

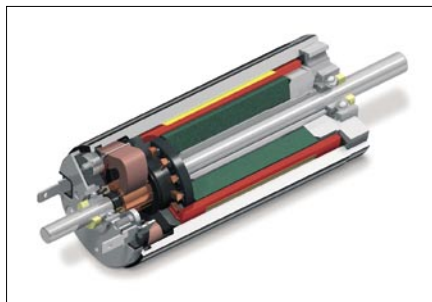
# Přínos nových motorů maxon EC-powermax

Ing. Václav Brož, UZIMEX

Stejnoseměrné motory maxon splňují požadavky na motory pro automatizaci a pro pohony robotů, ať používají mechanickou (DC) nebo elektronickou komutaci (EC). Podstatnou předností všech pohonů maxon je vysoká hustota výkonu v jednom gramu nebo kubickém centimetru. V dubnu 2005 firma maxon představila novou řadu elektronicky komutovaných motorů EC-powermax s extrémně vysokou hustotou výkonu. V mnoha oborech lze díky zařazení těchto motorů zlepšit kvalitu a zvětšit rozsah použití finálních strojů a přístrojů. Tento článek obsahuje informace o vlastnostech všech komponent tvořících soustavu pohonů maxon (výrobce maxon motor AG).

## Komutátorové motory (DC)

Předností stejnosměrných motorů s mechanickým komutátorem je jednoduché nastavení rychlosti v širokém rozsahu hodnot napájecího napětí. Jejich slabým místem je omezená doba života komutace. Životnost konvenčních komutátorových motorů s obvyklou konstrukcí vinutí rotoru jen zřídka odpovídá požadavkům aplikace v průmyslu.

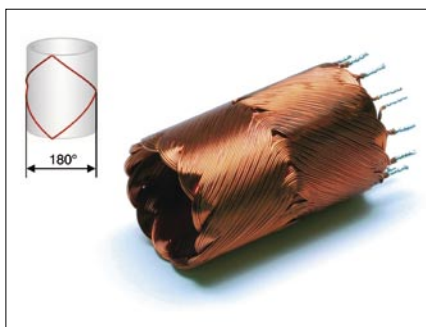


Obr. 1. Motor s mechanickým komutátorem

Samonosné homogenní vinutí maxon® bez železného jádra prodlužuje život motorů s mechanickým komutátorem až na 20 000 provozních hodin (obr. 1). Vynálezem technologie samostatného vinutí složeného z kosočtverečných smyček (obr. 2) před několika lety zahájil maxon výrobu stejnosměrných komutátorových motorů s nadstandardně dlouhou dobou života, s vysokou účinností a krátkou časovou konstantou při rozběhu. Vinutí spolu s komutátorem a hřídelí je součástí rotoru. Do dutiny vinutí motoru maxon vycíná ze statoru permanentní magnet. Maxon v průběhu dalších let doplnil motory převodovkami, snímači, elektromagnetickými brzdami a řídicími jednotkami a vytvořil tak ucelenou soustavu pro návrh pohonu.

## Motory s elektronickou komutací (EC)

S rozvojem technické úrovně a s poklesem cen elektronických prvků se pro běžné aplikace zpřístupnilo i elektronické řízení komutace malých stejnosměrných motorů. Je-li žádána spolehlivá funkce v trvalém provozu více než 50 000 h a zároveň široké pásmo řízení rychlosti, malé rozměry, krátká časová konstanta rozběhu, popř. zcela rovnoměrný moment, je řešením stejnosměrný motor EC, který neobsahuje mechanický komutátor. Ukázalo se, že patentované vinutí maxon® (obr. 2) se výborně uplatní i ve válcových motorech EC. Využívá se v motorech velikosti od průměru 6 mm do průměru 45 mm.



