

KOLA NA MARSU se stále točí...



Autoři: Tomáš Příbyl, Václav Brož

Spirit a Opportunity. Iména dvou robotů, kteří se zapsali – a stále ještě zapisují – zlatým písmem do kroniky kosmického výzkumu.

V lednu 2004 úspěšně přistáli na planetě Mars, přičemž alespoň jeden z nich měl fungovat tři měsíce a urazit vzdálenost šest set metrů. Po roce fungují oba, přičemž Opportunity ujel přes dva kilometry, Spirit pak více než dvojnásobek.

Samotná ujetá vzdálenost přitom není nejpodstatnějším kritériem: Opportunity znevýhodňuje v dané chvíli to, že se dlouhodobě věnoval průzkumu dvou kráterů (Eagle a Endurance), zatímco Spirit se vydal na dlouhou cestu do pohoří Columbia Hills.

Přítom pobyt obou robotů na Marsu v žádném případě nelze označit jako rutinní nebo jako nudný. Zajímavých momentů bylo v průběhu celé mise opravdu hodně – a vzhledem k tomu, že Spirit i Opportunity jsou ve vynikajícím stavu, dá se předpokládat, že jich ještě přibude.

Veledůležitým milníkem přitom bylo už přistání prvního robota Spirit na Marsu počátkem ledna 2004. NASA totiž po předchozích nezdarech u Marsu a po zkáze raketoplánu Columbia v předchozím roce velký úspěch opravdu potřebovala. Přítom o několik dní později byl Spirit málem ztracen pro závadu, která postihla jeho počítačový systém. Naštěstí se jej podařilo záhy uvést do normálního stavu. Robot se tak nerušeně mohl věnovat plnění svých úkolů, což byl především přesun k pohoří Columbia Hills. Od místa přistání je vzdáleno přes dva kilometry (což je opravdu hodně, uvážíme-li s jakou najetou vzdáleností na Marsu NASA počítala – viz výše).

Spirit si po cestě udělal několik „zastávek“ a „odboček“, kdy se věnoval vědecké práci pomocí souboru svých pěti přístrojů (identický soubor je i na Opportunity). Poté, co dorazil k pohoří Columbia Hills, začal se zde věnovat další vědecké práci – zkoumání zajímavých objektů (usazeniny, obnažená geologická podloží, jednotlivé kameny apod.). Zároveň s jejich průzkumem se ale pohybuje dále a dále, přičemž specialisté NASA doufají, že by během několika měsíců mohl dorazit na nejvyšší vrchol Columbia Hills, na kopec Husband Hill.

Zatímco Spirit se tedy vydal do kopců, robot Opportunity se věnoval studiu kráterů. Ostatně, v jednom (Eagle Crater) dokonce přistál! Když z něj dva měsíce po přistání vyjel, poslali jej vědci z NASA zkoumat další kráter (Endurance). Krátery jsou totiž nesmírně zajímavé objekty, které umožňují jednoduše nahlédnout pod povrch planety a bez větší námahy studovat její historii.

Poté, co koncem roku 2004 opustil Opportunity kráter Endurance (strávil v něm skoro půl roku), zamířil k tepelnému štítu, který jej chránil před přistáním při průletu hustými vrstvami atmosféry. Štít byl pak v několikakilometrové výšce odhozen

a ničím nebrzděný dopadl na povrch Marsu, kde se rozlomil. Na družicových snímcích byl nicméně nalezený a robot Opportunity se jej vydal zkoumat – díky tomu jsme poprvé získali unikátní technologické informace o tom, jak tepelný štít po průletu atmosférou Marsu vypadá. Jako „prémii“ navíc našel robot Opportunity v bezprostřední blízkosti štítu také velkou zvláštnost: železný meteorit.

Hlavním cílem robotů Spirit a Opportunity bylo pátrání po stopách vody. Tento úkol se podařilo splnit, protože v obou místech přistání (která byla ostatně s ohledem na cíl mise vybrána) byly nalezeny stopy dávného působení vody. Krom toho ale vědci z NASA získali – a stále ještě získávají – obrovské množství dalších vědeckých i technických poznatků.

