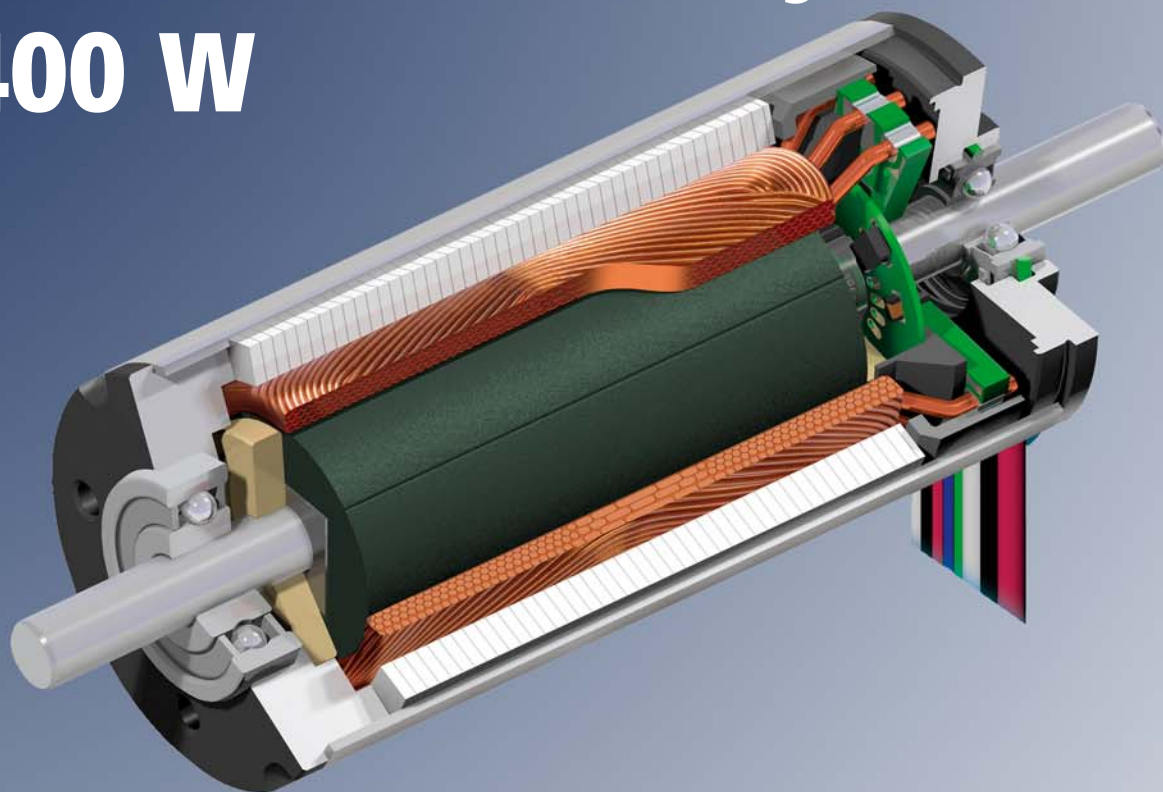


# Stejnoseměrné motory do 400 W



*Stejnoseměrný motor použijeme, jestliže potřebujeme pohánět zařízení zvolenou i proměnnou rychlostí, zastavovat je v požadovaných polohách nebo vyvozovat konstantní mechanický moment při proměnném zatížení. Nejčastěji potřebujeme udržet rychlost při zatížení proměnným momentem. Zvolíme takový způsob nastavení nebo řízení rychlosti, který splní požadovanou přesnost řízení. Pohyb zvolenou rychlostí můžeme dosáhnout jak jednoduchými prostředky, připojením motoru na nastavené stejnosměrné napětí, tak přesnou řídicí jednotkou rychlosti s regulátory se zpětnou vazbou.*

## Přehled regulačních vlastností motorů

Stejnoseměrné motory se liší od ostatních motorů principem vzniku magnetické síly a mechanického momentu. Jedná se o způsob, jakým se v motoru vytváří dvě magnetická pole, statoru a rotoru, natočená o optimální úhel. Magnetická pole na sebe při optimálním úhlu natočení působí nejvyšším momentem. Rychlá průběžná informace o úhlu natočení magnetických polí usnadňuje a zrychluje činnost regulátoru, který podle regulační odchylky zrychluje nebo zpoužďuje rotor.

