

První československé průmyslové roboty

František Šolc – Lubomír Anděl

The first Czechoslovak industrial robots. Year 2020 marks just a century since the word robot was coined. The word robot was invented by a Czech writer Karel Čapek. In connection with this event the following article came out, which deals with the development and construction of the first Czechoslovak industrial robots. The article describes their kinematic concepts and methods of their control. It also lists other important historical contexts of their development.

Keywords: robot • industrial robot • kinematics • automatic control

V roce 1920 napsal Karel Čapek divadelní hru R.U.R. s podtitulem Rossum's Universal Robots (Rossumovi Univerzální Roboti) a bylo v ní poprvé použito slovo robot, které zdomácnělo ve všech světových jazycích. V roce 2020 tak uplyne od této významné události rovných 100 let. Slovo robot má dnes celou řadu významů. Pod slovem robot si většina veřejnosti představuje různé, většinou člověku nějak podobné, fantastické bytosti. Techničtěji založená část veřejnosti má zase představu automatického vykonavatele příkazů, v té nejjednodušší podobě např. kuchyňský robot. Příkladem rozmanitosti a vývoje slova budiž použití slova robot nekorunovaným králem českých vynálezců E. Roučkou,¹ který jej použil pro automatický regulátor parního kotle ve 30. letech 20. století.² V *Encyklopedii Britannica* z roku 1947 je robot popsán výčtem příkladů, jako robot je uváděn např. gyroskopický stabilizátor polohy lodi, a dokonce i automatický analyzátor CO₂ ve spalinách.³ Postupem času přestává být slovo robot používáno pro prosté automaty a začíná se uplatňovat jeho střízlivé, racionální a pro praxi důležité pojetí. Robot by měl sloužit člověku, měl by zbavit člověka těžké, nebezpečné či jednotvárné práce. Nemusí jako člověk vypadat, ale měl by být schopen dělat podobnou práci – např. v průmyslové výrobě monotónní manipulační operace. V takové formě se začínají roboty objevovat v 60. letech minulého století především v automobilovém průmyslu⁴

¹ Erich Roučka (1888–1986), zakladatel továrny na výrobu měřicích přístrojů, později pojmenované n. p. Metra Blansko.

² H. Horká a kol., *100 Stories: 100 příběhů průmyslových legend*, Veletrhy Brno: Brno, 2018, s. 140.

³ *Encyclopaedia Britannica*, 14, U.S.A., 1947, s. 359–360 a plate ROBOT.

⁴ *The New Encyclopaedia Britannica*, s. 116.

a jsou chápány jako průmyslové roboty. V současnosti je průmyslový robot (PR) definován např. normou ISO (International Organization for Standardization).⁵ PR zahrnuje mechanickou část – manipulátor s pohony⁶ a řídicí část včetně ovládací konzoly a dalšího komunikačního interface (hardware a software). PR je automaticky řízené, reprogramovatelné, víceúčelové manipulační zařízení, programovatelné ve třech nebo více osách, s použitím k automatizaci v průmyslu.

Za první průmyslový robot bývá považováno zařízení popsané v roce 1954 v patentu US2988237A „Programmed article transfer“ amerického inženýra George C. Devola.⁷ Patent byl udělen až v roce 1961.⁸ Na trh byly první průmyslové roboty uvedeny v USA v roce 1962. Byly to roboty Unimate a Versatran.⁹ V roce 1974 už bylo v průmyslu v USA nasazeno 800 PR a v Japonsku dokonce 1500 PR.¹⁰

Zhruba v této době se začíná psát éra průmyslových robotů v Československu, a to jak v jejich nasazování do průmyslu, tak v jejich samostatném vývoji a výrobě. První průmyslový robot, který je v souvislosti s vývojem průmyslových robotů v ČSSR zmiňován, je robot Unimate. Tento robot byl součástí automatizovaného obráběcího pracoviště s československým poloautomatickým revolverovým soustruhem RP 25. Pracoviště bylo vystavováno na světové výstavě Expo 67 v Montrealu.¹¹ O osudu tohoto robotu se autorům zatím nepodařilo najít žádné další informace. Do roku 1974 byly v ČSSR zakoupeny dva roboty VERSATRAN. Jeden byl nasazen v AZNP Mladá Boleslav k obsluze vstřikovacího lisu, druhý byl zakoupen pro Vy-

⁵ ISO 8373:2012 Robots and robotic devices.

⁶ Manipulační část (také manipulátor) je tvořena řetězcem kinematických dvojic. Kinematické dvojice jsou spojeny klouby, které jsou ovládány pohony. Nejčastější spojení kinematických dvojic je jednoosým rotačním nebo translačním kloubem. Manipulátor by měl zajistit volné polohování objektu, se kterým bude robot manipulovat. Volné polohování předmětu vyžaduje šest tzv. stupňů volnosti. Jsou to tři běžně známé prostorové souřadnice x, y, z a už méně známé tři úhly orientace. Takový manipulátor by tedy měl mít vhodně uspořádaný kinematický řetězec se šesti klouby, resp. osami. V praxi však k manipulaci často postačí méně os, ovšem tím je manipulační schopnost PR omezena; PR tak třeba nemůže zajistit určitou orientaci tělesa, se kterým manipuluje. Podrobnější údaje najde čtenář v odborné literatuře, např. Z. Kolíbal, *Roboty a robotizované výrobní technologie*, VUTIUM: Brno 2016.

⁷ Programmed article transfer: US2988237A.

⁸ Tamtéž.

⁹ J. Buda – M. Kováč, *Priemyselné roboty*, Alfa: Bratislava 1976, s. 11.

¹⁰ Tamtéž.

¹¹ J. Buda – M. Kováč, *Priemyselné roboty*, s. 86.

sokou školu technickou v Košicích k výzkumným účelům (obr. 1). V roce 1975 pak zakoupil VUKOV¹² v Prešově švédský robot MHU Senior.¹³

Na přelomu 60. a 70. let se začíná o průmyslových robotech hovořit v dokumentech v té době centrálního plánování a řízení národního hospodářství. V roce 1970 byl založen program státní technické politiky P-15 „Rozvoj strojírenských výrobních procesů“.¹⁴ Program P-15 byl rozdělen na 18 dílčích programů zabývajících se komplexními výrobními systémy a dalšími potřebnými subsystémy jako manipulací a robotizací, organizací, řízením apod.¹⁵

Prvními průmyslovými roboty ryze československé výroby byly roboty QJN 020 a PR 16-P.¹⁶

Průmyslový robot QJN 020 (obr. 2) začal být vyvíjen v letech 1971–1972 v rámci programu „P-15-124-010-02-04 Kovací linky pro zápustkové kování“. Na vývoji se podílely VÚTS Brno,¹⁷ VÚSTE Praha¹⁸ a MEZ Brno.¹⁹ VÚTS byl hlavním řešitelem a koordinátorem úkolu, navrhl kompletní řídicí systém a provedl výrobu prototypu. VÚSTE jako spoluřešitel provedl výrobu strojní části, resp. manipulátoru. MEZ se podílel jako subdodavatel na dodávce pohonných elektrických motorů. Typové označení robotu plyne z oborového číselníku pro tvářecí stroje a znamená: Q... příslušenství tvářecích strojů, J... manipulátor, N... numericky řízený, 020... hmotnost přenášeného předmětu.²⁰ Robot byl vyvíjen především proto, aby měl na starosti automatickou obsluhu kováčích lisů. Jeho nasazení mělo vést k tomu, aby se odstranila těžká fyzická práce lisařům a kovářům a zbavila je monotónních, stále se opakujících pohybů v obtížném pracovním prostředí (teplo, výpary z mazadel atd.). Mechanická konstrukce robotu byla inspirována robotem VERSATRAN.²¹ Manipulátor robotu QJN 020 byl tvořen otočným centrálním

¹² Výzkumný ústav kovopriemyslu Prešov.

