

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

VÝROBA PLYNOVÝCH VENTILŮ NA AUTOMATICKÉ LINCE

PRODUCTION OF GAS VALVES ON THE AUTOMATIC LINE

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. MILAN PEŠL

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

ING. MAREK ŠTRONER, PH.D.

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Milan Pešl

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie a průmyslový management (2303T005)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Výroba plynových ventilů na automatické lince

v anglickém jazyce:

Production of gas valves on the automatic line

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Na základě poznatků při výrobě plynových ventilů na automatické lince ve firmě Honeywell bude řešena problematika automatizace a manipulace, chodu automatické linky, testování ventilů, akce na snížení počtu vadných kusů při výrobě a implementace kamerového systému na detekci chyb šroubování.

Cíle diplomové práce:

Seznámení s automatizovanou výrobní linkou na plynové ventily a její rozložení. Popis principu práce linky a typy ventilů, které se na ní vyrábějí. Testy používané ke kontrole funkčnosti ventilů. Statistické zhodnocení výroby a kamerový systém pro kontrolu šroubů.

Seznam odborné literatury:

1. DRAŽAN, František., JEŘÁBEK, Karel. Manipulace s materiálem. 1. vyd. Praha : SNTL, 1989. 456 s. ISBN 04-220-79.
2. HLAVENKA, Bohumil. Manipulace s materiálem. 4. vyd. Brno : VUT, 2001. 164 s. ISBN 80-214-0068-4.
3. CHVÁLA, Břetislav., NEDBAL, Josef., DUNAY, Gejza. Automatizace. SNTL. 2. vyd. Praha : SNTL, 1990. 603 s. ISBN 04-218-87.
4. RUMÍŠEK, Pavel. Automatizace výrobních procesů II. (tváření). VUT. 1. vyd. Brno : VUT, 1990. 192 s. ISBN 80-214-0221-0.
5. URBÁNEK, Jiří. Automatizace výrobních procesů - obrábění. 1. vyd. Brno : VUT, 1990. s. 1-165. ISBN 80-214-0161-3.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Marek Štroner, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/2011.

V Brně, dne 27.10.2010

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá zhodnocením výroby plynových ventilů na automatické lince a návrhem kamerového systému k odhalení chyb při montáži ve firmě Honeywell Česká republika s.r.o. Cílem práce je vzájemné porovnání jednotlivých navrhovaných variant kamerového systému, výběr neoptimálnější z nich a vyhodnocení detekovaných chyb linky za pomoci Paretových diagramů. Nedílnou součástí práce je také stručný popis automatické linky na výrobu plynových ventilů a historie firmy Honeywell.

Klíčová slova

Plynový ventil, kamerový systém, CCTV, automatizace, roboty, manipulátory, Honeywell

ABSTRACT

This thesis deals with the evaluation of manufacturing gas valves on the automatic line and the design of CCTV systems to detect errors at assembly in Honeywell Czech Republic Ltd. The aim of this thesis is mutual comparison of the respective proposed options of the camera system, their optimal selection, and the evaluation of detected errors of the line by using Pareto Charts. An integral part of this work is a brief description of the automatic line for gas valves and the history of Honeywell Company.

Key words

Gas valve, camera system, CCTV, automation, robots, manipulators, Honeywell

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

PEŠL, M. *Výroba plynových ventilů na automatické lince*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 77 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Marek Štroner, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Výroba plynových ventilů na automatické lince“ vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum 20. 5. 2011

.....
Milan Peší

Poděkování

Děkuji tímto Ing. Markovi Štronerovi, Ph.D. a Ing. Jaroslavu Kulhánkovi za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce.

OBSAH

Abstrakt	4
Prohlášení.....	5
Poděkování.....	6
Obsah	7
1 Úvod.....	9
2 Honeywell.....	10
2.1 Historie Honeywellu	10
2.1.1 Honeywell a počítače	12
2.1.2 Vojenský průmysl	13
2.1.3 Six sigma Plus	13
2.1.4 Honeywell Technology Solutions.....	14
2.2 Honeywell v ČR.....	14
2.2.1 Historie Honeywellu v ČR	14
3 Automatizace.....	17
3.1 Historie automatizace	17
3.1.1 Starověk.....	18
3.1.2 Středověk.....	19
3.1.3 Novověk	20
3.2 Cíle automatizace	21
3.3 Automatizační prostředky	24
3.4 Bezpečnost a poruchy v automatizaci	24
3.4.1 Bezpečnost automatizovaného systému	24
3.4.2 Chyby, vady a poruchy v automatizaci	26
4 Průmyslové roboty a manipulátory	27
4.1 Úvod PRaM.....	27
4.1.1 Průmyslové roboty	27
4.1.2 Historie průmyslové robotiky	27
4.1.3 Manipulátory.....	28
4.2 Systémy PRaM.....	29
4.2.1 Funkční podsystémy PRaM	29
4.2.2 Charakteristické parametry PRaM	30
4.2.3 Manipulační možnosti.....	31
5 Plynové ventily vyráběné na Autolince 2.....	33
5.1 VK4115G 1002	35
5.2 VK4105G 1005.....	35
5.3 VK4105G 1146.....	36
5.4 VK4105G 1153.....	36
5.5 VK4105G 1161	37
5.6 VK8115V 1036	37
5.7 VK4115V 1048	38
5.8 VK4115V 1352	38
5.9 VK4115VE 1054.....	39
6 Automatická linka na výrobu ventilů	40
6.1 Rozložení automatické linky.....	40
6.2 Předmontáž.....	41
6.2.1 Předmontáž Coil plate	41

6.2.2 Předmontáž regulátorů	42
6.2.3 Mach 16	42
6.2.4 Montáž příruby na výstup ventilu	43
6.3 Mezisklad a zásobování jednotlivých komponent.....	44
6.4 Ruční montáž.....	45
6.5 Roboty a manipulátory využívané na autolince	46
6.5.1 Automatické šroubováky	46
6.5.2 Kontrola šroubů a sítka	47
6.5.3 Montáž Capscrew.....	47
6.5.4 Dustseal pracoviště.....	48
6.5.5 Savkový zakladač.....	49
6.5.6 Testovací jednotky	49
6.6 Rework.....	49
6.7 Příbaly.....	50
6.8 Ověření systému	52
7 Statistické zhodnocení linky	53
7.1 Zhodnocení výrobnosti automatické linky	53
7.2 Vady ventilů na automatické lince	55
7.2.1 Vyhodnocení dat	60
8 Návrh kamerového systému	61
8.1 Kamerové systémy	61
8.2 Požadavky na kontrolní kamerový systém plynových ventilů	62
8.2.1 Návrh firmy α	63
8.2.2 Návrh firmy β	64
8.2.3 Návrh firmy γ	65
8.3 Výhody a nevýhody jednotlivých návrhů	66
8.3.1 Vyhodnocení nabídek.....	67
8.4 Detekce chyb před implementací kamerového systému	68
8.5 Finanční zhodnocení projektu.....	70
9 Závěr.....	72
10 Seznam použitých zdrojů	73
Seznam použitých zkratk	76
Seznam příloh	77

1 ÚVOD

V poslední době jsou kladeny požadavky na snižování spotřeby paliv a energie. Cesta k dosažení této úspory spočívá ve zvyšování účinnosti topných zařízení. Proto se výrobci topných zařízení a dílčích komponent snaží o neustálý výzkum a vývoj, aby splňovali rostoucí nároky zákazníků. Jako jedním z nejlepších řešení dnešní doby se ukazuje kotel nebo hořák s úplným předmísením spalované směsi (vzduch + plyn) a plynulou modulací výkonu v širokém pásmu.

V teoretické části je stručně představena historie firmy Honeywell od založení a výroby prvních regulátorů přes vznik pobočky v ČR až po dnešní dobu. Dále je popsána historie automatizace, její význam, cíle a důležitost bezpečnosti v automatizovaných procesech. Následující kapitola znázorňuje průmyslové roboty a manipulátory, jejich charakteristické parametry a manipulační možnosti.

Diplomová práce dále zobrazuje jednotlivé modely plynových ventilů vyráběných na automatické lince, popis a rozložení jednotlivých pracovišť, zhodnocení linky a návrh kamerového systému. Zhodnocení výrobnosti linky proběhlo metodou First Pass Yield (ventily vyrobené napoprvé) a porovnání vad za pomoci Paretových diagramů. Tři firmy dodaly návrhy řešení kamerového systému na detekci neosazených a poškozených komponent plynových ventilů. Tyto návrhy byly zhodnoceny, porovnány a určena finanční návratnost celého projektu. Tento CCTV systém zredukuje dvojitou výstupní vizuální kontrolu o jednoho operátora na každou směnu.

2 HONEYWELL

Honeywell je mezinárodní společnost, která vyrábí celou škálu spotřebního zboží, inženýrské služby a letecké systémy pro široké spektrum zákazníků. Zaměstnává zhruba 128.000 lidí, z toho asi 58.000 ve Spojených státech. Společnost má sídlo v Morristown (New Jersey) a jeho současný výkonný ředitel je David M. Cote.

Stávající „Honeywell International Inc“ je výsledkem fúze, v níž byl Honeywell spojen s mnohem větší společností AlliedSignal v roce 1999 [1].



Obr. 2.1 Hlavní sídlo v Morristown [1]

2.1 Historie Honeywellu

Honeywell vstoupil na trh s vynálezem automatického termostatu (damper-flapper) od Alberta Butze, který byl schopen automaticky regulovat teplotu pece. Když teplota dosáhla nastaveného limitu, kladkový systém otevřel dvířka, což umožnilo volný průchod čerstvého vzduchu [1].



Obr. 2.2 Honeywell termostat [1]

Roku 1885 proběhla inovace za použití elektromotorů a řízení procesu v Minneapolis Heat Regulator Company. V roce 1906 založil Mark C. Honeywell Honeywell Heating Specialty Company. Společnost Honeywell se spojila v roce 1927 s Minneapolis Heat Regulator Company a vznikl Minneapolis-Honeywell Regulator Company, kde byl prvním prezidentem M. Honeywell [1].



Obr. 2.3 Založení Honeywell Heating Specialties Company [1]

W.R. Sweatt přišel s nápadem termostatické regulace vytápění a udělal z něj pro firmu výnosný byznys. Jeho syn Harold se dostal do vedení Honeywellu v roce 1934, kdy firma zažila období růstu, globální expanze a stala se technologickým lídrem [1].



Obr. 2.4 T87 termostat [1]

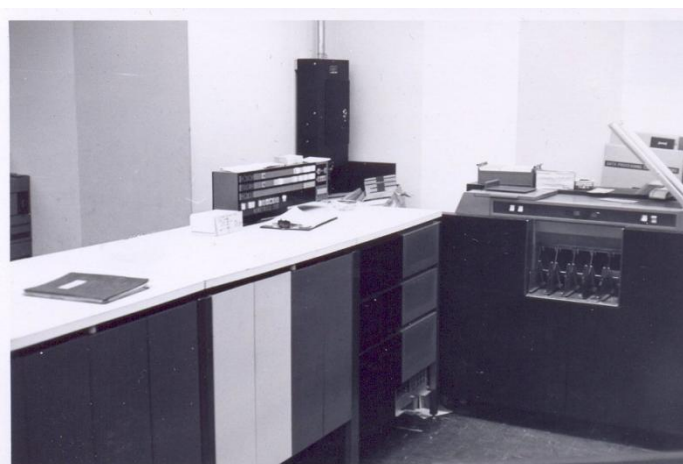
James H. Binger se stal prezidentem firmy v roce 1961. Za svého působení kladl více důraz na zisky, než na objem výroby a také oficiálně změnil firemní jméno z Minneapolis-Honeywell Regulator Company na Honeywell [1].

2.1.1 Honeywell a počítače

Honeywell vstoupil na trh s počítači prostřednictvím firmy Raytheon v tzv. Datamatic Corp., ale brzy vyplatil podíl Raytheonu a obchod se stal jeho divizí. První počítač se nazýval Honeywell 800, který byl později vylepšen na Honeywell 1800 [1].

V roce 1960 Honeywell patřil do skupiny "Snow White and the Seven Dwarfs", kde patřil mezi sedm menších výrobců minipočítačů. Tato divize se jmenovala Honeywell's Computer Control Division [1].

- 1963 Honeywell představil malý podnikový počítač, Honeywell 200, který měl konkurovat IBM 1401.



Obr. 2.5 PC Honeywell 200 [3]

- 1970 Honeywell koupil General Electric's computer division a byl reorganizován do dvou divizí v čele s prezidentem Clarenci Spanglem.
- 1991 byla počítačová divize prodána společnosti Groupe Bull.

2.1.2 Vojenský průmysl

Honeywell vstoupil do obranného průmyslu ve druhé světové válce s výrobou leteckých prvků. Během války ve Vietnamu a dále i po ní produkovala vojenská divize Honeywellu také velké množství vojenského vybavení včetně kazetových bomb, raketového naváděcího systému, napalmu a pozemních min [1].

V roce 1990, byla tato divize sloučena s Alliant Techsystems a Honeywell pokračoval pouze v dodávce produktů leteckého průmyslu, včetně elektronických naváděcích systémů, vybavení kokpitů, osvětlení, primárních a sekundárních hnacích motorů turbín [1].



Obr. 2.6 Honeywell - RQ-16 Tarantula Hawk [4]

2.1.3 Six sigma Plus

Honeywell International je známý implementací six sigmy a štíhlé výroby. Six Sigma Plus je zaměřen na snížení počtu chyb/poruch, zlepšení výrobních časů a snížení nákladů. Dále byla implementována firemní filozofie Honeywell Operating System (HOS), která zahrnuje praktiky podobné Toyota Production Systemu [1].

2.1.4 Honeywell Technology Solutions

Honeywell Technology Solutions (HTS) jsou výzkumné laboratoře v rámci Honeywellu, které se věnují výzkumu. HTS má vývojová centra v Hyderabad (Indie), Madurai (Indie), Šanghaj (Čína) a Brně (Evropa, Česká republika). V těchto laboratořích probíhá technologický výzkum, vývoj a testování pro jednotlivé divize Honeywell International [1].

2.2 Honeywell v ČR

Honeywell se v České republice etabloval jako jedna z vedoucích společností v oblasti řízení budov, významných průmyslových procesů a služeb spojenými s letectvím. Produkty firmy Honeywell i její ucelená řešení ovlivňují každodenní život mnoha lidí a činí jej bezpečnějším, pohodlnějším a produktivnějším. Jako jedna z mála nadnárodních korporací, Honeywell umístil do České republiky i své vývojové centrum [5].



Obr. 2.7 Honeywell Brno – výrobní závod [5]

2.2.1 Historie Honeywellu v ČR [5]

- 1962 – vznik obchodního zastoupení v Praze v tehdejší ČSSR přes rakouskou pobočku společnosti Honeywell

- 1991 – založení samostatného podnikatelského subjektu Honeywell Service & Engineering s.r.o. s hlavní náplní činnosti v oblasti realizace obchodních zakázek a následné zákaznické podpory
- 1993 – v rámci Honeywell Service & Engineering s.r.o. vzniká výzkumně-vývojová laboratoř, základ dnešní Honeywell Prague Laboratory, která se tak stala první výzkumně-vývojovou jednotkou společnosti Honeywell mimo území USA
- 1995 – sloučení obou stávajících subjektu pod Honeywell spol. s.r.o. spojené s podstatným rozšířením aktivit v oblasti regulací a řízení pro domácnosti i průmysl
- 2001 – jako součást širší akvizice získána pobočka společnosti Ademco v Brně, která se zabývá výrobou komponent pro zabezpečovací systémy
- 2002 – akvizice společnosti Mora Aerospace a.s. zabývajících se výrobou speciálních dílců leteckých motorů
- 2002 – jako součást širší akvizice získána pobočka Invensys Controls v Brně vyrábějící senzory pro automobilový průmysl
- 2003 – založení Globálního vývojového centra v Brně (nynější HTS CZ-Brno) s cílem posílit technologický potenciál společnosti – projekt obdržel ocenění „Investor roku 2002“ v kategorii investic nejvíce zhodnocující kvalifikovanou pracovní sílu
- 2003 – společnost Honeywell převzala s ohledem na další expanzi prostory po firmě Flextronics a vytvořila tak v Brně svoji významnou výrobně-technologickou základnu

- 2003 – akvizice společnosti Olympo v Brně zabývající se distribucí a integrací zabezpečovacích technologií
- 2004 – vytvořena divize Global Credit and Treasury Services poskytující podporu interních finančních operací společnosti Honeywell
- 2004 – vytvořena pobočka divize Global Business Services pro poskytování komplexní funkční podpory operací společnosti v České republice
- 2006 – založení centra pro podporu leteckých operací v regionu Evropy jako součást aktivit společnosti Honeywell Aerospace s.r.o.
- V současné době zaměstnává společnost Honeywell v České republice více než 2,700 pracovníků. Společnost má pobočky v Praze, Brně, Olomouci a Ostravě

3 AUTOMATIZACE

Automatizace označuje použití řídicích systémů (např. regulátorů, počítačů, snímačů) k řízení průmyslových zařízení a procesů. Z pohledu industrializace jde o krok následující po mechanizaci. Zatímco mechanizace poskytuje lidem k práci zařízení, které jim usnadňuje práci, automatizace snižuje potřebu přítomnosti člověka při vykonávání určité činnosti [6].

