

Řízení malých stejnosměrných pohonů

Malé stejnosměrné motory se samonosným vinutím rotoru bez železného jádra nabízejí velký měrný výkon na jednotku objemu, vysoké dynamické momenty při změně rychlosti, životnost přiměřenou pro průmyslové aplikace a bohatý výběr variant řízení. Svou dynamikou, schopností vysokého přetížení při rozběhu, přesností zastavení i cenou vynikají v oblasti malých výkonů nad jiné typy pohonů.

Přední světový výrobce těchto zařízení – společnost MAXON nabízí soustavu motorů, převodovek a snímačů a jednotky pro řízení rychlosti i polohy v oblasti výkonů od 0,5 do 400 W. Dodávají se jak motory s mechanickou komutací (DC), tak i motory s elektronickou komutací (EC). Rozhodující počet aplikací stejnosměrných motorů v současné době využívá motory DC, přestože jejich životnost je omezena mechanickým komutátorem. Motory DC typu MAXON s permanentními magnety, mechanickým komutátorem a kartáči jsou založeny na patentu MAXON, podle kterého se vyrábí samonosné vinutí rotoru (obr. 1). Vinutí s komutátorem se otáčí odděleně od feromagnetických částí magnetického obvodu (obr. 2). Nízká indukčnost vinutí bez železa je podmínkou malého jiskření kartáčů a vysoké životnosti. Přináší také rychlou reakci motoru a vysokou pulsní přetžitelnost. Motory MAXON mají předpoklady pro průmyslové využití.

Řízení rychlosti napájecím napětím

Rychlost motorů DC lze řídit pouhým nastavením napájecího napětí motoru. Jedná se o řízení rychlosti otevřenou regulační smyčkou (viz obr. 3). Požadovaná veličina – rychlost motoru je

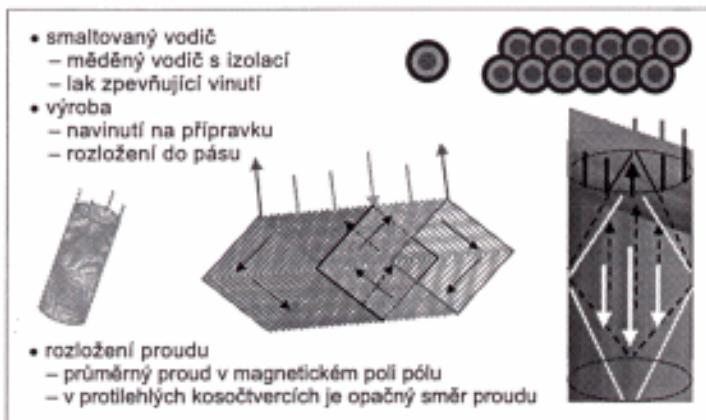
definována napájecím napětím. Na obr. 4 je vidět, že rychlost bez zatížení n_0 je přímo úměrná napětí U . Pro zvolené vinutí rotoru a tři zvolená napájecí napětí dostaneme tři pracovní body na svislé ose diagramu. Konstanta úměrnosti k_n ($\text{min}^{-1} \text{V}^{-1}$) je pro jednotlivá vinutí uvedena v katalogovém listu motoru. Na obr. 4 dále vidíme, že si můžeme vybrat takové vinutí rotoru, aby se při použitém napájecím napětí motor točil požadovanou rychlostí. Zvolíme-li jiné vinutí, s mnoha závity tenkým vodičem, které má vysoký odpor, můžeme použít vyšší napětí a motor odeberá nižší proud.

Rychlost se zatížením klesá podle přímkové charakteristiky. Pokles rychlosti se zatížením je charakterizován konstantou ($\Delta n / \Delta M$, $\text{min}^{-1} / \text{mNm}$) uváděnou v katalogu.

