

## Komutátorové motory na střídavý proud

## Konstrukce:

- jejich konstrukce vychází z stejnosměrných motorů, proto umožňují rozsáhlou a plynulou regulaci otáček,
- magnetický obvod statoru je v důsledku buzení střídavým proudem složeným z plechů (*stejnoseměrné stroje mají nejčastěji magnetický obvod vyrobený z lité oceli*),
- stator 1-fázového motoru může mít vyniklé póly jako stejnosměrný stroj nebo je vinutí uloženo v drážkách,
- 3-fázové motory mají vinutí uložena vždy v drážkách,
- rotor je konstrukčně stejný se stejnosměrnými stroji – *magnetický obvod složený z plechů a vinutí připojená na komutátor*,
- nejčastěji je počet kartáčů rovný počtu pólů.

## Výhody komutátorových motorů:

- hospodárné a plynulé řízení otáček,
- lehký rozběh, velký záběrný moment a malý záběrný proud,
- dobrý účinník (u 3-fázových může být  $\cos\varphi=1$ ),
- velká momentová přetížitelnost.

## Nevýhody v porovnání se asynchronními a synchronními motory:

- složitá konstrukce  $\Rightarrow$  vyšší cena,
- nezbytnost údržby komutátorů (proškrabávání drážek mezi lamelami a výměna kartáčů),
- horší účinnost,
- výkonové omezení (U a I komutátoru),
- nemožnost použití v některých prostředích – nebezpečí výbuchu a vyšší riziko úrazu elektrickým proudem,

## Jednofázové komutátorové motory:

**Princip činnosti:**

- v rotorovém vinutí komutátorového stroje se indukuje napětí:

$$U_i = 4 \cdot \Phi \cdot f \cdot \frac{N}{2a}$$

- kde:  $\Phi$  - je budící tok  
 $f$  - je kmitočet indukovaného napětí  
 $N$  - je celkový počet vodičů kotvy,  
 $2a$  - počet paralelních větví,

- budící tok  $\Phi$  je vytvořen střídavým proudem:

$$i = I_{max} \cdot \sin \omega t$$

- pro okamžitou hodnotu budícího toku platí:

$$\Phi_{ok} = \Phi_b \cdot \sin \omega t$$

- pro indukované napětí pak platí:

$$U_i = 4 \cdot \Phi_b \cdot f \cdot \frac{N}{2a} \cdot \sin \omega t$$

- z rovnice vyplývá, že indukované napětí má maximální hodnotu v okamžiku, kdy je maximální budící tok,
- kmitočet napájecího a indukovaného napětí je shodný  $\Rightarrow$  motor je možné napájet střídavým napětím,
- komutátor mění kmitočet indukovaného napětí ve vinutí kotvy na kmitočet napětí sítě,
- kmitočet indukovaného napětí na kartáčích se rovná kmitočtu sítě a nezávisí na otáčkách,
- současně se vlivem měnicího se budícího toku (napájecího napětí) indukuje ve vinutí kotvy tzv. transformační napětí, jsou-li kartáče v přesně neutrální poloze transformační napětí indukované ve vodičích kotvy se vzájemně vyruší,
- napětí mezi jednotlivými lamelami komutátoru nesmí překročit 3V,

**Točivý moment:**

- je závislý na fázovém posunu budícího toku (proudu) a proudu kotvy  $\psi$ , největší hodnoty dosahuje pokud je budící proud ve fázi s proudem kotvy ( $F=B \cdot I \cdot l$ ,  $B=B_{max} \cdot \sin \omega t$ ,  $I=I_{max} \cdot \sin \omega t$ )  $\psi=0$  a v okamžiku  $\omega t=1$ ,

$$M = \frac{\sqrt{2} \cdot P}{\pi \cdot a} \cdot N \cdot \phi_b \cdot I_a \cdot \sin \omega t \cdot \sin(\omega t + \psi)$$

- pro střední hodnotu momentu platí:

$$M_s = \frac{P}{\pi \cdot \sqrt{2} \cdot a} \cdot N \cdot \phi_b \cdot I_a \cdot \cos \psi$$

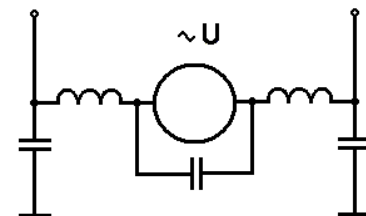
- pro sériové buzení, kdy je splněna podmínka  $\psi=0$  osciluje okamžitá hodnota momentu s dvojnásobným kmitočtem kolem střední hodnoty, (*časový průběh má tvar sinusovky*) mezi hodnotami momentu  $<0, 2 \cdot M_s>$ ,
- s rostoucím fázovým posuvem výsledný točivý moment značně klesá – některých okamžicích nabývá okamžitá hodnota momentu opačného směru,
- při fázovém posuvu  $\psi = \pi/2$  kmitá okamžitá hodnota kolem nulové hodnoty a výsledný točivý moment je dokonce nulový,
- proto se výlučně používají motory se sériovým buzením – jejich momentová charakteristika se přibližuje momentové charakteristice stejnosměrného sériového motoru.

