

Stejnoseměrné pohony i pro nejnáročnější úlohy

Z nabídky mnoha výrobců stejnosměrných elektrických pohonů po celém světě vybrala agentura NASA pro své mechanismy určené k použití v kosmu pohony švýcarského výrobce Maxon Motor AG. Důvodem jsou vynikající vlastnosti motorů a převodovek s požadovaným výkonem i snímačů značky Maxon, které usnadňují konstrukci kosmických

desetikilometrové hranici. A to je porovnání pouze předpokládaných versus prozatím dosažených technických parametrů.

Co má ještě dvojice obou robotů před sebou? Spirit operuje v pohoří Columbia Hills (pojmenované na památku raketoplánu, který byl zničen při přistávacím manévru 1. února 2003) a už dokázal zdolat nejvyšší kopec po-

tě Opportunity sestoupil do kráteru Endurance (průměr 200 m). A nyní je tedy před ním úkol sestoupit od dalšího kráteru: tyto útvary jsou považovány za úžasný zdroj informací, protože umožňují odborníkům nahlédnout pod povrch (a tedy do historie) planety.

Peníze na provoz obou robotů jsou připraveny do konce září 2007. Je však téměř jisté, že budou-li i nadále v současném výtečném technickém stavu, další miliony dolarů na pokračování jejich činnosti se najdou. Jen pro představu: tým zajišťující činnost obou robotů dnes čítá 180 osob, ačkoliv oproti původnímu je již značně zredukován. Přesto představuje pro NASA značnou zátěž – ani ne tak z hlediska finančních zdrojů jako z hlediska zdrojů lidských. Je tomu tak proto, že na misi pracují specialisté, kteří už dávno měli být uvolněni pro jiné projekty – kde pochopitelně chybějí. Odborníkem v některých oborech se člověk zkrátka nestává přes noc, takže okřídlené rčení, že každý je nahraditelný, zde tak úplně neplatí.

Agentura se ale dívá i dopředu, vstřích dalším misím zkoumajícím planetu Mars. V současnosti má vedle dvou robotů na povrchu také dvě družice na oběžné dráze, a to Mars Odyssey a Mars Reconnaissance Orbiter. Třetí sonda (Mars Global Surveyor) se odmlčela v listopadu 2006: po deseti letech práce ve vesmíru (při předpokládané době života asi tři roky). Jejím posledním velkým obje-



Obr. 1. Vozidla Spirit a Opportunity naposledy spolu při předletových zkouškách na Zemi (v popředí dole je malé jedenáctikilogramové vozítko Sojourner vysazené na Marsu v roce 1997; zdroj NASA)

přístrojů a zaručují jejich spolehlivou funkci. K neznámějším v tomto ohledu patří výsadek a následná již téměř tříletá činnost kosmických vozidel Spirit a Opportunity na planetě Mars.

Dvakrát tisíc dní na Marsu – a co dál?

„Procházka rájem“, „jsme v jednom velkém snu“ nebo „dostali jsme se tam, kam nesahaly ani naše nejbujnější představy“, to jsou jen některé z mnoha superlativů, které zazněly na tiskových konferencích uspořádaných NASA v uplynulých letech k činnosti robotů – kosmických vozidel Spirit a Opportunity na planetě Mars (obr. 1, obr. 2).

Činnost těchto robotů je klidně možné označit dalším superlativem, a to „veleúspěšná“. Stačí si oživit několik základních parametrů mise. Roboty, jejichž plánovaná doba života byla tři měsíce, oslaví v lednu 2007 tři roky práce. Agentura NASA by původně pokládala misi za úspěšnou, kdyby alespoň jeden stroj urazil po povrchu Marsu dráhu dlouhou alespoň 600 m – přitom v prosinci 2006 měl Spirit za sebou téměř sedm kilometrů a Opportunity sahal po „magické“

hoří Husband Hill (pojmenovaný po veliteli nešťastného raketoplánu Columbia). Nyní v pohoří pracuje, ačkoliv zde nemá žádný přesně daný dlouhodobý cíl. Vědci řídící jeho činnost si totiž připadají jako v geologickém ráji: kam se podívají, je co zkoumat a prohlížet (obr. 3). Robot zde tedy pravděpodobně zůstane do konce svých dnů.

Robot Opportunity naproti tomu stál v době uzávěrky tohoto čísla na hraně kráteru Victoria – prováděl jeho dálkový průzkum a hledal cestu, kudy se nejlépe dostat dovnitř (obr. 4). Jestliže se manažeři mise odhodlají k sestupu do kráteru, nebude to poprvé: Opportunity totiž přímo v kráteru pojmenovaném Eagle Nest přistál. Je třeba podotknout, že to nebyl záměr, protože jeho přistávací oblast měla tvar elipsy o délce 80 km a šířce 15 km. Dosednutí robotu do dvacetimetrového kráteru na jinak rovné planině tak vědci z NASA přirovnali k „zásahu jamky prvním odpalem“. Na své další ces-

