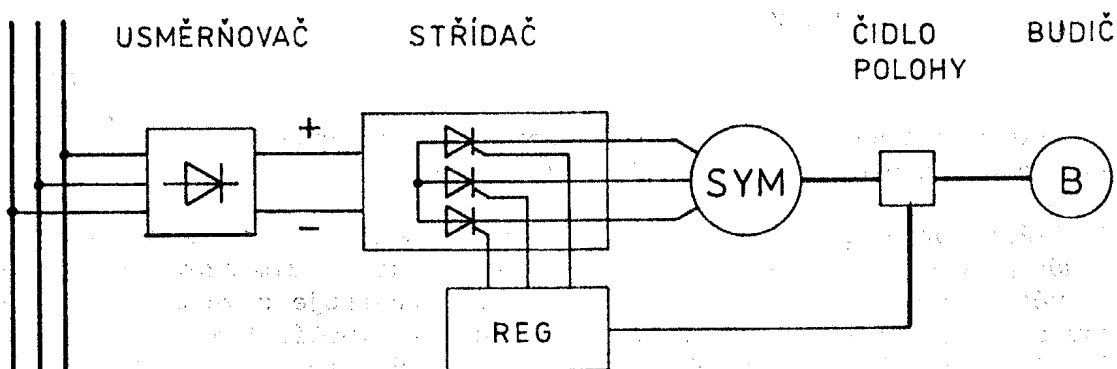
Musí se rozbíhat buď asynchronně (pomocné vinutí), nebo kmitočtově.

VENTILOVÝ MOTOR

Ventilový motor je synchronní motor napájený z trojfázového polovodičového měniče kmitočtu (střídače), řízeného čidlem polohy.

Když se osa rotorového magnetického pole blíží k ose statorového pole, dá čidlo polohy impuls k přepnutí napájení na další dvě fáze, statorové pole skočí o úhel 60° a rotor pokračuje v pohybu.

Řízení rychlosti se provádí řízením předstihu skoku statorového pole, čímž se současně zvyšuje (snižuje) kmitočet výstupního napětí střídače.



KROKOVÝ MOTOR.

Krokový motor je obdoba ventilového motoru pro malé a velmi malé výkony u něhož je budicí

vinutí na rotoru nahrazeno permanentními magnety.

Z cenových důvodů se krokové motory obvykle dělají dvoufázové (levnější střídač) a bez čidla polohy (nesmí se „utrhnout“).

Krokové motory jsou vhodné zvláště pro polohové servomechanismy, neboť mají

**přesně digitálně definované
úhlové natočení rotoru,
dané počtem pulsů.**

LINEÁRNÍ MOTOR (Translátor).

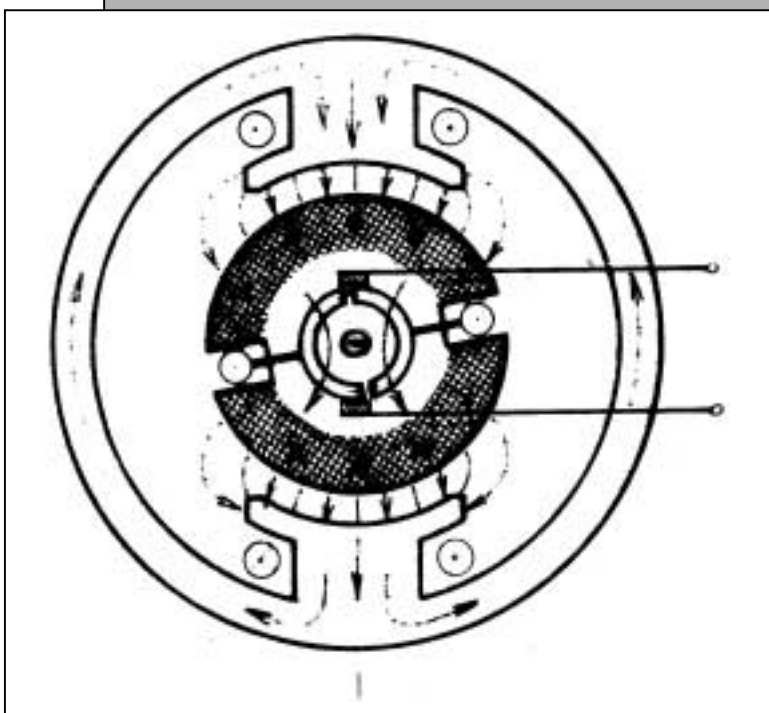
Lineární motor je v podstatě asynchronní motor s kotvou nakrátko (příp.krokový motor), s nekonečným poloměrem statoru. Rozvineme-li statorové vinutí do lineárního tvaru a umožníme-li rozvinutému rotoru lineární pohyb, vytvoříme zařízení s definovaným lineárním pohybem (translátor).