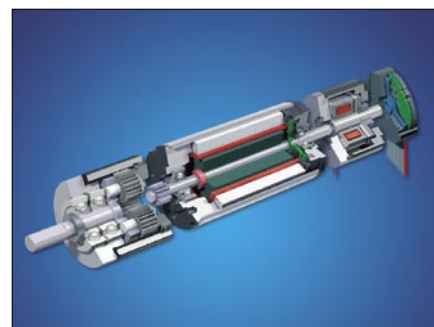
Obr. 2. Vinutí maxon® dvou pólového motoru

Vinutí ve válcových motorech EC (obr. 3) je součástí statoru a obklopuje magnet otáčející se s rotorem. Feromagnetický prstavec, složený z plechů, uzavírá magnetický obvod na vnějším obvodu vinutí. Motory jsou standardně vybaveny snímačem se třemi Hallovy sondami, které poskytují řídicí jednotce informaci o natočení rotoru. Jednotka zajišťuje elektronickou komutaci, tj. přepíná proud do sekcí vinutí. Průběh proudu odvozený od Hallovy sondy je obdélníkový, mechanický moment v průběhu otáčky je zvlněný o 14 %. Rovnoměrný moment lze získat s řídicí jednotkou typu maxon DES, EPOS nebo MIP, které digitálně vytvářejí kvazisinusový průběh proudu. Motor je ovšem nutné doplnit inkrementálním snímačem.

Vinutí maxon® dodává válcovým motorům EC tyto vynikající vlastnosti:

- klidový stabilizační moment je odstraněn; ve statoru nejsou žádné póly, které v konvenčních motorech EC přitahují magnet rotoru do určitých poloh – tento jev je často nežádoucí, protože je ovlivněno natočení v zastavené poloze a vypnutý motor se může i samovolně pootočit,
- hnací moment při běhu motoru nekolísá; kolísání momentu zhoršuje přesnost regulace při malé rychlosti,

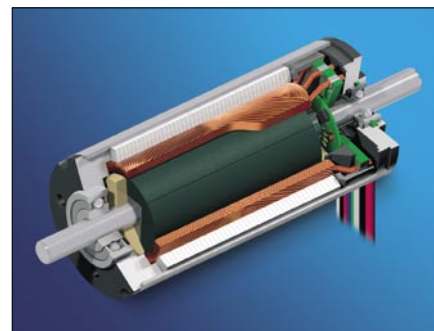
- nízká elektromechanická časová konstanta (do 10 ms) v důsledku nízké indukčnosti vinutí a vysokého poměru hnacího momentu k momentu setrvačnosti,
- malý objem vnějšího feromagnetického prstence, který uzavírá magnetický tok, jako důsledek odstranění pólů,
- malé ztráty vířivými proudy a hysterezi zvyšují účinnost motoru, zvýšila se vysoká krátkodobá přetížitelnost, která je obecně omezoována oteplením vinutí ztrátami v motoru,
- výborná proporcionalita proudu a momentu v důsledku využití síly na vodič v magnetickém poli podle Lorentzova zákona, nikoli přitahováním feromagnetických pólů.



Obr. 3. Motor EC-max s převodovkou, brzdou a snímačem

## Automatická výroba motorů

Snaha vyrobit vysoce kvalitní motory nepoužívanějších řad a rozměrů motorů za přijatelnou cenu vedla výrobce ke konstrukční a technologické inovaci pro automatickou výrobu a montáž – řady se sníženými výrobními náklady jsou označeny příponou max. První byly přepracovány komutátorové motory A-max s magnety ze slitiny AlNiCo. Další řada RE-max používá nejvýkonnější magnety typu FeNdB. Následovala řada dvou pólových válcových motorů s elektronickou komutací EC-max. Díky automatické výrobní lince se



Obr. 4. Motor EC-powermax – oceněn na veletrhu AMPER 2005

snížila cena motoru s elektronickou komutací o průměru 30 mm na hodnotu, která se tak dostala pod cenu srovnatelného motoru s komutátorem. Při porovnávání je však třeba vzít v úvahu i cenu řídicí jednotky. Komutátorový motor může v jednoduchých případech být bez řídicí jednotky, ale motor EC-max ji vždy potřebuje. Pro automatickou montáž jsou navrženy i motory nové řady čtyřpólových motorů EC-powermax (obr. 4).