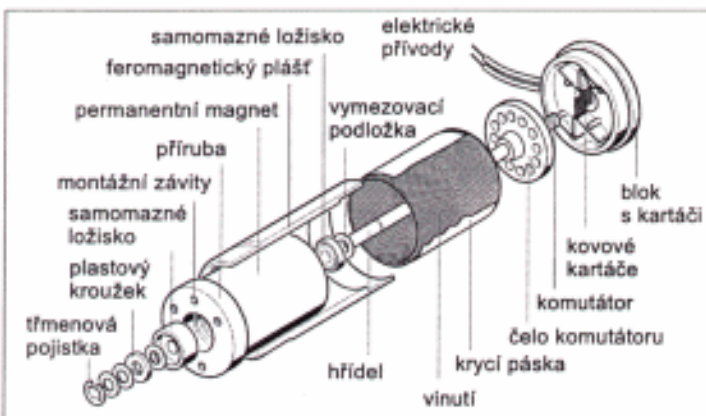
Na obr. 5 je patrný vliv zatížení na rychlost motoru. V našem případě je požadovaná rychlost vyjádřena přímo napájecím napětím a soustavou rozumíme pouhý motor.

Z charakteristik na obr. 5 je zřejmé, že vliv zatížení na motor s plochým průběhem charakteristiky je malý. Strmost poklesu rychlosti se zatížením je jedním z měřítek kvality stejnosměrného motoru.

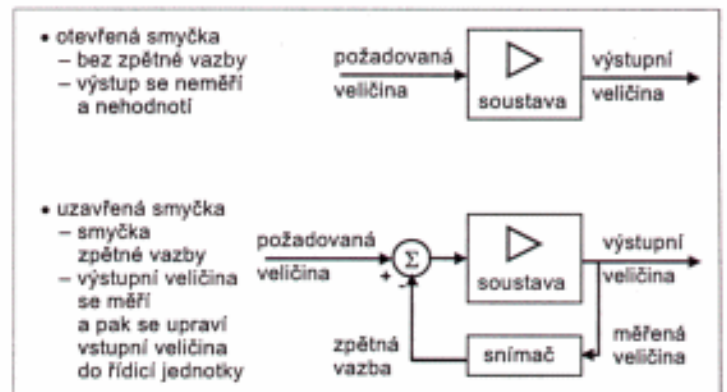
Motory EC bez mechanického komutátoru a kartáčů nelze napájet pouhým stejnosměrným napětím. Vždy je třeba použít alespoň nejjednodušší řídicí jednotku, která nahrazuje komutátor s kartáči a řídí proměnný proud do tří sekcí vinutí motoru na základě informace o okamžité poloze rotoru. Firma MAXON od letošního roku vyrábí nové jednoduché řídicí jednotky s otevřenou regulační smyčkou – jak pro motory EC se snímačem polohy rotoru Hal-



