

# EC motory maxon

pro práci v extrémních podmínkách



Aplikace EC 22 HD v hlubinném vrtu

*Nároky na technické aplikace a jejich řešení se stále zvyšují. Jedná se především o spolehlivost, bezpečnost, výkonnost, uživatelský komfort, design, a zejména o rozsah pracovního prostředí a provozních podmínek. Vysoké nároky jsou kladeny na tzv. kritické aplikace, zejména na oblast letectví, kosmonautiky, lékařství a těžařského průmyslu. V těchto odvětvích jsou zařízení často provozována na samotné hranici technických parametrů, a někdy i za ní. Pro zásadní rozšíření možností použití motorů napájených malým napětím v těchto oblastech uvádí firma maxon motor na trh novou řadu elektricky komutovaných stejnosměrných motorů do výkonu 240 W s označením EC 22 HD (heavy duty). Tato řada rozšiřuje možnosti použití EC a otevírá cestu k novým náročným technickým aplikacím.*

## **Nový motor EC 22 HD a provozní podmínky**

Významným faktorem ovlivňujícím vlastnosti motorů, převodovek, snímačů a řídicí elektroniky je teplota pracovního pro-

těchto ztrát závisí na zatížení a na otáčkách motoru. U motorů s kotvou bez železa jsou hlavním zdrojem tepla ztráty na činných odporech vinutí. Ztráty v magnetickém obvodu a ztráty mechanické jsou v těchto

**Pro práci při  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$   $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$ , přetížení a rázech 100 G, vibracích 25 g a tlaku 1700 bar**

středí. Každý motor je ovšem také zdrojem tepla, které je generováno ztrátami ve vinutí, ztrátami v magnetickém obvodu a mechanickými ztrátami a velikost

motorech minimální. Proto je nutné při výběru pohonu pro cílovou aplikaci brát v úvahu tyto vlivy. Nedaří-li se nalézt vhodný motor pro dané zatížení a provozní

podmínky, musí často designér zvážit možnost chlazení, jak už samotného motoru, tak i ostatních komponentů. Někdy je možno vystačit s pasivním chlazením, ale stále častěji je nutné implementovat chlazení aktivní. Toto řešení ovšem značně navýší náklady na realizaci pohonu, a tím i finální cenu celého zařízení.

Díky novému konstrukčnímu řešení motorů maxon EC 22 HD (Heavy Duty) podstatná část těchto komplikací při výběru pohonu odpadá. Motory jsou navrženy tak, aby mohly být provozovány při teplotách okolí od  $-55$  až do  $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Z pracovního rozsahu je zřejmé, že veškeré komponenty, ze kterých je motor složen, musejí být navrženy na teploty vyšší/níže, než je tento rozsah provozních teplot. Toto platí především pro kladné teploty. Aby motory mohly v tomto prostředí pracovat, musí veškeré vnitřní komponenty odolávat teplotám přinejmenším  $240\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