¹³ Z. Valúch, *Poznatky z robotizace u nás i v zahraničí*, SUPRO – Systémový ústav pro racionalizaci a organizaci: Praha 1977, s. 21, 22.

¹⁴ J. Kocanda, „Rozvoj robotizace v Československu“, *INFORMÁTOR* 3, 1981, s. 3.

¹⁵ Tamtéž.

¹⁶ V. Kalaš, „Tridsať rokov svetovej robotiky (4)“, *AT&P Journal* 9, 2004, s. 56–58.

¹⁷ Výzkumný ústav tvářecích strojů a technologie tváření Brno.

¹⁸ Výzkumný ústav strojírenské technologie a ekonomiky.

¹⁹ Moravské elektrotechnické závody Brno.

²⁰ J. Kamenec – J. Tábořská – A. Pálka, *Závěrečná zpráva č. 1300: P 15-124-010-02-04*, VÚTS Brno: Brno 1975, příloha 11.

²¹ Robot VERSATRAN měl hydraulické pohony a 5 až 6 stupňů volnosti. Řídicí systém modelu 500 používal na programování polohy ramene v prostoru jednoduchý elektro-

sloupem, na kterém se vertikálně pohyboval nosič. V tomto nosiči bylo vedeno horizontálně posuvné rameno zakončené otočnou hlavicí, která se mohla otáčet o 180° (obr. 3). Oba roboty, VERSATRAN i QJN 020, mají stejnou kinematickou koncepci RTT.²² Otočná hlavice byla opatřena uchopovacími čelistmi. Otáčení, vertikální a horizontální posuv obstarávaly stejnosměrné regulační elektromotory. Svírání a otvírání uchopovacích čelistí a pootáčení otočné hlavice obstarával hydraulický agregát. Koncový bod ramene byl tak v prostoru přímo vyjádřen cylindrickými souřadnicemi $[r, \phi, z]$, které jsou přímo úměrné hodnotám natočení os pohonů horizontálně posuvného ramene, otočného sloupu a vertikálně pohyblivého nosiče. Pohonné mechanismy byly řešeny tak, že všechny základní pohyby, tj. změny souřadnic, mohly být prováděny nezávisle na sobě. Krajiní polohy mechanismu byly hlídány koncovými spínači.

Řídicí systém robotu sestával z programovací části s ovládacími prvky, umístěnými v ovládacím, resp. řídicím pultu, a z výkonové části, servopohonů²³ jednotlivých souřadnic (os) robotu. Řídicí systém zajišťuje pohyb robotu tak, aby se poloha ramene jeho manipulátoru měnila podle nastaveného programu. Řízení polohy bylo prováděno systémem PTP²⁴ od bodu k bodu. Jádrem řídicího systému byla

mechanický programovací systém sestávající z potenciometrů a programovacího bubnu. Potenciometry se používaly na programování polohy ramene v prostoru, programovací buben s vačkami se používal, aby se naprogramoval sled úkonů. V prostoru mohl být polohován do 30 od sebe různých, volně volených bodů.

- ²² Kinematická koncepce ramen průmyslových robotů bývá označována posloupností typů kloubů počínaje základnou robotu. R označuje rotační kloub, T označuje translační kloub.
- ²³ Servopohon, resp. polohový servomechanismus, slouží k řízení polohy osy motoru, tak aby osa motoru sledovala přesně žádanou hodnotu. V případě QJN 020 je požadovaná hodnota polohy zadávána potenciometrem žádané hodnoty, který je napájen stejnosměrným napětím. Podobný potenciometr je na výstupní ose motoru. V servomechanismu se porovnává napětí na jezdcích potenciometrů. Jsou-li napětí stejná, je osa motoru v žádané poloze. V opačném případě je rozdílové napětí (regulační odchylka) vhodně zpracováno, zesíleno a přivedeno jako napájecí napětí na motor, tak aby došlo k vynulování regulační odchylky. Poloha osy kloubu robotu je samozřejmě přímo úměrná poloze osy příslušného motoru.
- ²⁴ PTP (Point To Point) je systém plánování a řízení polohy koncového bodu ramene robotu takový, že uživatel naprogramuje v prostoru jen konečný počet bodů žádané polohy. Robot pak zajistí, že koncový bod ramene těmito body projde, nebo se v nich zastaví. Dráha přechodu z jedné polohy do druhé není jednoduše specifikována. Pohyb může probíhat například tak, že jednotlivé osy robotu dosahují žádanou polohu v určitém pořadí nebo všechny osy dosáhnou žádanou polohu ve stejném čase apod. Uživatel musí mít při programování dobrou představu o tom, jak bude pohyb mezi jednotlivými body probíhat.

paměť tvořená diodovou maticí²⁵ a krokovacím mechanismem, řadičem. Původní řadič byl postaven s použitím telefonních relé, pozdější verze byly už elektronické.

Na ovládacím pultu se nacházely: kolíčková programovací deska diodové matice, šedesát ovládacích točítek potenciometrů žádané polohy ramene, ovládací tlačítka, kontrolní žárovky a elektromechanický čítač pro předvolbu pracovních cyklů. Programovací deska měla dvacet vertikálních sloupců a třináct horizontálních řádků. Program tedy mohl obsahovat maximálně dvacet kroků. Program se ukládal vložením diodových kolíčků do otvorů programovací desky a nastavením potenciometrů do žádané polohy. Použity byly precizní víceotáčkové potenciometry Aripot čs. výroby. Jejich ovládací točítka byla opatřena přesnou stupnicí s možností aretace žádané polohy.²⁶ K získání zpětné vazby byly použity potenciometry fy Novotechnik (NSR). Rovněž z dovozu byla pořízena diodová matice na zakázku u fy Ghielmetti AG Švýcarsko. Potenciometry byly uspořádány do matice dvaceti trojic. Každá trojice umožňovala nastavení žádané hodnoty souřadnic $[r, \phi, z]$ polohy koncového bodu ramene robotu.

