

## Co přináší nejnovější technologie maxon

### Homogenní samonosné vinutí bez železa

**Přínos pro motory s mechanickou komutací DC** **Přínos pro motory s elektronickou komutací EC**

Samonosné vinutí odstranilo otáčející se ferromagnetické jádro rotoru, které bylo hlavním zdrojem energie pro vznik jiskření při komutaci. Podstatně nižší energie vytvoří nižší napětí pro elektrické obloky. Život motorů maxon je proto i přes 20,000 hodin, při rychlosti přes 8,000 ot/min.

Vysoká rychlost znamená i vysoký výkon. Prostor uvnitř vinutí je využit pro umístění permanentního magnetu. Motor je menší.

Motor s nízkou indukčností a malým momentem setrvačnosti má mechanickou časovou konstantu do 10 ms.

Odpady ztráty v železe rotoru. Účinnost motoru stoupla na 80 - 90%.

#### CLL, capacity long life

Mezi lamelami komutátoru motorů s kovovými kartáči jsou kondenzátory. Pohltí zbytek energie a sníží napětí pro udržení oblouku při jiskření.



Konvenční motory EC mají magnet v rotoru a vinutí v drážkách statoru s ferromagnetickými póly.

Homogenní dvoupólové vinutí maxon je obklopeno homogenním pláštěm, který uzavírá magnetický tok. V klidovém stavu ani při otáčení nejsou preferovány žádné polohy. Mechanický moment je rovnoměrný.

Nízká indukčnost vinutí zkracuje elektrickou časovou konstantu.

Níže ztráty v tenkém ferromagnetickém plášti snižují energetickou náročnost.

Síla v motoru nevzniká působením dvou pólových nástavců ale silou na vodič podle Lorentzova zákona. Je omezena reakce kotvy. Závislost momentu na proudu je přesně lineární.

#### Homogenní čtyřpólové vinutí maxon

Nová technologie vinutí se čtyřmi póly je základem nového typu motorů EC-powermax.

Sešikmení vodičů je poloviční a na vzniku momentu se podílí větší složka proudu. Magnetický tok v plášti je rozdělen do čtyř větví místo do dvou. Tloušťka pláště je poloviční a poloměr vinutí větší. Výkon motoru je 3.2 krát vyšší.



### Keramické hřídele



Využití technologie kontinuální výroby přesných tyčí z keramického materiálu  $ZrO_2$  radikálně snižuje opotřebení v kritickém místě planetových převodovek mazaných plastickým mazivem. Aplikace keramiky na čepy planet přinesla i zvýšení přípustné rychlosti převodovek. Doporučená

rychlost převodovky o průměru 42 mm je Nadstandardních 8,000 ot/min.

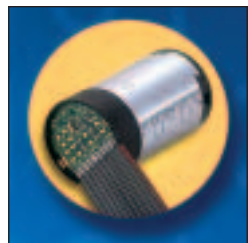
Další aplikace keramiky využívá její elektrické nevodivosti. Lamely minia-



turních komutátorů jsou fixovány v čele vinutí a těsně doléhají na keramické hřídele motoru. Rychlost motory RE je díky malému průměru komutátorů až do 23,500 ot/min a přináší vysokou hustotu výkonu.

### Mikrosnímač

Magnetické snímače typu MR využívají nový fyzikální princip, závislost ohmického odporu miniaturních vodičů z anizotropního materiálu NiFe na směru magnetického pole. Konvenční Hallové sondy reagují na intenzitu magnetického pole. Použity jsou vodiče ve tvaru pásků s průřezem 50 nm krát 5 m. Na ploše 0,025 mm<sup>2</sup> je tak možné vytvořit dobře měřitelný odpor několika k. Zdrojem magnetického pole s proměnným směrem je disk na hřídeli motoru se zmagnetovanými 16 - 64 póly po obvodu. Nová mikrotechnologie omezuje vliv nepřesností montáže.



K eliminaci teplotní závislosti, která je u jednoho odporového pásku na stejné úrovni jako jeho citlivost na směr pole, je použito zapojení řady pásků do Wheatstonova můstku.

Přesná a matematicky známá závislost odporu na úhlu mezi směrem pásku a směrem magnetického pole umožňuje spolehlivě interpolovat mezi roztečí pólů a dosáhnout dělení až 1000 nebo 1024 inkrementů na otáčku.

Snímač má tvar disku s tloušťkou několik mm. Průměr navazuje na motor. Výstupem je standardní signál TTL 5V s 2 nebo 3 kanály

## Výjimečnost soustavy malých stejnosměrných pohonů maxon

### Splněné požadavky NASA

Pro pohony Roverů na Marsu jsou použity komutátorové motory maxon řady RE s výkonnými magnety z materiálu Neodym - železo - bor. Jejich vlastnosti splňují požadavky na speciální kosmické roboty.

