

Automatizace technologických procesů Průmyslové roboty a manipulátory

Autor:

Milan Vrožina, David Jiří, Garzinová Romana

Ostrava, 2008

Název: Automatizace technologických procesů - Průmyslové roboty a manipulátory

Katedra: Katedra automatizace a počítačové techniky v průmyslu

Autoři: Milan Vrožina, David Jiří, Garzinová Romana

Místo rok, vydání: Ostrava, 2008

Počet stran: 42

Vydala: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Neprodejné



Toto dílo podléhá licenci [Creative Commons Uvedte původ-Neužívejte komerčně-Nezpracovávejte 4.0 Mezinárodní License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ
UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA METALURGIE A MATERIÁLOVÉHO
INŽENÝRSTVÍ**

STUDIJNÍ OPORA

Název opory/předmětu:

**AUTOMATIZACE TECHNOLOGICKÝCH PROCESŮ
Část 3: Průmyslové roboty a manipulátory**

Číslo předmětu: 638419, 638414, 638418

Autor/Autoři:

**prof. Ing. Milan Vrožina, CSc.
doc. Ing. Jiří David, Ph.D.
Ing. Romana Garzinová, Ph.D.**

Katedra: Automatizace a počítačová technika v metalurgii

Tato studijní opora vznikla v rámci rozvojového projektu Tvorba elektronických studijních opor pro studijní programy FMMI v r. 2008

Obsah

1. ÚVOD.....	3
2. MANIPULAČNÍ ZAŘÍZENÍ.....	4
2.1 MECHANIZACE A AUTOMATIZACE VÝROBY	4
2.2 MANIPULAČNÍ ZAŘÍZENÍ	5
2.2.1 Jednoúčelový manipulátor	5
2.2.2 Synchronní manipulátory	6
2.2.3 Programovatelné jednoúčelové manipulátory	6
2.2.4 Synchronní univerzální manipulátory – teleoperátory	6
2.2.5 Programovatelné univerzální manipulátory s pevným programem	6
2.2.6 Univerzální manipulátory s proměnlivými programy	6
2.2.7 Kognitivní roboty	7
3. ARCHITEKTURA PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ	9
4. POHONY	13
4.1 FUNKCE POHONU	13
4.1.1 Otevřený obvod	14
4.2 ELEKTRICKÝ POHON	16
4.3 TEKUTINOVÉ POHONY	18
5. VÝSTUPNÍ HLAVICE.....	23
6. ČIDLA PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ A MANIPULÁTORŮ	27
6.1 DĚLENÍ ČIDEL	27
6.2 ČIDLA PRO VNITŘNÍ INFORMACI	28
6.3 ČIDLA PRO VNĚJŠÍ INFORMACI	32
7. ŘÍDICÍ SYSTÉMY PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ.	34
7.1 KOGNITIVNÍ ROBOTY	34
7.2 ŘÍZENÍ PRAM BEZ KOGNITIVNÍHO SYSTÉMU	35
8. APLIKACE PRAM V PRŮMYSLU	37
9. ROBOTIZOVANÝ TECHNOLOGICKÝ KOMPLEX (RTK)	38
10. ROBOTIZACE PROCESŮ V METALURGII	39
11. ZÁVĚR.....	42
12. LITERATURA:.....	42

1. ÚVOD

Mezi člověkem a technikou postupně vznikl rozpor vyvolaný omezením fyzických psychických možností člověka a charakterem technických systémů. Výkonnost a přesnost plnění pracovních operací u člověka s postupem času následkem fyzické a psychické únavy klesá. Člověk nemůže vykonávat práci ve zdraví škodlivém prostředí.

Cílem automatizace je proto řešit tento narůstající rozpor tím, že člověk bude v daných podmínkách optimálně efektivně oprostěn od monotónní, zdraví neodpovídající psychické i tělesné zátěže.

Ve výrobním procesu je řešením tohoto problému komplexní automatizace právě operační a mezioperační manipulace. Úkol automatizace manipulačních úkonů byl nejprve řešen u velkosériových a hromadných výrob. Řešení vedlo k jednoúčelovým zařízením (tvrdá automatizace). U málo a středně sériových výrob však nadále trvala potřeba vytvořit univerzální manipulační zařízení, které by bylo možno rychle přestavit pro různé aplikace. Výsledkem řešení byl vznik průmyslových robotů, které jsou logickým pokračováním vývoje manipulačních a podávacích zařízení používaných již po dlouhou dobu ve velkosériové výrobě.

Průmyslové roboty se tak staly jedním ze základních prostředků automatizace výrobních procesů (pružná automatizace).

Sám název robot byl užít ve hře Karla Čapka RUR (Rosum's Universal Robots) v roce 1925, kde tak Čapek označil své umělé lidi.

Zde je pak vhodné připomenout, že průmyslový robot je pouze prvek automatizace, jeden z prvků struktury výrobního procesu. Je proto důležité, aby každý technologický projekt zabezpečoval rovnoměrný vývoj všech strukturálních složek.

První pokusy s konstrukcí průmyslových robotů se datuje od roku 1954. V roce 1962 byly v USA uvedeny na trh první modely průmyslových robotů (Unimate a Versatran).

U nás se roboty objevily poprvé v roce 1974. Soustavně se začalo s vývojem asi v roce 1983.

Rozvoj poznání a technické činnosti v oblasti robotizace lze zformovat do tří významných směrů:

- robotika
- robototechnika
- robototechnologie

Robotika - představuje hybridní směr poznávání, který využívá poznatků technické kybernetiky, počítačových věd, teorie informace a umělé inteligence pro vytváření modelů živých organismů. Dále se ještě člení na teoretickou a technickou..

Robototechnika - zahrnuje výzkum a vývoj robotů včetně teoretických aspektů a algoritmů řízení systémů s roboty. Je to inženýrská disciplína zahrnující výpočty konstrukce, řízení a výroby robotů.

Robototechnologie - je systémový technický směr, který se zabývá nasazováním průmyslových robotů do výroby, včetně analýzy sociálních a ekonomických aspektů.

Z hlediska vývojových znaků lze průmyslové roboty dělit do tří generací:

1. generaci představují roboty nižší úrovně, které vykonávají naprogramované pohyby. Jsou předurčeny pro podávání a odebírání předmětů od výrobních strojů.

2. generaci představují roboty vyšší úrovně s pružným programováním, přičemž výběr programu je prováděn na podnět z okolí. Tyto roboty jsou vybaveny čidly, ale mají omezenou schopnost reakce na změny probíhající v pracovním procesu. Umožňují synchronizaci s vnějšími zařízeními.

3. generaci představují roboty, které mají schopnost samostatně řešit úkoly vznikající ve výrobním procesu. Tyto roboty jsou vybaveny velkým počtem snímačů a složitým adaptivním řídicím systémem schopným optimalizovat činnost více ramen a chapadel, jsou značně pohyblivé, přesné a spolehlivé.

Do roku 1985 byly na trhu především roboty 1. generace. Současné období je nástupem 2. generace a 3. generace.

Někteří autoři užívají jemnější dělení a vyčleňují znaky pro 1,5 generaci a 2,5 generaci. Specifickou oblastí jsou roboty v hutnictví a těžkém strojírenství. Až na výjimky se zde nedají univerzální průmyslové roboty určené pro strojírenství uplatnit. Nevyhovuje nosnost, schopnost pracovat v náročném prostředí hutí a těžkého strojírenství. Je zde patrný přechod k vývoji a uplatnění speciálních, tzv. účelových robotů.

2. MANIPULAČNÍ ZAŘÍZENÍ

2.1 Mechanizace a automatizace výroby

Výroba se uskutečňuje na výrobním zařízení, které je mimo jiné charakterizováno produktivitou práce. Produktivitu práce lze zvýšit mechanizací a automatizací.

Mechanizace je proces vývoje techniky, kde se využívá zařízení k osvobození člověka od namáhavé a opakující se fyzické práce.

Automatizace je proces techniky, kde se využívá zařízení k osvobození člověka nejen od fyzické, ale zejména od duševní řídicí práce.

Míra mechanizace a automatizace určuje různé vývojové stupně, generace výrobního zařízení.

Pojem produktivita práce úzce souvisí s pracností a pracnost je jedním z hlavních ekonomických ukazatelů výroby. Bývá vyjádřena tzv. normou času. V této normě času jsou zahrnuty časy jak na vlastní technologickou činnost, tak čas na všechny ostatní činnosti spojené s výrobou. Zavedení mechanizace a automatizace je omezeno technologickými možnostmi příslušné výroby. Další úspory tohoto času zavedením automatizace je závislé na kvalitativní změně způsobu výroby. Daleko více je však možno automatizací zkrátit dobu trvání pomocných úkonů s objekty – podávání, vkládání, upínání, vyjímání, doprava atd.

Právě tyto pomocné fáze pracovního cyklu jsou předmětem automatizačních snah. Tyto snahy jsou realizovány následujícími pracovními prostředky:

- 1) manipulátory a průmyslovými roboty (PraM),
- 2) dopravníky,
- 3) přípravky,
- 4) zařízeními pro kontrolu,
- 5) kopírovacími zařízeními,
- 6) polohovacími zařízeními,
- 7) pomocnými zařízeními, jako jsou zásobníky, zařízení pro orientaci objektů, násypky atd.

Řazením odpovídajících znaků obdržíme strukturu pomocných funkcí.

Činnost spojená s realizací pomocných úkonů je vyjádřena v anglosaské literatuře „handling“ - „industrial handling“. V německé pak „handhabung“ – „industrielle Handhabung“.

Snižování ztrátových časů není jediný důvod uplatňování PraM. Stejně důležité je odstraňování monotónní práce, namáhavé práce, práce v nepříznivém prostředí. Snaha je vyloučit lidský faktor z výrobního procesu.

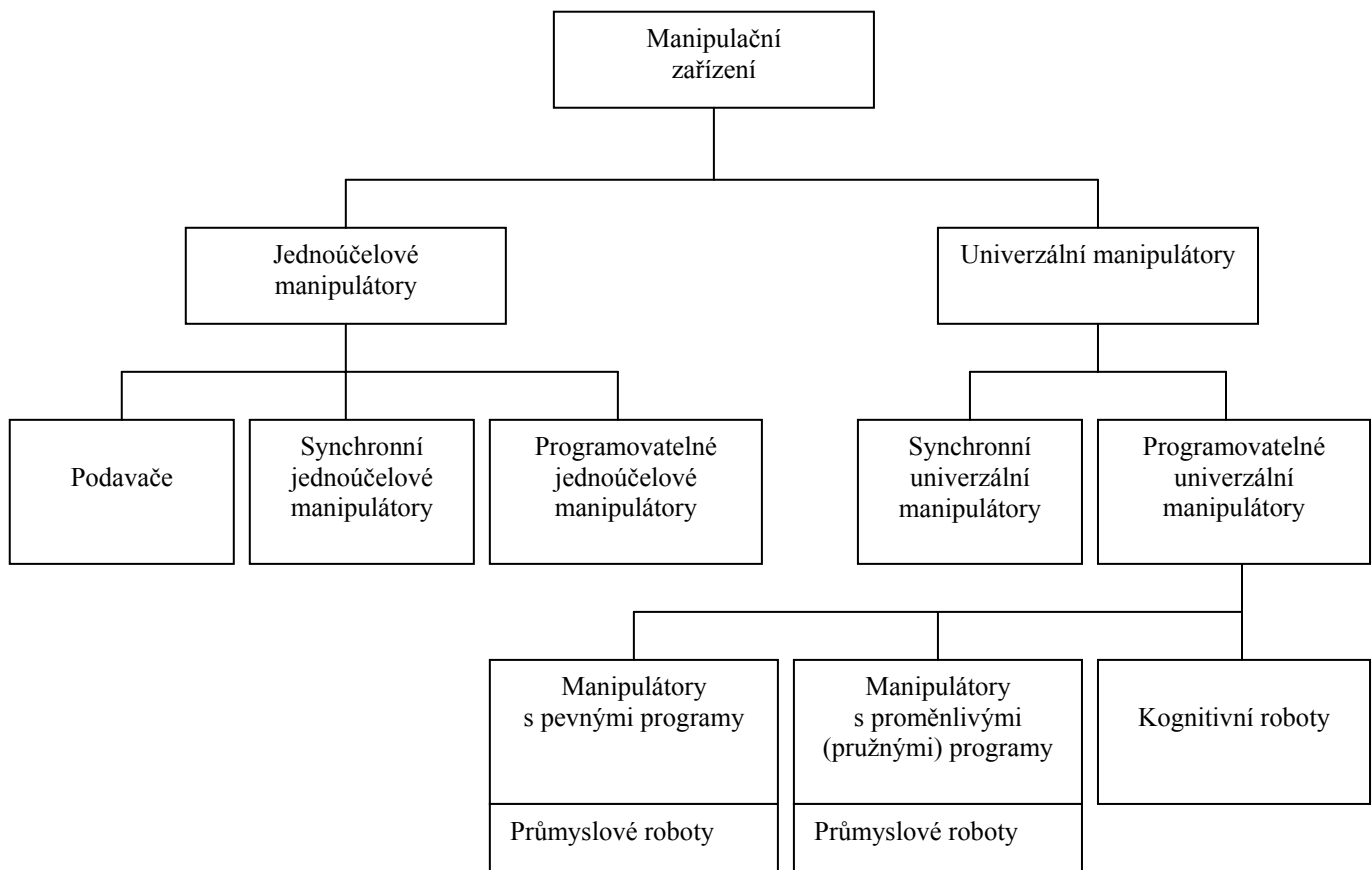
S ohledem na to, co bylo řečeno, rozeznáváme manipulaci, která je činností, při níž dochází ke změně polohy, anebo orientace předmětu v prostoru. Tu pak dělíme na manipulaci operační a manipulaci mezioperační.

Operační manipulace je veškerá manipulace s materiálem na jediném technologickém pracovišti, souvisejícím s prováděním výrobní operace.

Mezioperační manipulace je veškerá pomocná manipulace s předměty mezi pracovišti a na pracovišti během níž nedochází k technologickému opracovávání.

2.2 Manipulační zařízení

Manipulační zařízení lze podle konstrukčního provedení a stupně složitosti řízení dělit následujícím způsobem



Obr. 1. Členění PRaM

2.2.1 Jednoúčelový manipulátor

Patří sem nejjednodušší podávací mechanismy – podavače, manipulační zařízení přímo ovládané člověkem – synchronní manipulátory a manipulátory řízené programovacím ústrojím.

Jednoúčelovost manipulátoru je charakterizována

- - jednodušším konstrukčním řešením a tím omezeným rozsahem pohybů přizpůsobených dané aplikaci,

- možnostmi řídicího systému přizpůsobenými dané aplikaci,
- prostorovým uspořádáním přizpůsobeným dané aplikaci.

Při současné úrovni výroby lze celou řadu problémů spojených s automatizací řešit uplatněním těchto jednodušších manipulátorů. Je chybou na tato místa nasazovat složitá univerzální zařízení, protože jsou komplikovaná a drahá a tudíž ekonomicky nevýhodná.