Žádaná poloha v k -tém kroku, tj. která trojice potenciometrů bude použita, se programovala vložením diodového kolíčku do k -tého sloupce a řádků 2, 3, 4 programovací desky. Ostatní řádky programovací desky byly určeny k tomu, aby se mohlo naprogramovat spouštění robotu od spolupracujících strojů, ovládnání spolupracujících strojů a výkonových povelů ovládnání chapadla. Elektromechanický řadič zajišťoval postupné provádění pohybových a výkonových povelů v daném počtu pracovních cyklů. Po skončení pohybu ve všech souřadnicích pro daný bod programu a splnění výkonného povelu v tomto bodě přepnul řadič manipulátor do dalšího bodu programu. Programování robotu vyžadovalo dobře zaškolenou obsluhu. Precizní provedení stupnice točítka potenciometrů žádané polohy umožňovalo zkušenému programátorovi přibližně nastavit žádanou polohu ramene robotu ještě před jeho uvedením do chodu. Poloha ramene pak mohla být přesně doladěna v jednokrokovém režimu chodu programu. V literatuře je uváděna maximální celková přesnost polohování $\pm 0,3$ mm.²⁷ Použité motory 2 SF'T 80 o výkonu 0,8 kW,

²⁵ Diodová matice je jednoduchá paměť tvořená mřížkou vzájemně na sebe kolmých a izolovaných vodičů. Jednotlivé vodiče tak tvoří řádky a sloupce matice. V místě křížení mohou být vodiče vodičů propojeny vloženou diodou (diodovým kolíčkem). Řadičem se přivádí napětí vždy na jeden sloupec matice. Toto napětí se pak objeví jen na těch řádcích, ke kterým je sloupec připojen vloženou diodou.

²⁶ Výrobce potenciometrů byla Aritma Praha. Tyto potenciometry byly také používány v analogových počítačích.

²⁷ J. Kamenec – J. Táborská – VÚTS Brno, „Nové manipulační zařízení – průmyslový robot QJN 020-NC“, *Elektrotechnik* 1, 1978, s. 4.

kteřé dodal MEZ Brno, pak spolu se zdařilou konstrukcí manipulátoru umožnily, že deklarovaná nosnost robotu 20 kg byla bohatě zajištěna, při testech byl robot schopen manipulovat s výkovky o hmotnosti 40 kg.

Základní technické parametry robotu QJN 020 jsou uvedeny v tab. 1 pro porovnání s parametry robotů VERSATRAN a PR 16-P. Robot byl plánován k použití v kovací lince s lisem LZK 4000 n. p. ZKL²⁸ Brno Líšeň.²⁹ Ve spojení s lisem robot zvládal tři kovací operace s otáčením výkovku v pracovním prostoru lisu.

Vývoj stroje provázela řada oponentur. K zajímavostem patří konstatování krajské komise pro tvarování strojů, že stroj působí po stránce estetické příznivě a že vztahy jednotlivých částí jsou harmonické.³⁰ Rok 1974 můžeme zřejmě považovat za rok, kdy byl robot skutečně použit ve výrobním procesu. Potvrzuje to dopis ze dne 11. 9. 1974, kterým Šmeralovy závody n. p. Brno sdělují VÚTS, že „manipulátor QJN 20-NC je součástí kovací linky s použitím svislého kovacího lisu LZK 4000 pro rotační zápustkové výkovky“.³¹ Dokládá to také fotografie (obr. 4). Označení QJN 20-NC, uvedené v dopise, je zřejmě nepřesné. Robot byl totiž dále vyvíjen, hlavně se změnil jeho řídicí systém. Výrazně se změnil ovládací pult (obr. 5). Programovací deska byla změněna tak, že bylo možné naprogramovat až 40 kroků v pracovním cyklu. Změnil se počet zadávacích potenciometrů, a k robotu byl dokonce připojen mikropočítač Intel SBC 80-20. Pak se v názvu začalo objevovat označení QJN 020-NC. Tento robot byl vystavován v roce 1980 na mezinárodní výstavě ROBOT 80 v Brně.³² Celkem byly vyrobeny pouze tři kusy těchto robotů. Roboty byly nasazeny v n. p. Desta Domažlice a v Povážských strojárnách.³³ Bohužel se nepodařilo nalézt žádný zachovaný exemplář.

Průmyslový robot PR 16-P (obr. 6) byl postaven ve VUKOV v Prešově. Výzkumný ústav VUKOV vznikl na přelomu let 1969–1970 z UKP³⁴ v Prešově. Brzy po jeho založení získal ústav první resortní finanční podporu na rozvoj výzkumné činnosti v oblasti průmyslové robotiky. Mladí inženýři, kteří do ústavu v době jeho založení nastoupili, začali s podporou Vysoké školy technické v Košicích stavět první

²⁸ Strojírenský podnik vyrábějící valivá ložiska.

²⁹ J. Kamenec – J. Táborská – VÚTS Brno, „Nové manipulační zařízení – průmyslový robot QJN 020-NC“, s. 2.

³⁰ J. Kamenec – J. Táborská – A. Pálka, *Závěrečná zpráva č. 1300: P 15-124-010-02-04*, příloha 9.

³¹ Tamtéž, příloha 6.

³² A. Pálka – J. Kamenec – J. Táborská, *Závěrečná zpráva TZ 1632*, VÚTS Brno: Brno 1980, s. 10.

³³ Informace z osobní komunikace s konstruktérem robotu Ing. Kamencem.

³⁴ Ústav kovospracujícího průmyslu Prešov.

předchůdce průmyslových robotů. Jako první byl postaven v roce 1973 malý model průmyslového robotu, který dostal jméno MIRKO.³⁵ Autoři si nechali robot patentovat.³⁶

Na prvních modelech autoři získali nezbytné zkušenosti. VUKOV pak na jejich výsledcích a správným managementem získal v roce 1975 finanční podporu přidělením koordinace a řešení státního úkolu P-15-124-062 „Řada stavebnicových průmyslových robotů a manipulátorů“.^{37, 38}

Ředitelem VUKOV byl v té době Ing. Čop, CSc., odpovědným vedoucím úkolu byl Ing. Pollák, CSc. Vedoucím dílčí úlohy P-15-124-062-01 „Vývoj typového radu priemyselných robotov“ byl jmenován Ing. Plášek.³⁹

Prototyp robotu PR 16-P byl postaven v roce 1976⁴⁰ po důkladné analýze průmyslových robotů, v té době již v zahraničí vyráběných a do průmyslu nasazovaných. Řešitelský tým dílčí úlohy 01 se nechal inspirovat švédským průmyslovým robotem MHU SENIOR švédské firmy Elektrolux (obr. 7). MHU SENIOR byl již zavedený spolehlivý průmyslový robot, měl pneumatické pohony a řešitelský tým úlohy 01 měl s pneumatikou značné zkušenosti. I když z dnešního pohledu se jeví použití pneumatických pohonů jako zastaralé, je třeba si uvědomit, že v polovině 70. let minulého století mělo z instalovaných průmyslových robotů 51 % hydraulický pohon, 39 % pneumatický pohon, zbylých 10 % mělo elektrický pohon. V té době také 90 % průmyslových robotů bylo řízeno systémem PTP a 57 % k polohování používalo mechanické narážky.^{41, 42} Pro další předpokládaný vývoj průmyslových robotů bylo zavedeno jejich typové označení PR xy-A, kde PR znamená „Průmyslový Robot“, „xy“ je číslo udávající nosnost a „A“ označuje druh pohonu, P... pneumatický, E... elektrický, H... hydraulický. Robot tak dostal typové označení

³⁵ M. Plášek, „Vznik, rozvoj a útlm priemyselnej robotiky na Slovensku“, *Dailyautomation.sk* [online]. [cit. 2020-08-03]. Dostupné z: <https://www.dailyautomation.sk/ing-milan-plasek/>, s. 10.

