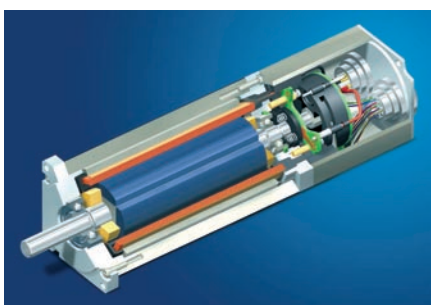


# Motory s elektronickou komutací do 400 W

Základní předností stejnosměrných motorů je schopnost práce v širokém rozsahu otáček. Stále stejného momentu při různých otáčkách se dosahuje prostřednictvím komutace, tj. přepojování proudu do sekcí vinutí podle natočení rotoru. Pokroky elektroniky umožnily nahradit mechanický komutátor s kartáči elektronickou komutací (*Electronic Commutation – EC*). Odstraňuje se tak vliv jiskření kartáčů na dobu života stejnosměrného motoru. Jako náhradu za mechanickou vazbu musí motor s elektronickou komuta-



Obr. 1. Řez novou, dlouhou variantou čtyřpólového motoru Maxon EC45 (magnet rotoru je obklopen statorovým homogenním vinutím a laminovaným feromagnetickým pláštěm)

ci, označovaný jako motor EC, pro přepínání proudu dodávat své elektronické části informací o poloze rotoru. Na rozdíl od motoru s mechanickou komutací je vinutí motoru EC součástí statoru (obr. 1). Je rozděleno na tři sekce. Předním světovým výrobcem motorů EC je švýcarská firma Maxon Motor AG.

## Kvalita mechanické a elektronické komutace

Podobně jako se kvalitou liší stejnosměrné motory s mechanickou komutací (motory DC), liší se i vlastnosti motorů EC.

U motorů DC jsou důležité:

- stupeň jiskření kartáčů, který má základní vliv na dobu života motoru a který se zásadně sníží odstraněním feromagnetického jádra rotoru, použitím samonosného vinutí a integrací kondenzátorů do rotoru,
- možnost nastavit otáčky a regulovat je i při jejich malých hodnotách; otáčky se nastaví velikostí napájecího napětí a směr jeho polaritou,
- dosažitelné otáčky při dostatečné době života s vlivem na rozsah nastavitelných otáček, kde omezení představují odstředivá síla a zejména hlavně jiskření, rostoucí s otáčkami,
- počet lamel komutátoru, který hlavně rozhoduje o rovnoměrnosti krouticího momentu v průběhu otáčky,
- homogenita magnetického pole rotoru

ovlivňující rovnoměrnost momentu v průběhu otáčky a výskyt nežádoucích stabilních poloh rotoru,

- hustota výkonu nebo momentu na jednotku hmotnosti nebo objemu motoru, která vzroste zejména umístěním permanentního magnetu do dutiny v samonosném vinutí,
  - krátká elektromechanická časová konstanta, která je měřítkem dosažitelných zrychlení a dynamiky změn rychlosti,
  - účinnost, ovlivněná ohmickými ztrátami v mědi a ztrátami přemagnetováním a hysterezí materiálu rotoru při otáčení (druhá část ztrát je u motorů se samonosným vinutím odstraněna).
- Obdobně jsou u motorů EC důležité:
- možnost nastavit otáčky a regulovat je i při malých hodnotách,
  - dosažitelné otáčky při dostatečné době života s vlivem na rozsah nastavitelných otáček při omezení odstředivou silou a ložisky, popř. mezní frekvencí snímače a mezními otáčkami připojené převodovky,
  - homogenita magnetického pole statoru ovlivňující rovnoměrnost momentu v průběhu otáčky a výskyt nežádoucích stabilních poloh rotoru,
  - hustota výkonu nebo momentu,
  - krátká elektromechanická časová konstanta,
  - účinnost, ovlivněná ohmickými ztrátami v mědi a ztrátami přemagnetováním a hysterezí feromagnetického materiálu statoru.