- Vysoká spolehlivost a životnost komutátorových motorů. Je podmíněna minimálním jiskřením kartáčů.
- Vysoká hustota výkonu na 1 g hmotnosti souvisí s umístěním magnetu v dutině vinutí a s vysokou rychlostí, která není omezena nárůstem jiskření.
- Vysoká přetížitelnost v kritických situacích. Neje omezena syčením železa.
- Vysoká účinnost motorů bez ztrát v železe.
- Řízení rychlosti ve velkém rozsahu
- Přizpůsobení vinutí stejnosměrné sítě kosmických sond.
- Převodovky s vysokou hustotou výkonu na 1 g hmotnosti. Keramické čepy planet připouštějí vysokou rychlost připojeného motoru.
- Výběr ze široké nabídky rozměrů a převodových poměrů.
- Miniaturní rozměry inkrementálních snímačů MR.

Optimalizace typů pohonů během vývoje sond snadná, protože mohly být použity sériově vyráběné komponenty s upraveným mazivem pro extrémní podmínky Marsu.

### Mikropohony

Pro aplikace v mikroelektronice, v lékařských přístrojích a informačních technologiích jsou určeny miniaturní komponenty pohonů.

Komutátorové motory DC o průměru 6 a 8 mm s výkonem 0.3 a 0.5 W. Použitá keramická hřídele je elektricky nevodivá a umožnila extrémně zmenšit průměr komutátoru.



Válcové bezkartáčové motory EC průměru 6 mm s rychlostí do 100,000 ot/min a výkonem 1.2 W.

Diskové bezkartáčové motory EC průměru 6 mm a délce 2.2 mm.

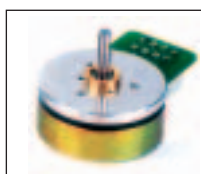
Planetové převodovky s průměrem 6 mm se vstupní rychlostí do 40,000 ot/min a momentem do 0.03 Nm.

Inkrementální snímač s průměrem 6 mm s bočním převodem a se 100 pulzy na otáčku.

Harmonická převodovka bez vůle s průměrem 8 mm. Spolu s motorem a snímačem může být součástí miniaturního servopohonu

### Pohony s motory EC

Dynamické vlastnosti, účinnost a hustota výkonu na 1 g hmotnosti válcových motorů EC jsou ekvivalentní motorům s komutátorem. Přínosem je vysoká doba života, odvozená od trvanlivosti kuličkových ložisek. Válcové motory EC se vyrábějí od průměru 6 mm do průměru 60 mm se 400 W při 7,000 ot/min. Vstupní rychlosti převodovek maxon s keramickými čepy planet jsou přizpůsobeny vysokým rychlostem motorů. Převodovky s průměrem 42 mm připouštějí 8,000 ot/min.



Motory jsou standardně vybaveny snímači s Hallovými sondami, které jsou podmínkou plného výkonu motorů.

Dynamiku při nejnižších rychlostech a zcela rovnoměrný moment zajišťují kvazisinusové napájení. V tom případě se motor doplní snímačem MR nebo optickým.

Pro nenáročné rozběhy jsou určeny varianty motorů bez jakýchkoliv snímačů.

Progressivní řada válcových motorů EC-max od průměru 16 do průměru 40 mm byla zcela nově navržena a od roku 2004 je vyráběna automaticky se sníženými náklady. Motory se kombinují s převodovkami, elektromagnetickými brzdami a snímači.

Diskové motory s průměry od 6 do 90 mm mají konstrukční plochý tvar. Dávají vyšší moment při nízké rychlosti. Používají se bez převodovky.

### EC-powermax

Nejnovejší modernizace válcových motorů EC přinesla obrovský skok v koncentraci výkonu v prostoru. Čtyřpólový EC-powermax s průměrem 30 mm a délkou 64 mm má trvalý výkon 200 W při 22,000 ot/min. To je 3.2 krát více wattů než dává dvoupólový motor EC-max o stejných rozměrech. Trvalý mechanický moment při 5,000 ot/min je 130 mNm, tj. dvojnásobný. Motor má 3.4 krát menší pokles rychlosti s nárůstem zatížení



Základem pro zvýšení parametrů je nové homogenní samonosné vinutí se čtyřmi póly a čtyřpólový magnet v rotoru. K vynikajícím vlastnostem původního dvoupólového vinutí se přičítá další zvýšení technických parametrů.

Menší sklon vodičů vinutí a rozdělení magnetického toku ve ferromagnetickém plášti na čtyři větve místo dvou, větší průměr vinutí při poloviční tloušťce zvýšilo dvojnásobně mechanický moment.

Ke zvýšení prostorové hustoty výkonu dále přispívá vyšší přípustná rychlost, která je 22,000 ot/min místo 15,000 ot/min u EC-max.

## Jak řídit malé pohony

### Řízení rychlosti

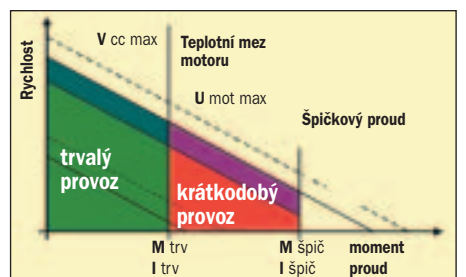
Stejnoseměrné motory s mechanickou i elektronickou komutací a s homogenním vinutím bez železného jádra s póly mají velmi přesnou lineární závislost rychlosti naprázdno na napájecím napětí. Rychlost se pak snižuje s nárůstem zatížení s konstantním gradientem.