³⁶ M. Plášek – J. Bubán – M. Žipaj, *Zariadenie na automatickú manipuláciu. ČSSR. 181850. Uděleno 15. 2. 1980. Zapsáno 29. 7. 1977.*

³⁷ J. Kocanda, „Rozvoj robotizace v Československu“, *INFORMÁTOR* 3, 1981, s. 3.

³⁸ M. Plášek, „Vznik, rozvoj a útlm priemyselnej robotiky na Slovensku“, s. 8.

³⁹ Tamtéž.

⁴⁰ J. Buda – M. Kováč, *Priemyselné roboty*, Alfa: Bratislava 1976, s. 12.

⁴¹ J. P. Ryott, *MHU – The Pneumatic Modular Industrial Robot: Elektrolux industrial Systems Information*, 1976, s. 7.

⁴² Pneumatické motory se pro polohování nedají prakticky použít jinak než s narážkovým řízením kvůli stlačitelnosti média (vzduchu), které je pro pohon používáno. Narážky byly používány i pro pohony s hydraulickými motory.

PR 16-P. Už při stavbě prototypu bylo požadováno, aby jeho jednotlivé kinematické komponenty byly koncipovány jako stavebnice a umožňovaly tvořit modifikace manipulátoru podle požadavků budoucího uživatele. Jeho koncepce byla patentována.⁴³

Manipulátor robotu sestával z mohutné základny (252 kg),⁴⁴ vertikální jednotky, rotační jednotky, horizontální jednotky a zápěstí s chapadlem. Jeho kinematická struktura je TRT (podobně jako u MHU SENIOR) a je zřejmá z obr. 8. Podobně jako výše zmiňovaný QJN 020 pracuje PR 16-P přímo v cylindrických souřadnicích. Pro pohon byl používán vzduch o tlaku 0,6 MPa s požadovaným objemovým průtokem $0,04 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Vzhledem ke složitosti konstrukce tohoto robotu považujeme za vhodné ji popsat poněkud podrobněji.

Vertikální jednotka uskutečňovala vertikální pohyb ramene robotu. Jednotka sestávala z pevného sloupu, zdvihového sloupu, odměřovacího systému, rozvodu energií, bloku pneumatických prvků a příslušenství. Pohon jednotky zabezpečoval pneumatický válec umístěný ve zdvihovém sloupu. Narážkové řízení umožňovalo naprogramovat sedm poloh v celkovém zdvihu 0,5 m s minimálním rozestupem 0,07 m s přesností $\pm 0,2 \text{ mm}$. Maximální rychlost pohybu byla $0,4 \text{ ms}^{-1}$. Princip narážkového řízení vertikální jednotky je nejlépe patrný z patentové přihlášky⁴⁵ podané tvůrci robotu (obr. 9). V následujícím uvádíme jen velmi stručný popis, který objasní problémy narážkového řízení. Pneumatický válec 19 je pevně spojen s pevným sloupem, na kterém jsou umístěny vertikálně nastavitelné narážky 13–17. Při programování polohy je možné narážky vertikálně volně posouvat a nastavovat jejich polohu podle měřítka na sloupu. Žádaná poloha je naprogramována zafixováním tělesa narážky čtyřmi šrouby k tělu sloupu. Narážky vystavuje nebo zasouvá pneumaticky řídicí systém robotu. Pístnice 30 pneumatického válce pohybuje zdvihovým sloupem s břemenem 30. Pohyb nahoru 35 je uskutečněn přivedením tlakového vzduchu pod píst do prostoru 26. Pohyb dolů je prováděn vahou břemene. Na zdvihovém sloupu je umístěna pevná narážka 32 s tlumičem. Do naprogramované polohy se vertikální jednotka dostane, až narážka 32 narazí na „naprogramovanou“ a vystavenou narážku. Po dosažení naprogramované polohy je pístnice jednotky zafixována aretačním prvkem 33. Informace o styku narážek poskytně čidlo umístěné

⁴³ J. Bubán – M. Fritsky – M. Plášek, *Univerzálné stavebnicové zariadenie pre automatickú manipuláciu*, ČSSR. Uděleno 30. 12. 1982. Zapsáno 30. 6. 1980.

⁴⁴ M. Plášek, *Priemyselný robot PR 16-P. Československý Průmyslový robot PR-16 a příklady jeho použití*, Dům techniky ČSVTS: Praha 1980, s. 14. Vysoká hmotnost základny byla dána nutností amortizace dynamických sil vznikajících při pohybu ramene.

⁴⁵ M. Žipaj – J. Merčiak, *Zapojenie pneumatického obvodu vertikálnej jednotky*, ČSSR. 191815. Uděleno 15. 4. 1982. Zapsáno 31. 10. 1978.

v narážce **32**. Oproti narážkám 13–17 je tedy narážka **32** mnohem komplikovanější. Její konstrukce totiž zajišťuje, že vertikální jednotka zaujímá stejnou polohu, ať na vystavenou narážku najíždí zdola nebo shora. Konstrukce aretačního prvku **33** a narážky **32** jsou patentovány.^{46, 47} Detail vertikální jednotky s nastavitelnými narážkami je na obr. 10 a ukazuje, proč je nejmenší odstup programovatelných poloh 70 mm.

Horizontální jednotka zabezpečuje pohyb chapadla v horizontální rovině. Princip jejího řízení je nejlépe patrný z (obr. 11) patentové přihlášky.⁴⁸ Základem jednotky je rám, kterým se jednotka upevňuje na výstupní hřídel rotační jednotky. S rámem je spojen pneumatický válec **20**. S pístnicí válce **33** je pevně spojená narážková tyč **25**, na které jsou umístěny horizontálně přestavitelné neovládané narážky **24**, **41**, **38**, **39** a **40** s clonkou. Tyto narážky je možné přestavovat do žádané polohy po 1mm krocích. S rámem a pneumatickým válcem je pevně spojená vodící tyč **30** a dva tlumiče energie **34**, **26**. Mezi tlumiči se na vodící tyči volně pohybuje pneumatický válec **19**, který tvoří nepřestavitelnou, ale vysouvací narážku.

Pohyb pístnice, a tím i pevných narážek, je sledován a odpočítáván pomocí bezkontaktního šterbinového snímače. Těsně před dosažením naprogramované polohy se vysouvuje vysouvací narážka **35** a dojde ke kontaktu s naprogramovanou přestavitelnou narážkou. Narážka **35** je pak unášena proti jednomu z tlumičů energie až do zastavení. Aretační uzel **18** pak dosaženou polohu zafixuje. Kontakt narážek a končení pohybu je indikováno bezkontaktním snímačem v nepřestavitelné narážce. Počet programovatelných poloh byl osm a nejmenší odstup programovatelných poloh byl 70 mm.

Rotační jednotka měla nejkomplicovanější konstrukci. Základem je těleso z hliníkové slitiny, kterým se jednotka upevňovala k vertikální jednotce. Těleso zároveň slouží jako nosič ostatních uzlů jednotky, polohování, tlumení, aretování. Jsou v něm umístěny rozvody tlaku, pneumatické rozvaděče apod. Pohon jednotky zajišťoval přes převodovku rotační reverzační pneumatický motor. Maximální pootočení jednotky bylo 360°, počet programovatelných poloh byl osm a nejmenší programovatelné pootočení bylo 20°. Základní princip řízení byl podobný jako u horizontální jednotky, ale uplatněný na rotační pohyb. I v tomto případě byl princip řízení patentován.