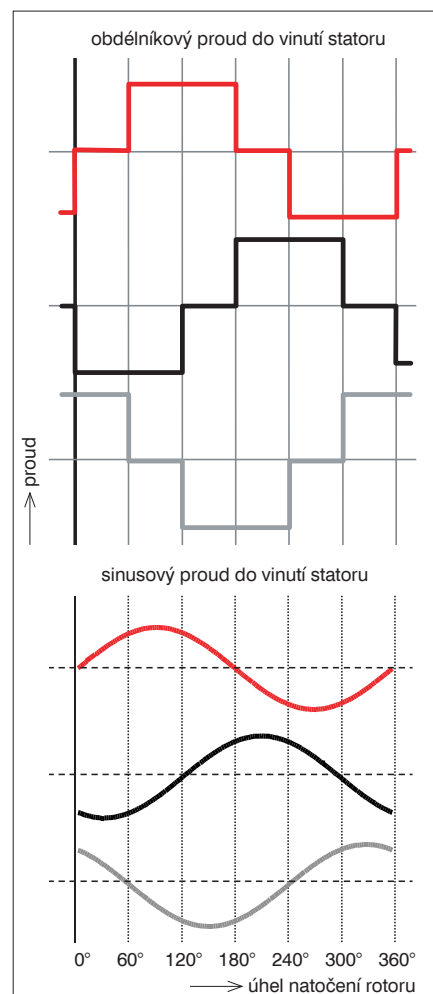
## Motory EC, snímače a řídicí jednotky

Kvalita motoru EC je podmíněna jednak konstrukcí a vybavením motoru, jednak konstrukcí řídicí elektroniky.

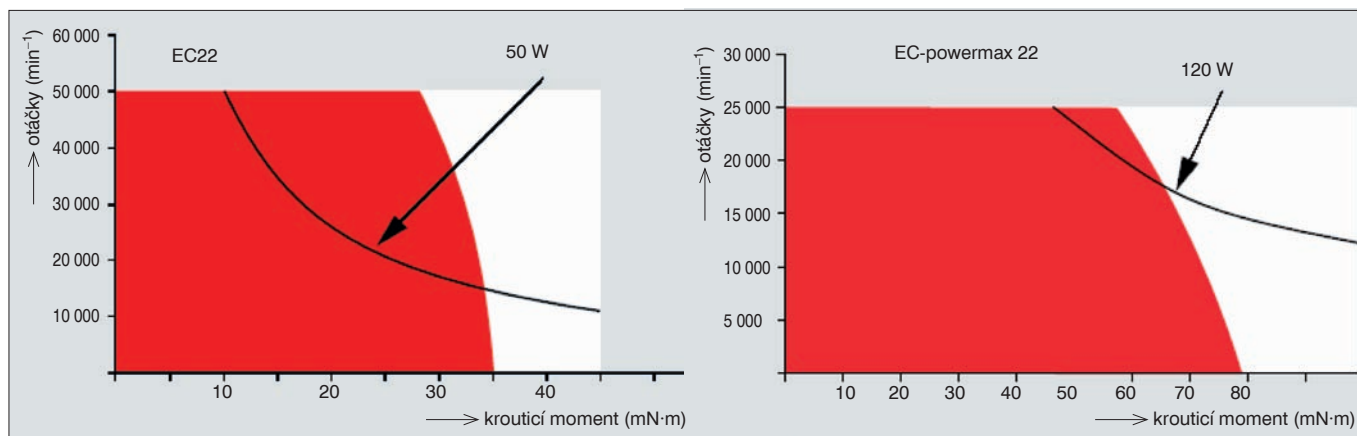
Motory EC, od nichž je požadována schopnost nastavení a regulace otáček ve velkém rozsahu až do nuly, musí být vybaveny kvalitními snímači polohy rotoru. Ve spojení s analogovou řídicí jednotkou lze použít rezolver. Trend v řídicích jednotkách však směřuje k digitalizaci, a kvalitním snímačem se proto dnes rozumí kombinace snímače se třemi Hallovými sondami a inkrementálního snímače s několika sty dílků na otáčku. Signál snímače s Hallovými sondami označuje polohy rotoru, ve kterých řídicí jednotka přepíná proud mezi sekcemi vinutí. To je šestkrát na otáčku dvoupólového motoru. Takovýto signál postačí pro dynamický rozběh a otáčení motoru, nikoliv však pro kvalitní regulaci. Signál z inkrementálního snímače umožní řídicí jednotce vytvořit mezi jednotlivými přepnutími kvazisinusový průběh napájecího proudu, který je podmínkou pro

