

# Měniče frekvence na českém trhu

## Přehledový článek

Výrobci strojních zařízení stále častěji instalují před elektrické motory pro pohon zařízení měniče frekvence. Stejně tak provozatelé starších zařízení se intenzivně snaží vhodně nahradit dosavadní způsoby regulace řešením s měniči frekvence. Hlavními přednostmi tohoto řešení jsou kromě regulace otáček také rozběhy motorů, zabudované ochranné funkce a snížení mechanického opotřebení navazujících zařízení. Měniče frekvence tak lze najít v pračkách, pohonech garážových vrat a závor, v tepelných čerpadlech, dopravnících, jeřábech, extrudérech, drtičích, dmychadlech, kompresorech, odstředivkách, pecích, papírenských strojích a válcovnách, na čerpadlech a ventilátorech v domácnostech i v průmyslu a v mnoha dalších úlohách.

Měnič frekvence v současném pojetí je elektronický přístroj, který umožňuje měnit frekvenci sítě na požadovanou frekvenci. Měníče frekvence se skládají z výkonové části, zajišťující přeměnu parametrů napájecí sítě, a z řídicí elektroniky, která ovládá výkonovou část a umožňuje komunikaci s okolím. Řídicí elektronika moderních měničů často zvládne mnoho úloh, které by jinak musely být zahrnuty v nadřazeném řídicím systému.

Měniče frekvence se vyrábějí ve výkonovém rozsahu od několika set wattů až po přibližně deset megawattů. Nejmenší jednotky lze napájet i z jednofázové sítě 230 V, přičemž na výstupu je k dispozici síť 3× 230 V proměnné frekvence. Obvykle se však pro napájení používají standardní síť 3× 400 V, 3× 500 V, 3× 690 V s jednotkami o výkonu do 5,6 MW (výkonu asi od 0,5 do 100 MW se realizují též vysokonapětovými měniči – mají kabely menších průřezů). Výstupní frekvence může být až několik set hertzů, obvykle se využívá jen rozsah 0 až 100 Hz, což umožňuje s dvoupólovými motory regulovat otáčky od 0 do 6 000 min<sup>-1</sup>.

Z hlediska vnitřního řízení měniče frekvence se vyskytuje několik systémů, o kterých je třeba se zmínit. Nejjednodušší je skalární řízení, které je založeno na řízení poměru *U/f* a v podstatě vytváří síť proměnného napětí a frekvence nezávisle na motoru. Je proto dynamicky nejpomalejší, avšak pro jednoduché úlohy plně vyhovuje. Naopak velmi přesné a dynamické řízení je vektorové, které však obvykle vyžaduje otáčkovou zpětnou vazbu (např. tachogenerátor). V současné době byl vyvinut systém řízení *sensorless vector control*, který zapojení čidla otáček nevyžaduje. Jak pro skalární, tak pro vektorové řízení je typický prvek modulatoru, který řídí spínání prvků měniče s pravidelnou spínací frekvencí.

V současné době asi nejdokonalejší řízení je tzv. přímé řízení momentu (DTC – *Direct*

*Torque Control*). Jádrem systému jsou hysterezní regulátory momentu a magnetického toku, které využívají optimalizovanou spínací logiku, čímž odpadá prvek modulatoru. Velmi důležitou částí řízení je přesný model motoru. V něm se vypočítává skutečný moment, statorový magnetický tok a otáčky hřídele z proudu měřeného ve dvou fázích motoru a ze stejnosměrného napětí v meziobvodu. Tyto výpočty jsou během jedné sekundy uskutečněny 40 000krát, takže regulátor DTC přesně ví, jak se chová hřídel motoru. Přesnost modelu motoru závisí na tzv. identifikačním běhu, který proběhne při uvádění pohonu do provozu. Hlavními parametry modelu motoru jsou indukčnost a odpor statoru. Bere se v úvahu rovněž vliv magnetické indukce na velikost indukčností. Referenční hodnoty momentu a toku jsou porovnávány se skutečnými hodnotami a řídicí signály jsou generovány dvouúrovňovou hysterezní logikou. V DTC není samostatný šířkově pulzní modulator (PWM – *Pulse Width Modulator*), který by řídil napětí a frekvenci. Řízení DTC je popisováno jako spínání *just in time* – každé sepnutí je potřebné a využité. U klasického řízení s PWM bývá 30 % sepnutí nevyužitých. Díky uvedeným vlastnostem umožňuje DTC mimořádně rychlou momentovou odezvu (pod 2 ms) a velmi rychlou reverzaci. Moment vykazuje značnou linearitu v celém rozsahu otáček, včetně nulových. Přesnost regulace otáček je velmi dobrá v celém otáčkovém rozsahu, a to i bez nutnosti použít zpětnovazební čidlo otáček. Navíc při použití čidla otáček je takovýto pohon z hlediska regulace úhlové rychlosti roven stejnosměrnému pohonu (statická chyba otáček je 0,01 %), a splňuje tak nejpřísnější požadavky jak na dynamiku, tak na přesnost. Dalšími přednostmi řízení DTC jsou možnosti překlenutí krátkodobých výpadků napájecího napětí, letný start, potlačení momentových rázů, snížení hlučnosti, optimalizace magnetického toku motoru, brzdění tokem a velký moment i v nulových otáčkách.

