

Pohony maxon EC-max s řízením EPOS

NÁSTUP ELEKTRONICKÉ KOMUTACE

Mezi řízenými pohony v oblasti výkonů do 120 W vynikají svými vlastnostmi soustavy se stejnosměrnými motory. Stejnoseměrné motory dosahují význačných vlastností využitím komutace napájecího proudu, která při řízení zajišťuje velmi přesnou a rychlou odezvu v regulační smyčce. Indukční motory lze dnes sice řídit v regulační smyčce využitím vektorového řízení, rychlost odezvy je ale pro malé dynamické pohony pomalá. Komutace ve stejnosměrných motorech zajišťuje optimální úhel 90° magnetických polí statoru a rotoru v celém rozsahu rychlostí a zatížení. Komutací rozumíme přepínání proudu do sekci vinutí na základě informace o úhlu natočení rotoru. Komutace vytváří podmínky pro vysoký záběrový moment, rychlou a přesnou reakci na řízení a vysokou účinnost motoru. Tyto přednosti přináší do aplikací malé specifické rozměry pohonu v přepočtu na 1 W, vysokou spolehlivost a přesnost řízení rychlosti i polohy při porovnání s indukčními typy motorů a krokovými motory. Stejnoseměrné motory dnes používají mechanickou komutaci DC nebo elektronickou komutaci EC.

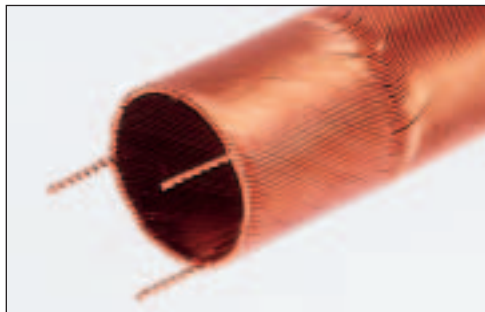
Dosud se ve světě vyrábí převaha motorů DC, ve kterých se komutace realizuje přepínáním proudu do sekci vinutí komutátorem, který je elektricky i mechanicky spojen s vinutím. Mechanická komutace a řízení rychlosti motoru jsou jednoduché, ale komutátor je nejčastější příčinou ukončení života motoru. Výrobce pohonů maxon podstatně zvýšil životnost mechanické komutace zavedením rotoru se samonosným vinutím bez železného jádra, které snížilo magnetickou energii způsobující jiskření kartáčů. Životnost komutátorových motorů maxon se dostala na úroveň životnosti připojených planetových převodovek a dosahuje až 20,000 provozních hodin. Zvýšila se dynamika a rychlost reakce motoru a dále se zmenšily specifické rozměry a hmotnost.

V současnosti stoupá poptávka po malých řízených dynamických pohonech s dlouhou životností přes 50,000 hodin, zejména pro nepřetržitý provoz. Řešení je v elektronické komutaci, která zachovává dynamiku a miniaturizaci stejnosměrných motorů a odstraní mechanický komutátor. Elektronicky komutovaný stejnosměrný motor není podstatně dražší než srovnatelný komutátorový. Náklady na obvod elektronické komutace zvyšují cenu jenom v případech jednoduchého řízení, kdy pro komutátorový motor není nutná řídicí jednotka. V aplikacích s řízením rychlosti nebo polohy je řídicí jednotka zapotřebí pro oba typy komutace a nárůst nákladů se neprojeví.

VÁLCOVÝ A DISKOVÝ MOTOR EC

Malé motory EC se vyrábějí ve dvou provedeních, válcovém a diskovém.

Válcový motor EC má podobný podlouhlý tvar jako komutátorový motor. Ani jeho průměr se při stejném mechanickém výstupním momentu neliší. Vinutí válcových motorů maxon EC je převzato z ko-



Vinutí bez pólů – patent maxon®

mutátorových motorů, má tvar rukávu. Nemí součástí rotoru, ale je umístěno ve statoru. Vinutí motorů s dvupólovým magnetem v rotoru je rozděleno do tří sekcí. Stator nemá feromagnetické póly. Rychlost motoru EC není omezena mechanickým komutátorem a je několikrát vyšší než rychlost motoru s kartáči, desítky tisíc ot/min.

