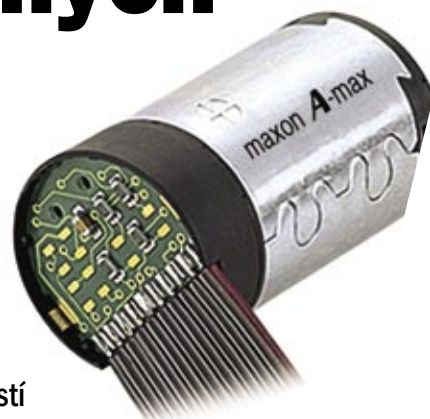


Snímače stejnosměrných motorů do 400 W

Mezi stejnosměrné motory zahrnujeme jak motory DC s mechanickým přepínáním proudu komutátorem a kartáči, tak i motory EC s elektronickým přepínáním proudu. Motory se uplatní v aplikacích s proměnnou rychlostí ve velkém rozsahu. Předčasné opotřebení kartáčů, kterého se uživatelé obávají, nehrozí u motorů se samonosným vinutím maxon®. Rychlost motorů DC lze jednoduše nastavit napájecím napětím bez řídicí jednotky a bez snímače. Při řízení rychlosti nebo polohy se zpětnou vazbou se motory EC i DC zpravidla vybavují snímači.



Typy snímačů maxon

- Tachodynamy
- Resolvery
- Snímače se třemi Hallovými sondami
- Inkrementální optické snímače
- Inkrementální magnetické snímače s Hallovými sondami
- Inkrementální magnetické snímače s mikroelektronickými odporovými prvky

Tachodynamy a resolvery

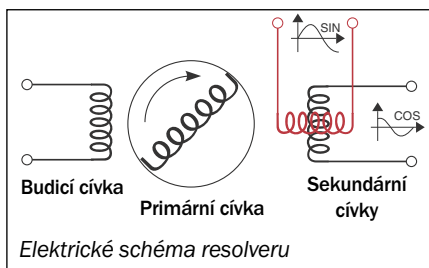
Tachodynamy a resolvery se svými analogovými signály zaujímaly důležité postavení v době analogových řídicích jednotek.

Tachodynamy se uplatňovaly před nástupem číslicové techniky při řízení rychlosti motorů DC a i dnes se dodávají s motory RE s průměry 25 až 36 mm. Tachodynamy jsou malé komutátorové motory s kovovými kartáči, jehož rotor je nasazen na prodlouženém hřídeli motoru a vytváří stejnosměrné napětí.



Rozložené tachodynamy

Napětí se přivádí zpětnovazebnou smyčkou na analogový vstup řídicí jednotky rychlosti typu LSC nebo ADS a porovnává se s napětím požadované rychlosti. Důležitá je tuhost spojení. Rezonanční frekvence s motory maxon je vyšší než 2 – 4,5 kHz podle velikosti motoru. Přesnost řízení rychlosti závisí i na linearity závislosti výstupního napětí na rychlosti, která je 0,2 % při nulovém odebraném proudu a 0,7 % s připojenými 10 kΩ. Protože komutátor má 7 lamel, napětí je zvlněno 14 x za otáčku s amplitudou menší než 6%. Zvlnění se projevuje při řízení malé rychlosti.



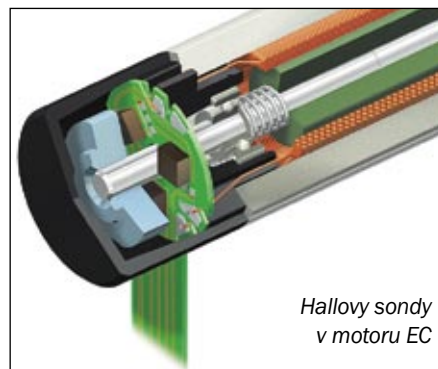
Resolver je transformátor se dvěma sekundárními cívkami ve statoru, natočenými u 90°. Primární cívka je součástí rotoru. Budicí cívka s externím napájením do ní indukuje střídavé napětí 10 kHz. Napětí obou sekundárních cívek se s otáčením rotoru mění podle sinusovky s fázovým posunutím 90° elektrických. Resolver poskytuje přesnou informaci o poloze i rychlosti rotoru. Dnes se dodává na válčových motorech EC s průměry 32 až 60 mm.