Za splnění ideálního předpokladu tzv. komplexní automatizace by teoreticky mohlo dojít až vyřazení člověka z příslušného výrobního procesu. V praxi se prozatím jeví tato možnost jako neuskutečnitelná [6].

Automatizace má značný dopad na celý průmysl a obecně platí, že je zodpovědná za posun od pracovních míst ve výrobě k pracovním místům ve službách.

Výhody automatizace: [7]

- Náhrada operátorů v rámci úkolů, které zahrnují těžké fyzické nebo monotónní práce.
- Náhrada lidí v nebezpečných prostředích (požár, jaderná zařízení, podzemí atd.).
- Plnění úkolů, které lidé nezvládnou kvůli velikosti, hmotnost, rychlosti, vytrvalosti.
- Zlepšení hospodárnosti.

Nevýhody automatizace: [7]

- Technologické hranice.
- Nepředvídatelné náklady na výzkum a vývoj.
- Vysoké počáteční náklady.

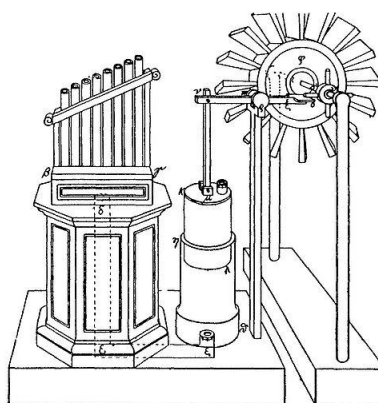
3.1 Historie automatizace

První jednoduché stroje pomáhaly při práci, zvedaly velké hmotnosti systémem kladek či pák. Později také nahrazovaly práci přirozenými druhy obnovitelné energie, jako je vítr, příliv nebo tekoucí voda. V pozdější době byly první automatizované stroje řízeny hodinovými mechanizmy, které poháněly

přírodní zdroje (soustřeďovaná tekoucí voda, pára, atd.). Šlo zejména o opakující se akce, pohybující se postavy, hudbu nebo hry.

3.1.1 Starověk

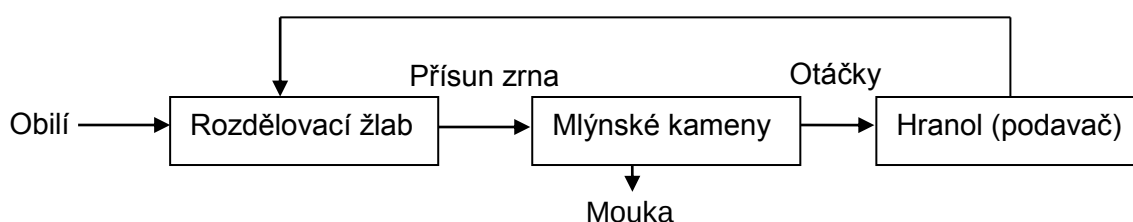
V Alexandrii již 200 let př. n. l. fungovaly veliká, těžká, bronzová vrata chrámu, která se sama otevírala, kovoví ptáci zpívali a kovové sochy postříkovaly věřící posvátnou vodou. Přitom všechny tyto zázraky způsobovalo důmyslné využití páry a teplého vzduchu v zařízení, které zkonstruoval alexandrijský učenec Hérón [11].



Obr. 3.1 Větrém poháněné varhany [24]

Silně hořící posvátný oheň na začátku obřadu za zpěvu kněží ohříval vzduch, který se rozpínal a vytlačoval vodu z bány do velikého okovu. Váha okovu posléze převážila váhu protizávaží, takže klesající okov přes systém řetězů a kladek samočinně otevřel chrámová vrata. Po obřadu, když oheň vyhasl a ochlazený vzduch podtlakem vysál vodu z vědra do bány, síla proti závaží chrámová vrata uzavřela. Hérón tak poprvé využil princip teplovzdušného motoru. Svá zařízení popsal Hérón v knize „Pneumatika“, která se zachovala až do dnešní doby [11].

Dále byla hojně využívána zařízení, která sama regulovala přísun zrní mezi mlýnské kameny v závislosti na jejich otáčkách [11].



Obr. 3.2 Regulace přísunu zrna [11]

3.1.2 Středověk

Ve středověku se staly obdivovanými automaty hlavně mechanické hračky. Jejich tvůrci byli zejména zruční hodináři. Hodinový stroj byl i ve středověku představitelem vrcholné řemeslnické zručnosti, mechanické dovednosti a složitosti, který obsahoval řadu důmyslných regulátorů, jestliže měl ukazovat přesný čas po dobu své životnosti. Připomeňme si zde mnohé složité orloje, jejichž mistři dokázali navrhnout a realizovat zařízení, která nejen že ukazovala přesný čas, ale ukazovala i kalendářní data, postavení planet na obloze a prováděla řadu dalších pozoruhodných úkonů [11].



Obr. 3.3 Staroměstský orloj mistra Jana Hanuše z Růže

Se složitostí orlojů si nezdají různé zvonkohry, instalované ve velkých kláštorech a katedrálách. Tóny melodie jsou vytvářeny úhozy kladívek do jednotlivých naladěných zvonků. Kladívka jsou mechanicky ovládána oddělenými mechanismy od válce s kolíčky, který se otáčí. Rozmístění kolíčků na válci určuje melodii a program činnosti celého zařízení. Otočný válec zde představuje jednoduché programovací zařízení, jehož princip byl poté převzat při koncepci mechanického programového řízení mnoha dalších strojů (revolverové soustružnické automaty, automatické pračky, apod.) [11].



Obr. 3.4 Hrací skříňka (Technické muzeum)

Dalším obdivuhodným zařízením byl automatický pískař od otce a syna Drozových, který obsahoval složitou mechanickou soustavu s pamětí elementárních pohybů (svislý válec nahoře a programovací kotouč). Každá vačka válce pohybovala pákami, které přenášely svůj pohyb na jednotlivé vnější pohyblivé části automatu [11].

3.1.3 Novověk

Potřeby a požadavky kapitalismu obrátily pozornost vědců, vynálezců a konstruktérů k řešení automatů, které umožňovaly zvýšit produktivitu lidské práce. Klasickým příkladem, jak automatizace pomohla zásadním způsobem zvýšit možnosti parního stroje, je vynález odstředivého regulátoru otáček, který na parním stroji uplatnil anglický mechanik James Watt kolem roku 1775. Výkon jeho parního stroje byl, ve srovnání s tehdejšími parními stroji Saveryho a Newcomena, zvýšen ne pouze dvojčinným uspořádáním, které umožňovalo přivádět páru střídavě na obě strany pístu a umožňovalo zdvojnásobení výkonu parního stroje, ale zejména odstraněním ručního ovládání rozvodu páry a samočinnou regulací otáček [11].

Dalším významným vynálezem byl Jacquardův tkalcovský stav, který ukázal na význam programového řízení u výrobních strojů. Joseph Jacquard se rozhodl řídit tkaní a tvorbu vzoru látky v tkalcovském stroji kolem roku 1800 pásem, složeným z jednotlivých článků tuhého kartónu. Tyto články byly opatřeny otvory a procházely čtecím zařízením, skládajícím se z řady

hmatadel, jenž ovládaly páky, řídící rozdělení vláken různých barev tkalcovského stavu a další potřebné funkce. Tento "program" bylo možno přitom poměrně jednoduše vyměnit za jiný. Kartonové články pásu byly předzvěstí děrného štítku a později i děrné pásky. Děrné štítky a děrná páska sloužily na počátku 20. století k mechanizaci kancelářských prací a později v sedmdesátých letech jako prostředek pro vstup programů a dat do počítačů druhé a třetí generace, ba i jako vstup programů do numericky řízených obráběcích strojů [11].



Obr. 3.5 Automatizovaný tkalcovský stav [8]

3.2 Cíle automatizace

Hlavní cíle automatizace byly nejprve zvýšení produktivity a snížení nákladů. Tyto cíle se ukázaly jako nedostatečné a byly rozšířeny na spolehlivost, přesnost, zvýšení stability, životní prostředí a zaměnitelnost.

Je nezbytné obstarat kvalifikovanou pracovní sílu, která může zajistit opravy a správu zařízení. Dále je nutné počítat s vysokými vstupními náklady a delší dobou návratnosti [7].

Snížení výrobních nákladů: [11]

- Lepší organizací výrobního procesu
- Úsporami materiálu
- Úsporami skladovacích a výrobních ploch
- Snížení nákladů na nekvalitní výrobu
- Úsporami energie všeho druhu v důsledku přesného měření a jejich optimální regulace

- Odstranění drahé lidské práce
- Snížení dodatečných mzdových nákladů
- Snížení počtu pracovníků
- Dokonalé využití strojů

Automatizace se nyní aplikuje především pro zvýšení kvality ve výrobním procesu. Například při instalaci pístů do motorů ručně dosahovala chybovost asi 1-1.5%, v automatizovaném procesu se dosahuje chybovosti 0,00001% [7].

Pojem spolehlivost automatizační techniky je nutné chápat v širším kontextu, zejména jako schopnost plnit bezpečně a pohotově požadované funkce. Tento požadavek musí být zohledňován ve všech fázích životního cyklu automatizačního systému, počínaje stanovením koncepce systému přes definici systému, formulování požadavků na systém, návrh systému, jeho integraci, ověření, validaci až po následný provoz a údržbu [10].

Spolehlivost systému vyjadřuje míru, do jaké se uživatel může spolehnout, že systém funguje tak, jak je stanoveno, že je v daných podmínkách a v daném časovém úseku použitelný, a že je bezpečný. Spolehlivostí se zde rozumí kombinace bezporuchovosti, pohotovosti, udržitelnosti a bezpečnosti. Používá se pro ni zkratka RAMS (Reliability, Availability, Maintainability, Safety), která charakterizuje dlouhodobou činnost systému. Takto definované spolehlivosti se dosahuje užíváním ověřených technických koncepcí, metod, nástrojů a postupů během celého životního cyklu systému. Jednotlivé prvky spolehlivosti RAMS jsou definovány takto [10]:

- bezporuchovost (reliability) – schopnost objektu plnit požadovanou funkci v daných podmínkách a v daném časovém intervalu. Tato funkce je charakterizována takovými parametry, jako jsou střední doba mezi poruchami MTBF (Mean Time Bet. Failures), intenzita poruch apod. [10].
- pohotovost (availability) – schopnost produktu být ve stavu schopném plnit požadovanou funkci v daných podmínkách v daném časovém okamžiku nebo v daném časovém intervalu, za předpokladu, že jsou zajištěny

požadované vnější prostředky; pohotovost je zde určována zejména bezporuchovostí a udržitelností [10].

- udržitelnost (maintainability) – schopnost systému být modifikován za účelem opravy vad, zlepšení vlastností nebo jiných atributů, nebo přizpůsobení jinému prostředí; charakteristickými parametry jsou např. MTTR (Mean Time to Recovery), MTTM (Mean Time to Maintenance) apod. [10].
- bezpečnost (safety) – neexistence nepřípustných úrovní rizik vzniku škody nebo ohrožení zdraví. Je zřejmé, že pohotovost a bezpečnost spolu velmi úzce souvisejí a vzájemně se ovlivňují. Je možné to chápat tak, že nedostatky v těchto dvou složkách nebo chybné řešení konfliktů mezi požadavky na bezpečnost a pohotovost mohou zabránit vytvoření spolehlivého systému. Při hodnocení bezpečnosti, resp. bezpečnostních funkcí, musí řešitelé vycházet z hodnocení rizik, které požadovaná funkce může ovlivnit. Hodnocení rizik a míra přijetí rizik implikuje stanovení úrovně integrity bezpečnosti, která bude definována níže [10].

Jakost dnes znamená téměř vše. Zákazníci jsou ochotni platit raději vyšší cenu za kvalitní výrobek, než nižší cenu za zboží s nižší jakostí. Některé výrobky, pokud nedosahují předepsané standardní kvality podle předepsané normy, jsou už dnes neprodejné. Automatizace umožňuje zavedení rozsáhlé operační a mezioperační kontroly bez nárůstu kontrolních pracovníků. Odstranění lidských zásahů do výrobního procesu zvyšuje jeho kvalitu i spolehlivost a zvyšuje jeho přesnost. Automatizace podpůrných činností umožňuje zavést jakost podle norem řady ISO 9000 bez zvýšené potřeby administrativních prací [11].

Úspory všech druhů energií a surovin představují v budoucnosti nejen ekonomický, ale hlavně ekologický problém s ohledem na omezené zdroje surovin a poškozování životního prostředí. S rostoucími cenami energie a surovin roste význam automatizace jako cesty k racionální spotřebě energie. Lze dokázat, že i malým zvýšením kvality regulačních procesů výrazně omezit ztráty energie, které jsou významné zejména u energeticky náročných procesů [11].

3.3 Automatizační prostředky [9]

Procesní instrumentace:

- Čidla, senzory, snímače
- Akční členy

Řídící členy

- Průmyslové regulátory
- Mikrořadiče
- Programovatelné automaty (PLC)
- Logika
- Velké systémy pro řízení procesů (DCS/PCS)

Komunikační podsystémy:

- Paralelní sběrnice mikropočítačů
- Paralelní sběrnice SCSI
- Sériové sběrnice
- Průmyslové sériové sběrnice
- Přístrojové sériové sběrnice
- Sensor/aktor sítě

Nadřazené řízení:

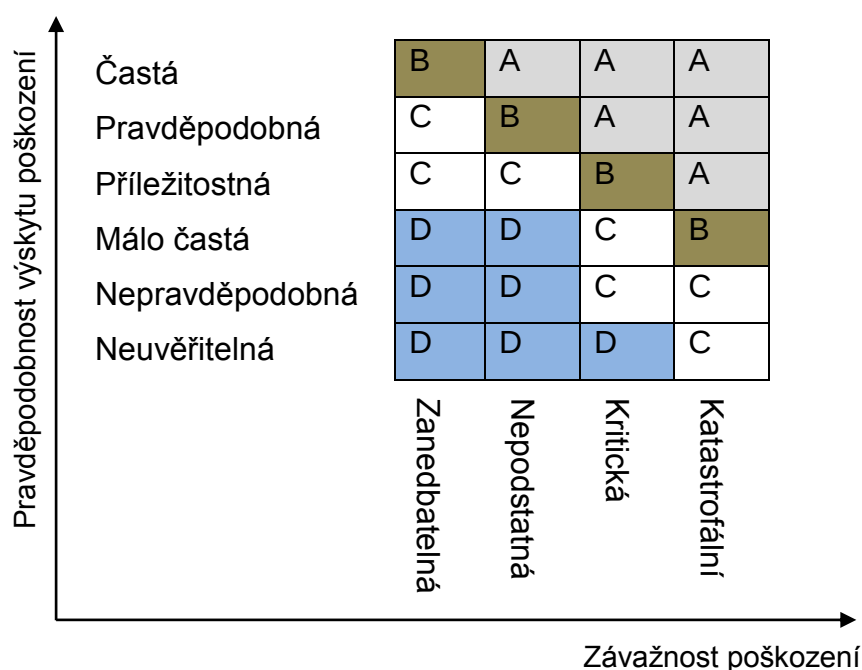
- Operátorská pracoviště
- Vizualizace
- Prostředky konfigurace a projektování

3.4 Bezpečnost a poruchy v automatizaci

3.4.1 Bezpečnost automatizovaného systému

Programovatelná elektronická zařízení a systémy jsou ve stále větší míře nasazovány v aplikacích, ve kterých může jejich porucha způsobit materiální škody, zranění nebo ztráty na životech. A to ne pouze v zařízeních „tradičních“ rizikových oborů, jako jsou letectví, nukleární energetika, drážní zabezpečovací systémy, lékařské přístroje či náročné technologie, ale stále více i v „obyčejných“ zařízeních, jako jsou mikrovlnné trouby, automobily atd. Do řídicích systémů jsou alokovány bezpečnostní funkce (safety function),

kteřé zaručí, že se řízené zařízení/systém uvedou do bezpečného stavu nebo zůstanou v bezpečném stavu (fail-safe) při výskytu konkrétních nebezpečných událostí (těch, které jsou pokryty bezpečnostními funkcemi). Takto koncipovaný systém je nazýván systém se vztahem k bezpečnosti (safety-related system). Sám musí být navržen jako bezpečný. Pro programovatelné elektronické systémy se vztahem k bezpečnosti platí v ČR obecný (generický) standard ČSN EN 61508. Z něho jsou odvozeny standardy pro různé aplikační oblasti [10].