Rotor diskového motoru je tvořen hříčkem, který zvenci obklopuje vinutí. Na vnitřním obvodu hříčku jsou připevněny permanentní magnety. Cívky vinutí jsou uspořádány do hvězdice. Motor má více pólů a je pomaluběžný. Při stejném výkonu dává vyšší trvalý moment. Diskový motor je výhodný, jestliže konstruktivně využijeme jeho plochý tvar nebo využijeme jeho vyšší mechanický moment a použijeme ho bez převodovky.

STAVEBNICE POHONŮ S VÁLCOVÝMI MOTORY EC-max

Konstrukce a parametry motorů nové řady jsou přizpůsobeny použití v soustavě s vybranými převodovkami, snímači, brzdami a řídicími jednotkami. Komponenty vybrané do stavebnice využívají poslední výsledky výzkumu a vývoje v příslušné oblasti. Pro uživatele jsou komponenty vyjmuty z celko-

vého manuálu a přehledně uspořádány do zvláštního katalogu, který usnadňuje orientaci a výběr.

VÁLCOVÉ MOTORY EC-max

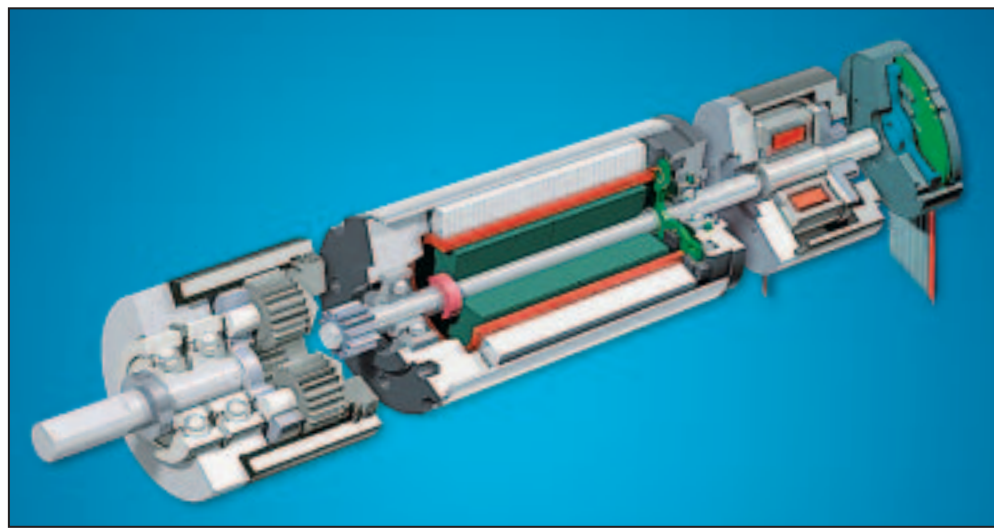
maxon konstrukčně a technologicky přepracoval válcové motory EC s průměry od 16 do 40 mm a vyrábí je na automatické lince. Tyto nejfrekvencovanější velikosti vybral pro automatickou výrobu z rozsahu dosud vyráběných velikostí od 6 mm do 45 mm. Přínos modernizace a automatizace výroby motorů je už ověřen na dvou řadách komutátorových motorů, A-max a RE-max. Automatizace výroby zvýšila kapacitu výrobce, stabilizovala parametry a kvalitu a snížila ceny motorů.

Nová řada EC-max zahrnuje motory s průměry 16, 22, 30 a 40 mm s výškou od 5 do 120 W a trvalými momenty od 3 do 190 mNm. Každý průměr má dvě varianty délky s různými výškou.

KONSTRUKCE MOTORU EC-max

Rotor

Na tvrdé hladké hřídeli bez zápchů a osazení je upevněn dvupólový permanentní magnet z magnetického materiálu Ne-Fe-B, na bázi vzácných zemin. Magnet vytváří magnetické pole pro přenos momentu a ovládá i snímač se třemi Hallovými sondami ve



Sestava jednostupňové planetové převodovky, motoru EC-max, brzdy a snímače MR

statoru. Hřídel je uložen v kuličkových ložiskách. Celý rotor se dynamicky vyvažuje. Hřídel bez zápchů má vysokou torzní tuhost a dává motoru vysokou frekvenci vlastních kmitů.