Tachodynamy ani resolvery neobsahují žádné polovodičové součástky a mohou proto pracovat v prostředí s nukleárním zářením. Analogové signály resolveru se využívaly pro napájení a řízení rychlosti motorů EC řídicími jednotkami MMC EC-070 se sinusovým průběhem napájecího napětí, které řídily rychlost čtyřkvadrantově v širokém rozsahu včetně nuly. Dnešní jednotky maxon s resolvery nekomunikují. Nové jednotky typu DES s obdobným rozsahem řízení rychlosti vytvářejí sinusové napájecí napětí digitálně a využívají při tom signály ze snímače se třemi Hallovými sondami a z inkrementálního snímače.

Snímače se třemi Hallovými sondami

Snímače jsou součástí většiny motorů maxon EC. Hallův jev je vznik napětí na bočních stranách plochého tenkého vodiče nebo polovodiče, kterým protéká proud a kolmo k němu probíhají siločáry magnetického pole. Vzniklé napětí závisí na protékajícím proudu a na intenzitě magnetického pole. Hallové sondy ve snímači jsou umístěny po magnetických 120° po obvodu proti zmagnetovanému kotouči na hřídeli motoru. U některých motorů se pro ovládání snímače využívají výko-

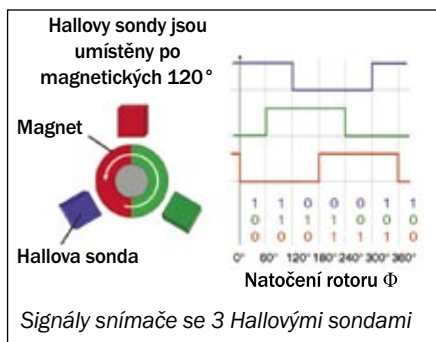
nové magnety rotoru. Analogový signál každé sondy se ve snímači zpracuje do tvaru obdélníka. Na výstupu snímače jsou fázově posunutá obdélníková signály, které dávají informaci o natočení rotoru. Řídicí jednotka typu DEC je jednoduchým způsobem zpracuje na obdélníkové napájecí impulsy. U dvoupólových motorů při tom využije 6 hran signálů na otáčku a každých 60° změny napájení tří sekundárních cívek vinutí statoru. Protože během 60° teče vinutím stejný proud a mění se úhel natočení rotoru, mění se i moment, a to o 14 %. Řídicí jednotky typu DEC odvozuji od frekvence signálu snímače i rychlost. Protože informace přichází pouze 6x za otáčku, je regulace rychlosti při malých rychlostech do 1,000 ot/min nestabilní. Ze stejného důvodu nelze motory spolehlivě elektronicky zastavit jinak než zkratováním vinutí. Počet impulsů snímače na otáčku u vícepólových motorů je větší úměrně počtu pólů a motory lze řídit při úměrně nižší rychlosti. Například 16 pólový diskový motor umožňuje stabilní řízení od 125 ot/min. Při rozběhu motoru se neuplatňuje rychlostní zpětná vazba a neprojevuje se malá hustota signálů z Hallových sond. Motor se rozběhne dynamicky s plným momentem, který odpovídá přípustnému proudu řídicí jednotky.