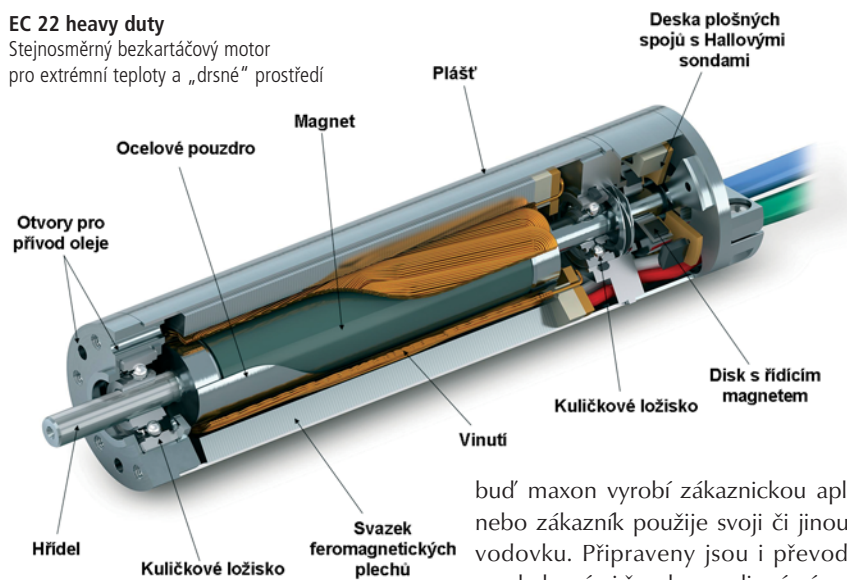
## **Konstrukce**

Nová koncepce motorů má podobné konstrukční uspořádání jako klasické válcové EC motory. Rozdílné je uložení magnetů, které se již nelepí k hřídeli. Magnety jsou uloženy v ocelovém pouzdru, k jehož čelům jsou přivařeny čepy hřídele. Opláštění chrání magnety před korozí a zabraňuje, jejich poškození nebo rozlomení při extrémně velkých rázech a vibracích. Vzhledem k vysokým teplotám je použit magnetický materiál SmCo, který má podstatně vyšší Curieho bod, než materiál Fe-NdB, použitý na klasických motorech maxon. Celkové konstrukční uspořádání rotoru je zřejmé z obr. na protější straně. Celé pouzdro s magnety je vloženo do statoru. Kromě toho je svařeno vše, co se pohybuje, tedy jsou svařena i ložiska s hřídeli. Tímto novým konstrukčním řešením odpadají i nedostatky způsobené lepením magnetů, a protože vinutí kotvy je k tělesu statoru přilepeno teplotně odolným lepidlem, mohou být tyto motory použity při vysokých okolních teplotách. V této souvislosti je třeba zmínit také otázku výběru konstrukčních materiálů a jejich vzájemných spojení s ohledem na kompatibilní teplotní roztažnost. Význam této úlohy je klíčový pro dosažení potřebné životnosti motoru při současném působení teplotních změn a vibrací a její úspěšné vyřešení svědčí o vysoké úrovni všech etap inovačního cyklu (výzkum, vývoj, konstrukce, výroba).

Motory EC 22 HD jsou vyráběny jako trojfázové dvupólové, a to ve dvou provedeních. První provedení je pro provoz motoru v oleji a druhá konstrukční varianta je určena pro klasický provoz, kde okolní prostředí je tvořeno vzduchem. Konstrukční rozměry pro obě dvě varianty

**EC 22 heavy duty**

Stojnosměrný bezkartáčový motor pro extrémní teploty a „drsné“ prostředí



Konstrukce rotoru, magnet a jeho pouzdro



jsou stejné, průměr je 22 mm a délka do 90 mm. Je-li motor určen pro použití ve vzduchu, jsou otvory v přírubách tělesa statoru uzavřeny, a je-li motor aplikován v oleji, jsou tyto otvory otevřeny a musí být zajištěno, aby olej pronikl co nejnázše do motoru. Ložiska jsou mazána mazacím tukem, který v případě aplikace na vzduchu v ložiskách zůstává po celou dobu provozu a musí splňovat požadovaný rozsah teplot. U aplikace v oleji je mazací tuk olejem vyplaven a olej zajistí mazání.

Motory mohou být dodávány jak s Hallovými snímači umístěnými na desce plošných spojů, tak i bez těchto senzorů. Nosná konstrukce otočné části těchto senzorů, nesoucí řídicí magnet, je rovněž přivařena k hřídeli. Díky těmto dvěma variantám lze motor použít jak pro senzоровé, tak pro bezsenzorové řízení. Vlastní Hallové snímače jsou schopny pracovat při teplotě  $-55\text{ °C}$ , mají tedy rovněž nadstandardní teplotní odolnost.

Rovněž všechny ostatní elektronické prvky musí splňovat požadavky na stanovenou teplotní odolnost. Z důvodu odolnosti vysokým teplotám je přívodní kabel opláštěván teflonem s odolností do  $240\text{ °C}$ , desky tištěných spojů jsou vyrobeny ze speciálního polyimidu, který při  $200\text{ °C}$  ztmavne, ale zůstává nepoškozen a funkční až do teploty  $260\text{ °C}$ .