Nejjednoduššími jednoúčelovými manipulátory jsou podavače. Tvoří obvykle celek se strojem a mají od něj většinou odvozen i pohon.

2.2.2 Synchronní manipulátory

Tvoří tzv. jednoúčelové teleoperátory – člověkem ovládané mechanismy. Působí jako zesilovače síly, momentu a pohybových možností operátora. Příkladem mohou být balancéry – určené pro zdvihání těžkých předmětů v dopravě, zdravotnictví, hutích a těžkém strojírenství.

2.2.3 Programovatelné jednoúčelové manipulátory

Jejich činnost je řízena programovým ústrojím. Jsou složitější než podavače, netvoří s člověkem uzavřenou regulační smyčku, nemají však víceúčelovost. Dělíme je na:

- *s pevným programem* - jsou řízeny se stále se opakujícím programem,
- *s proměnlivými programy* – samočinně avšak programově si vybírají vhodnou vloženou variantu programu.

Univerzální manipulátory

Mají větší rozsah manipulačních schopností, které jsou využívány podle způsobu nasazení. Jejich použitelnost není omezena typem strojů ani součástí.

Jsou charakterizovány:

- kinematickými parametry, rozsahy pohybů, přesností polohování, maximálním zatížením,
- pro uchopení předmětů jsou použity jednoúčelové úchopné hlavice,
- lze je použít na různých pracovištích, popřípadě k obsluze různých (i několika) strojů,
- mají vlastní řízení, jsou provedením, pohonem i funkcí na obsluhovaných strojích nejdražší.

Vlastnosti univerzálních manipulátorů překrývají především průmyslové roboty.

2.2.4 Synchronní univerzální manipulátory – teleoperátory

Řízení provádí obsluhující pracovník – manipulátor zesiluje jeho silové a pohybové úkony – manipulátor a člověk tvoří uzavřenou smyčku – tato zařízení přenášejí na dálku příkazy člověka – řízení „master – slave“.

2.2.5 Programovatelné univerzální manipulátory s pevným programem

Program se v průběhu manipulace nemění, řídicí a programovatelné zařízení je jednoduššího typu. Jsou označovány jako „průmyslové roboty“ (1. generace).

2.2.6 Univerzální manipulátory s proměnlivými programy

Mají možnost volby programu většinou podle situace (scény), ve které se manipulátory zrovna nacházejí

- mají zpravidla adaptivní řízení
- představují v současné době špičku konstrukčního provedení manipulačního zařízení a jsou označovány jako „průmyslové roboty“ (2. generace).

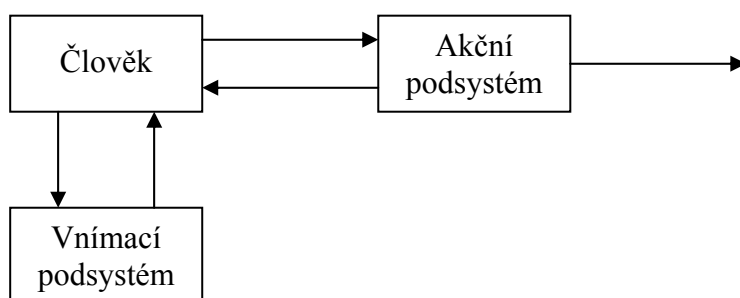
2.2.7 Kognitivní roboty

Jsou vybaveny možností vnímání a racionálního myšlení.

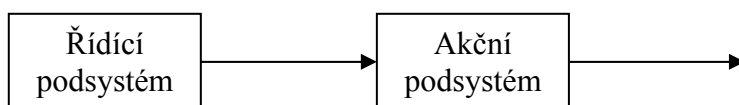
Kognitivní proces – proces vnímání a racionálního myšlení – bez cílového vnímání a volního jednání.

Uvedené typy manipulátorů lze znázornit následujícími funkčními schémata:

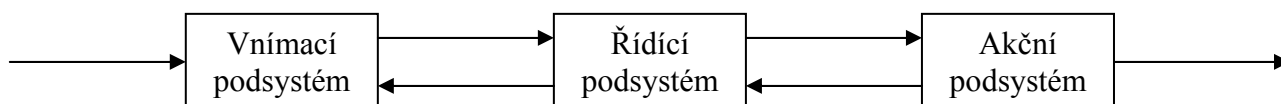
Synchronní manipulátor



Manipulátor s pevným programem



Manipulátory s proměnlivými programy



Obr. 2. Funkční schémata PRaM

Manipulační zařízení, která jsme označili jako průmyslové roboty se od ostatních manipulačních mechanismů liší především úrovní řízení a vyznačují se následujícími vlastnostmi:

- manipulační schopnost, tj. uchopení a přemísťování předmětů, různé montážní úkony, úprava předmětů, zacházení s pracovními nástroji,
- autonomnost chování, tj. složitá posloupnost úkonů prováděná automaticky, buď volitelná člověkem nebo automaticky vlastním zařízením. (Liší se od teleoperátorů, kde člověk je nedílnou součástí systému),
- univerzálnost ve smyslu víceúčelovosti – zařízení slouží k rozmanitým účelům,
- existence vazby s prostředím (vnímání) prostřednictvím čidel,
- prostorová soustředěnost jednotlivých složek do kompaktního celku (mohou být výjimky).

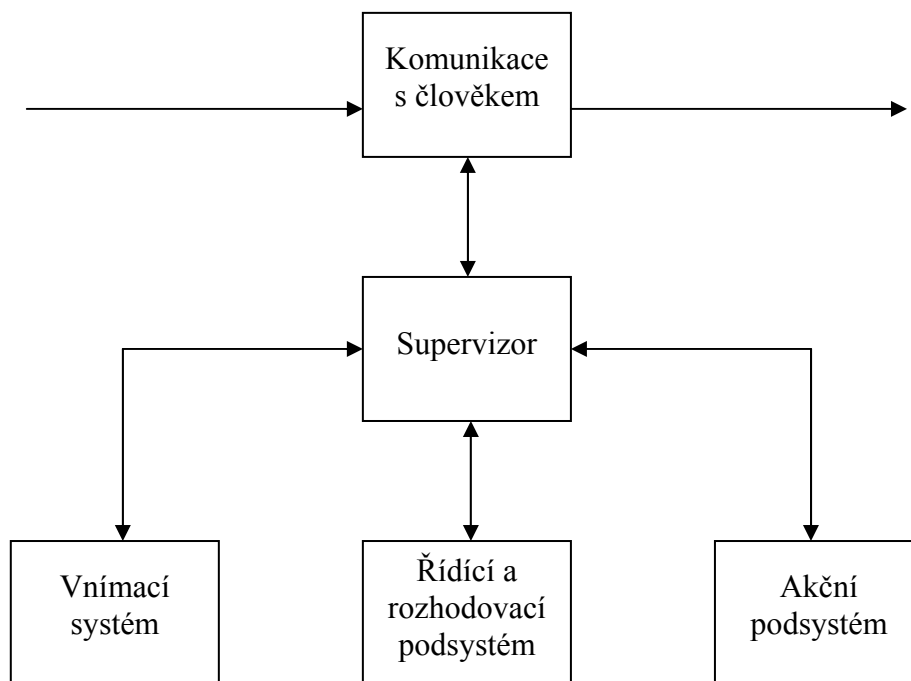
Pojem robot tedy zdůrazňuje, že jde o ústrojí složitější než manipulátor, které má většinu výše uvedených vlastností. Roboty s dokonalým řízením mohou mít dokonce schopnosti, které u

člověka nazýváme inteligencí. Např. mohou si program činnosti samostatně vytvořit na základě zadaného cíle.

Na základě výše uvedené charakteristiky lze přistoupit k vymezení přesnější definice robotu. Tento pojem se v současnosti definuje nejednotně. Často se užívá jednoduchá definice dle Warneckeho – průmyslový robot je automatické manipulační zařízení libovolně programovatelné v prostoru, vybavené podávacími chapadly nebo technologickými nástroji, určené na použití v průmyslu.

Jinou definicí, vhodnou i pro chápání kognitivních robotů (dle Ing. I. Havla, ČVUT Praha) - „průmyslový robot je automaticky nebo počítačem řízený integrovaný systém, schopný autonomní cílově orientované interakce s připojeným prostředím podle instrukcí od člověka. Tato interakce spočívá a) ve vnímání a rozpoznávání tohoto prostředí a b) v manipulování s předměty a popř. pohybování se v tomto prostředí.

Průmyslové roboty představují kybernetický systém, jehož základní funkční schéma je následující:



Obr. 3. Členění PRaM

Supervizor – je nadřazen všem ostatním podsystemům a koordinuje jejich činnost.

Vnímací podsystem – uskutečňuje vazbu od prostředí a obsahuje různé složky podle fyzikálního charakteru sledované veličiny.

Tento systém zpracovává vizuální informaci, akustickou informaci, obsahuje čidla hmatová a doteková a čidla speciální – teplota, záření atd.

Řídící a rozhodovací podsystem – na základě informací z vnímacího podsystemu a informací uložených v paměti, plánuje činnost robotu a rozhoduje o úkonech, které mají být provedeny.

Akční podsystem – ovlivňuje prostředí a působí jeho změny. Patří sem manipulační ústrojí robotu, které má jedno nebo několik ramen s navazujícím zápěstím zakončených chapadly (úchopnými čelistmi), které jsou uzpůsobeny k různým úkonům. U mobilních robotů sem patří i podvozek, který umožňuje pohyb v různých směrech a různými rychlostmi.

Z uvedeného je zřejmé, že si lze PraM představit jako systém složený z mechanických uzlů, pohonů, snímačů, chapadel a řízení.

Mechanické uzly a pohony zabezpečují pohyb pracovních orgánů a integrují prvky mechanické konstrukce do jednoho celku. Snímače slouží pro získání informací o okolním prostředí a o vztahu důležitých orgánů robotu. Chapadla zabezpečují bezprostřední interakci robotu s objektem. Řídicí systém představuje mozek průmyslového robotu, který podle vložených příkazů vypracovává řídicí signály pro jeho činnost:

3. ARCHITEKTURA PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ

PraM jsou mechanismy, tj. mechanická zařízení, sloužící k přenosu pohybu a sil, k transformaci jednoho druhu mechanického pohybu v druhý. Skládají se z několika vzájemně pohyblivě spojených členů, z nichž jeden se nepohybuje a tvoří rám.

Jednotlivé, pohyblivě spojené členy těchto mechanismů nazýváme kinematickými dvojicemi. Více spojených členů tvoří kinematické řetězce. Kinematická struktura PraM je dána jejich kinematickými řetězci.

Příkladem kinematických dvojic je:

- translace (posunutí)



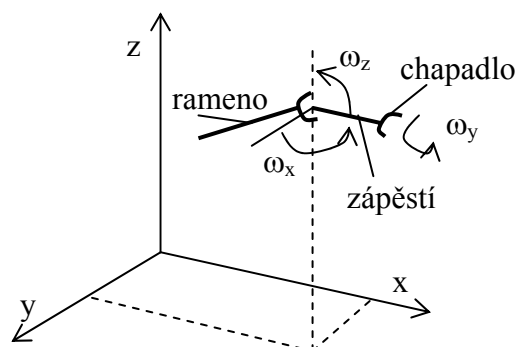
- rotace



Obr.4. Kinematické dvojice

Co do fyzikální realizace jsou tyto dvojice prostorové.

Počet stupňů volnosti jednotlivých členů je roven počtu nezávislých posunů a rotací, jež mohou oba členy vzájemně vůči sobě vykonávat. V uvedených případech jde vždy o 1 stupeň volnosti.



Obr. 5. Kinematika univerzálního robota

Aby výkonný orgán robotu dosáhl libovolný bod v prostoru, jsou potřebné tři pohybové osy, resp. tři stupně volnosti. Na to, aby se mohl libovolně orientovat vůči manipulovanému předmětu, jsou potřebné další tři stupně volnosti.

Univerzální typy robotů mají proto 6 a více stupňů volnosti. Pokud mají PraM více než šest stupňů volnosti, pak to vyžadují okolnosti manipulovat v nepřístupných prostorech.

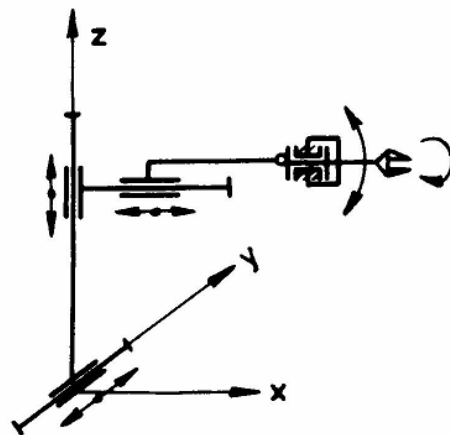
Je třeba připomenout, že zvyšování počtu stupňů volnosti komplikuje konstrukci robotu. Proto se snažíme volit počet stupňů volnosti co nejmenší, podle konkrétních podmínek dané realizace.

Kinematickou část PraM lze rozdělit do následujících funkčních celků:

- a) ústrojí pro polohování (obvykle tři první pohybové jednotky určující pohyb ramene)
- b) ústrojí pro orientaci manipulovaného předmětu vůči souřadnicovým osám (někdy nazývané „zápěstí robotu“)
- c) výstupní hlavice (chapadla, technologický nástroj).

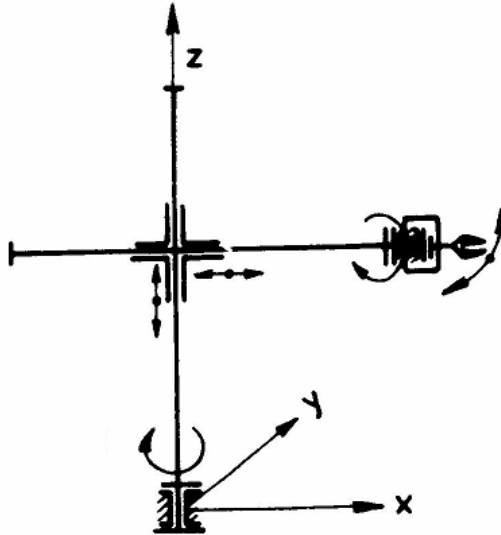
Podle kinematické struktury polohovacího ústrojí je možno konstrukci průmyslových robotů rozdělit do čtyř základních skupin:

- 1) Kinematika robotů první skupiny je odvozena od tří lineárních pohybů. Roboty tohoto provedení jsou méně časté.



