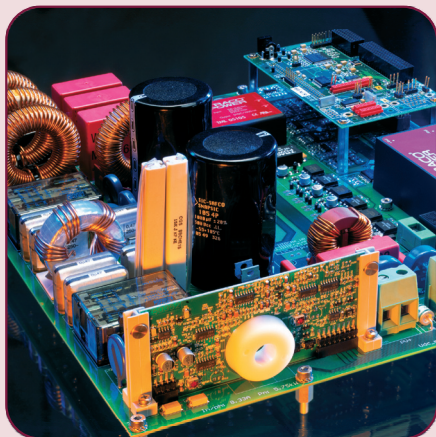
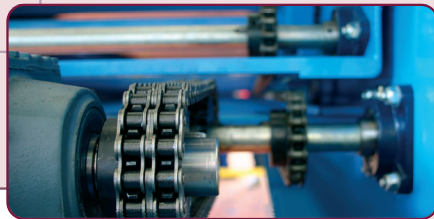
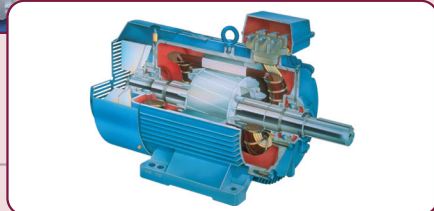




Pohony – Frekvenčné meniče

PREHLADOVÁ ŠTÚDIA

NOVEMBER 2009



AT&P JOURNAL



www.abb.sk



www.danfoss.sk



www.moeller.sk



www.eriks.sk



www.s-d-a.sk



www.schneider-electric.sk

OBSAH

Mechatronický systém 3

Akčné členy

Elektromechanické systémy – elektrické pohony

Interakcia motora s pracovným mechanizmom . . 7

Charakteristické vlastnosti prenosového mechanizmu

Polovodičové meniče pre jednosmerné motory . . 9

Klasifikácia meničov

Polovodičové meniče

Výkonové polovodičové súčiastky v meničoch

Tyristorové meniče s jednosmerným výstupom
– riadené usmerňovače

Tranzistorové impulzové meniče s jednosmerným výstupom

Základné metódy ŠIM

Základné spôsoby riadenia štvorkvadrantového
impulzového meniča

Energeticky optimálne riadenie striedavých motorov 17

Vplyv vo vysokofrekvenčnej oblasti. 18

Vplyv frekvenčných meničov na napájaciu sieť

Všeobecné odporúčania pre dimenzovanie motora a frekvenčného meniča. 21

Podrobnosti výberu motora a meniča

pre niektoré vybrané aplikácie

Aplikácie s čerpadlami a ventilátormi

Aplikácie s konštatným momentom

Energeticky optimálne riadenie ventilátorov a čerpadiel

Normy a platné legislatívne predpisy súvisiace s prevádzkov frekvenčných meničov . . 26

Vybrané riešenia niektorých výrobcov pohonov. . 29

Technika pohonov – nové trendy. 32

Prieskum slovenského trhu v oblasti frekvenčných meničov 33

Metodológia prieskumu

Zameranie prieskumu

Výsledky prieskumu

Zoznam firiem príloha 1

Tabuľkový prehľad – frekvenčné meniče . . príloha 2

Mechatronický systém

Mechatronický systém môžeme definovať ako integráciu:

- *mechanických častí* (strojárenské systémy, mechanika a mechanické zariadenia)
- *elektronických častí* (mikroelektronika, silnoprúdová elektronika, meracia technika a technológia pohonov)
- *informačnej technológie* (teória systémov, automatizácia, softverové inžinierstvo, umelá inteligencia)

Akčné členy

Akčný člen v mechatronickom systéme transformuje elektrický vstup na mechanický výstup daný polohou, rýchlosťou, momentom alebo silou. Prenosová energia je buď elektrická, pneumatická alebo hydraulická. Princiálne môžeme klasifikovať mechatronické AČ do troch skupín:

- *elektromagnetické AČ* (elektrické motory: jednosmerné motory – JM, asynchrónne motory – AM, synchronné motory – SM, krokové motory – KM, elektromagnety),
- *fluidné AČ* (hydraulické, pneumatické),
- *nekonvenčné AČ* (piezoelektrické, magnetostriktívne, AČ s materiálmi s tvarovou pamäťou)



Obr.1 Rez asynchrónneho motora



Obr.2 Príklady pneumatických pohonných jednotiek

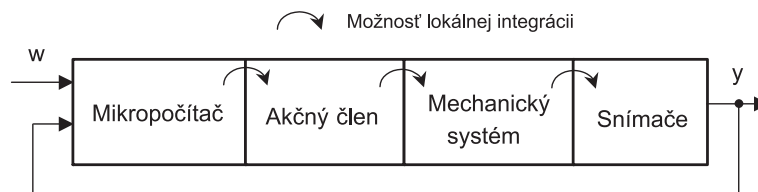
Mechatronické systémy môžu byť vyvíjané pre mechanické prvky, stroje a dopravné prostriedky ako aj pre zariadenia presnej mechaniky. Ako príklad možno uviesť:

mechanické prvky s integrovanou elektronikou:

- závesné systémy, tlmiče vibrácií, spojky, elastické alebo trecie ložiská, mechanické alebo magnetické prevody,

zariadenia presnej mechaniky s integrovanou elektronikou:

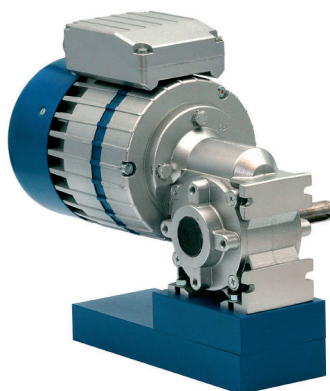
- telekomunikačné zariadenia, spotrebná elektronika, zariadenia pre spracovanie údajov, snímače a akčné členy, optické zariadenia, lekárske prístroje.



Obr.3 Možnosti integrácie mechatronického systému

Integrácia elektroniky do týchto zariadení umožňuje zdokonalenie mnohých ich funkcií a vytvára predpoklady pre vznik nových funkcií, napr.:

- presné riadenie rýchlosti pri všetkých podmienkach činnosti
- jednoduchšia kinematika vďaka decentralizovaným pohonom
- riadenie nemerateľných premenných na základe ich rekonštrukcie alebo odhadu
- prevádzka v oblastiach nestability alebo na hranici stability
- adaptívne tlmenie kmitavých a nerovnovážnych stavov
- optimalizácia účinnosti alebo znečistenia
- dohľadanie a diagnostika



Obr.4 Príklady integrácie mechatronického systému
– striedavého pohonu s asynchrónnym motorom a prevodovkou

Možnosti integrácie dokumentuje príklad uvedený na obr. 4. Pre oblasť menších výkonov cca do 7 kW je možné integrovať menič s motorom. Takýto systém je možné rozširovať aj na mechanickom výstupe o prevodovku, prípadne o snímač polohy.

Elektromechanické systémy – elektrické pohony

Elektrické pohony – elektromechanické riadené meniče energie majú veľký význam vo väčšine technologických a výrobných procesov. Používajú sa najmä v oblasti pohonov:

- obrábacích strojov, priemyselných robotov,
- v technologických zariadeniach,
- čerpadiel, ventilátorov a kompresorov,
- pre dopravné systémy (železničná, mestská a vnútropodniková doprava), elektromobily a pod.

Elektrické pohony sú v súčasnosti chápané ako súčasť systémov riadenia pohybu. Oblasť riadenia pohybu zahŕňa všetky pohybové systémy od miniatúrnych ako sú mikromotory až po riadenie veľkých motorov v energetike. Systémy riadenia pohybu sa uplatňujú vo všetkých oblastiach výroby, ale aj nevýrobnej sféry napr. zdravotníctvo, služby a domácnosť.

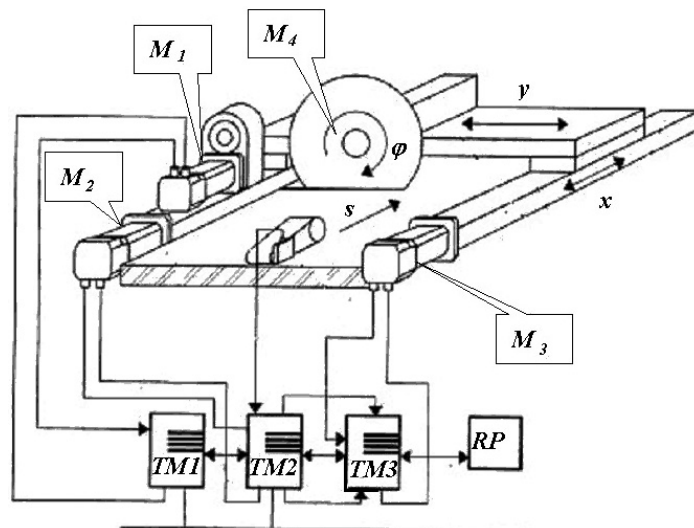
Najnižšiu úroveň riadenia pohybového systému tvorí servopohon. V typických aplikáciách prevládajú elektrické servopohony, pričom sú známe aj elektrohydraulické, elektropneumatické pohony. V poslednom desaťročí zaznamenávajú prudký rozvoj striedavé servopohony s asynchrónnymi a synchrónnymi motormi.



Obr.5 Príklady elektromechanických systémov:
CNC rezací stôl, priemyselný robot s piatimi stupňami voľnosti

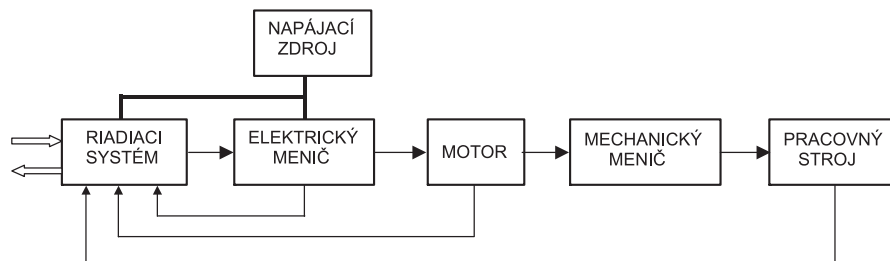
Uvedené príklady predstavujú aplikácie mnohomotorových servosystémov strojov, ktorých vzájomný pohyb je koordinovaný. Podrobnejšie môžeme analyzovať jednotlivé funkcie pohonov na príklade letmej pily zobrazenej na obr. 6. V schéme sú zobrazené 4 pohony M_1 až M_4 . Servopohon M_1 realizuje lineárny pohyb pily v osi „y“. Servopohony M_2 a M_3 zabezpečujú synchronizovaný lineárny pohyb portálu v osi „x“, na ktorom je umiestnená okružná píla. Otáčanie okružnej pily zabezpečuje autonómny pohon M_4 . Uhol otočenia kotúča pily charakterizuje veličina φ . Tento pohon nevyžaduje regulovaný polovodičový akčný člen. Servopohony M_1 až M_3 sú regulované pohony a sú riadené a napájané z meničov TM_1 až TM_3 . Riadenie procesu letného pílenia zabezpečuje nadradený riadiaci počítač – označený blokom RP. Lineárny pohyb „s“ rezaného materiálu je snímaný snímačom polohy (v danej aplikácii sa využíva resolver). Riadenie pohybu materiálu nie je predmetom riadiaceho systému pily.

Úlohou servopohonu ako priemyselného zariadenia je uviesť poháňaný pracovný mechanizmus (stroj) predpísaným spôsobom do určeného pohybového stavu tak, aby bola pracovným mechanizmom realizovaná požadovaná technologická operácia alebo zaistený požadovaný technologický proces.

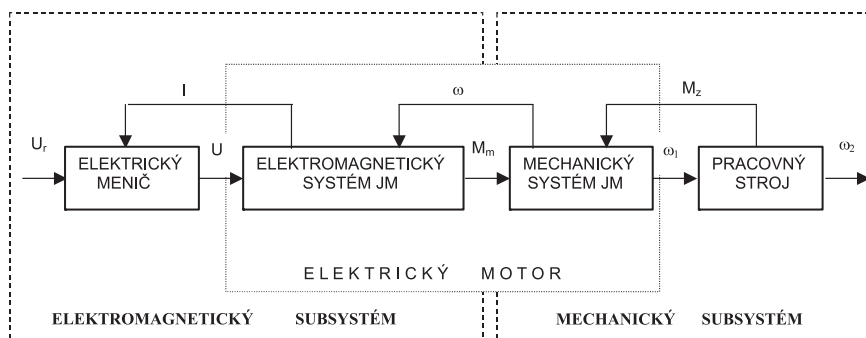


Obr.6 Schéma pohonov letmej pily

Servopohon je možné posudzovať ako relatívne autonómny systém s vnútorne usporiadanou kombináciou subsystémov. Tieto sú tvorené vlastnosťami pracovných mechanizmov, mechanických meničov, motorov, elektrických meničov, napájacích zdrojov a riadiaceho systému pohonu. Počet a druh týchto subsystémov a ich usporiadanie závisí na konkrétnom type servopohonu. Typické usporiadanie jednomotorového servopohonu je na obr. 7.



Obr.7 Bloková schéma elektrického servopohonu



Obr.8 Dekompozícia výkonovej časti servopohonu s jednosmerným motorom

Z charakteristiky servopohonu vyplýva, že pohon realizuje tok energie a jednak tok informačných signálov. Vyšetrovanie pohonu z hľadiska toku energie vedie k návrhu a projektovaniu výkonovej časti pohonu (el. menič – motor – mechanický menič). Vyšetrovanie informačných signálov umožňuje sledovať a navrhovať správanie pohonu v prechodných a ustálených stavoch. Syntézou riadiacich obvodov sa zaisťuje požadovaná kvalita riadenia pohonu v dynamických a statických stavoch. Výkonové dimenzovanie smeruje k dosiahnutiu optimálnych energetických ukazovateľov pohonu.

Skutočná štruktúra servopohonu je však zložitejšia a zahrňuje aj napájaciu časť, ovládaciú logiku, ochrany proti preťaženiu, signalizáciu, monitorovanie, styk s obsluhou, s nadradeným systémom a pod. Riadiaci systém obsahuje merací, regulačný, ovládací, monitorovací a diagnostický subsystém.

Veľká rozmanitosť konkrétnych štruktúr je daná veľkým počtom rôznych druhov motorov (jednosmerné, asynchrónne, krokové motory), akčných a meracích členov, riadiacich systémov.

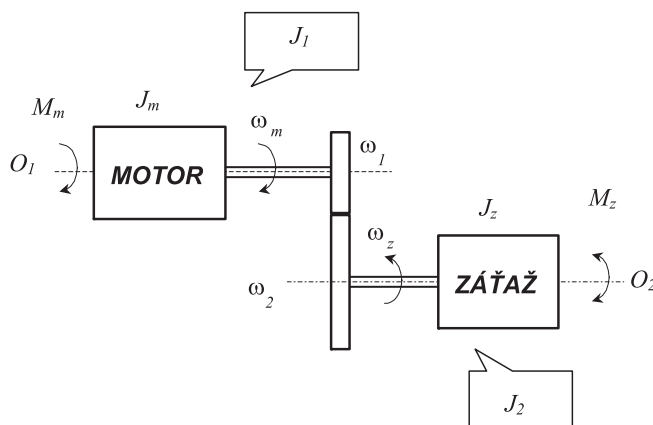
Výkonovú časť servopohonu môžeme rozdeliť podľa obr.8 do dvoch základných systémov

- **elektromagnetický subsystém** obsahuje elektrický menič a elektromagnetický subsystém JM, veličiny elektromagnetického systému sú prúd i , napätie u , magnetický tok ψ
- **mechanický subsystém** obsahuje pracovný stroj a mechanický systém, veličiny mechanického subsystému sú uhol natočenia hriadeľa φ , uhlová rýchlosť ω , uhlové zrýchlenie ε , moment motora M_m , sila F , výkon P .