Ve většině aplikací, např. při ovládání klapky a ventilů, jsou požadovány velké síly a momenty a je nutné použití převodovky. Tyto jsou obvykle specifikovány konkrétními aplikací. Zde jsou dvě možnosti –

buď maxon vyrobí zákaznickou aplikaci, nebo zákazník použije svoji či jinou převodovku. Připraveny jsou i převodovky s pohybovými šrouby pro lineární pohyb.

**Vliv teploty na výkon**

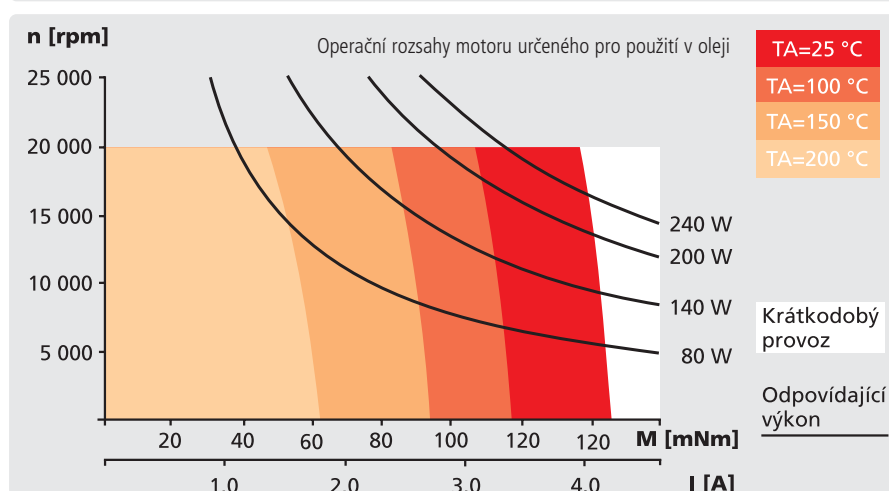
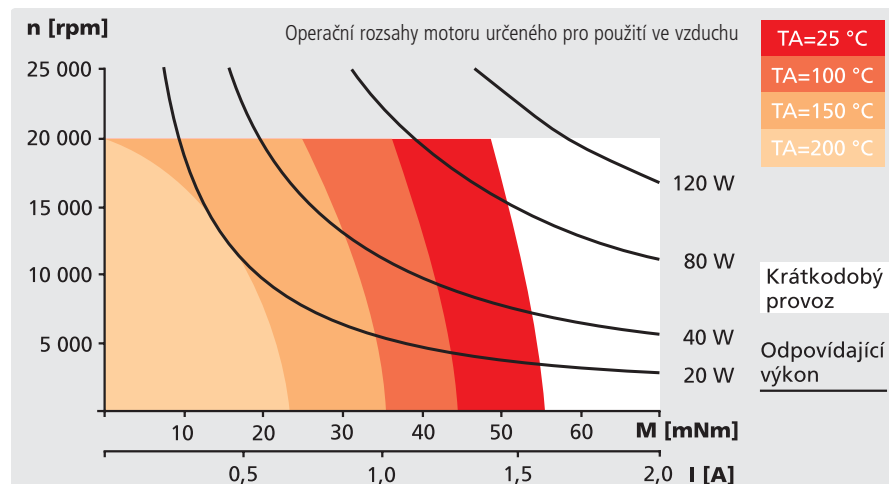
Měrný odpor mědi s teplotou roste, což znamená, že pro dosažení stejného momentu je nutno při zvýšení teploty zvýšit napětí. To má největší vliv na záběrový moment a se zvyšováním otáček se vliv teploty vinutí na moment motoru zmenšuje v důsledku zvětšování indukovaného napětí. Teplota rovněž ovlivňuje tvar hysterezní smyčky materiálu permanentního magnetu. Pro jeho kvalitu jsou důležité dva body demagnetizační křivky, a to remanence a koercitivita. S růstem teploty

se snižuje remanence magnetu a v důsledku toho klesá i magnetická indukce ve vzduchové mezeře. Důsledkem je menší moment při stejně velkém proudu ve vinutí statoru.