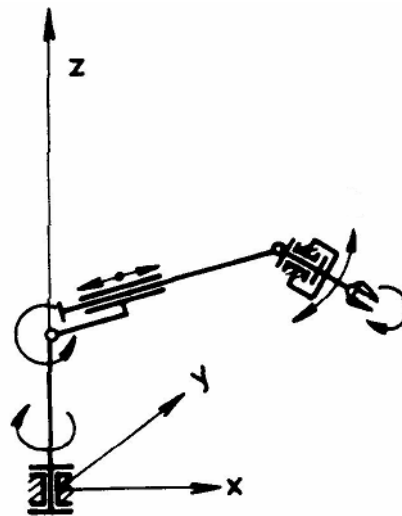
Obr.6a. Kinematické provedení základních typů PRaM

- 2) Do druhé skupiny patří roboty, které jsou umístěné na pevném nebo pohyblivém podstavci, přičemž nosné rameno ukončené zápěstím s chapadlem se vertikálně pohybuje po svíslém sloupu. Sloup se může otáčet okolo osy z. Při horizontálním pohybu se rameno teleskopicky zkracuje nebo prodlužuje, nebo se přesouvá zpět na druhou stranu sloupu. Další tři stupně volnosti jsou odpojeny od pohybu zápěstí, které nese chapadlo nebo technologickou hlavici.



Obr.6b. Kinematické provedení základních typů PRaM

- 3) Třetí skupinu tvoří roboty, jejichž rameno se kromě otáčení ještě naklápí a tím zabezpečuje vertikální pohyb zápěstí. Horizontální pohyb se zabezpečuje vysouváním ramene. Předností tohoto uspořádání je lepší umístění pracovního prostoru pro obsluhu. Při horizontální změně polohy ramena se musí přestavit i zápěstí, aby byla orientace stále stejná.



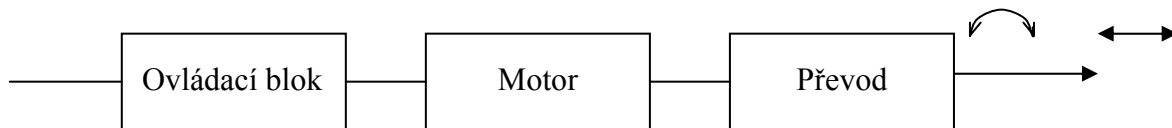
Obr.6c. Kinematické provedení základních typů PRaM

- 4) Čtvrtou skupinu tvoří roboty, jejichž kinematika je odvozena od tří rotačních pohybů. Předností je obratnost, možnost vykonávat práce v bezprostřední blízkosti osy z.

4. POHONY

4.1 Funkce pohonu

Funkcí pohonu je přeměna vstupní energie na mechanický pohyb. Pohon je tvořen motorem, který zprostředkovává tuto přeměnu a obvodem pro jeho ohlídání. Pohyb na výstupu motoru se přenáší buď přímo nebo přes spojovací převod na pohyblivou část pohybové jednotky. Složení pohonu obecně popisuje následující obrázek.



Obr. 7. Obecné schéma pohonu

Ovládací blok zprostředkovává vazbu mezi řídicím systémem a motorem. Zajišťuje tedy přímé ovládání toku energie do motoru. Funkcí převodu je změna charakteru pohybu (přímočarý, rotační) na požadovaný výstupní pohyb pohybové jednotky a transformace parametrů motoru.

Při použití u PraM jsou na pohony kladeny tyto požadavky:

- maximální rychlost pohybu,
- dostatečná polohová tuhost,
- vysoká přesnost polohování.

Vedle toho je třeba:

- široký regulační rozsah, až 1: 10000,
- dobré regulační vlastnosti,
- trvalý provoz s plným momentem i při rychlostech kolem nuly,
- vysoká přetížitelnost,
- velký nárůst výkonu,
- malá hmotnost čili velký měrný výkon.

U současných robotů je maximální rychlost přímočarého pohybu do $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (jsou však už i do $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), u rotačního pohybu $3 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ (špičkově do $6 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$).

Plynulý bezrázový chod je požadován z důvodů bezpečnosti při držení přenášeného objektu. Při plynulém pohybu je třeba menší úchopná síla než při pohybu s rázy.

Z principu manipulace s objekty – tj. změn jejich polohy a orientace objektů v prostoru vyplývá i požadavek, kdy se vyžaduje polohová tuhost pohonu. Pohon musí být schopen udržet dosaženou polohu i při působení vnějších sil jisté velikosti. Tento požadavek musí být zajištěn v rámci vlastního motoru nebo v rámci mechanického převodu za motorem.

Přesnost polohování je dána nejen vlastnostmi pohonu, ale i vlastnostmi řídicího systému, včetně měřicích elementů. Požadavky zde lze shrnout:

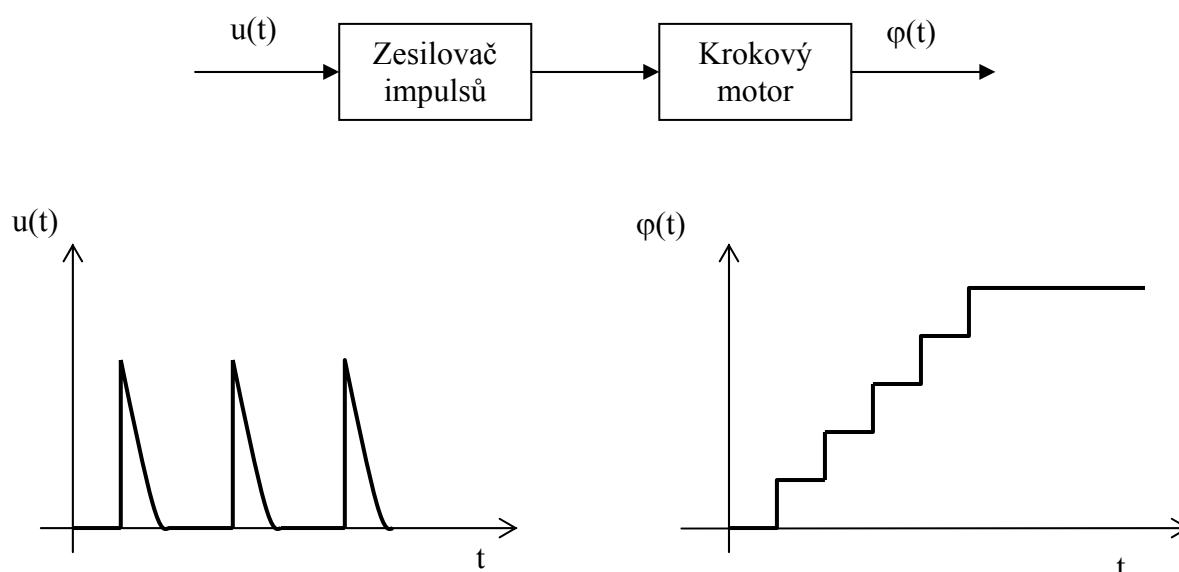
- dobré dynamické vlastnosti; změny řídicí veličiny musí být převedeny na pohyblivý člen PraM a vykonány s minimálním zpožděním,
- nezkreslený přenos signálu; přechod z jedné polohy do druhé musí být proveden bez zákmitu,
- vyrovnání poruchových veličin; vnější síly působící na pracovní orgán robotu vyžadují vysokou tuhost pohonu,

- přizpůsobení pohonů jednotlivých os; většinou rychleji reagující pohony se musí přizpůsobit těm, které reagují pomaleji.

Úlohou řízení PraM je přivést každému pohonu pohyblivého členu informaci o dráze, kterou má vykonat a jakou rychlostí, ve tvaru řídicí veličiny. Převedení této řídicí veličiny na příslušnou hodnotu polohy a rychlosti se provádí buď v otevřeném nebo v uzavřeném obvodu.

4.1.1 Otevřený obvod

V tomto obvodu není skutečná hodnota polohy pohyblivého členu porovnávána s hodnotou žádanou. Je to obvod bez zpětné vazby. Příkladem může být krokový motor. Jeho rotor vykoná na každý impuls přesně definovaný úhel natočení. Počet impulsů je úměrný úhlu natočení rotoru a tedy i dráze x , je-li tento obecný pohyb převáděn na pohyb posuvný. Rychlost pohybu pak odpovídá frekvenci impulsů, kterou lze řídit.

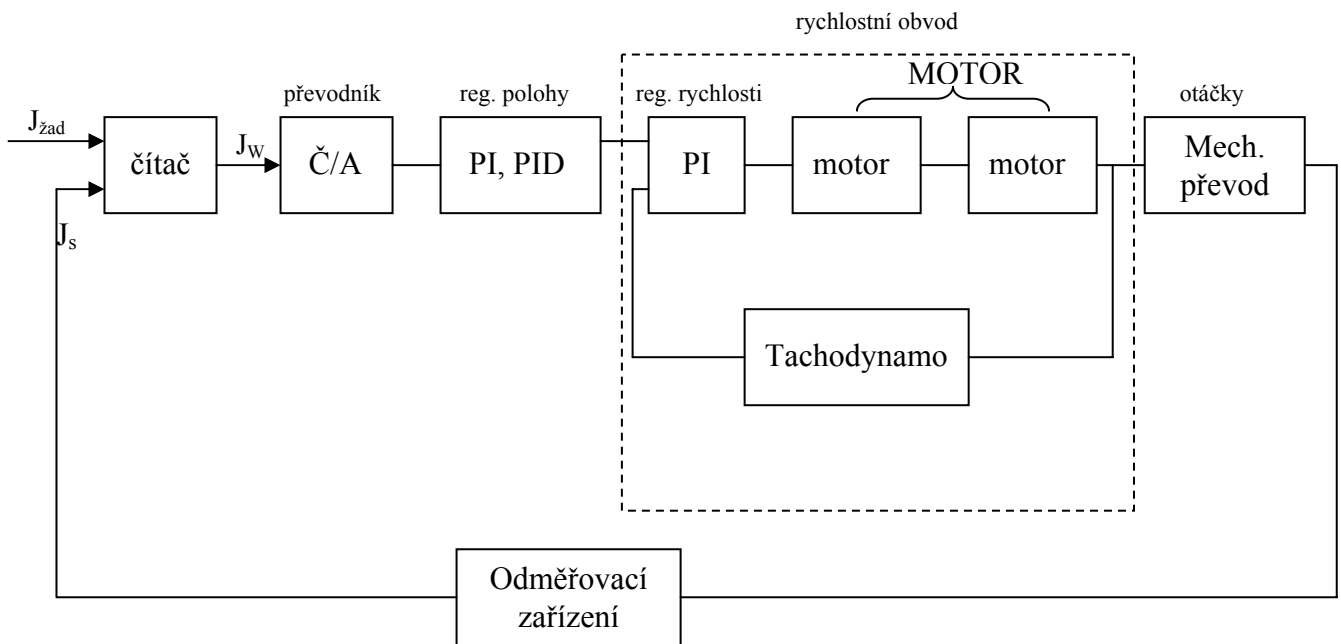


Obr. 8. Otevřený obvod řízení pohonu

Uzavřený obvod

Dokonalejším způsobem řízení polohy, zejména při užití pohonů s plynulou změnou rychlosti (stejnoseměrný motor, hydraulický motor), je řízení provedené v uzavřeném obvodu. V tomto obvodu se kontroluje souhlas natočení a úhlové rychlosti s řídicí veličinou.

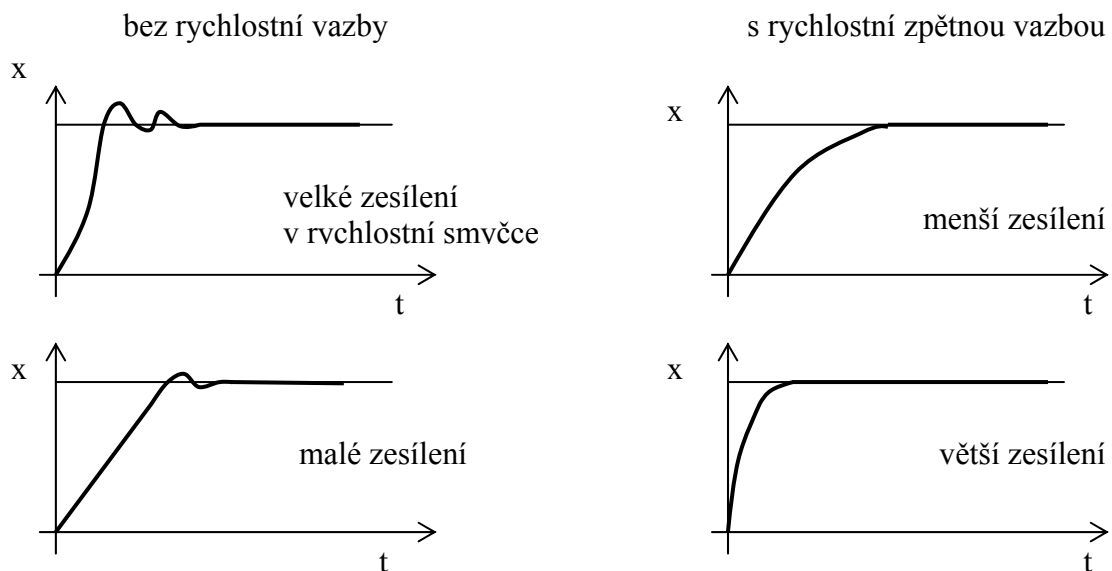
Příkladem může být provedení polohového řídicího obvodu při užití stejnosměrného servopohonu. Řízení je provedeno v polohovém obvodu s podřízeným obvodem rychlostním. Řídicí veličina je zadávána jako sled impulsů. Počet impulsů je mírou pro vykonávání dráhy, frekvence pak je mírou žádané rychlosti pohonu. V obousměrném čítači je vytvořena regulační odchylka J_w – okamžitý rozdíl mezi počtem impulsů zadaných řízením a počtem impulsů vznikajících v odměřovacím systému. Tato odchylka je převedena do analogové formy. Sám regulátor je volen typu PI či PID.



Obr.9. Schéma zpětnovazebního řízení pohonu

Tento regulátor tvoří žádanou hodnotu pro podřízený rychlostní obvod, která je porovnávána s výstupem tachometrického dynama. Odchylka je zpracována v regulátoru rychlosti, který ovládá motor představovaný zde dvěma soustavami zahrnujícími časové konstanty elektrické i mechanické části motoru. Rotační pohyb výstupu motoru je převeden na posuvný pohyb v mechanickém převodu. Skutečná hodnota polohy je měřena odměřovacím zařízením.

Rychlostní zpětná vazba zlepšuje vlastnosti pohonu a sice zmenšuje se otáčková poddajnost motoru, zvyšuje se přesnost polohování a zlepšují se dynamické poměry pohonu, tj. především stabilita.



Obr.10. Chování pohonu při zpětnovazebním řízení

Je vidět, že u regulace s rychlostním regulátorem je možné dosáhnout při vysokém zesílení rovněž vysokého tlumení obvodu, což vede k získání dobrých dynamických vlastností bez překmitů.

Koncepce uspořádání pohonu

Podle umístění motoru vzhledem k vlastní konstrukci PraM rozlišujeme vnější pohon a vnitřní pohon. U vnějšího pohonu je manipulátor poháněn od jiného zařízení.