Obr. 3.6 Matice pro klasifikaci přípustnosti rizika [10]

Přípustnost rizika (tolerability) je typicky definována čtyřmi kvalitativními úrovněmi. Pro klasifikaci rizika podle tohoto atributu se používá matice, jejíž příklad je znázorněn (obr. 3.6). Písmena (A, B, C, D) vyjadřují třídu rizika [10]:

- třída A – nepřípustné riziko;
- třída B – nežádoucí riziko, přípustné pouze v případě, že snížení rizika je neproveditelné nebo v případě, že náklady jsou výrazně neúměrné dosaženému zlepšení;

- třída C – přípustné riziko v případě, že náklady na snížení rizika by přesáhly dosažené zlepšení;
- třída D – zanedbatelné riziko.

3.4.2 Chyby, vady a poruchy v automatizaci

Ke spolehlivosti se vztahují následující základní termíny [10]:

- chyba (error) - odchylka od stanoveného návrhu, která by mohla mít za následek nezamýšlené chování systému nebo poruchu;
- vada/poruchový stav (fault) – abnormální podmínka, která může vést k chybě nebo k poruše;
- porucha (failure) – ukončení schopnosti funkční jednotky plnit požadovanou funkci v důsledku chyby nebo vady.

Vady mohou být systematické nebo náhodné. V softwaru jsou vždy systematické vady. Software se používáním nepokazí, ale chyby jsou již ve specifikaci, návrhu nebo implementaci. Hardware může být realizován podle chybného návrhu, což vede k systematickým vadám, ale během činnosti se může projevit náhodná vada [10].

Právě vadám je věnována velká pozornost při vývoji spolehlivých systémů s vysokou úprovní integrity. Jsou vypracovány techniky pro [10]:

- předcházení vadám (fault avoidance) – zabránění zanesení chyb do systému během jeho návrhu,
- detekci vad (fault detection) – detekce vad během činnosti systému a minimalizace jejich efektu,
- toleranci k vadám (fault tolerance) – schopnost systému poskytovat službu tak, jak bylo specifikováno, i za přítomnosti vad.

4 PRŮMYSLOVÉ ROBOTY A MANIPULÁTORY

4.1 Úvod PRaM

4.1.1 Průmyslové roboty

Průmyslové roboty jsou automatické stroje obsahující manipulátor se dvěma a více pohybovými osami a programovatelný řídicí systém na uskutečňování pohybových a řídicích funkcí ve výrobním procesu, které nahrazují analogické funkce člověka při přemísťování předmětů a technologického příslušenství [15].

Vlastnosti průmyslových robotů: [16]

- Manipulační schopnost: Pomocí jedné nebo několika manipulačních paží (ramen) lze uchopit předmět, přemístit jej, provádět různé montážní úkony a úpravu předmětů.
- Automatická činnost: Posloupnost úkonů je provedena automaticky podle předem zadaného programu bez dalšího zásahu člověka.
- Snadná změna programu: Program není pevný, ale je zadáván člověkem a je možné jej kdykoli bez obtíží změnit.
- Univerzálnost: Zařízení může sloužit k mnoha účelům, někdy dost rozmanitým.
- Zpětná vazba: Kromě běžných mechanických (dotykových), tlakových a elektromagnetických čidel se u složitějších systémů počítá i s vizuální zpětnou vazbou.
- Prostorová soustředěnost: Tato vlastnost není důležitá funkčně, ale může mít některé vedlejší výhody, např. možnost snadného transportu. Pro některé aplikace lze též požadovat, aby byl systém mobilní.

4.1.2 Historie průmyslové robotiky

Příběhy o umělých pomocnících a společnících mají dlouhou historii, ale první plně automatizovaný stroj se objevil až v 19. století. První patent týkající se robotiky podal George Devol roku 1954. Jeho společnost Unimation byla první, která vyrobila průmyslového robota [16].



Obr. 4.1 Průmyslový robot Unimate [16]

Tito roboti byli nasazeni do průmyslu v roce 1961. Jejich hlavním účelem bylo přenášení objektů z jednoho místa na druhé a do humanoidního tvaru měli daleko. Unimation měl minimum konkurence až do konce 70. let, kdy do robotiky vstoupilo několik velkých japonských konglomerátů. Japonsko neuznávalo americké patentové právo a japonské patenty Unimation neměl, proto mohli vyrábět podobné roboty. Japonsko vede průmyslovou robotiku dodnes a vede i ve výzkumu [16].

Dnešní komerční a průmyslové roboty jsou obecně rozšířené, vykonávají práci levněji, přesněji a spolehlivěji než člověk. Jsou také využívány v pracích, kde je nečistota, hrozí případné nebezpečí nebo v pracích, které nejsou obecně pro člověka vhodné. Roboty se široce využívají ve výrobě, montážích, transportech, vesmírném bádání, lékařství, vojenství, laboratořích a bezpečnosti [16].

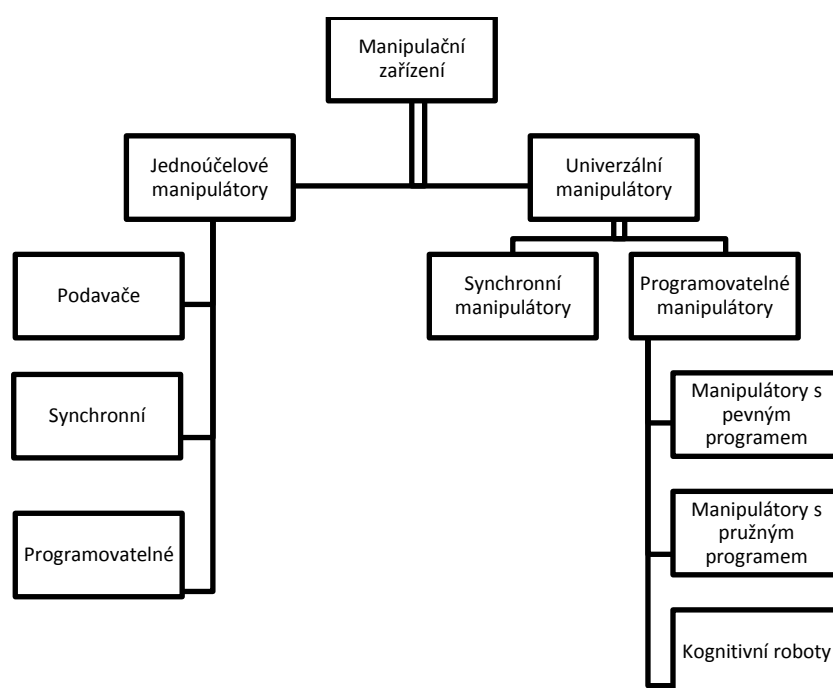
4.1.3 Manipulátory

Průmyslové manipulátory jsou dnes hojně využívány v mnoha odvětvích, kde slouží k jednoduché manipulaci s předměty. V dnešní době je lze aplikovat do většiny výrobních procesů. Pro pohyb svého těla využívají většinou 6 os ale i více. 7 osa může být např. použita pro přesun po koleji, kdy robot popojíždí vedle výrobku, synchronizován s dopravníkem a po vykonání úlohy se vrací zpět nebo pro sevření kleští při bodovém sváření [17].

Společnost KUKA Roboter GmbH je přední světový výrobce průmyslových robotů. V roce 1973 sestavila firma KUKA svého prvního

průmyslového robota známého jako FAMULUS. Byl to první robot na světě se šesti elektromechanicky řízenými osami. Do roku 2006 nainstalovala společnost KUKA Roboter GmbH společně s jejími dceřinými společnostmi cca. 80 000 robotů a pasovala se do role jednoho z vůdčích světových výrobců průmyslových robotů. Roboty firmy KUKA jsou nasazovány v nejrůznějších průmyslových odvětvích od kovů až po potraviny a plasty. Jejich různorodé využití zahrnuje obrábění, manipulaci, osazování strojů, paletizaci, bodové či obloukové svařování atd. [18].

4.2 Systémy PRaM



Obr. 4.2 Rozdělení manipulačních zařízení [19]

4.2.1 Funkční podsystémy PRaM [20]

- Vnímací podsystém:
 - Čidlo pro vnitřní informaci
 - Čidlo pro vnější informaci z pracovního prostředí
- Řídicí podsystém:
 - vytvoření programu
 - zapamatování programu

- reprodukci programu
- Akční podsystém:
 - pojezdové ústrojí – slouží k přesouvání PRaM mezi jednotlivými pracovišti v případě, že je činný na několika pracovištích, která nelze zahrnout do jednoho pracovního prostoru vymezeného zdvihy polohovacího ústrojí
 - polohovací ústrojí – slouží k přemísťování objektů, jejich polohování v rovině nebo v prostoru
 - orientační ústrojí – zachovává nebo podle požadavku mění orientaci manipulovaného objektu vůči pracovnímu prostředí
 - výstupní hlavice – jsou ústrojí, ve kterých je držen manipulovaný objekt

4.2.2 Charakteristické parametry PRaM [20]

- Manipulační možnosti:
 - počet stupňů volnosti
 - druh dílčích pohybů
 - souřadnicový systém
 - dráhy přímočarých pohybů a úhly natočení
 - velikost pracovního prostoru (objem, plocha)
 - přesnost polohování výstupní hlavice
 - rychlost pohybů
- Maximální zatížení výstupní hlavice:
 - velikost vnější síly (u technologických hlavic)
 - velikost úchopné síly (u úchopných hlavic)
 - hmotnost objektu
- Druh pohonu:
 - hlavní pohyby
 - vyvození úchopné síly
- Řídicí systém:
 - způsob řízení polohy výstupní hlavice (bodové, pravouhlé, souvislé)
 - odměřovací systém

- způsob řízení sledu úkonů pracovního cyklu
- Hmotnost
- Příkon při maximálním zatížení
- Prostorové uspořádání, vnější rozměry
- Cena

4.2.3 Manipulační možnosti

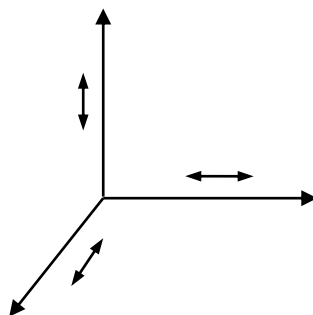
Pohybové schopnosti manipulátoru charakterizuje počet stupňů volnosti, které jsou dány počtem kinematických dvojic, ze kterých se mechanismus manipulátoru skládá. Manipulační schopnost roste s jejich rostoucím počtem a závisí na druhu těchto dvojic a jejich vzájemné konfiguraci [19].

Průmyslové roboty a manipulátory jsou řízeny souřadnicovým systémem, který dělíme [19]:

- Souřadnicový systém prostředí → souřadnice udávají polohu výstupní hlavice
- Souřadnicový systém výstupní hlavice → v souřadnicích je vyjádřena změna orientace manipulovaného předmětu
- Souřadnicový systém manipulačního ústrojí → výstupní hlavice je opatřena manipulačním ústrojím nebo nástrojem k vykonávání příslušné technologické operace

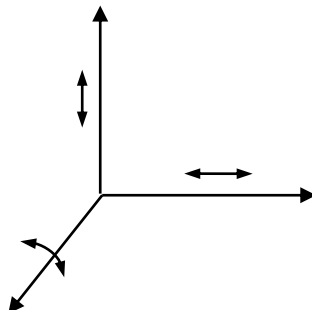
Základní typy souřadnicových systémů používaných u robotů a manipulátorů [19]:

- Pravoúhlý (kartézský) systém → souřadné osy jsou na sebe kolmé a poloha bodu je dána souřadnicemi x, y, z . Označujeme TTT.



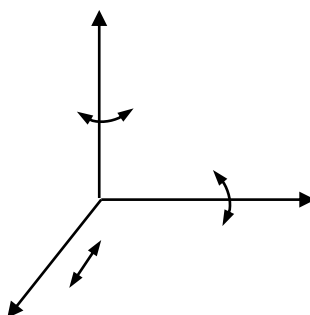
Obr. 4.3 Pravoúhlý souřadnicový systém

- Válcový (cylindrický) systém $\rightarrow$ poloha bodu je dána souřadnicemi R , φ_z , z . Souřadnice R a φ_z jsou souřadnicemi polárními. Označujeme RTT.



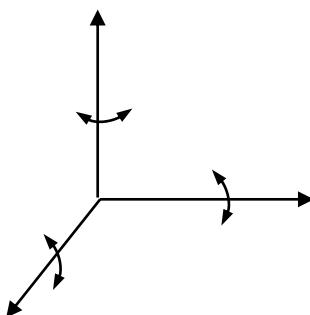
Obr. 4.4 Válcový souřadnicový systém

- Sférický (kulový) systém $\rightarrow$ poloha bodu je dána souřadnicemi R , φ_z , φ_y . Označujeme RRT.



Obr. 4.5 Sférický souřadnicový systém

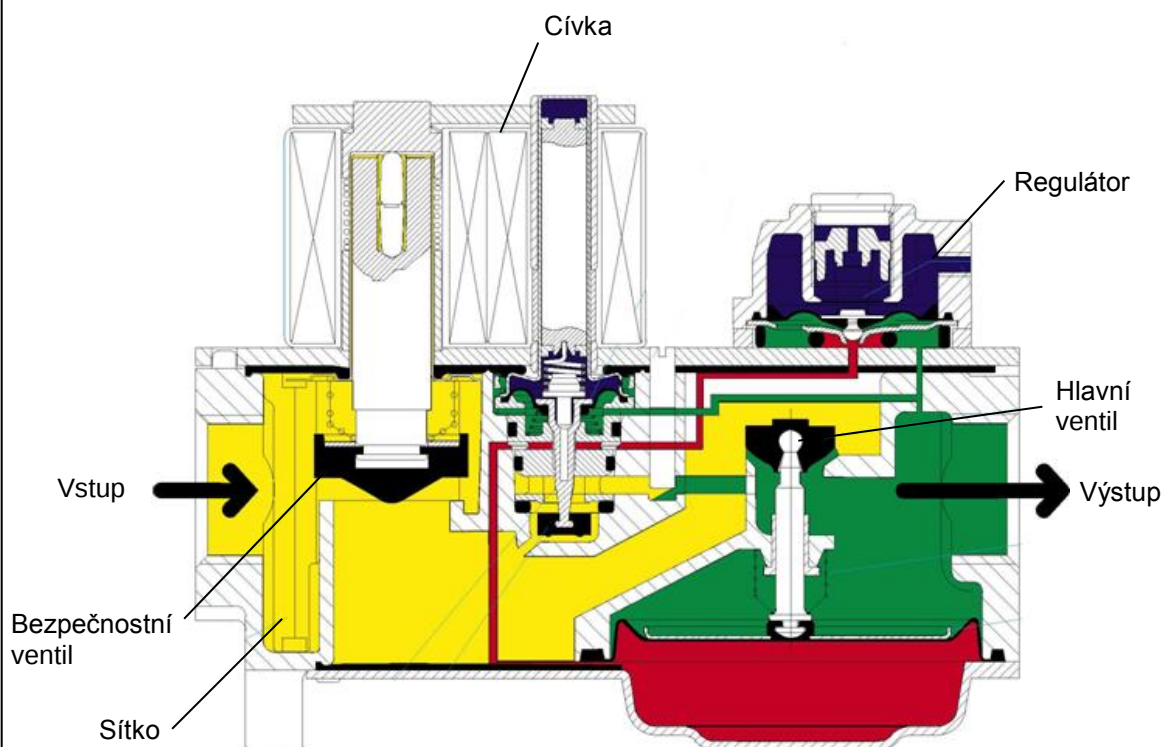
- Oblounový systém $\rightarrow$ pohyby jsou odvozené od trojnásobné rotace. Označujeme RRR.