Z těchto popsaných důvodů jsou jednotlivé charakteristiky motorů udávány v závislosti na teplotě – pro motory určené k použití ve vzduchu a pro motory určené k použití v oleji – viz. grafy níže. Z charakteristik je patrné, že motory určené k použití v oleji je možné provozovat při vyšších výkonech, a to právě díky lepšímu odvodu tepla z motoru. Charakteristiky jsou rozděleny do několika oblastí podle teploty okolí. Bílou barvou je v grafu je znázorněna oblast krátkodobého provozu. Jednotlivé odstíny červené znázorňují oblasti trvalého provozu motoru pro danou teplotu. Dále jsou v grafu uvedeny výkonové křivky.

**Oblasti použití**

Nové konstrukční řešení otevírá mnoho nových možností pro použití EC motorů do výkonu  $200\text{ W}$  v mnoha dalších aplikacích. Motor EC 22 HD je sériově vyráběn a spolehlivě pracuje ve více než stovce extrémně náročných aplikací a v případě dalších projektů je možné využít stávající zkušenosti s implementací motorů této řady. Obě verze motorů najdou uplatnění například v prostředí s extrémními teplotami,



v prostředí s extrémními rázy a vibracemi podle MIL-STD810F/Jan2000 a ve vrtačích soupravách určených k prozkoumávání zemského podloží v hloubkách větších jak 2 500 metrů – viz úvodní obr. Motory pro aplikaci v oleji mohou být navíc ponořeny v oleji pod vysokým tlakem.

Motory pro aplikaci ve vzduchu jsou určeny pro oblast letectví, kde mohou být použity jako aktuátory pro palivová čerpadla spalovacích motorů a jako startérgenerátory pro turbíny leteckých motorů, kde teploty okolí mohou přesahovat 150 °C, v medicínské technice, kde je vyžadována sterilizace a v robotech pro průzkum kosmických těles. Mimořádně jsou rovněž vhodné pro ultra vysoké vakuové aplikace např. v zařízeních pro základní výzkum hmoty, v mikroskopech, pro práci ve volném vesmíru (nepatrný vývin plynů až do teploty 240 °C), a v průmyslu pro pohon čerpadel a ovládání armatur chladicích systémů tekutých kovů a řízení parametrů paliva nebo páry nebo ovládání ventilů turbín v plynových a parních elektrárnách.

### Dosavadní aplikace maxon pohonů pro extrémní podmínky

Různé typy motorů maxon již prokázaly a stále prokazují svoji dlouhodobou funkčnost v různých extrémních aplikacích a lze bez nadsázky konstatovat, že splňují nejnáročnější požadavky, které se na Zemi a ve vesmíru mohou vyskytnout. Zde je důležité zdůraznit, že výrobce maxon motor používá motory sériové výroby a speciální úpravy se týkají mazání ložisek, a zajištění jejich vysoké odolnosti proti vibracím, rázům a prašnosti.

### Mars a vesmír

Na planetě Mars je zapotřebí zvládnout extrémní teploty až  $-135\text{ °C}$   $+135\text{ °C}$  spolu s velmi nízkým tlakem a nestandardním složením atmosféry. Implementace motorů maxon do konstrukce vesmírných sond NASA byla zahájena při první misi Pathfinder v roce 1997. Mobilní robot Sojourner obsahoval 11 motorů maxon RE 16. V lednu 2005 přistály na Marsu dva mobilní roboty Spirit a Opportunity, jejichž funkce jsou ovládány 39 motory maxon RE 20 a RE 25. V srpnu 2007 odstartovala ze Země sonda Phoenix pro výzkum povrchu Marsu, vybavená opět motory RE 25. V kosmonautice ovládají motory maxon např. uzavírací ventily pomocných raket.