Z jiného hlediska se koncepce pohonu rozdělují do dvou skupin:

- společný pohon,
- oddělený pohon.

U společného pohonu je několik pohybových jednotek poháněno společným motorem.

Pro univerzální manipulátory je typický vnitřní oddělený pohon. Tato koncepce vede k použití motorů s malou hmotností.

Podle druhu energie pro napájení pohonu rozlišujeme pohony s motorem

- elektrickým,
- tekutinovým,
- kombinovaným.

Udává se, že PraM v současné době používají 48% hydraulické pohony, 40% pneumatické, 8% elektrické, 4% mechanické. Některé prameny však uvádějí až 25% užití elektrických pohonů.

4.2 Elektrický pohon

- energie jednoduše dostupná,
- jednoduchý přívod energie,
- jednoduché spojení s řídicími prvky,
- vhodné dynamické vlastnosti,
- malé pořizovací a provozní náklady, jednoduchá údržba.

Nejčastěji se vyskytují typy motorů

- 1) střídavé
- 2) stejnosměrné
- 3) krokové
- 4) elektromagnety

Ad 1) Nejjednodušší provedení mají indukční motory s kotvou nakrátko – asynchronní. Změna smyslu otáčení připojeného ústrojí přímo přepnutím fází nebo prostřednictvím reverzačních spojek, kombinovaných s brzdou. Řízení polohy zastavení se provádí vypínáním motoru se současným zapnutím brzdy. Výhodou je jednoduchá konstrukce, jsou však na daný výkon dosti těžké; změna otáček se provádí buď přepínáním pólů nebo změnou kmitočtu, v omezené míře změnou odporu v kotvě, skluzem.

Dále se užívají střídavé motory synchronní. Tento motor má třífázové vinutí statoru s permanentními magnety, které tvoří kotvu stroje.

Typů střídavých motorů je celá řada a různí výrobci mohou používat další typy

- asynchronní,

- jednofázové asynchronní,
- třífázové s kotvou kroužkovou,
- motory se speciální kotvou nakrátko (dvojitá, vírová),
- synchronní stroje (stejnoseměrné buzení do rotoru),
- trojfázový derivační,
- komutátorový motor napájený do rotoru (Schrage),
- komutátorový třífázový motor napájený do statoru.

Ad 2) Podstatně rozšířenější než asynchronní motory jsou stejnosměrné motory. Důvodem je možnost plynulé regulace rychlosti otáčení ve velkém rozsahu při malých energetických ztrátách. Nejrozšířenějším řízením otáček je změnou napětí v obvodu kotvy. K tomu se v současné době uplatňují řízené usměrňovače.

Podle zapojení obvodu pro buzení rotoru známe motory derivační, sériové, kompaundní a s cizím buzením.

Základním požadavkem při uplatnění stejnosměrných motorů při konstrukci PraM je zmenšení elektrických a mechanických časových konstant.

Jedná se především o snížení elektromechanické časové konstanty kotvy

$$\tau_m = \frac{G \cdot D^2 \cdot n}{k \cdot M_{\max}}$$

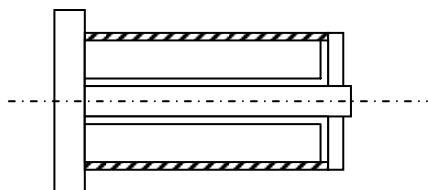
kde $G \cdot D^2$ je setrvačný moment kotvy,
 n jsou otáčky,
 M_{\max} maximální moment.

Je to čas potřebný pro rozběh motoru na jmenovité otáčky při působení maximálního momentu. Cílem je snížit setrvačný moment kotvy.

Příkladem snížení momentu setrvačnosti kotvy je motor 3SHAT, který je základem známého servopohonu MEZOMATIC. U motoru SHAT se používá pro buzení permanentních magnetů. Poměrně nízké otáčky i nízké napětí kotvy dovolují dobrou komutaci i při několikanásobném proudovém přetížení. Motory mají vestavěné tachometrické dynamo a elektromagnetickou brzdu. Na druhý konec hřídele se upevňuje selsyn jako čidlo polohy. Motory mají tři velikosti. Napájení je provedeno z třífázových tyristorových měničových systémů.

Dalším příkladem jsou motory s diskovým rotorem. Jedná se o stejnosměrné motory s buzením permanentním polem, v jejichž vzduchové mezeře je otočně uložena kotva krátké délky sestávající z rotoru s nalepeným měděným vinutím. Došlo tak ke snížení hmotnosti rotujících částí. Motor může být v několika milisekundách nastaven na požadované otáčky. Motor má vysoký specifický výkon (80W/kg) proti normálním motorům (40W/kg).

Motory s dutým rotorem – zvonová kotva – mají vinutí kotvy upevněno na lehkém tělese ve tvaru zvonu, které je pevně spojeno s hřídelem motoru. Proti konvenčním motorům není železo kotvy částí hřídele, ale je pevně spojeno a tvoří díl skříně.



Obr.11. Odlehčený rotor motoru

Na hřídeli motoru se nachází bezdrážkové jádro z křemíkových ocelových plechů, na které je nalisováno vinutí kotvy. Vinutí samo je zpevněno bandáží se sklolaminátem.

Toto provedení má časovou konstantu přechodového děje kratší než 0,125 s, rozsah pracovních otáček 0,2 – 500 při přesnosti 1ot/min, maximální otáčky až 1500 ot/min, 10 – 42Nm.

Ad 3) Krokové motory.

Umožňují jednoduché řízení rychlosti pohybu změnou frekvence vstupních impulzů a jednoduché řízení polohy na základě registrace počtu přivedených impulzů. Nevýhodou je poměrně malý krouticí moment, který rychle klesá s rostoucí frekvencí vstupních impulzů. Proto se užívá těchto jednotek k přímému pohonu pohybových jednotek jen malých výkonů. Pro větší výkony se spojují často s hydromotorem přes polohový mechanicko-hydraulický systém. Krokové motory se užívají jak v otevřené, tak v uzavřené smyčce.

Princip motoru je takový, že se skládají ze tří statorů a tří rotorů. Póly rotoru jsou vzájemně uspořádány tak, že vůči statorům jsou posunuty o 1/3 pólového dělení α . Rotor se pohybuje v krocích odpovídajících 1/3 pólového dělení, při postupném buzení statoru 1,2,3, atd., úhlová hodnota je v rozmezí $1,5 - 3,6^\circ$. Rotory totiž mají vždy zaujmout stabilní polohu, kdy póly statoru a rotoru stojí proti sobě. (Vyrábět se mohou až 10000 kroků/s, 400 kroků na otáčku).

Podobně pracuje i lineární krokový motor, který se skládá z hřebenu a reakční pohybové části. Řízením napájecího proudu postupně na jednotlivé hřebeny lze dosáhnout krokování pohyblivé části, neboť se motor snaží zaujmout stabilní polohu.

Výhoda krokových motorů:

- jednoduchost návrhu,
- spolehlivost a dlouhá životnost,
- přesné polohování,
- jednoduchá možnost spojení s číslicovým zařízením.

(Vyrábějí se v provedení 60 – 100 kroků/s, délka kroku 91mm, opakovaná přesnost polohování setiny mm, napájení 1fázové i 3fázové).

Ad4) Elektromagnety

Používají se převážně k realizaci posuvných pohybových lineárních úkonů. Jsou stejnosměrné i střídavé.

4.3 Tekutinové pohony

Tyto motory mají v porovnání s elektrickými pohony větší rozšíření. To je dáno některými vlastnostmi, z nichž lze uvést:

- možnost realizace přímočarých pohybů konstrukčně jednoduchými, rozměrově malými a spolehlivými motory bez zařazování převodů,
- jednoduché spojitě řízení základních parametrů pohonu, t.j. síly, krouticího momentu, rychlosti ve velkém rozsahu prostřednictvím řízení tlaku a proudu tekutiny,
- nízká hodnota poměru hmotnosti a výkonu zejména u hydraulických motorů,
- možnost přetížení motoru bez nebezpečí poškození.

Výhody hydraulického pohonu

- velká tuhost,

- plynulý chod, možnost dosažení i malých rychlostí pohybu bez převodu a s velmi dobrou rovnoměrností,
- velká účinnost.

Nedostatky hydraulického pohonu

- potřeba samostatného, odděleného energetického bloku,
- poměrně obtížné dosažení vyšších pohybových rychlostí,
- změna viskozity kapaliny v závislosti na teplotě, která se projevuje ve změně tlakových poměrů,
- hořlavost pracovních kapalin.

Výhody pneumatického pohonu

- možnost připojení na centrální rozvod stlačeného vzduchu,
- jednoduchý rozvod bez zpětného odvádění vzduchu k motoru (ke zdroji),
- možnost dosažení rychlých přímočarých pohybů,
- možnost činnosti ve velkém teplotním rozsahu, ve výbušném prostředí a v provozech s nebezpečím vznícení od otevřeného ohně.

Nevýhody pneumatického pohonu

- malá tuhost,
- obtížné udržení rovnoměrného pohybu, zejména při malých rychlostech,
- z energetického hlediska poměrně drahý provoz.

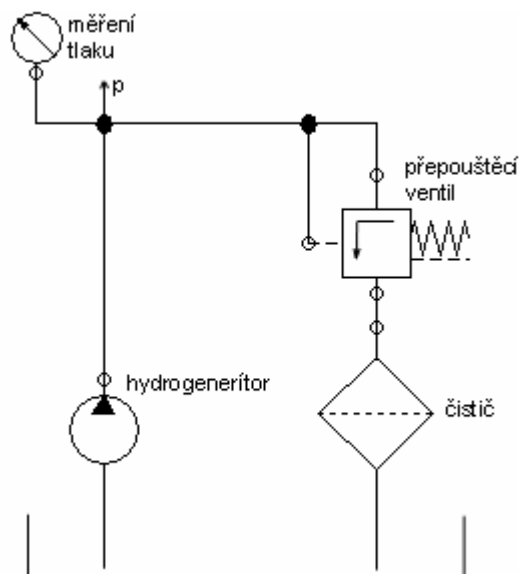
Výroba energie stlačeným vzduchem je 6 – 8 krát dražší, než energie elektrické a asi 4krát dražší, než energie tlakovou kapalinou.

Obecné vlastnosti a oblast použití

Hydraulické i pneumatické pohony pracují se stejným druhem media – tekutinou. Z rozdílných fyzikálních vlastností kapalin a plynů je nutno uvést poddajnost a viskozitu. Stejný druh pracovního media se projevuje v podobné struktuře pohonu a v koncepční shodě většiny prvků.

Hydraulické pohony - mají podstatně širší oblast využití. Jde zejména o oblast rozsahu výkonu. V současné době pracují s tlakem 25 – 32MPa. Malá stlačitelnost zaručuje dostatečně velkou tuhost pohonu, umožňuje jiné způsoby nastavování polohy, např. hydraulické polohové servomechanizmy vyhoví i nejnáročnějším požadavkům.

Zdrojem tlakové tekutiny u hydraulického pohonu je hydraulický agregát. Jeho základní zapojení je na obr. 12.

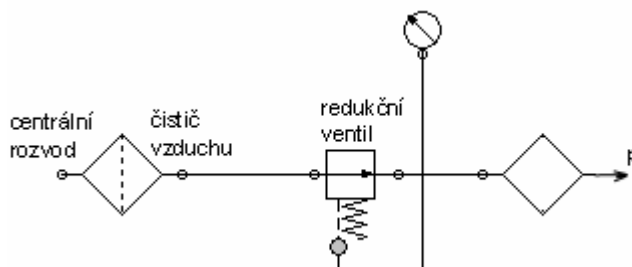


Obr.12. Zdroj hydraulického motoru

V současné době se dá počítat s tlakem do 25 – 32MPa. Hydrogenerátor je poháněn asynchronním motorem. Přepouštěcí ventil udržuje tlak připojeného obvodu na nastavené pracovní hodnotě.

Pneumatický pohon - je vhodný pro manipulátory menších výkonů ($< 1\text{kW}$), kde se vystačí s nastavováním polohy mechanickým omezováním pohybu motoru, kde nevadí nerovnoměrnost rychlosti pohybu. Omezení výkonu vychází z provozního tlaku 0,6MPa. U manipulátoru s vlastním kompresorem se používá tlak do 1MPa.

Obvyklé zapojení vstupního obvodu pneumatického pohonu je na následujícím obrázku:

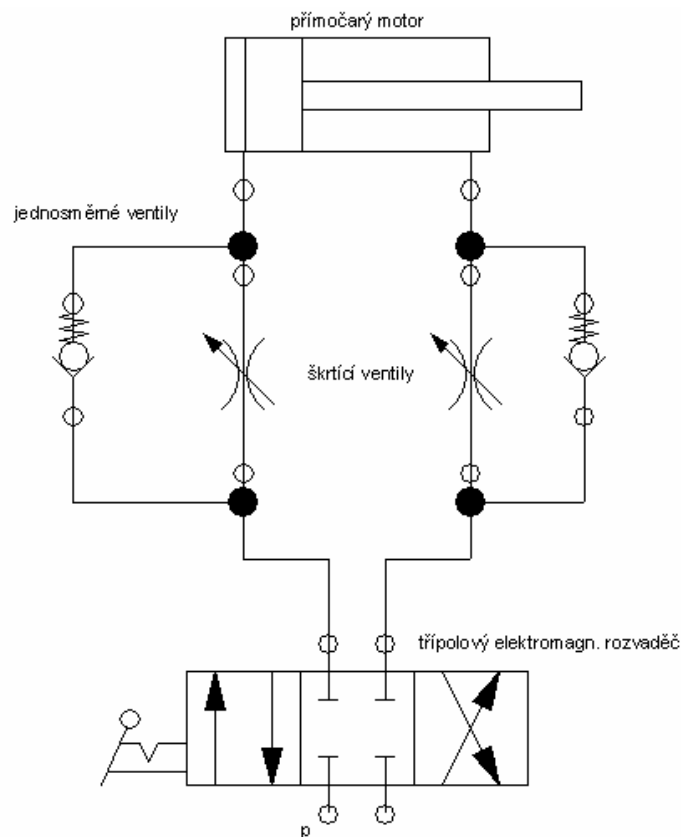


Stlačený vzduch z centrálního rozvodu se zbavuje v čističi mechanických nečistot a kondenzované vody. Redukční ventil snižuje tlak na požadovanou pracovní hodnotu pohonu a udržuje ji přibližně neměnnou bez ohledu na kolísání vstupního tlaku a výstupního proudu. Maznice slouží k obohacování stlačeného vzduchu olejovou mlhou pro zajištění mazání kluzných ploch pneumatických prvků. Proti hydraulickým prvkům jsou podstatně rozměrnější. Hodí se do výbušného prostředí. Účinnost pneumatických systémů je pak 50% (středotlaká 0,02 – 0,2MPa, nízkotlaká $< 0,01\text{MPa}$ – logické prvky).