Interakcia motora s pracovným mechanizmom

Motor môže byť s pracovným mechanizmom spojený buď priamo alebo nepriamo. Priame spojenie sa uskutočňuje buď letným pripojením mechanizmu na hriadeľ motora alebo spojkou. Nepriame spojenie je možné zabezpečiť prevodovkou (reduktorom) alebo iným typom mechanického meniča, ktorý zabezpečí transformáciu pohybu pohonu.

Servopohon s prevodom sa používa vtedy ak má pracovný mechanizmus pracovať s inou rýchlosťou než akú môže poskytnúť motor správne navrhnutý podľa technicko-ekonomických kritérií. Celý rad pracovných strojov (napr. v leteectve, drevobrábacie stroje) vyžaduje s ohľadom na zmenšenie rozmerov a hmotnosti rýchlobežné pohony. Naopak existujú pracovné mechanizmy s požiadavkou na malé rýchlosti. Pokiaľ sa nepoužije pomalobežný motor potom sa obvykle zaraďuje prevodovka do pomala. Voľbu prevodu je možné optimalizovať napr. podľa kritéria najväčšieho zrýchlenia mechanizmu v prechodnom deji.



Obr.9 Základná schéma spojenia motora s pracovným mechanizmom

Legenda:

M_m, M_z – moment motora, moment záťaže

ω_m – uhlová rýchlosť motora (vstupná rýchlosť ω_1)

ω_z – uhlová rýchlosť záťaže (výstupná rýchlosť ω_2)

J_m, J_z – moment zotrvačnosti motora, záťaže

$J_1 = \sum_{O_1} J_i$ – výsledný moment zotrvačnosti pôsobiaci v osi otáčania O_1

$J_2 = \sum_{O_2} J_i$ – výsledný moment zotrvačnosti pôsobiaci v osi otáčania O_2

Charakteristické vlastnosti prenosového mechanizmu

Charakteristické vlastnosti prenosového mechanizmu vyjadruje

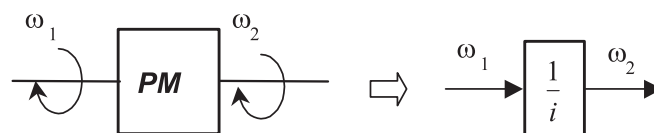
- prevodové číslo (zosilnenie, statická prevodová charakteristika)
- statická presnosť prenosu (vôľa v zuboch, mechanická hysteréza)
- dynamické vlastnosti – pružnosť prenosového mechanizmu
- schopnosť obojstranného prenosu energie vstup – výstup a spätný prenos
- účinnosť prenosu (straty v prevodovke)

Prevodové číslo:

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} \quad (1)$$

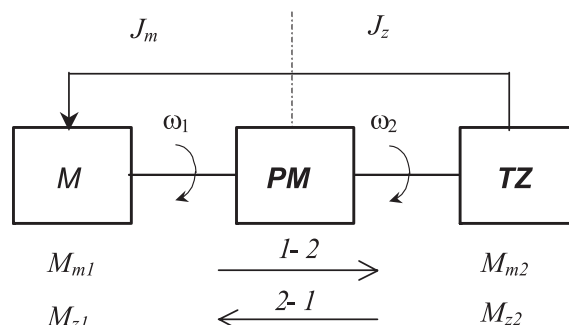
Zosilnenie:

$$K_{PM} = \frac{1}{i} = \frac{\omega_2}{\omega_1} \quad (2)$$



Obr.10 Statické charakteristiky prenosového mechanizmu – PM

Pri nepriamom spojení motora s pracovným mechanizmom pomocou prenosového mechanizmu, obr.11, dochádza k vzájomnej interakcii motor – záťaž. Kvôli všeobecnosti aplikácií je na obr.11 označený indexom 1 – vstupný hriadeľ prevodovky a indexom 2 – výstupný hriadeľ prevodovky. Prenosový mechanizmus nech je ideálny lineárny bezzotrvačný systém.



Obr.11 Statické charakteristiky prenosového mechanizmu – PM

Platí zákon zachovania energie

$$\begin{aligned} P_1 &= P_2 = P \\ M_{z1}\omega_1 &= M_{z2}\omega_2 \end{aligned} \quad (3)$$

kde M_{z1} – moment záťaže redukovaný na vstupný hriadeľ (hriadeľ motora)
 M_{z2} – moment záťaže na výstupnom hriadeľi
 P_1 – vstupný výkon na hriadeľ motora
 P_2 – výstupný výkon na výstupnom hriadeľi.

Účinnosť prenosového mechanizmu je

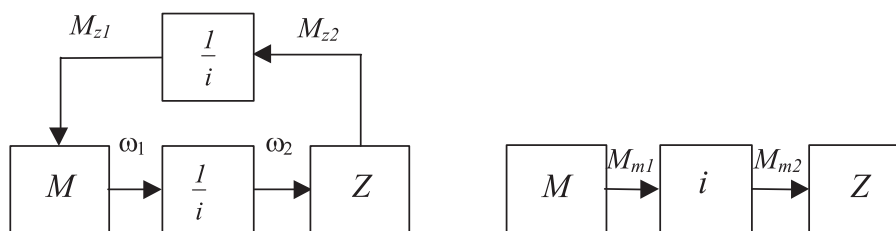
$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \leq 1 \quad (4)$$

Moment záťaže redukovaný na hriadeľ motora je menší v pomere prevodového čísla i .

$$M_{z1} = \frac{\omega_2}{\omega_1} M_{z2} = \frac{M_{z2}}{i} \quad (5)$$

Moment motora transformovaný na výstupný hriadeľ je zosilnený hodnotou prevodového čísla, prevodovka do pomaly predstavuje zosilňovač momentu motora.

$$M_{m2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} M_{m1} = M_{m1} \cdot i \quad (6)$$



Obr.12 Prenosové vlastnosti systému M-Z pri transformácii momentov a uhlových rýchlostí s uvažovaním prevodového čísla

Polovodičové meniče pre jednosmerné motory

Klasifikácia meničov

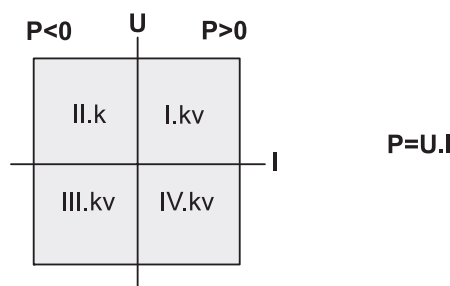
Meniče, (výkonové zosilňovače) môžu byť rozdelené

podľa princípu činnosti

- rotačné: elektrické stroje (JG)
- statické: elektrónkové, polovodičové, magnetické a iné

podľa režimu činnosti (obr. 13)

- *jednokvadrantové* – menič je schopný pracovať len v jednom kvadrante (výstupný prúd i napätie sú jednej polarizácie), nereverzačný menič
- *dvojkvadrantové* – menič je schopný pripojiť na záťaž: napätie jednej polarizácie so zmenou smeru prúdu,
 - napätie oboch polarizácií bez možnosti zmeny smeru prúdu,
- *štvorkvadrantové* – výstupné napätie a prúd môžu byť oboch polarizácií – reverzačný menič

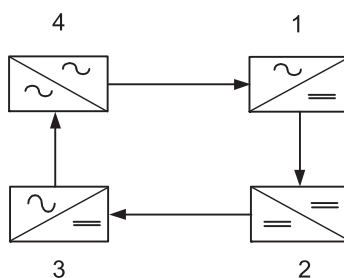


Obr.13 Prevádzkové stavy elektrických meničov

Polovodičové meniče

Výkonový polovodičový menič je určený na premenu druhu (parametrov) elektrickej energie. Podľa základnej funkcie sa meniče rozdeľujú na štyri druhy:

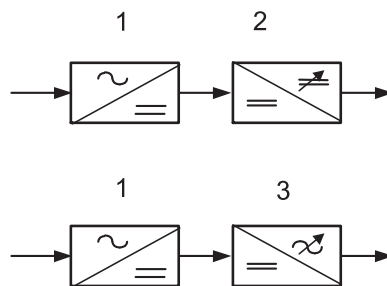
- *usmerňovač* – menič určený na premenu striedavého prúdu na jednosmerný prúd
- *striedač* – menič určený na premenu jednosmerného prúdu na striedavý
- *striedavý menič* – menič určený na premenu striedavého prúdu daných parametrov na striedavý prúd iných parametrov
- *jednosmerný menič* – menič určený na premenu veľkosti jednosmerného napätia.



Obr.14 Základné druhy meničov:

1 – usmerňovač, 2 – jednosmerný menič, 3 – striedač, 4 – striedavý menič

Zložitejšie meniče sa obvyčajne realizujú ako kaskádové zapojenie viacerých základných druhov meničov. Napríklad nepriamy polovodičový jednosmerný menič, ktorý vznikne kaskádovým zapojením usmerňovača (1) a jednosmerného meniča (2) alebo menič frekvencie vznikne zapojením (1+3).



Obr.15 Kaskádové zapojenie základných druhov meničov;
 hore: nepriamy polovodičový jednosmerný menič (tranzistorový menič),
 dole: nepriamy polovodičový striedavý menič – napr. tranzistorový menič frekvencie

Výkonové polovodičové súčiastky v meničoch

Výkonové polovodičové súčiastky, ktoré sa používajú v meničoch, môžu byť

- neriadené – diódy
- riadené – tyristory, tranzistory

Neriadené polovodičové súčiastky pracujú nezávisle od riadiacich obvodov meniča. Riadené polovodičové súčiastky pracujú výlučne v spínacom režime. Z hľadiska riaditeľnosti ich môžeme ďalej rozdeliť na dve skupiny:

- poloriadené: tyristory, triaky. Riadiaci signál umožňuje iba zopnutie prvku a uvedenie do vodivého stavu.
- plnoriadené: GTO tyristory, bipolárne, unipolárne a IGBT tranzistory. Riadiaci signál umožňuje zopnutie a vypnutie prvku.

Označenie základných výkonových polovodičových prvkov je na obr. 16.

	DIÓDA
	TYRISTOR
	TRIAK
	TRANZISTOR NPN
	MOSFET TRANZISTOR
	IGBT TRANZISTOR

Obr.16 Označenie základných výkonových polovodičových prvkov

Výkonové polovodičové súčiastky: diódy (VD), tyristory (VS), tranzistory (VT) sa skladajú z niekoľkých vrstiev rôzne „dotovaného“ polovodičového materiálu, najčastejšie na báze monokryštálu kremíka typu P alebo N. Dvojice, štvorice, šesticie výkonových polovodičových súčiastok sa konštrukčne spájajú do kompletných modulov s bezpotenciálovou chladiacou základňou.

Výkonové polovodičové diódy VD sú dvojvrstvové jednopriechodové súčiastky s dvomi vývodmi: anódou – A a katódou – K. Úbytok napätia diódy pri menovitom prúde je 0,8 až 2 V. Vyrábajú sa pre menovité prúdy 1000 A a menovité napätia 1000 V až do 10 kV.

Tyristory VS sú štvorvrstvové trojpriechodové polovodičové súčiastky s tromi vývodmi: anódou – A, katódou – K a riadiacou elektródou (gate – G). Základné typy tyristorov sú:

- späťne záverné: SCR (Silicon Controlled Rectifier)
- späťne priepustné: RCT (Reverse Conducting Thyristor)
- vypínací: GTO (Gate-Turn-Off thyristor)
- optotyristor: LTT (Light-Trigger-Thyristor)
- poľom riadený: SITh (Static-Induction-Thyristor)

Výkonové tranzistory VT sú trojvrstvové dvojpriechodové polovodičové súčiastky so štruktúrou PNP alebo NPN. V spínacom režime sú schopné riadiť oveľa väčší výkon ako v spojitom režime. VT sa delia na:

- *bipolárne* (riadené prúdom bázy)
- *unipolárne* (riadené napätím alebo elektrickým poľom).

Zásadný rozdiel medzi tyristormi a tranzistormi je v tom, že zatiaľ čo tyristoru stačí na zopnutie krátky prúdový impulz, pri tranzistore treba na vedenie prúdu v obvode kolektor-emitor zabezpečiť trvalý prúd bázy, potrebuje zdroj riadiaceho prúdu – budič (driver). Výhody použitia tranzistorov: nepotrebujú komutačné obvody, zapínací a vypínací čas je krátky (rádovo 1 μ s).

IGCT – *Integrate Gate Commutated Thyristor* má vodivosť GTO tyristora a spíniaci rýchlosť IGBT tranzistora ACS 1000 – (315 – 5000 kW) AM – 2,3 3,3 a 4,16 kV. (viď. <http://www.abb.com/automation>).

Bipolárny výkonový tranzistor sa z technologických dôvodov sa vyrábajú výlučne tranzistory NPN. Používa sa v zapojení so spoločným emitorom kedy sa dosahuje najväčšie výkonové zosilnenie. Vyrábajú sa hybridnou alebo integrovanou technikou pre väčšie výkony v Darlingtonovom zapojení (kaskádové dvojstupňové zapojenie so spoločným kolektorom).

Unipolárny výkonový tranzistor MOSFET (Metal Oxid Semiconductor Field Effect Transistor) sa skladá z niekoľko tisíc paralelných tranzistorov. Jeho výhodou je malý riadiaci výkon, veľká spínacia rýchlosť a veľký vstupný odpor. Nevýhody sú dané väčším úbytkom napätia vo vodivom stave ako bipolárny tranzistor, väčšími stratami a veľkou citlivosťou na prepätie v obvode hradla.

IGBT (*Integrated Gate Bipolar Transistor*), paralelné spojenie unipolárneho a bipolárneho tranzistora, ktorý po rýchlom zopnutí prúdu unipolárneho tranzistora sa zopne bipolárny tranzistor a prevezme záťažný prúd s malým úbytkom napätia.



Obr.17 vľavo: IGBT tranzistor 2500 V/1200 ako jeden spínací prvok; vpravo: IGBT modul (obsahuje 6 spínacích prvkov) 2500 V/700 A

Dosahované parametre niektorých riadených spínačov (spínacích súčiastok) sú uvedené v tab. 1.1 kde t_{off} – vypínací čas spínača; P_{max} – prenášaný výkon, f – spínacia frekvencia meniča.

	U [V]	I [A]	t_{off} [ms]	P_{max} [kVA]	f [kHz]
Tranzistory					
Bipolárny	1 400	800	15 – 25	480	0,5 – 5
MOSFET	100	28	0,3 – 5	14	5 – 100
IGBT	1 200	600	1 – 4	360	2 – 20
Tyristory					
GTO	4 500	4 000	10 – 25	4 500	0,2 – 1

Tab.1 Parametre vybraných spínacích súčiastok

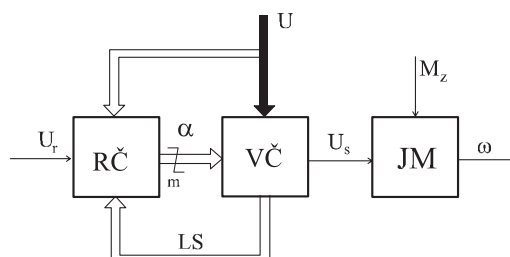
Tyristorové meniče s jednosmerným výstupom – riadené usmerňovače

Polovodičové meniče s jednosmerným výstupným napätím delíme do nasledujúcich kategórií:

- **Usmerňovače:** riadené (tyristorové, tranzistorové)
neriadené (diódové)
- **Impulzové meniče:** tyristorové, tranzistorové

V polovodičových meničoch s jednosmerným výstupom majú význačné postavenie tyristorové meniče. Tyristorové meniče – TM (riadené usmerňovače) sa používajú pre budiace obvody jednosmerných generátorov a motorov, pre napájanie kotvy jednosmerných motorov, v elektrochemickom priemysle (indukčný ohrev, elektrolyza), nabíjačky akumulátorov a pod.

Principiálna schéma blokového usporiadania tyristorového meniča je na obr. 18.