Jde-li pouze o lineární pohyb stačí asynchronní motor (např. startovací katapulty).

Jde-li o digitálně definovanou polohu na dané přímkové dráze použijeme krokový motor (polohový mechanismus).

STEJNOSMĚRNÉ MOTORY

Stejnoseměrný stroj je v podstatě
obrácený synchronní stroj se zastaveným
točivým polem.

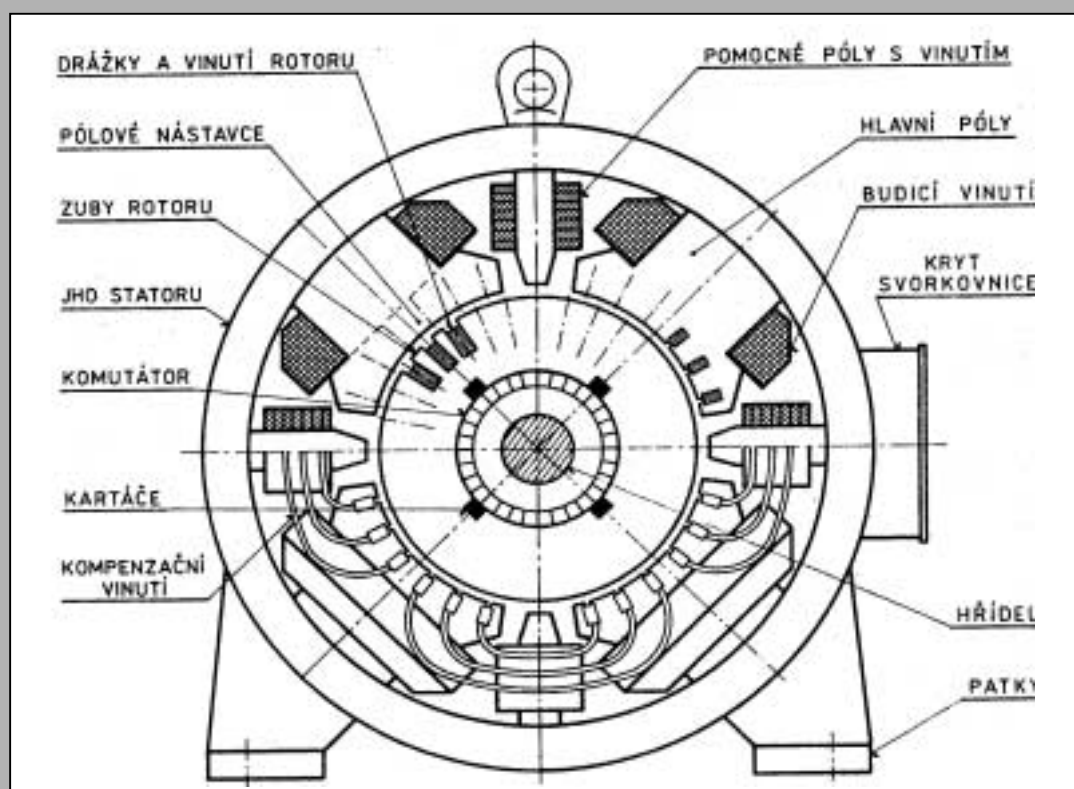
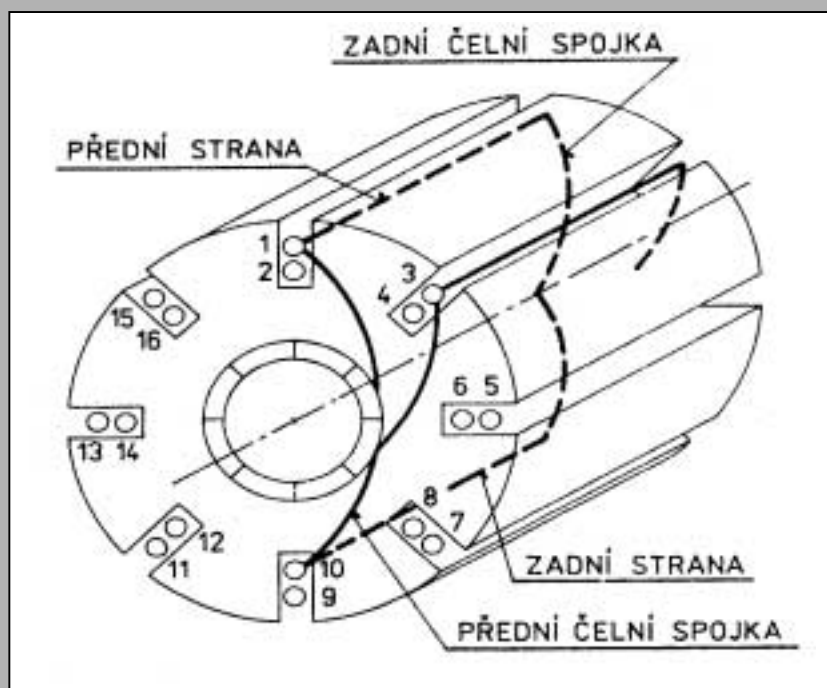