Pro realizaci řízení pohybu – smyslu, rychlosti, polohy se rozlišují tyto tři typy řízení tekutinových pohonů:

- 1) Pohony s řízením rozváděči (ventily) a škrticími ventily.
- 2) Pohony s řízením servoventily.
- 3) Pohony s řízením regulačními generátory, popřípadě motory.

Ad1) Jedná se o pohony jednodušších typů PraM. Zde slouží rozváděče k řízení smyslu pohybu motoru a škrticí ventily k řízení rychlosti. Princip takové koncepce hydraulického Pohonu je na obr. 13.



Obr.13. Pohony s řízením rozvaděči

Rychlost pohybu přímočarého motoru je řízena nezávisle v obou směrech škrticími ventily. Paralelně připojené jednosměrné ventily zajišťují vlivnost škrticího ventilu. Třípolohovým rozvaděčem je řízen smysl pohybu motoru. Při přestavení rozvaděče do střední polohy může být zastaven a blokován pohyb motoru v požadované poloze.

Samozřejmě rozvaděče mohou být různého provedení – s ručním ovládáním, elektromagnetickým ovládáním, hydraulickým ovládáním.

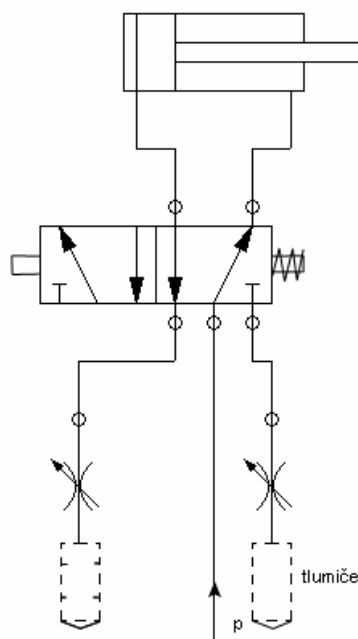
V zásadě se ve schématu vyskytují prvky pro:

- hrazení průtoku,
- řízení tlaku,
- řízení průtoku servoventily.

Pro hrazení průtoku to jsou:

- jednosměrné ventily,
- řízené jednosměrné ventily,
- hydraulické zámky,
- uzavírací ventily,
- rozváděče,
- logické prvky,

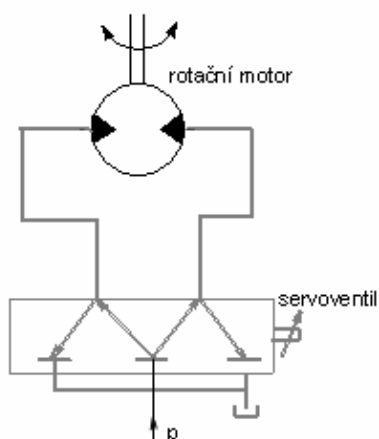
Typické zapojení obvodu pneumatického pohonu je na obr. 14.



Obr.14. Pohony s řízením servoventily

Dvoupolohovým rozvaděčem je řízen smysl pohybu, škrticími ventily rychlost. Za škrticími ventily jsou zařazeny tlumiče pro snížení hluku při vyprazdňování pracovního prostoru motoru.

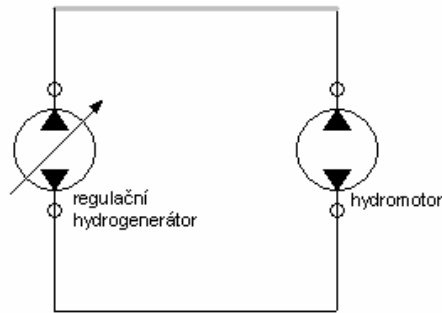
Ad 2) Pohony s řízením servoventily – jsou typické pro hydraulické pohony PraM. Elektrohydraulický servoventil je prvek, jehož výstupní parametry – proud nebo tlak kapaliny jsou spojitě řízeny elektrickým signálem. Velikost proudu kapaliny odpovídá velikosti elektrického proudu, smysl průtoku kapaliny polaritě. Tak je možné spojitě řídit rychlost, smysl pohybu a polohu zastavení motoru – viz obr. 15. Řídicí signál servomotoru je odvozen od porovnání žádané hodnoty a signálu od odměřovacího zařízení.



Obr. 15. Pohony s řízením servoventily

Ad 3) – jsou vhodné pro větší výkony. Jde o typ pohonu, kde se využívá pro řízení rychlosti změny geometrického objemu, nejčastěji generátoru – geometrický objem = objem kapaliny, který proteče generátorem při jedné otáčce.

Princip zapojení pohonu s regulačním hydrogenerátorem je na obr. 16.



Obr.16. Pohon s regulačním generátorem

(Rotační motory jsou podle principu činnosti děleny na zubové, pístové, lamelové, šroubové. Rotační hydromotory mohou pracovat v rozsahu od několika otáček do několika tisíc otáček za minutu, pneumatické od několika set do desítek tisíc otáček za minutu. Pneumatické motory však mají měkkou otáčkovou charakteristiku, malou účinnost a jsou hlučné – používají se málo).

Kombinovaný pohon

Praktický význam zde má elektrohydraulická nebo pneumohydraulická verze. Na vstupu je nejčastěji ss motor spojený nebo krokový; je proveden souběh s motorem hydraulickým řídicím obvodem pro řízení natočení a získá se tak výkonné zesílení.

5. VÝSTUPNÍ HLAVICE

Je to ta část PRaM, která přichází bezprostředně do styku s objekty manipulace nebo technologického procesu.

Dělí se na:

- úchopné,
- technologické.

Úchopné slouží k zachycení objektů (polotovaru, součástí,...) při manipulaci.

Technologické umožňují realizaci technologické operace (stříkací pistole, kleště pro bodové svařování, vrtací hlavy atd.).

Někdy může jít o kombinaci – jsou to speciální konstrukce – různé druhy hlavic mohou být umístěny v jednotlivých pozicích, tzv. revolverové hlavy.

Úchopné hlavice

Při uchopení objektu jsou v rovnováze vnější síly působící na objekt. Uchopení je provázeno mechanickým stykem hlavice s objektem. Tento styk může být

- oboustranný styk s hlavicí
- jednostranný styk s hlavicí.

Při oboustranném styku jsou úchopné síly vyvozeny mechanickými prostředky – síly působí proti sobě v protilehlých stranách povrchu tělesa.

Při jednostranném styku jde o využití podtlaku nebo magnetických sil působících na objekty, popřípadě o využití gravitační síly. Stykové plochy hlavice s objektem jsou přizpůsobeny s ohledem na přesnost a bezpečnost držení objektu.

Úchopná hlavice realizuje v rámci manipulačního cyklu funkci, která se projevuje dvěma stavy: -uchopení – uvolnění. Tyto dva stavy mohou být vyvolány přímým řízením úchopné síly vlastní hlavice anebo je uchopení, případně uvolnění, vázáno na vnější silové působení na hlavici. (Příklad – kleština, která musí najet na objekt, aby došlo k uchopení. Na druhé straně se uvolnění provede nuceným složením součásti působením západek uvolněných najetím do nějaké polohy).

Konstrukce úhlových hlavic je rám, na kterém jsou vhodným způsobem rozmístěny prvky, které přijdou do styku s objektem a bezprostředně se podílejí při zachycení v hlavici – jsou to úchopné prvky.

Úchopné prvky bezprostředně ovládané řídicím systémem jsou aktivní úchopné prvky. Pasivní jsou ty, které umožňují uchopení objektu bez působení řídicího systému.

V souvislosti s principy uchopení objektu lze rozlišovat prvky

- mechanické
 - pasivní (pevné opěry, odpružené čelisti),
 - aktivní (pohyblivé čelisti s pohonem),
- podtlakové
 - pasivní (deformační přísavky),
 - aktivní (podtlakové komory s řízeným vyvozením podtlaku),
- magnetické
 - pasivní (permanentní magnety),
 - aktivní (elektromagnety).

Podle počtu úchopných prvků se rozlišují úchopné hlavice

- jednoprvkové,
- víceprvkové.

Uspořádání hlavic je velký počet a je dán charakterem objektu (tvar, rozměry, tuhost, hmotnost) a požadavky na přesnost, s jakou má být objekt zachycen. Tím je určen typ a počet úchopných prvků, čili struktura úchopné hlavice. Tuto strukturu formálně zapisujeme (A ; P). A je počet aktivních a P pasivních prvků.

Parametry úchopných hlavic:

- typ prvků,
- úchopná síla,
- přesnost polohy při uchopení,
- pracovní rozsah hlavice (vyjádřený rozměry objektů),
- hmotnost hlavice.

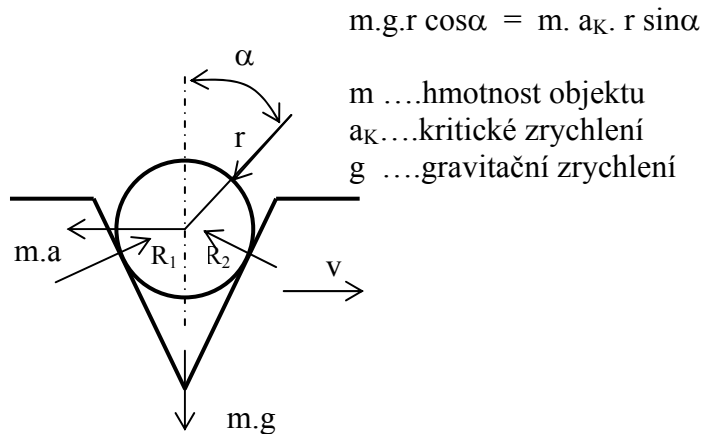
Úchopná síla musí být tak velká, aby byly eliminovány tyto vnější síly:

- setrvačné síly,
- tíha,
- odpory při vyjímání objektů ze zásobníků, přípravků, atd.

Mechanické hlavice

Jednoprvkové využívají pro vyvození úchopných sil působení vlastní tíhy objektu. Jsou často vytvořeny jako vhodně prostorově rozmístěné pevné opěry. Jsou vhodné pro rotační součásti. Tato provedení s otevřenými lůžky se používají při manipulaci v horizontální rovině nebo mírně skloněné rovině. Pohyb ramene manipulátoru musí být plynulý. Základním parametrem je zde kritické zrychlení, při kterém dochází k uvolnění objektu.

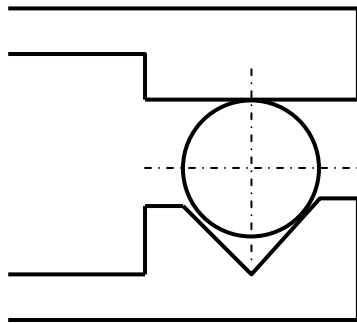
Provedení je následující



Pro bezpečné zachycení objektu musí být $a < a_K$.

$$a_K = g \cdot \cotg \alpha$$

Jiným typem mechanické hlavice, tentokrát dvouprvkové je na obr.16.



Obr.17. Příklady mechanických hlavic

Uchopení objektu se realizuje silovým působením na čelisti. Aspoň jeden prvek musí být pohyblivý. Někdy jsou však dva prvky pohyblivé. Tyto prvky mohou být jak pasivní, tak aktivní. V případě pasivního provedení se jedná o odpružení, v případě aktivního provedení se jedná o užití nejméně jednoho pohyblivého úchopného prvku s vlastním pohonem.

Podtlakové úchopné hlavice

Pasivními podtlakovými prvky jsou deformační přísavky. K uchopení dochází přitlačením přísavky na jeho povrch.

Aktivními podtlakovými prvky jsou podtlakové komory, z kterých se vysává vzduch vývěvou.

Magnetické úchopné hlavice

Používají se k manipulaci s předměty z feromagnetických materiálů.

Pasivní jsou tvořeny permanentními magnety, Aktivní elektromagnety.

Spojení pohonů s pohyblivými členy

- mechanický převod,
- magnetický převod,

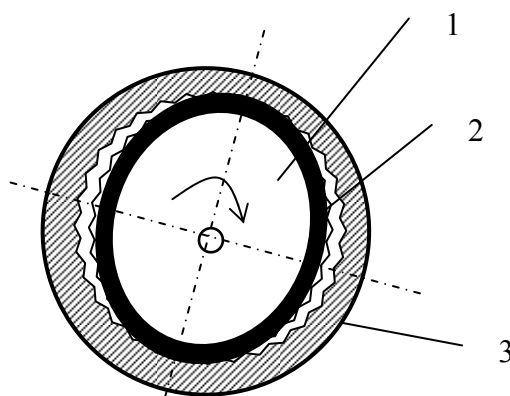
- elektrický převod.

Mechanický převod je nejrozšířenější – ozubená kola, hřebeny, vačky, šablony, páky, řetězy. V poslední době se však užívá nových typů převodovek – harmonické převodovky, převodovky CYCLO.

Výhody: velký převodový poměr při malých rozměrech, vysoká účinnost, minimální vůle mezi vstupem a výstupem.

Harmonickou převodovku tvoří:

- vstupní čep elipsovitého tvaru s valivým uložením (1),
- pružný ocelový prstenec s vnějším ozubením (2),
- kroužek s vnitřním ozubením (3).



Obr. 18 Schéma harmonické převodovky

Při otáčení čepu 1 se přes valivé uložení deformuje pružný prstenec 2, jehož ozubení se přitom dostává do záběru s vnitřním ozubením kroužku 3. Při stojícím vnějším kroužku se pružný prstenec odvaluje s výrazně menším počtem otáček po jeho vnitřním ozubení.

Převodový poměr
$$i = \frac{Z_2 - Z_3}{Z_2}$$

kde Z_2 je počet zubů prstence 2,
 Z_3 počet zubů prstence 3.

Převodovky mají převod 1 : 78 až 1 : 320, účinnost 80% - 90%, při téměř nulové vůli; do výkonu 5kW.

Dalším zlepšením jsou převodovky CYCLO. Parametry - převod 1: 85, účinnost 98%, výkon až 45kW. Mají podobný princip jako předchozí převodovky, ale speciální ozubení.

Magnetický a elektrický převod se užívají pro speciální užití. Používá se permanentních magnetů i elektromagnetů, elektrický převod se realizuje pomocí selsynů.

6. ČIDLA PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ A MANIPULÁTORŮ

Čidla, někdy také označována jako snímače, jsou prvky pro sběr informací, které pak převádějí na vstupní signály zpracovávané řídicím systémem na výstupní signály, které dále působí na ovládání jednotlivých funkčních částí manipulátoru nebo robotu.

6.1 Dělení čidel

Dělí se do dvou skupin:

- 1) čidla vnitřní informace,
- 2) čidla vnější informace.

Ad1) Čidla vnitřní informace slouží ke sledování činnosti samotného manipulátoru nebo robotu. Jde především o prvky pro snímání těchto informací:

- poloha (posunutí, natočení)
- rychlost, síla, moment,
- funkční parametry pohonu (tlak v tekutinovém systému, proud v obvodu kotvy elektromotoru, atd.).

