

Ovládání motorů vačkových systémů Sopap

Patrik Endler, Václav Brož, Uzimex Praha, spol. s r. o.,
Petr Přívratký, Blumenbecker Prag, s. r. o.

Vačkové systémy se uplatňují při výrobě, montáži výrobků a při manipulaci s nimi v automatizovaných linkách. Hlavními jejich přednostmi jsou rychlost, přesnost, spolehlivost a jednoduchost. Využívají se pro rychlé a přesné pohyby při manipulaci výrobky o hmotnosti v rozsahu od kilogramů po tuny. Vačkové mechanismy jsou díky robustní konstrukci a mechanickému principu spolehlivé, nenáročné na údržbu a jejich řízení je jednoduché. Uplatňují se při velkosériové výrobě, kde nejsou často a zásadně měněny technologické postupy, tedy především v automobilovém průmyslu, ve výrobě elektroniky a ve sklářství.

Silové vačky

Silová vačka, která je umístěna na vstupní hřídeli mechanismu, je zpravidla poháněna asynchronním motorem. Vačka zabírá do kladek pravidelně rozmístěných po obvodu výstupní hřídele nebo umístěných na posuvném členu mechanismu. Vačky transformují rovnoměrný otáčivý pohyb na rotační či přímočarý pohyb s požadovaným profilem průběhu rychlosti. V mechanismech SOPAP s přímočarým pohybem se používají dlouhé válcové silové vačky s drážkou po obvodu. V mechanismech s otočným pohybem jsou krátké silové válcové, globoidní a radiální vačky.

Vačkový mechanismus s plynulým krokováním je poháněn jednoduchým asynchronním motorem s převodovkou. Jestliže má po každém kroku čekat na dokončení technologické operace, použije se brzdový asynchronní motor vybavený elektromagnetickou brzdou.

Při rovnoměrném otáčení silové vačky vykonává výstupní talíř v otočných mechanismech či jezdec v přímočarých mechanismech přerušovaný pohyb, krokování. Výstupní člen se po vykonání pohybu zastaví v přesné poloze na krátkou dobu, zvanou doba klidu.

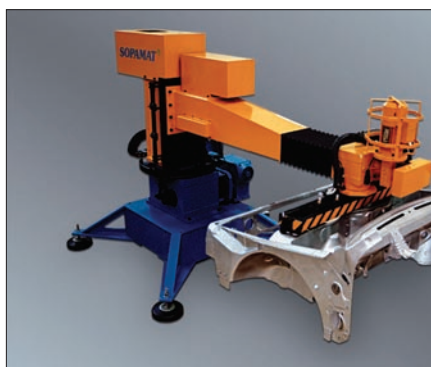
Nestačí-li doba klidu na provedení požadovaných technologických procesů, je možné

silovou vačku v úhlu klidu zastavit. Je také třeba ji obvykle zastavovat u otočných mechanismů, které krokují oběma směry. Zastavit se musí u přímočarých mechanismů při dosažení koncové polohy jezdece. Pro pohon takovýchto mechanismů se běžně používá asynchronní motor vybavený brzdou.

V mnoha aplikacích je požadován kombinovaný pohyb ve více osách. Pro manipulaci s menšími hmotami, které je zapotřebí zvednout, otočením přemístit a položit. Pro tyto případy SOPAP nabízí manipulátory s mechanicky svázaným otočným a přímočarým pohybem (obr. 1).