Obr. 4.6 Oblounový souřadnicový systém

5 PLYNOVÉ VENTILY VYRÁBĚNÉ NA AUTOLINCE 2

Plynové ventily vyráběné na automatické lince 2 lze rozčlenit do třech základních skupin. G typy mají klasickou konstrukci s předním vstupem a zadním výstupem, V typy mají oproti G typům boční výstup a VE typy se liší konstrukcí těla. Dále se jednotlivé typy odlišují druhem cívky, regulátoru, tvarem přírub, typem těla a možnostmi regulace plynu.

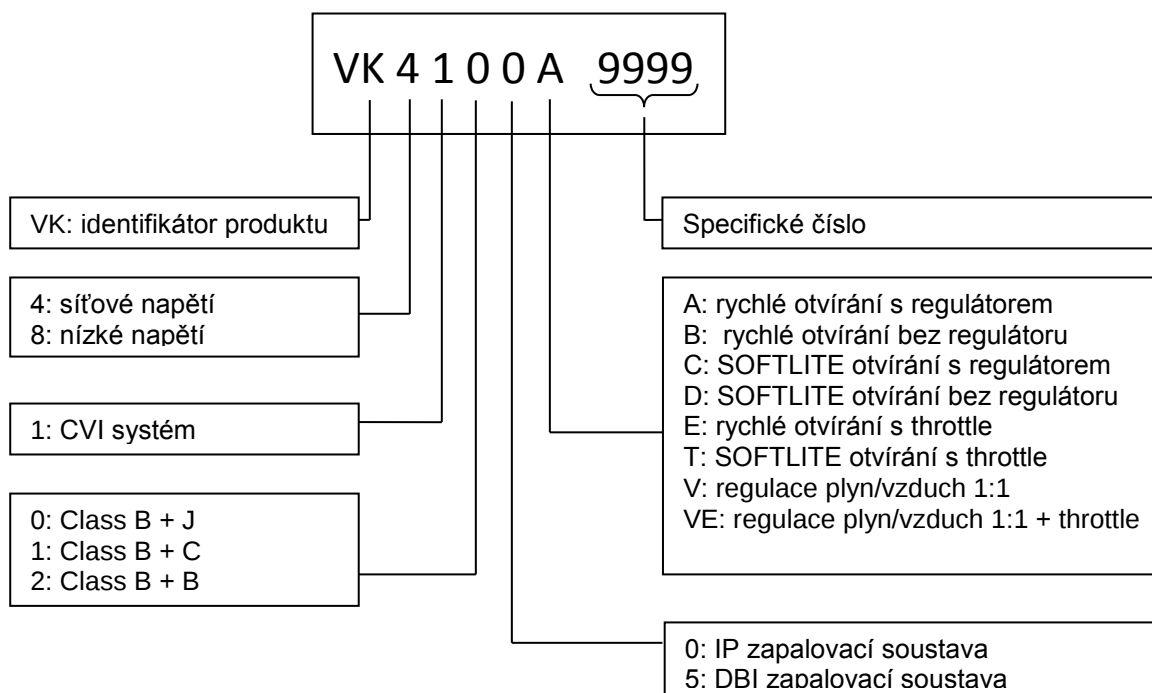


Obr. 5.1 Průřez ventilem [2]

Aby byla montáž na automatické lince co nejefektivnější, probíhá předmontáž jednotlivých podsestav na jiných pracovištích. Hotové podsestavy jsou pak dopravovány do zásobovacího místa linky.

Před použitím těla ventilu probíhá vizuální kontrola, kde mohou být odhaleny chyby odlévání a strojního opracování. Poté daný kus projde Machem 16, kde jsou nalisovány do těla jednotlivé komponenty a nalepen výrobní štítek. Jako další následuje ruční pracoviště, kde je tělo osazeno těsněním, kryty, cívkou, regulátorem, vizuálně zkontrolováno a umístěno na vozík v automatické lince. V lince projde ventil leak testem, performance testem, kalibračním testem, kontrolou sítka, označením šroubů a nalepením

prachovek. Pokud jsou splněny všechny testy, odchází ventil na balení a poté do savkového zakladače.



Obr. 5.2 Rozdělení plynových ventilů



Obr. 5.2 Pohled na automatickou linku 2

5.1 VK4115G 1002

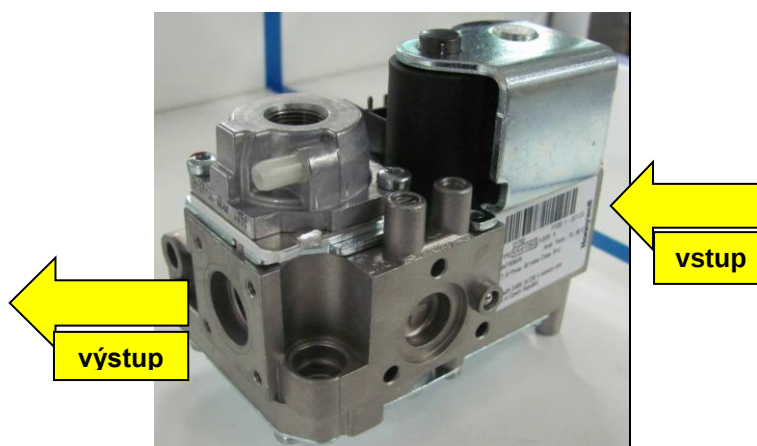


Obr. 5.4 VK4115G 1002

Tab. 5.1 Ventil VK4115G 1002

Vstup:	bez závitů
Výstup:	závit 3/4"
Tlak:	60 mbar
Rozsah teplot:	-15 – 60 °C
Kapacita:	2,6 m³/h

5.2 VK4105G 1005



Obr. 5.5 VK4105G 100

Tab. 5.2 Ventil VK4105G 100

Vstup:	bez závitů
Výstup:	bez závitů
Tlak:	60 mbar
Rozsah teplot:	-15 – 60 °C
Kapacita:	2,5 m³/h

5.3 VK4105G 1146



Obr. 5.6 VK4105G 1146

Tab. 5.3 Ventil VK4105G 1146

Vstup:	závit 3/4"
Výstup:	závit 3/4"
Tlak:	60 mbar
Rozsah teplot:	-15 – 60 °C
Kapacita:	2,6 m³/h

5.4 VK4105G 1153



Obr. 5.7 VK4105G 1153

Tab. 5.4 VK4105G 1153

Vstup:	závit 1/2"
Výstup:	bez závitu
Tlak:	60 mbar
Rozsah teplot:	-15 – 60 °C
Kapacita:	2,7 m³/h

5.5 VK4105G 1161

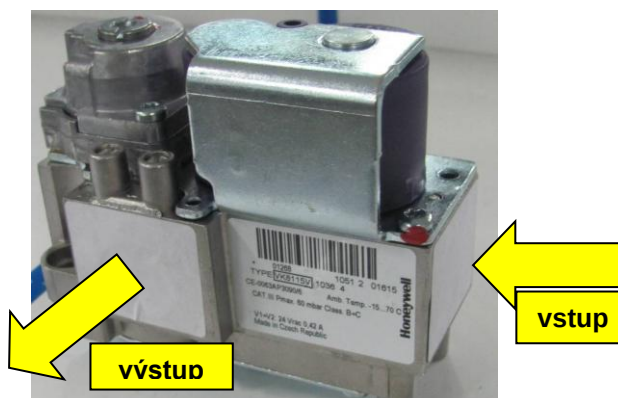


Obr. 5.8 VK4105G 1161

Tab. 5.5 VK4105G 1161

Vstup:	závit 3/4"
Výstup:	závit 3/4"
Tlak:	60 mbar
Rozsah teplot:	-15 – 60 °C
Kapacita:	2,6 m³/h

5.6 VK8115V 1036

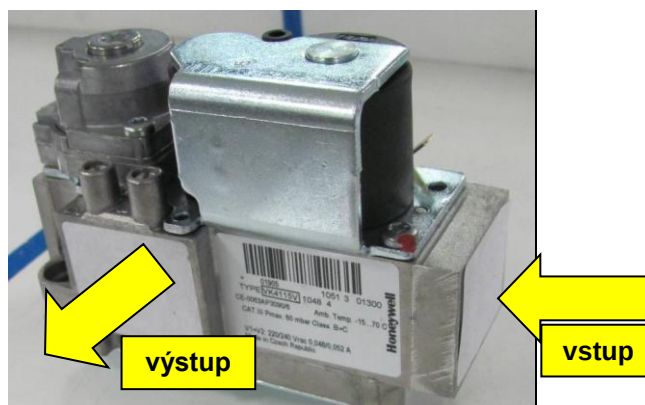


Obr. 5.9 VK8115V 1036

Tab. 5.6 VK8115V 1036

Vstup:	bez závitů
Výstup:	boční výstup
Tlak:	60 mbar
Rozsah teplot:	-15 – 70 °C
Kapacita:	3,2 m³/h

5.7 VK4115V 1048



Obr. 5.10 VK4115V 1048

Tab. 5.7 VK4115V 1048

Vstup:	bez závitů
Výstup:	boční výstup
Tlak:	60 mbar
Rozsah teplot:	-15 – 70 °C
Kapacita:	3,2 m³/h

5.8 VK4115V 1352



Obr. 5.11 VK4115V 1352

Tab. 5.8 VK4115V 1352

Vstup:	závit 1/2"
Výstup:	závit 1/2"
Tlak:	60 mbar
Rozsah teplot:	-15 – 70 °C
Kapacita:	3,1 m³/h

5.9 VK4115VE 1054



Obr. 5.12 VK4115VE 1054

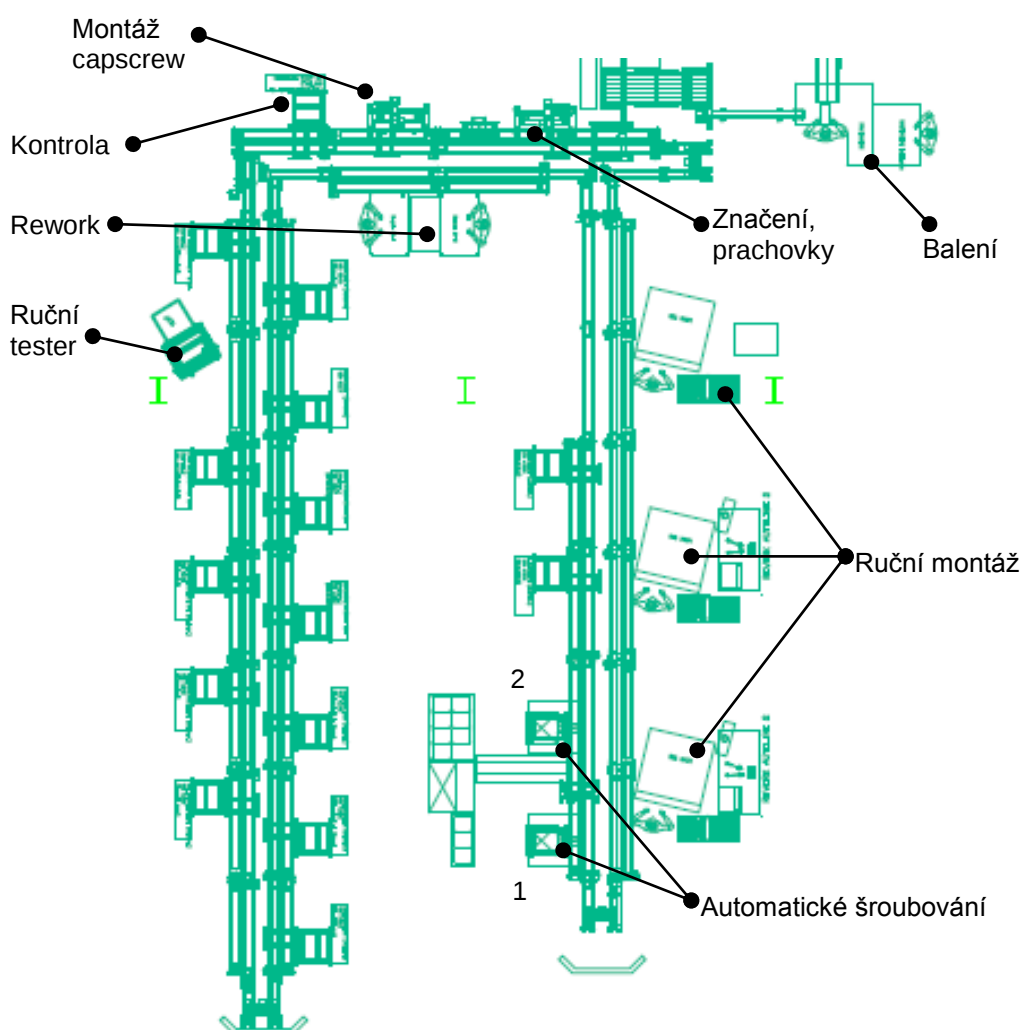
Tab. 5.9 VK4115VE 1054

Vstup:	závit 1/2"
Výstup:	závit 1/2"
Tlak:	60 mbar
Rozsah teplot:	-15 – 70 °C
Kapacita:	3,1 m ³ /h

6 AUTOMATICKÁ LINKA NA VÝROBU VENTILŮ

6.1 Rozložení automatické linky

Dle výkresu je linka uspořádána do tvaru U, tak aby splňovala přísná kritéria na snížení počtu pracovníků, výrobní plochy, energií, oběžných prostředků, rozpracované výroby, zkrácení výrobních časů a nákladů.



Obr. 6.1 Automatická linka 2

Výroba ventilů začíná na pracovištích ruční montáže, kde se namontují jednotlivé komponenty do těla ventilu a hotový kus se odloží na vozík. Čtečka sejme kód z ventilu a nahraje informace o typu do vozíku. Tělo poté pokračuje do automatického šroubováku 1 a 2, kde se našroubují chybějící šrouby. Dále každý kus projde testy na únik (leak test), výkon (performance test)

a kalibračním testem. Pokud jsou naměřené hodnoty na všech testrech v pořádku, tak ventil projde kontrolou sítka a montáží capscrew. Posledním krokem je stanice dustseal, kde jsou označeny určené šrouby pečetní barvou a dle typu jsou popřípadě nalepeny prachovky. V případě chyby v montáži nebo vadě komponenty odhalené na testech pokračuje ventil na pracoviště reworku, kde je tato závada odstraněna a kus vrácen do linky nebo demontován.

6.2 Předmontáž

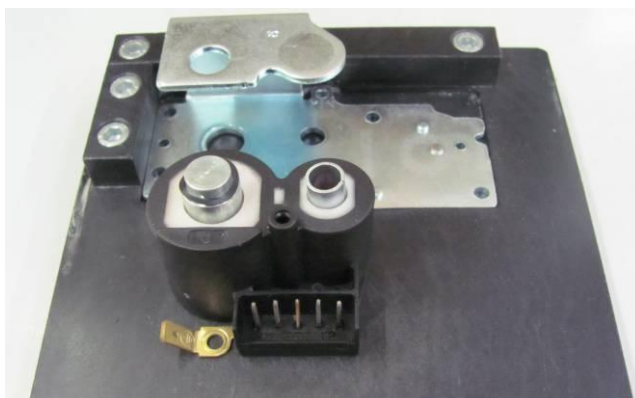
6.2.1 Předmontáž Coil plate

Pro urychlení a zjednodušení montáže ventilů na automatické lince jsou sestavy Coil plate vyráběny na vlastním pracovišti a poté dopravovány do kanbanu automatické linky. Na pracovišti ruční montáže se tato sestava montuje jako celek na tělo ventilu. Zjednodušeně se Coil plate skládá z desky, cívky s kontakty a pružin. Dle typu ventilu se Coil plate může lišit typem cívky nebo desky.



Obr. 6.2 Coil plate

Montáž spočívá v umístění desky do přípravku, vložení cívky se zemnicím kontaktem a vymezujících podložek. Po dokonalém usazení cívky je montáž sestavy hotová.



Obr. 6.3 Montáž Coil plate v přípravku

6.2.2 Předmontáž regulátorů

Další sestava vyráběná na samostatném pracovišti je regulátor, který se dle typu ventilu montuje na horní desku s cívkou.



Obr. 6.4 Sestava regulátoru před lisováním

Tělo regulátoru projde nejprve kontrolou a odsáním nečistot. Dále se dle typu vloží těsnění, které je zajištěno kroužkem a v posledním kroku je celá sestava zalisována na stroji.