Ad2) Čidla vnější informace zachycují stav pracovního prostředí a interakci PRAm s prostředím. Patří sem prvky pro snímání informací:

- relativní poloha výstupní hlavice vzhledem k manipulovanému objektu v prostoru
- tvar, rozměry objektů v prostoru
- parametry pracovního prostoru

Čidla pro vnitřní informaci jsou obsažena v konstrukci robotu. Čidla pro vnější informaci jsou obsažena jak v konstrukci robotu, tak jsou umístěna v jeho pracovním prostoru.

Manipulátory jsou podle funkční úrovně vybaveny čidly vnitřní informace a to ještě podle funkční úrovně jen v omezeném rozsahu.

Roboty jsou vybavovány čidly obou skupin. V současné době se u robotů v průmyslovém použití uplatňují čidla pro vnitřní informace.

Ve většině případů vede realizace snímačů na elektrické měření neelektrických veličin. To je poměrně rozsáhlý obor měřicí techniky. V daném rozsahu se nelze zmiňovat o všech čidlech, která mohou být u PRAm užívána, proto zmíníme jen ta nejběžnější.

Snímač, spolu s blokem elektronických obvodů, v němž se upravuje výstupní elektrický signál snímače na potřebný tvar, a paměti, která uchovává měřenou informaci po určité požadované době tvoří měřicí soustavu.

Čidla lze dělit do dvou základních skupin:

- 1) aktivní (generátorové) – při působení neelektrické veličiny se snímač chová jako zdroj elektrické energie.

Patří sem snímače termoelektrické, piezoelektrické, indukční.

- 2) pasivní – působením neelektrické veličiny na snímač se mění některý z jeho parametrů. Patří sem snímače odporové, kapacitní a další.

Převod neelektrické veličiny snímače může být:

- jednoduchý - měřená neelektrická veličina se mění přímo na elektrickou veličinu,

- několikanásobný - neelektrická veličina se mění na jinou neelektrickou veličinu a ta pak na elektrickou.

Podle vstupních neelektrických veličin rozeznáváme:

- snímače mechanických veličin,
 - snímače tepelných veličin,
 - snímače chemických veličin,
 - snímače záření,
- a další.

Dále je možné dělení na

- snímače dotykové,
- snímače bezdotykové.

Další základní pojmy:

Měřená veličina - fyzikální veličina, jejíž hodnota má být měřením zjištěna (dráha, napětí)

Měřená hodnota - číselná hodnota spojená s vyjádřením jednotek, přiřazená k měřené veličině

Měřicí místo - je označení místa, ve kterém se nachází měřicí snímač.

6.2 Čidla pro vnitřní informaci

Podstatnou část čidel vnitřní informace u PRaM tvoří tzv. produkty vnitřní polohové zpětné vazby. Jedná se především o odměřovací prostředky. Ty jsou buď spojitě nebo diskrétní.

Spojitě odměřovací prostředky jsou zejména: potenciometry pro přímý a rotační pohyb, selsyny a resolversy a to opět pro přímý a rotační pohyb.

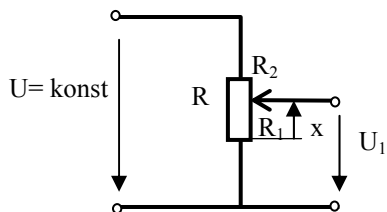
Diskrétní prostředky jsou především nárazové koncové spínače a clony, impulzní snímače rychlosti a polohy, přičemž snímače polohy se dále dělí na inkrementální přírůstkové a absolutní.

Mezi jednoduché spojitě odměřovací prostředky patří:

Potenciometry

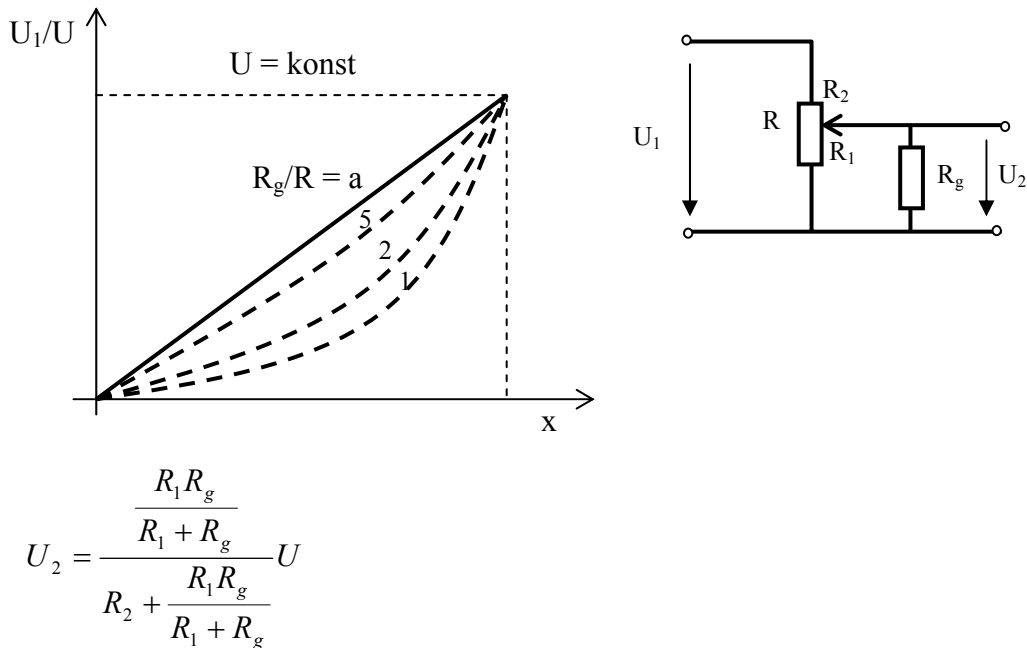
Polohu při přímočarém pohybu lze zjišťovat způsobem dle schématu.

Pro nezatížený potenciometr platí:



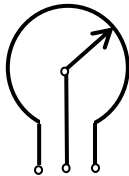
$$U_1 = U \cdot \frac{R_1}{R} \quad R = R_1 + R_2$$

Ve skutečnosti však je paralelně k hodnotě potenciometru zapojen zatěžovací odpor R_g , který deformuje původně přímkovou charakteristiku takto



Obr. 19. Princip a chování potenciometru

Odporová dráha může být lineární nebo kruhová. Může být z vinutí odporového drátu nebo pro menší výkony provedena nástřikem na izolační podložce. Její funkční průběh odporu v závislosti na natočení nebo posunutí může být nelineární, např. kvadratický. Mají různé hodnoty odporu a jsou konstruovány pro určité zatížení. Co do konstrukce mohou být kruhové, deskové, šroubovicové, rtuťové, elektrolytické, speciální.



Obr.19. Potenciometr s kruhovou odporovou dráhou

Problém zatěžování potenciometrů je dnes lehce řešitelný pomocí operačních zesilovačů s obrovským vstupním odporem.

Kruhové potenciometry mohou být víceotáčkové, často se však vyrábějí pro úhel otevření 240° - 340°.

Střední doba životnosti se udává 10⁶ přeběhů jezdce po dráze.

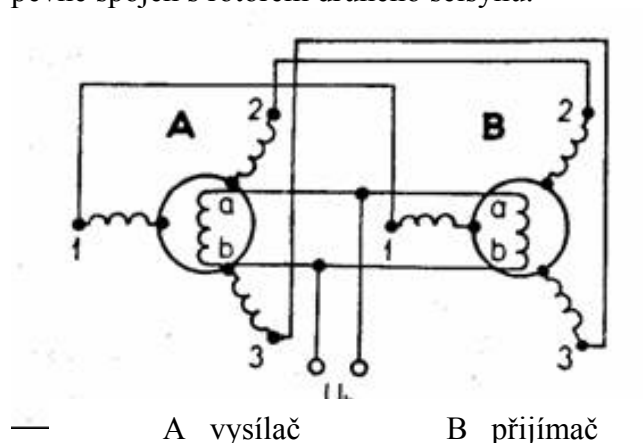
Samostatný problém představuje odměřování úhlů větších než 360°. Tyto úhly lze řešit pomocí převodů, nejčastěji ozubených, kterými je převedeme na úhly menší než 360°. Někdy je to řešeno tak, že existuje kaskáda potenciometrů spřažených převody, z nichž první (hrubý) se otočí jednou za celý měřený úhel, další pak 10x (jemný) a poslední 100x (velmi jemný).

S výhodou se však zde dají použít víceotáčkové potenciometry. Jezdec je zde veden ve směru šroubovicové odporové dráhy.

Selsyny

Selsyny se vyrábějí v řadě provedení. Známé jsou selsyny pro přenos úhlů. Snímač se skládá ze dvou základních částí – pevná část je stator, otočná je rotor. Na rotoru je umístěno jednofázové vinutí napájené proudem o kmitočtu $50 \div 500$ Hz. Ve statorových drážkách je uloženo vinutí synchronizační, vytvořené jako souměrné trojfázové vinutí. Toto vinutí je spojeno do hvězdy nebo trojúhelníku. Často bývá na statoru vinutí tlumicí – spojené nakrátko – proti rotorovému kývání.

Spojíme-li dva selsyny, dostaneme nejjednodušší spojení pro přenos úhlové výchylky. Jeden selsyn pracuje jako snímač úhlové výchylky, druhý pak jako ukazatel výchylky. Ukazatel je pevně spojen s rotorem druhého selsynu.



Obr.20. Schéma selsynu

Vodičové spojení obou statorů je označováno jako synchronizační.

Pootočíme-li rotor selsynu A o úhel α proti původní poloze, indukují se v obou statorech rozdílná napětí, vznikne mezi statoru vyrovnávací proud, jehož působením vznikne ve statoru selsynu B magnetické pole, které natočí rotor tohoto selsynu do stejné polohy jako u selsynu A.

Lineární indukčosyn

Pracuje na stejném principu jako selsyn, i když konstrukčně je mu hodně vzdálen. Je možné si jej představit jako selsyn rozvinutý do roviny.

Mezi jednoduché diskretní odměřovací prostředky patří:

Systém odměřování polohy pomocí narážek. V souvislosti s jejich použitím se hovoří o narážkových řídicích systémech.

Narážky, při přejíždění posuvného členu kinematického řetězce, představují při svém pohybu postupně např. kontakty spínače či spínačů. Spínací funkce může být realizována mechanicky, elektricky, hydraulicky nebo pneumaticky. Pro velmi přesné plnění funkce se užívá elektrických mikrosplínačů. Narážky jsou upevňovány na narážkových lištách, které mohou obsahovat i několik drah. Variant provedení je velký počet.

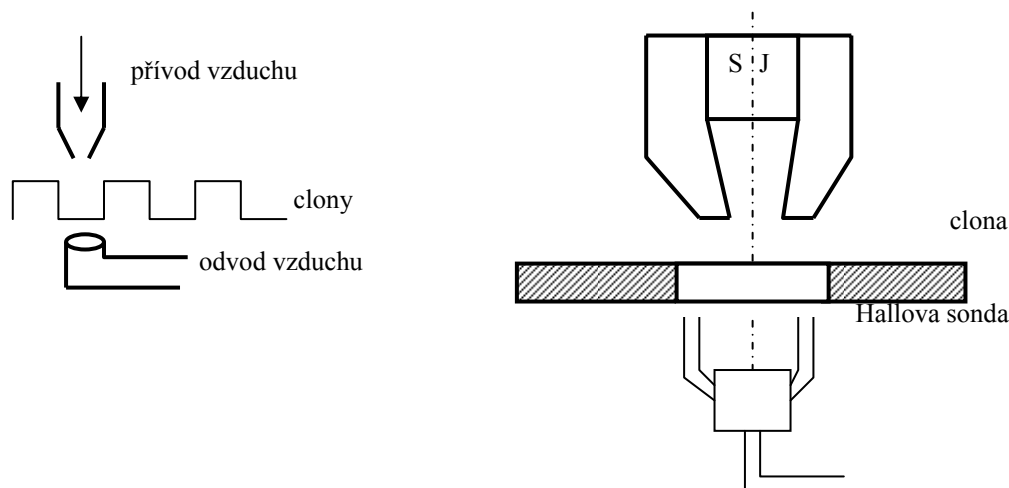
Mezi čidla vnitřní informace patří další diskretní odměřovací prostředky. Základní představa spočívá v tom, že dráhu budeme měřit pomocí základního nedělitelného elementu. Velikost každého posunutí či natočení bude celistvým násobkem těchto elementů.

Zde rozeznáváme:

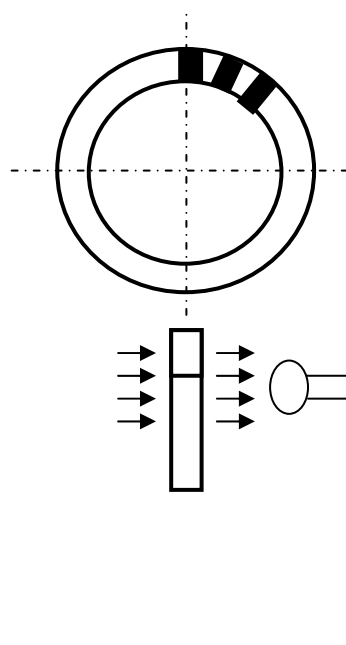
- inkrementální neboli přírůstkové systémy
- absolutní neboli kódované systémy.

U systémů, nazývaných inkrementální systémy (přírůstkové) počítáme, kolik těchto elementů při pohybu přibylo či ubylo. Pohybující se část je spojena s clonkou, která přerušuje proud stlačeného vzduchu, magnetický tok, světelný tok, elektrický proud, elektromagnetické pole.

Příklady:



Nejobvyklejší provedení:



Protože je možno začít s načítáním impulzů v libovolné poloze, od libovolně zvoleného počátku, je toto odměřování označováno jako relativní.

Obr.21. Příklady inkrementálních systémů

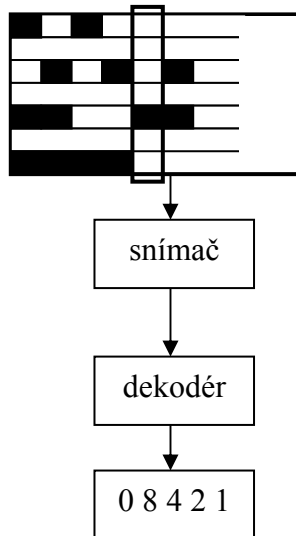
Jiný druh diskrétního snímání je absolutní (kódované).

Příkladem je kódovaný kotouč nebo pravítko. Každé poloze odpovídá jednoznačná kombinace kódovaných stop. Stopy jsou vytvořeny na průhledné podložce, prosvětlovány a snímány např. diodami.

