

Minulost a budoucnost robotů

Od roku 1920, kdy Karel Čapek uvedl své drama R.U.R. (Rossum's Universal Robots), volně přeloženo: „Univerzální roboti pana Rozuma“ (přesněji mozku či intelektu), se začalo slovem „robot“ označovat jakékoliv automatické i mechanizační zařízení, a to od kuchyňských strojků až po automatické piloty. V průběhu let lidé v podstatě stále opakují četné pokusy o umělé konstrukce zařízení podobajících se člověku, zejména na mechanickém principu. Dlužno podotknout, že tento princip byl Karlu Čapkoví cizí; jeho „roboti“ byli koncipováni pouze na biochemické bázi. My technici však počítáme roboty, zejména ty průmyslové, mezi neživé stroje, a proto je také skloňujeme podle neživotného vzoru „hrad“.

Od utopie ke skutečnosti

V průmyslové výrobě jsou široce využívány stroje, které plní určité funkce za člověka. Zmíněné stroje ale obvykle nejsou nazývány roboty, ale automaty. To je dáno především tím, že tyto automaty jednak svým vzhledem člověka velmi málo připomínají a jednak je jejich funkce většinou poměrně úzce specializovaná (autooperátory, jednoúčelové manipulátory).

Na obr. 1 je znázorněn historický vývoj výrobních strojů a robotů. Přestože vývoj výrobních strojů započal mnohem dříve, je zde za výchozí období zvolen přelom 15. a 16. století. Je možné sledovat skutečný vývoj výrobních strojů s jejich postupným zlepšováním a mechanizací a současně pozorovat představy o fiktivních umělých bytostech, jako např. od Golema směrem k Čapkovým robotům z R.U.R. Pro vývoj robotů je podstatný vynález číslicového řízení, NC, v polovině 20. století. Výrobní stroje NC ve spojení s manipulátory a průmyslovými roboty s řízením NC vedly k realizaci představ o automatické výrobě.

V roce 1961 totiž přišla americká firma AMF na trh s mnohoúčelovým automatem nazvaným průmyslový robot VersaTran (*Versatile Transfer*). O něm je možné říci, že zastával funkci člověka u výrobního stroje, avšak neměl jeho podobu. Poté již nabral vývoj neuvěřitelné obrátky. Symbióza průmyslových robotů a výrobních strojů NC na přelomu 20. a 21. století umožnila vznik plně automatizovaných továren, jakou provozuje např. japonská firma Fanuc. Jiné průmyslové roboty směřovaly do nestrojírenských oblastí, včetně zemědělství.

Učení a programování robotů

V červeně orámované části obr. 1 jsou znázorněny dva typické příklady průmyslových robotů. Robot vlevo může být programován bezprostředním učením, jak ukazuje obr. 2. Programátor jej vede v režimu *teach* po požadované dráze, která se nahraje do řídicího systému, a po aktivování nahraného programu robot naučenou činnost v režimu *repeat* neúnavně opakuje. Takový robot na-

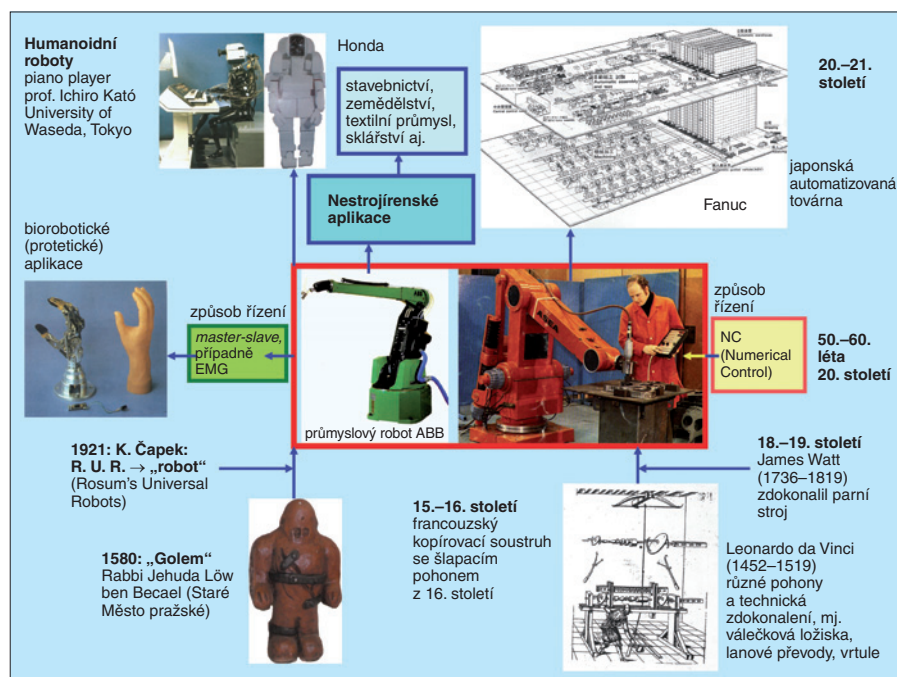
lezne uplatnění zejména při průběžném svařování po požadované dráze nebo při nanášení nátěrových či ochranných hmot. Robot v červeném rámečku vpravo je programován zprostředkovaně z programovacího panelu, přičemž programátor navede robot vždy do po-