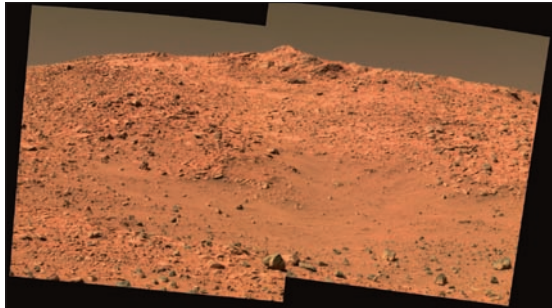


Obr. 2. Robot na Marsu v představách malíře (zdroj: NASA)

tem byl nález důkazů o občasných přítomnosti tekoucí vody na Marsu; to lze s trochou nadsázky považovat i za její „závěť“, neboť informace byla zveřejněna až poté, co se sonda odmlčela.

V srpnu 2007 NASA hodlá vypustit další sondu, která zamíří do oblasti severního pólu rudé planety. Má název Mars Phoenix a na

rozdíl od robotů Spirit a Opportunity nebude mobilní, ale zůstane „sedět“ na místě přistání. Jejím hlavním úkolem má být pátrání po stopách vody jako základního předpokladu pro vznik a vývoj života. A v říjnu 2009 se chystá start pultunového vozidla Mars Science Laboratory, poháněného jaderným generá-



Obr. 3. Snímek pohorí Columbia Hills pořízený robotem Spirit (zdroj: NASA)

toem. To již tedy nebude odkázáno na energii ze solárních baterií, ale bude moci pracovat bez přerušení a současně pronikat do oblastí, kam současné roboty z bezpečnostních důvodů nemohou (hluboká údolí, jeskyně apod.). Plánovaná doba života tohoto stroje je dva roky, během nichž by měl ujet dráhu asi 100 km.

Jedno je ale už nyní evidentní: roboty Spirit a Opportunity nasadily pomyslnou „lačku“ pro budoucí mise k Marsu skutečně velmi vysoko.

Pohony pro kosmická vozidla

Které jejich vlastnosti rozhodly o tom, že stejnosměrné pohony švýcarského výrobce Maxon jsou použity v konstrukci kosmických sond NASA? Podívejme se na ně v dalším textu podrobněji.

Požadavky na pohony

Základní vlastností pohonu pro jakékoliv kosmické zařízení je hmotnost pohonu při požadovaném výkonu. Příslušným parametrem je hustota výkonu ve watttech na 1 g hmotnosti nebo na 1 cm³ objemu pohonu. Hustota výkonu použitých pohonů ovlivňuje hmotnost celé sondy a projeví se na spotřebě raketového paliva. Dále je vyžadováno:

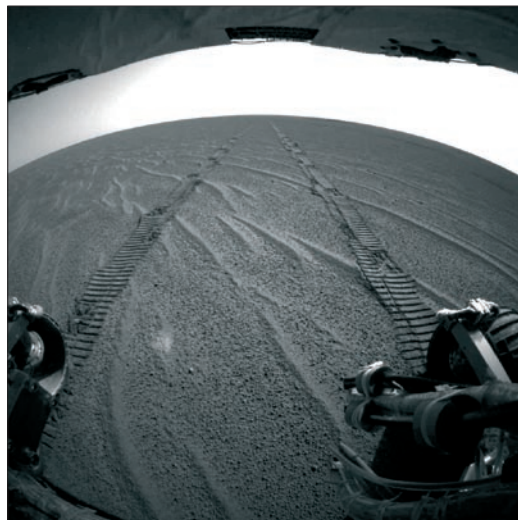
- řízení otáček v širokém rozsahu v obou směrech,
- napájení ze stejnosměrného zdroje nízkého napětí,
- velká energetická účinnost (z důvodu omezené kapacity zdrojů),
- schopnost krátkodobě vyvinout několikanásobně větší sílu k překonání zvýšených mechanických odporů,
- spolehlivý rozběh i po dlouhé době nečinnosti ve specifické atmosféře Marsu.

Výjimečné vlastnosti pohonů Maxon

Firma Maxon již několik desetiletí vyvíjí a vyrábí malé stejnosměrné motory s permanentními magnety ve statoru. Už od prvních typů komutátorových motorů dodává výrobky s nadprůměrnými vlastnostmi a dobou života. V konstrukci a při výrobě všech svých motorů, převodovek a snímačů využívá nové materiály a technologie. Některé z nich také sama vyvinula, např. patentovanou konstrukci a technologii výroby samonosného trubkového vinutí rotoru. Ve zdokonalování motorů i ostatních prvků pohonů firma neustále pokračuje.

Motor

Motor použité v kosmických vozidlech NASA mají mechanickou komutaci (přepínání proudu do sekcí vinutí na základě informace o úhlu natočení rotoru zajišťující optimální úhel 90° magnetických polí statoru a rotoru v celém rozsahu otáček a zatížení). Motor s komutací vyniká nad indukčními a krokovými motory velkým kroutícím momentem v širokém rozmezí rychlostí.



