

# Vlastnosti moderních měničů frekvence Eaton

Pro regulaci otáček asynchronních střídavých motorů se využívá řízení energie dodávané do motoru. Celý systém pohonu se skládá z třífázového motoru, měniče frekvence a řídicí jednotky. Motor je obvykle standardní třífázový asynchronní elektromotor s kotvou nakrátko na jmenovité napětí 230 nebo 400 V, 50 Hz. Měnič frekvence je jednotka, kterou lze napájet jednofázově 230 V nebo třífázově 400 V, 50 Hz. Tato jednotka upravuje výstupní napětí a výstupní frekvenci v konstantním poměru podle předem nastavené charakteristiky řízení motoru. Měnič frekvence zajišťuje spouštění, zastavování a regulaci otáček motoru. Toto ovládání může být ruční, z ovládací klávesnice nebo za použití analogových a digitálních vstupů. Pro plně automatizované úlohy může být ke spínání využita komunikace po některé ze standardních průmyslových sběrnic.

## Ochrana motoru

Podle platných norem musí být zajištěna ochrana motoru proti přetížení. Přímá ochrana motoru není nabízena jako součást motorového vývodu. Měniče frekvence jsou vybaveny obvodem elektronické ochrany proti přetížení s inverzní charakteristikou nebo s charakteristikou  $I^2t$ , odpovídající standardním tepelným relé.

Tato ochranná relé mohou být používána také s měniči frekvence vybavenými by-passem. Pro ochranu motorů pohánějících zátěž konstantním momentem by měla být nastavena minimální rychlost tak, aby se při nízkých rychlostech nepřehřivaly. Nejlepším způsobem ochrany střídavých motorů proti přehřátí je přímé snímání teploty termokontaktem nebo termistorem vloženým do vinutí motoru.

Termokontakty se jeví jako výhodnější, protože je možné je připojit přímo do měniče. Připojení termistorů obvykle vyžaduje použití speciálního měřicího relé nebo přídatného modulu měniče frekvence. Přímá ochrana proti přehřátí je preferována před nadproudovým způsobem ochrany zařízení, protože k přehřátí motoru může dojít při malých rychlostech i při běžných provozních proudech.

## Ložiska motoru

Vysoké spínací frekvence pulzně šířkové modulace používané v moderních měničích frekvence mohou způsobit nežádoucí tok proudu v ložiscích motoru. Příčinou tohoto jevu je kapacitní vazba hřídele motoru. Takto vzniklý proud může při delší době provozu způsobit poškození ložisek. Mezi účinné metody snižující pravděpodobnost tohoto poškození patří:

- použití motoru s nižším napájecím napětím (např. 230 V místo 400 V),
- provoz měniče na co nejnižších nosných frekvencích, které vyhovují požadavkům z hlediska hluku a tepla,
- uzemnění hřídele motoru pomocí kartáče – proud tak neprochází ložisky, ale je sveden kartáčem na zem,
- použití motoru s izolovanými ložisky (pozor na ostatní neizolovaná ložiska v mechanickém systému, která mohou být vodivě spojena s hřídelí, a proto mohou být poškozena místo ložisek motoru),
- použití nevodivého spojení mechanického systému zátěže nebo dalších zařízení, která mohou být zničena proudem z ložisek,
- odpovídající uzemnění měniče frekvence v souladu s instrukcemi v montážním návodu,
- použití filtru snižujícího napěťové špičky (k velkým napěťovým špičkám na svorkách motoru může vést také vysoká spínací frekvence).

## Problematika $dU/dt$ na výstupu měniče

Pulzně šířková modulace používá rychlé polovodičové prvky známé jako bipolární tranzistory s izolovaným hradlem (IGBT – *Insulated-Gate Bipolar Transistor*) pro výrobu pulzů vhodných k řízení výstupního napětí a frekvence. Spínání a rozpínání těchto tranzistorů jsou velmi rychlé děje a mají za následek rychlé změny napětí  $dU/dt$  na výstupu měniče. Ty v kombinaci s dlouhým motorovým vedením způsobují velké napěťové špičky na svorkách motoru.

Tyto velké napěťové špičky namáhají izolaci motoru a mohou ji poškodit. Výrobci motorů proto nezdíka poskytují informace o maximálním izolačním napětí a poměru  $dU/dt$ . Pro instalace s dlouhým motorovým vedením jsou doporučeny tlumivky nebo filtry  $dU/dt$ .