rovnoměrný krouticí moment motoru (obr. 2). Proud v sekcích vinutí na sebe plynule navazuje a směr magnetického pole plynule sleduje natočení rotoru. Další podmínkou pro vznik rovnoměrného hnacího momentu během otáčky je homogenní vinutí statoru bez feromagnetických pólů. Homogenní vinutí mají např. válcové motory EC od firmy Maxon Motor. Jejich moment má rovnoměrnější průběh než u kvalitních komutátorových motorů, kde při sedmi lamelách kolísá asi o 2,5 a při devíti asi o 1,5 %. Regulátor otáček dostatečně často dostává signál pro rychlostní zpětnou vazbu i při malých otáčkách a může pracovat čtyřkvadrantově, tj. urychlovat i brzdít motor v obou směrech.

Motorům EC, u nichž stačí nastavit a regulovat rychlost v oblasti větších otáček, postačí snímač polohy rotoru s Hallovými sondami. Ve spojení s jednoduchou řídicí jednot-



Obr. 2. Obdélková komutace v motorech EC je jednoduše odvozena od signálu ze snímače s Hallovými sondami a kvazisinusová komutace vzniká při použití signálu z inkrementálního snímače



Obr. 3. Nový čtyřpólový motor EC-powermax 22 má při stejných vnějších rozměrech dvakrát větší trvalý kroučící moment než dvoupólový EC22; vzrostly i přípustné otáčky

kou, která realizuje pouze přepínání proudu, je možné nastavit rychlost volbou napájecího napětí jednotky. To však nelze zmenšit pod mez, kterou jednotka potřebuje pro svou vlastní funkci. Sekce vinutí motoru jsou napájeny proudem s obdélníkovým průběhem. Motor s Hallovými sondami se rozbíhá dynamicky plným záběrným momentem. Zastavit ho lze neřízeným způsobem zkratováním vinutí. Obdélníkové přepínání proudu má za následek skokové natáčení magnetického pole statoru po  $60^\circ$  a působí kolísání momentu o 14 %. Stejně kolísá moment jednoduchého komutátorového motoru se třemi lamelami.

Motory EC, od nichž není požadován dynamický rozběh, nemají žádný snímač. Řídící jednotka získává informaci pro přepínání proudu z průběhu indukovaného napětí vytvářeného až při otáčení motoru. Řídící jednotka zkusmo pootočí motor proudovým impulsem a pak jej roztočí v požadovaném směru. Potřebný moment se získá až při větších otáčkách. Typicky se používají ve ventilátorech apod.

### Nové dvoupólové válcové motory řady EC

Klasická řada dvoupólových motorů EC od firmy Maxon Motor dosud obsahovala motory EC6, EC16 ve dvou délkách, EC22 ve dvou délkách, EC32, EC40, EC45 ve dvou délkách a EC60 s výkonem 400 W, standardně vybavené snímači s Hallovými sondami (číslo za EC značí vnější průměr motoru v milimetrech). Motory EC16 a EC22 jsou i v provedení bez snímačů. Motory EC22 mají varianty s jednoduchou řídicí elektronikou vestavěnou v pouzdru motoru. Elektronika obstarává elektronickou komutaci a rychlost se nastaví napětím. Motory lze doplnit inkrementálními snímači.

Novinkou jsou motory EC10 v jedné délce a EC13 ve dvou délkách, oba s variantami bez snímačů, se snímači s Hallovými sondami a přípojitelnými inkrementálními snímači (pro motory s průměry 6, 10 a 13 mm světovým unikátem). Motory mají předepnutá ku-

ličková ložiska a jsou koncipovány pro kombinaci s planetovými převodovkami.

