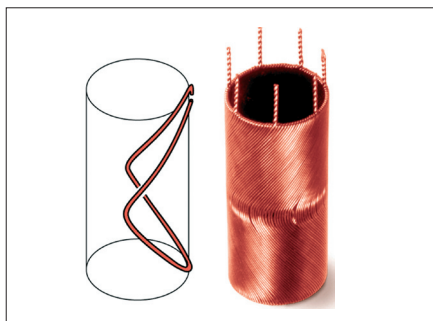


Komutátorové motory do 400 W

Princip vytváření hnacího momentu ve stejnosměrných motorech je základem jejich význačných vlastností z hlediska použití v pohonech pro automatizaci. Výhodou je zejména konstantní moment v širokém rozsahu otáček a přímá úměrnost otáček naprázdno, bez zatížení, s napájecím napětím. To platí jak pro motory s mechanickou komutací, označované DC, tak i pro motory s elektronickou komutací (EC). Firma Maxon Motor AG vyrábí stejnosměrné motory obou druhů s vysokou kvalitou. Komutace přitom znamená přepínání proudu do vinutí motoru řízené přímo natočením rotoru, nikoliv přes indukci, jak je tomu v indukčních motorech, nebo direktivní přepínání bez zpětné vazby na natočení rotoru jako u krokových motorů.

Vznik motorů s elektronickou komutací (EC) byl motivován snahou odstranit nepří-



Obr. 1. Patentové vinutí Maxon DC®

niv vliv jiskření na dobu života kartáčů a lamel komutátoru. Dynamické vlastnosti a rozměry válcových motorů Maxon EC jsou velmi podobné jako u motorů DC. Nemohou ale dosáhnout jejich účinnosti, protože časově proměnné magnetické pole statoru způsobuje ztráty hysterezi a vířivými proudy ve vnější části feromagnetického obvodu. Motory EC kromě toho také nelze v jednoduchých úlohách napájet pouhým stejnosměrným proudem, jak to umožňují motory DC.

Snaha o omezení opalování komutátoru vedla i ke zdokonalení motorů DC. Firma Maxon vyvinula vinutí motoru DC ve tvaru trubky, které je samonosné a nepotřebuje feromagnetické jádro (obr. 1). Místo konvenčního otočného jádra je do dutiny vinutí vložen nehybný permanentní magnet. Feromagnetický obvod motoru Maxon DC je tvořen permanentním magnetem a pláštěm, které jsou součástí statoru. Ve vzduchové mezeře mezi nimi se otáčí samonosné měděné vinutí (obr. 2).

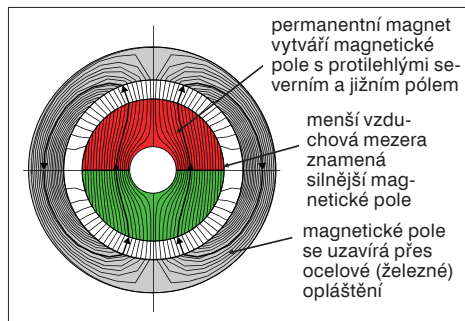
Vlastnosti motorů Maxon DC

Hlavními vlastnostmi motorů Maxon DC vyhodnými z hlediska jejich použití v automa-

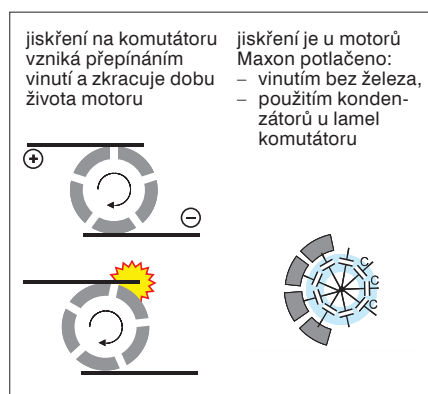
tizační technice jsou dlouhá doba života, velké otáčky, malé rozměry a velká účinnost.