žadovaného bodu, který si robot zapamatuje, a pak vykonává práci podle zadané činnosti mezi jednotlivými body nebo v těchto bodech. Takový robot je velmi vhodný např. pro bodové svařování karoserií v automobilkách.

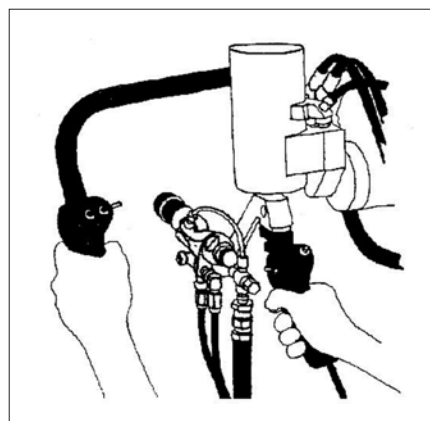
Určitým odbočením od řízení NC jsou birobotická (protetická) zařízení, řízená s využitím metody *master-slave*, popř. nervovými signály EMG (elektromyogrammetrickými).

Humanoidní roboti

Vývoj v robotice však sleduje i ten nejfantastičtější směr, tedy k mobilním, kráčejícím a humanoidním robotům (např. firma Honda). Je až fascinující, jak se tato zařízení podoba-



Obr. 1. Nástin vývoje výrobních strojů a robotů



Obr. 2. Bezprostřední učení průmyslového robotu

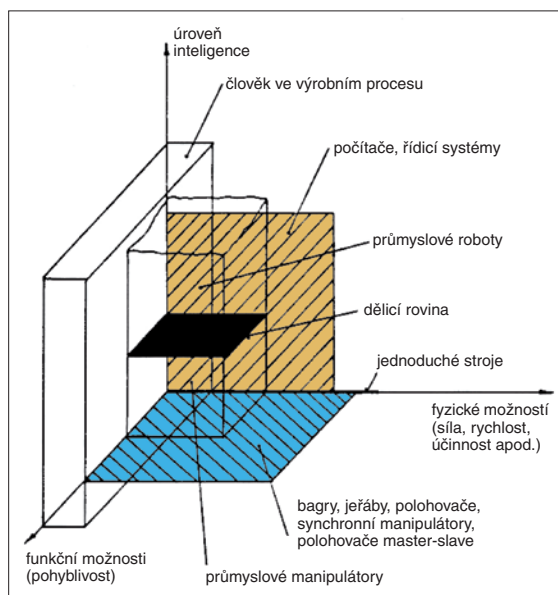
jí fiktivnímu Golemovi. Bezprostřední učení průmyslových robotů může zase připomínat ožívování Golema tajemným „šěmem“, vkládaným do jeho hlavy. Robot nazvaný *piano player* profesora Ichiro Katóa z Wasedské univerzity v Tokiu doprovázel celý symfonický orchestr na světové výstavě v Ůsace. Humanoidní robot Honda, ale i jiní „androidi“, dokáže chodit i po schodech, nosit předměty, tančit apod. Takovíto roboti si již patrně zaslouží skloňování podle rodu mužského životného, a je jim tedy možné říkat „roboti“.

Robot, či manipulátor?