Obr. 1. Otočný manipulátor s mimoběžnými osami série M a princip funkce; zdvih se realizuje radiální vačkou, otočení globoidní vačkou; Obě vačky jsou na společné vstupní hřídeli



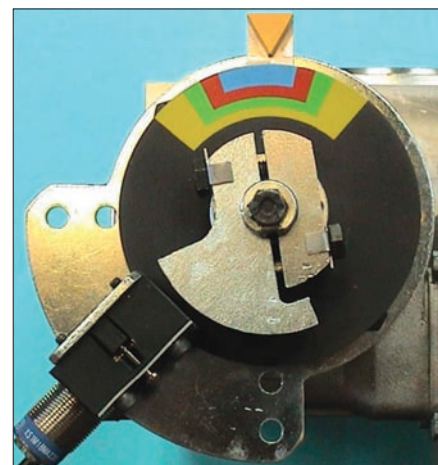
Obr. 2. Manipulátor SOPAMAT® tvoří rotační mechanismus, vertikální lineární jednotka a horizontální lineární jednotka

Pro víceosou manipulaci s většími hmotami je k dispozici manipulátor SOPAMAT®. Komponentami tohoto víceosého systému jsou rotační a lineární jednotky. Vazba mezi

jednotlivými jednotkami je řešena elektronickým řídicím systémem (obr. 2).

Signální vačky

V některých aplikacích je třeba po provedení kroku zastavit silovou vačku a počkat na dokončení technologické operace. Vačka se zastavuje ve chvíli, kdy je výstupní člen mechanismu v klidu, na silovou vačku z něj tedy nejsou přenášeny žádné setrvačné síly. Brzdí se pouze setrvačné síly silové vačky, hřídele a motoru s převodovkou. V tento okamžik se kladky výstupního členu nacházejí v úhlu klidu silové vačky. Pro získání potřebné informace o natočení silové vačky jsou mechanismy vybave-



Obr. 3. Řídicí vačka pro brzdění, vizualizační disk, snímač; řídicí vačka a vizualizační disk jsou na společné vstupní hřídeli s vačkovým mechanismem a řídicí vačka pro brzdění musí být nastavena tak, aby při zabrzdění mechanismu ukazovala nerotující oranžová šipka do středu barevné výšeče zobrazující úhel klidu

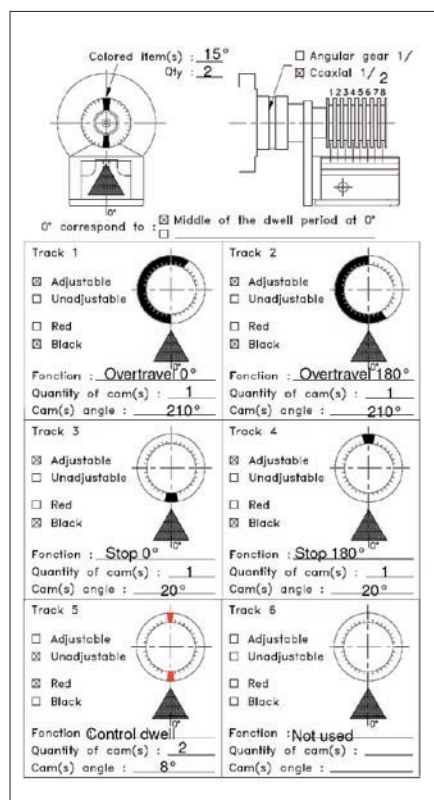
ny signálními vačkami. Otáčení signálních vaček je mechanicky odvozeno od otáčení silové vačky.

Signál, kdy začít brzdit, poskytne řídicí vačka pro brzdění. Tuto vačku uživatel nastaví tak, aby se mechanismus zastavil s kladkami výstupního členu v polovině úhlu klidu silové vačky. Je nutné počítat s časovým zpožděním snímače, řídicího systému, stykače a aktivace brzdy (obr. 3).

Informaci, že se silová vačka správně zastavila, může kromě vizualizačního disku poskytnout kontrolní vačka pro zastavení. Ta je výrobcem nastavena do středu úhlu klidu.

Řízení vačkového systému spočívá v připojování brzdového motoru k třífázové síti a jeho odpojování od této sítě. Zapojením snímačů signalizačních vaček do logické řídicí sítě je zaručen bezchybný a bezpečný provoz.