**Komutace:**

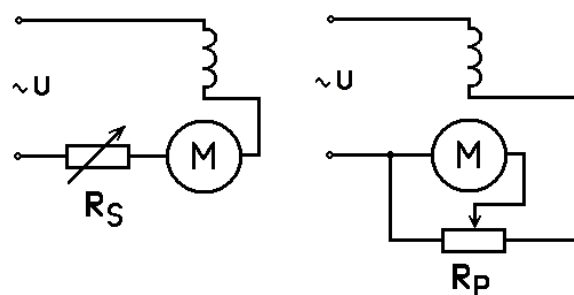
- v důsledku střídavého napájení a různých otáček motoru dochází ke komutaci při různých hodnotách proudů,
- současně se zatížením motoru v se důsledku reakce kotvy posouvá neutrální osa (osa kartáčů),
- komutace je dále nepříznivě ovlivněna transformačním napětím, které dosahuje největší hodnoty v právě komutující cívce, to se projevuje jiskřením na kartáčích,
- aby se potlačily 3 výše uvedené jevy mají motory středních výkonů vždy pomocné póly a velké jednofázové motory kompenzační vinutí.

**Jednofázový sériový univerzální komutátorový motorek** (jiné jednofázové motory se již dnes nepoužívají)

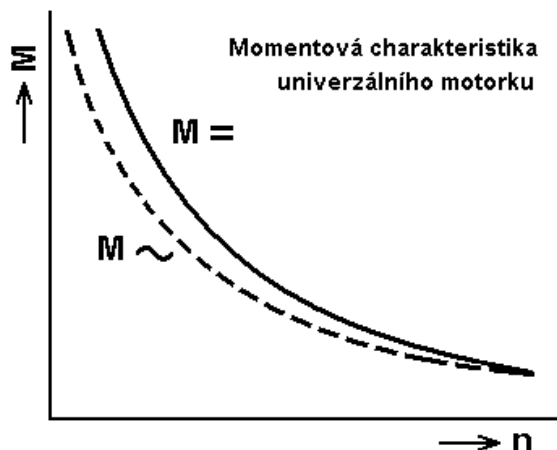
- používá se pro pohon elektrického nářadí a domácích spotřebičů (vysavače, mixery ...)
- vyžadujících regulaci otáček,
- motor se vyrábí nejčastěji jako dvupólový s rozsahem provozních otáček u malých motorků až  $14\,000\text{ ot.min}^{-1}$ ,
- pouze u velkých výkonů (vysavače  $\sim 1000 \div 2000\text{ W}$ ) mají motory jednoduché pomocné póly (malá cívka s feritovým jádrem),
- motor má velký záběrný moment,
- lze ho napájet jak stejnosměrným tak i střídavým napětím,
- řízení otáček střídavých motorů se provádí změnou napájecího napětí a to polovodičovými regulátory,
- špatnou vlastností motorků je velké jiskření komutátoru a následné rušení vyzařovaným elektromagnetickým zářením šířícím se podél elektrických vedení - proto se musí provést odrušení,
- zvláště pečlivě musí být provedeno dokonalé dynamické vyvážení ovlivňující podstatně životnost motorku,
- jako trakční motory se dnes již tyto motory nepoužívají – pro malé napájecí napětí do  $300\text{ V} \Rightarrow$  omezený výkon !



Odrušení komutátorových motorků



Řízení otáček univerzálních motorků  
vlevo - snižováním napájecího napětí,  
vpravo –udržování přibližně stálého napětí na kotvě

**3-fázové komutátorové motory na střídavý proud**

- motory se užívají k pohonu textilních, papírenských, válcovacích, cementárenských a sklářských strojů,
  - dnes jsou nahrazovány asynchronními motory napájených frekvenčními měniči
- a) **trojfázový derivační motor napájený do statoru** (Winter – Eichberg – 1900 )
- rotor má 6 kartáčů a je napájen ze sběračového 3-fázového transformátoru (autotransformátoru),
  - řízením napětí na rotoru je možná plynulá a hospodárná regulace při konstantním momentu – proudu rotoru a to i do nadsynchronních otáček,
  - výkon může být z rotoru přes transformátor vrácen do sítě či ze sítě přes transformátor do rotoru dodáván,
  - stroj má dobrou účinnost a tvrdou momentovou charakteristiku
  - stroj je dražší, potřebuje říditelný transformátor a náročnější údržbu
- b) **trojfázový derivační komutátorový motor napájený do rotoru** (Schrage - 1910)
- rotor je napájen přes kroužky,
  - rotor má dvě vinutí jedno je zapojeno do hvězdy nebo trojúhelníka a druhé stejnosměrné regulační vinutí je připojeno na komutátor a nahrazuje funkci transformátoru a jeho napětím se napájí sekundární vinutí motoru umístěné na statoru a napájené pomocí kartáčů,
  - změnou polohy kartáčů se bezztrátově regulují otáčky motoru,
  - při regulaci 1 : 2 je maximální výkon  $40\text{ kW}$ , 1 : 6 pak  $25\text{ kW}$ , maximální rozsah je regulace je 1 : 50,
  - spouštění je přímým připojením s proudovým nárazem  $I_k$  do  $2I_n$  a záběrným momentem  $M_z=(1,5\text{ až }2,5) M_n$  při nejnižších otáčkách