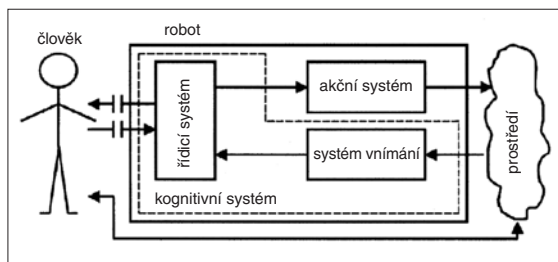
Při studiu robotiky se hledá také vhodná definice pro manipulátor, průmyslový ro-

bot i samotný robot. Pojem robot je doposud ve světové literatuře definován poněkud nejednotně. O nepochopení základní filozofie robotů svědčí některé definice odvozené od počtu stupňů volnosti, např.: „Robot je zařízení od tří stupňů volnosti, do tří stupňů jde o manipulátor“ nebo „Průmyslový robot je automatické manipulační zařízení libovolně programovatelné ve třech osách s podávacími chapadly nebo technologickými nástroji, určené pro použití v průmyslu“. Nicméně posledně uvedená definice vyvolává další otázku: zda je robot totéž co průmyslový robot. Přívlastek průmyslový naznačuje, co mají autoři závěrečné části této definice na mysli, totiž že průmyslový robot je určitou podmožinou robotů jako takových. Pro všeobecný pojem „robot“ lze přijmout definici původně vyslovenou Ing. Ivanem M. Havlem, CSc. [2]: „Robot je automaticky nebo počítačem řízený integrovaný systém, schopný autonomní, cílově orientované interakce s přirozeným prostředím, podle instrukcí od člověka. Tato interakce spočívá ve vnímání a rozpoznávání tohoto prostředí a v manipulování s předměty, popř. v pohybování se v tomto prostředí.“ Tato definice nepochybně zahrnuje různé robotické systémy pro rozmanitá, nejen průmyslová použití. Povahu průmyslového robotu vystihuje velmi dobře definice podle prof. P. N. Beljanina [1]: „Průmyslový robot je autonomně fungující stroj-automat, který je určen k reprodukci některých pohybových a duševních funkcí člověka při provádění pomocných a základních výrobních operací bez bezprostřední účasti člověka a který je k tomuto účelu vybaven některými jeho schopnostmi (sluchem, zrakem, hmatem, pamětí a podobně), schopností samovýuky, samoorganizace a adaptace, tj. přizpůsobivosti k danému prostředí.“ Definované zařízení je právě onou žádanou náhradou člověka ve výrobním procesu. O tom, zda jde o průmyslový robot či manipulátor, je třeba rozhodnout na základě úrovně inteligence, tj. úrovně jeho řídicího systému. Jednotné měřítko na přesné oddělení manipulátorů od průmyslových robotů v podstatě neexistuje.

- funkční možnosti – přizpůsobivost, univerzálnost, možnost přemístování v prostoru, manipulovatelnost apod.,
- úroveň inteligence – vnímání, chápání a rozhodování, paměť a logika.



Obr. 3. Schematické porovnání člověka a stroje ve výrobním procesu [3; str. 38]