Pohony Roverů

Na světě existuje řada výrobců elektrických pohonů, které by svým výkonem splnily požadavky mechanismů kosmické aplikace. NASA vybrala a použila stejnosměrné pohony švýcarského výrobce maxon. Důvodem jsou vynikající vlastnosti motorů, převodovek s požadovaným výkonem a snímačů maxon, které usnadňují konstrukci kosmické sondy a podporují její spolehlivou funkci.

Zvláštní požadavky na pohony

Základním parametrem pohonu pro kosmické aplikace je hmotnost pohonu při požadovaném výkonu. Vlastnost je možno vyjádřit hustotou výkonu ve wattch na 1 gram nebo na 1 cm³ pohonu. Hustota výkonu použitých pohonů ovlivňuje hmotnost celé sondy a projev se na spotřebě raketového paliva. Aplikace vyžaduje řízení rychlosti v širokém rozsahu a pohyb v obou směrech. Energetická síť sondy i Roverů pro napájení motorů je stejnosměrná s nízkým napětím a omezená kapacita napájecích zdrojů vyžaduje použit pohony s vysokou energetickou účinností. Pohony musí být schopny alespoň krátkodobě vyvinout několikanásobně vyšší sílu v neočekávaných situacích k překonání zvýšených mechanických odporů.





Požaduje se spolehlivý rozběh i po dlouhé době nečinnosti ve specifické atmosféře a teplotách na Marsu. To je několik málo specifik, které byly požadovány.

Výjimečné vlastnosti pohonů maxon

Výroba motorů, převodovek a snímačů využívá nové materiály a technologie, z nichž některé vyvinul sám maxon. Maxon se zabývá vývojem a výrobou malých stejnosměrných motorů několik desetiletí. Už od prvních typů komutátorových motorů s permanentními magnety ve statoru požadoval od svých výrobků nadprůměrné vlastnosti a dobu života. Vyvinul a patentoval konstrukci a technologii výroby samonosného trubkovitého vinutí rotoru. Maxon od té doby vynakládá značné prostředky na vývoji

jsou vytvářeny a uspořádány do tvaru tenké trubky. Větší pracnost a technologická náročnost samonosného vinutí se projeví vyšší cenou, ale přináší za ni vynikající vlastnosti.

Hlavní výhody samonosného vinutí

- Jiskření kartáčů na komutátoru, které je obvyklou příčinou konce života motoru, je silně potlačeno.
- Jiskry jsou elektrické oblouky, které vznikají indukovaným napětím při zániku magnetického pole přepojovaného segmentu cívký kartáčem. Indukované napětí udrží proud i při vzdalování lamely od kartáče a vytáhne za odcházející lamelou jiskru. Jiskření se zesiluje s rychlostí otáčení. Energie magnetického pole samonosného vinutí je podstatně menší než energie feromagnetického jádra. Výsledkem je vysoká životnost komutátoru a kartáčů i při vysoké rychlosti motoru kolem 10 000 ot./min. Pro aplikaci v kosmickém robotu není doba života motorů kritickým parametrem, ale nízké jiskření se projeví vysokou spolehlivostí.
- Motory maxon se vyrábějí s grafitovými nebo s kovovými kartáči z drahých kovů. Kovové kartáče mají nižší a stálejší přechodový odpor na komutátor. Pro další snížení jiskření kovových kartáčů jsou mezi lamelami rotoru zapojeny kondenzátory, které pohltí indukovanou energii a sníží napětí vytvářející a udržující jiskru. Je to maxonova technologie CLL, „capacity long life“.

jenom tenký feromagnetický plášť, který uzavírá magnetický tok.