Stator

Stator obsahuje ložisková čela, která jsou spojena pláštěm z nerezové nemagnetické trubky. Uvnitř pláště je trubka pro uzavření magnetického obvodu. Je vytvořena složením řady plechů ve tvaru mezikruží, které mají vysoký měrný ohmický odpor a jsou od sebe elektricky izolované. Na rozdíl od komutátorových motorů, kde magnetické pole statoru se s časem nemění, je magnetické pole ve statoru motoru EC časově proměnné s frekvencí úměrnou rychlosti otáčení. U dvupólového motoru EC-max je frekvence rovna počtu otáček za sekundu, tj. do 200 - 330 Hz podle velikosti motoru. Laminovaná konstrukce z odporových plechů omezuje ztráty hysterezi a vířivými proudy. V magnetické trubce je upevněno patentované vinutí maxon, převzaté z komutátorových motorů. Vinutí je po obvodu homogenní bez vyniklých pólů. Tři vývody podél obvodu jej rozdělují na tři sekce.

Ke třem vývodům vinutí se přivádí výstupy napájecí jednotky. Požaduje-li se rovnoměrný hnací moment během otáčení, napájíme vinutí napětím se sinusovým průběhem v závislosti na úhlu otočení rotoru. Průběh na jednotlivých přívodech je fázově posunutý o 120 elektrických stupňů. Závit jsou pravidelně rozděleny po obvodu. Nikde se nevyskytuje feromagnetický pól, který by vytvářel nelineární oblast. Ani magnetickou trubkou z plechů neprocházejí žádné šrouby. Výsledkem je vysoce rovnoměrný moment i během nízké rychlosti. Jestliže chceme využít tuto vlastnost, opatříme motor kromě snímače s Hallovými sondami i inkrementálním snímačem s dostatečnou hustotou dělení.

Odvod tepla z vinutí do magnetických plechů a pláště je velmi intenzivní, neboť probíhá stejnoměrně po celém povrchu. Tenká vrstva mědi vinutí nemá žádná hřízda se zhoršeným odvodem tepla.

POROVNÁNÍ SE SYNCHRONNÍMI MOTORY OBVYKLÉ KONSTRUKCE

Motor EC a synchronní motor má obdobné uspořádání rotoru a statoru. Oba mohou být řízeny s proměnnou rychlostí. Oba mají permanentní magnet v rotoru a vinutí se třemi sekcemi ve statoru. Obvyklý synchronní motor má sekce vinutí uspořádány na feromagnetických pólech, které zanášejí do průběhu hnacího momentu nerovnoměrnost. Rotor vyka-

zuje i ve stavu bez napájení stabilní polohy, způsobené přitahováním pólů rotoru k pólům ve statoru.

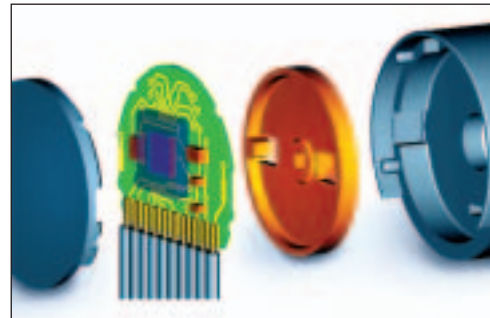
Synchronní motor obvykle není vybaven snímačem polohy a je řízen bez zpětné vazby třífázovým proudem měničem frekvence. Někteří výrobci vybavují synchronní motory snímači polohy resolvers, které z nich vytvářejí motory EC s analogovým řízením komutace. Analogové řízení je zatíženo oproti digitálnímu snížením přesnosti a dalšími nevýhodami.

PŘEVODOVKY

Průměry převodovek pro motory řady EC-max jsou 16, 22, 32, 42 a 52 mm. Převodové poměry se volí z řady od 3.7 do 1,000 : 1, u menších převodovek až 6,000 : 1. Trvalý výstupní moment nejmenší převodovky je 0.3 Nm, největší převodovky 30 Nm. Převodovky jsou vybaveny čepí planet z keramiky na bázi ZrO₂. Vývoj čepí planet z keramiky byl motivován výsledky rozboru opotřebení jednotlivých částí převodovek. Převodovky malých motorů jsou všeobecně mazané trvalou náplní plastického maziva. Mazací vlastnosti maziva se zhoršují při velmi nízkých rychlostech a při nejvyšších rychlostech. Planety jsou na čepích uloženy kluzně. Konec života převod-

technologie umístěno na destičku s elektronikou v blízkosti permanentního magnetu ve tvaru kotouče s magnetickými póly. Ohmický odpor pásku se mění sinusově s amplitudou $\Delta R = 3\%$ podle směru vnějšího magnetického pole. Interpolací v sinusovce dostaneme 16 až 1024 impulzů na otáčku.