Protože tuzemská součástková základna nesplňovala všechny požadavky konstruktérů robotu, byly na prototyp použity zahraniční komponenty. Pro lineární

⁴⁶ J. Bubán – M. Plášek, *Zariadenie na aretovanie polohy piesta zdvihového valca*, ČSSR. 161627. Uděleno 15. 11. 1975. Zapsáno 23. 7. 1974.

⁴⁷ M. Plášek – J. Merčiak – R. Veliká, *Obojstranný tlmiaci blok s jedným hydraulickým tlmičom*, ČSSR. 194434. Uděleno 15. 2. 1982. Zapsáno 30. 3. 1979.

⁴⁸ M. Žipaj – I. Marcin – M. Ištvan, *Zapojenie pneumatického obvodu horizontálnej jednotky*, ČSSR. 205752. Uděleno 30. 12. 1982. Zapsáno 30. 4. 1980.

pohony to byly válce švédské firmy Mecman, pro rotační pohon pneumatický rotační motor švédské firmy Atlas Copco. Pro pneumatické ovládací prvky to byly výrobky firmy Festo, vyráběné v Rakousku. Postupně se pak některé komponenty nahrazovaly domácími výrobky, které musely být pro tento robot speciálně vyvinuty.⁴⁹ „Manipulátor robotu je patentově chráněný deseti patenty a dvěma průmyslovými vzory. Designové, tvarové řešení je od akademického sochaře Mikuláše Sladkovského.“⁵⁰

Pro řízení robotu byl použit programovatelný automat (PA) NS 910.⁵¹ Vývoj řídicího systému NS 910 byl zahájen v Tesle Kolín v roce 1975 na základě požadavku VUKOV Prešov.⁵² Do výroby byl NS 910 zaveden v roce 1977.⁵³ Samotný PA měl modulární uspořádání. Hlavními jednotkami tohoto uspořádání byly centrální jednotka, jednotka operační paměti, vstupní jednotky, výstupní jednotky, zapisníková paměť a jednotka propojení s programovacím přístrojem NS 911. Veškerou činnost PA řídila centrální jednotka. Řídicí program byl uložen v operační paměti ve formě šestnáctibitových instrukčních slov. Operační kód byl dán nejvyššími pěti významovými bity instrukčního slova. V PA byla použita paměť typu RAM na tenkých magnetických vrstvách. To zaručovalo zachování naprogramované informace i při výpadku napájecího napětí. Instrukční soubor obsahoval logické instrukce, přenosové instrukce, instrukce větvení a aritmetické instrukce.

Pro ovládání PR 16-P byla sestava PA NS 910 spolu s programovacím přístrojem NS 911 (obr. 12) označována jako řídicí systém RS-2.⁵⁴ Předpokládalo se řízení robotu se sedmi osami (pojezd, vertikální jednotka, rotační jednotka, horizontální jednotka, otočení zápěstí, posunutí zápěstí, chapadlo). NS 910 byl k těmto pohybům nakonfigurován tak, že jeho operační paměť obsahovala 1024 šestnáctibitových slov. Sestava vstup-výstupních jednotek mohla obsloužit 32 vstupních a 32 výstupních signálů.

⁴⁹ Informace z e-mailové komunikace s konstruktérem robotu Ing. Pláškem.

⁵⁰ M. Plášek, „Vznik, rozvoj a útlm priemyselnej robotiky na Slovensku“, s. 20.

⁵¹ Programovatelné automaty nebo také PLC (Programmable Logic Controller) se začaly používat v závěru 60. let minulého století jako náhrada reléových automatů. Jednalo se o malý průmyslový počítač, který umožňoval řízení diskretních procesů, jež by jinak byly řízeny pomocí relé, vaček a podobných elektromechanických prvků. S vývojem číslicové techniky původně malé počítače pro automatizaci přerostly do výkonných číslicových řídicích systémů.

⁵² J. Svoboda, *Řídicí systém NS 910. Československý Průmyslový robot PR-16 a příklady jeho použití*, Dům techniky ČSVTS: Praha 1980, s. 25.

⁵³ Tamtéž, s. 26.

⁵⁴ A. Židek, *Programovanie NS 910 a NS 911. Kurs programování, obsluhy a údržby PR 16-P*, Dům techniky ČSVTS: Ostrava 1983, s. 77.

Pro usnadnění programování, které nebylo příliš komfortní, byl vypracován tzv. systémový program, který byl standardně umístěn v prvních třech čtvrtinách operační paměti, tedy přibližně do adresy 800. Systémový program byl v podstatě soubor jednotlivých programů, z nichž každý zabezpečoval jednu konkrétní činnost robotu. Uživatel vytvářel tzv. uživatelský program a do systémové části už nezasahoval.

Uživatelský program tvořil soubor kroků. V každém kroku se vykonala určitá činnost z manipulačního cyklu robotu. Následující krok mohl být zahájen, až řídicí systém dostal informaci o vykonání předcházejícího kroku. Aby mohl být zapsán jeden krok uživatelského programu, potřeboval uživatel tři adresy operační paměti.⁵⁵ Krok tak byl definován následovně:

xxxx	LD 310x	identifikace kroku v programu
xxxx+1	PD 00xx	zápis požadované činnosti
xxxx+2	DJ 2232	přepis obsahu registrů

Vysvětlíme pouze význam druhé instrukce pro krok, ve kterém měl robot vykonat pohyb, tedy najet na nějakou náražku. Dvojice xx v instrukci představuje dvojčíslí dekadických číslic. První číslice určovala pohybovou jednotku, která měla pohyb vykonat, např. 1... pojezd, 2... vertikální jednotka, 3... rotační jednotka, 4... horizontální jednotka. Druhá číslice určovala náražku, na kterou měla jednotka najet. Nultá náražka byla u každé jednotky definována. Např. u vertikální jednotky to byl spodní mechanický doraz, takže další polohy vertikální jednotky se dosahovaly zapsáním dvojčíslí 21–29.⁵⁶ Řídicí systém tedy umožňoval v dané jednotce použít celkem 10 poloh. Podobným způsobem se programoval pohyb dalších pohybových jednotek, časové prodlení a povely periferním zařízením. Pracovní cyklus robotu mohl obsahovat max. 100 kroků.

Poprvé byl robot PR 16-P představen veřejnosti na první výstavě ROBOT v roce 1978 v Brně. Do roku 1985 jich bylo vyrobeno více než 80 kusů.⁵⁷ Robot byl později úspěšně nasazen v řadě výrobních podniků. Jedno z prvních nasazení robotu bylo v AZNP Mladá Boleslav. PR 16-P s výrobním číslem 001 tam byl v roce 1978 nasazen k obsluze tlakového lité víka převodovky automobilu Š 105/120.⁵⁸ PR 16-P je tak jistě první sériově vyráběný průmyslový robot v ČSSR.

⁵⁵ Tamtéž, s. 92.

⁵⁶ P. Šebej, *Návrh programu činnosti pracoviště s přemyselným robotem. Československý Průmyslový robot PR-16 a příklady jeho použití*, Dům techniky ČSVTS: Praha 1980, s. 42.