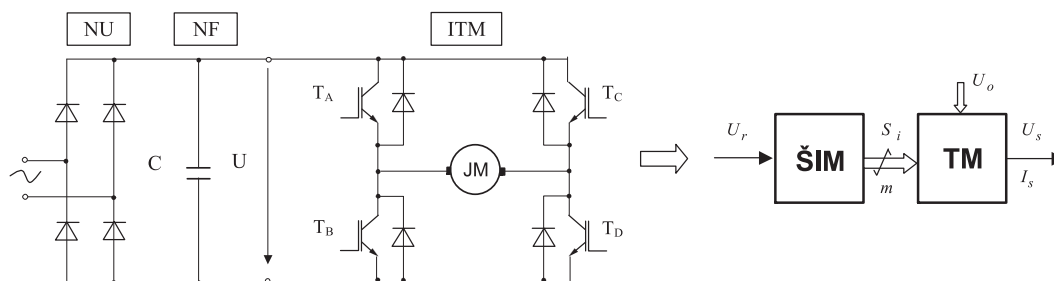


Obr.18 Schéma blokového usporiadania tyristorového meniča, RČ – riadiaca časť meniča (generátor zapalovacích impulzov – GZI) a VČ – výkonová časť meniča

Dôležitou časťou meniča je GZI kde sa generujú zapalovacie impulzy pre tyristory. Algoritmus činnosti riadiaceho obvodu je určený typom meniča (reverzačný, nereverzačný) a vlastnosťami záťaže do ktorej má menič pracovať. V súčasnej generácii GZI sú najrozšírenejšie mnohokanálové synchronne systémy, kde sa synchronizácia uskutočňuje synchronizáciou referenčného napätia u_{rf} so sieťovým. Pomocou referenčného signálu sa určuje fázový posun zapalovacích signálov tak, aby bol úmerný veľkosti riadiaceho signálu. Používa sa lineárne klesajúci alebo kosínusový priebeh referenčného napätia. Priebeh referenčného napätia bezprostredne ovplyvňuje statické charakteristiky meniča.

Tranzistorové impulzové meniče s jednosmerným výstupom

Pre napájanie kotvy jednosmerného motora do výkonov rádovo 10 kW sa uplatňujú tranzistorové meniče (TM) ako nepriame napäťové jednosmerné meniče. Zapojenie tranzistorového meniča je uvedené na obr. 19, obsahuje neriadený usmerňovač – NU, napäťový filter – NF a impulzový tranzistorový menič – ITM v mostíkovom zapojení (H – schéma).

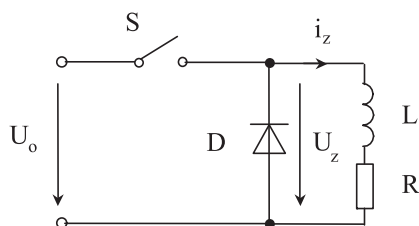


Obr.19 Základné zapojenie systému tranzistorový menič – jednosmerný motor

Tranzistorový menič je riadený výkonový napäťový alebo prúdový zosilňovač, využíva princíp riadenia strednej hodnoty výstupného signálu pomocou metódy šírkoimpulznej modulácie – ŠIM, anglický názov aj so skratkou je PWM (pulse width modulation).

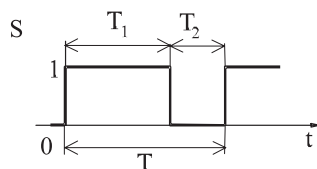
Základné metódy ŠIM

Princíp metódy je možné vysvetliť na činnosti ideálneho spínača S pracujúceho do RL záťaže s nulovou diódou na obr. 20.



Obr.20 Náhradná jednopólová schéma impulzného meniča pracujúceho do R-L záťaže

Predpokladajme, že spínač pracuje v takte podľa priebehu na obr. 21. Spínač je zapnutý v stave „1“ a vypnutý v stave „0“.



Obr.21 Časový priebeh šírko modulovaného riadiaceho signálu, kde T – perióda, takt meniča, T_1 – čas, riadiaci signál je 1, T_2 – čas, riadiaci signál je 0

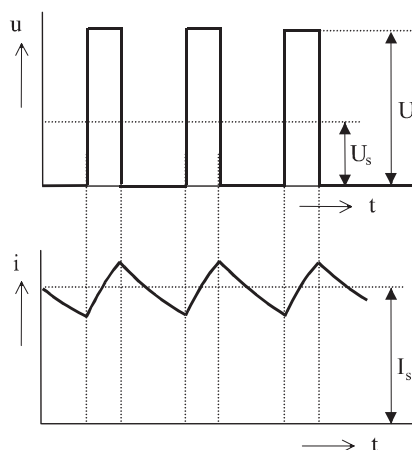
Zavedieme pojem plnenie

$$\gamma = \frac{T_1}{T} \quad T_2 = T(1 - \gamma) \quad (7)$$

Zo vzťahu (7) môžeme definovať nasledovné základné metódy šírkovoimpulznej modulácie:

1. *riadenie plnenia* (obr. 22)

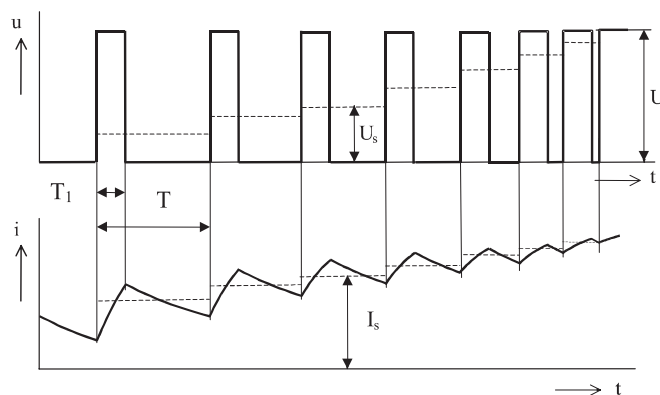
$$\gamma = \text{var} \quad \text{potom} \quad T_1 = \text{var} \quad \text{a} \quad T = \frac{1}{f} = \text{konst} \quad (8)$$



Obr.22 Priebehy napätí a prúdov na RL záťaži pri napäťovej ŠIM, riadenie plnenia γ

2. frekvenčné riadenie (obr. 23)

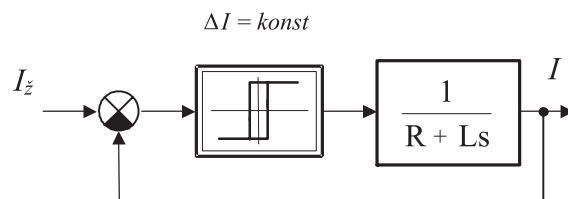
$$T_1 = \text{konst} \quad \text{a} \quad T = \frac{1}{f} = \text{var} \quad (9)$$



Obr.23 Priebehy napätia a prúdov na RL záťaži pri frekvenčnej metóde ŠIM

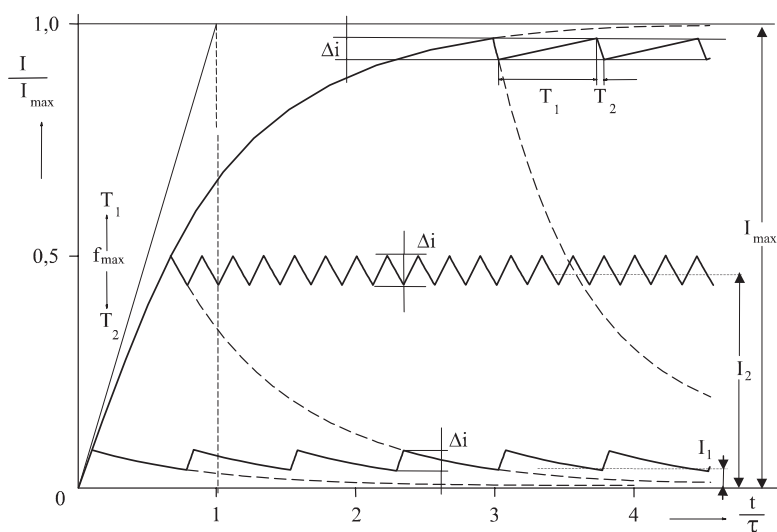
3. Prúdová ŠIM – so spätnou väzbou (obr. 24 a obr. 25)

$$\Delta I = \text{konst} \quad \text{potom} \quad T_1 = \text{var} \quad T = \text{var} \quad (10)$$



Obr.24 Zjednodušený model regulačného obvodu prúdu s hysteréznym regulátorom

Kvalitatívna analýza priebehov prúdu na obr. 25 poukazuje na základné vlastnosti prúdovej ŠIM. V pomerných veličinách prúdu je najväčšia frekvencia kmitov pre hodnotu prúdu 0,5. Frekvencia kmitov prúdu sa od tejto hodnoty symetricky znižuje. Tento jav bude podrobnejšie analyzovaný v ďalšej časti.

Obr.25 Priebehy prúdov RL záťaži pre rôzne želané hodnoty prúdu pre $\Delta I = \text{konst}$

Základné spôsoby riadenia štvorkvadrantového impulzového meniča

Metódy ŠIM sú ďalej určené spôsobom spínania výkonových spínačov:

- úplný (obojsmerný) bipolárny
- úplný (obojsmerný) unipolárny

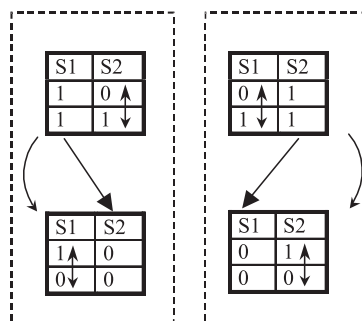
Úplný: reverzácia prúdu vplyvom indukovaného napätia U_i je možná

- **Bipolárny:** v jednom takte meniča sa na záťaži objavuje napätie oboch polarít.

S1	S2
1	0
0	1

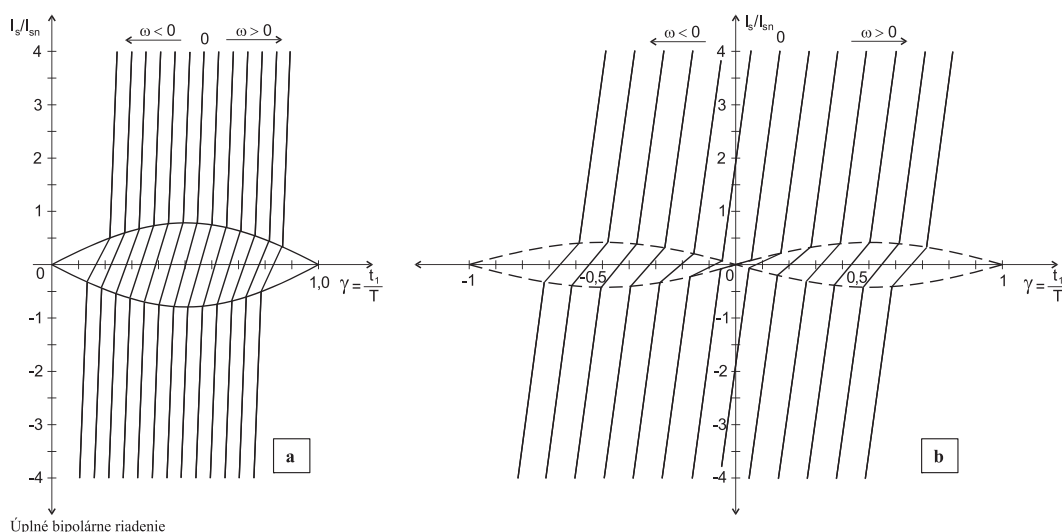
Obr.26 Stavy prepínačov pri úplnom bipolárnom riadení

- **Unipolárny:** pri danej polarite riadiaceho signálu je v jednom takte meniča T na záťaži počas času T_1 len napätie jednej polarity alebo nulové počas času T_2



Obr.27 Stavy prepínačov pri úplnom unipolárnom riadení

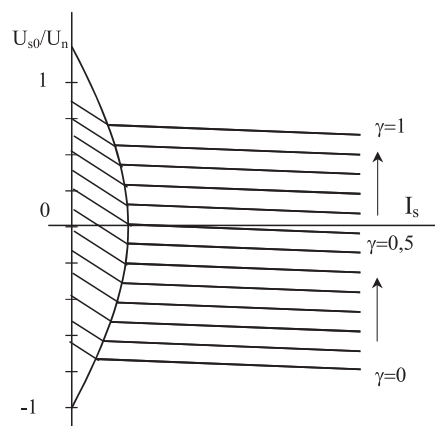
Statické charakteristiky meniča sú výrazne ovplyvnené spôsobom spínania výkonových spínačov meniča. Ako príklad uvedieme riadiace charakteristiky meniča pre bipolárne a unipolárne riadenie, obr. 28.



Úplné bipolárne riadenie

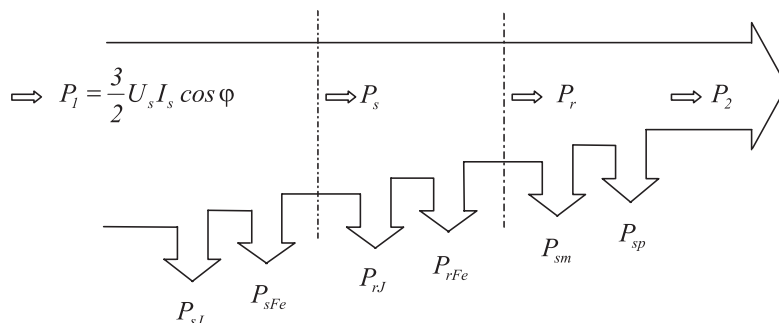
Obr.28 Riadiace charakteristiky meniča
a) s úplným bipolárnym riadením, b) s úplným unipolárnym riadením

Statické charakteristiky sú funkciou plnenie γ ako vnútornej radiacej veličiny. V charakteristikách sú oddelené čiarkovanou čiarou oblasti neprerušovaných a prerušovaných prúdov. Oproti tyristorovým meničom je oblasť prerušovaných prúdov s ohľadom na podstatne vyššiu frekvenciu ŠIM meniča výrazne menšia a pri zostavovaní modelov tranzistorového meniča sa prakticky zanedbáva. Typická záťažná charakteristika tranzistorového meniča pri úplnom bipolárnom riadení je na obr. 29.



Obr.29 Záťažná charakteristika tranzistorového meniča pri bipolárnom riadení

Energeticky optimálne riadenie striedavých motorov



Obr.30 Model rozdelenie strát v asynchrónnom motore

Kde je príkon motora

$$P_1 = \frac{3}{2} \Re(\hat{u}_s \hat{i}_s^*) = \frac{3}{2} (u_{s\alpha} i_{s\alpha} + u_{s\beta} i_{s\beta}) = \frac{3}{2} U_s I_s \cos \varphi \quad (11)$$

P_s je výkon prenášaný cez vzduchovú medzeru

P_r – výkon generovaný v rotore

P_{sJ}, P_{rJ} – Jouleove stráty v statorových a rotorových vinutiach

P_{sFe}, P_{rFe} – stráty v železe statora a rotora

P_{sm} – prídavné stráty (napr. stráty vyšších harmonických prúdov)

P_{sp} – mechanické stráty (ventilátor, ložiská)

Stráty v železe statora a rotora sú vyjadrené nasledovnými vzťahmi

$$\begin{aligned} P_{sFe} &= k_h \omega_s \Psi_m^2 + k_v \omega_s^2 \Psi_m^2 \\ P_{rFe} &= k_h \omega_{sl} \Psi_m^2 + k_v \omega_{sl}^2 \Psi_m^2 \end{aligned} \quad (12)$$

k_h je koeficient hysterézných strát

k_v – koeficient strát vírivými prúdmi

ω_s, ω_{sl} – statorová a sklzová uhlová rýchlosť

Cieľ energeticky optimálneho riadenia: *maximálna účinnosť elektromechanickej konverzie*

Základné spôsoby znižovania strát servopohonov:

- optimalizácia konštrukcie motora z hľadiska vyššej účinnosti
- zvýšenie účinnosti polovodičových meničov frekvencie (znižovanie spínacích strát) hlavne výberom ŠIM
- optimálne riadenie v statickom a dynamickom režime pohonov

Optimálne riadenie v statickom a dynamickom režime sa zakladá na riadení magnetického toku aplikáciou skalárnych a vektorových metód riadenia AM. Základné metódy riadenia využívajú:

- analytické metódy – výpočet optimálnych hodnôt riadiacich veličín (tok, sklz)
- experimentálne metódy – vyhľadávanie minima príkonu motora, statorového prúdu

Vplyv vo vysokofrekvenčnej oblasti

Pri použití frekvenčných meničov je dôležitou témou vplyv frekvenčných meničov na napájaciu sieť. Stále pri tom existujú nejasnosti, čo znamená elektromagnetická kompatibilita a na čo treba dávať pozor.