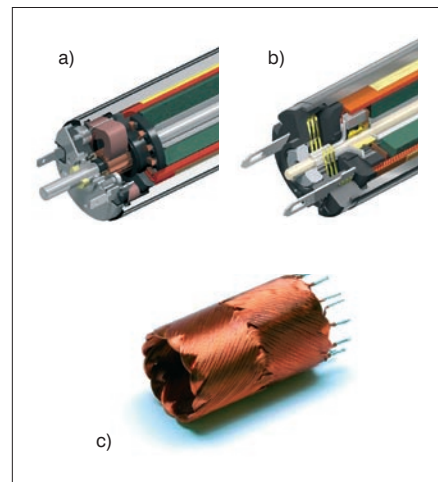
Obr. 4. Stopy za robotem Opportunity na planině Meridiani

Komutátorové motory Maxon se od konvenčních stejnosměrných motorů liší v první řadě jinou konstrukcí vinutí rotoru. Závity vinutí nejsou obvyklým způsobem vloženy do drážek na povrchu jádra z transformátorových plechů, ale jsou uspořádány do tvaru tenké trubky (obr. 5c). Větší pracnost a náročnost výroby samonosného vinutí jsou vyváženy vynikajícími vlastnostmi motorů.

Přínosy samonosného vinutí

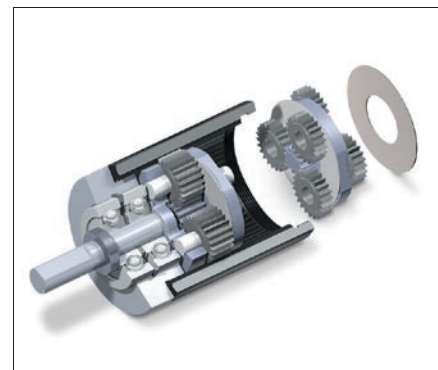
Hlavní přínos samonosného vinutí spočívá ve výrazném potlačení jiskření na styku kar-

táčů a komutátoru, které je obvyklým důvodem konce života motoru. Příčinou jiskření je indukované napětí, které udrží proud i při vzdalování lamely od kartáče a vytáhne za odcházející lamelou jiskru. Jiskření se zesilu-



Obr. 5. Detaily komutátorových motorů značky Maxon: grafitové kartáče (a) a samonosné vinutí (c)

je s rychlostí otáčení. Protože energie magnetického pole samonosného vinutí je podstatně menší než energie vinutí s otáčejícím se feromagnetickým jádrem, je výsledkem mnohem nižší úroveň jiskření, a tudíž dlouhá doba života komutátoru a kartáčů i při velkých otáčkách v oblasti 10 000 min⁻¹. Při použití v kosmickém robotu sice není doba života motorů



Obr. 6. Konstrukce planetové převodovky Maxon s keramickými čepy

kritickým parametrem, ale nízká úroveň jiskření se projevuje malým opotřebením a velkou spolehlivostí pohonu.

Motor Maxon se vyrábějí s grafitovými kartáči nebo s kovovými kartáči z drahých kovů. Kovové kartáče mají menší a stálejší přechodový odpor na styku s komutátorem. Dalšího omezení jiskření se u nich dosahuje zapojením kondenzátorů mezi lamely rotoru. Kondenzátory pohltí indukovanou energii a sníží napětí vytvářející a udržující jiskru. Firma Maxon má tuto metodu patentovanou pod označením CLL (*Capacity Long Life*).

Dalšími přínosy vyloučení železného jádra z motoru jsou:

- velká účinnost motoru, tj. 80 až 92 %,
- velké otáčky, přinášející menší rozměry motoru daného výkonu,
- menší objem (dutina v samonosném vinutí je využita pro permanentní magnet) i hmotnost motoru (při použití motorů řady RE s permanentním magnetem na bázi vzácných zemin NdFeB s velkým energetickým součinem),
- velmi malý moment setrvačnosti rotoru, a tím i krátká mechanická časová konstanta motoru (5 až 10 ms).

Převodovky

V planetových převodovkách značky Maxon jsou použity speciálně vyvinuté čepy planet z keramiky na bázi ZrO_2 , které umožňují převodovkám pracovat při velkých otáčkách a zmenšují jejich rozměry (*obr. 6*).

Snímače

Miniaturní magnetické inkrementální snímače řady MR, které využívají vliv směru magnetického pole, vytvářejí na výstupu až 1 024 impulsů na jednu otáčku, mají malou citlivost na otřesy a zaujímají velmi malý prostor.

Nejen pro kosmická vozidla

Firma Maxon dodala pro vozidla NASA své standardní pohony s motory řady RE. Ne-standardní v nich bylo pouze mazivo, jež bylo vybráno s ohledem na specifické podmínky atmosféry Marsu. Pro své vynikající vlastnosti nacházejí pohony značky Maxon uplatnění nejen při kosmických misích, ale i při řešení nepřeborného množství úloh v oblasti stejnosměrných malých pohonů do 400 W.

*Ing. Václav Brož,
Tomáš Příbyl
Uzimex Praha spol. s r. o.,*