Rychlost komutátorového motoru s neproměnným zatížením jednoduše nastavíme napájecím napětím.

Pro řízení rychlosti komutátorových motorů při proměnném zatížení slouží analogové řídicí jednotky LSC a ADS. Využívají inkrementální snímače. Při nižších nárocích na přesnost řízení lze využít snímání výstupního napětí jednotky s jeho kompenzací na vliv zatížení součinem I x R. Motor pak nemusí být vybaven snímačem.

Jednotky řídicí rychlost čtyřkvadrantově, urychlují nebo brzdí v obou směrech otáčení.

Řídicí jednotky LSC a ADS mohou řídit i proud do motoru, který určuje výstupní moment.



### Řízení rychlosti motoru EC

Motor EC bez kartáčů vyžaduje vždy řídicí jednotku. Všechny jednotky maxon řídicí rychlost se zpětnou vazbou. Dokonalejší řízení vyžaduje i dokonalejší snímač na motoru.

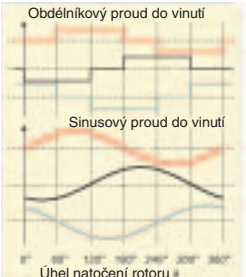
Jednotka AECS řídí jednovyřaditě komutaci a rychlost motoru bez jakéhokoliv snímače. Snímá elektromotorickou sílu EMS indukovanou ve vinutí. Rozběhy jsou bez dynamiky, neboť jednotka rotorem motoru napřed pootočí libovolným směrem, aby ve vinutí vzniklo napětí jako signál o poloze. Vhodné pro ventilátory a pod.

Jednotky DEC řídí motor se standardními snímači se 3 Hallovými sondami. Napájecí pulzy jsou obdélkové podle signálů z Hallových sond, takže moment rotoru v průběhu otáčení kolísá o 14%.

Většina jednotek DEC řídí komutaci a rychlost jednovyřaditě. Nová jednotka DECV řídí čtyřkvadrantově.

Jednotka DES řídí čtyřkvadrantově komutaci a rychlost motoru doplněného inkrementálním snímačem čtyřkvadrantově. Napájecí proud má sinusový průběh. Moment válcových motorů EC je pak extrémně rovnoměrný.

Jednotky DEC a DES se ovládají analogově nebo digitálně v RS232, DES i CAN-busem.



## EPOS, nová generace řízení

Nová řada řídicích jednotek EPOS je úplně digitalizována. Je určena jak pro řízení komutátorových motorů DC, tak i motorů s elektronickou komutací EC. Ke každému řízenému motoru je potřeba jedna řídicí jednotka. Při návrhu jednotek EPOS byly použity nejvýkonnější současné elektronické komponenty. Logika EPOSU pracuje v součinnosti s nadřazeným průmyslovým počítačem PLC nebo s osobním počítačem PC. Jednotka se programuje a komunikuje v RS232 nebo CAN busem. Při řízení jednoho motoru může komunikovat v RS232. Komunikace několika EPOSů probíhá v CAN busu. Ne-li sběrnice k dispozici, stačí propojit EPOSY svorkami CAN a jeden z nich řídit ze standardního výstupu PC pomocí RS232. EPOS je vyráběn

v řadě typů které jsou přepínatelné do několika módů a v nich může řídit rychlost, moment motoru nebo polohu.

Napětí výstupních napájecích obvodů pro motory EC má kvazisinusový průběh. To je předpoklad pro rovnoměrný průběh momentu válcového motoru EC vybaveného inkrementálním snímačem. Válcové motory EC mohou být běžně doplněny inkrementálním snímačem s hustotou od 12 do 1024 dílků na otáčku, diskové motory ne. Bez inkre-

mentálního snímače se snižuje kvalita řízení v nízkých rychlostech v důsledku nízké hustoty signálů z Hallových sond 6 signálů za otáčku a moment rotoru v průběhu otáčení kolísá o 14%.

EPOS 24/1 s napájením 24 V a výstupem do 23 V, 1 A trvale, 2A krátkodobě, EPOS 24/5 s napájením 24 V a výstupem do 22 V, 5A trvale, 10A krátkodobě EPOS 70/10 s napájením 24 V a s výstupem do 63 V, 10A trvale, 25A krátkodobě.

K jednotkám se dodává úplná sada spojovacích kabelů podle typu připojeného motoru. Software pro oživení se dodává s EPOSEM a je volně k dispozici na www.maxonmotor.com. První krok při programování řízení je vložení parametrů motoru a snímače. Program na základě

reakce motoru najde optimální nastavení zesílení proporcionální, derivační a integrační části regulátoru. Další krok je definování proudových a rychlostních omezení pro ochranu motoru a řízené soustavy. Při řízení polohy se nastaví způsob nalezání nulového bodu řízené osy jako kombinace údaje třetího kanálu inkrementálního snímače se signálem koncového snímače nebo referenčního snímače nebo nárůst proudů při najetí na koncový doraz.

#### EPOS řízený PLC