U nejrozšířenějších indukčních asynchronních motorů se proud ve vinutí rotoru indukuje otáčivým magnetickým polem statoru a směr vzniklého magnetického pole se mění se zatížením. Vztah momentu, rychlosti a proudu je složitý a regulace je kvalitní pouze v ustáleném režimu. Dlouhá doba výpočtu prováděného regulátorem při používaném vektorovém řízení zpomaluje reakci při dynamickém provozu.

Krokové motory zpravidla nepoužívají snímač polohy rotoru a pracují bez zpětné vazby. Rotor se magnetickým momentem urychluje, jestliže se opožďuje za magnetickým polem statoru, které se po krocích otáčí. Rotor se naopak brzdí,

jakmile přeběhne před pole statoru. Největší opožďení vzniká při rozběhu. K přeběhnutí dojde při každém zastavení. Rotor se zastaví v poloze, závislé na tření soustavy. Otáčející se rotor při sledování krokujícího magnetického pole statoru kmitá. Skutečná střední poloha rotoru se od předpokládané polohy liší v závislosti na zatížení. Odchyłka je až polovina rozteče magnetických pólů statoru. To je chyba několika mikrokroků. Při vyšším zatížení motor ztratí synchronizaci a zastaví se. Obdobně se chovají malé synchronní motory.

Stejnoseměrné motory přepojují proud do sekcí vinutí podle aktuální polohy rotoru bez ohledu na zatížení. Magnetické síly i mechanický moment jsou optimální v celém rozsahu rychlostí i zatížení. Moment je v celém rozsahu přímo úměrný proudu. I rychlost bez zatížení je přímo úměrná napájecímu napětí. Regulátor reaguje na regulační odchylku vytvořením napájecího proudu optimální velikosti a směru, na který motor reaguje přímo úměrným momentem. Obzvláště přesně lze řídit stejnosměrné motory s vinutím bez železného jádra a pólů s krátkou elektrickou a elektromechanickou časovou konstantou.

## ...možnosti řízení

## Motory DC a EC

Přepínání proudu do sekcí vinutí stejnosměrného motoru v přímé závislosti na úhlové poloze rotoru se nazývá komutace. Motory DC komutují mechanickým přepínačem, komutátorem a motory EC elektronickým přepínačem. Vazba okamžiku přepnutí na natočení rotoru je společným principem obou typů stejnosměrných motorů. Oba typy motorů můžeme vybavit inkrementálním snímačem s dostatečnou hustotou impulzů a přesně je řídit v dynamickém provozu. Regulátor má informace pro řízení proudu s rychlou odezvou na regulační odchylku. Motor typu maxon vytvoří odpovídající moment za několik desítek mikrosekund a koriguje rychlost nebo polohu.

## Motory DC

Magnetické pole statoru dnešních komutátorových motorů DC malého výkonu vytvářejí permanentní magnety. Vinutí s komutátorem je součástí rotoru. Komutátor je rozdělen na lamely a k nim jsou připojeny začátky a konce sekcí vinutí. Kvalitní malé motory DC mají 7–9 lamel. Proud do vinutí přepíná komutátor s využitím kartáčů. Vazba okamžiku pro přepnutí proudu s natočením rotoru je mechanická. Mechanické přepínání proudu mezi lamelami je ale doprovázeno vznikem oblouků, jiskřením, které opaluje hrany lamel a kartáče a tak omezuje dobu života motoru.