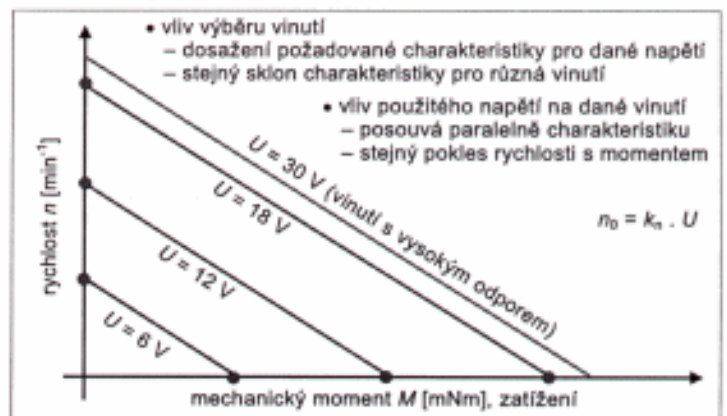
Obr. 1. Vinutí MAXON



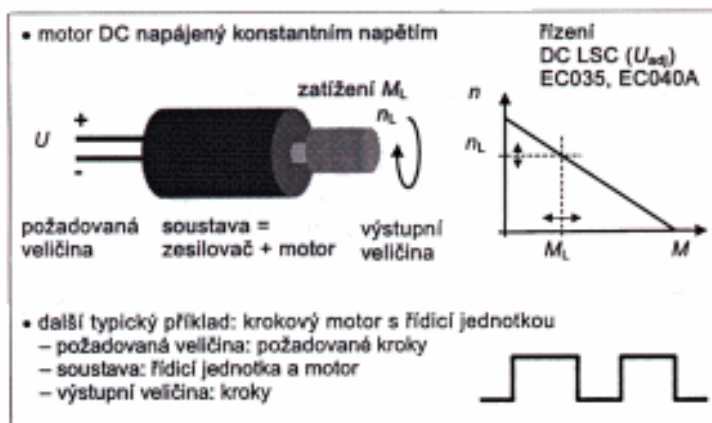
Obr. 2. Konstrukce motoru MAXON DC



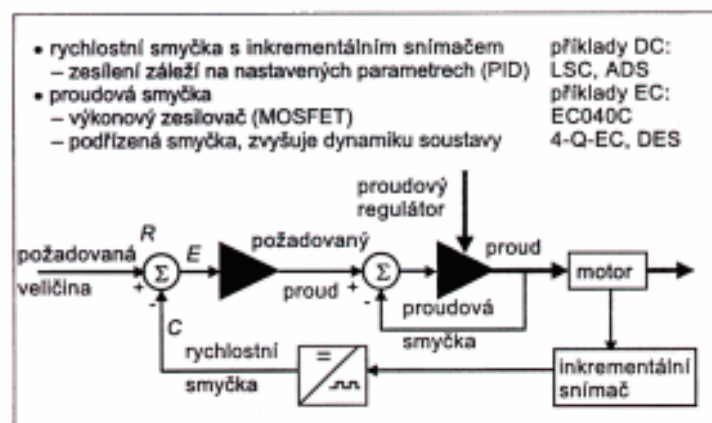
Obr. 3. Řízení otevřenou smyčkou nebo uzavřenou smyčkou se zpětnou vazbou



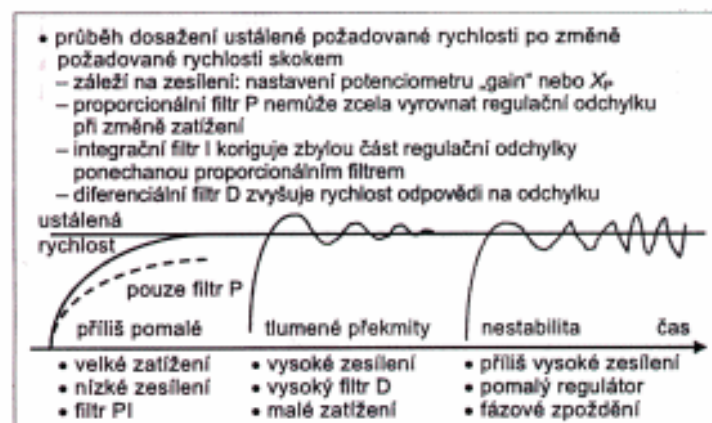
Obr. 4. Výběr vinutí vzhledem k napětí



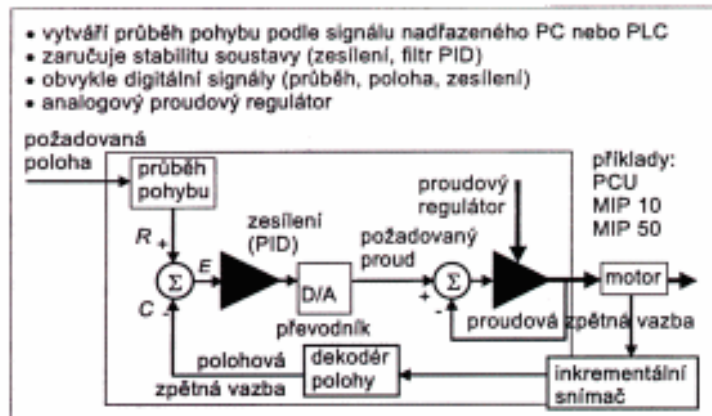
Obr. 5. Příklad soustavy s otevřenou smyčkou



Obr. 6. Uzavřená regulační smyčka řízení rychlosti



Obr. 7. Řízení rychlosti a nastavení řídicí jednotky



Obr. 8. Uzavřená regulační smyčka řízení polohy

lovými sondami, tak i pro motory EC bez snímače. Motory EC bez snímače jsou určeny pro levné, méně náročné aplikace.