Na rotoru je m_2 fázové vinutí, jehož každá cívka je vyvedena na lamelu komutátoru. Je-li cívka natočena o libovolný úhel (na příklad o 90°) proti statoru vytvoří mag. pole o nulové rychlosti (tj. stejné jako statorové) a její

proud vytvoří s výsledným magnetickým polem moment, který natočí cívku do naznačené polohy kdy se směr proudu v cívce obrátí
nastane komutace

a rotor pokračuje v pohybu. V rotoru se indukují střídavé napětí, jehož kmitočet závisí na otáčkách, ale komutátor jej změní na kmitočet budícího pole (tj. nulový) a na kartáčích se objeví stejnosměrné napětí.

Pro zrovnoměrnění momentu (tj. pro zmenšení skákavého charakteru) se používá více cívek na rotoru, tvořících rotorové vinutí, vyvedené na komutátor se stejným počtem lamel.



ROZDĚLENÍ STEJNOSMĚRNÝCH STROJŮ.

Pro určování základních vlastností stejnosměrných motorů je vhodné si zopakovat základní vztahy pro:

- otáčky : $n = k_o U_i / \Phi$
- moment: $m = k_m \Phi I_k$

V obou výrazech je budicí magnetický tok Φ .

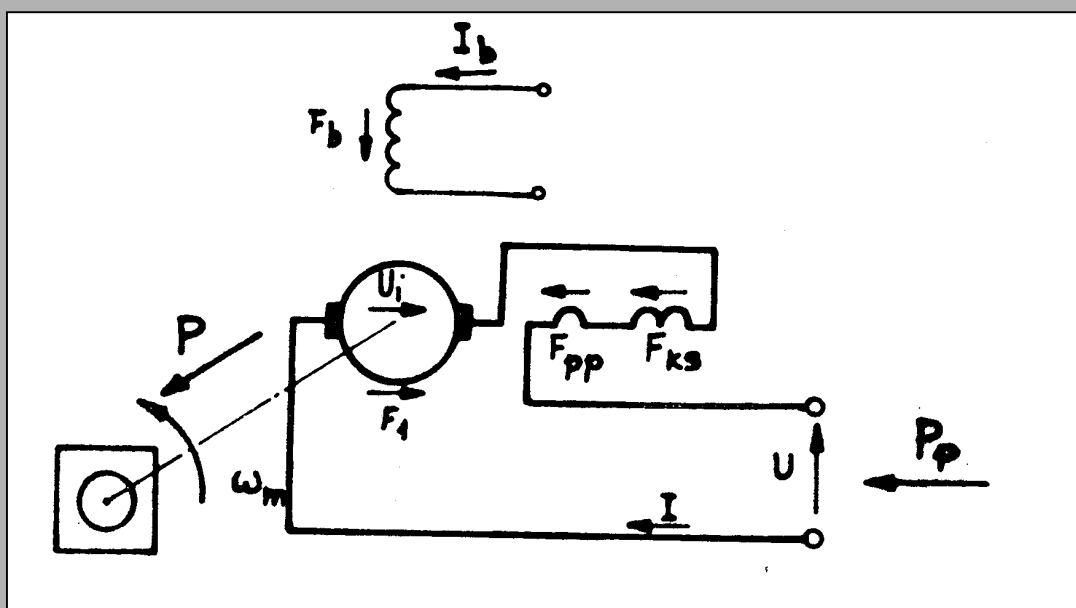
Podle něj rozdělujeme stejnosměrné stroje na:

- 1. Stroje s budicím tokem nezávislým:**
 - a) Stroje s cizím buzením**
 - b) Stroje s paralelním buzením**
 - c) Stroje s permanentními magnety**
- 2. Stroje s budicím tokem závislým na zatížení:**

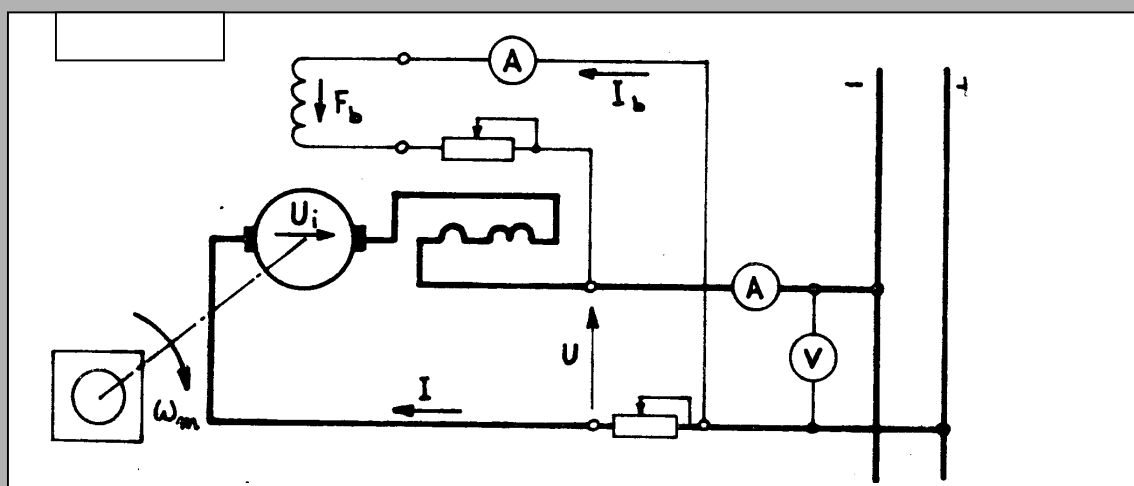
Stroje se sériovým buzením.
- 3. Stroje s buzením smíšeným (prakticky nepoužívané)**

Motory s nezávislým buzením.

Motory s cizím buzením
nebo s permanentními magnety.