Hallové sondy v motoru EC

Některé jednotky typu DEC lze přepnout na čtyřkvadrantové analogové řízení rychlosti se zpětnou vazbou na indukované napětí ve vinutí motoru, které funguje i při malých rychlos-

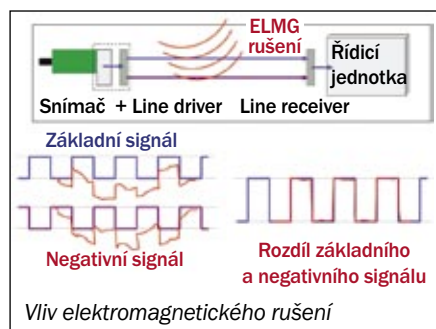
tech kolem nuly. Signály z Hallových sond se při tom využívají pouze pro časování impulsů elektronické komutace.



Řídicí jednotky polohy typu EPOS kvalitně řídí polohu motorů EC, které jsou kromě snímačů se třemi Hallovými sondami vybaveny inkrementálními snímači. Jednotky je možno přepnout na řízení pouze podle snímačů s Hallovými sondami, ale zesílení regulátorů musí být nízké. Přesnost a dynamika řízení polohy je přitom malá.

Inkrementální snímače

Inkrementální snímače jsou v soustavě komponent maxon nejčastějším zdrojem zpětné vazby při řízení rychlosti a polohy motorů DC i EC. Výstupem snímačů jsou dva kanály A, B se střídajícími se lichoběžníkovými impulsy na napětí 5 V a -5V. Impulsy jsou přesazeny o 90° elektrických, tj. o čtvrtinu periody. Ze sledu fázově přesazených impulsů se pozná směr otáčení. Snímače mohou mít i třetí výstupní kanál I, na kterém se objeví jeden impuls za otáčku. Kanál I slouží pro přesné najetí na nulu při řízení polohy. Při tom se nadeje na referenční spínač, pokračuje se na impuls I a na následující hranu kanálu A. Hrana se považuje za nulovou polohu nebo se od ní nulová poloha odměří počtem impulsů.

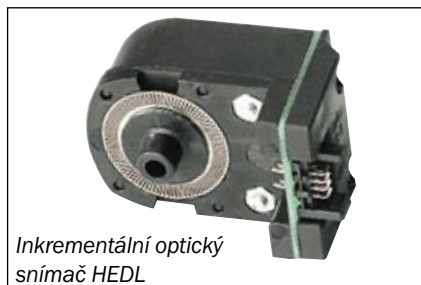


Impulsy se mohou poškodit napětím, indukovaným na přívody elektromagnetickým rušením. Vliv rušení se omezí vytvořením negativních signálů k základním signálům na kanálech A, B, I. Negativní signály jsou vytvářeny elektronickou snímače „Line Driver“. Mezi snímačem a řídicí jednotkou se vedou kanály A, A $\bar{}$, B, B $\bar{}$, I, I $\bar{}$ paralelními vodiči. Na vstupu řídicí jednotky jsou elektronické obvody „Line Receiver“, které vyhodnocují rozdíly původních a negativních signálů. Rušení ov-

livní hladinu původních a negativních signálů stejným směrem a rozdíl se změní jen málo. Elektronické obvody „Line Receiver“ jsou součástí vstupů pro snímače u všech řídicích jednotek maxon a doporučuje se, aby i snímače měly elektroniku „Line Driver“. Maxon používá snímače s několika snímacími principy.

Inkrementální optické snímače

Optické mřížky před průhledným kotoučem s čárovým rastroem po obvodu jsou prosvětčovány fotodiodami. Fototranzistor snímá intenzitu světla, jejíž přibližně sinusový průběh se elektronicky tvaruje. Optické snímače jsou nejpřesnější z používaných snímačů. Střední kolísání rozteče impulsů jsou 3°, nejvíce 5.5° elektrických. Střední chyba absolutní polohy je 10, největší 40 úhlových minut. Enc22 je



jednoduchý snímač bez ochrany proti rušení se 100 impulsy na otáčku a 2 kanály, určený pro motory s průměry od 19 do 26 mm. Snímače HEDS mají 500, případně 1 000 impulsů na otáčku na třech, případně dvou kanálech. Snímače HEDL jsou varianty s elektronickými obvody „Line Driver“. Montují se na motory od průměru 25 mm.