Obr. 6.5 Regulátory

6.2.3 Mach 16

Mach16 je zcela automatizované pracoviště vybaveno vibračními zásobníky s komponentami pro předmontáž těl ventilů. Tyto komponenty

se v 16 krocích namontují nebo zalisují do těla ventilu. Proces začíná nalepením štítku, pokračuje montáží kroužku, těsnění, krytky, sítka a končí vložením mainvalve. Poté je tělo ventilu přemístěno na pracoviště ruční montáže.



Obr. 6.6 Mach 16

6.2.4 Montáž příruby na výstup ventilu

Předmontáž příruby na výstup ventilu je určena pro typy ventilů VK4115 a VE1054. Operátor umístí tělo do přípravku a zmáčkne dvě zelená tlačítka pro upevnění. Spuštění přípravku pomocí dvou tlačítek je zde z důvodu bezpečnosti, aby operátor nepřišel k úrazu rukou při upevňování těla.



Obr. 6.7 Montáž příruby

V dalším kroku vloží na tělo přírubu, kterou poté přišroubuje pomocí inteligentního šroubováku v daném pořadí dle instrukce. Pokud inteligent nahlásí chybu šroubování, provede se operace znovu. Až po správném zašroubování všech čtyřech šroubů umožní přípravek vyjmout tělo

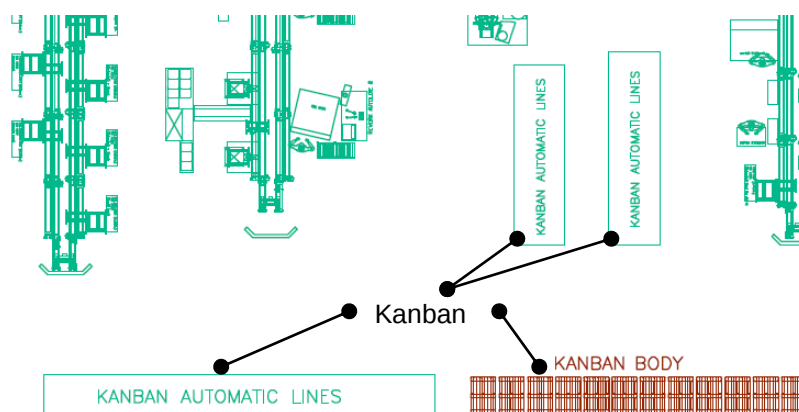
z pracovního prostoru. Poté tělo s přírubou pokračuje na předmontážní jednotku, kde probíhá ruční montáž. V následující tabulce (Tab. 6.1) jsou uvedeny jednotlivé časy montážních operací příruby [s].

Tab. 6.1 Měření montáže příruby na VK4115 a VE1054

Operace \ č. měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vložení do stroje	3,2	4,5	2,3	2,6	2,4	1,7	2,9	2,2	2,4	2,5
Stisknutí tlačítka	2,2	1,3	1,5	1,5	1,2	1,1	2,1	2,1	1,2	0,8
Nasazení šroubu 1	3,2	2,8	2,7	3,0	2,8	4,0	4,7	2,5	3,8	3,1
Šroubování šroubu 1	3,7	3,5	3,6	4,1	3,2	3,1	3,8	3,2	2,8	4,4
Nasazení šroubu 2	2,1	2,7	1,8	2,3	2,8	2,0	1,7	1,9	1,5	1,4
Šroubování šroubu 2	3,6	2,5	3,3	2,9	4,0	3,3	2,9	4,1	3,9	3,6
Nasazení šroubu 3	1,5	2,6	3,3	1,0	1,4	1,3	3,6	1,2	1,3	3,6
Šroubování šroubu 3	4,3	3,2	4,3	3,1	3,3	6,0	4,2	4,3	3,3	3,6
Nasazení šroubu 4	1,3	2,2	1,7	1,0	1,8	1,4	1,0	1,1	1,3	1,3
Šroubování šroubu 4	3,8	3,0	3,2	5,1	3,2	3,5	3,6	4,1	4,8	4,1
Vyndání + odložení	3,2	4,2	4,0	3,1	3,5	4,2	3,7	3,5	3,4	3,3
SUMA [s]	32,0	32,6	31,5	29,6	29,7	31,3	34,1	30,1	29,6	31,8

6.3 Mezisklad a zásobování jednotlivých komponent

Kanban pro automatickou linku se skládá ze dvou částí. První část jsou jednotlivé komponenty a sestavy, které jsou umístěny v přepravech a dle požadavků zásobovány na linku. Po odebrání každé přepravy s komponentou na pracoviště je její karta umístěna na sběrné místo a v pravidelných intervalech opět dovezena a doplněna do meziskladu. V druhé části kanbanu jsou umístěny palety s těly ventilů, které jsou dle vyráběného typu převáženy na autolinku a poté opět doplňovány ze skladu.



Obr. 6.8 Kanban

6.4 Ruční montáž

Ruční montáž všech druhů ventilů pro autolinku 2 probíhá na třech pracovištích, kde se předvyrobí hlavní část, kterou nelze udělat za pomoci strojů.

Operátor musí mít důkladně připraveny všechny komponenty dle kusovníku potřebné pro montáž daného typu. Nesmí se stát, aby došlo k záměně podobných komponent, tím by byl ventil znehodnocen. V prvním kroku se vloží tělo ventilu do přípravku a odsají se z něj nečistoty, které by mohly způsobit únik při testech nebo ucpání kanálků. Dále se položí membrána do drážek ventilu tak, aby dokonale dosedla a nemohly nastat nežádoucí úniky.



Obr. 6.9 Montáž ventilu na ručním pracovišti

Na tělo s membránou nasadíme spodní kryt (Bottom plate), který se přidrží a pomoci momentového šroubováku přichytí jedním šroubem. Přichycení musí proběhnout na určené pozici dle pracovní instrukce. Dalších pět chybějících šroubů zašroubuje automat při průjezdu linkou. V dalším kroku operátor otočí tělo v přípravku a pokračuje v montáži komponent z druhé strany. Po umístění všech komponent se vloží těsnění, které musí dokonale sedět a nevyčnívat z těla ven. Na těsnění se umístí předvyrobený Coil plate (viz 6.2.1) a regulátor (viz 6.2.2), pokud jej daný typ obsahuje. Na závěr operátor ventil orazítkuje osobním číslem a vloží na vozík, do kterého se nahrají informace o typu. Tělo ventilu musí být v držákách vozíku dokonale usazené, aby při pohybu a manipulaci po lince nevypadlo.



Obr. 6.10 Ruční pracoviště

6.5 Roboty a manipulátory využití na autolince

Roboty a manipulátory využití na automatické lince slouží pro zrychlení a zjednodušení pracovních úkonů, ke snížení chyb při montáži a především pro ušetření finančních nákladů.



Obr. 6.11 Vibrační zásobník (automatické šroubování)

6.5.1 Automatické šroubováky

Pracoviště automatického šroubování se skládá ze dvou stanovišť, mezi kterými je automatický obraceč ventilů. Dále jsou zde dva vibrační zásobníky se šrouby a ovládací panel. Po příjezdu vozíku s ventilem na první stanoviště proběhne zašroubování chybějících šroubů na spodní straně ventilu. Dále následuje přetočení ventilu na opačnou stranu a zpětné uložení na vozík pomocí automatického ramene. V posledním kroku šroubovák na pracovišti

dvě zašroubuje chybějící šrouby na horní straně ventilu. Šroubováky jsou nastaveny na určený dotahovací moment a předem určené pořadí šroubů.



Obr. 6.12 Automatický šroubovák

6.5.2 Kontrola šroubů a sítka

Stanice kontroly zajišťuje přezkoumání přítomnosti všech šroubů na spodní a horní straně ventilu, kdy je tělo ramenem přemístěno do přípravku, překontrolováno a opět vráceno na vozík. V dalším kroku kamera zjišťuje přítomnost sítka na vstupu ventilu. Pokud jsou podmínky obou pracovišť splněny, pokračuje ventil na stanici montáže krytky regulátoru. Při nahlášení chybějící komponenty odjíždí ventil na reworkovací pracoviště a je opraven.

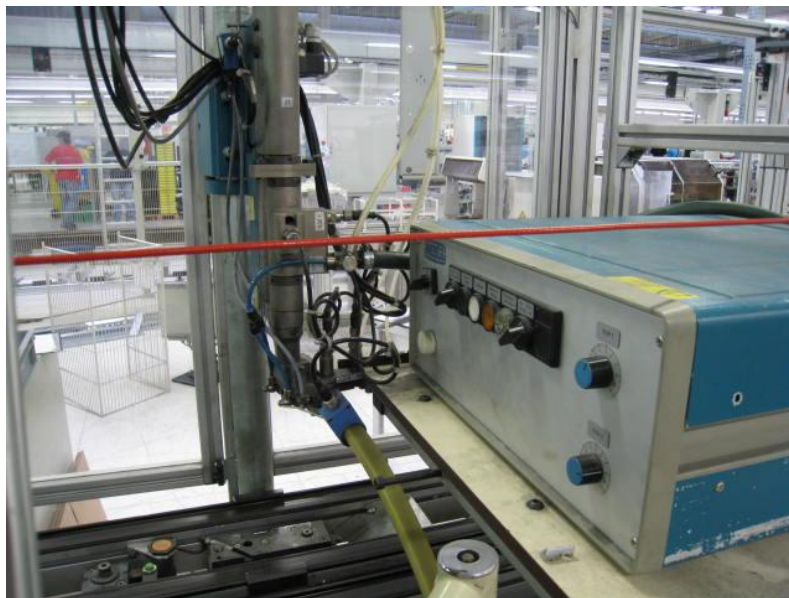


Obr. 6.13 Kontrola přítomnosti šroubů

6.5.3 Montáž Capscrew

Po projití ventilu testy na únik, výkon, kalibrací a kontrolou následuje stanice capscrew, kde se našroubuje krytka na regulátor. Poté už nelze

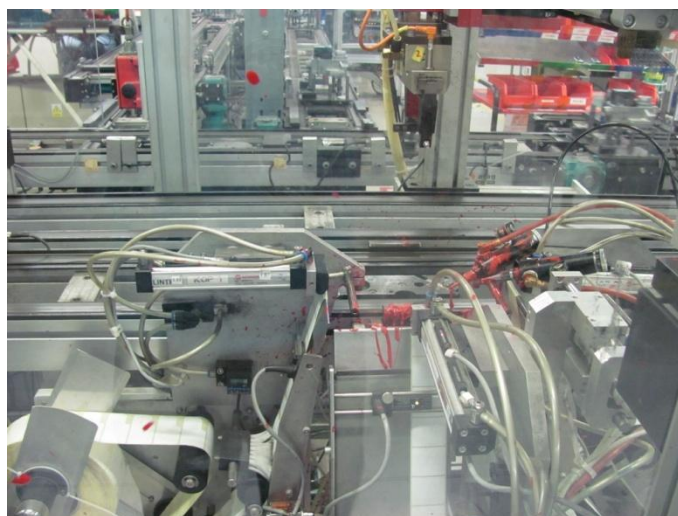
regulátor nastavovat. Stanice je opět vybavena vibračním zásobníkem s krytkami, které jsou po příjezdu vozíku automaticky zašroubovány na regulátor.



Obr. 6.14 Montáž krytky regulátoru

6.5.4 Dustseal pracoviště

Na posledním pracovišti linky jsou určené šrouby výrobku označeny pečetní barvou a dle typu nalepeny prachovky. Operátor musí kontrolovat hladinu pečetní barvy a množství prachovek, aby nedošlo k pozastavení stanice.



Obr. 6.15 Značení pečetní barvou

6.5.5 Savkový zakladač

Savkový zakladač slouží k třídění balíků na palety. Jednotlivé ventily jsou vloženy do plastových výlisků, které následně putují po pásu k zakladači, který načte čárový kód, uchopí je přísavkami a pomocí ramene umístí na určenou paletu. Nelze zadat, na které paletě bude který typ. Zakladač pro nový typ použije vždy první prázdnou paletu zleva. Pokud bude paleta plná, zapne se blikající maják a obsluha ji vymění za prázdnou paletu.



Obr. 6.16 Savkový zakladač

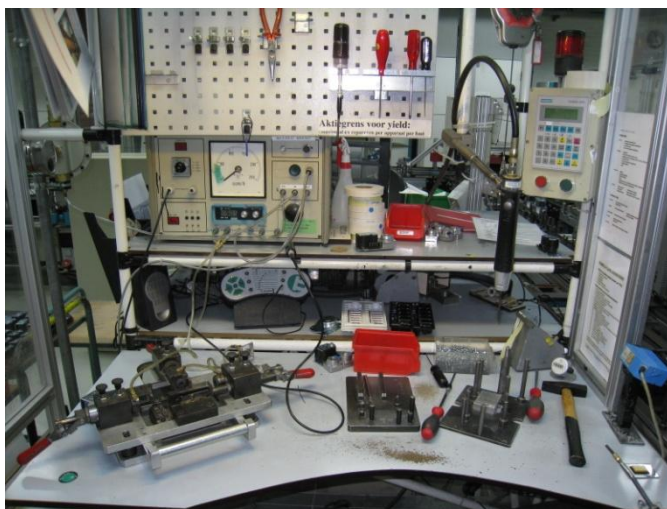
6.5.6 Testovací jednotky

Každý ventil musí projít testem na únik, výkon a kalibrační jednotkou, kdy po kladném splnění je označen razítkem testu. Po splnění těchto přednastavených testů, je ventil vyhodnocen jako OK kus a pokračuje na další stanoviště.

6.6 Rework

Součástí automatické linky jsou dvě reworkovací pracoviště. Tyto stanice nejsou vstupní částí linky, ale slouží k detekování vadných dílů ventilů, jejich oprav a odesílání výrobků zpět na přetestování linkou. Pokud ventil neprojde jednou ze stanic linky (leak, performance, kalibrace, capscrew, značení), tak je

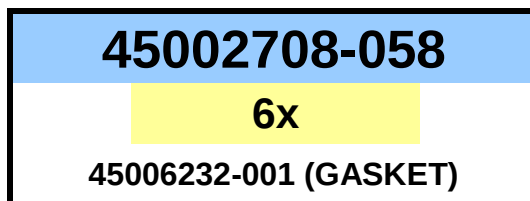
odeslán na opravu. Po příjezdu vadného kusu se operátorovi na panelu zobrazí číslo chyby, podle které vymění dané komponenty a odešle ventil na opětovné přetestování linkou. Pokud opravený ventil znovu neprojde testy, tak jej reworkář po příjezdu vyřazuje.



Obr. 6.17 Reworkovací pracoviště

6.7 Příbaly

Jednotliví odběratelé vyžadují ke svým objednávkám ventilů náhradní komponenty, které se přidávají v zataveném sáčku k ventilům před balením. Nejčastěji se skládají z náhradních těsnění, o-kroužků, šroubků, pružinek a umělohmotných krytek. Dle požadavků zákazníků se může příbal skládat i z více komponent, které jsou potřebné pro daný typ ventilů.



Obr. 6.18 Štítek příbalu

Před realizací projektu „Bag Assy“ se vytvářely příbaly dle kusovníků na každé lince samostatně. Tato činnost zaměstnávala několik operátorů

a vyskytovaly se zde reklamace kvůli špatnému počtu kusů komponent v příbalu.



Obr. 6.19 Komponenty příbalů

Z důvodu snížení počtu reklamací příbalů se vytvořilo samostatné pracoviště, kde probíhá balení náhradních komponent pro všechny linky. Toto stanoviště bylo vybaveno sáčkovacím zařízením, přesnou digitální váhou a regály. Po sjednocení příbalů byly polepeny regály a přepravky štítky, aby nedošlo k jejich záměně. Digitální váhu lze kalibrovat na konkrétní váženou komponentu a poté sama počítá jednotlivé kusy. Tím byla zamezena chybovost operátorů při ručním odpočítávání šroubků, těsnění a jiných součástí. Dalším vybavením tohoto pracoviště je sáčkovací zařízení, která po vhození daného počtu komponent a zadání čísla příbalu vytiskne čárový kód a zataví sáček s komponentami. Hotové příbaly jsou pak v přepravech rozváženy na linky dle potřeby.



Obr. 6.20 Pracoviště příbalů

6.8 Ověření systému

Zkušební kontrola testrů probíhá mezi pravidelnými kalibracemi pomocí „Dummy” ventilu. Tento ventil je obarven červeně, aby nemohl být zaměněn a dán zpět do výroby.