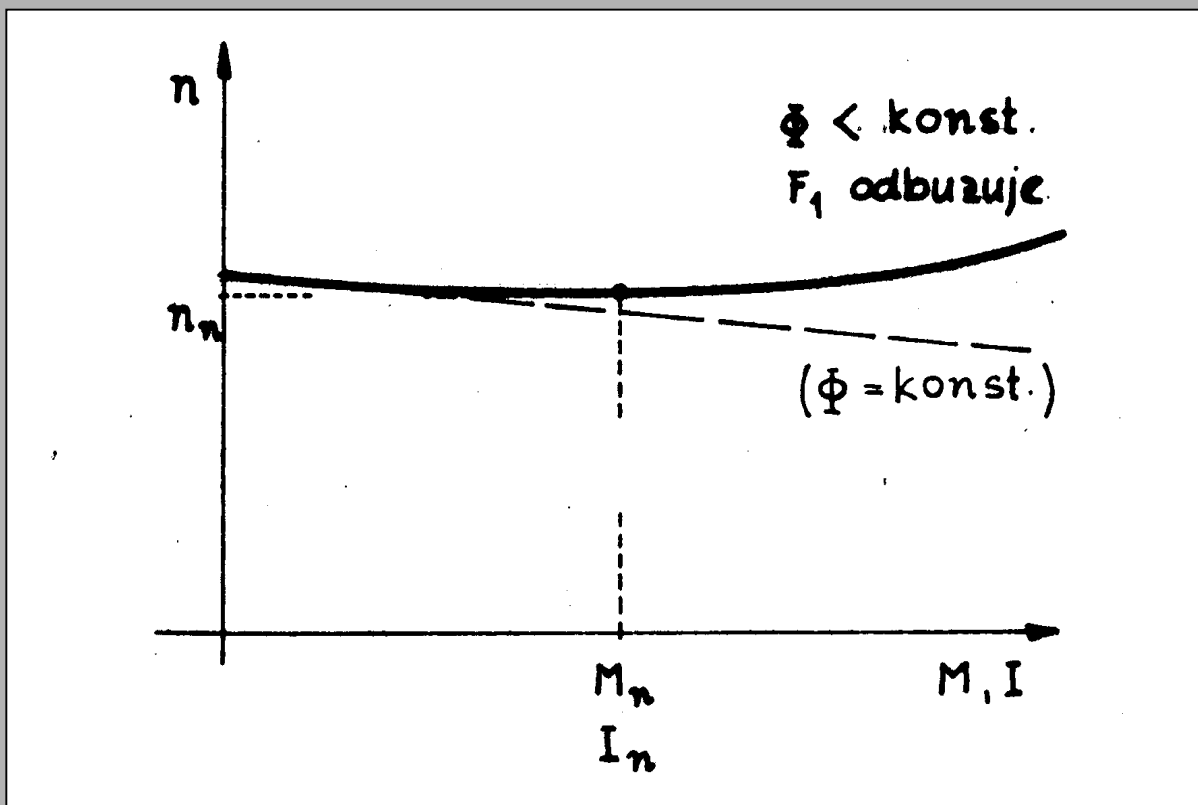


Motory s paralelním buzením.



MECHANICKÁ CHARAKTERISTIKA

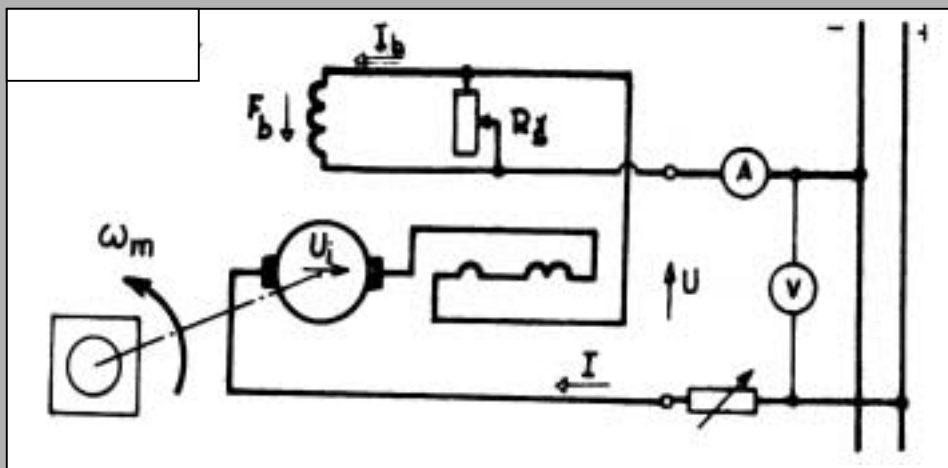
je závislost otáček na momentu.



