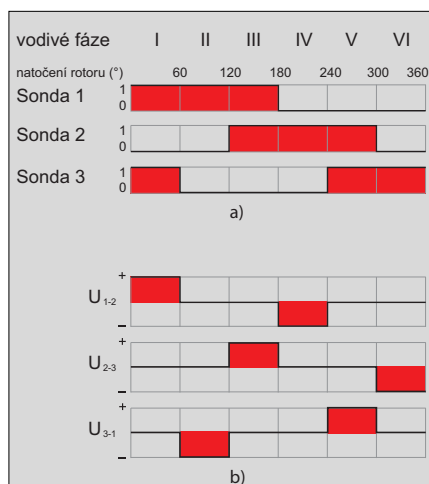


Autor: ing. Václav Brož

Elektronicky komutované stejnosměrné motory, motory EC, se svými vlastnostmi podobají komutátorovým motorům DC, navíc pracují při rychlostech v desítkách tisíc ot./min. Točí se pouze s elektronickou řídicí jednotkou. Řídicí jednotka nahrazuje mechanický komutátor a přepíná proud do sekcí vinutí podle úhlu natočení rotoru.

Obdélníková komutace se snímačem

Pro přepínání proudu s obdélníkovým průběhem je dostačující informace o úhlu natočení ze snímače se třemi Hallovými sondami, který je obvyklou součástí motorů EC maxon. Výstupem snímače jsou tři střídavé obdélníkové signály s jednou periodou na otáčku dvoupólového motoru nebo na otočení rotoru o jeden pár pólů. Signály tří sond jsou fázově posunuté o 120 elektrických stupňů. Jednotka z nich vytváří obdélníkové napájecí impulsy do tří sekcí vinutí, které působí hnacím momentem na magnety rotoru. Zajišťují zpětnou vazbu pro dynamický rozběh a otáčení motoru. Dosažená rychlost závisí na napětí napájecích impulsů a na zatížení.



Průběh vodivosti Halových sond (a) a napájecí napěťové impulsy mezi přívody vinutí (b)

Řízení rychlosti

Řídicí jednotky maxon obsahují i regulátor rychlosti, který udržuje požadovanou rychlost nebo ji mění podle požadavku. Signály snímače s Hallovými sondami nejsou dostatečně husté, aby mohly řídit při malé rychlosti a rychlosti kolem nuly. Řízení při malé rychlosti je nestabilní a motor se kmitáním přehřívá. Mez stability regulace rychlosti je u dvoupólového motoru 1 000 ot./min. Mez vícepólových motorů je nižší úměrně počtu pólů. Zpětná vazba na snímač s Hallovými sondami se z toho důvodu nevyužívá pro zastavení motoru do nulové rychlosti.

Příkaz pro zabrzdění se provede zkratováním vinutí. Ve vinutí se indukuje napětí úměrné rychlosti motoru, a to vyvolá proud omezený ohmickým odporem sekce vinutí. Jeho násobením momentovou konstantou motoru dostaneme brzdicí moment. I když moment s ubýváním rychlosti klesá, motor se zastaví velmi energicky. Brzděním z příliš vysoké rychlosti začíná nadměrným proudem, který zničí polovodičové součástky. Při zabrzdění velké setrvačné hmoty vznikne velké množství tepla a elektronika se přehřeje. Rychlost a pohybovou energii před brzděním je potřeba zkontrolovat. Většina jednotek s obdélníkovou komutací řídí motor v jednom směru, který lze přepínat.

Některé jednotky řídí rychlost čtyřkvadrantově, tj. urychlováním i zpouzdňováním. I čtyřkvadrantové řízení s vazbou na tři Hallové sondy je stabilní pouze při vyšších rychlostech. Řešením pro malé rychlosti je

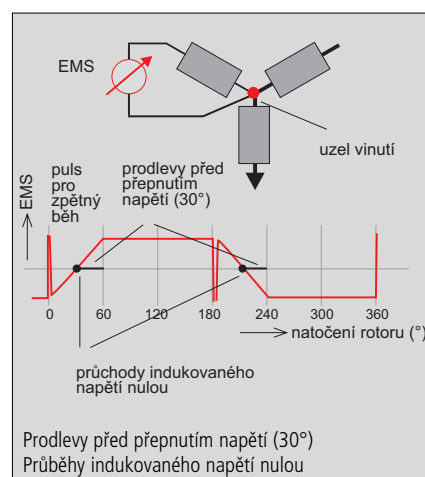
ŘÍZENÍ BEZ SNÍMAČŮ

přepnutí jednotky na mód se zpětnou vazbou na indukované napětí. Jednotka při tom měří výstupní napětí a odčítá od něj úbytek na ohmickém odporu vinutí $I \times R$.