Obr. 6.21 Dummy ventil

Testují se všechny jednotky na Autolince 1 a Autolince 2. Testr musí odhalit, že Dummy kus je vadný a na displeji zobrazit hodnotu úniku, která nesmí mít významnou odchylku od nastavené hodnoty.

Tab. 6.2 Leak test - dummy

Autoline	Leak tester	OK/NOK	Únik [mbar]
1	WB 4318	NOK	81
1	WB 4305	mimo provoz	
1	WB 4306	NOK	75
1	WB 4363	NOK	84
1	WB 4324	NOK	76
2	WB 4362	NOK	93
2	WB 4328	NOK	86
2	WB 4344	NOK	92
2	WB 4327	NOK	82
2	WB 4337	NOK	79

Vadný kus neprošel ani jedním Leak testem a hodnota úniku neměla významnou odchylku od střední hodnoty.

7 STATISTICKÉ ZHODNOCENÍ LINKY

7.1 Zhodnocení výrobnosti automatické linky

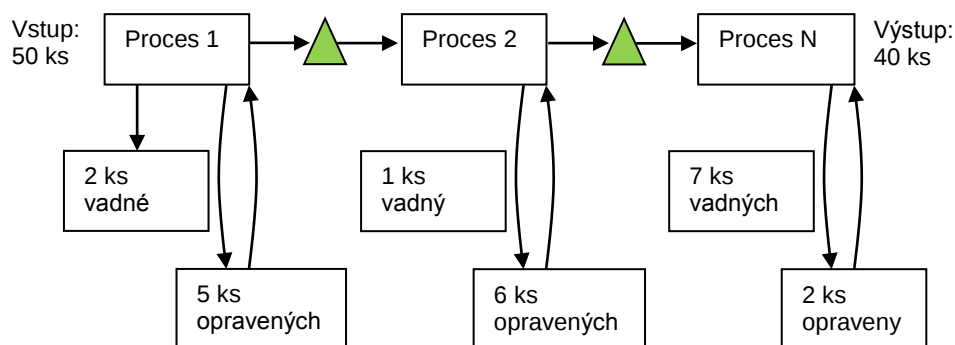
Zhodnocení výrobnosti linky proběhlo na základě dlouhodobého sběru dat, která byla zaznamenávána po směnách jako počet dobrých kusů, opravených kusů a vadných kusů. Každý den byl vyhodnocen yield linky metodou FPY - First pass yield

FPY = kvalita procesu (procento jednotek, které úspěšně projdou výrobním procesem napoprvé), kdy jsou kusy vycházející z procesu napoprvé vydělený počtem jednotek vstupujících do procesu. Pro přehlednost výkonnosti linky byly hodnoty FPY zaznamenány po týdnech (Tab. 7.1).

$$FPY(AL1,2) = \frac{(Dobré kusy - Opravené kusy)}{(Dobré kusy + Vadné kusy)} \cdot 100[\%] \quad (7.1)$$

Pro porovnání výkonnosti obou automatických linek byla použita metoda RTY (Rolled throughput yield), kdy se mezi sebou vynásobí výkonnost jednotlivých linek (Tab. 7.1).

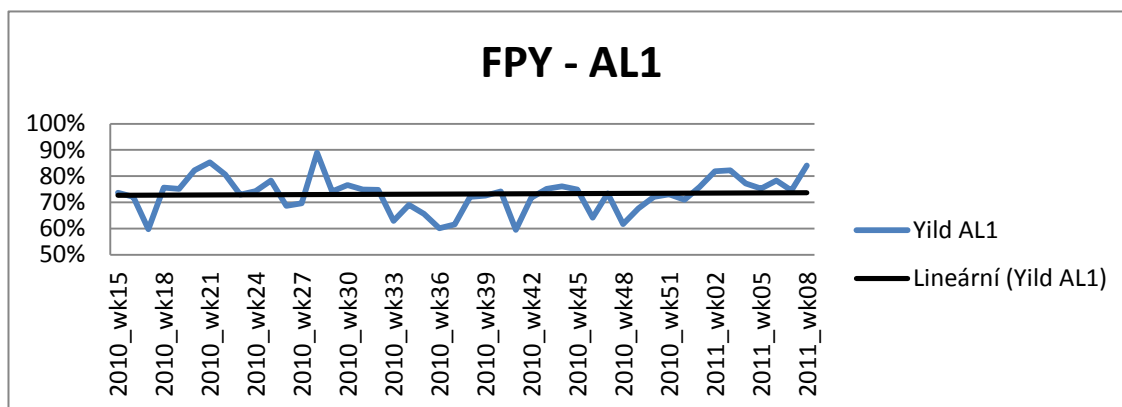
$$RTY AL1,2 = FPY AL1 \cdot FPY AL2 \cdot 100 \% \quad (7.2)$$



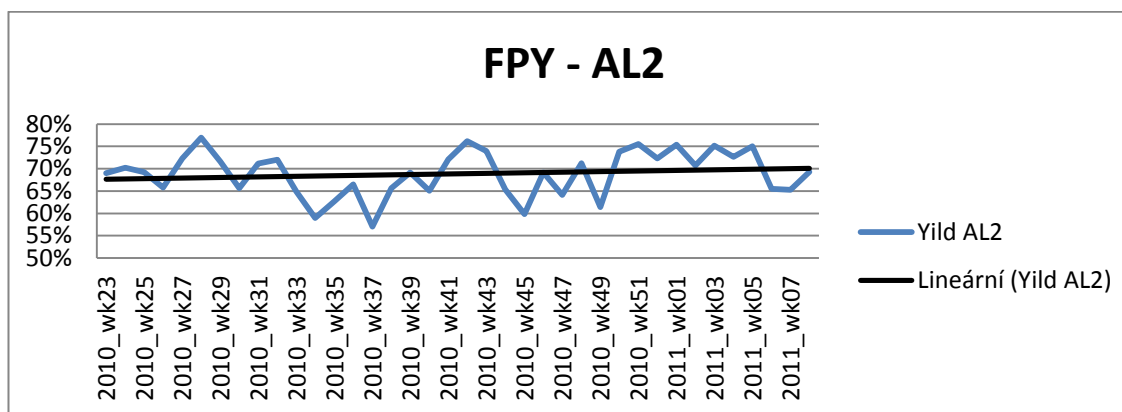
Obr. 7.1 Proces výrobnosti linky [21]

Tab. 7.1 Data výrobnosti AL1,2

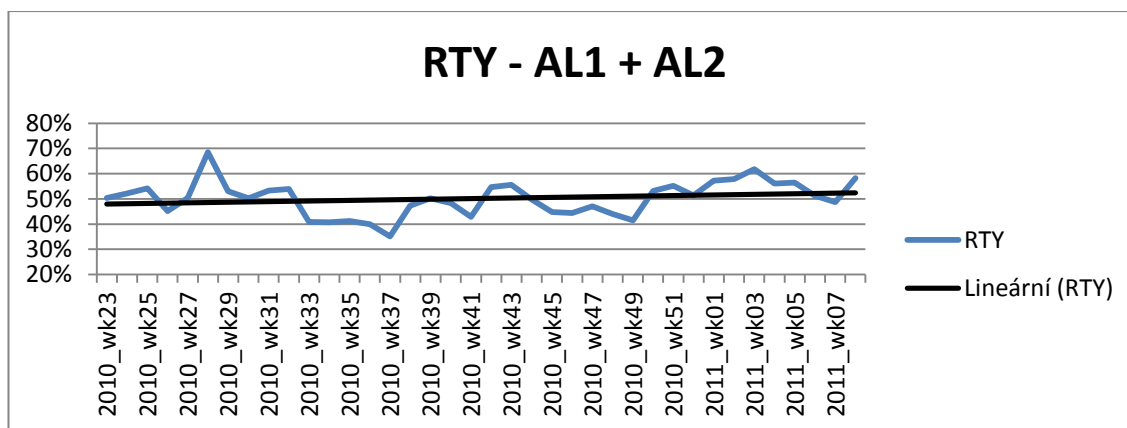
Týden (2010)	wk15	wk16	wk17	wk18	wk19	wk20	wk21	wk22	wk23	wk24	wk25	wk26	wk27
FPY AL 1	74%	72%	60%	76%	75%	82%	85%	81%	73%	74%	78%	69%	70%
FPY AL 2	x	x	x	x	x	x	x	x	69%	70%	69%	66%	72%
RTY	74%	72%	60%	76%	75%	82%	85%	81%	50%	52%	54%	45%	50%
Týden (2010)	wk28	wk29	wk30	wk31	wk32	wk33	wk34	wk35	wk36	wk37	wk38	wk39	wk40
FPY AL 1	89%	74%	77%	75%	75%	63%	69%	66%	60%	62%	72%	73%	74%
FPY AL 2	77%	72%	66%	71%	72%	65%	59%	63%	67%	57%	66%	69%	65%
RTY	69%	53%	50%	53%	54%	41%	41%	41%	40%	35%	47%	50%	48%
Týden (10/11)	wk41	wk42	wk43	wk44	wk45	wk46	wk47	wk48	wk49	wk50	wk51	wk52	wk01
FPY AL 1	59%	72%	75%	76%	75%	64%	73%	62%	68%	72%	73%	71%	76%
FPY AL 2	72%	76%	74%	65%	60%	69%	64%	71%	61%	74%	76%	72%	75%
RTY	43%	55%	56%	50%	45%	44%	47%	44%	42%	53%	55%	51%	57%
Týden (2011)	wk02	wk03	wk04	wk05	wk06	wk07	wk08						
FPY AL 1	82%	82%	77%	75%	78%	75%	84%						
FPY AL 2	71%	75%	73%	75%	66%	65%	69%						
RTY	58%	62%	56%	56%	51%	49%	58%						



Obr. 7.2 Graf – FPY Automatická linka 1



Obr. 7.3 Graf – FPY Automatická linka 2



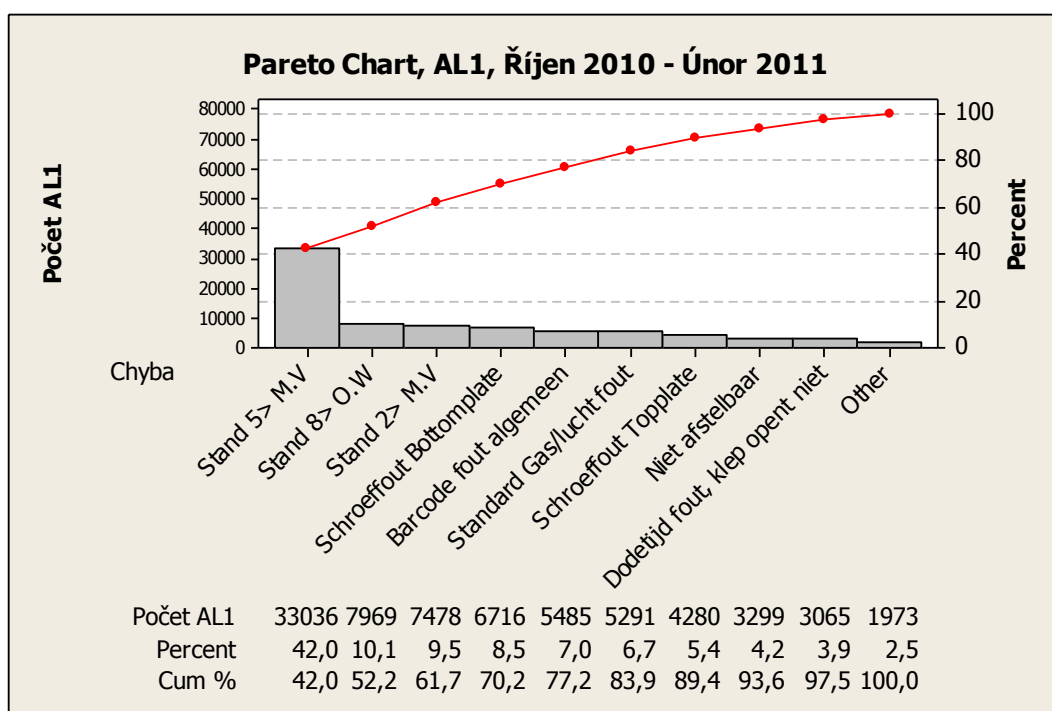
Obr. 7.4 Graf – RTY Automatická linka 1,2

Z grafů lze vyčíst, že výkonost linek stoupá díky zlepšování (optimalizaci) procesu a větším zkušenostem operátorů. Výkyvy v yieldu linky jsou nejčastěji způsobeny vadným materiálem, zaškolováním nových operátorů nebo vadami přístrojů (testerů) na lince. Zejména od začátku roku 2011 se proces stabilizoval a linky dosahují yieldu kolem 75% (obr. 7.2, 7.3).

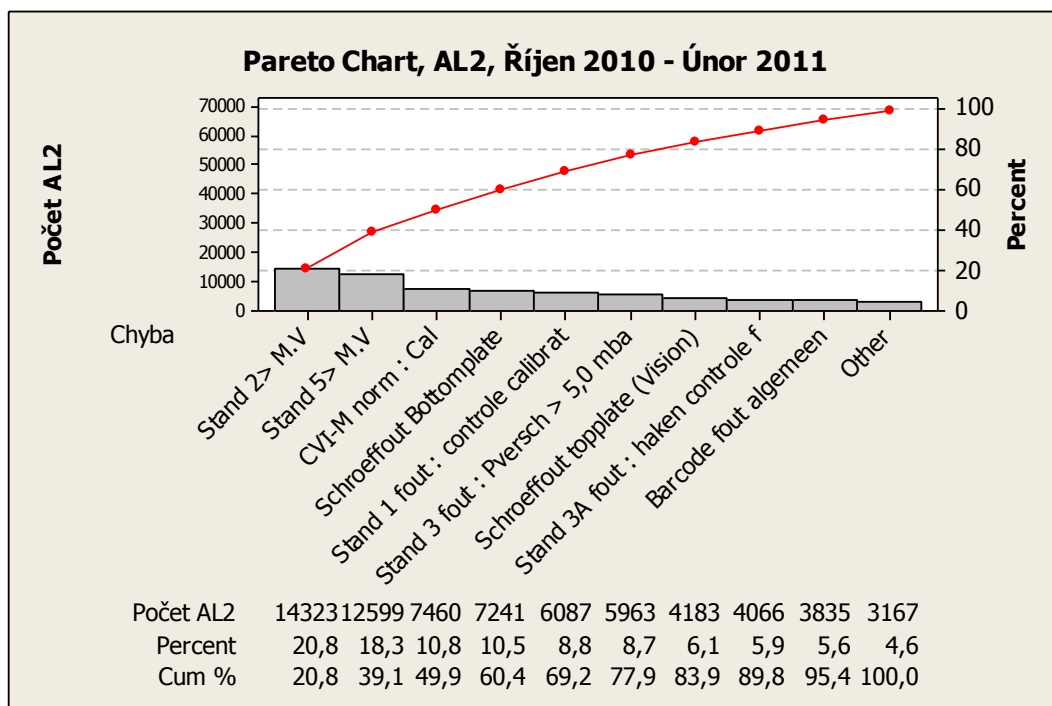
7.2 Vady ventilů na automatické lince

Jednotlivé vady ventilů na automatických linkách byly vyhodnoceny pomocí paretových diagramů, které ukazují v sloupcích počet chyb od nejpočetnějších po méně časté. Nejprve se data zaznamenávala do příslušných formulářů, které byly po každé směně sesbírány a denně vyhodnocovány. Tento sběr dat se ukázal jako neefektivní, nepřehledný a méně přesný, proto byl posléze nahrazen Yield PC. Tento počítač zaznamenává jednotlivé chyby, které je možné třídit podle typu ventilu, testru, data a směny.

Paretovy diagramy jsou typy sloupcových grafů. Kde vodorovná osa reprezentuje kategorie a výška sloupců může odpovídat počtu nebo podílu chyb (poruch). Uspořádání sloupců od největšího po nejmenší pomůže určit, které kategorie přinesou největší ztrátu a které k problému přispívají pouze nepatrně [22].