Doba života

Potlačením jiskření se doba života motorů prodlužuje až na 20 000 provozních hodin. Jiskření je stručným označením pro elektrické oblouky mezi kartáčem a lamelou, která od něj odchází. K sousedním lamelám jsou připojeny příklady k jedné sekci vinutí. Sousední lamely jsou při přechodu pod kartáčem spojeny nakrátko a v jejich sekci vinutí se přitom mění směr proudu, a tím i směr magnetického pole sekce. Změna indukce napětí a proud zkratkovanou sekcí, který po rozpojení lamel pokračuje jako oblouk. Energie magnetického pole sekce a indukované napětí jsou u samonosného vinutí velmi malé, a jiskry tudíž krátké. Na



Obr. 2. Magnetický obvod motoru Maxon DC



Obr. 3. Vznik jiskření při komutaci (vlevo) a princip jeho potlačení metodou CLL (Capacity Long Life, vpravo)

rozdílu od konvenčních motorů se zde neuplatňuje energie feromagnetického jádra.

Doba života komutátoru a kartáčů je závislá na zatížení motoru a na obvodové rychlosti. Velikost provozního zatížení se vztahuje ke jmenovitému zatížení, uváděnému v milinewtonmetrech, které je odvozeno od přípustné teploty vinutí. Zatímco očekávaná doba života motoru zatíženého jmenovitým momentem je jeden až několik tisíc hodin, snížením

trvalého zatížení na 50 až 60 % se doba života motoru prodlouží na 10 až 20 tisíc hodin.

Časté rozběhy a zastavování zkrátí dobu života komutátoru, protože při nich tečou do vinutí větší proudy. Pro takový pracovní režim jsou vhodné motory s grafitovými kartáči.

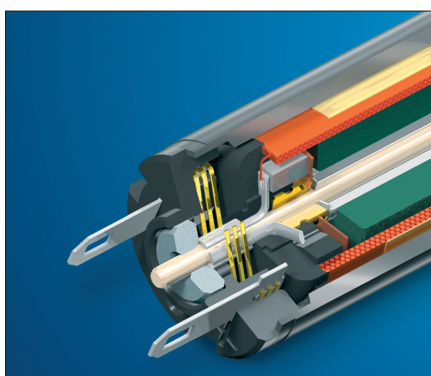
Motory o průměru od 6 do 26 mm se vyrábějí také s kovovými kartáči (obr. 4). Jsou vhodné pro provoz s plynulými změnami rychlosti. U těchto motorů o průměru 12 až 15 mm používá firma Maxon k omezení jiskření metodu s názvem *Capacity Long Life* (CLL). Její podstatou jsou kondenzátory zapojené mezi sousedními lamelami komutátoru, které zmenšují indukované napětí při odchodu lamely od kartáče, a zkracují tak oblouk mezi kartáčem a odcházející lamelou. Kovové kartáče a kondenzátory omezují rušení do té míry, že motory splňují požadavky na elektromagnetickou kompatibilitu (obr. 3, obr. 5).

Větší počet lamel komutátoru zkracuje délku oblouků, neboť kartáče přepínají kratší segmenty vinutí s menší energií magnetického pole. Nejmenší použitelný počet jsou tři lamely. Firma Maxon používá od pěti lamel u nejmenšího motoru s průměrem 6 mm až po třináct lamel u dvoupólového motoru s průměrem 40 mm a 26 lamel u větších, čtyřpólových motorů.

Dlouhá doba života komutátorových motorů Maxon by se mohla zdát zbytečným parametrem v úlohách charakteristických jen občasným provozem v rozmezí mnoha let. Při takovém použití se malé opotřebení komutátoru projeví velkou spolehlivostí v průběhu mnohaletého provozu.

Otáčky

Otáčky komutátorových motorů Maxon středních průměrů do 40 mm jsou omezeny na 8 000 až 12 000 min⁻¹, miniaturních motorů s průměry od 6 mm na 23 000 min⁻¹. Důvodem omezení je zajistit dostatečnou dobu života a potřeba respektovat pevnost materiálu při působení odstředivé síly. Snaha dosáhnout co největších otáček vedla k minimalizaci průměrů komutátorů, a tím i obvodových rychlostí. Konstrukce malých komutátorů nejmenších motorů je umožněna použitím keramických hřídel, plnicích i funkci izolantu, na nichž přímo spočívají lamely. Vliv na dosažitelný průměr komutátoru a na něm závislou přípustnou obvodovou rychlost má i jednostranně nebo oboustranně vyvedená hřídel. Průměr komutátoru motoru s jednostranně vyvedenou hřídelí může být menší, neboť komutátor lze umístit k zadnímu čelu motoru bez průchozí hří-



Obr. 4. Kovové kartáče motorů Maxon DC

dele. Motor má větší přípustné otáčky a má, při ostatních shodných parametrech, vyšší výkon. Varianta motoru s oboustrannou hřídelí se použije jen v případech, kdy se k motoru montuje snímač.