Výhody

- každá měřená hodnota je vztažena k pevně určenému počátku a lze ji přímo odečíst
- správná měřená hodnota zůstává zachována i při ztrátě napětí bez potřeby zvláštních prostředků.

Příkladem je provedení dle obr. 22.



Obr. 22. Absolutní odměřovací systémy

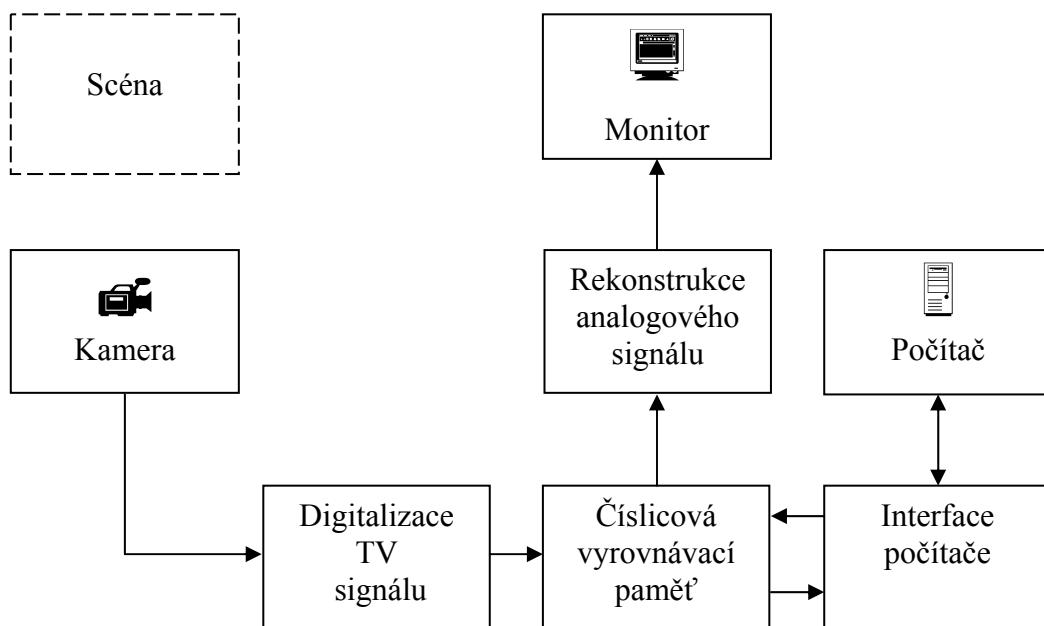
6.3 Čidla pro vnější informaci

Jedná se o dorazy, koncové vypínače, infračervená čidla překážek a obrysů, taktilní neboli hmatová čidla kontaktní elektrická i bezkontaktní, čidla k nacházení kovových předmětů, optické systémy různého stupně složitosti až po televizní či termovizní kamery, laserová čidla, ultrazvuková čidla apod.

Realizace stereoskopického pohledu je možná pomocí digitální televize – tj. systému, který umožňuje uložení obrazového údaje do paměti počítače, jeho vyhodnocení, zpětnou rekonstrukci dvojice záznamů pro stereoskopické vidění do zvolených, např. kartézských souřadnic a následnou korekci chapadla v souřadnicovém systému kinematiky robotu.

Televizní kamera pracuje na rozdíl od oka se seriovým přenosem informací. Snímá bod po bodu. Jedině o jasové informaci se dá hovořit jako o přenosu paralelním. Záznam pohybujícího se předmětu je zkreslen vždy, pohybuje-li se kolmo k ose optické soustavy.

Tento děj lze znázornit dle obrázku Obr. 23.



Obr.23 Princip analýzy scény

Pro vyjádření jasu každého obrazového elementu (bodu) je třeba určitý počet bitů. Např. pro 16 úrovní jasu jsou nutné 4 bity. Pro sejmутí jednoho snímku postupuje signál po trase kamera – digitalizátor – číslicová vyrovnávací paměť. Digitalizátor obstarává analogově-číslicový převod a rovněž sdružování čtveřic bitů do slov po 16 bitech, které odpovídají slovům počítače.

Přenos obrazu do počítače nemůže probíhat v reálném čase. Přesun dat z vyrovnávací paměti → interface → počítač je dán rychlostí danou vstup/výstup počítače. Např. nahrání čtyř po sobě následujících bodů do vyrovnávací paměti je třeba 600ns, avšak pro přenos slova do počítače je třeba 2μs. Proto je nutná vyrovnávací paměť, aby se do ní vešel celý obrázek.

Pro zpětný přenos z počítače do vyrovnávací paměti platí tytéž časové údaje. Proto se výstup z počítače nedá přímo zobrazit na monitoru a je třeba vyrovnávací paměti, kde se čte rychlostí 16 bitové slovo za 600ns.

Do bloku rekonstrukce analogového signálu tedy přichází každých 600ns jedno 16 bitové slovo. To se dělí na 4 čtyřbitová a vytváří se analogový signál trvající 150μs.

Uvážíme-li obvyklou normu (obraz složený ze dvou půlobrázků s 313 a 312 řádky o poměru stran 4 : 3, trvání půlobrázku 20ms a výřez o rozměrech 256 řádků x 256 (bodů o stejné šíři jak je vysoký řádek), braný z každého pulsnímku, zjistíme, že na každý bod máme k dispozici pouhých 150μs. Za tuto dobu musí být sejmут vzorek jasu, proveden jeho analogově-číslicový převod. Pak následuje další bod.

7. ŘÍDICÍ SYSTÉMY PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ.

7.1 Kognitivní roboty

Úroveň řídicího systému je dána tím, jsou-li roboty vybaveny kognitivním systémem nebo nikoliv. Kognitivní robot se vyznačuje tím, že člověkem je mu zadán cíl. Plán, jak tohoto cíle dosáhnout, si pak kognitivní robot vytváří sám. Konečným produktem kognitivního systému je plán. Plán je vytvářen během řešení úlohy, která vzniká existuje-li rozdíl mezi žádaným a cílovým stavem okolního světa (scény). Formování plánu pak v podstatě spočívá v hledání cesty ve stavovém prostoru od současného stavu k cílovému stavu.

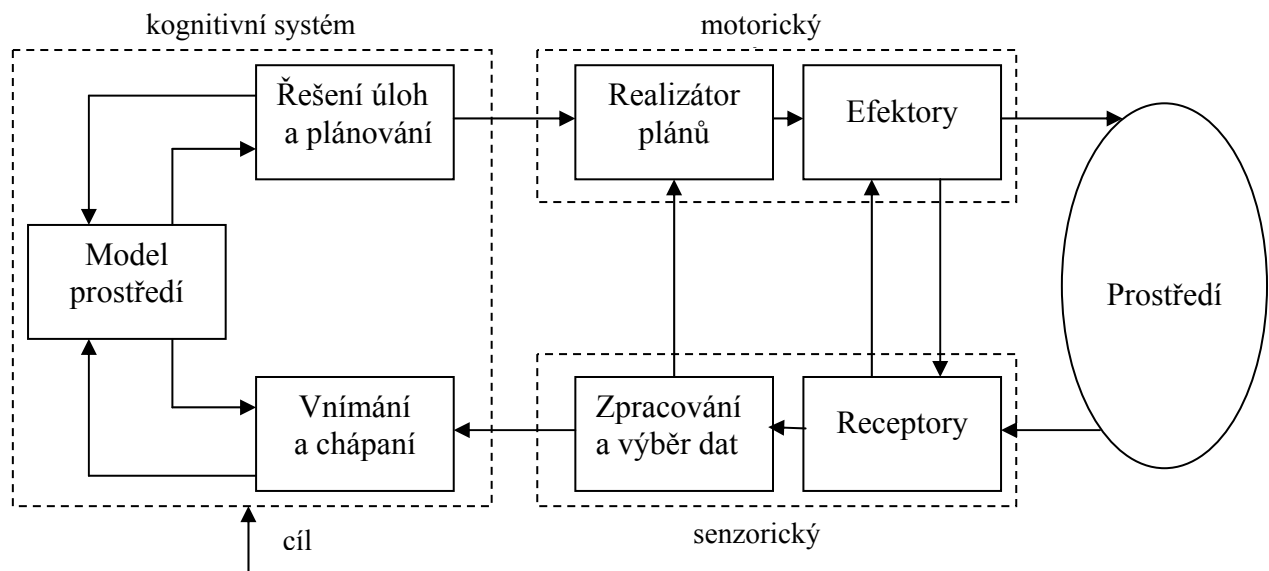
Při tvorbě plánu jsou informace o současném stavu okolního světa dodávány z modelu prostředí, který zajišťuje vnitřní reprezentaci prostředí a vytváření hypotetických stavů prostředí, slouží k mapování stavového prostoru při hledání cesty k cíli. Kromě těchto funkcí reprezentace je zapotřebí vzít rovněž v úvahu schopnosti robotu. Poslední částí kognitivního systému je ta část, která provádí analýzu a interpretaci vstupních senzoričtých dat – část, která provádí vnímání a porozumění. Zde je vnímání považováno za jednodušší funkci – rozpoznání a klasifikace vstupních dat. Porozumění již potřebuje hlubší souvislosti a je pokládáno za základní složku myšlení. Předpokládá už zkušenost a racionální uvažování. Vnímání, zejména vizuální, bude asi první kognitivní schopnost robotů, která bude využita u průmyslových robotů.

U strojového vnímání lze rozlišit dvě úrovně:

- klasifikační – umožňující rozlišovat a třídit jednotlivé vjemy
- deskripční – vede k popisu složitých vnímaných obrazců a jejich struktury.

Klasifikace je dnes už značně rozvinutá. Deskripční metody jsou ve vývoji.

Ve spojení s tím, co už víme, lze pak základní blokové schéma robotu kreslit takto:



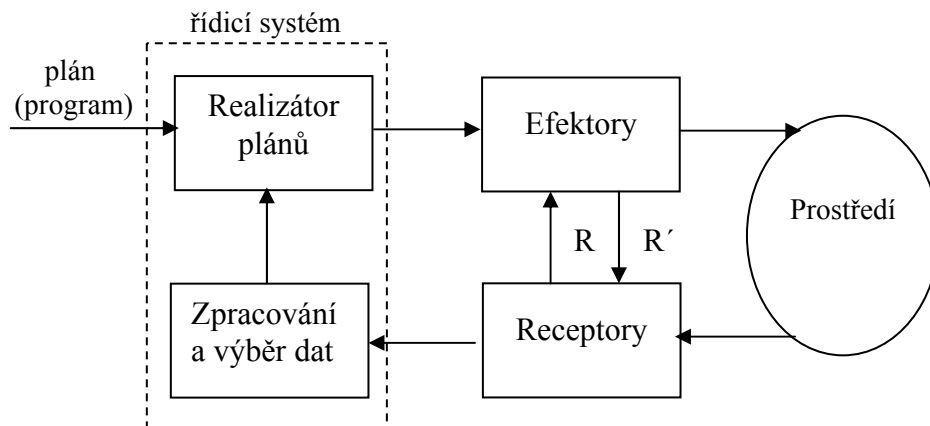
Obr. 24 Řízení kognitivních PRaM

Senzorický systém – přijímá a částečně zpracovává informaci o prostředí. Je rozdělen na receptory provádějící transformaci fyzikálních veličin na elektrické signály a na předběžné zpracování vstupních dat, která jsou důležitá pro kognitivní systém – prostředky vnějších informací a pro motorický systém – prostředky vnitřních informací.

Motorický systém – má část efektorů, tj. akční a pohybové orgány, které provádějí zásah do vnějšího prostředí a realizují pohyb robotu, a část realizátor plánů – realizuje program předaný z kognitivního systému robotu (kognitivní smyčka, zpětná vazba nejvyšší úrovně, kognitivní zpětná vazba).

7.2 Řízení PRaM bez kognitivního systému

Vzhledem k tomu, že současné průmyslové roboty nejsou ve své většině vybaveny kognitivním systémem, mohou být blokově vyjádřeny takto:



Obr. 25 Řízení PRaM bez kognitivní části

Tyto řídicí systémy mohou být realizovány i na nižší úrovni než jsou počítače (než je řízení počítačem). Důležitou úlohu zde totiž hraje cena. Laciná a spolehlivá mikropočítačová technika provádí použití výpočetní techniky i na úrovni současných robotů.

Řídicí systémy se třídí dle různých hledisek.

Podle časového průběhu je lze dělit na časově závislé, závislé od vykonávané práce a smíšené.

Časově závislé systémy řídí manipulační část podle pevného časového plánu. Např. podle údajů z magnetické pásky, děrné pásky, vačkového mechanismu.

Podle způsobu programování se dělí na systémy s pevným programem a programovatelné. Realizaci s pevným programem je už málo – např. vačkové řídicí mechanismy.

Podle způsobu zpracování informace jsou analogové, číslicové a smíšené. U analogových jsou údaje o poloze uloženy např. na potenciometrech, sled úkonů je na speciálním programovacím bubnu.

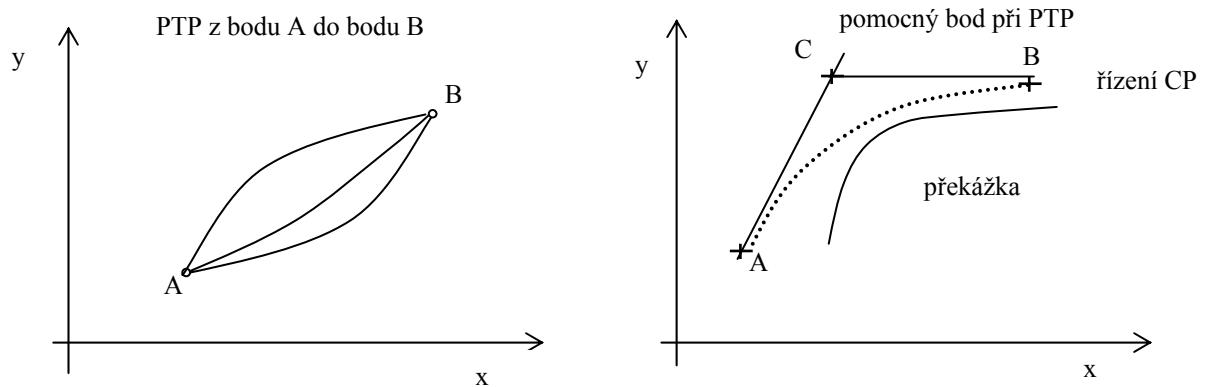
Podle průběhu dráhy manipulačního systému dělíme řízení na řízení bod po bodu – PTP (point to point) a na souvislé řízení – CP (continuous path).

Při řízení PTP je manipulační nebo technologická operace rozdělena do malého počtu bodů (30 ÷ 60). Je zadána koncová poloha mechanismu v každém kroku. Požadovaných bodů v operačním prostoru se dosahuje, aniž by mezi průběhy pohybu v jednotlivých osách byla funkční souvislost. Jinak řečeno, dráha, po níž se do zadaných bodů výstupní hlavice dostane, může být libovolná.