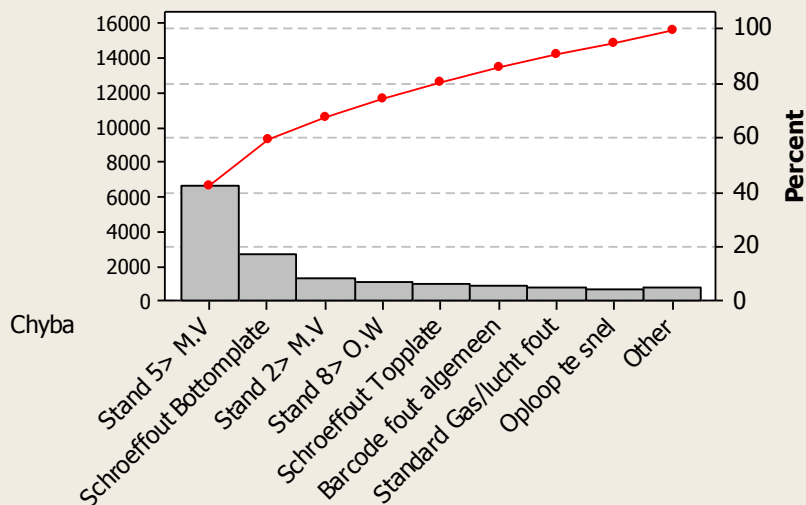
Obr. 7.5 Pareto z AL1, období říjen 2010 – Únor 2011



Obr. 7.6 Pareto z AL2, období říjen 2010 – Únor 2011

Počet - Prosinec 2010

Pareto Chart, AL1, Prosinec 2010

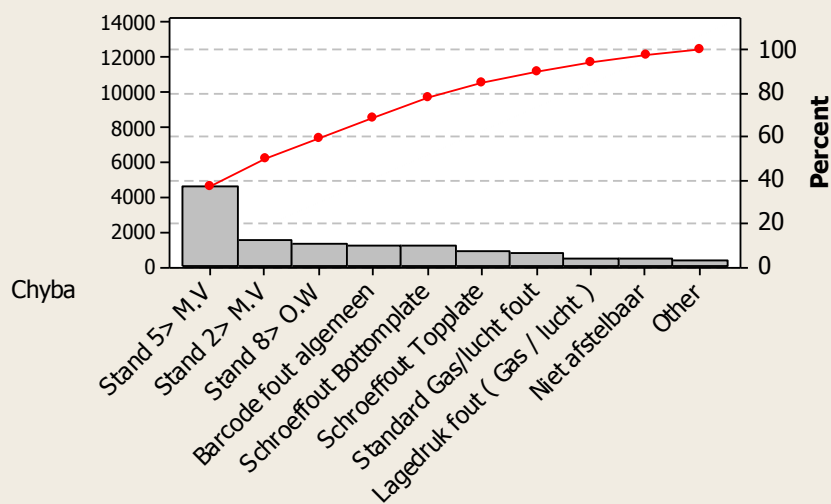


Počet - Prosinec 2010	6645	2653	1297	1038	1001	864	776	667	721
Percent	42,4	16,9	8,3	6,6	6,4	5,5	5,0	4,3	4,6
Cum %	42,4	59,4	67,6	74,3	80,7	86,2	91,1	95,4	100,0

Obr. 7.7 Pareto z AL1, období prosinec 2010

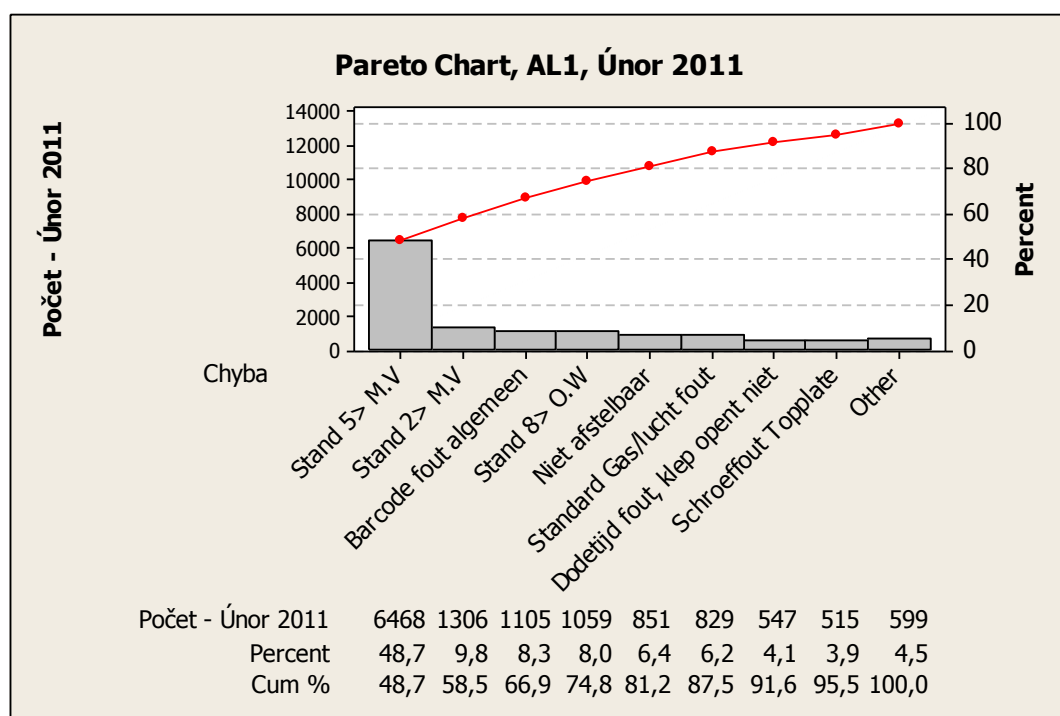
Počet - Leden 2011

Pareto Chart, AL1, Leden 2011

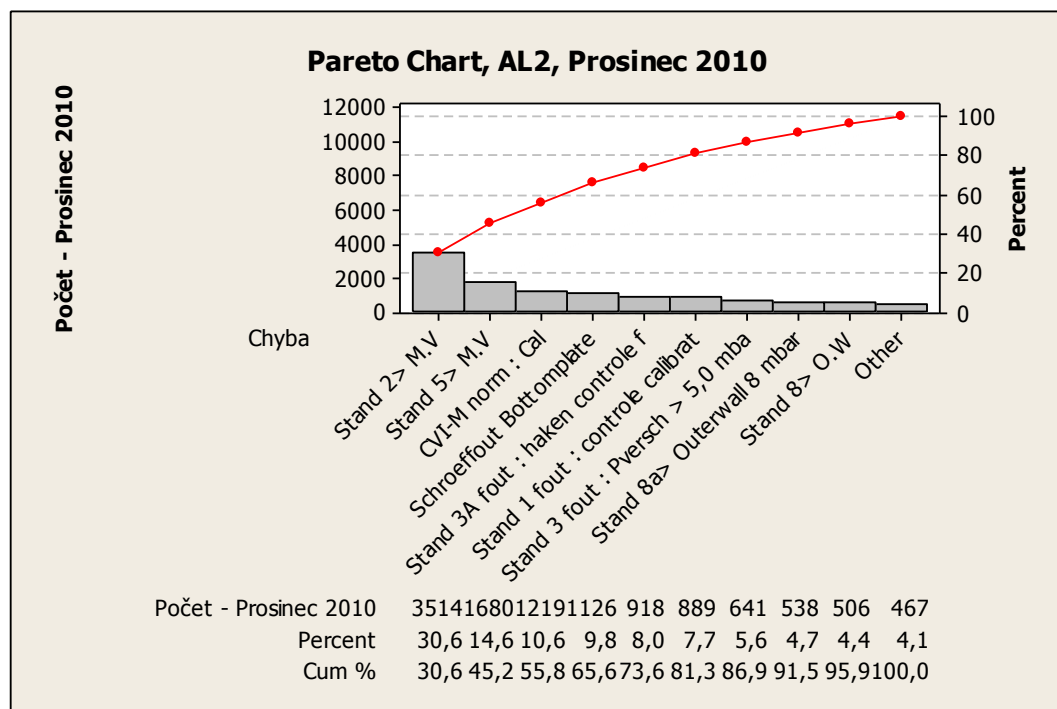


Počet - Leden 2011	4616	1499	1250	1140	1122	864	694	473	416	337
Percent	37,2	12,1	10,1	9,2	9,0	7,0	5,6	3,8	3,4	2,7
Cum %	37,2	49,3	59,3	68,5	77,6	84,5	90,1	93,9	97,3	100,0

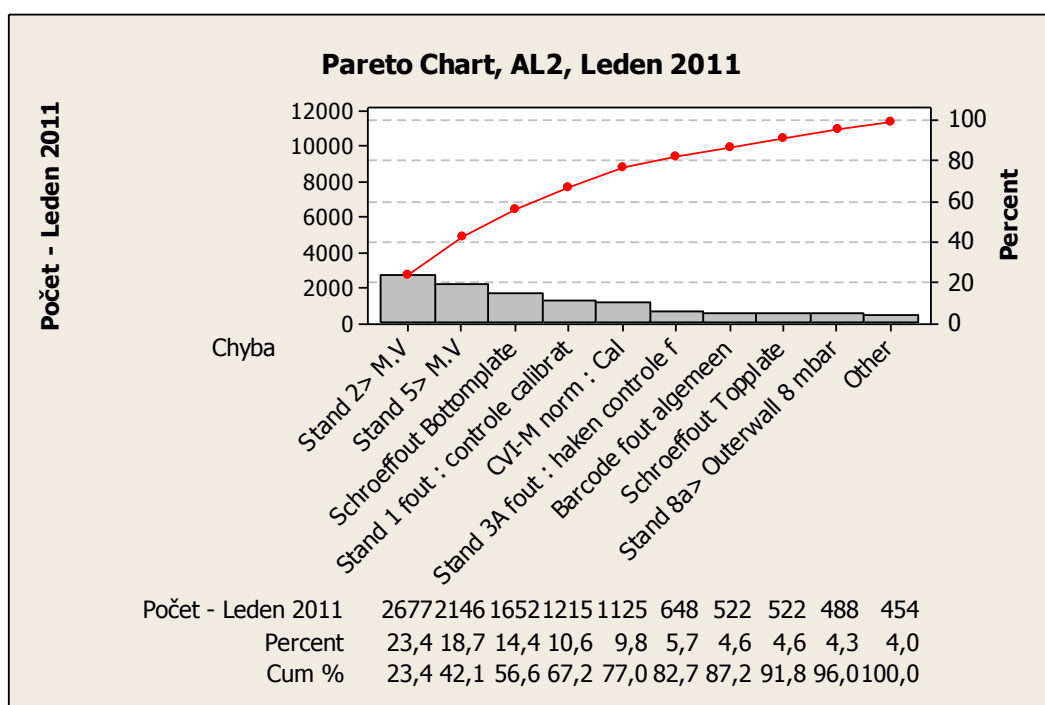
Obr. 7.8 Pareto z AL1, období leden 2011



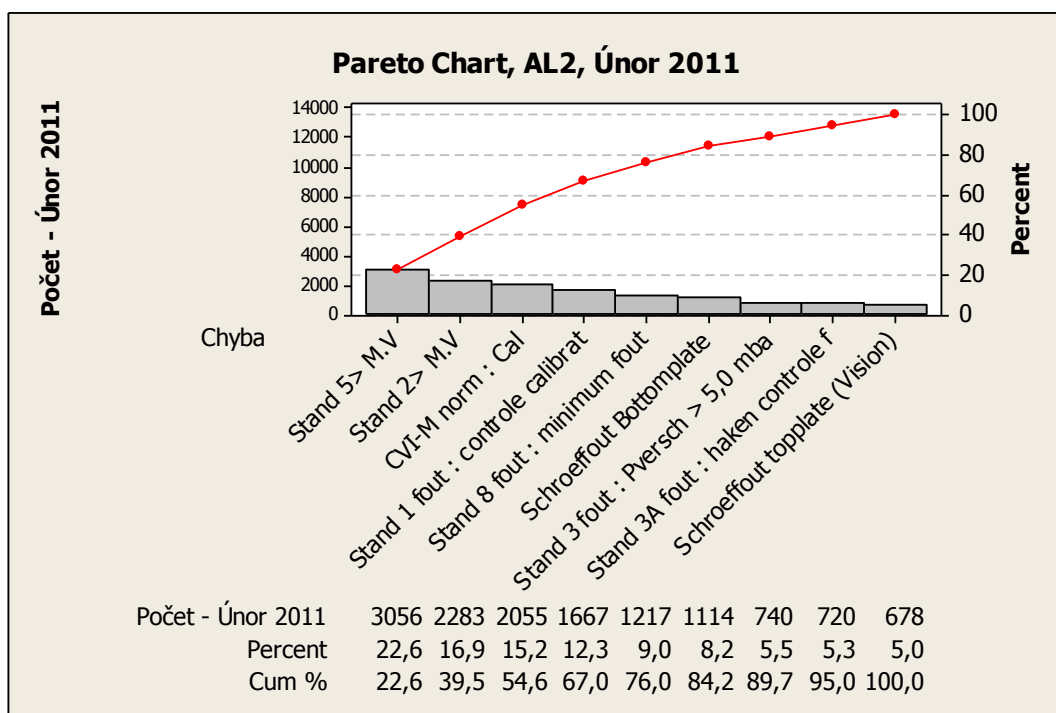
Obr. 7.9 Pareto z AL1, období únor 2011



Obr. 7.10 Pareto z AL2, období prosinec 2010



Obr. 7.11 Pareto z AL2, období leden 2011



Obr. 7.12 Pareto z AL2, období únor 2011

7.2.1 Vyhodnocení dat

Z paretových diagramů lze určit významné chyby, které je nutné odstranit. Jednoznačně nejpočetnější chyba „Stand 5 > MV“ (krok 5 – Leak test při 150 mbar na hlavním ventilu) dosahuje za období říjen až únor na Autolince1 42% (33036 chyb) a Autolince2 18,3% (12599 chyb). Tato chyba byla vyhodnocena jako významná a dále bude probíhat proces jejího odstranění nebo případného snížení počtu těchto chyb.

8 NÁVRH KAMEROVÉHO SYSTÉMU

8.1 Kamerové systémy

Již od počátků používání uzavřených kamerových okruhů (CCTV, neboli průmyslové televize) byla snaha uživatelů použít je v součinnosti s jinými zařízeními. Zpočátku se jednalo pouze o přepnutí konkrétního obrázku na konkrétní monitor při dosažení určitého stavu. Postupem času přibývalo „intelligence“ v kamerách a začal se používat i opačný postup. Na základě zjištění informací z obrazu (obvykle pouze detekce pohybu ve vymezeném prostoru) došlo k přepnutí kamery na monitor a pomocí sepnutí kontaktu k předání informace pro další zařízení. Postupně byl vyvinut speciální software pro analýzu obrazu, pomocí něhož je možné vyhodnocovat více stavů v obrazu, směr pohybu předmětů, velikost, množství apod [12].

Skutečný přelom v kamerových systémech nastal teprve nedávno příchodem čistě digitálních kamer. Tyto kamery používají k přenosu obrazu datový tok v protokolu TCP/IP nebo UDP s kompresí MJPEG, MPEG4 a H264. Použití tohoto typu zařízení zásadním způsobem zjednodušuje kabeláž a praktické využití kamer v automatizaci a řízení. Moderní kamery díky kompresi H264 umožňují velmi rychlou obnovu obrazu (snímkovou frekvenci) i na sítích s omezeným datovým tokem [12].

Praxe dokazuje, že nejlepších výsledků je dosaženo, pokud celý kamerový řetězec pochází od jednoho výrobce. Jen tak je zaručena 100% kompatibilita všech částí, a tudíž možnost 100% využití vlastností jednotlivých produktů. To s sebou nese i maximalizaci využití vložených prostředků [12].

Mezi největší dodavatele těchto řešení patří britský výrobce Indigo Vision a známý japonský gigant Panasonic. Panasonic je vynikající tam, kde jsou obtížné světelné podmínky (silné protisvětlo, kontrasty), kde není nutné vidět on-line děje v plné snímkové frekvenci 25 fps [12].

Velmi zajímavé jsou funkce analýzy obrazu. Kamery „umějí“ automaticky rozlišit, že se někdo pohybuje nesprávným směrem, že zmizel předmět ze zorného pole, nebo se naopak někdo zdržuje v prostoru déle, než je obvyklé, že se zaplnil sledovaný prostor (lidé, auta, výrobky na lince apod.), překročení dané hranice nepovoleným směrem a další. Tyto funkce snižují

nároky na pozornost obsluhy a zvyšují efektivitu systému [12]. Princip analýzy přímo na kamerách přináší rozložení početního výkonu na jednotlivé kamery a nepřetěžuje se jeden centrální vyhodnocovací prvek [13]. Analýza obrazu slouží jako jakýsi asistent operátora, který upozorňuje na specifické děje v záběru kamery. Požadavek na analýzu obrazu se dá nastavit pomocí celé řady funkcí a filtrů. Díky těmto nastavením tak může jedna kamera upozornit na celou řadu dějů [13].