## Motory EC-powermax

Zvýšení počtu pólů motoru rozděluje magnetický tok statoru na více větví. Čtyřpólové vinutí maxon® (obr. 5) má poloviční úhlový rozsah každé smyčky. Přejít na čtyři póly sice zvětšuje pracnost výroby magnetu, ale zvyšuje i tyto parametry:

- Větší využití objemu vinutí: Sklon vodičů v kosočtverečné smyčce vinutí maxon® čtyřpólového vinutí je poloviční. Lorentzova síla na vodič se odvozuje od složky proudu v kolmém směru na směr magnetického pole. Zatímco trvalý proud protékající vodičem je omezen ohmickými ztrátami  $I^2R$ , způsobujícími ohřátí, které motor ochladí bez poškození, pro mechanickou práci se využívá jen složka proudu ve směru osy motoru. Zvýšení této složky znamená zvýšený trvalý moment při stejném průřezu vinutí.
  - Tenčí a lehčí feromagnetický plášť uzavírající magnetický obvod statoru: Magnetický tok jako součin magnetické indukce v mezeře a plochy nad jedním pólem magnetu se v dvoupólovém motoru uzavírá dvěma dlouhými větvemi feromagnetického pláště. Každá větev obsahuje polovinu celkového magnetického toku. Ve čtyřpólovém motoru se stejný magnetický tok uzavírá čtyřmi větvemi a v každé z nich je obsažena čtvrtina celkového magnetického toku – tloušťka pláště je poloviční.
  - Větší průměr magnetu v rotoru: V důsledku tenčího pláště může být poloměr magnetu větší. Lorentzova síla na větším poloměru působí vyšším mechanickým momentem. Zvětšuje se i plocha nad pólem magnetu a počet vodičů vinutí v magnetickém poli. EC-powermax o průměru 30 mm má oproti svému dvoupólovému předchůdci EC-max průměru 30 mm a stejné délky tyto přednosti:
    - dvojnásobný trvalý mechanický moment při rychlosti  $5\,000\text{ min}^{-1}$ ,
    - 3,2krát vyšší trvalý výkon; na zvýšení výkonu se podílí i vyšší rychlost motoru,
    - 3,4krát nižší gradient poklesu rychlosti na  $1\text{ mN}\cdot\text{m}$  zatížení; motor lépe udržuje rychlost při zvyšování zatížení.
- EC-powermax o průměru 30 mm a délce 64 mm trvale dosahuje výkonu téměř 200 W. U varianty motoru o délce 47 mm je výkon 110 W. EC-powermax o průměru 22 mm a délce 66 mm dodává výkon 90 W. EC-powermax se svou vysokou hustotou

výkonu uplatní v aplikacích ve stísněném prostoru a s limitovanou hmotností.

## Diskové motory

V některých aplikacích motorů je dominantní konstrukční požadavek na co nejkratší motor. S tím je spojen nárok na dosažení potřebného momentu bez převodovky, která by motor prodloužila. Zpomalení a zvýšení momentu realizuje elektronicky komu-



Obr. 5. Vinutí maxon® čtyřpólového motoru

tovaný diskový motor s větším počtem pólů. Rotor ve tvaru pánve nese na vnitřním povrchu prstence osm až 24 magnetů s prostřídávanými póly po obvodu. Ve statoru uvnitř prstence je na feromagnetických jádrech vějířovitě šest až osmnáct cívek.

## Převodovky

Vývoj planetových převodovek maxon (obr. 3) sleduje zvyšování hustoty výkonu v objemu a miniaturizaci motorů. Aplikace keramických čepů planet z materiálu  $\text{ZrO}_2$  radikálně snižuje opotřebení v kritickém místě planetových převodovek plněných plastickým mazivem. Keramické čepy planet přinesly i zvýšení přípustné rychlosti motoru a zkrácení převodovek. Doporučená rychlost převodovky o průměru 42 mm je  $8\,000\text{ min}^{-1}$ .