⁵⁷ M. Plášek, „Vznik, rozvoj a útlm priemyselnej robotiky na Slovensku“, s. 20.

⁵⁸ Informace z e-mailové komunikace s Ing. Františkem Knesplem, pracovníkem AZNP, který se na instalaci robotu podílel.

Oba roboty QJN 020 a PR 16-P se nakonec potkaly v Destě Domažlice v letech 1981–1983, jak o tom svědčí pořad na ČT24 „Počítačová evoluce“.⁵⁹ Start prvních československých průmyslových robotů nebyl jednoduchý. Československé robotice chyběly vhodné komponenty na jejich výrobu. Při nasazování do výrobního procesu existovala psychologická bariéra a strach z nového, nepoznaného a náročného odvětví. Při projektování tehdejších závodů se nepočítalo s robotizací.⁶⁰ Nedodržovala se technologická kázeň, a dělníci dokonce nasazené roboty úmyslně poškozovali. Rozvoj československé robotiky byl obtížný, ale nastartování návrhu, vývoje a nasazování průmyslových robotů v tehdejších podmínkách usnadnilo pozdější úspěšnou realizaci robotizace v Česku a na Slovensku.

Poděkování

Autoři děkují Ing. Jaroslavu Kamencovi a Ing. Milanu Pláškovvi za poskytnuté materiály a konzultace, které umožnily vznik tohoto článku.

Autoři také děkují doc. Branislavu Lackovi z FSI VUT v Brně za cenné připomínky k textu.

Článek vznikl na základě institucionální podpory dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumné organizace Technické muzeum v Brně poskytované Ministerstvem kultury ČR.

Summary

In the 1970s, the government sought the means to improve the performance of planned economics. Robotization, already in full swing abroad, appeared an appropriate means. As a result, the government has been listing state tasks and target programs to support robotization and manufacturing development. Technical intelligentsia welcomed the support for robot development and was ready. What wasn't prepared for this modern technology was the component base and the production organization. Yet the QJN 020 and PR 16P robots were a decent standard. But their deployment was met with technological insubordination and classic resistance from workers, who often deliberately damaged them.

⁵⁹ Archiv ČT24: *Počítačová evoluce*.

⁶⁰ V. Kalaš, „Tridsať rokov svetovej robotiky (4)“, s. 57.

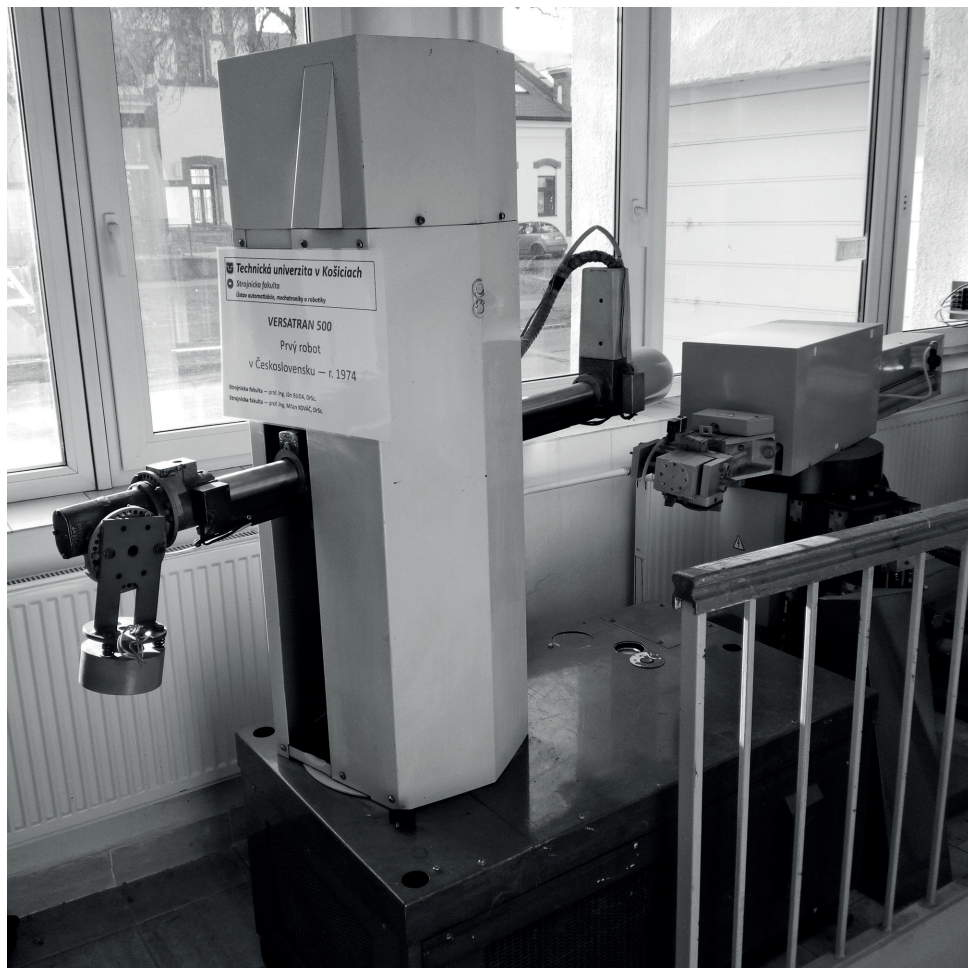
Correspondence:

prof. Ing. František Šolc, CSc.
Fakulta elektrotechniky a komunikačních
technologií VUT v Brně
Technická 3082/12, 616 00 Brno
e-mail: solc@feec.vutbr.cz

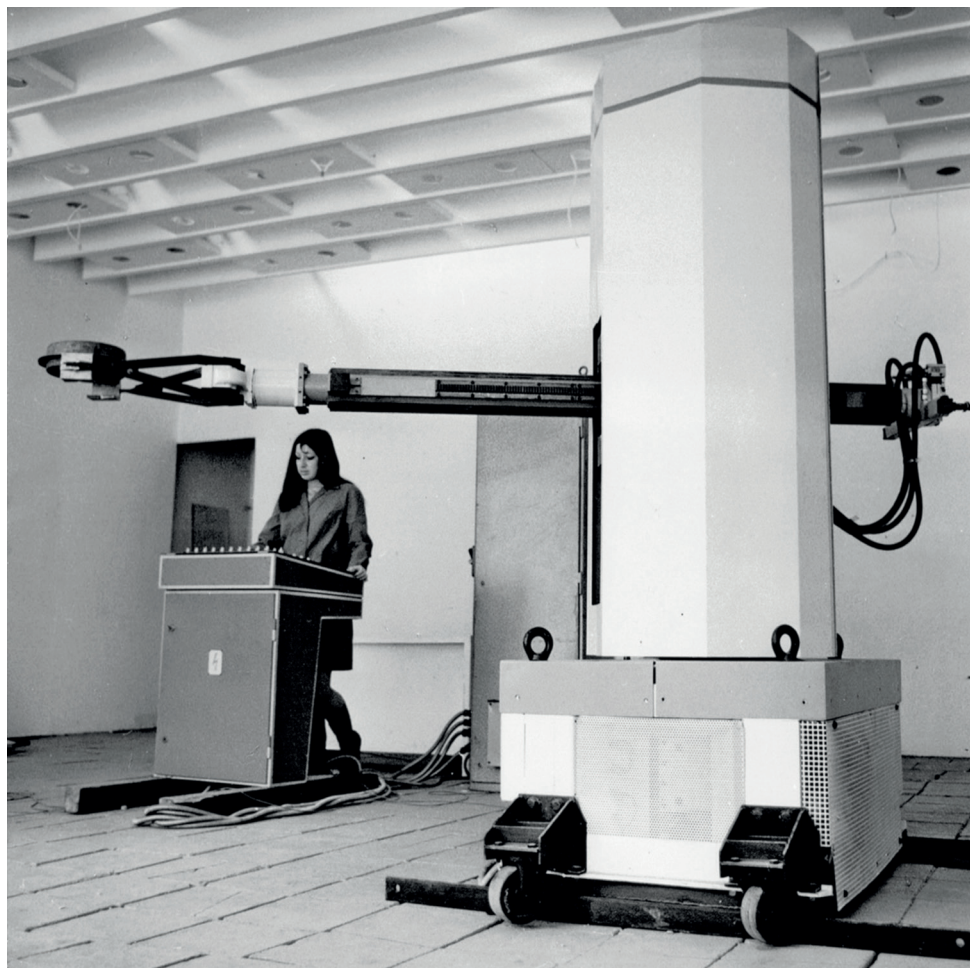
Mgr. Lubomír Anděl
Technické muzeum v Brně
Purkyňova 2950, 612 00 Brno
e-mail: andel@tmbrno.cz