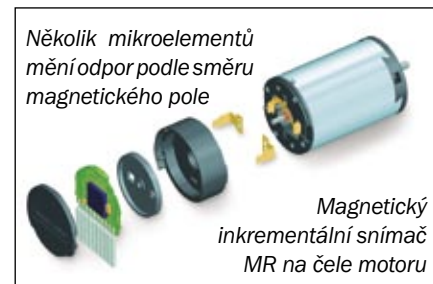
Inkrementální magnetické snímače typu MEnc

Dvě Hallové sondy reagují na intenzitu magnetického pole na povrchu dvou opačně zmagetovaných magnetů. Jejich úhlové segmenty jsou zasunuty do sebe a vytvářejí prostřídáné póly. Dostatečnou intenzitu magnetického pole je schopen zajistit magnet s omezeným počtem pólů s dostatečnou délkou siločáry mezi póly. Snímač pro motory průměru 10 mm dává 12 impulsů na otáčku, pro motory s průměry od 13 do 26 mm má 16 impulsů na otáčku. Snímače mají pouze kanály A, B a nedodávají se s elektronickými obvody „Line Driver“. MEnc jsou jediné snímače maxon, které se mohou napájet nejen 5V, ale i napětím do 24 V. Výstup je ale pouze pěťovoltový.

Inkrementální magnetické snímače typu MR

Zmenšení rozměrů snímačů s hustotou signálu do 1024 dílků/ot s odolností proti rušení umožnila mikrotechnologie výroby anisotropních pásků z NiFe mikroskopických rozměrů, které mění odpor se směrem magnetického pole. Snímače MR se používají pro motory od \varnothing 6 do \varnothing 40.

Několik pásků z orientovaného materiálu Ni-Fe je umístěno na destičku s elektronikou v blízkosti kotouče s magnetickými póly. Ohmický odpor pásku se mění s amplitudou $\Delta R = 3\%$ podle směru vnějšího magnetického pole, nikoli podle jeho intenzity. Protože stačí slabé pole, může mít řídicí namagnetovaný kotouč až 64 párů pólů. Vztah pro změnu odporu R s úhlem Θ mezi směrem orientace pásku a směrem vnějšího magnetického pole je $R = R_0 - \Delta R \sin^2 \Theta$. Průběh odporu pásku během otáčení kotouče lze dostatečně přesně interpolovat. Výsledek je snímač s 16 až 1024 impulsy na otáčku. Teplotní závislost odporu pásku je značná a při běžném kolísání teplot o 10 K převyšuje změnu odporu vlivem směru magnetického pole. Vliv teploty se kompenzuje zapojením několika mikroelementů ve Wheatstonově můstku.



Snímání směru magnetického pole místo jeho intenzity způsobuje, že snímač není citlivý na dodržení rozměrů a vzdáleností při montáži. Velká hustota signálu umožňuje stabilní řízení rychlosti. Chyba absolutní polohy souvisí s přesností úhlové polohy namagnetovaných pólů a je 2 - 3°. Snímače jsou menší a levnější než optické. Jejich průměr odpovídá tvaru motoru a délka je od 5 do 11 mm. Větší snímače od průměru 16 mm se dodávají se dvěma nebo třemi kanály a s elektronickými obvody „Line Driver“.

Pozvánka na AMPER

Na stánku Uzimexu Praha A11 v pavilonu 3 najdete od 1. do 4. dubna velký výběr komponent pro automatizaci, laserovou měřicí techniku a zejména soustavu elektrických pohonů maxon s komutátorovými i bezkartáčovými motory, převodovkami, brzdami, snímači a řídicími jednotkami. Můžete využít přednášky a konzultovat vhodnost pohonů maxon do 400 W pro vaše aplikace. O osudech automatických kosmických robotů bude pravidelně přednášet Tomáš Příbyl.

Text: Ing. Václav Brož, UZIMEX PRAHA, spol. s r. o.