S nárastom používania takýchto citlivých prístrojov vzniklo veľké množstvo aplikácií, ktorých nasaďenie je kombinované s frekvenčnými meničmi. Táto skutočnosť vyžaduje definovať špeciálne požiadavky na frekvenčné meniče, najmä z hľadiska elektromagnetickej kompatibility.

Elektromagnetické rušenie zapríčiňuje neželané elektrické javy. Elektrický prístroj ho buď generuje, alebo je ním neželaným spôsobom ovplyvňovaný. Zdroje takéhoto rušenia môžu byť prírodné (napr. búrka) alebo umelé (napr. spínanie v elektrických obvodoch). Odolnosť prístroja voči elektrickému rušeniu (elektromagnetická imunita) a zároveň nezaťažovanie okolia vlastným rušivým vyžarovaním (elektromagnetická emisia) sa označuje ako elektromagnetická kompatibilita, (anglicky EMC: electromagnetic compatibility; nemecky: EMV: Elektromagnetische Verträglichkeit).

Elektromagnetické emisie frekvenčného meniča možno rozdeliť na:

- nízko-frekvenčné rušenie (harmonické zložky),
- vysoko-frekvenčné rušenie (rádiové rušenie).

Nízko-frekvenčné rušenie sa uvádza aj ako

- vplyv nízkych harmonických: od 2 do 25 harmonickej (1,25 kHz).
- vplyv vysokých harmonických: od 25 do 3000 harmonickej (150 kHz).

Vysoko-frekvenčné rušenie môže byť šírené

- sieťou: toto rušenie je definované v oblasti 150 kHz až 30 MHz,
- elektromagnetickým vyžarovaním v oblasti 30 MHz až 1 GHz.

Vysoko-frekvenčné rušenie vzniká vo frekvenčnom meniči najmä v dôsledku veľmi rýchleho spínania polovodičových spínačov v striedači. Ale aj spínaním iných elektrických prvkov, mikroprocesorov atď. Intenzitu pôsobenia takéhoto rušenia ovplyvňujú rôzne faktory:

- impedančné pomery v napájacej sieti,
- spínacia frekvencia a tvar hrán spínacích impulzov striedača,
- mechanická konštrukcia frekvenčného meniča,
- frekvencia výstupného napätia na motor,
- použité odrušovacie opatrenia.

Odborným použitím komponentov, označených v zmysle smernice o elektromagnetickej kompatibilite (CE), môže výrobca zariadenia zaručiť, že aj celé zariadenie (napr. vzduchotechnické zariadenie) zodpovedá základným požiadavkám z hľadiska elektromagnetickej kompatibility. Pri kompletných systémoch (napr. vzduchotechnických) možno pri použití komponentov s označením CE upustiť od testu celého systému. Na dodržanie smernice o elektromagnetickej kompatibilite musia mať frekvenčné meniče zabudovaný odrušovací filter alebo musí byť spolu s frekvenčným meničom nainštalovaný externý odrušovací filter.

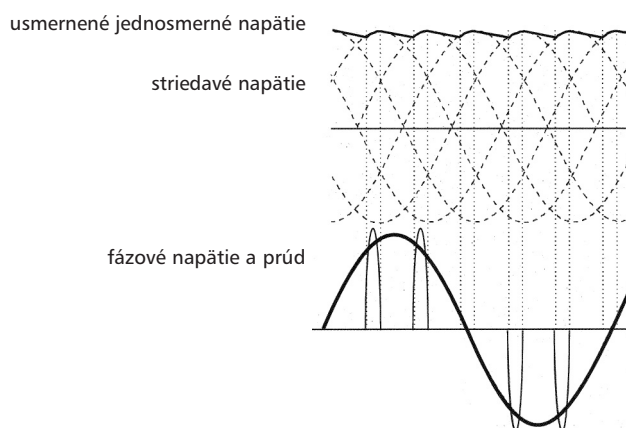
Pre aplikácie v oblasti bývania a ľahkého priemyslu sa pritom odporúča odrušenie podľa normy EN 55011, triedy B1. Pre priemyselné aplikácie postačuje odrušovací filter triedy A1. Ďalej sa musia používať tienené káble menič-motor, pričom tienenie sa musí pripojiť tak na strane motora, ako aj meniča, aby sa dosiahla podľa možnosti malá impedancia vo vysoko-frekvenčnej oblasti. Preto treba aj pred oceľovým tienením uprednostniť medené opletenie. Na dosiahnutie čo najmenšieho prechodového odporu v oblasti vysokých frekvencií musia byť tienenia pripojené na skrinky prístrojom podľa možnosti veľkoplošne; najlepšie pomocou na to určených káblových príchytiek alebo zvierok. V žiadnom prípade nepoužívať tzv. pripojovacie lanká (angl. pigtail). Zo strany frekvenčného meniča musí byť tienenie prichytené na určenú káblovú príchytku. Keď je tienenie pripojené obojstranne na menič aj motor, treba bezpodmienečne zabezpečiť príslušné potenciálové vyrovnanie. Rovnako sa musia používať aj tienené ovládacie káble. Na minimalizáciu rádiového rušenia by mal byť pripojovací kábel motora čo možno najkratší. Na tento účel sa ako ideálne riešenie ponúkajú prístroje so zvýšeným stupňom krytia IP 54. Tieto možno montovať decentralizovane (vzhľadom napr. na veľkú) priamo vedľa motora. Káble ovládania by podľa možnosti nemali križovať silové káble, no ak je to predsa nevyhnutné, tak potom iba pod pravým uhlom.

V prípade súbehu by vzdialenosť mala byť minimálne 20 cm. Dôležitým opatrením je tak isto nízkoohmové uzemnenie všetkých častí zariadenia. Pri dodržaní týchto všeobecných pravidiel sa pri

činnosti celého zariadenia netreba obávať problémov s rádiovým rušením. V prípade nejasností sa skontaktujte s dodávateľom komponentov. Tí vám môžu poskytnúť presné smernice o pripojení prístrojov z hľadiska dodržania podmienok elektromagnetickej kompatibility.

Vplyv frekvenčných meničov na napájaciu sieť

V priemysle a v technických zariadeniach budov sa presadili frekvenčné meniče s napäťovým medziobvodom. Meniče s napäťovým medziobvodom majú na vstupe typicky neriadený mostíkový usmerňovač a kondenzátory na vyhladenie usmerneneho napätia. Takýto usmerňovací obvod používajú aj mnohé moderné prístroje, okrem iných aj počítače, faxy, kopírky, pomocné napájače osvetlenia a rovnako i frekvenčné meniče. Hoci je takáto konštrukcia meniča jednoduchá a účinná, môže dôjsť k negatívnemu vplyvu na napájaciu sieť. Negatívny vplyv spočíva v odbere neharmonického prúdu, pretože kondenzátory sa nabíjajú iba v čase, keď je sieťové napätie väčšie ako jednosmerné napätie tzn. pred maximom napätia (obr. 31)



Obr.31

Z obr. 31 vidieť, že priebeh prúdu nie je sínusový, ale v každej polvlně pozostáva z dvoch impulzov. Tvar týchto prúdových impulzov možno matematicky opísať súčtom určitého počtu sínusoviek s rôznou amplitúdou, fázovým posunom a frekvenciou. Frekvencia je vždy celočíselným násobkom základnej frekvencie, v tomto prípade 50 Hz. V tejto časti sa zaoberáme len vplyvmi od sínusoviek s nižšou frekvenciou (nízke harmonické) teda do 25-násobku základnej frekvencie, pretože najnižšie harmonické majú najväčšiu amplitúdu. V kombinácii s impedanciou napájacej siete vyplýva výsledné skreslenie napätia. Celkový obsah harmonických sa označuje ako „výsledné harmonické skreslenie“ (THD: Total Harmonic Distortion).

$$THD = \sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} \left(\frac{H_n}{H_1} \right)^2} \cdot 100\% \quad (13)$$

kde THD je výsledné harmonické skreslenie,

H_n – amplitúda n -tej harmonickej a

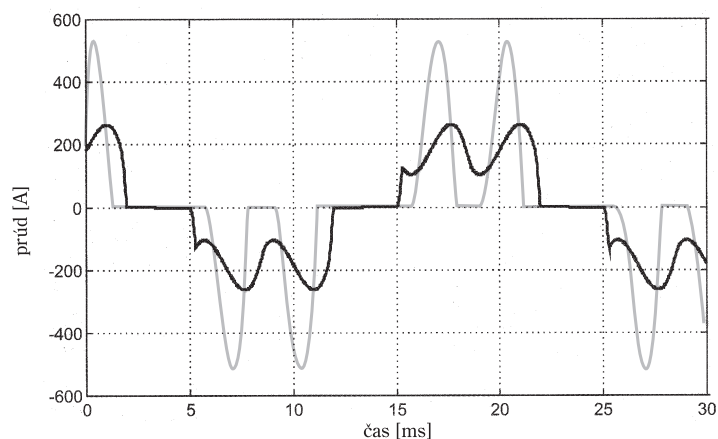
H_1 – amplitúda základnej frekvencie.

Maximálne dovolené napäťové skreslenie je definované pre verejné nízkonapäťové siete v norme EN 61000-2-2 a pre priemyselné zariadenia v norme EN 61000-2-4. Skutočná veľkosť výsledného napäťového skreslenia závisí od impedancie napájacieho transformátora a inštalácie budovy, ako aj od druhu a počtu nelineárnych záťaží. Vplyv na sieť možno zredukovať obmedzením amplitúdy impulzného nabíjacieho prúdu kondenzátorov. V praxi sa na to používajú tlmivky zapojené za usmerňovač do napäťového medziobvodu alebo pred usmerňovač na vstupe frekvenčného meniča. Frekvenčnémeniče sa však často dodávajú bez tlmiviek, vtedy ich možno objednať samostatne a montovať externe.

Štandardne zabudované tlmivky v medziobvode (medziobvodové tlmivky) majú voči tlmivkám na strane sieťového napätia (sieťové tlmivky) viaceré výhody:

- vznikajú na nich veľmi malé vykonové straty,
- sú menšie,
- netreba ich externe prepájať.

Na obr. 32 je zobrazený sieťový prúd s použitím tlmičky. Aj keď sa ešte vždy nedosiahne čistý sínusový priebeh, predsa možno rozpoznať výrazné zlepšenie tvaru.



Obr.32

Zhrnutie

Zaťaženie harmonickými zložkami pri prevádzke frekvenčných meničov je dôležitým aspektom pri projektovaní zariadení. Je preto dôležité, aby frekvenčné meniče obsahovali príslušné filtre na redukciu harmonických. Tým možno dopredu zabrániť možným poruchám iných spotrebičov, pripojených na tú istú sieť.

Všeobecné odporúčania pre dimenzovanie motora a frekvenčného meniča

Určenie počiatočných podmienok

Pre správny výber motora a frekvenčného meniča je potrebné v prvom rade určiť úroveň hlavného napájania (380 ... 690 V) a frekvencie (50 ... 60 Hz). Frekvencia siete hlavného napájania neobmedzuje rýchlostný rozsah aplikácie.

Určenie požiadaviek procesu

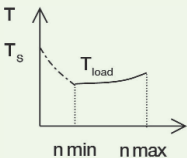
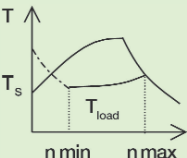
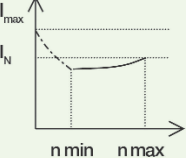
Je potrebný štartovací moment? Aký rozsah otáčok/rýchlosti sa bude v danej aplikácii vyskytovať? S akým typom záťaže bude pohon pracovať?

Výber motora

Na elektrický motor sa môžeme pozrieť ako na zdroj krútiaceho momentu. Motor musí zvládnuť preťaženie a musí byť schopný dodávať požadovaný krútiaci moment. Nemalo by byť prekročené tepelné zaťaženie motora. Pri zvažovaní maximálne možného krútiaceho momentu motora vo fáze jeho návrhu je potrebné navýšiť tento o cca 30 %.

Výber frekvenčného meniča

Výber frekvenčného meniča sa odvíja od zvolených počiatočných podmienok a vybraného motora. Vlastnosti frekvenčného meniča by sa mali zvoliť v súlade s veľkosťou požadovaného prúdu a výkonu. Výhody možného preťaženia frekvenčného meniča by sa mali prejaviť pri výskyte krátkodobej periodickej záťaže.

Fáza návrhu	Sieť	Menič	Motor	Záťaž
1) určenie počiatočných podmienok siete a záťaže	$f = 50 \text{ Hz}, 60 \text{ Hz}$ $U = 380 \dots 690 \text{ V}$			
2) výber motora v závislosti od: • tepelnej zaťažiteľnosti • rozsahu otáčok • maximálne požadovaného krútiaceho momentu				
3) výber frekvenčného meniča v závislosti od: • typu záťaže • jednosmerného a maximálneho prúdu • požiadaviek siete				

Tab.2

Podrobnosti výberu motora a meniča pre niektoré vybrané aplikácie

Výber motora sa odvíja od základných informácií o konkrétnom procese, kde má byť motor nasaďený. Rozsah rýchlostí, momentové krivky, spôsob ventilácie a preťažiteľnosť motora sú základné vodítka pri výbere motora. Často je veľmi cenné porovnávať rozdielne motory, pretože vybraný motor má vplyv na veľkosť/charakteristiky frekvenčného meniča.

Pri výbere vhodného frekvenčného meniča je potrebné zohľadniť niekoľko dôležitých faktorov. Výrobcovia frekvenčných meničov majú bežne pripravených niekoľko tabuliek, kde sú pre rôzne charakteristické výkony motorov určené konkrétne veľkosti meničov. Ak je známa momentová charakteristika motora, je možné vypočítať požadovaný prúd. Zodpovedajúce hodnoty prúdu možno vypočítať z krivky krútiaceho momentu a porovnať ich s obmedzeniami prúdu meniča. Istou indíciou je aj nominálny prúd motora, avšak toto nie je vždy najlepšie kritérium, pretože motory nemusia pracovať s plným výkonom (vplyv teploty okolia, nebezpečné výbušné prostredie a pod.)

Skôr ako sa vyberie frekvenčný menič, je potrebné zistiť napájacie napätie. Zmeny napájacieho napätia vplyvajú na výstupný výkon na hriadieli motora. Ak je napájacie napätie menšie ako nominálne, magnetické pole sa zoslabuje a posúva sa k nižšej frekvencii a maximálny možný krútiaci moment motora sa zníži v rozsahu zníženia intenzity magnetického poľa.

Maximálny možný moment je často obmedzený frekvenčným meničom. Túto skutočnosť je tiež potrebné zohľadniť už vo fáze návrhu. Frekvenčný menič môže obmedziť krútiaci moment motora skôr, ako je to uvedené v katalógovom liste výrobcu. Maximálny možný moment je tiež ovplyvňovaný transformátormi, tlmivkami, káblami a pod. v danom systéme, pretože tieto prvky zapríčiňujú pokles napätia a to môže spôsobiť aj pokles momentu. Výkonové straty je potrebné kompenzovať vhodne zvoleným výkonom frekvenčného meniča.