Obdélníková komutace bez snímače

Řídicí jednotka získá informaci o poloze rotoru pro přepínání proudu z průběhů indukovaných napětí v cívkách vinutí motoru. Napětí mají sinusový charakter. Řídicí jednotka snímá napětí na vstupech tří sekcí vinutí proti neutrálnímu bodu v místě spojení opačných konců cívek do hvězdy. Jestliže jsou sekce zapojeny do trojúhelníka, vytvoří se neutrální bod elektronicky. Z průběhu napětí se eliminuje úbytek napětí na ohmickém odporu sekce vinutí. Základem pro časování výkonových pulsů elektronické komutace jsou průchody indukovaného napětí nulou. Uvažujme dvoupólový motor. Z první sekce se získají dva průchody nulou po 180°, z dalších rovněž dva průchody, posunuté navzájem o 120°. Šest průchodů indukovaného napětí nulou je pro vytvoření obdélníkové elektronické komutace ekvivalentní šesti hranám signálu ze snímače s Hallovými sondami. Motor s komutací bez snímače vyvíjí plný moment a pracuje i při vysokých rychlostech.

Na rozdíl od snímače s Hallovými sondami se dostatečně velké indukované napětí vytváří až při dostatečně velké rychlosti. Rozběhnutí motoru je nutno zajistit bez znalosti polohy rotoru. Nová digitální řídicí jednotka maxon DECS 50/5 rozbíhá motor ve dvou fázích. Napřed natočí rotor do definovaného úhlu a potom jej urychluje přepínáním proudu podle nastavené rychlostní rampy. Po rozběhnutí na



dostatečnou rychlost se přepínání proudu do vinutí motoru začne řídit se zpětnou vazbou podle průběhu indukovaného napětí. Pro natočení a stabilizaci v definované poloze se dvě sekce vinutí napájí stejným proudem, který postupně narůstá do předem nastaveného rozběhového proudu. Následuje zrychlovací fáze. Proud do sekcí vinutí se přepíná tak, aby se vytvořilo točivé magnetické pole s postupně narůstající rychlostí. Proud je přitom rovněž omezen nastaveným rozběhovým proudem. Uživatel kromě proudu zadává řídicí jednotce požadovanou strmost rychlostní rampy při rozběhu.

Aplikace řídicí jednotky DECS 50/5

Nová jednotka DECS 50/5 rozbíhá motor po nastavené rychlostní rampě podobně jako analogová jednotka AECS, která se vyráběla dosud. Dosavadní jednotka neměla nastavitelnou rozběhovou rampu ani rozběhový proud. Byla proto vhodná pro zatížení s příznivými parametry, např. s přiměřenou setrvačností. Používala se pro pohony ventilátorů a čerpadel. Rozběh nové jednotky DECS 50/5 lze nastavit a přizpůsobit velikosti motoru a parametrům soustavy. Motor EC bez snímačů se s novou jednotkou může použít pro pohony s vyššími nároky, kde není zapotřebí řízený rozběh a zastavení se zpětnou vazbou. Kromě pohonů ventilátorů a čerpadel se uplatňují v pohonech skenerů, přístrojů pro umělé dýchání, brousicích vřeten, řezaček a pil.

DECS s napájecím napětím 10–50 V a trvalým proudem do 5 A je schopná pohánět cenově výhodné varianty bez snímačů válcových motorů řady EC 10, 13, 16, 22, 32, 40, 45. Dále je určena pro varianty motorů řady EC-max 16, 22, 30, 40, EC-powermax 22, 30. Pohání vícepólové diskové motory bez snímačů EC flat 14, 20, 32, 45 a 90.

Nastavitelná regulace rychlosti

Požadovaná rychlost se zadává analogově buď potenciometrem na řídicí jednotce nebo velikostí napětí v rozsahu od nuly do 5 V na jeden ze vstupů jednotky. Napětí 0 V

odpovídá rychlosti dvoupólového motoru 1 000 ot./min, čtyřpólového 500 ot./min, osmipólového 250 ot./min. Rychlost při napětí 5 V se volí přepínačem 20 000 ot./min nebo 80 000 ot./min pro dvoupólový motor. Rychlost vícepólového motoru je úměrně nižší. Zesílení regulátoru rychlosti je volitelné ze čtyř stupňů dvěma přepínači. Při větším zesílení rychlost méně kolísá vlivem změn zatížení. Najde se zesílení, při kterém je regulace ještě stabilní. Motor se chrání proti přetížení a přehřátí nastavením přípustného proudu v rozmezí od 0,5 do 8 A potenciometrem na řídicí jednotce.