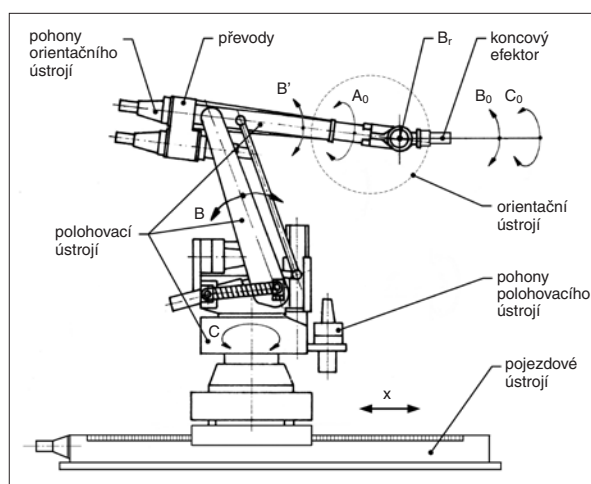
Obr. 4. Systémové pojetí robotů

Uvedené tři kategorie je možné znázornit v prostorovém diagramu s kartézskými souřadnicemi x, y a z na obr. 3. Možnosti člověka ve výrobním procesu jsou znázorněny vlevo. Člověk se vyznačuje značnou úrovní inteligence (potřebnou pro daný výrobní proces), poměrně dobrou úrovní funkčních možností, avšak velmi malými fyzickými možnostmi. Toho si byl člověk od pradávna velmi dobře vědom, a proto všechny dosavadní stroje v podstatě napomáhaly člověku rozšířit především tyto jeho malé fyzické možnosti. Jednoduché stroje jsou znázorněny jednorozměrně pouze na ose fyzických možností. Stavební a jim podobná zařízení ovládaná a řízená přímo člověkem, jako jsou např. bagry, skrejpry, ale též polohovače (balancéry), synchronní manipulatory (teleoperátory) apod., představují v daném diagramu dvouřozměrné stroje v rovině určené osami fyzických možností a funkčních možností. Naproti tomu matematické a informační stroje (počítače, řídicí systémy) jsou rovněž v daném diagramu dvouřozměrné, ale v rovině určené osami fyzických možností a úrovní intelektu možnost pohybu nemají. Teprve prolnutím vlastností zmíněných dvouřozměrných strojů vzniká průmyslový manipulátor nebo robot, tedy stroj odpovídající v tomto schématu trojrozměrnému znázornění člověka ve výrobním procesu. Vzhledem k tomu, že téměř všechny stroje převyšují fyzické možnosti člověka a mnoho z nich i jeho funkční možnosti (např. polohovače pro kosmický výzkum apod.), a přitom nejde o roboty, je zřejmé, že o kvalifikaci průmyslového manipulátoru či robotu rozhoduje především úroveň jeho intelektu, čili jeho automatického řídicího systému. Přitom pojem robot zdůrazňuje, že jde o zařízení složitější než manipulátor, především co do řídicího systému. Toto rozlišení naznačuje dělicí rovina mezi manipulatorem umístěným níže a roboty postavenými výše, která ve schématu na obr. 3 leží kolmo k ose inteligence. To značí, že úroveň intelektu není pevná, ale s pokračujícím vývojem se bude stále posouvat směrem nahoru. Zařízení, které před časem bylo nazýváno robotem, se postupně, s přihlédnutím k novým možnostem řídicích systémů, stává pouhým manipulátorem. Určující složkou vývojového stupně průmyslových robotů a manipulátorů (PRaM) je proto úroveň jejich řízení.

Člověk a robot ve výrobním procesu

Pro obecné porovnání vlastností stroje s člověkem ve výrobním procesu mohou být využity tyto kategorie:

- fyzické možnosti – síla, rychlost, schopnost nepřetržité práce, stabilita charakteristik, trvanlivost, spolehlivost atd.,



Obr. 5. Rozdělení akčního systému stacionárního průmyslového robotu: X – pojezdové ústrojí; C, B, B' – polohovací ústrojí (jedno z možných uspořádání); B_r – referenční bod, ustavující orientační ústrojí v prostoru; A_0, B_0, C_0 – orientační ústrojí (jedno z možných uspořádání)
Poznámka: X, Y, Z – souřadnice translačního pohybu; A, B, C – souřadnice rotací okolo os x, y, z ; A_0, B_0, C_0 – souřadnice rotací orientačního ústrojí

Systémové pojetí robotů

Z uvedených definic robotů a z celkového pohledu na tato složitá zařízení jedno-

značně vyplývá, že průmyslové roboty je nutné chápat jako určitou podmnožinu robotů, kterými mohou být i mobilní roboty, ať již pojezdne na různých typech kolových a pásových podvozků, či roboty kráčející, zkonstruované až do podoby zvířat či androidů. Zejména u mobilních robotických systémů představuje manipulační rameno mechanismus, který v celkovém pojetí je téměř samostatným akčním systémem, který může být použit jako stacionární průmyslový robot, popř. vybavený navíc i jednoduchým či složitějším lokomočním ústrojím.

Při studiu činnosti robotů, ať experimentálním či teoretickým, není ve sledovaném procesu zkoumána jen dvojice robot a prostředí, ale ve skutečnosti vždy trojice člověk, robot a prostředí. Z tohoto hlediska představují tedy průmyslové roboty (a roboty jako takové taktéž) integrovaný kybernetický systém, jež podle obr. 4 tvoří tyto tři subsystémy:

– vnímací, tedy senzorický subsystém,

- řídicí a rozhodovací subsystém,
- akční (motorický) subsystém.

Vnímací subsystém zprostředkovává vazbu s prostředím a obsahuje různé složky podle fyzikálního charakteru sledované veličiny. Skládá se z čidel pro získávání informací z vnitřního i vnějšího pracovního prostředí.

Řídicí a rozhodovací subsystém představuje centrum „duševní činnosti“ robotu, je jeho „mozkem“. Informace, které přicházejí z vnímacího subsystému, a informace, které jsou uloženy v jeho paměti, jsou zpracovávány pro plánování a rozhodování o úkonech, které mají být prováděny.