Aplikácie s čerpadlami a ventilátormi

Pri návrhu meniča je v prípade týchto aplikácií vhodné:

- zistiť rozsah rýchlostí/otáčok a vypočítať výkon pri najvyššej rýchlosti
- zistiť potrebu štartovacieho momentu
- zvoliť počet pólov motora. Najekonomickejšia prevádzková frekvencia je často v oblasti zoslabeného magnetického poľa
- zvoliť výkon motora tak, aby sa tento výkon dosiahol pri maximálnej rýchlosti. Nesmieme zabudnúť na tepelné zaťaženie.
- vybrať frekvenčný menič. Využite pri tom charakteristiky čerpadla a ventilátora. Ak tieto charakteristiky nie sú k dispozícii, vyberte frekvenčný menič na základe prúdovej charakteristiky motora.

Aplikácie s konštantným momentom

Pri návrhu meniča je v prípade týchto aplikácií vhodné:

- zistiť rozsah rýchlostí/otáčok
- zistiť potrebu konštantného momentu
- zistiť potrebu zrýchlenia. Ak sa zrýchlenie vyžaduje, treba zistiť moment zotrvačnosti
- zistiť potrebu rozbehového momentu
- zvoliť motor tak, aby krútiaci moment bol pod krivkou tepelnej zaťažiteľnosti (oddelená/vlastná ventilácia). Nominálna rýchlosť otáčania motora je zvyčajne v strede používaného rozsahu rýchlostí otáčania.
- zvoliť vhodný frekvenčný menič v súlade s navrhnutým prúdom

Energeticky optimálne riadenie ventilátorov a čerpadiel

Ventilátor ako pohonné zariadenie sa dimenzuje na maximálne dopravné množstvo pracovného média. V závislosti na technologických a klimatických podmienok v pracovnom cykle sa mení množstvo dopravného média v rozsahu 60 až 90 % maxima.

Pre reguláciu dopravného množstva média (objemový prietok Q) sa môžu použiť dva základné spôsoby regulácie:

- zmenou priechodnosti (odporu) dopravného systému, škrtením.
- aerodynamickým riadením.

Regulácia škrtení je najzaužívanejšia regulácia prietoku, súčasne však aj energeticky najnáročnejšia. Tento spôsob regulácie je spojený s vysokou hladinou hluku vplyvom prúdenia média. Používa sa ako pri axiálnych tak aj pri radiálnych ventilátoroch. Škrtením je obvykle možné dosiahnuť reguláciu v rozsahu 50 až 100 % menovitej hodnoty prietoku. Pri regulácii škrtení sa môžu vyskytnúť problémy s dosiahnutím požadovaného statického tlaku. Škrtenie sa používa pre menšie prietoky pracovného média.

Aerodynamická regulácia prietoku vstupného vzduchu rozvádzačimi lopatkami predradenými pred obežné koleso radiálneho ventilátora. Prietok je možné obmedziť natáčaním týchto lopatiek. Tým, že sa vzduch uvedie do rotačného pohybu, znižuje sa energetická účinnosť a zvyšuje sa hladina hluku. Energetická náročnosť tohoto spôsobu regulácie je menšia ako pri škrtení. Tento spôsob regulácie sa používa pre stredné prietoky pracovných médií.

Regulácia natáčaním lopatiek ventilátora je účinná v širokom rozsahu požadovaného prietoku dopravného média. Používa sa u axiálnych ventilátorov. Tento spôsob je energeticky menej náročnejší ako predchádzajúci, vyžaduje si však vhodné konštrukčné usporiadanie ventilátora. Táto regulácia sa používa pre veľké prietoky pracovných médií.

Regulácia prietoku zmenou otáčok ventilátora je možné aplikovať v celom rozsahu dopravovaných prietokov pracovných médií. Riadenia otáčok sa realizuje frekvenčne regulovanými AM. Regulácia prietoku dopravného média zmenou otáčok asynchrónneho motora je energeticky optimálne riešenie. V systéme kde tlak je úmerný druhej mocnine prietoku zostáva účinnosť ventilátora pri všetkých otáčkach konštantná a súčasne výrazne klesá hladina hluku.

Reguláciou ventilátorov veľkých výkonov je možné dosiahnuť podstatné úspory elektrickej energie. To vyplýva z tzv. *ventilátorového zákona*:

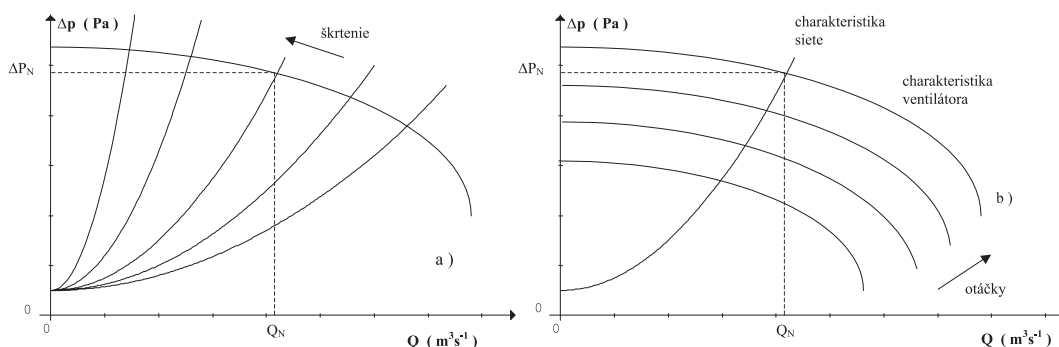
prietok dopravovaného média Q je priamo úmerný otáčkam ventilátora, tlak p (dopravná výška H) je úmerný druhej mocnine a príkon ventilátora P je priamo úmerný tretej mocnine otáčok.

Preto, čím vyžaduje technologický proces väčší regulačný rozsah prietoku, tým je tento spôsob regulácie efektívnejší.

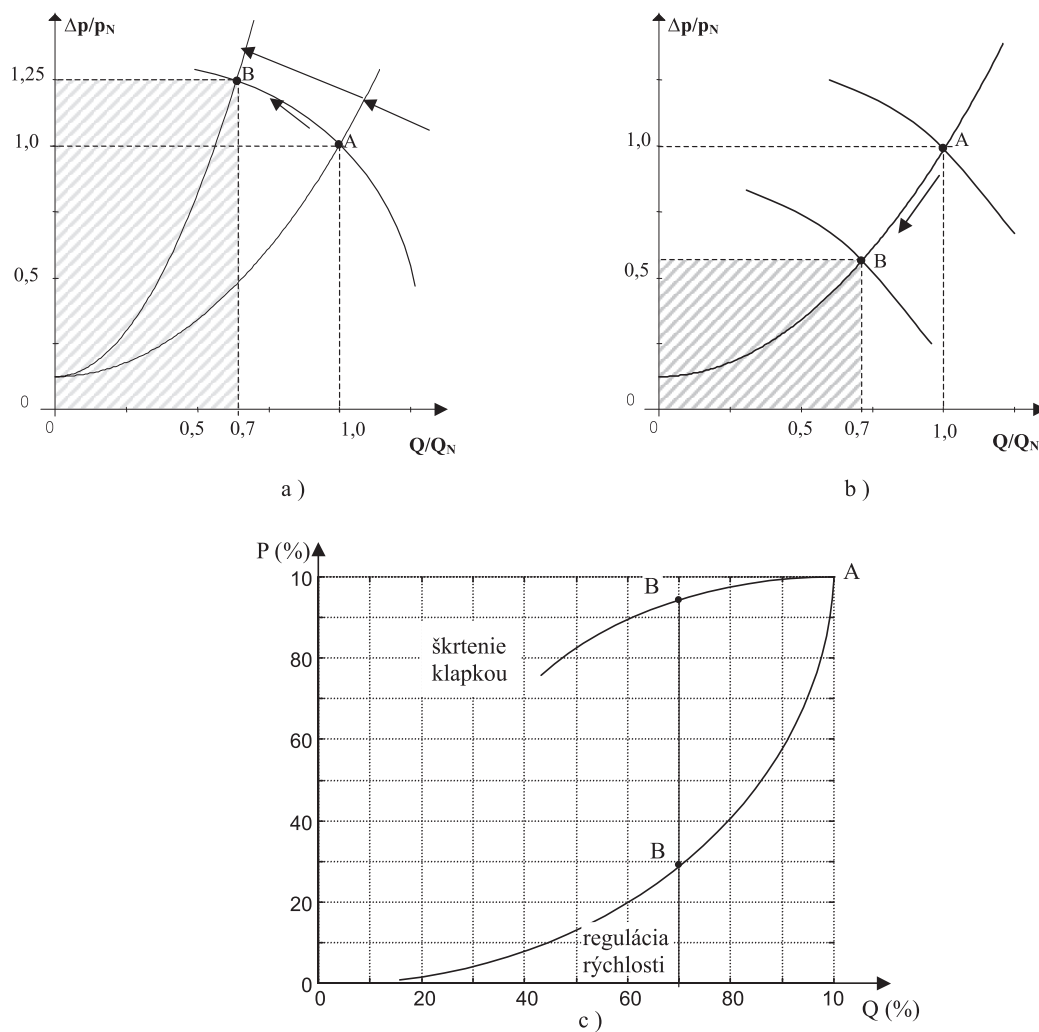
Na obr. 33 sú pre porovnanie uvedené systémové charakteristiky siete (potrubia) a záťažné charakteristiky ventilátorov pre reguláciu prietoku škrtení a zmenou otáčok.

Podobné charakteristiky má napr. aj obehové čerpadlo len s tým rozdielom, že na os y sa vynáša dopravná výška H .

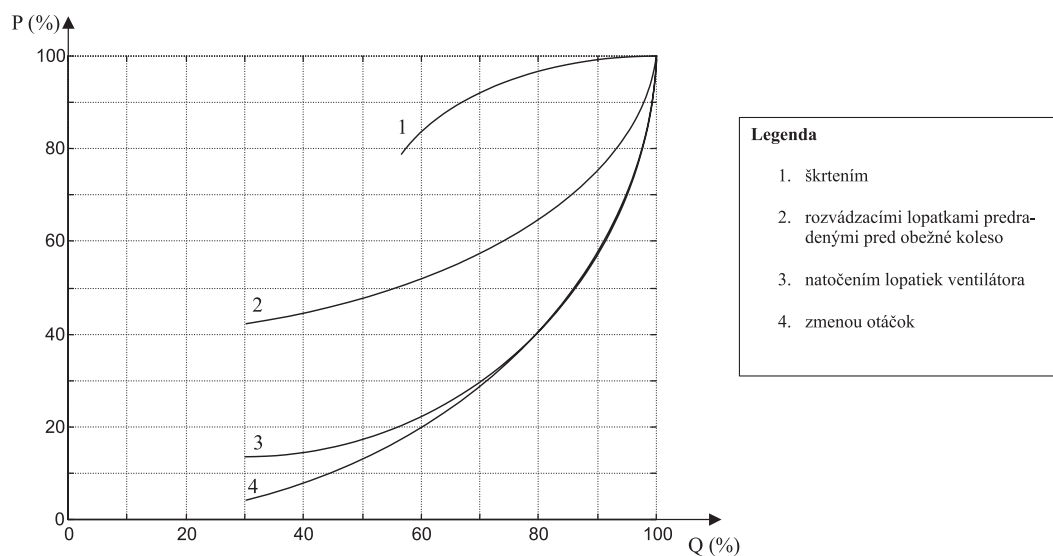
Ako príklad je možné uviesť porovnanie energetickej náročnosti regulácie škrtení a riadením otáčok ventilátora. Požiadavka je znížiť prietok dopravného média z maximálnej hodnoty (100 %) – pracovný bod A, na hodnotu 75 % – pracovný bod B. Na obr. 34 sú uvedené charakteristiky systému a) pri regulácii škrtení, b) pri regulácii otáčok, c) charakteristika príkonu ventilátoru ako funkcie prietoku.



Obr.33 Porovnanie regulácie škrtení a zmenou otáčok
a) regulácia prietoku škrtení, b) regulácia zmenou otáčok



Obr.34 Porovnanie energetickej náročnosti pri regulácii škrtaním a riedením otáčok ventilátora



Obr.35 Príkon motora pri rôznych spôsoboch regulácie

Výhody použitia pohonu ventilátora s frekvenčným riadením

Elektrický pohon má optimálnu účinnosť v celom regulačnom rozsahu. Účinnosť frekvenčného meniča pre celé regulačné pásmo sa blíži k hodnote jedna. Účinnosť systému *menič – motor* v závislosti od spôsobu zaťažovania klesá s otáčkami. Podľa veľkosti regulačného rozsahu sa menia úspory energie. Úspory môžu dosiahnuť hodnotu až 60% energie. Znižuje sa špičkové zaťaženie siete. Je možné napájať a súčasne riadiť niekoľko motorov z jedného napäťového medziobvodu frekvenčného meniča. Odpadá kompenzácia jalového výkonu pre meniče s napäťovým medziobvodom.

Plynulý rozsah s minimálnymi mechanickými rázmi zvyšuje životnosť prevodovky, spojky a ložisiek turbomechanizmu. Prevádzka pri nižších než menovitých otáčkach má priaznivý vplyv na životnosť mechanických častí. S klesajúcimi otáčkami sa výrazne znižuje aj hluk.

Normy a platné legislatívne predpisy súvisiace s prevádzkov frekvenčných meničov

Nariadenia vlády SR

Nariadenie vlády SR č. 392/1999 Z. z.

zo 16. 12. 1999 ktorým sa ustanovujú podrobnosti o technických požiadavkách a postupoch posudzovania zhody pre elektrické zariadenia, ktoré sa používajú v určitom rozsahu napätia

V §1 sú bližšie špecifikované takéto zariadenia: „Výrobok určený na použitie v rozsahu od 50 V do 1000 V striedavého napätia a v rozsahu od 75 V do 1500 V jednosmerného napätia patrí do skupiny určených výrobkov „elektrické zariadenie“ podľa § 9 ods. 1 zákona s výnimkou elektrických zariadení uvedených v prílohe č. 1 tohto nariadenia. Týmto zariadeniami sú:

1. Elektrické zariadenia určené na použitie vo výbušnom prostredí
2. Elektrické zariadenia určené na rádiológiu a na lekárske účely
3. Elektrické súčiastky nákladných a osobných výtahov
4. Elektromery
5. Elektrické zásuvky a vidlice pre domácnosť
6. Zariadenia na napájanie elektrických ohradníkov
7. Rádiové a elektrické rušenie a odolnosť
8. Špeciálne elektrické zariadenia určené na použitie v dráhových vozidlách, v lodiach, lietadlách a na dráhach, ktoré spĺňajú bezpečnostné požiadavky ustanovené v osobitných predpisoch platných pre tieto zariadenia

Nariadenie vlády SR č. 149/2002 Z. z.

z 13. 3. 2002, ktorým sa mení a dopĺňa vyššie uvedené nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 392/1999 Z. z., ktorým sa ustanovujú podrobnosti o technických požiadavkách a postupoch posudzovania zhody pre elektrické zariadenia, ktoré sa používajú v určitom rozsahu napätia.

Nariadenie vlády SR č. 392/1999 Z. z.

z 5. 6. 2002, ktorým sa mení a dopĺňa nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 392/1999 Z. z., ktorým sa ustanovujú podrobnosti o technických požiadavkách a postupoch posudzovania zhody pre elektrické zariadenia, ktoré sa používajú v určitom rozsahu napätia v znení nariadenia vlády Slovenskej republiky č. 149/2002 Z. z.

Smernice EÚ

Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2006/95/ES

z 12. 12. 2006 o o harmonizácii právnych predpisov členských štátov týkajúcich sa elektrického zariadenia určeného na používanie v rámci určitých limitov napätia.