Tab. 1. Parametry průmyslových robotů

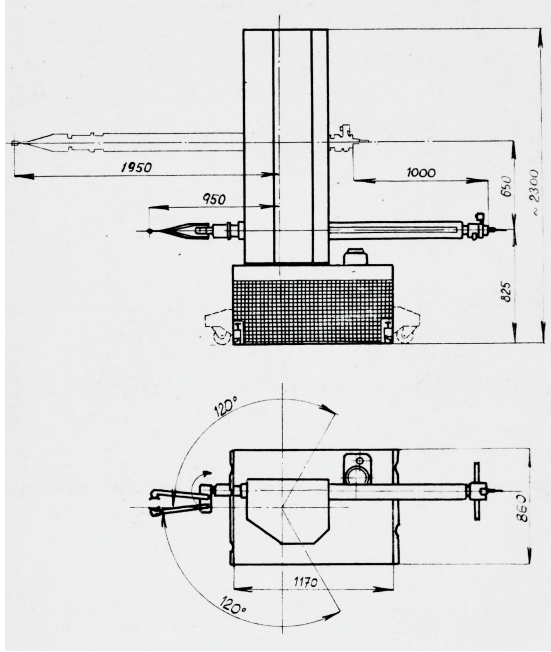
	VERSATRAN 500	QJN 020	MHU SENIOR	PR 16-P
Počet st. volnosti	5–6	4	4	5
Druh pohonu	hydraulický	elektrický	pneumatický	pneumatický
Nepřesnost polohování [mm]	±3	±0,3	±0,1	±0,2
Typ řízení polohy	PTP	PTP	PTP	PTP
Druh řízení	elektrome- chanický	elektrome- chanický	elektrome- chanický	elektronický
Nosnost [kg]	23		15	16
Max. rychlost hori- zontálního pohybu ramene [m/s]	0,91	1	1	1
Max. rychlost verti- kálního pohybu ra- mene [m/s]	0,91	0,5	0,3	1
Max. rychlost otáčení ramene [°/s]	90	60	90	90
Hmotnost manipu- látoru	612	1000	480	675



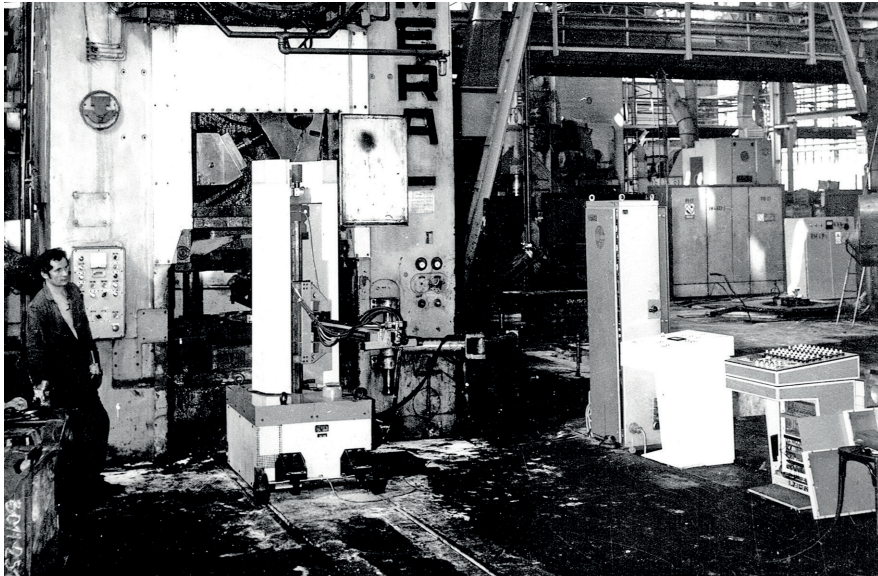
Obr. 1. Průmyslový robot VERSATRAN. (Foto TU v Košicích)



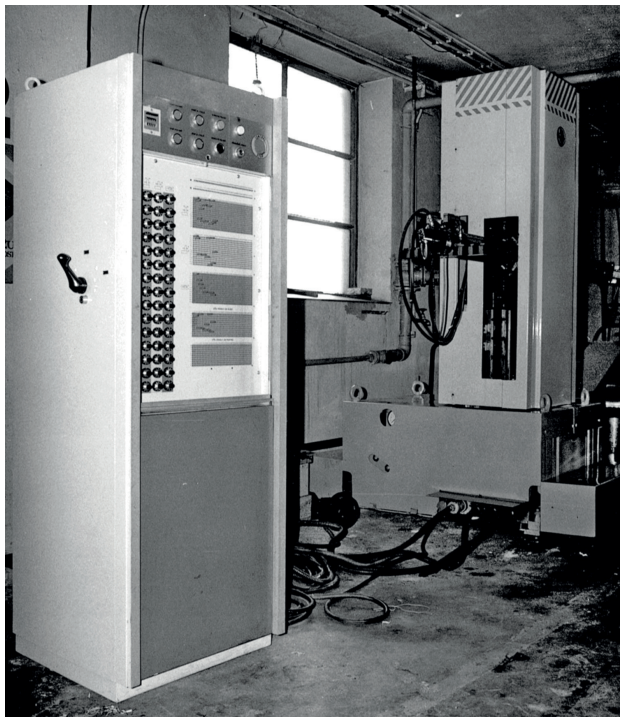
Obr. 2. Průmyslový robot QJN 020. (archiv Ing. J. Kamence)