Při správném dimenzování regulovaného pohonu s měniči frekvence je vždy nutné vycházet z charakteru zátěže (kvadratický zátěžný moment či konstantní zátěžný moment), z požadovaného rozsahu regulace otáček, přetížení a pracovního cyklu. Při regulaci otáček směrem dolů klesá dovolený moment motoru především z důvodu ztráty výkonu jeho vlastního ventilátoru. Použije-li se cizí chlazení, je pokles méně výrazný. Nad jmenovitou rychlostí motoru zase dochází k odbuzování (nedostatečné magnetické pole) a moment hyperbolicky klesá. Vždy je proto třeba kontrolovat i maximální možný rozsah regulace otáček. Je třeba také vzít v úvahu přídatné ztráty v motoru způsobené napájením z měniče frekvence

a možné působení ložiskových proudů. Od určitých výkonů a od předepsaných napěťových hladin se proto vybavují jak motor, tak měnič potřebnými doplňky, jako jsou zesílená izolace vinutí, izolované ložisko na N-konci, filtry *du/dt* nebo filtry souhlasného napětí.

Ač je proud tekoucí do motoru sinusový, napětí je složeno z velmi ostrých napěťových pulzů. Tyto pulzy namáhají izolaci motoru a toto namáhání je závislé i na délce kabelu k motoru. Proto je jejich délka omezena a je přesně dána podle typu měniče frekvence. Při použití výstupní tlumivky maximální možná délka kabelu k motoru roste. Tento problém se odstraňuje použitím tzv. sinusového filtru (tlumivky a kondenzátory). Dalším souvisejícím problémem jsou i ložiskové proudy. Proto se používá jedno ložisko izolované od štítu motoru.

Díky měničům frekvence jako regulačnímu prvku je umožněna vzdálená diagnostika a ovládání technologie prostřednictvím GSM nebo internetu.

Měniče frekvence bývají přednastaveny přímo od výrobce, takže je lze snadno přizpůsobit běžným úlohám. Výrobci měničů však také vyvíjejí specializované programové vybavení, které umožní plně přizpůsobit funkce měniče konkrétnímu použití. Často jsou funkce, které by jinak musel řešit externí řídicí PLC, implementovány přímo do měniče frekvence, což přináší výrazné úspory.

Z hlediska napájecí sítě je předností, že proud je odebírán s účinníkem blízkým jedné. Z toho vyplývá příznivá okolnost – není třeba instalovat kompenzaci účinníku. Z energetického hlediska má měnič frekvence obvykle účinnost přibližně 98 %. Z hlediska použití jsou nejdůležitější energetické úspory, proto se měniče frekvence běžně instalují. Nezanedbatelné jsou však i jiné vlastnosti – zcela klidný rozběh, snadná, rychlá a přesná regulace, možnost nadřazeného řízení, vysoký dosažitelný moment (150 %, někdy i 200 % jmenovitého momentu), malé opotřebení poháněného zařízení, redukováný hluk aj.

*Na následujících čtyřech stránkách byl ve spolupráci s dodavateli, resp. výrobci měničů frekvence sestaven přehled těchto přístrojů podle jejich nejdůležitějších parametrů, jako jsou např. výkon, napětí, výstupní frekvence, max. trvalý výstupní proud, přetížitelnost, rozsah provozních teplot se jmenovitým nebo zmenšeným proudem, zapojení vstupního usměrňovače, typ řízení prvků střídače, chlazení, krytí IP, EMC filtry, výstupní du/dt nebo sinusové filtry, brzdění měnič, vstupní tlumivka, počet analogových a digitálních I/O, specializované programové vybavení aj.*

(redakce Elektro)