Touto smernicou sa ruší skôr vydaná Smernica Rady 73/23/EHS ako aj článok I, bod 12 a článok 13 Smernice Rady 93/68/EHS

Smernica Rady 93/68/EHS

z 22. 7. 1993 ktorou sa menia a dopĺňajú smernice 87/404/EHS (jednoduché tlakové nádoby), 88/378/EHS (bezpečnosť hračiek), 89/106/EHS (stavebné výrobky), 89/336/EHS (elektromagnetická kompatibilita), 89/392/EHS (strojové zariadenie), 89/686/EHS (zariadenia osobnej ochrany), 90/384/EHS (neautomatické váhové prístroje), 90/385/EHS (implantabilné liečebné prístroje), 90/396/EHS (prostriedky na plynové palivo), 91/263/EHS (telekomunikačné terminálové zariadenie), 92/42/EHS (nové teplovodné kotly na tekuté alebo plynové palivo) a 73/23/EHS (elektrické zariadenia skonštruované na použitie v rámci určitého rozmedzia napätia)

EN 55011:2007

Priemyselné, vedecké a zdravotnícke (ISM) vysokofrekvenčné zariadenia. Charakteristiky elektromagnetického rušenia. Medze a metódy merania (CISPR 11:2003 (Modifikovaná) + A1:2004 (Modifikovaná))

- táto norma nahrádza pôvodnú normu EN 55011:1998 a jej zmeny. Nová (alebo zmenená) norma má rovnaký rozsah použitia ako nahradená norma. Od určeného dátumu nahradená norma prestáva poskytovať predpoklad zhody so základnými požiadavkami smernice.

Dátum ukončenia predpokladu zhody nahradenej normy: 1. 11. 2009

EN 60204-1:2006

Bezpečnosť strojov – Elektrické zariadenia strojov časť 1:

Všeobecné požiadavky.

V mnohých prípadoch sa EN 60204-1 vo svojich ustanoveniach odvoláva na iné normy, najmä na súbor noriem IEC 60364 (súbor STN 33 2000), ktoré sú aplikovateľné na elektrické zariadenia alebo ich časti, pokiaľ pracujú v oblasti napätí do 1000 V ac, resp. 1500 V dc a pri frekvenciách nižších ako 200 Hz.

Ďalšie súvisiace normy

Názov	Dátum vydania	Popis
STN EN 50178:1997	1997	Elektronické zariadenia určené na použitie v silnoprúdových inštaláciách.
STN EN 60146-1-1 (351530)	08/2001	Polovodičové meniče. Všeobecné požiadavky a meniče so sieťovou komutáciou. Časť 1-1: Stanovenie základných požiadaviek Táto medzinárodná norma špecifikuje požiadavky na prevedenie všetkých elektronických výkonových meničov a elektronických výkonových spínačov, ktoré používajú riadené alebo neriadené elektronické výkonové súčiastky.
STN EN 60146-1-1: 2001/A1 (351530)	08/2001	Polovodičové meniče. Všeobecné požiadavky a meniče so sieťovou komutáciou. Časť 1-1: Stanovenie základných požiadaviek.
TNI IEC/TR 60146-1-2 (351530)	08/2001	Polovodičové meniče. Všeobecné požiadavky a meniče so sieťovou komutáciou. Časť 1-2: Návod na používanie
STN EN 60146-1-3 (351530)	08/2001	Polovodičové meniče. Všeobecné požiadavky a meniče so sieťovou komutáciou. Časť 1-3: Transformátory a tlmivky
STN EN 60146-2 (351530)	09/2002	Polovodičové meniče. Časť 2: Polovodičové meniče s vlastnou komutáciou vrátane priamych jednosmerných meničov (Norma na priame používanie ako STN).
STN EN 61800-1 (351720)	08/2001	Systémy elektrických výkonových pohonov s nastaviteľnou rýchlosťou. Časť 1: Všeobecné požiadavky. Špecifikácie menovitých údajov pre systémy nízkonapäťových jednosmerných výkonových pohonov s nastaviteľnou rýchlosťou (Norma na priame používanie ako STN).
STN EN 61800-2 (351720)	08/2001	Systémy elektrických výkonových pohonov s nastaviteľnou rýchlosťou. Časť 2: Špecifikácie menovitých údajov pre systémy nízkonapäťových jednosmerných výkonových pohonov s nastaviteľným kmitočtom (Norma na priame používanie ako STN).
STN EN 61800-3 (351720)	06/2005	Systémy elektrických výkonových pohonov s nastaviteľnou rýchlosťou. Časť 3: Požiadavky na elektromagnetickú kompatibilitu (EMC) a špecifické skúšobné metódy (Norma na priame používanie ako STN).
STN EN 61800-4 (351720)	06/2003	Systémy elektrických výkonových pohonov s nastaviteľnou rýchlosťou. Časť 4: Všeobecné požiadavky. Špecifikácia výkonu pre systémy striedavých výkonových pohonov na striedavé napätie nad 1 kV a do 35 kV (Norma na priame používanie ako STN).
STN EN 61800-5-1 (351720)	10/2003	Systémy elektrických výkonových pohonov s nastaviteľnou rýchlosťou. Časť 5-1: Všeobecné požiadavky. Elektrické, tepelné a energetické požiadavky (Norma na priame používanie ako STN). (Platnosť do 1.8.2010).

Pohony – Frekvenčné meniče

Názov	Dátum vydania	Popis
STN EN 61800-5-1 (351720)	02/2008	Systémy elektrických výkonových pohonov s nastaviteľnou rýchlosťou. Časť 5-1: Bezpečnostné požiadavky. Elektrické, tepelné a energetické požiadavky (Norma na priame používanie ako STN).
STN EN 61800-5-2 (351720)	04/2008	Systémy elektrických výkonových pohonov s nastaviteľnou rýchlosťou. Časť 5-2: Bezpečnostné požiadavky. Funkčné požiadavky (Norma na priame používanie ako STN).
TNIC LC/TR 61800-6 (351720)	02/2009	Systémy elektrických výkonových pohonov s nastaviteľnou rýchlosťou. Časť 6: Návod na stanovenie typov prevádzkového zaťaženia a zodpovedajúcich prúdových hodnôt (Norma na priame používanie ako STN).
STN EN 61800-7-1 (351720)	11/2008	Systémy elektrických výkonových pohonov s nastaviteľnou rýchlosťou. Časť 7-1: Generické rozhranie a použitie profilov pre systémy výkonových pohonov. Definícia rozhrania (Norma na priame používanie ako STN).
STN EN 61800-7-201 (351720)	11/2008	Systémy elektrických výkonových pohonov s nastaviteľnou rýchlosťou. Časť 7-201: Generické rozhranie a použitie profilov pre systémy výkonových pohonov. Špecifikácia profilu typu 1 (Norma na priame používanie ako STN).
STN EN 61800-7-202 (351720)	11/2008	Systémy elektrických výkonových pohonov s nastaviteľnou rýchlosťou. Časť 7-202: Generické rozhranie a použitie profilov pre systémy výkonových pohonov. Špecifikácia profilu typu 2 (Norma na priame používanie ako STN).
STN EN 61800-7-203 (351720)	11/2008	Systémy elektrických výkonových pohonov s nastaviteľnou rýchlosťou. Časť 7-203: Generické rozhranie a použitie profilov pre systémy výkonových pohonov. Špecifikácia profilu typu 3 (Norma na priame používanie ako STN).
STN EN 61800-7-204 (351720)	11/2008	Systémy elektrických výkonových pohonov s nastaviteľnou rýchlosťou. Časť 7-204: Generické rozhranie a použitie profilov pre systémy výkonových pohonov. Špecifikácia profilu typu 4 (Norma na priame používanie ako STN).
STN EN 61800-7-301 (351720)	11/2008	Systémy elektrických výkonových pohonov s nastaviteľnou rýchlosťou. Časť 7-301: Generické rozhranie a použitie profilov pre systémy výkonových pohonov. Mapovanie profilu typu 1 do sieťových technológií (Norma na priame používanie ako STN).
STN EN 61800-7-302 (351720)	11/2008	Systémy elektrických výkonových pohonov s nastaviteľnou rýchlosťou. Časť 7-302: Generické rozhranie a použitie profilov pre systémy výkonových pohonov. Mapovanie profilu typu 2 do sieťových technológií (Norma na priame používanie ako STN).
STN EN 61800-7-303 (351720)	11/2008	Systémy elektrických výkonových pohonov s nastaviteľnou rýchlosťou. Časť 7-303: Generické rozhranie a použitie profilov pre systémy výkonových pohonov. Mapovanie profilu typu 3 do sieťových technológií (Norma na priame používanie ako STN).
STN EN 61800-7-304 (351720)	11/2008	Systémy elektrických výkonových pohonov s nastaviteľnou rýchlosťou. Časť 7-304: Generické rozhranie a použitie profilov pre systémy výkonových pohonov. Mapovanie profilu typu 4 do sieťových technológií (Norma na priame používanie ako STN).
STN EN 61000-6-2 (33 3432)	08/2001	Elektromagnetická kompatibilita. Časť 6-2: Všeobecné normy. Odolnosť – priemyselné prostredie. Harmonizovaná EN: EN 61000-6-2:1999
STN EN 61000-6-2 (33 3432)	09/2003	Elektromagnetická kompatibilita (EMC). Časť 6-2: Všeobecné normy. Odolnosť – priemyselné prostredie. Harmonizovaná EN: EN 61000-6-2:2001
STN EN 61000-6-4 (33 3432)	10/2003	Elektromagnetická kompatibilita (EMC). Časť 6-4: Všeobecné normy. Vyžarovanie – priemyselné prostredia Harmonizovaná EN: EN 61000-6-4:2001
STN EN 50081 – 2 (33 3433)	07/1998	Elektromagnetická kompatibilita. Všeobecná norma pre vyžarovanie. Časť 2: priemyselné prostredie Harmonizovaná EN: EN 50081-2:1993

Vybrané riešenia niektorých výrobcov pohonov

ACS800

Tento v praxi osvedčený menič sa vyznačuje modulárnou stavbou, priamym riadením momentu založeným na technológii DTC (Direct Torque Control) bez pulzne šírkovej modulácie a nutnosti použitia otáčkovej spätnej väzby. Ma integrovaný napäťový medziobvod, plne číslicové riadiace a regulačné obvody a prenos signálov vnútri meniča sa realizuje optickou cestou.

Výsledkom novej technológie, ktorá riadi spínanie výkonových prvkov podľa okamžitej hodnoty magnetického toku a momentu (40 000 za sekundu) je vysoká účinnosť z dôvodu nízkych spínacích strát, takže v rozmedzí 40 až 50 Hz umožňuje menič 100% zaťažiteľnosť.

Záberový moment pri štarte motora je 200 % menovitého momentu.

Desaťjazyčný, štvorriadkový číslicový LCD panel a fóliová klávesnica na odnímateľnom ovládacom paneli uľahčujú uvedenie do prevádzky, diagnostiku pohonu a výbornú informáciu pre obsluhu.

Zabudovaná je vstupná tlmivka, čím sú splnené najnovšie normy EU pre elektromagnetickú kompatibilitu. V meniči sú zabudované ochrany pred skratom, nadprúdom, prepätím, podpäťm, prehriatím, zemným spojením, stratou fázy motora, nadlimitnou frekvenciou.

www.abb.sk



VLT® AutomationDrive

VLT® AutomationDrive FC 300 predstavuje koncept jediného frekvenčného meniča pre riadenie všetkých operácií od štandardných motorov až po servomotory v akomkoľvek stroji.

Meniče VLT® AutomationDrive FC 300 majú veľa vynikajúcich vlastností, ako napríklad:

- sú k dispozícii vo výkonoch 0,25 – 1400 kW,
- pre siete 3x 200 V, 3x 380 – 480/500 V, a 3x 690 V. Možná je aj prevádzka na IT sieti,
- celá škála krytia pre všetky aplikácie: IP00, IP20, IP21, IP55 a IP66,
- štandardne vstavané EMC filtre, moduly pre potlačenie vyšších harmonických alebo brzdné moduly,
- dlhé motorové káble (150 m) pri dodržaní EMC limitov C1 alebo C2,
- odolné voči vonkajšiemu prostrediu podľa normy IEC 60721-3-3, trieda 3C2 alebo až trieda 3C3 pre agresívne prostredie,
- ľahké ovládanie: grafický displej s 27 jazykmi, štandardom je sériové rozhranie USB aj RS-485,
- k dispozícii Fieldbus voliteľné doplnky. PC softvér MCT 10 pre ovládanie cez PC možno stiahnuť na internete
- funkcia bezpečného zastavenia (Safe Stop) kat. 3 podľa EN 954-1 alebo SIL2/ IEC 61508).
- vektorové riadenie, riadenie VCC+, automatická adaptácia motora, PID regulátor,
- vstavaný logický automat (Smart Logic Controller). Jednoducho, ale dômyselne zaisťuje vzájomnú spoluprácu meniča, motora a aplikácie.



www.danfoss.sk/VLT

DV6 – najsofistikovanejšie vektorové frekvenčné meniče

S viac ako 200% štartovacím momentom a prakticky 100% statickým momentom bez spätnej väzby je DV6 jeden z najvýkonnejších frekvenčných meničov vo svojej triede. Zaručuje plynulosť prevádzky a je vhodnejší pre dynamické aplikácie v baliarskom, tlačiarenskom a textilnom priemysle ako aj pre najrôznejšie stroje, výťahy a dopravníky. DV6 môže byť nasadený ako samostatný pohon (stand-alone) alebo integrovaný do automatizačných systémov. Rozsah výkonu pre 4-pólové striedavé asynchrónne motory je od 0,75 kW do 132 kW pri napájaní 400 V.

Ďalšie charakteristiky:

- vektorová regulácia (otvorená/uzatvorená regulačná slučka)
- autotuning – načítanie parametrov motora
- 32 bitový procesor
- plný točivý moment pri takmer 0 Hz (otvorená regulačná slučka)
- prúdová preťažiteľnosť – 150 % počas doby 0,5 s; 120 % počas doby 60 s
- rozbehový moment cez 200 % od 0,5 Hz (až 150 % pri 0 Hz pri uzatvorenom regulačnom uzle)
- integrovaný brzdný modul – tranzistor (meniče do 11 kW)
- 4-miestny 7-segmentový displej, 6 funkčných tlačidiel
- parametrizovateľné digitálne a analógové vstupy a výstupy
- výstupné relé
- vstup pre termistor (PTC)
- príslušenstvo integrované vnútri meniča
- dekóder snímača otáčok pre presnú reguláciu (voliteľné)
- ukladanie užívateľských makier



Nemecký koncern Moeller, ktorého je Moeller Electric s.r.o. dcérskou spoločnosťou získala na jar 2008 nového vlastníka, americkú spoločnosť Eaton Corporation a zahájila integráciu do štruktúry tejto spoločnosti. Ukončením integračného procesu je zmena obchodného mena spoločnosti na Eaton Electric s.r.o. k 1.10.2009. Divízia Electrical spoločnosti Eaton Corporation sa zaoberá výrobou a predajom elektrických zariadení pre distribúciu energie, riadiacich systémov a záložných zdrojov elektrickej energie. Pod obchodnými značkami ako Cutler-Hammer®, MGE Office Protection Systems™, Powerware®, Holec®, MEM®, Santak a Moeller poskytuje zákaznícky prispôbené riešenia PowerChain Management®, ktoré pokrývajú potrebu elektrických systémov v rôznych sférach a odboroch po celom svete.

www.moeller.sk

TOSHIBA – frekvenčný menič radu VF-nC3

Japonský výrobca Toshiba rozšíril produktové portfólio frekvenčných meničov o nový rad nC3. Ide o kompaktný, nízkonákladový menič pre motory do 4kW, pričom zostávajú zachované všetky dôležité parametre pre spoľahlivé použitie pohonov v dopravníkoch, baliacej technike, ventilátoroch, obrábacích strojoch a polohovacej technike. Dostupné sú možnosti riadenia v skalárnom, vektorovom móde, tiež aj s premenlivým krútiacim momentom a automatickým zvýšením krútiaceho momentu. Ako u všetkých typov Toshiba meničov aj rada nC3 prináša algoritmus pre šetrenie elektrickej energie, čím prispieva k rýchlej návratnosti, už aj tak nízkej ceny meniča. Možnosti nastavenia PID regulátora, programovateľných vstupov ako aj U/I analógového výstupu poskytujú zákazníkovi dostatočné možnosti aplikovania tohoto meniča vo väčšine technologických aplikácií.