## Brzdění a rekuperace

Při požadavku na snížení otáček motoru nebo při přetáčení zátěže (setrvačnost zátěže působí proti brzděnému momentu) vyvíjí měnič frekvence brzděný moment.

V okamžiku, kdy motor vytváří brzděný moment, pracuje jako generátor napětí. To zna-

mená, že motor přijímá mechanickou energii od své zátěže a vrací ji jako elektrickou energii zpět do svého napájecího zdroje. Jestliže měnič přijímá energii generovanou motorem, vyvolá to proud stejnosměrného meziobvodu, ale s opačným znaménkem než při rozběhu motoru. Jelikož běžný vstupní usměrňovač měniče není schopen pracovat s proudem opačného toku, nabíjí tento proud kondenzátory stejnosměrného meziobvodu, a tak v něm zvyšuje napětí. Proto jsou měniče frekvence vybaveny měřičem napětí ve stejnosměrném meziobvodu a ochranou proti přepětí. Kdyby toto nabíjení nebylo omezeno, mohl by být vlivem přepětí ve stejnosměrném meziobvodu zničen celý měnič.



Obr. 1. Měniče M-MAX od firmy Eaton

Dalším stupněm ochrany měniče je obvod omezení rekuperace. Tím může být řízení motoru během rekuperace omezeno, a tak lze předejít výpadku měniče z důvodu přepětí. Jestliže je nárůst stejnosměrného napětí v meziobvodu způsoben zpomalováním zátěže, řízení měniče odvodí z naprogramované rampy vhodnou rychlost brzdění tak, aby nedocházelo k překročení maximálního napětí ve stejnosměrném meziobvodu. Jestliže rekuperaci způsobuje přetáčení zátěže, umožňuje měnič motoru zvýšit otáčky nad nastavenou hodnotu tak, aby nedošlo k poškození měniče.

Omezení rekuperace chrání motor před nárůstem brzděného momentu nad hodnotu, která odpovídá běžným elektrickým ztrátám motoru a měniče. Je-li měnič vybaven obvodem pro dynamické brzdění, může motor vyvíjet větší brzděný moment a rekuperovaná brzděná energie je zmařena v brzděném rezistoru. Pro velmi náročné úlohy jsou určeny plně rekuperační měniče, které jsou schopny díky aktivnímu usměrňovači vracet energii vzniklou brzděním zpět do napájecí sítě.

## IR kompenzace

Měniče frekvence s řízením poměru *U/f* mohou poskytovat lepší záběrný moment a mají lepší možnost přetížení při malých rychlostech, je-li růst napětí při malých rychlostech řízen automaticky. Tato vlastnost se nazývá IR kompenzace a bez ní je velmi obtížné dosáhnout maximálního možného točivého momentu motoru při lehké zátěži. Požadovaný nárůst napětí pro maximální točivý moment by totiž způsobil saturaci motoru, a tím by tekl příliš velký proud. Obvody IR kompenzace sledují zátěž motoru a automaticky regulují nárůst napětí při malé zátěži. Řízení magnetického toku střídavého motoru umožňuje dosáhnout podobného výsledku tím, že mění jeho okamžité napětí a frekvenci tak, aby motor vyvinul požadovaný točivý moment směrem k zátěži.

## Hluk

V některých instalacích je nutné omezit hluk vznikající použitím motoru řízeného



Obr. 2. Univerzální měniče frekvence SLX9000

měníčem frekvence. V průmyslovém prostředí je navýšení hluchnosti téměř zanedbatelné a není třeba je eliminovat, ale v kan-

celářském prostředí, zejména na rozvodech vzduchotechniky, je nutné otázky zvýšené hluchnosti řešit. Příčinou hluku je napájení motoru pomocí pulzně šířkové modulace. Hluk může být také důsledkem rezonančních frekvencí, které se mohou vyskytnout na různých místech za určitých provozních podmínek. Použití nosných frekvencí vyšších než 6 kHz může omezit úroveň hluku motoru na úroveň srovnatelnou s přímým připojením motoru na síť.

Hluk motoru může být snížen také přidáním výstupní motorové tlumivky, která vyhlazuje výstupní napětí, a omezuje tak vliv měniče na hluchnost motoru. Třetí možností vedoucí ke snížení hluchnosti je snížení výstupního napětí měniče frekvence. Není-li motor plně zatížen, snížení napájecího napětí zmenší magnetický tok ve vzduchové mezeře, a tím sníží úroveň hluku.