Délka oblouků je závislá na energii magnetického pole rozpínané sekce vinutí. Energie magnetického pole rotoru konvenčních motorů s vinutím vloženým do drážek železného jádra je vysoká, protože kromě energie ve vinutí zahrnuje energii feromagnetického jádra. Nízký počet lamel komutátoru má rovněž negativní vliv, má za následek zvětšení objemu a energie rozpojované sekce vinutí. Délka oblouků navíc roste s rychlostí. Kvalitní průmyslové motory zásadně omezují jiskření tak, že používají samonosné vinutí bez železného jádra. Energie magnetického pole v mědi je nízká a oblouky krátké i při vysoké rychlosti. Maxon používá patentované samonosné vinutí s kosočtverečnými závity, se kterými motory dosahují dobu života až 20 000 hodin. Vinutí maxon® využívá pro vznik momentu sílu na vodič v magnetickém poli podle Lorenzova zákona, kde se neuplatňuje nelinearita feromagnetik. Při zatížení rychlost motoru DC poklesne o úbytek úměrný zatížení. Velikost úbytku se liší u jednotlivých motorů. Pro dobré udržení rychlosti nastavené napětím bez použití řídicí jednotky lze vybrat stejnosměrný komutátorový motor, který se nárůstem zatížení od nuly až po přípustný trvalý moment zpomalí jen málo. Např. motor maxon RE35 s 90 W se zpomalí o 11 %.

Řídicí jednotky s regulátory se zpětnou vazbou jsou schopné přesně řídit motor i v dynamickém režimu změn rychlosti i zatížení. Pro přesné řízení rychlosti a polohy se motor vybaví inkrementálním snímačem.

Pokud stačí k přesnosti řízení rychlosti několik procent a nižší dynamické vlastnosti, použijeme motor DC bez snímače. Na řídicí jednotce nastavíme mód se snímáním výstupního napětí a jeho kompenzací o úbytek napětí na ohmickém odporu vinutí  $I \cdot R$ .

## Stejnosemnné motory EC

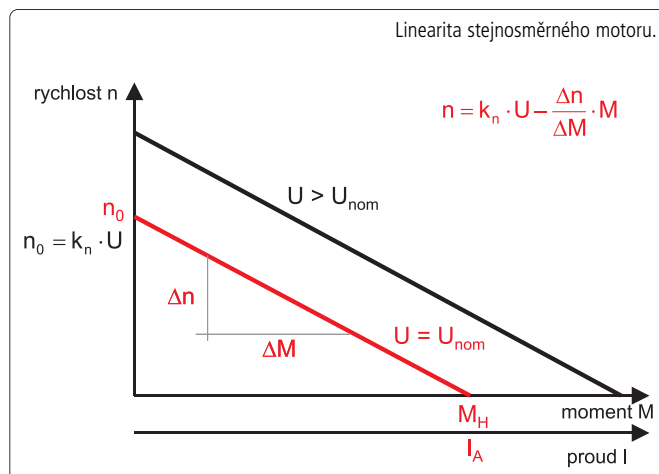
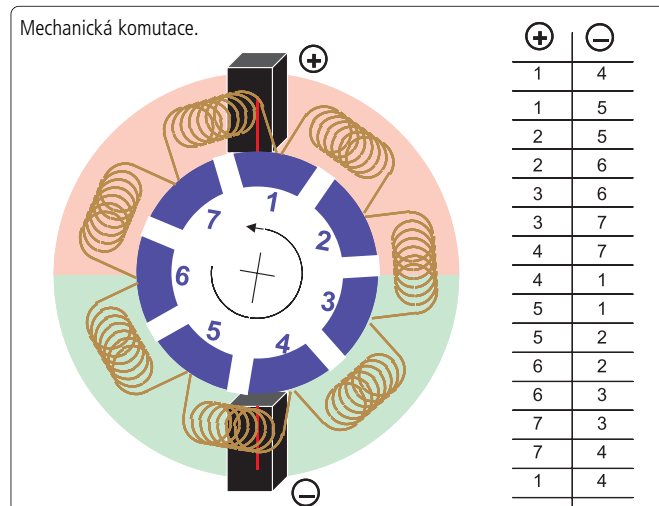
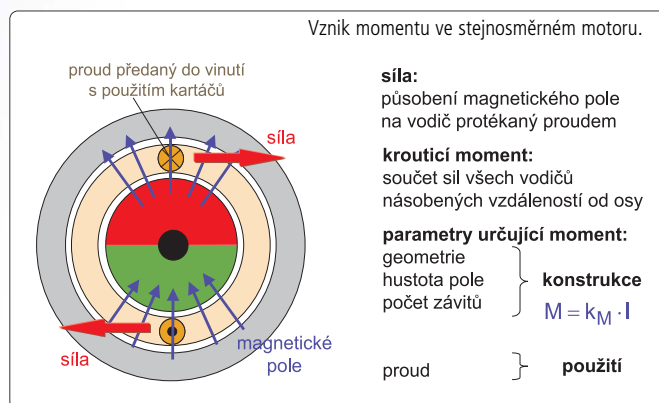
Stejnosemnné motory EC s elektronickou komutací mají odstraněn mechanický komutátor. Doba jejich života je omezena ložisky na desítky tisíc hodin. Vinutí motorů EC je přemístěno do statoru, součástí rotoru je permanentní magnet. Komutace proudu je zachována spolu s význačnými vlastnostmi stejnosměrných motorů. Proud do sekcí vinutí přepíná elektronika. Informaci o poloze rotoru poskytují snímače jeho polohy. I pro kvalitní komutaci se používá vinutí pouze se 3 sekcemi.