Řízení rychlosti motoru v uzavřené smyčce

Pro kvalitní řízení rychlosti nebo polohy motoru (DC nebo EC) v uzavřené regulační smyčce jsou určeny řídicí jednotky. Schéma je na obr. 6. Požadovanou veličinou je požadovaná rychlost motoru, výstupní veličinou je skutečná rychlost. V soustavě MAXON ji lze vyhodnotit s využitím inkrementálního snímače s dostatečnou hustotou impulsů, obvykle 500 na jednu otáčku. Pro motory DC můžeme použít také tachodynamo nebo můžeme využít tzv. kompenzaci součinem napájecího proudu a odporu vinutí motoru $I \times R$, která nevyžaduje žádný snímač, ale přesnost řízení rychlosti je snížena na několik procent vlivem změny odporu vinutí s teplotou. Řídicí jednotky MAXON mají vstup přepínatelný na jednu z uvedených možností. Na obr. 6 je varianta s inkrementálním snímačem, jehož impulsy zpracovává převodník v řídicí jednotce na analogový signál. Rychlostní regulátor reaguje na rozdíl skutečné a požadované rychlosti. Rozdíl je regulační odchylka E , která vznikne např. při změně zatížení mechanickým momentem nebo zadáním jiné požadované rychlosti. Rychlostní regulátor zpracovává regulační odchylku v režimu PID, tj. s respektováním proporcionální, integrované a derivační složky její změny. Výstupem rychlostního regulátoru je analogový slaboproudý signál požadovaného proudu do motoru. Proudový regulátor signál zesílí, aby odpovídal odběru připojeného motoru. Jednotlivé typy řídicích jednotek DC značky MAXON se liší zejména napětím a proudem proudového regulátoru. Pro malé proudy stačí ztrátová analogová regulace jednotky LSC, pro vyšší proudy se použijí jednotky ADS 50/5 nebo ADS 50/10 s regulací proudu změnou šířky impulsů, tj. PWM.

Vliv seřízení regulátoru rychlosti PID

Znáznorníme časový průběh výstupní veličiny po skokové změně požadované rychlosti. Čárkovaného průběhu rychlosti (viz levý diagram na obr. 7) se dosáhne s využitím pouze proporcionálního filtru regulátoru. Doplněním integračního filtru získáme průběh vyznačený plnou čarou. Rychlost dosáhne požadované hodnoty, ale průběh je pomalý. Zařazením derivačního filtru se průběh urychlí (viz střední diagram na obr. 7), ale mohou vzniknout tlumené překymty. Nevhodným nastavením řídicí jednotky se vytvoří netlumené kmity a nestabilita podle diagramu na obr. 7 vpravo.

Řízení polohy motoru s uzavřenou smyčkou

Schéma je znázorněno na obr. 8. Požadovanou veličinou je požadovaná poloha výstupního hřídele. Skokovou změnu požadované polohy zpracovává jednotka s využitím vloženého průběhu zrychlení na průběh okamžité požadované polohy R . Výstupní veličinou je poloha výstupního hřídele motoru. V soustavě MAXON ji lze vyhodnotit s využitím inkrementálního snímače s dostatečnou hustotou impulsů, obvykle 500 na jednu otáčku. Impulsy zpracovává dekodér v řídicí jednotce na okamžitou skutečnou polohu C v digitální podobě porovnatelné s požadovaným průběhem pohybu R . Rozdíl $R - C$ je regulační odchylka E . Regulátor PID a převodník D/A zpracovávají regulační odchylku v režimu PID, tj. s respektováním proporcionální, integrované a derivační složky její změny. Výstupem regulátoru je analogový slaboproudý signál požadovaného proudu do motoru. Proudový regulátor signál zesílí, aby odpovídal odběru připojeného motoru. Jednotlivé typy řídicích jednotek DC vyráběných firmou MAXON se liší zejména napětím a proudem proudového regulátoru. Pro malé proudy stačí jednotky MIP 10, pro vyšší proudy se použijí jednotky MIP 50 nebo PCU, všechny s regulací proudu změnou šířky impulsů (PWM).