Optimální rozběh

Podle požadavku na dynamiku rozběhu se dvěma přepínači vybere velikost rozběhového proudu z nabídky 1 A, 2 A, 4 A, 8 A. Dosažitelný proud je ovšem podle Ohmova zákona omezen poměrem napětí na výstupu jednotky a ohmického odporu sekce vinutí. Napětí na výstupu jednotky je během rozběhu sníženo na polovinu napájecího napětí jednotky.

Proudem je dáno dosažitelné zrychlení motoru v rad/s^2 . Zrychlení je určeno poměrem rozběhového momentu v Nm a momentu setrvačnosti motoru se zatížením v kgm^2 . Rozběhový moment je úměrný rozběhovému proudu podle momentové konstanty motoru. Dosažitelné zrychlení lze určit výpočtem. Dalšími dvěma přepínači se zvolí zrychlení při rozběhu z možností 160, 800, 4 000, 20 000 Hz/s. Zrychlení dvoupólového motoru 1 Hz/s odpovídá úhlovému zrychlení $2\pi \text{ rad/s}^2$, neboť jedním cyklem napájecích impulsů se motor otočí o jednu otáčku, 2π radianů. Zrychlení osmipólového motoru je čtvrtinové. Nemůžeme si zvolit větší zrychlení, než jaké se docílí nastaveným proudem. Můžeme je ale omezit na nižší hodnotu, se kterou se motor bude rozbíhat i při zvýšeném mechanickém odporu zatížení.

Rozběh s nastavenými hodnotami se ověří se zatížením. Jestliže jsme požadovali větší zrychlení, než je dosažitelné nastaveným proudem a napětím zdroje,

Kromě pohonů ventilátorů a čerpadel se jednotka DECS uplatní v pohonech skenerů, přístrojů pro umělé dýchání, brousicích vřeten, řezaček a pil

motor ztratí synchronizaci a nerozeběhne se. V tom případě zmenšíme nastavené zrychlení nebo zvětšíme proud.

Ovládání motoru

Motoru se spouští připojením napětí 5 V na vstup Enable/Disable. Směr otáčení se volí připojením napětí 5 V na vstup Direction. Jednotka zastaví motor zkratováním vinutí, jestliže připojíme napětí 5 V na vstup Brake. Předem je potřeba zkontrolovat, zda brzdicí proud z dané rychlosti nepřesáhne 28 A. Indukované napětí ve vinutí se určí podělením rychlosti motoru rychlostní konstantou. Napětí vyvolá proud omezený podle Ohmova zákona ohmickým odporem sekce vinutí.

Informace na výstupu

Okamžitou rychlost udává frekvence signálu na jednom z výstupů. 1 Hz znamená jednu otáčku dvoupólového motoru za sekundu. Rychlost vícepólového motoru je nižší úměrně počtu pólů. Signál na dalším výstupu oznamuje připravenost jednotky k činnosti. Může se použít pro informaci nadřazené řídicí soustavy. Zelená a červená dioda informují svícením a charakterem blikání o stavu jednotky. Rozpozná se neúspěšný start vlivem tření nebo přerušením přívodů. Dále se indikuje podpětí napájecího zdroje nebo přepětí. Přepětí na vstupu jednotky DECS může vzniknout při nedostatečné kapacitě napájecího zdroje pojmout energii při zabrzdění. Diody upozorní i na přehřátí jednotky.

Pozvánka na AMPER

Na stánku **Uzimexu Praha, s.r.o. A11** v **HALE 3** najdete od 1. do 4. dubna velký výběr elektrických pohonů maxon s komutátorovými i bezkartáčovými motory, převodovkami, brzdami, snímači a řídicími jednotkami. Dozvíte se i o možnostech napojení na poháněný stroj. Můžete využít přednášky a konzultovat vhodnost pohonů maxon do 400 W pro vaše aplikace. O osudech automatických kosmických robotů bude pravidelně přednášet Tomáš Příbyl.

www.uzimex.cz