Jindřich Bulva,  
Michal Zajíček,

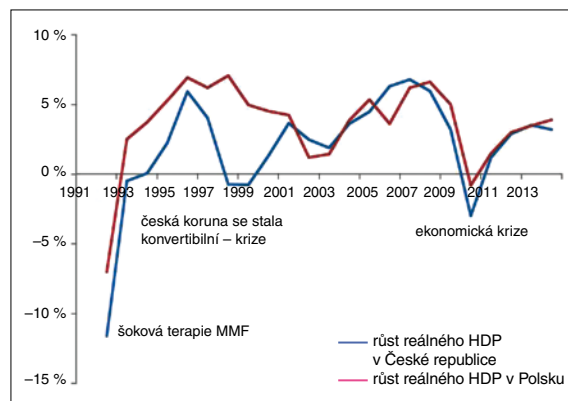
Eaton Elektrotechnika s. r. o.

# Kam směřuje polská a česká ekonomika?

Poradenská společnost ARC Advisory Group uveřejnila studii *Poland vs. Czech Republic – Automation and Economic Transition* od analytika Florian Güldnera. Studie porovnává ekonomický vývoj v Polsku a České republice a jeho dopad na automatizaci. Tyto sousedící země měly podle studie po roce 1991 mnoho společného. Obě měly šanci na rychlý rozvoj, obě sousedí se zakládajícími zeměmi EU. Shodují se i v tom, že po převratu disponovaly kvalifikovanou pracovní silou, zatímco vybavení jejich továren bylo po dlouhých letech sovětského vlivu zastaralé.

Jak je vidět na obr. 1, po sametové revoluci v ČR podstoupily obě země šokovou terapii Mezinárodního měnového fondu (MMF). První roky za podmínek volného trhu a demokracie byly tedy obtížné. Avšak poté, co byly uvolněny ceny, nastal obrovský příliv přímých zahraničních investic. Začala růst jak domácí spotřeba, tak i průmyslová výroba. Banky byly privatizovány do vlastnictví západoevropských bank a byl zlepšen dohled ze strany centrálních bank. Výrazně se zlepšila i telekomunikační infrastruktura a tento sektor byl rovněž privatizován. To vše vedlo ke značnému hospodářskému růstu v letech 1993 až 2001, který byl v ČR krátce přerušen v roce 1995, kdy se stala česká kuru-

na konvertibilní, a dále měnovou krizí a recesí v letech 1998 až 1999. Prudký růst po roce 2001 vedl ke zvyšování mezd a snižování nezaměstnanosti. Nedostatek pracovních sil přispěl k většímu využívání automatizace ve výrobě.



Obr. 1. Vývoj hrubého domácího produktu v České republice a v Polsku (zdroj: ARC Advisory Group)

Do dnešních dnů se v obou zemích mnohé zlepšilo, investorům však dosud značně ztrpčuje život přetrvávající korupce. Současná finanční krize zasáhla Českou republiku méně než Polsko, protože vlivem konzervativních místních bank a nenasyceného bankovního

trhu je česká ekonomika jen volně napojena na mezinárodní kapitálové toky. To však vedlo ke značnému zhodnocení české měny, což zhoršilo podmínky pro obchod. Naproti tomu Polsko si muselo půjčit 20,5 mld. amerických dolarů od Mezinárodního měnového fondu,

aby stabilizovalo svou měnu, která přesto klesla o 30 %. Polské firmy s aktivy v zahraničí tím přišly o 4,5 mld. dolarů.

I v jiných východoevropských zemích je dopad krize umocněn lokálními problémy. V Rusku zhoršuje situaci odliv kapitálu, který nastal po konfliktu v Gruzii, v Maďarsku zase dlouhé období nevyvážených veřejných financí. Baltské země musí udržovat přísnou měnovou politiku, aby mohly zavést euro.

Studie končí konstatováním, že transformační proces ještě není u konce a na cestě České republiky stát se „západní“ ekonomikou je ještě co řešit. Zvláště proto, že každá ekonomická krize zde ohrožuje politickou stabilitu. Ale i tato skutečnost se díky Evropské unii vyvíjí k lepšímu.

(ev)