Jestliže mechanismus krouže střídavě oběma směry a zastavuje ve dvou klidových polohách, použijí se další signální vačky. Signální vačky se spojí s hřídelí silové vačky přes převodovku s poměrem 2 : 1. Otočení silové vačky mechanismu o 360° odpovídá otočení řídicích a kontrolních vaček o 180°. Pro každý směr otáčení se použije jedna řídicí vačka. Dále se doplní dvě kontrolní vačky přeběhu, po jedné vačce pro každý směr. Kontrolní vačky přeběhu jsou určeny ke zjišťování, zda se mechanismus otáčí správným směrem a zda se zastavil v požadované poloze. Kontrolní vačky zastavení v klidové poloze pro každý směr je možné umístit do společné dráhy k jednomu snímači. Umístění jednotlivých kontrolních vaček je znázorněno na obr. 4.



Obr. 4. Signální vačky mechanismu se střídavým kroužením oběma směry; snímače č. 1 a č. 2 reagují na natočení kontrolních vaček přeběhu, snímače č. 3 a č. 4 reagují na natočení řídicích vaček pro brzdění, snímač č. 5 reaguje na natočení kontrolních vaček zastavení v klidové poloze pro obě klidové polohy

Pohony vačkových mechanismů

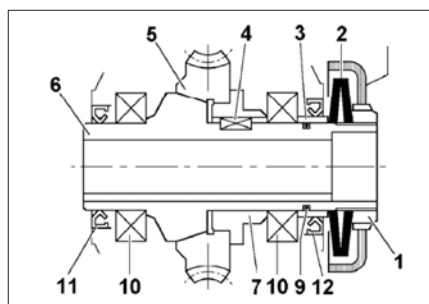
Vačkový mechanismus s plynulým kroužením se pohání asynchronním motorem s převodovkou. Jestliže se má silová vačka zastavit po každém kroku, použije se asynchronní motor vybavený elektromagnetickou brzdou. Motor a převodovka se volí podle velikosti hmoty na výstupním členu vačkového mechanismu a podle požadované doby kroku (obr. 5).



Obr. 5. Otočný krokovací stůl TSa200; k vačkovému mechanismu je přes šnekovou převodovku připojen brzdový asynchronní motor

Převodovky

U malých vačkových mechanismů se používají šnekové převodovky. Nouzové zabrzdění během úhlu pohybu by přetížilo kladky, protože kromě motoru se musí zabrzdít i setrvačnost hmoty na výstupu. Samosvornost šnekové převodovky zabrání setrvačné hmotě ovlivnit dobu brzdění motoru. Proto jsou šnekové převodovky vybaveny pojistnou kluznou spojkou. Doba zabrzdění asynchronního motoru je dána setrvačností motoru a vstupních částí šnekové převodovky. Výstupní člen mechanismu se zastaví za delší dobu nastaveným momentem pojistné spojky, která při tom prokluzuje (obr. 6).



Obr. 6. Šneková převodovka s pojistnou spojkou; šnekové kolo (5) je předepnutou talířovou pružinou (2) tlačeno na kužel výstupní duté hřídele (6), moment proklouznutí se nastavuje maticí (1)

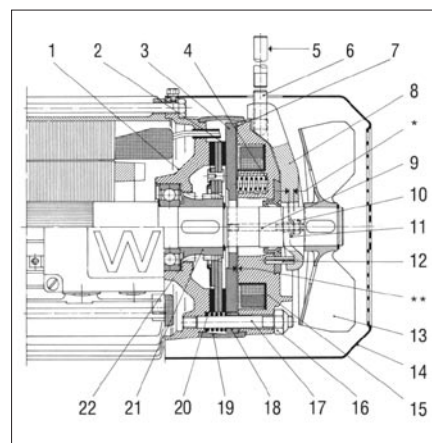
Pojistná kluzná spojka chrání kladky také při zablokování výstupního členu mechanismu. Pojistná spojka se při častém používání

ní rychle opotřebává. Opotřebením kužele poklesne síla talířové pružiny a spojka začne prokluzovat i při běžném kroužení. Vačka se zabrzdí až za úhlem klidu. Poté je třeba maticí opět nastavit požadovaný moment proklouznutí.