Nastavenie v siedmich krokoch zvládnu aj nezaškolené osoby jednoduchým zatlačením a otočením ovládača na panely. Pre komunikáciu s nadradeným systémom je zabudované aj rozhranie RS-485.

www.s-d-a.sk



Nový a zaujímavejší Altivar 312



Altivar 312 je frekvenčný menič pre 3-fázové asynchrónne motory vo výkonovom rozsahu od 0,18 do 15 kW. ATV312 pokračuje v novom dizajnovom trende. Má nový ovládací panel s otočným navigačným tlačidlom s možnosťou lokálneho nastavenia, monitorovania a riadenia. Štandardom je, ako u väčšiny meničov Altivar, integrovaný EMC filter (kategória C2). Frekvenčný menič má zabudovanú komunikačné rozhranie Modbus a CanOpen. Rozširujúcimi kartami je možné komunikáciu zmeniť na Profibus DP, CanOpen Daisy Chain a DeviceNet. Ďalšou novinkou je pripojenie jednoduchého vzdialeného terminálu, alebo viacjazyčného grafického terminálu k frekvenčnému meniču. Prenos dát je možné riešiť aj jednoduchým modulom „MultiLoader“ a beznapäťovo aj s „Loader“. K dispozícii je známe softvérové prostredie Power Suite, ale aj novinka SoMove prostredníctvom ktorej je možné využiť pre prenos dát aj mobilný telefón.

www.schneider-electric.sk

Technika pohonov – nové trendy

Zmeny tak v oblasti hardvéru ako aj softvéru menia pohľad na oblasť pohonov a motorov. Z pohľadu hardvéru nastupuje nová generácia výkonových polovodičových prvkov – bipolárnych tranzistorov s oddelenou bránou (IGBT) s drážkou pre zapustenie hradla (elektróda brány), ktorá je vypletaná do štruktúry kremíku. Tieto polovodičové prvky dokážu znížiť výkonové straty pri servopohonoch a umožňujú vyrábať rozmerovo menšie pohony. Využívanie voľne dostupných či na norme PLCopen postavených programovacích rozhraní nezávislých na hardvéry pohonu zase umožňuje výber tej najlepšej technológie pohonu vhodnej napr. pre ľubovoľný niekoľko osový servopohon alebo krokový, indukčný, jednosmerný kefkový či hydraulický pohon bez akéhokoľvek vplyvu na aplikačný softvér pre riadenie týchto rôznych typov pohonov.

Zlepšenia v oblasti motorov a prevodovkových motorov sa týkajú najmä účinnosti, inteligencie a spoľahlivosti. Aktuálne sa taktiež pripravuje nová legislatíva pod koordináciou IEEE a IEC týkajúca sa úrovni energetickej efektívnosti. Táto ovplyvní najmä výrobcov strojov, ktorí budú musieť prehodnotiť, či používajú najúčinnnejšie riešenia. V súčasnosti sú už motory oveľa viac pripravené na priame prepojenie s inteligenciou celého stroja, pričom niektoré pokročilé riešenia motorov už túto inteligenciu majú integrované v sebe. To im umožňuje nielen priamo komunikovať s PLC alebo inými nadradenými sieťovými systémami ale sú takto schopné simultánne riadiť niekoľko osí.

Ďalšie nové možnosti pre pohony a motory predstavujú komunikačné architektúry postavené na ethernetete s viacerými odskúšanými protokolmi. Začlenenie riadiacich a komunikačných príkazov, V/V či bezpečnostných technológií umožňuje ďalšie znižovanie ceny a to umožňuje ďalší pokrok v iných technologických oblastiach (krokovanie so servopohonmi a iné.)

Viaceré výskumné pracoviská preverujú možnosti využívania technológie s permanentnými magnetmi v otvorenej slučke, ktorá by mohla nahradiť indukčné motory. Táto nová technológia je zatiaľ nákladná, avšak predstavuje ďalší pokrok z hľadiska účinnosti. Technológia indukčných motorov sa už dostala na hranicu možnej účinnosti a mnohí výrobcovia by radi zaradili do svojho výrobného programu práve typy s permanentnými magnetmi.

Inovatívne zmeny v technológií vinutí umožňuje vyrábať veľmi účinné a výkonné motory aj malých rozmerov. Významne vzrástla účinnosť tranzistorov a do motorov sa začali priamo zabudovávať frekvenčné meniče. Za veľmi dobré ceny sú už k dispozícii aj digitálne signálne procesory s plávajúcou desatinnou čiarkou. Pohony tak už čoskoro budú inteligentnejšie ako kedykoľvek predtým a PLC už budú z tohto pohľadu čoraz menej a menej potrebné.

Rovnako sa črtajú zaujímavé zlepšenia aj v oblasti frekvenčných meničov. V tomto smere pôjde o integrovanie sieťovej komunikácie, zhodu s RoHS, menšie fyzické rozmery, univerzálne spôsoby riadenia motorov, vyššie výkony a zabudovanie funkcionality PLC.

Aj keď lineárne motory zatiaľ nenahradia všetky remeňové, presné závitovkové pohony alebo ozubnice s pastorkom, už teraz sa namiesto týchto komponentov používajú v mnohých aplikáciách. Pri servopohonoch sa do popredia čoraz viac dostávajú sofistikovanejšie a presnejšie samoladiace možnosti. Pokročilé technológie pri krokových motoroch zase chránia pred stratou synchronizácie a to aj bez PID riadenia.

Pohony už v súčasnosti dokážu vypočítať úspory energií v reálnom čase. Táto skutočnosť nebola nikdy doteraz tak oceňovaná, ako práve v časoch hospodárskej recesie. Využitelnosť pohonov vzrástla skokovou zmenou vďaka schopnosti plug-and-play konfigurácie medzi pohonom a motorom.

Prieskum slovenského trhu v oblasti frekvenčných meničov

Metodológia realizácie prieskumu

V rámci prieskumu, ktorý v októbri 2009 realizovala redakcia odborného mesačníka AT&P journal bolo oslovených 210 vybraných podnikov na území Slovenska z takmer všetkých oblastí priemyslu.

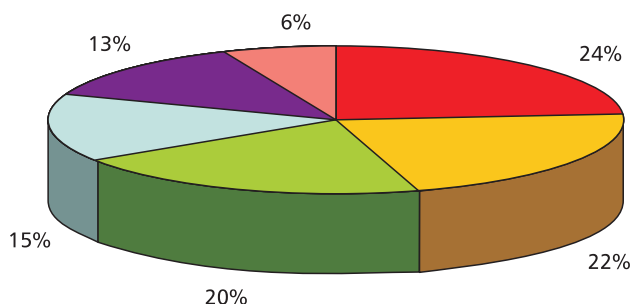
Konkrétnym odborným pracovníkom z týchto podnikov, ktorí najčastejšie uvádzali ako svoju pracovnú náplň technik ASR TP, elektroúdržba, vedenie oddelenia, realizácia investičných akcií, projektant bol e-mailom zaslaný dotazník pozostávajúci zo 14-tich okruhov otázok. Vyplnené dotazníky zaslali odborníci z 33 priemyselných podnikov.

Zameranie prieskumu

Zrealizovaný prieskum bol zameraný na produktovú kategóriu frekvenčné meniče.

Výsledky prieskumu

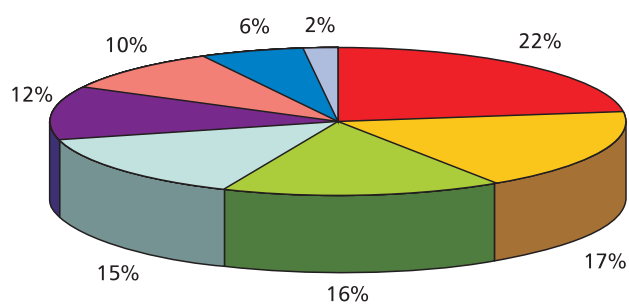
1. Frekvenčné meniče používate pre aplikácie s:



- čerpadlami
- dopravníkmi
- ventilátormi
- kompresormi a dýchadlami
- polohovacími systémami
- iné

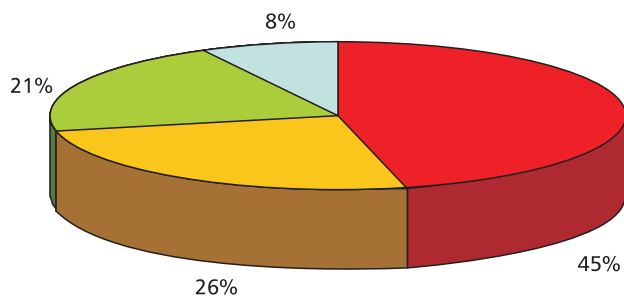
Iné: pohony extrúderov, navíjacích stojanov, sekačiek, regulácia pH odpadových vôd cez otáčky čerpadla s magnetickou spojkou, centrifúgy, dávkovacie šneky, excentrické lis, manipulátory

2. Pri výber frekvenčného meniča hrá dôležitú úlohu:



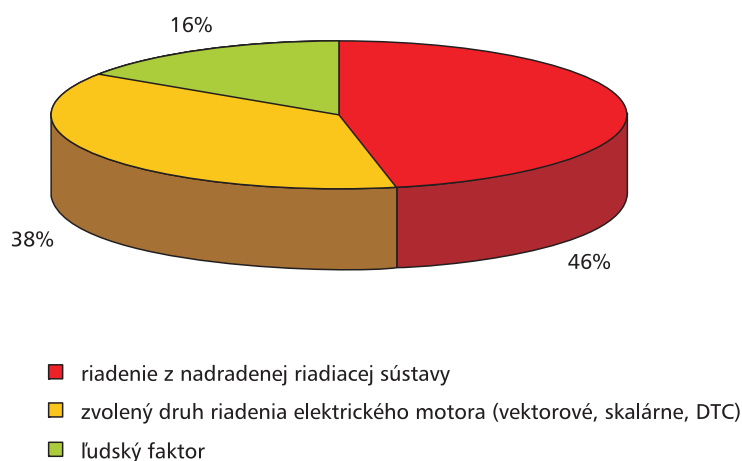
- dostupnosť servisu a náhradných dielov
- cena
- použitá technológia riadenia (vektorové, DTC, skalárne)
- účinnosť
- kompaktná konštrukcia – bez externých komponentov
- rozmery a hmotnosť
- inštalovaná databáza
- hlučnosť

3. Preferujete riadenie frekvenčných meničov cez:



- analógové/digitálne vstupy a výstupy
- ovládací panel
- rozhrania typu FieldBus
- ethernet

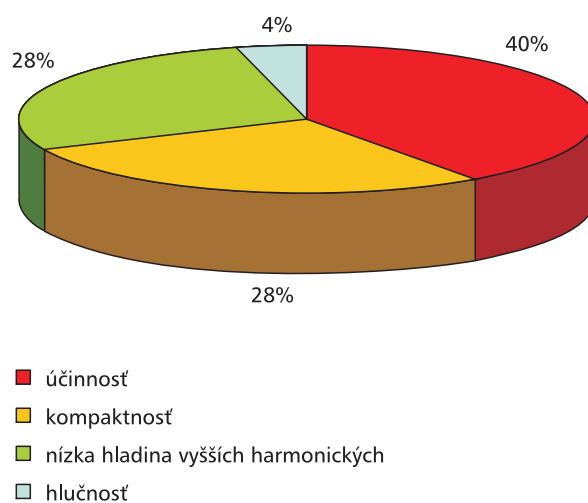
4. Na kvalitu riadenia vo vašich aplikáciách vplýva:



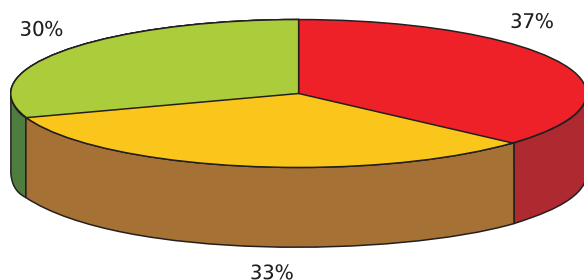
5. Pri nastavovaní frekvenčného meniča sa spoliehate na:



6. Ktorá je podľa vás v súčasnosti najdôležitejšia vlastnosť frekvenčného meniča?

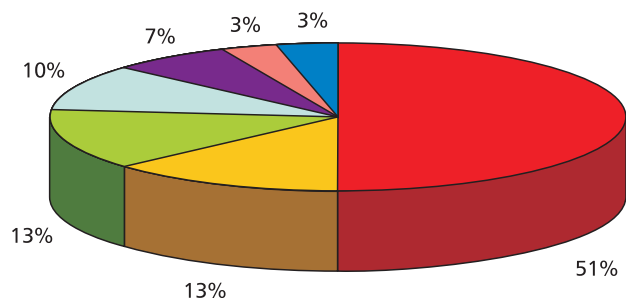


7. Do akej miery využívate technické možnosti a funkcie frekvenčných meničov, ktoré máte nainštalované vo vašej prevádzke?



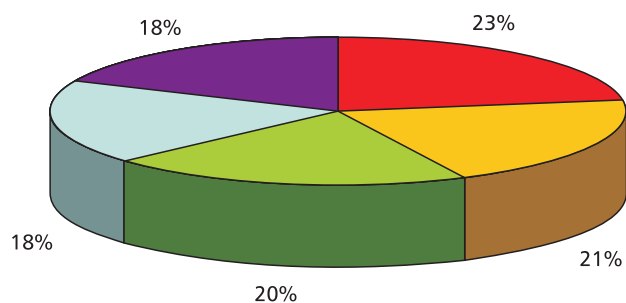
- využívame len základné funkcie riadenia, čiastočne sme zlepšili kvalitu riadenia pohonu
- využívame väčšinu funkcií frekvenčného meniča, vo veľkej miere sme zlepšili kvalitu riadenia
- využívame všetky základné aj pokročilé funkcie frekvenčného meniča, významne to prispieva ku kvalite riadenia

8. V akom rozsahu ste dosiahli energetické úspory po nasadení frekvenčných meničov v porovnaní s predchádzajúcim riešením riadenia tých istých pohonov?