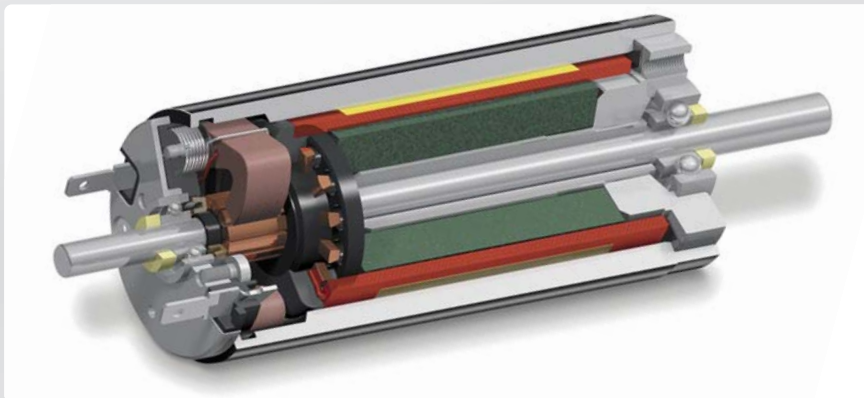
- Vesmírná aplikace použila motory RE s jediným kompaktním permanentním magnetem na bázi vzácných zemin NdFeB uvnitř vinutí. Vysoká síla magnetického pole v mezeře pro vinutí, tj. magnetická indukce, zmenšuje rozměry motoru.
- Vinutí motoru maxon má velmi nízkou indukčnost a moment setrvačnosti. To jsou parametry, které se projeví v krátké el. i mechanické časové konstantě 5 až 10 ms.

Převodovky

Planetové převodovky, které jsou připojeny k motorům, používají speciálně vyvinuté čepy planet z keramiky na bázi ZrO_2 , které umožňují použít vysokou vstupní rychlost motoru a zmenšují rozměry převodovky.

Snímače

Další modernizace, která předcházela misi Spirit a Opportunity, je magnetický inkrementální snímač MR. Snímač využívá změnu ohmického odporu mikroelementů z NiFe vyvolanou změnou směru magnetického pole kotouče se zmagnetovanými 16 až 64 póly. Interpolací přesně matematicky definovaného průběhu je



dokonalejších motorů i ostatních prvků pohonů. Řadu obecně přijímaných nedokonalostí v pohonech vyřešil na úrovni výzkumu nových materiálů a vývoji technologií.

Motory

Použité motory mají mechanickou komutaci. Komutace ve stejnosměrných motorech je přepínání proudu do sekcí vinutí na základě informace o úhlu natočení rotoru. Zajišťuje optimální úhel 90° magnetických polí statoru a rotoru v celém rozsahu rychlostí a zatížení. Motor dosáhne jednoduchými prostředky vysoký mechanický moment v širokém rozmezí rychlosti, kterým vyniká nad indukčními a krokovými motory.

Komutátorové motory maxon se liší od konvenčních stejnosměrných motorů v první řadě odlišnou konstrukcí vinutí rotoru. Závity vinutí nejsou vloženy obvyklým způsobem do drážek na povrchu jádra z transformátorových plechů, ale

dovody odpor na komutátor. Pro další snížení jiskření kovových kartáčů jsou mezi lamelami rotoru zapojeny kondenzátory, které pohltí indukovanou energii a sníží napětí vytvářející a udržující jiskru. Je to maxonova technologie CLL, „capacity long life“.

- Další důsledek odstraněného železného jádra je vysoká účinnost motoru 80–90 % a nízká energetická náročnost.
- Vysoká rychlost přináší zmenšení rozměrů motoru daného výkonu. Protože výkon motoru je součin momentu a rychlosti, lze jej zvýšit rychlostí. Rychlost konvenčních motorů je možno zvyšovat nad 3 000 ot./min jen na úkor doby života, která pak je vlivem silného jiskření několik set hodin. Doba života komutátorových motorů maxon je při rychlosti 8 000 ot./min i přes 10 000 hodin.
- Motor zabere malý objem. Pro permanentní magnet je v motorech maxon využita dutina v samonosném vinutí, vně vinutí je

možno vytvořit na výstupu až 1,024 impulzů na jednu otáčku. Snímač má malou citlivost na nepřesnost montáže a na otřesy. Zaujímá velmi malý prostor.

Přínos aplikací NASA pro Zemi

Maxon dodal pro Rovers standardní pohony s motory řady RE s mazivem upraveným pro atmosféru Marsu. Pohony budou vystaveny ve stánku UZIMEX na pražském veletrhu AMPER od 5. do 8. dubna. Spatříte je i namontované na vystaveném Roveru, který byl vyroben podle podkladů NASA.

Na AMPERU se dále seznámíte i s rozsáhlou soustavou motorů s mechanickou i elektronickou komutací, převodovek, snímačů, elektromagnetických brzd a řídicích jednotek. Získáte také představu, jak využít význačné vlastnosti pohonů maxon pro zvýšení úrovně našich zařízení. ✖