U velkých vačkových mechanismů se používají kuželovo-čelní převodovky. Oproti šnekové převodovce jsou zde silové účinky přenášeny také z výstupu na vstup. Při nouzovém zabrzdění se setrvačné síly z výstupu mechanismu přenášejí na hřídel motoru a prodlouží dobu jeho brzdění. Síla vačky na kladky přípustnou mez nepřekročí.

Brzdové asynchronní motory

Pro pohon vačkových mechanismů SOPAP se v ČR používají asynchronní motory SEW-Eurodrive vybavené kotoučovou brzdou s buzením stejnosměrným proudem (obr. 7).

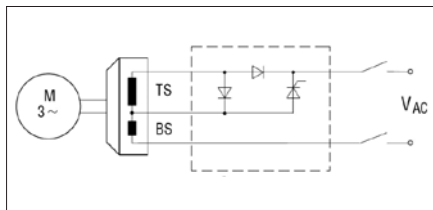


Obr. 7. Brzdový asynchronní motor; na drážkování prodloužené hřídele motoru je posuvně nasazen disk brzdy (2), brzdny moment vyvozuji dvě čelní brzdová obložení, mezi která je disk stlačen brzdovými pružinami (4), nosič jednoho obložení je na čele motoru (1), druhé obložení je na posuvném kotouči (3); kotouč je veden svorníky, které ho jistí proti otáčení; odbrzdí se nabuzením elektromagnetu; posuvný kotouč je část jeho magnetického obvodu; nabuzená cívka (15) při odbrzdění přitáhne posuvný kotouč a uvolní sevření brzdového disku, magnetická mezer (**) je nastavena třemi maticemi (16), na které je magnetický obvod s cívkou dotlačován třemi vymezovacími pružinami (19), přičemž vymezovací pružiny působí přes pouzdra (18), která posuvnému kotouči umožní axiální pohyby

Zapojení motoru a brzdy

Motor se k třífázové síti připojuje stykačem. Pro každý směr otáčení se použije jeden stykač. Usměrňovač brzdy, nejčastěji pro napájecí napětí 400 V, je zpravidla umístěn ve svorkové skřínce motoru a je připojen na jeho svorky. Pro rychlý rozjezd asynchronního motoru je důležité rychle uvolnit brzdový kotouč. Rychlého náběhu proudu do brzdy se dosáhne krátkodobým

napájením pouze akcelerační části vinutí s nižší indukčností. Princip tohoto postupu je vysvětlen na obr. 8.

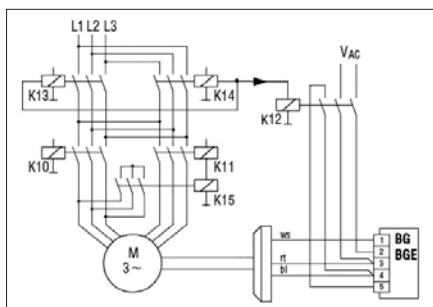


Obr. 8. Stejnsměrná brzda a její řízení; vinutí elektromagnetu je rozděleno na dvě části: po přivedení protéká napájecí proud nejdříve částí vinutí BS – akcelerační vinutí, velký proud způsobí rychlé nabuzení elektromagnetu, odtažení posuvného kotouče a rychlé odbrzdění, poté se připojí část vinutí TS, čímž se zmenší protékající proud, ale brzda zůstane odbrzděná

Také doba zabrzdění po odpojení motoru a připojení brzdy od sítě musí být krátká. Někdy se projeví indukované napětí ve vinutí odpojeného motoru, které přechodně udržuje proud do brzdy a brzdění se zpozdí. Zpoždění se odstraní současným odpojením motoru a přerušením stejnosměrného obvodu elektromagnetu.