### Letectví, spolehlivost a nízké teploty

V leteckém průmyslu již existuje řada aplikací, které řeší zejména záporné teploty, a to až do  $-60\text{ °C}$ . Jedná se např. o ovládání klapky a ventilů, aktuátory řízených střel, mechanismy tlumičů a různé aplikace



Výzkumná stanice v Antarktidě, maxon motor v teleskopu při  $-75\text{ °C}$ .

v autopilotech. V převážné míře se pracuje s motory s elektronickou komutací, válcovými nebo diskovými, v některých případech i s integrovanou elektronikou pro řízení.

### Lékařství, sterilizace

V lékařství je nutno zajistit možnost sterilizace a odolnost proti korozi, radiaci. Pro tyto aplikace jsou vyvinuty ucelené řady motorů s elektronickou komutací, které jsou uvedeny v katalogu pod označením EC 13, EC 16, EC 22 „sterilizovatelné“. Povolena teplota okolního prostředí je  $-40\text{ °C}$   $+135\text{ °C}$ .

### Další vědecké projekty

Ilustrativním příkladem použití motorů maxon je pohon teleskopu na stanici Concordia, která leží ve východní Antarktidě ve výšce 3 200 m nad mořem v jednom z nejchladnějších míst na Zemi. Teploty zde klesly v poslední době na nové rekordní minimum  $-84,6\text{ °C}$ . Teleskop již roky pracuje v tomto nehostinném místě při nesnesitelném větru 24 hodin denně, 7 dní v týdnu. Teleskop se musí neustále hladce a bez chvění pohybovat, aby byl trvale zaměřen na konkrétní objekt na obloze a jeho případná údržba je pro obsluhu nebezpečná a za polární noci prakticky nemožná, což klade mimořádné nároky především na převodovky.

### Závěr

Vysoká úroveň celé technologie motorů maxon předurčuje jejich nasazení v nejnáročnějších aplikacích, např. v letectví, medicínské technice, kde je vyžadována sterilizace, v robotech pro průzkum kosmických těles i pro práci ve volném prostoru, a v dalších vědeckých projektech. Nový motor EC 22 HD posunuje vysokou technickou úroveň dosud vyráběných EC motorů maxon na kvalitativně vyšší úroveň s ohledem na pracovní



Vrtací hlavice s motory maxon

podmínky a okolní prostředí, např. pro použití v hlubokých vrtech s extrémními rázy a vibracemi a v prostředí ultra-vysokého vakuu.

Jedná se především o eliminaci vlivu extrémních záporných teplot na funkčnost mazání, na senzory a elektroniku, o eliminaci vlivu extrémních kladných teplot na magnetické vlastnosti permanentních magnetů, lepidel, kabeláže a elektroniky včetně desek plošných spojů a v neposlední řadě o zavedení olejového chlazení, které je podmíněno odolností všech komponent motoru vůči chemickému působení chladicího oleje. Toto řešení je v oblasti elektrických pohonů zcela ojedinělé.

### Pozvání na AMPER 2011 v Brně, stánek č. 24 pavilon F

Technici společnosti UZIMEX PRAHA, spol. s r.o. jsou připraveni s vámi konzultovat vaše konkrétní aplikace.



O osudech automatických kosmických robotů bude denně od 11 a 15 hodin na stánku UZIMEX PRAHA pravidelně přednášet ing. Tomáš Příbyl.

[www.uzimex.cz](http://www.uzimex.cz)

*Tento příspěvek vznikl s podporou projektu specifického výzkumu Fakulty strojního inženýrství Vysokého učení technického v Brně "Environmentální a bezpečnostní aspekty výroby a vývoje, výroby a provozu strojů."*

doc. Ing. Vladislav Singule, CSc., [singule@fme.vutbr.cz](mailto:singule@fme.vutbr.cz)  
Ing. Jiří Toman, [yroman21@stud.fme.vutbr.cz](mailto:yroman21@stud.fme.vutbr.cz)  
Fakulta strojního inženýrství VUT v Brně