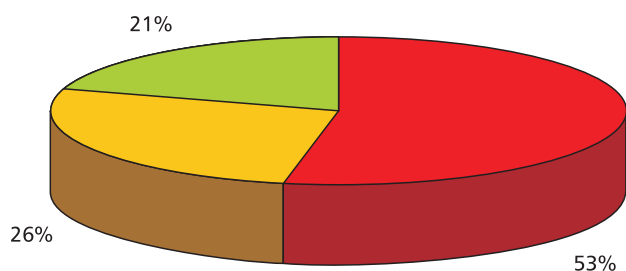
- nevyhodnocujeme takto dosiahnuté úspory energie
- 15 – 20 %
- 25 – 40 %
- 5 – 10 %
- 20 – 25 %
- 10 – 15 %
- > 40 %

9. Ktoré z uvedených služieb zo strany výrobcu/dodávateľa frekvenčného meniča vám najviac chýbajú?



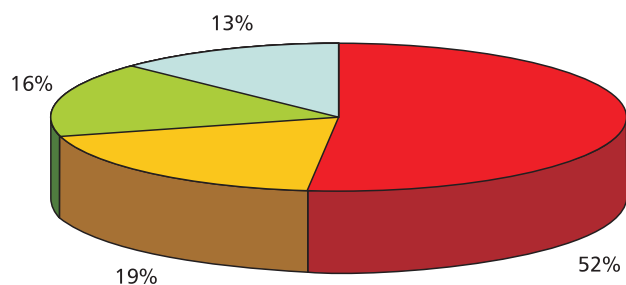
- technický manuál v slovenskom jazyku
- stručnejší popis najdôležitejších funkcií meniča
- zaškolenie k funkciám a možnostiam frekvenčného meniča
- hot-line podpora v prípade náhlej poruchy
- kratší termín dodávky frekvenčného meniča od objednania

10. Aké aktivity očakávate vo vašom podniku v súvislosti s frekvenčnými meničmi v najbližšom období?



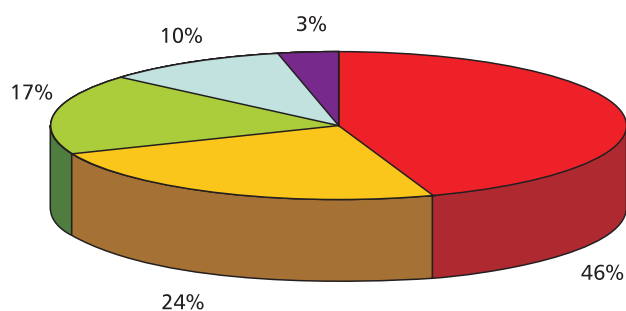
- nákup frekvenčných meničov pre aplikácie, kde sme ich doteraz navyžovali
- modernizáciu frekvenčných meničov v existujúcich aplikáciách
- neuvažujeme nad kúpou nových ani modernizáciou existujúcich frekvenčných meničov

11. V akom časovom horizonte plánujete investície do nákupu/modernizácie frekvenčných meničov?



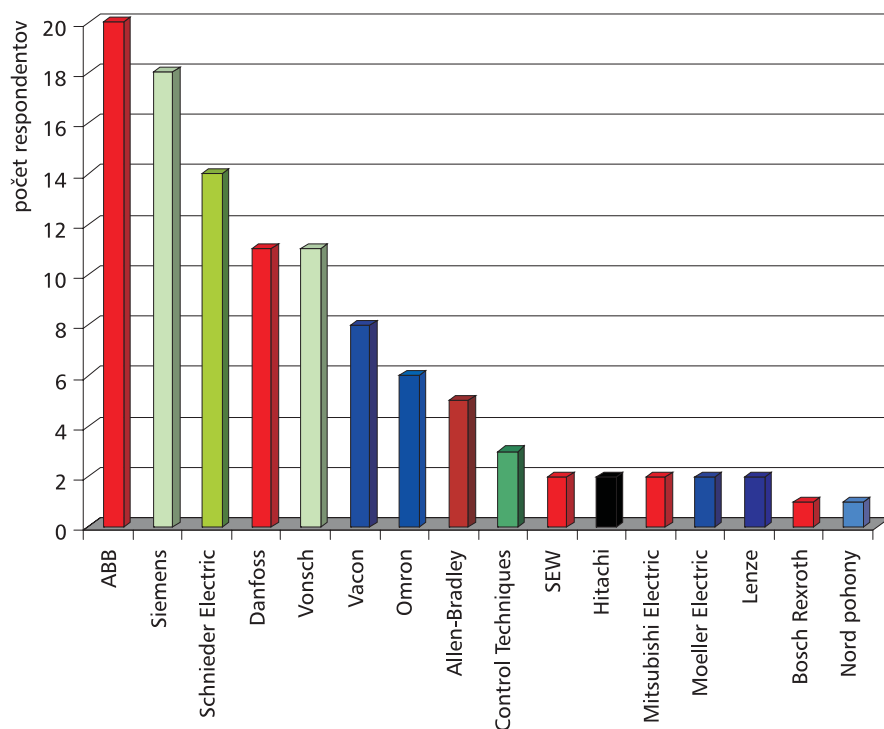
- ešte nemáme presne stanovený časový plán tejto investície
- > 1 rok
- 6 – 12 mesiacov
- < 6 mesiacov

12. Aké percento pohonov vo vašom podniku má ešte potenciál využiť riadenie prostredníctvom frekvenčného meniča?

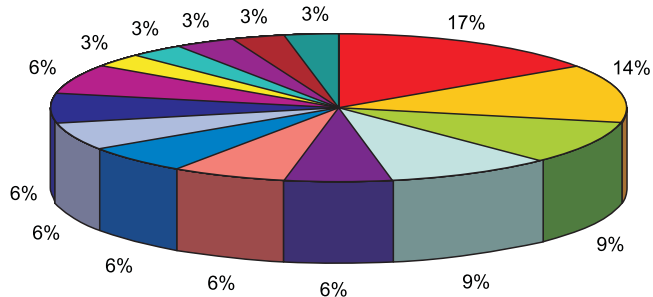


- 10 – 30 %
- 5 – 10 %
- 30 – 60 %
- < 5 %
- > 60 %

13. Od ktorých výrobcov máte u vás nasadené frekvenčné meniče?



14. Zastúpenie oblastí priemyslu, z ktorých prišli vyplnené dotazníky



- chemický priemysel
- energetika
- automobilový priemysel
- potravinársky a nápojový priemysel
- celulózo-papierenský priemysel
- drevársky a nábytkársky priemysel
- ropa a plyn (výroba, preprava, distribúcia)
- stavebný priemysel
- spracovanie kovov a ťažba
- hutnícky priemysel a metalurgia
- gumársky priemysel
- plastikársky priemysel
- strojársky priemysel
- banský priemysel
- sklársky priemysel

Zoznam firiem

Výrobcovia, dodávatelia zariadení a riešení
v oblasti pohonov**ABB, s.r.o.**

Westend Tower, Dúbrabská cesta 2

841 04 Bratislava

Tel.: 02/594 18 711 – 712

Fax: 02/594 18 766 – 767

E-mail: radovan.sabo@sk.abb.com [poslať mail](#)www: <http://www.abb.com> [otvoriť stránku](#)**Danfoss s.r.o.**

Elektrické pohony VLT®

Továrenská 49

953 01 Zlaté Moravce

Tel.: 037/640 62 81

Fax: 037/640 62 91

E-mail: Jana.Kissova@danfoss.com [poslať mail](#)Josef.Konecny@danfoss.com [poslať mail](#)www: <http://www.danfoss.sk/VLT> [otvoriť stránku](#)**ERIKS s.r.o.**

Rožňavská 1

831 04 Bratislava

Tel.: 02/4437 2895

Fax: 02/4437 2899

Email: info@eriks.sk [poslať mail](#)www: www.eriks.sk [otvoriť stránku](#)www.fptgroup.com [otvoriť stránku](#)www.eriks.com [otvoriť stránku](#)**Eaton Electric s.r.o**

Drieňová 1/B

821 01 Bratislava 2

Tel.: 02/4820 4330

Fax: 02/4820 4312

Email: LubosRevilak@eaton.com [poslať mail](#)www: www.moeller.sk [otvoriť stránku](#)www.eaton.com [otvoriť stránku](#)**S.D.A. s.r.o.**

Jána Bottu 4

974 01 Banská Bystrica

Tel.: 048/472 34 11, 414 83 86, -87

Fax: 048/472 34 69

E-mail: jaroslav.filo@s-d-a.sk [poslať mail](#)www: <http://www.s-d-a.sk> [otvoriť stránku](#)**Schneider Electric Slovakia s.r.o**

Borekova 10

821 06 Bratislava 214

Tel.: 02/4552 4010

Fax: 02/4552 4000

E-mail: sk.schneider@sk.schneider-electric.com [poslať mail](#)www: <http://www.schneider-electric.sk> [otvoriť stránku](#)

Pohony – Frekvenčné meniče

Aplik spol. s r.o.

Staviteľská 3
831 04 Bratislava
Tel.: 02/4488 0533
Fax: 02/4488 0533
E-mail: aplik@aplik.sk
www: <http://www.aplik.sk>

ATP spol. s r.o.

Polianky 5
844 24 Bratislava
Tel.: 02/6428 4034
Fax: 02/6428 7440
E-mail: atp@atp.sk
www: <http://www.atp.sk>

AutoCont Control, spol. s r.o.

Radlinského 47
026 01 Dolný Kubín
Tel.: 043/5868 210
Fax: 043/5868 210
E-mail: info@autocontcontrol.sk
www: <http://www.autocontcontrol.sk>

BDI spol. s r.o.

Smreková 10
960 01 Zvolen
Tel.: 032/7445 524
Fax: 032/7445 523
E-mail: info@automation.sk
www: <http://www.automation.sk>

CS-MTRADE Slovensko s.r.o.

Vajanského 58
921 01 Piešťany
Tel.: 033/7742 760
Fax: 033/7735 144
E-mail: obchod@csmtrade.sk
www: <http://www.csmtrade.sk>

ELSYS, s.r.o.**zastúpenie firmy OMRON**

Komenského 89
921 01 Piešťany
Tel.: 033/7741 967
Fax: 033/7721 748
E-mail: elsys@elsys.sk
www: <http://www.elsys.sk>

**EMERSON a.s.,
div. Control Techniques**

Piešťanská 1202/44
915 28 Nové Mesto nad Váhom
Tel.: 032/7700 369
Fax: 032/7700 372
E-mail: ct@emerson.sk
www:
<http://www.controltechniques.sk>

ES&A, spol. s r.o.

Riazanská 108
831 02 Bratislava 3
Tel.: 02/4444 2766
Fax: 02/4444 2767
E-mail: esa@esa.sk
www: <http://www.esa.sk>

Honeywell s.r.o.

Mlynské nivy 71
821 05 Bratislava
Tel.: 02/322 622 11, -60, -67
Fax: 02/322 622 55
E-mail: zoltan.moricz@honeywell.com
juliana.stofirova@honeywell.com
www: <http://www.honeywell.com>

IBN Slovakia s.r.o.

Bernolákova 1
901 01 Malacky
Tel.: 034/7746 412
Fax: 034/7746 412
E-mail: info@ibnslovakia.sk
www: <http://www.ibnslovakia.sk>

MAR servis, s.r.o.

M.R. Štefánika 71
010 01 Žilina
Tel.: 041/700 38 33, -34
Fax: 041/700 38 35
E-mail: marservis.sk@stonline.sk
www: <http://marservis.szm.sk>

MEREGA CONTROLS s.r.o.

Priemyselná 1
917 00 Trnava
Tel.: 033/5522 365
Fax: 033/5522 365
E-mail: merega@naex.sk
www: <http://www.merega.szm.sk>

Murrelektronik s.r.o.

Majerská cesta 38
974 01 Banská Bystrica
Tel.: 048/4152 678
Fax: 048/4152 704
E-mail: marketing@murrelektronik.sk
www: <http://www.murrelektronik.sk>

NES Nová Dubnica s.r.o.

Gorkého 820/27
018 51 Nová Dubnica
Tel.: 042/4401 111
Fax: 042/4401 201
E-mail: obchod@nes.sk
www: <http://www.nes.sk>

Pohony – Frekvenčné meniče

PHOENTEC spol. s.r.o.

Štrbská 29
040 01 Košice
Tel.: 055/6446 509
Fax: 055/6446 509
E-mail: phoentec@phoentec.sk
www: <http://www.phoentec.sk>

PPA CONTROLL, a.s.

Vajnorská 137
830 00 Bratislava
Tel.: 02/4923 7374
Fax: 02/4923 7313
E-mail: ppa@ppa.sk
www: <http://www.ppa.sk>

PROCONT, spol. s r.o. Prešov

Kúpeľná 1/A
080 01 Prešov
Tel.: 051/7580 611
Fax: 051/7580 650
E-mail: obchod@procont.sk
www: <http://www.procont.sk>

ProCS, s.r.o.

Kráľovská ulica 8/824
927 01 Šaľa
Tel.: 031/7731 111
Fax: 031/7731 101
E-mail: procs@procs.sk
www: <http://www.procs.sk>

RLX components s.r.o.

Jančova 7
811 02 Bratislava
Tel.: 02/6252 9121
Fax: 02/6280 2576
E-mail: info@rlx.sk
www: <http://www.rlx.sk>

Siemens s.r.o.

Stromová 9
837 96 Bratislava
Tel.: 02/5968 2401
Fax: 02/5968 5240
E-mail: simatic@siemens.sk
www: <http://www.siemens.sk/ad>

SIMAP, s.r.o.

Mierové námestie 5
911 01 Trenčín
Tel.: 032/7430 472
Fax: 032/7437 520
E-mail: simap@simap.sk
www: <http://www.simap.sk>

SIPRIN, s.r.o.

Bárdošová 2/A
831 01 Bratislava
Tel.: 02/5968 3660
Fax: 02/5968 3685
E-mail: siprin.sk@siemens.com
www: <http://www.siprin.sk>

VONSCH spol. s r.o.

Budovateľská 13
977 03 Brezno
Tel.: 048/67130 21 – 31
Fax: 048/67130 20
E-mail: vonsch@vonsch.sk
www: <http://www.vonsch.sk>

VT-SERVICE CENTER

Hlavná č.2
943 01 Štúrovo
Tel.: 036/7511 742
Fax: 036/7520 042
E-mail: vt-service@stonline.sk
www: <http://www.vt-service.eu>

Pozn.: Viaceré z uvedených spoločností zabezpečujú aj návrh, poradenstvo a servis pre systémy a riešenia v oblasti pohonov a frekvenčných meničov.

Pri spracovaní štúdie boli použité zdroje

- [1] ŽALMAN, M.: Akčné členy, STU 2003, ISBN 80-227-1835-1
- [2] Technical Guide no. 7, Dimensioning of a Drive system, 3AFE 64362569 REV B, ABB, 2002
- [3] SCHMID, Ch.: Správny výber jednotlivých prvkov pohonov výrazne šetrí energiu (3), AT&P journal 12/2000, str. 23
- [4] Built-In Efficiency and Intelligence: Drives and Motors' New Generation Boasts Features That Make Them More Attractive Than Their Ancestors, jún 2009, publikované online na www.control-design.com
- [5] Úradný vestník Európskej únie, 2009/C 126/01, 5.6.2009
- [6] SÚTN, www.sutn.gov.sk

V roku 2009 boli vydané prehľadové štúdie

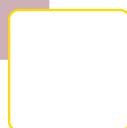
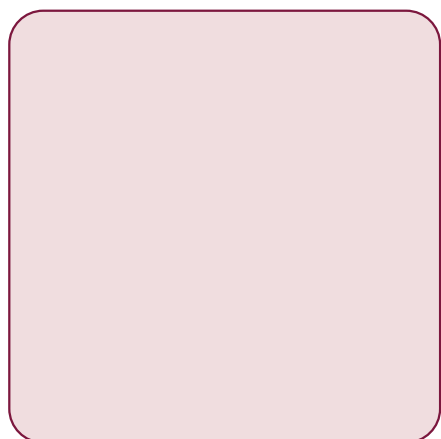
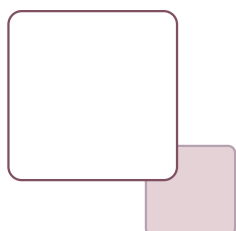
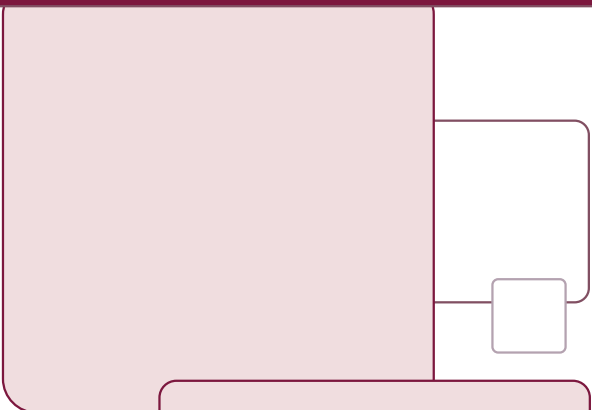
Prietokomery – Coriolis

Rozhranie človek – stroj (HMI)

Prevádzkové prístroje a bezdrôtové technológie na úrovni prevádzky

Pohony – Frekvenčné meniče

AT&P JOURNAL



www.atpjournal.sk
www.e-automatizacia.sk