Dvourychlostní motory

U mechanismů, které pracují s velkými hmotami, se mohou použít dvourychlostní asynchronní motory. Buď se přepojují oddělené konce a začátky vinutí pólů nebo se přepojují uzly vinutí v Dahlanderově zapojení. Nižší rychlost se používá pro najetí do klidové polohy po nouzovém zastavení a pro

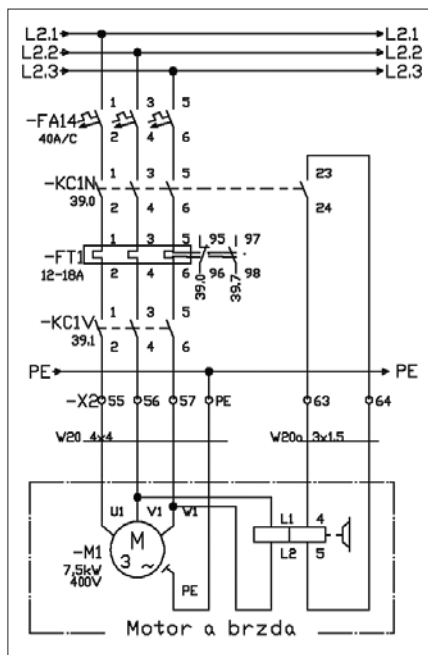


Obr. 9. Zapojení dvourychlostního brzdového asynchronního motoru; stykače K10, K11 a K15 jsou určeny k přepínání počtu pólů motoru; přes stykače K13 a K14 se mění smysl otáčení motoru; stykač K12, který se spíná a rozezpíná ve stejný okamžik jako stykač K13 nebo K14, zajišťuje rychlý pokles proudu do brzdy; U jedno-rychlostního motoru se usměrňovač obvykle napájí ze svorek vinutí motoru, stejnosměrný přívod do brzdy pak lze odpojovat samostatným kontaktem stykače motoru

ruční pootáčení mechanismem při seřizovací technologii. Příklad zapojení dvourychlostního brzdového asynchronního motoru s rozpojováním stejnosměrného obvodu brzdy je na obr. 9.

Řízení

Vačkové mechanismy jsou instalovány jak do jednoduchých strojů, tak do komplexních



Obr. 10. Zapojení brzdového asynchronního motoru; stykač -KC1N rozpojuje přívod napájení do asynchronního motoru, usměrňovač brzdy a také rozpojuje stejnosměrný obvod brzdy

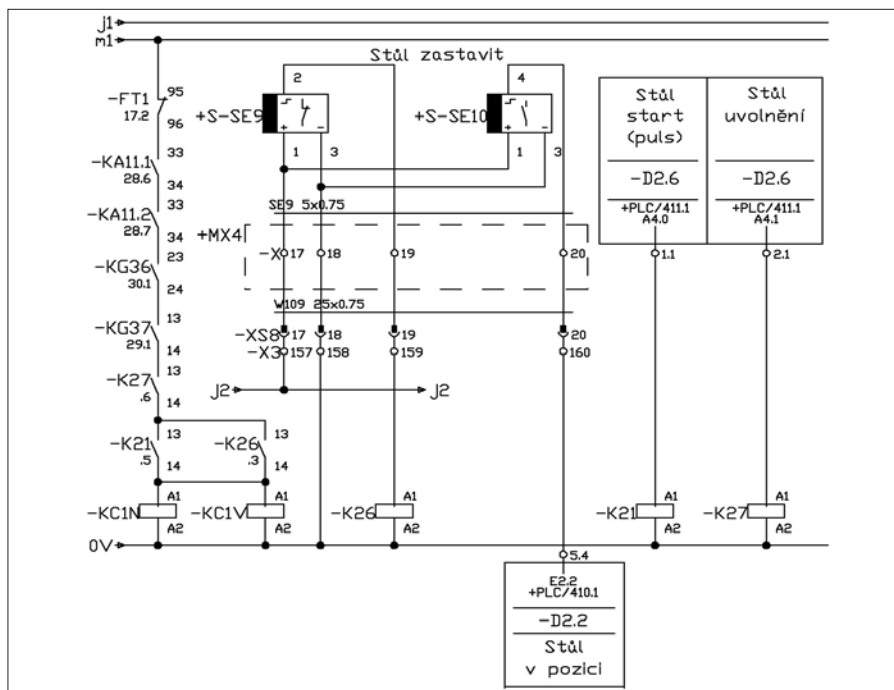
výrobních linek. Jednotlivé aplikace využijí podobné signálové rozhraní. Rozhraní jsou připojena k řídicím systémům různé úrovně.