Při řízení CP je trajektorie pohybu výstupní hlavice vzorkována v malých ekvidistantních časových intervalech a uložena v paměti. Program je pak vhodnou rychlostí reprodukován a

na základě zpětných vazeb od polohových a rychlostních čidel v kinematických dvojicích výkonových mechanismů realizován.

Většina PRaM je řízena PTP, jsou malé nároky na paměť. Bývá realizován bez zpětné vazby. Schopnosti robotů jsou omezeny počtem kroků programu. Pracuje-li robot v členitém prostředí, programy se rozrůstají. K obejití překážek je totiž třeba zadat některé pomocné body pro bezpečné obejití.



Obr.26. Řízení PRaM metodou PTP

Řízení PTP je možno podstatně zkvalitnit doplněním o interpolátory. Ty zabezpečí, že dráha mezi body bude rovněž definována.

V matematice se pod pojmem interpolace rozumí úloha proložení hladké křivky soustavou daných bodů. Zde se vychází z potřeby výpočtu bodů mezi počátkem a koncem interpolovaného úseku křivky tak, aby tyto ležely na křivce zadané funkce. Nejčastěji používanými funkcemi na výkresech jsou přímky a kružnice. Proto se při praktickém využití vyskytují interpolátory lineární a kruhové. Prakticky se interpolace provádí tak, že dráhy mezi body se rozdělí na menší drobné úseky, ve kterých se postupuje podle rovnice přímky či kružnice. Někdy se i kruhová interpolace provádí lineárními interpolátory. Pak se kružnice nahrazují mnohoúhelníky.

Řídicí systém má zajistit tři základní funkce:

1. učení
2. pamatování
3. reprodukci

Učení robotu 1. a 2. generace se podobá programování počítačů a číslicově řízených obráběcích strojů. Bývá však hodně zautomatizováno. Zde rozeznáváme:

- přímé učení (play-back),

Obsluha provádí s robotem pracovní cyklus a ten se automaticky zaznamenává do paměti počítače a pak se neustále reprodukuje.

- nepřímé učení,

Rameno robotu je přemísťováno z pultu obsluhy klávesnicí do žádaných poloh, které jsou zaznamenávány do paměti a poté se postupně reprodukují.

Pamatování – uchování informací, které robot získal při učení. Jsou to:

- posloupnosti úkonů,
- poloze ramene,
- čase a podmínkách.

Kromě toho musí být ještě sledovány informace o rychlosti pohybu, síle stisku chapadla apod. Reprodukce je proces, při kterém se vybírá informace uložená v paměti a předává se v upravené formě pohybovým řídicím systémům. Pokud se sled operací mění podle okolních podmínek, je i tato část řídicího systému značně složitosti.

8. APLIKACE PRAM V PRŮMYSLU

Programové vybavení při řízení PRaM pomocí počítačů připomíná programování počítačů, je však mnohem více automatizováno. Při vývoji programového vybavení se vychází z požadavků:

- postupný vývoj programových modulů,
- standardizace programových modulů,
- relativní nezávislost programových modulů.

Uvedené požadavky umožňují postupné rozšiřování programů, uplatnění software pro různé technologie a různé počítače.

Pro řízení robotů byly vyvinuty jazyky, které se dále zdokonalují. Patří mezi tzv. problémově orientované jazyky.

Automatizovaná technologická pracoviště

Základem pro automatizaci výrobních procesů je automatizovaný výrobní systém. Ten se skládá

- subsystém technologické soustavy,
- subsystém mezioperační dopravy a skladování,
- subsystém řízení,
- subsystém zdrojů a rozvodu energie,
- subsystém měření a kontroly.

Komponentem subsystému technologické soustavy je PRaM.

Z hlediska složitosti a komplexnosti automatizace je možno určit následující hierarchii automatizovaných výrobních pracovišť:

- automatizované technologické pracoviště ATP (někdy také RTP – robotizované technologické pracoviště),
- účelové seskupení výrobních zařízení a PRaM, které autonomně a v automatickém pracovním cyklu vykonává manipulační nebo technologické operace daného výrobního procesu, případně jeho části. V ATP může být 1 PRaM a více výrobních zařízení nebo opačně. Patří sem i bezobslužný stroj (PRaM je integrován s automatickým výrobním zařízením se zvoleným počítačovým řízením).

9. ROBOTIZOVANÝ TECHNOLOGICKÝ KOMPLEX (RTK)

(někdy také AVS – automatizovaný výrobní systém) je soubor dvou nebo více ATP a prostředků automatizované mezioperační manipulace, které realizují v automatickém pracovním cyklu návazné technologické a manipulační operace.

V RTK může PRaM vykonávat integrovanou funkci automatizované operační resp. mezioperační manipulace a mezioperační dopravy na dvou i více RTP.

Nejvíce zastoupenou technologií je obrábění. Zde vznikají:

- integrované výrobní úseky (IVU) – speciální seskupení výrobní soustavy pro maloseriovou výrobu, vhodné pro výrobu technologicky podobných součástí,
- pružné výrobní systémy (PVS) – jsou to technologická pracoviště s pružně seřiditelnými stroji, komplexem operační i mezioperační manipulace, nástroji, pomůckami, odstraňováním odpadu a řízením počítačem.

Zřizování ATP a RTK s PRaM je složitou technologickou projekční úlohou vývojového charakteru. Vyžaduje práci v týmu. Při jejich zavádění se došlo k určité standardizaci postupu. Proto se úvodem provádí vypracování ZTEZ (základní technicko-ekonomické zadání. To určuje:

- koncepci technického řešení ATP,
- požadavky na parametry doplňkových zařízení z vývoje a nákupu,
- nároky na energii,
- etapy měření a realizace, jejich časové vymezení a vztah mezi účastníky realizace a řešení,
- předpokládané přínosy,
- náklady a zdroje financování,
- podmínky a způsob zkoušení,
- řešení z hlediska OBP.

V rámci ZTEZ se vypracovává rovněž projekt nasazení, který se skládá z úvodního a prováděcího projektu. V jednoduchých případech se nahrazuje jednostupňovým projektem. Pak následuje etapa řešící začlenění zařízení do nadřazeného systému řízení.

Zároveň v rámci těchto prací je třeba analyzovat jednotlivé funkční oblasti a stanovit požadavky na výběr zařízení, která budou výrobní systém tvořit.

Tuto analýzu tvoří:

- určení cíle automatizace,
- vymezení funkčních oblastí automatizace,
- funkční analýza,
- výběr typů automatizačních prostředků,
- stanovení automatizačních stupňů,
- vytvoření profilu požadavků na počítač řízení procesu.

10. ROBOTIZACE PROCESŮ V METALURGII

Hutnické procesy:

vysoké pece,
ocelárny,
válcovny,
koksovny,
manipulace dlouhých výrobků,
těžké PRaM,
těžká hutní doprava.

Vedle univerzálních PRaM se často užívají účelové PRaM vyvinuté speciálně pro danou oblast.

Mezi vedoucí firmy patří např.:

Japonsko – Daido Steel, Kobe Steel, Kurosaki,
NSR - Dango Dienenthal, Gega,
Švédsko - ASEA.

Vysoké pece

- K místům aplikace PRaM u provozů VP patří drtírny, třídírny, aglomerace, rudiště, ohřívače větru, agregát VP, železové a struskové hospodářství, čistírna plynu, vodní hospodářství a pomocné provozy.
- K zabezpečení automatizovaného chodu VP se užívají manipulatory pro poskytování různých údajů pro řídicí počítač, např.
 - zjišťování profilu zavážky,
 - analýza a měření teploty a tlaku plynů,
 - vzorkování zavážky,
 - odběr vzorků surového železa.

Např. firma Dango Dienenthal – manipulatory pro zasouvání vodorovných měřicích sond do VP. SONDY se zasouvají do hloubky 2,5 ÷ 4m a rychlost posuvu je 2,5 ÷ 2,8m/min. SONDY jsou chlazeny vodou.

- operace u nístěže

Odpichy a práce na licím poli u VP. Těžké, namáhavé, v prachu, exhalace, nebezpečí popálení. K těmto pracím patří

- vrtání odpichového otvoru,
- ucpávání odpichového otvoru,
- práce na licím poli,
- odběr vzorků surového železa,
- vypouštění a uzavírání struskového otvoru.

Také převážná část údržby je prováděna ručně

- výměna výfučen,
- oprava struskových a železových
- žlabů,
- oprava pláště VP,
- vyzdívání a bourání ohřívačů větru.
- manipulator pro opravu šachty vysoké pece torketováním,

Zde jsou vyvinuty teleoperatory pro zasunutí a ovládání trysky, kterou se stříká torkretovací směs pro opravy vyzdívek.

- manipulátor pro bourání zdiva ohřivačů větru.

Ocelárny

Výroba oceli probíhá

- v tandemových pecích,
- v konvertorech,
- v elektrických obloukových pecích.

Tandemové pece – sázení a vypouštění – v současné době mechanizováno kolejovým manipulátorem.

Dále je prováděno:

- přidávání přísad jak do pece, tak do pánví,
- odebrání vzorků a současné snímání teplot v lázni.

Při provádění údržby se pak jedná o:

- bourání a vyzdívání zdiva pecí a pánví,
- opravy pecí torketováním.

Zde lze užít podobné PRaM jako u vysokých pecí.

Kyslíkové konvertorové ocelárny (KKO) - přísun surovin, tekutého železa a šrotu je prováděn sázecím jeřábem s dozorem obsluhy.

Pro robotizaci přichází v úvahu:

- výměna měřících sond (sublancí),
(Jedná se o měření teplot a odběr surového železa z tekuté lázně nalévací pánve v průběhu zkujňování oceli - dodává ASEA, Voest Alpine.)
- stahování strusky z pánví se surovým železem,
- při údržbě – bourání a zdění konvertoru, čištění zdiva konvertoru od nárůstu strusky pomocí manipulátorů, bourání a vyzdívání pánví, torkretování (Kurosaki),
- opravy odpichových otvorů,
- opravy licích pánví (vyzdívání, torkretování),
- bourání vyzdívky licích pánví,
- stahování strusky se surovým železem.

Elektrické obloukové pece

- sázecí manipulátory,
- zavírání a otevírání odpichového otvoru,
- stahování strusky,
- odběr vzorků, měření teploty a obsahu volného kyslíku,
(Robovit – natočení ramene do pracovní polohy, vložení sondy do lázně, setrvání v lázni, vytažení, otočení a spuštění na pracovní plošinu. Manipulátor je pojízdný.)
- manipulace s elektrodami – tj. výměna a nastavování,
- bourání a vyzdívání pecí a pánví,
- manipulátory pro přípravu licích souprav – formování a následné vybourávání a odstraňování licích kanálek, manipulace s licími deskami,
- manipulátory pro čištění, stříkání a broušení kokil.

Válcovny

Blokovny, hrubé tratě, profilové, střední tratě, pásů za tepla, plechů za tepla, jemné tratě, drátové, válcovny trub, a válcovny za studena.

Každý typ se dá ještě členit typem válcovny.

Vstupní části – zpracování ingotů, bram, bloků, sochorů.

Jedná se především o celoplošné pálení povrchu bram a sochorů (velká spotřeba kovu a energie), proto se volí selektivní vypalování vad – pomocí dálkového ovládní hořáku, umístěného na koncovém členu manipulátoru (Kobe Steel, Gega).

Dále je to vybrušování povrchových vad sochorů – hranění bloků, bram a sochorů na roštu pro selektivní vypalování vad.

U vlastních válcoven lze říci, že jsou provedeny s vysokým stupněm automatizace – řada tlaček, řízení počítačem atd. Dodatečné nasazení PRaM je zde neúčelné.

O aplikaci PRaM lze uvažovat u výběhových úseků – tj. u úpraven při manipulaci s materiálem, ukládání, balení, vázání. V celém procesu válcování se však uplatňuje značení materiálu – tlakem, ražením, za tepla, za studena, u výběhové části pak značením barvou (stříkáním).

Dále jsou to pomocné činnosti:

- opravy zdiva ohřívacích pecí (včetně bourání),
- výměna válců, válečků atd.

Koksovny

U koksárenských baterií se uvažují:

- torkretování komor – opravy stěn, podlah (při teplotě 1000°C),
- čištění dveří, zárubní, stoupaček, hořáků, sypných otvorů,
- bourání pilířů, manipulace s torkretovací směsí,
- odběr a zpracování vzorků uhlí.

Manipulace dlouhých výrobků

Jedná se o trubky, tyče a profily. Délka cca 16m.

- při vlastní manipulaci těchto profilů, tyčí a trubek, balení, expedici,
- manipulace u jednoúčelových strojů jako jsou hrobvačky, rovnačky atd.

Těžké PRaM

V poslední době se vyrábí řada těžkých PRaM, které jsou svou univerzálností schopny pokrýt řadu výše specifikovaných činností.

V oblasti těžké hutní dopravy jsou užívána speciální kolejová, kolová, pásová vozidla, jeřáby. Očekává se zdokonalení jejich řízení a tím se posunou mezi PRaM.

Další významné aplikace jsou ve slévárnách a to:

- při odlévání,
- manipulace s odlitky,
- aplikace při výrobě forem a jader,
- apretace odlitků,
- lití pod tlakem.

v kovárnách:

- těžké manipulátory ručně nebo dálkově ovládané,
- integrované soubory pro volné kování,
- automatizované kovací linky,
- robotizovaná kovací centra.

11. ZÁVĚR

Předložený soubor poznatků tvoří souhrn základních znalostí z dané problematiky. Ten je třeba postupně doplňovat o poznatky především jiných disciplín, jako jsou konstrukce, technické prostředky automatizace, teorie automatického řízení, optimální metody řízení pod. Problematika PraM totiž zasahuje do celé řady oborů strojních i elektrotechnických a dle své aplikační oblasti i do řady oborů technologických.

12. LITERATURA:

BUDA, J., KOVÁČ, M. *Priemyselné roboty*. ALFA, 1976.

CHVÁLA, B., NEDBAL, J., DUNAY, G. *Automatizace*. SNTL: ALFA, 1987.

ŠOLC, F., MALEC, Z. *Robotické systémy*. SNTL, 1984, VUT Brno, fakulta elektrotechnická, skriptum.

ČOP, V., BUDA, J., KOZYREV, J. G. *Automatizaci technologických procesou priemyselnými robotmi a manipulátormi*. ALFA, 1985.

KOLEKTIV AUTORŮ *Automatizace výrobních procesů s využitím Ptare*. ČSVTS, 1983.

NEDBAL, J. *Automatické řízení výrobních strojů*. ČVUT Praha, fakulta strojní, 1984.

NEDBAL, J., DANĚK, J. *Projektování a nasazení automatizovaných systémů s robotem*.

KOLEKTIV AUTORŮ *Robotizace v hutnictví a strojírenství*. Indro, HP, UTRIN I. A II. Díl, 1986.