Trvalý moment motoru EC10 je 2,1 mN·m, krátkého motoru EC13 je 2,2 a dlouhého 4 mN·m. Motor EC6 má moment 0,23 m, moment krátkého EC16 je 5,2 a dlouhého 13 mN·m. Menší motory i příslušné převodovky pracují s většími otáčkami, a jejich využitelné výkony tudíž nejsou výrazně menší oproti výkonům větších motorů, jak je tomu u momentů.

Nové motory nacházejí uplatnění např. v textilním průmyslu, v přenosných detektorech plynů, v kombinaci se speciální převodovkou v protézách rukou, v nástrojích pro oční chirurgii atd.

### Nové čtyřpólové válcové motory řady EC-powermax

Firma Maxon Motor před několika lety upravila konstrukci dvoupólových válcových motorů EC se středním rozsahem průměrů s určením pro automatickou výrobu a montáž. Vznikla řada EC-max s průměry 16, 22, 30 a 40 mm, každý průměr ve dvou délkách. V roce 2005 byl od dvoupólového EC-max 30 odvozen první motor se čtyřmi póly EC-powermax 30 (na veletrhu Amper 2005 získal ocenění hodnotitelské poroty). Přejít na čtyři póly s využitím homogenního vinutí, patentu firmy, přinesl:

- lepší využití objemu vinutí, neboť sklon vodičů v kosočtverečné smyčce čtyřpólového vinutí je poloviční (Lorentzova síla na vodič závisí na složce proudu kolmé na směr magnetického pole; zatímco trvalý proud vodičem je omezen ohmickými ztrátami, které motor bez poškození uchladí, pro mechanickou práci lze využít jen složky proudu ve směru osy motoru, jejíž nárůst znamená větší trvalý moment při stejném průřezu vinutí),
- tenčí a lehčí ferromagnetický plášť uzavírající magnetický obvod statoru (magnetický tok jako součin magnetické indukce v mezeře a plochy nad jedním pólem magnetu se v dvoupólovém motoru uzavírá dvěma dlouhými větvemi ferromagnetického plá-

tě, z nichž každá vede polovinu celkového toku, zatímco ve čtyřpólovém motoru se stejný magnetický tok uzavírá čtyřmi větvemi, každé vedoucí čtvrtinu celkového toku, tj. tloušťka pláště stačí poloviční),

- větší průměr magnetu v rotoru (magnet se dostává na větší poloměr v důsledku tenčího pláště a tážá Lorentzova síla na větším poloměru znamená větší kroučící moment; zvětšuje se i plocha nad pólem magnetu a počet vodičů vinutí nacházejících se v magnetickém poli).

Motor EC-powermax 30 má oproti svému dvoupólovému předchůdci EC-max stejných rozměrů:

- trvalý výkon 200 W, tj. 3,2krát větší,
- dvounásobný trvalý kroučící moment 115 mN·m,
- 3,4krát menší gradient poklesu rychlosti na přírůstek zatížení 1 mN·m,

Letos firma Maxon Motor doplnila nabídku o krátkou variantu EC-powermax 30 s momentem 78 mN·m.

Trvalý kroučící moment 70 mN·m nového dlouhého čtyřpólového motoru EC-powermax 22 je rovněž podstatně větší oproti momentu dvoupólové verze EC22 (obr. 3).

### Nový čtyřpólový válcový motor EC45

Čtyřpólové motory o průměru 45 mm jsou představiteli odolných průmyslových motorů s velkou spolehlivostí a dlouhou dobou života. Původní krátká i nová dlouhá varianta motoru EC45 (obr. 1) mají uvedené přednosti čtyřpólového motoru. V porovnání s dosavadní krátkou variantou má dlouhý motor o 77 % větší trvalý moment 0,515 N·m a 2,6 krát menší pokles rychlosti s nárůstem zatížení, a to při extrémně krátké elektromechanické časové konstantě 1,5 ms.

Motory EC-powermax 30 a EC45 se používají bez převodovky pro ruční průmyslové i chirurgické nástroje, pro roboty a pro rychloběžné kuličkové šrouby.

Ing. Václav Brož,  
Uzímex Praha spol. s r. o.