## Snímač s Hallovými sondami

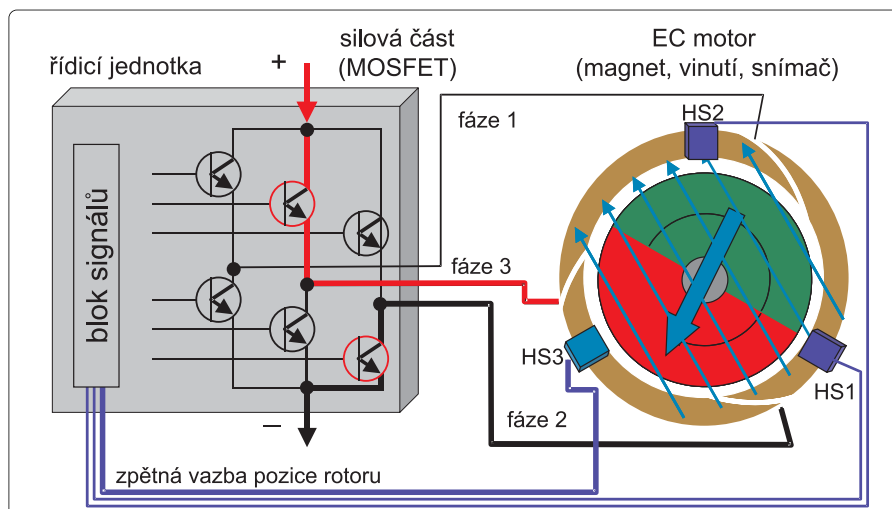
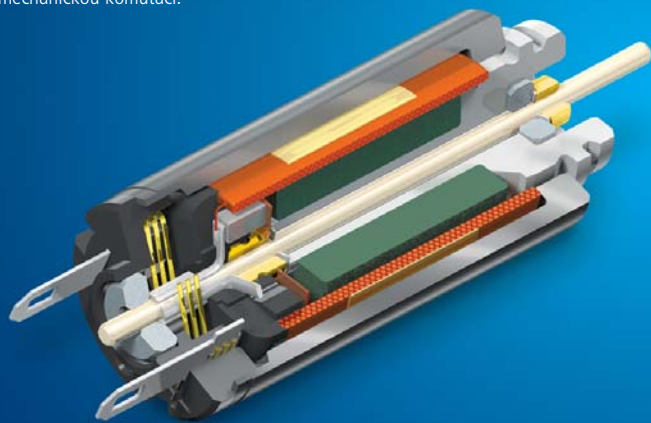
Pro jednoduché přepínání postačí snímač se 3 Hallovými sondami. Snímač s Hallovými sondami dává informaci pro přepnutí

proudu do vinutí dvoupólového motoru šestkrát za otáčku. U čtyřpólového motoru je to 12× za otáčku. Proud přepíná elektronika na základě signálů snímače s Hallovými sondami má tvar obdélníků. Moment motoru napájeného obdélníkovou komutací je zvlněn o 14 %, neboť směr magnetického pole statoru se mění skokem a zůstává stejný během natáčení rotoru dvoupólového motoru v rozsahu 60°. Motor se ve spojení s jednoduchou řídicí jednotkou rozbíhá plným záběrovým momentem a otáčí se rychlostí závislou na napájecím napětí a na zatížení. Rychlost se nastaví stejnosměrným napětím na vstupu jednotky. Nesmí poklesnout pod velikost potřebnou pro funkci obvodů jednotky. Nelze tedy nastavit nízkou rychlost. Dnešní jednotky mají navíc potenciometr pro nastavení rychlosti, takže napájecí napětí může být konstantní. Je funkční v oblasti vyšších rychlostí. Řízení rychlosti motoru vybaveného pouze snímačem s Hallovými sondami je nepřesné, protože vychází z řídkých signálů.