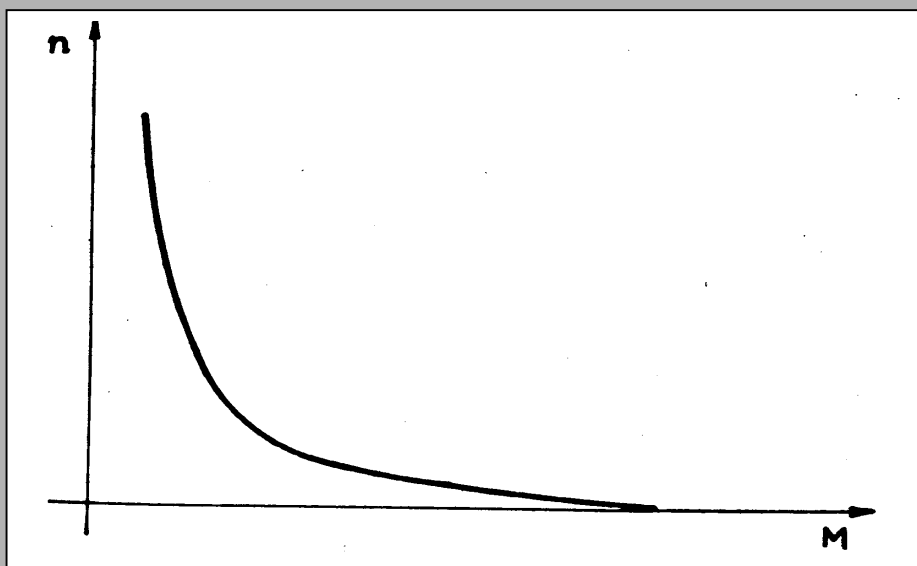
Otáčky nastavené vstupním napětím při konstantním buzení jsou prakticky konstantní, nezávislé na zatěžovacím momentu (proudu).

Pokles mag. toku vlivem úbytku napětí na odporu kotvy je kompenzován úbytkem toku vlivem reakce kotvy.

Sériové motory



Mechanická charakteristika



Ideální trakční charakteristika.

Změna otáček podle zatížení při konstantním výkonu.

Největší záběrný moment ze všech elektrických
ú

JEDNOFÁZOVÉ KOMUTÁTOROVÉ MOTORY

Stejnoseměrný motor, připojený na jednofázovou síť, by měl pracovat stejně jako na stejnoseměrné síti.

Kmitočet napětí indukovaného do rotoru pohybem (otáčením), „rotační napětí“ se na komutátoru změní na kmitočet budicího pole tj. na kmitočet napájecí jednofázové sítě a motor pracuje jako na stejnoseměrné síti.

Pro trvalý chod musí mít tyto úpravy:

1. Magnetický obvod statoru musí být složen z izolovaných plechů jako rotor (ztráty v železe od střídavého magnetického toku).
2. Střídavý budicí magnetický tok indukuje do komutující cívky „transformační napětí“ které zhoršuje komutaci a závisí na:

- počtu závitů komutující cívky – velký počet lamel na komutátoru (každý závit)
- časové změně budícího magnetického toku, tj. na jeho velikosti a kmitočtu.

Zhoršení komutace nutí ke:
snížení mag. toku - vysoké otáčky a
snížení kmitočtu - dráhové systémy o
 kmitočtu $16\frac{2}{3}$ Hz.

Použití jednofázových komutátorových motorů.

a) Velké výkony:

Trakční motory jednofázových dráhových systémů s kmitočtem $16\frac{2}{3}$ Hz (tj. třetina z 50 Hz). Tento systém používají dráhy v Německu, Rakousku a Švýcarsku.

b) Malé výkony (i na 50 Hz):

Vysokoobrátkové pohony domácích spotřebičů (fény, mixéry, kávomlýnky a pod.)