V následující části je uveden příklad zapojení a řízení otočného krokovacího stolu s krokováním v jednom směru (obr. 10, obr. 11). Elektrické zapojení pracoviště s polohovacím stolem a řídicí program běžící v PLC navrhla firma Blumenbecker Prag.

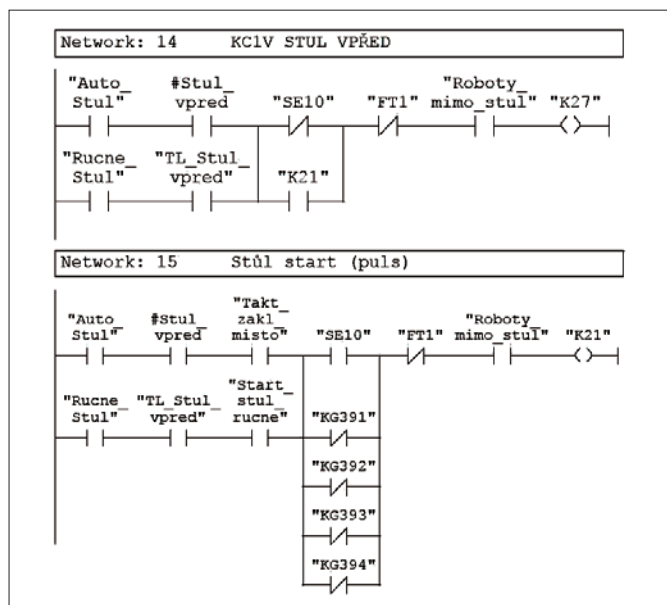
Pracoviště s polohovacím stolem řídí PLC (Programmable Logic Controller, programovatelný automat), který vyhodnocuje signály podmiňující provoz jednotlivých zařízení. V podmínkách provozu se účastní nejen kontakty zabudované v elektrickém zapojení, ale také různé stavy okolních zařízení. Tato zařízení musí být při otáčení stolu v bezpečném stavu nebo poloze, např. robot se vrátil do výchozí polohy, upínací přípravky neomezují pohyb apod. Na obr. 12 (program network 14 a 15) je kód řídicího programu psaný v jazyce LAD (Ladder diagram) a popisuje logické funkce pracující s binárními výstupy PLC připojenými k relé -K27 a -K21.

Proč vačkové mechanismy?