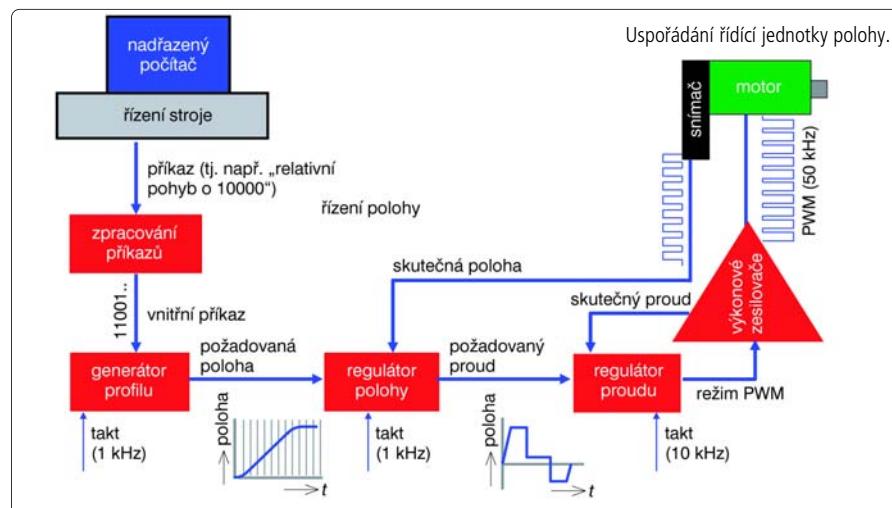
Snímači s Hallovými sondami se vybavují jak dvoupólové a čtyřpólové válcové motory s vysokými rychlostmi, tak i pomalejší diskové vícepólové motory.



Motor s mechanickou komutací.



Elektronická obdélníková komutace.



Aplikace bez nároků na moment při rozběhu mohou použít motor EC bez snímače. Jednotka při řízení komutace využívá indukované napětí ve vinutí motoru.

### Inkrementální snímač

Pro získání rovnoměrného momentu a pro kvalitní čtyřkvadrantové řízení rychlosti nebo řízení polohy je potřeba vybavit motor EC ještě inkrementálním snímačem s několika sty až tisíci impulsy za otáčku. Elektronika řídicí jednotky pak vytvoří a pomocí výkonového stupně PWM dodává do jednotlivých sekcí vinutí statoru proud s kvazisinusovým průběhem. Míra přiblížení průběhu proudu k sinusovce záleží na hustotě signálu použitého inkrementálního snímače.

Motor EC s kvazisinusovým průběhem proudu pracuje podobně jako synchronní motor s třífázovým napájením a má i podobnou konstrukci. Podstatný rozdíl je totiž v použití přesné okamžité informace o poloze rotoru k řízení průběhu proudu do motoru EC. Při každé rychlosti i zatížení jsou magnetická pole statoru a rotoru v optimální kolmé poloze. Válcové motory maxon mimo to používají homogenní statorové vinutí bez feromagnetických pólů. Vnější prstenec uzavírající magnetický obvod je bez drážek a má proto minimální objem. Důsledkem je vysoká linearita momentu s proudem, linearita napětí s rychlostí bez zatížení, nízké ztráty.

### Řídící jednotky EPOS

Jsou vhodné pro nejnáročnější úkoly v regulaci malých výkonů. Jednotky řídí rychlost i polohu jednoho nebo celé soustavy motorů koordinovaně podle programu s využitím PLC, programovatelného logického kontroléru. Jsou připojitelné na sběrnici CANbus. Řídící jednotky EPOS ve spojení s motory a snímači maxon nabízejí dnes největší možnosti v řízení malých výkonů.

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

Motory a řízení můžete vidět na veletrhu AMPER, ve stánku firmy UZIMEX – hala 3, stánek č. B18.