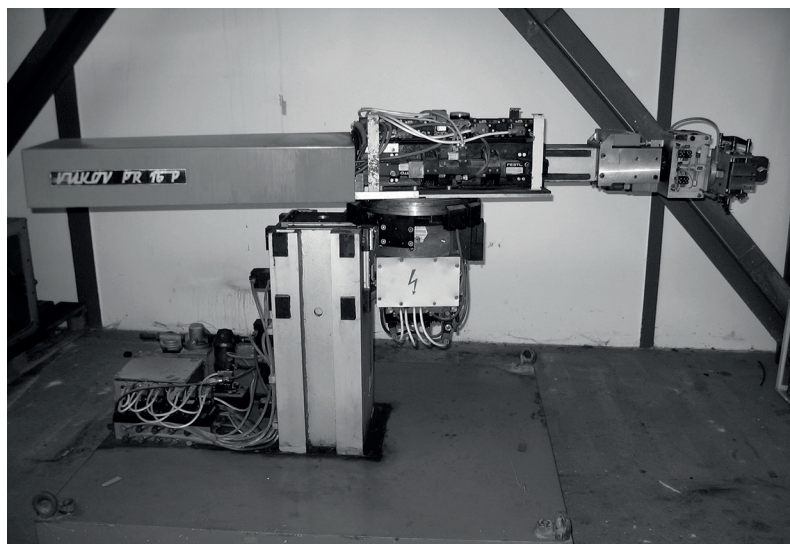
Obr. 3. Výkres mechanické části robotu QJN 020. (archiv Ing. J. Kamence)



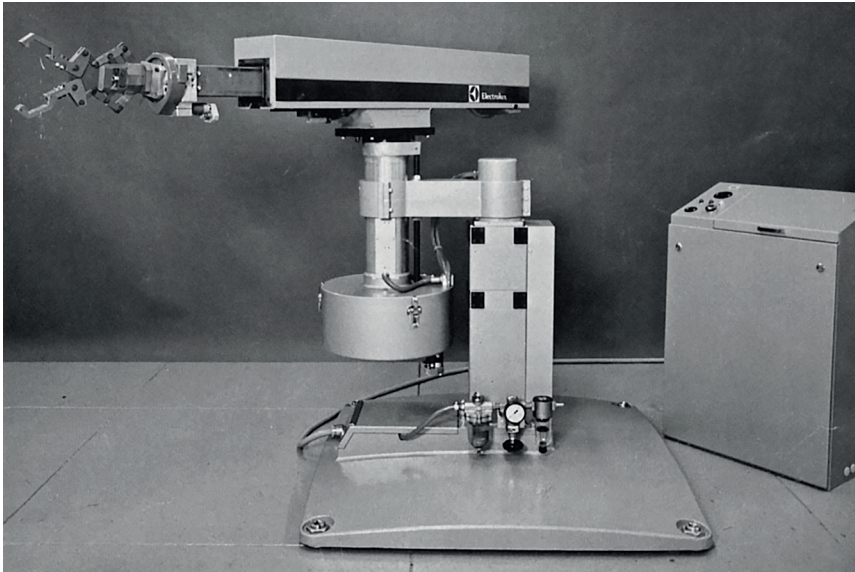
Obr. 4. ROBOT QJN 020 při obsluze kovacího lisu. Ovládací pult robotu je vpravo dole. (archiv Ing. J. Kamence)



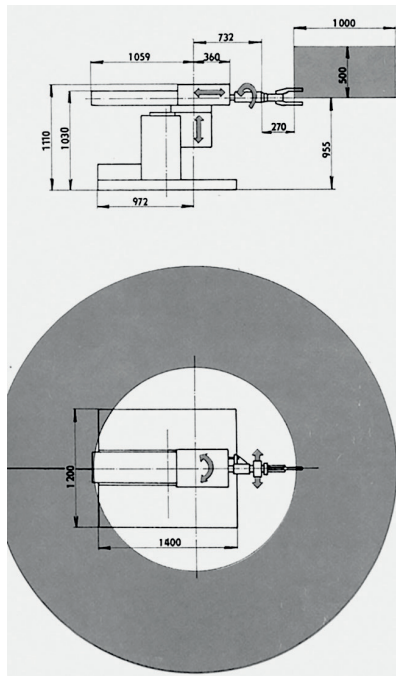
Obr. 5. Průmyslový robot QJN 020-NC. (archiv Ing. J. Kamence)



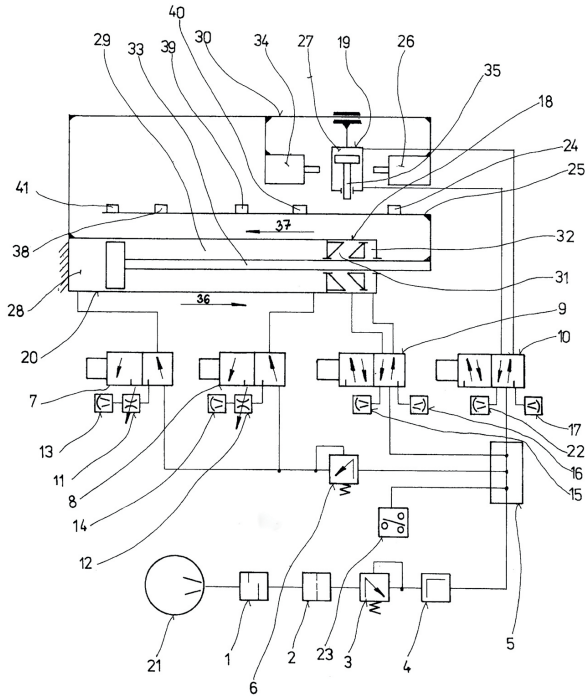
Obr. 6. Průmyslový robot PR 16-P. (foto autor)



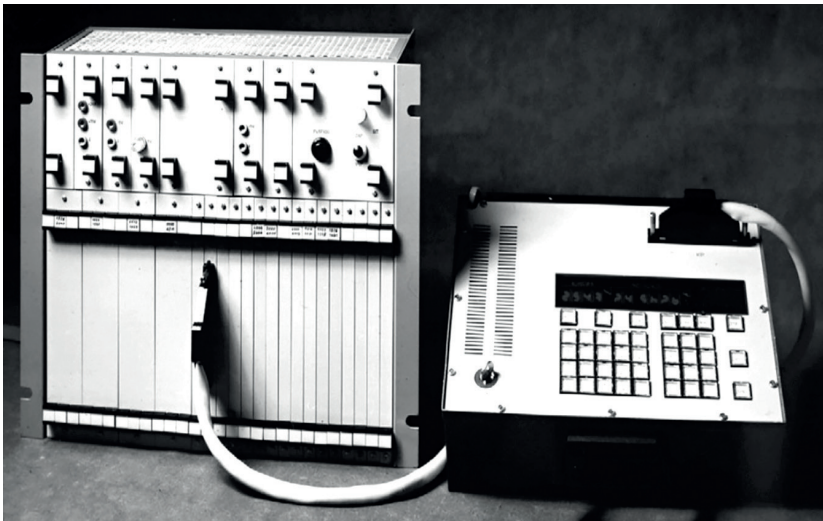
Obr. 7. Průmyslový robot MHU SENIOR. (informační leták fy Elektrolux)



Obr. 8. Kinematická koncepce PR 16-P. (informační leták VUKOV Prešov)



Obr. 11. Zapojení pneumatického obvodu horizontální jednotky. (archiv Ing. M. Pláška)



Obr. 12. Programovatelný automat NS 912 spolu s programovací jednotkou NS 911. (archiv Ing. M. Pláška)