V článku byl představen princip funkce vačkových mechanismů SOPAP, možnost



Obr. 11. Silové zapojení; v napájecí větvi paralelních cívek relé -KC1N a -KC1V je do série zapojen rozpínací kontakt tepelné ochrany motoru, spínací kontakty z bezpečnostních modulů -KG36 a -KG37 a dalších bezpečnostních zařízení (světelné závory, prostorové skenery atd.); spínací kontakt -K27 uvolňuje provoz stolu a po celou dobu pohybu výstupního talíře musí být v sepnutém stavu, jinak se pohyb přeruší, kontakt -K21 startuje pohyb a musí být sepnut, dokud nedojde ke spojení kontaktu -K26, a indukční snímač +S-SE9 sleduje řídicí vačku brzdění; během rotace stolu je cívka relé -K26 pod napětím, což drží spínací kontakt -K26 sepnutý; k jeho rozezpnutí dojde, jakmile přijde podnět od řídicí vačky k brzdění; snímač +S-SE10 signalizuje zastavení stolu v klidové poloze A v tento okamžik lze na stojícím stole začít montážní či jiné operace odpovídající dosažené pozici; po dokončení činnosti a novém sepnutí relé -K21 stůl začne další krok; doba sepnutí kontaktu -K21 musí být dostatečně dlouhá, než řídicí vačka brzdění „odjede“ od snímače +S-SE9



Obr. 12. Ladder diagram; Network 14: úroveň výstupního bitu ovládacího relé -K27 odpovídá výsledku logických operací zapojených před tímto výstupem; zapsané podmínky vyžadují signalizaci polohy robota mimo stůl, neodpojenou tepelnou ochranu motoru a neseprnutý snímač SE10 nebo seprnuté relé K21; popsané signály jsou bezpečnostní podmínky uvolnění provozu stolu; před nimi jsou zařazeny dvě paralelní cesty k uvolnění provozu v manuálním nebo automatickém režimu; Network 15: analogicky je vytvořena logická funkce pro relé -K21, zabezpečující odstartování pohybu stolu

pohonu brzdovými asynchronními motory SEW-Eurodrive a na příkladu zapojení od firmy Blumenbecker Prag předveden jednoduchý způsob jejich řízení.

Oproti mechanismům v oblasti manipulace řešených s využitím servopohonů poskytují vačkové systémy přesné a výkonné řešení s menšími požadavky na energii, spolehlivější, s jednodušším řízením a bezpečnější. Vačkové systémy mají vzhledem k principu funkce omezenou přizpůsobivost změnám v technologickém procesu, proto se uplatňují ve velkosériových provozech.

Dlouholeté zkušenosti výrobce SOPAP dávají záruku úspěšného řešení manipulačních procesů.



názvy, pojmy, zkratky	
ADS (Active Denial System)	system aktivního odporu
ARIZ	algoritmus řešení invenčních zadání
CIGRÉ (Conseil International des Grands Réseaux Électriques)	Mezinárodní rada pro vysokonapěťové systémy
CIREĐ (Congrès International des Réseaux Électriques de Distribution)	Mezinárodní konference o elektrických distribučních sítích
DCC (Drive Control Chart)	graficky orientované řízení pohonu
DECT (Digital European Cordless Telecommunication)	digitální bezšňůrová telekomunikace
DOL (Direct On Line)	přímé připojení k síti – používá se také k označení přímých elektromechanických spouštěčů elektromotorů
EFB (Europäische Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung)	Evropská společnost pro výzkum zpracování plechu
ESD (Electrostatic Discharge)	elektrostatický výboj
FAQ (Frequently Asked Questions)	často kladené otázky
FCC (Flux Current Control)	řízení magnetizačního proudu

UZIMEX

maxon motor



Stejnosměrné motory do 400 W, převodovky, snímače a řízení

SOPAP



Váčkové stoly, převodovky a manipulátory

MECTROL



Klínové a ozubené řemeny a řemenice

NIPPON BEARING



Valivá lineární vedení

Agilent Technologies



Laserový dvoufrekvenční interferometr

RAYTEC
SYSTEMS



Laser pro měření geometrie

Řízení vačkových systémů

Str. 24

Brzdový asynchronní motor se při každém kroku připojuje stykačem k síti. Rychlost a přesnost manipulačních pohybů je vtělena do silové vačky. Okamžiky spínání a kontrola pohybů jsou odvozeny od signálních vaček.

Špičkové technologie do robotizace a automatizace



www.uzimex.cz