Pro porovnání uvedme, že výrobci konvenčních motorů pro průmyslové použití s vinutím v drážkách feromagnetického jádra omezují jejich otáčky na 3 000 min⁻¹.

Miniaturizace

Velké otáčky přispívají k miniaturizaci rozměrů motorů s daným výkonem. Motory s uvedenými otáčkami lze použít i s převodovkami, neboť planetové převodovky značky Maxon o průměru 6 mm s keramickými čepy planet připouštějí vstupní otáčivou rychlost 40 000 min⁻¹ a převodovky průměru 42 mm otáčky 8 000 min⁻¹.

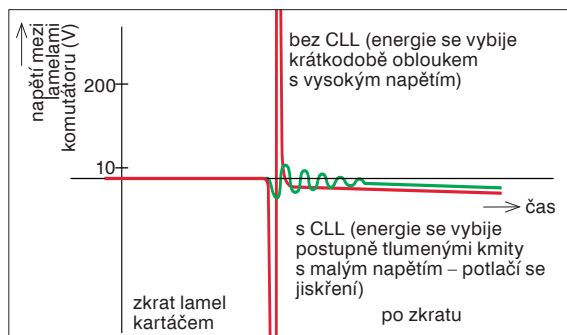
Rozhodující vliv na průměr motoru s daným přípustným momentem má konstrukční uspořádání s magnetem v dutině samonosného vinutí, přičemž podstatně ho ovlivňuje materiál, z jakého je použitý permanentní magnet. Firma Maxon využívá tři druhy materiálů, a to směs FeNdB se vzácnou zeminou neodym, slitinu Alnico a magneticky tvrdý ferit.

Účinnost

S odstraněním feromagnetického jádra byly v motorech Maxon vyloučeny i ztráty jeho přemagnetováním, ke kterému u dvoupólového motoru dochází dvakrát za každou otáčku, a ztráty hysterezi. Zbývají ztráty na ohmickém odporu vinutí $R I^2$, tření ložisek a kartáčů a ventilace. Účinnost nejmenších motorů se pohybuje od 50 do 70 %, motory řady RE s průměrem 16 mm mají účinnost 86 % a účinnost motoru RE40 o výkonu 150 W dosahuje 91 %. Velká účinnost umožňuje použít motory v mobilních prostředcích s bateriovým provozem, kde zlevňují napájecí systém a prodlužují dobu provozu. Další výhoda tkví ve větší zatížitelnosti motorů daných rozměrů, protože při provozu je třeba odvádět méně ztrátového tepla. Účinnost a minimální hmotnost byly mezi parametry, pro které byly komutátorové motory vybrány pro pohony robotů ve vesmírných projektech NASA.

Řady motorů maxon DC

Motory s magnety ze směsi FeNdB mají nejmenší dosažitelné rozměry pro požadovaný výkon. Vyrábějí se s nimi dvoupólové motory řady RE od průměru 6 mm s výkonem 0,3 W do průměru 40 mm s výkonem 150 W. Motory mají charakteristický dlouhý tvar s malým průměrem. Největším motorem řady RE je čtyřpólový RE75 ve tvaru hranolu se základnou o rozměrech 75 × 75 mm, který má při otáčkách 4 000 min⁻¹ výkon 250 W a velký trvalý moment 0,85 N·m.



Obr. 5. Úbytek napětí oblouku při použití systému CLL

Magnety ze směsi FeNdB jsou použity i v dvoupólových motorech řady Re-max, vzniklé racionální rekonstrukcí motorů s respektováním automatické výroby dílů

ni. Motory jsou rozměrnější, zejména delší, než motory řady Re-max. Pokrývají oblast od průměru 12 mm s výkonem 0,75 W do průměru 32 mm s výkonem 20 W. Řada A-max nahradila motory starších řad S, A, místo nichž lze nalézt levnější ekvivalent. Při potřebě většího výkonu je cenově výhodnější použít výkonnější magnet ze směsi FeNdB, tj. použít motor řady RE.