Snímání směru magnetického pole místo jeho intenzity způsobuje, že snímač je málo citlivý na dodržení rozměrů a vzdáleností při montáži. Snímače jsou menší a levnější než optické. Jejich průměr odpovídá průměru motoru a délka je od 5 do 11 mm.



Sestava snímače MR. Hnědý disk je permanentní magnet. Má 16 - 64 pólů

BRZDY

Často se požaduje zajištění polohy motorů pro případ úplného odpojení elektrické energie. Mezi motor a snímač lze namontovat elektromagnetickou brzdu, která motor v klidu zajistí a při pohybu motoru se elektromagnetem odbrzdí. Feromagnetický disk brzdy je součástí trubky, která je nalisovaná na hřídel motoru. Trubka i disk znamenají zvýšení momentu setrvačnosti a zhoršení dynamiky motoru.

Jestliže se použije brzda i inkrementální snímač, je snímač na výstupu brzdy.

ŘÍDICÍ JEDNOTKY

Elektronicky komutované motory vyžadují řídicí jednotku i v případě, že není zapotřebí regulace se zpětnou vazbou. Jednotka využívá obdélníkové signály snímače se třemi Hallovými sondami, který je součástí každého motoru řady EC-max. Jednodušší jednotky realizují komutaci pouze na jeho základě a napájí tři sekce vinutí motoru proudem s obdélníkovým průběhem. Průběh momentu je zvlněn podobně jako u komutátorového motoru. Tyto jednotky obsahují i regulátory rychlosti a mají vstup pro zadání požadované rychlosti. Zpravidla řízení urychlují motor na požadovanou rychlost. Brzdění provedou zkratováním vinutí.

Komfortní řídicí jednotky rychlosti pracují ve čtyřkvadrantovém módu. Urychlují i brzdi v obou smě-



rech podle požadované rampy. Napájí motor proudem se sinusovým průběhem, který zcela odstraňuje zvlnění momentu. Díky vinutí bez pólů je moment motoru výjimečně rovnoměrný i při nejnižších rychlostech. Motor ovšem musí být kromě snímače s Hallovými sondami vybaven ještě inkrementálním snímačem.

Řídicí jednotky polohy pracují se sinusovým vstupem. Kromě čtyřkvadrantového regulátoru rychlosti a výkonového výstupu obsahují i regulátor polohy, jehož vstupní parametry se vkládají klávesnicí PC nebo průmyslovou řídicí jednotkou.

Nová řada řídicích jednotek polohy EPOS umožňuje komunikaci s často používanou sběrnici CAN-bus. Umožňuje nejen řízení polohy, ale i proudu nebo rychlosti s nastavitelnými přechodovými rampami. Při řízení jednoho motoru komunikuje i v RS232. Letos se zahájila výroba jednotek EPOS 24/1 s napájením 24 V a výstupem 1 A trvale, 2 A krátkodobě a výroba silnějšího typu EPOS 24/5 s napájením 24 V a výstupem 5 A trvale, 10 A krátkodobě. Všechny řídicí jednotky polohy mají v módu pro motory EC sinusový průběh napájecího proudu.

INKREMENTÁLNÍ SNÍMAČE

Výstupem snímačů jsou obdélníkové impulzy na dvou kanálech fázově posunutých o 90 elektrických stupňů a případně jeden synchronizační impulz na otáčku na třetí kanál. Kromě optických snímačů s 500 nebo 1,000 impulzů na otáčku, které jsou citlivé na dodržení rozměrů při montáži, jsou součástí soustavy magnetické snímače MR s malými rozměry ve tvaru disku na konci motoru. Snímače MR využívají mikroelektronické prvky NiFe, které reagují na směr magnetického pole. Dávají od 128 do 1024 impulzů na otáčku.

SNÍMAČE MR

Základem nové generace snímačů MR je citlivý pásek z orientovaného materiálu NiFe mikroskopických rozměrů. Několik pásků je s využitím mikro-

UZIMEX PRAHA, spol. s r.o.
Na Celné 5, 150 00 Praha 5
tel.: 257 323 938, fax: 257 325 025
e-mail: praha@uzimex.cz,
www.uzimex.cz