## Snímače

Maxon v souvislosti s digitalizací řízení preferuje inkrementální snímače. Optické snímače nahrazuje nejmodernějšími magnetickými snímači MR, které jsou založeny na vlivu směru magnetického pole na odpor pásek NiFe o průřezu v tisícinách milimetru, které jsou vyrobeny technologií mikroelektroniky. Mají až 1 024 impulsů na otáčku.

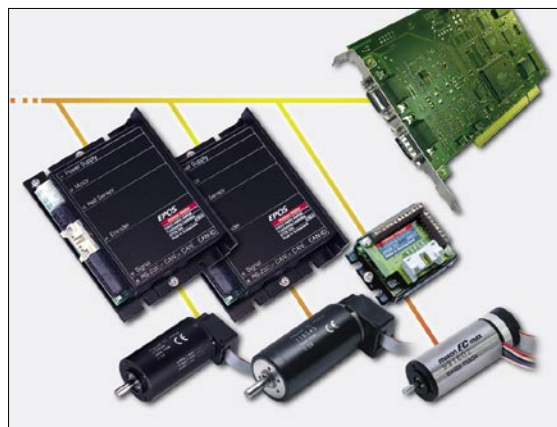
## Řízení komutátorových motorů

Rychlost komutátorových motorů lze nastavit v širokých mezích napájecím napětím. Uplatní se ale vliv změn zatížení. Pro přesné řízení rychlosti komutátorových motorů při proměnném zatížení jsou určeny analogové řídicí jednotky. Zpravidla využívají inkrementální snímače. Při menších požadavcích

na přesnost řízení lze využít snímání výstupního napětí jednotky s jeho kompenzací na vliv zatížení součinem IR, motor pak nemusí být vybaven snímačem. Jednotky řídí rychlost čtyřkvadrantově, zrychlují nebo brzdí v obou směrech otáčení.

## Řízení elektronicky komutovaných motorů

Motory s elektronickou komutací vždy potřebují řídicí jednotku pro náhradu přepínací funkce mechanického komutátoru. Podle požadavku na kvalitu řízení, rovnoměrnost momentu a dynamiku rozběhu si lze vybrat z několika řídicích jednotek rychlosti s různými požadavky na vybavení motoru snímačem. Pro pohon ventilátoru bez nároků na dynamický rozběh není na motoru zapotřebí žádný snímač. Řídicí jednotka pohonu v jednom přepínatelném směru s řízením rychlosti pouze v oblasti vyšších rychlostí vystačí se snímačem s Hallovými sondami, který je standardní výbavou elektronicky komutovaných motorů. Čtyřkvadrantová řídicí jednotka s kvazisinusovým výstupem vyhovuje náročným požadavkům na rozsah a směr rychlosti a na rovnoměrnost momentu. Vyžaduje inkrementální snímač.



Obr. 6. Řídicí jednotky EPOS a sběrnice

## Řízení polohy

Nová řada řídicích jednotek EPOS (obr. 6) je zcela digitalizována. Je určena pro řízení komutátorových motorů i motorů s elektronickou komutací. Logika jednotek EPOS pracuje v součinnosti s nadřazeným programovatelným automatem PLC nebo s osobním počítačem PC. Jednotka se programuje a komunikuje s využitím rozhraní RS-232 nebo CANbus. EPOS je vyráběn v řadě typů, které jsou přepínatelné do několika módů; může v nich řídit rychlost, moment motoru nebo polohu.

Jednotky MIP mohou být naprogramovány počítačem a poté řídit polohu na povel spínačem I/O. Rychlostní rampy, rychlost pohybu i cílová poloha jsou volitelné z naprogramovaných hodnot kombinací jedniček na několika vstupech.

☒