Obor technické robotiky vztahující se především k automatizaci manipulace u výrobních strojů a systémů NC řeší především akční systém průmyslových robotů, který se z konstrukčního hlediska skládá z pojezdového (lokomočního) ústrojí, polohovacího ústrojí, orientačního ústrojí a výstupní hlavi-

ce (koncové efektor). Ukázka akčního systému na robotu, který je vybaven i lineárním pojezdovým ústrojím, je na obr. 5.

Studium a vývoj adaptivních koncových efektorů s vestavěnými senzorickými a poddajnými prvky spadají také do nově se rozvíjejícího oboru mechatroniky, který je aplikován i v ústavu výrobních strojů, systémů a robotiky FSI VUT v Brně.

Literatura:

- [1] BELJANIN, P. N.: *Promyšlenye roboty*. Mašinostrojenie, Moskva, Rusko, 1975.
- [2] HAVEL, I. M.: *Robotika. Úvod do teorie kognitivních robotů*. SNTL, Praha, 1980.
- [3] NODA, K.: *Posobije po primenjeniju promyšlenykh robotov*. Mir, Moskva, Rusko, 1975 (překlad z japonštiny).

prof. Ing. Zdeněk Kolíbal, CSc.,
ústav výrobních strojů, systémů
a robotiky FSI VUT v Brně

Robotické systémy Romat firmy Cloos Schweisstechnik

Firma Carl Cloos Schweisstechnik GmbH sídlí v německém městě Haiger. Od svého vzniku v roce 1919 vyvíjí a vyrábí zdroje pro svařování a robotizované systémy. V době automatizace a robotizace svůj vývoj zaměřuje na průmyslové roboty pod označením Romat®. Kombinací průmyslového robotu a zdroje pro svařování vzniká kompaktní systém pro automatizaci svařování. Za svou devadesátiletou historii si firma v oboru zdrojů pro svařování a robotizovaných systémů vybudovala ve světě velmi dobré postavení.

Robotické systémy Romat

Robotické systémy Romat® jsou základem výrobního programu firmy Cloos v oblasti robotizovaného svařování (obr. 1). Mechanický systém průmyslových šestiosých robotů Romat je založen na otočném kloubu, jehož velký akční rádius zaručuje jeho efektivní práci ve všech polohách. Díky použití vysoce výkonných, dynamických servopohonů je dosahováno nosnosti 10 až 15 kg. Moderní kompaktní převodovky zajišťují přesnost až 0,1 mm. Konstrukce, speciálně koncipovaná pro použití v nepříznivých průmyslových podmínkách, je optimalizována pro vysokou využitelnost při zachování nízkých požadavků na údržbu. Roboty lze upevnit na podlahu, stejně jako na stěnu, či dokonce na strop. Průmyslové roboty Romat 350 a Romat 410 mají díky různě prodlouženým čtvrtým osám také velmi dobrý přístup k velkým stavebním prvkům.

Výhodou firmy Cloos jsou dodávky systémových řešení koncipovaných speciálně podle požadavku zákazníka „na klíč“. Příkladem takových řešení jsou:

- kompaktní robotické svařovací buňky (Z1–Z6),



Obr. 1. Robotické systémy Romat

- kompaktní robotická zařízení (C10–C60),
- komplexní výrobní linky pro speciální účely.

Pro zákazníka je výhodné, že jsou všechny komponenty robotického zařízení vyvíjeny

jedním výrobcem: od mechaniky robotu, přes polohovadla obrobků a senzorické systémy až po zdroje pro svařování a hořáky. Robotické systémy je možné alternativně použít pro výrobní technologie využívající inertní (MIG) či aktivní (MAG) ochranný plyn nebo svařování WIG s neodtavující se wolframovou elektrodou, další technologie, jako jsou plazmové či laserové hybridní svařování (*laser hybrid*) a také tandemovou technologii, která je popsána v dalším textu.

Čidla a periferní komponenty

Pro robotizované systémy Romat je možné vybírat čidla z rozsáhlé palety těchto moderních prvků. Vedle počítačem řízeného čidla pro obloukové svařování, které vyvinula firma Cloos a které se již léta osvědčuje v průmyslové praxi, se k vyhledávání a sledování svaru používají i další taktilní a optická čidla.

Pro začlenění robotů do provozu je k dispozici nepřeborné množství periferních komponent od jednoduchých otočných nebo sklopných stolů, přes komfortní orbitální polohovače až po portály a robotické otočné stojany. Uživatel tedy pro každou polohovací úlohu nalezne odpovídající periferní jednotku. Kompletní prvky bezpečnostní ochrany a vybavení jsou povinnou součástí každého robotického zařízení.