Magneticky tvrdý ferit je použit v magnetech pro motory řady F, které jsou k dispozici od průměru 30 mm s výkonem 2,5 W. Největší motor o průměru 60 mm je čtyřpólový s výkonem 80 W při otáčkách 4 000 min⁻¹. Motory o průměru 60 mm jsou často díky trvalému přípustnému momentu 0,28 N·m ekonomicky optimálním řešením pohonu bez použití převodovky.

Kombinace s převodovkami a snímači

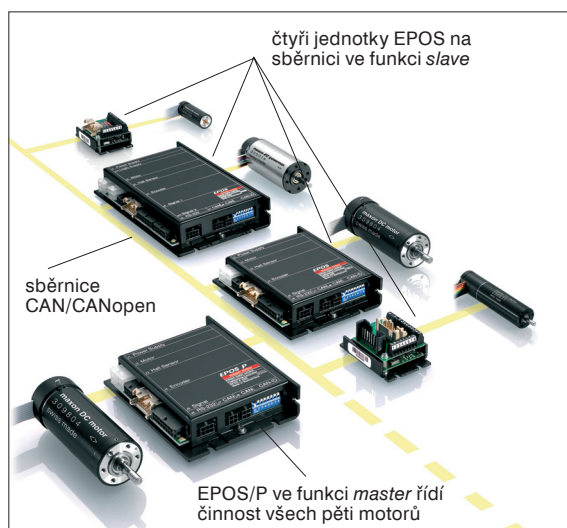
Motory značky Maxon tvoří soustavu s několika druhy převodovek a snímačů. Planetové převodovky a inkrementální magnetorezistivní snímače jsou přiřazeny tak, že tvoří s motory kompaktní váleček. Při použití převodovek je třeba respektovat vliv mechanické vůle ozubení. K některým motorům je možné přidat elektromagnetickou stabilizační brzdu.

Řízení otáček a polohy

Pro motory Maxon DC se dodávají řídicí jednotky otáček se zpětnovazební smyčkou. V některých případech není řídicí jednotka třeba a otáčky motoru se nastaví napájecím napětím. Pro ten účel se volí motor s pozvolným poklesem rychlosti s růstem zatížení.

Novinky na MSV 2006

Novinkou letošního roku je unikátní řídicí jednotka polohy, rychlosti a momentu EPOS/P. Nová jednotka rozšiřuje možnosti použití dosavadní jednotky EPOS o samostatnou činnost podle vloženého programu při řízení vlastního motoru a při řízení řady dalších jednotek EPOS s jejich motory. Komunikace probíhá po sběrnici CAN (obr. 6). Jednotka EPOS/P tak v provozu nahrazuje nadřazený PC, popř. jeho průmyslovou variantu. Expozici společnosti Uzimex zájemci naleznou v pavilonu V ve stánku 72.



Obr. 6. Použití řídicí jednotky EPOS/P (master) s podřízenými jednotkami EPOS (slave) k řízení několika motorů současně

i automatické montáže motorů. Řada obsahuje motory od průměru 12 mm s výkonem 1,3 W do průměru 29 mm s výkonem 22 W. Délka motorů je pouze dvojnásobkem až trojnásobkem jejich průměru. Motory řady Re-max jsou levnější než motory výchozí řady RE.

Magnety ze slitiny Alnico jsou základem dvoupólových motorů řady A-max. Jde rovněž o řadu rekonstruovanou s ohledem na automatickou montáž, která se použije pro standardní úlohy s důrazem na ekonomiku řeše-

ky EPOS o samostatnou činnost podle vloženého programu při řízení vlastního motoru a při řízení řady dalších jednotek EPOS s jejich motory. Komunikace probíhá po sběrnici CAN (obr. 6). Jednotka EPOS/P tak v provozu nahrazuje nadřazený PC, popř. jeho průmyslovou variantu. Expozici společnosti Uzimex zájemci naleznou v pavilonu V ve stánku 72.

Ing. Václav Brož,
Uzimex Praha spol. s r. o.