Vizualizace užívaná v průmyslu se v zásadě zaměřuje na sledování výrobních a technologických linek, u nichž zobrazuje naměřené hodnoty tak, aby pracovníci věděli, co se na takových linkách děje a v jakém jsou stavu. Dále se užívá v analýze a simulaci dějů a jevů. Tento druh vizualizace bývá doplňován vizualizacemi historie údajů v čase, případně v prostoru, z nichž může člověk odvodit zejména to, jak se linka dostala do stavu, v němž se momentálně nachází [14].

8.2 Požadavky na kontrolní kamerový systém plynových ventilů

- Osazení daných komponent
- Přítomnost šroubů
- Došroubování šroubů
- Osazení cívky z horní strany (3 barevně rozdílné cívky)
- Kontrola orazítkování těla
- Rovinnost kontaktů cívky
- Přítomnost nalepených štítků
- Stanice by měla být začleněna do stávajícího dopravního systému linky, komunikovat s řízením linky po sběrnici Profibus a ukládat data do PC

V současném provozu linky probíhá na výstupu 200% vizuální kontrola, kdy je ventil kontrolován dvěma operátory. Po implementaci kamerového systému by zůstala pouze 100% vizuální kontrola při balení a tím by se snížily náklady o jednoho operátora na směnu. Dále by klesly náklady na reklamace zaviněné při kontrole lidským faktorem.

Byly osloveny 3 firmy, které dodaly své návrhy kamerového kontrolního systému v rozmezí 1011000 Kč až 1333000 Kč. Návratnost projektu byla požadována do dvou let.

8.2.1 Návrh firmy α

Do stávající linky bude vestavěno pracoviště kontroly výrobku – kontrola se bude provádět kamerovým systémem FZ3 firmy Omron. Navrženy jsou 2 kamery 0,3 Mpx, 1 kamera 2 Mpx a jedna barevná kamera 0,3 Mpx. Rozsah kontrolovaných parametrů dle požadavků, řízení bude probíhat ze stávající linky.



Obr. 8.1 Kamerový systém Omron [23]

Tab. 8.1 Návrh firmy α

1) Mechanická část Rám stroje, 4 x kamera, osvětlení, implementace, krycí box	663.013 Kč
2) Elektro část Rozvaděče, kabeláž, komunikace se stávajícím PLC	28.466 Kč
3) Ostatní Konstrukce, projekt, úprava SW, programové vybavení, montáž, instalace, oživení, dokumentace, zaškolení, doprava, servis	320.214 Kč
Celková cena	1.011.693 Kč (bez DPH)

8.2.2 Návrh firmy β

Kamerový systém je navržen ze dvou kamer a PC. Obrázek bude vyhodnocovat PC s možností zobrazení výsledků kontroly a její parametrizace. Kamerový systém počítá s rozšířením na větší množství typů regulátorů.

Kamerový systém bude schopen kontrolovat:

- Přítomnost šroubů na definovaných pozicích
- Konečnou polohu zašroubovaného šroubu v toleranci $\frac{1}{2}$ otáčky
- Přítomnost jednotlivých komponent sestavy
- Přítomnost a poloha orazítkování těla regulátoru
- Rovinnost kontaktů cívky
- Přítomnost a poloha štítku, čtení kódu
- Kontrola celkové délky regulátoru

Tab. 8.2 Návrh firmy β

1) Kamerová část 2x kamera PG mono 1600 x 1200 pix, 2x objektiv Tamron, kabely, osvětlení, PC, strojní práce, SW licence, programování, aplikace SW, technické, projekční a montážní práce, zprovoznění a odladění	23.665 € (bez DPH) 577.426 Kč (k 15. 3. 2011)
2) Sestava manipulátoru Nosná konstrukce, portálová pneumatická jednotka, minilineární jednotka, chapadlo, čelisti, čidla, rozvody, stoper, rozvaděč, technické, projekční a montážní práce, zprovoznění a odladění manipulátoru ve výrobní lince (pro 4 regulátory)	18.660 € (bez DPH) 455.304 Kč (k 15. 3. 2011)
Celková cena	42.325 € (bez DPH) 1.032.730 Kč (k 15. 3. 2011)

8.2.3 Návrh firmy γ

Technické řešení

Pro kontrolu došroubování a přítomnosti šroubů uvažujeme s nasazením potenciometrických lineárních měřidel (pro každý šroub jedno), které budou měřit výšku hlavy šroubu vůči dohodnutému referenčnímu bodu na přípravku, uvažujeme s nasazením 5 ks měřidel shora a 6 ks měřidel zespoda.

Ostatní komponenty včetně rovinnosti kontaktů budou kontrolovány 2D kamerou SICK, která umožňuje i uložení snímků na PC. Přítomnost štítků může být kontrolována kamerovým senzorem (výstup dobrý/špatný) bez uložení obrázků. Strojní čas od odebrání po založení ventilu na vozík 7-8 s.

Kontroly prováděné kamerou

- Přítomnost komponent
- Přítomnost a množství pinů (přesnost je závislá na rozlišení kamery)
- Přítomnost razítek, nejedná se o čtení, pouze zjištění pixelů dané intenzity ve vymezené oblasti

Po ustavení dílu do kontrolního přípravku je nejprve provedena kontrola kamerou a následně je ventil sevřen pomocí kontrolních hlav s měřicími trny. Výsledek testu je odeslán do nadřazeného systému linky.

Manipulátor pro odebírání a ukládání je pneumatický s jednou lineární vodorovnou osou, na které jsou uchyceny dvě samostatné svislé osy s chapadly pro uchopení ventilu.

Pro řízení bude použit řídicí systém SIMATIC S7 s komunikací po sběrnici PROFIBUS. V dosahu obsluhy bude umístěna rozvodnice s panelem pro diagnostiku zařízení a s ovládacími prvky. Data budou ukládána do SQL databáze.

Tab. 8.3 Návrh firmy γ

1) Kontrolní část 11x potenciometrické lineární měřidlo, 1x 2D kamera SICK, 1x kamerový senzor, kontrolní přípravek, kabely, PC s kartou PROFIBUS, SW, projekční a montážní práce, zprovoznění a odladění, ukládání do SQL databáze	
2) Sestava manipulátoru Pneumatický manipulátor, konstrukce manipulátoru (Al-profil), rozvodnice s ovládacím panelem, kryty zařízení + elektronické bezpečnostní zámky, čidla, rozvody, rozvaděč, technické, projekční a montážní práce, zprovoznění a odladění manipulátoru	
Součet	1.148.000 Kč (bez DPH)
Sběr dat	185.000 Kč (bez DPH)
Celková cena	1.333.000 Kč (bez DPH)

8.3 Výhody a nevýhody jednotlivých návrhů

Tab. 8.4 Zhodnocení firmy α

Firma α	
+ dodání do 3 měsíců	- větší počet kamer
+ možnost průběžné kontroly prací	- náročnější seřízení
+ definovány kontrolní termíny	- kontrolované parametry upřesněny po testech
+ zaškolení obsluhy a údržby	
+ řízení ze stávající linky	
+ cena (1.011.000 Kč bez DPH)	

Nevýhodou projektu firmy α je návrh čtyř kamer (2 x 0,3Mpx, 1x 2Mpx a 1 barevná kamera), které bude obtížnější nastavit, seřídit a zkalibrovat pro další typy plynových ventilů. Dále z tohoto počtu kamer vychází větší riziko poškození jednoho členu a tím výpadek celého kontrolního systému.

Tab. 8.5 Zhodnocení firmy β

Firma β	
+ 2 kamery + PC	- složitější manipulátor
+ možnost zobrazení výsledků na PC	
+ tolerance zašroubování šroubů větší než 1/2 otáčky	
+ přítomnost a poloha orazítkování těla ventilu	

+ proškolení obsluhy pro doplnění více typů	
+ termín dodávky 8-12 týdnů	
+ cena (1.032.730 Kč bez DPH)	

Předností firmy β je vynikající přesnost kontroly zašroubování šroubů (více jak $\frac{1}{2}$ ot.) a propracovaný kontrolní kamerový systém (2 kamery + PC) s možností zobrazení, vyhodnocení a uložení výsledků na PC. Firma dále nabízí rychlé dodání (8-12 týdnů) a proškolení obsluhy.

Tab. 8.6 Zhodnocení firmy γ

Firma γ	
+ 2D kamera SICK (uložení snímků)	- 11 potenciometrických měřících trnů
+ PC se sběrem dat (SQL databáze)	- kontrola přítomnosti štítků (bez uložení obrazu)
+ elektronické bezpečnostní zámky	- úprava SW linky není součástí dodávky
	- seřízení dotyků
	- cena 1.333.000 Kč bez DPH
	- servis mimo víkendy a svátky
	- zahájení instalace za 16 týdnů

Firma γ přišla s nejdražší nabídkou, kde řeší kontrolu šroubů pomocí jedenácti potenciometrických měřících trnů a 2D kamery SICK. Toto řešení je velmi náročné na seřízení a zadávání dalších typů plynových regulátorů. Další nevýhodou tohoto řešení je možnost uvíznutí hliníkové piliny nebo pečetní barvy v oblasti měření šroubu a tento systém nemusí odhalit chybějící šroub nebo nedostatečné zašroubování. Nedostatkem se také stal servis této firmy, kdy nebyla možnost opravy zařízení o víkendech a svátcích.

8.3.1 Vyhodnocení nabídek

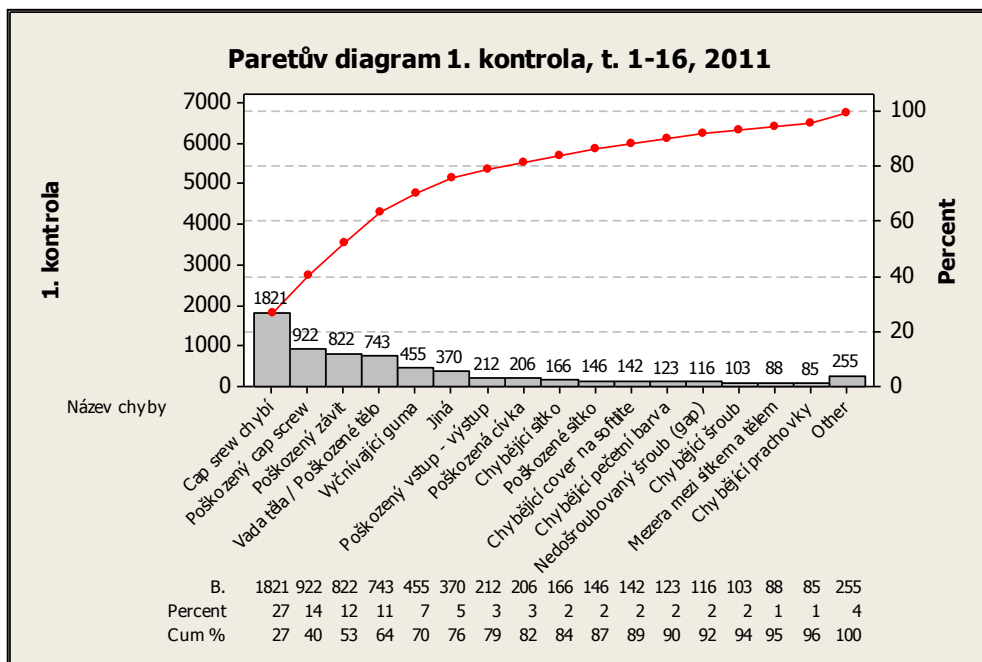
Po zhodnocení nabídek od jednotlivých firem, kdy se zvažovaly výhody, nevýhody, cena a náklady na budoucí provoz, vyšla vítězně firma β . Dodala jednoznačně nejvhodnější řešení, které odpovídalo zadaným požadavkům na kontrolní systém ventilů. Její návrh se zejména vyznačoval poměrně rychlou dodávkou, kvalitou a přesností kamerového systému, budoucím rozšířením a záznamem odhalených chyb.

8.4 Detekce chyb před implementací kamerového systému

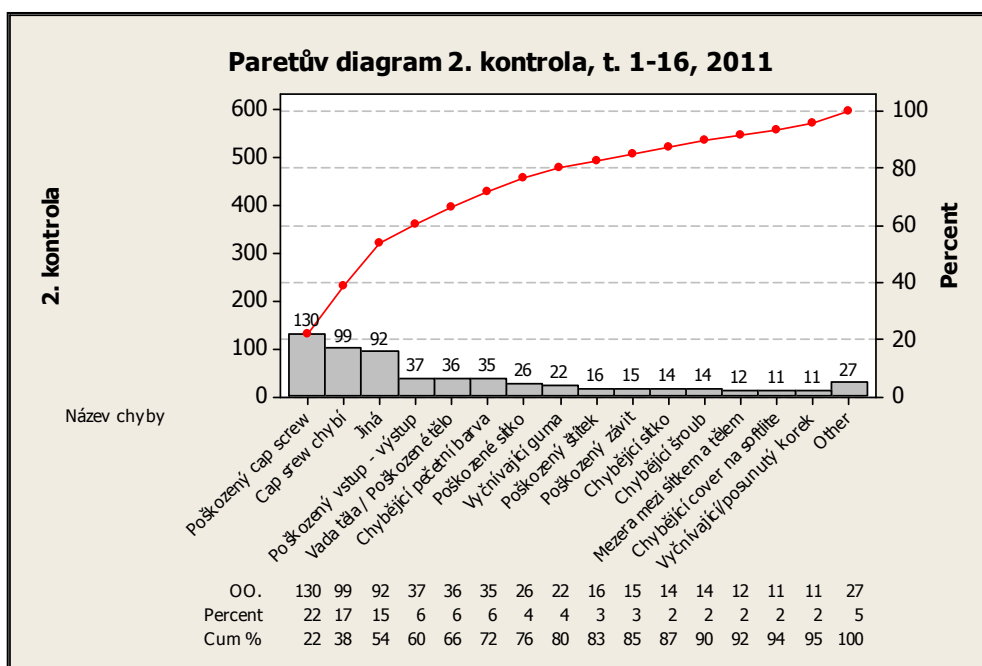
Detekce chyb montáže a komponent plynových regulátorů probíhala 1. a 2. vizuální kontrolou. Data byla zaznamenávána do příslušných formulářů a po týdnech vyhodnocována. Data od 3. 1. 2011 do 23. 4. 2011 viz Tab. 8.7, přehled chyb dle vizuálních kontrol viz Obr. 8.2 a 8.3. Za dané období bylo celkem detekováno na 1. kontrole 6775 chyb a na 2. kontrole 597 chyb.

Tab. 8.7 Data z 1. a 2. vizuální kontroly

Název chyby	1. kontrola	2. kontrola
Cap screw chybí	1821	99
Poškozený cap screw	922	130
Poškozený závit	822	15
Vada těla / Poškozené tělo	743	36
Vyčnívající gumové těsnění	455	22
Jiná	370	92
Poškozený vstup - výstup	212	37
Poškozená cívka	206	1
Chybějící sítko	166	14
Poškozené sítko	146	26
Chybějící kryt na softlite	142	11
Chybějící pečetní barva	123	35
Nedošroubovaný šroub	116	5
Chybějící šroub	103	14
Mezera mezi sítkem a tělem	88	12
Chybějící prachovky	85	8
Vyčnívající/posunutý korek	71	11
Poškozený presstap	69	8
Poškozený štítek	42	16
Razítko - chybí/nečitelné	39	1
Poškozený komínek presstapu	20	3
Nedošroubovaný Cap screw	12	0
Poškozený kontakt na cívce	2	1
Celkem	6775	597



Obr. 8.2 Paretův diagram – 1. vizuální kontrola



Obr. 8.3 Paretův diagram – 2. vizuální kontrola

8.5 Finanční zhodnocení projektu

Požadavkem na realizaci projektu je návratnost do dvou let a snížení reklamací od zákazníků.

Při implementaci kamerového systému, klesne počet operátorů na lince o jednoho na každou směnu (snížení 200% vizuální kontroly na 100%). Tím se sníží mzdové náklady v třísměnném provozu o tři zaměstnance. Ve výpočtu je uvažován pro představu fiktivní fixní plat operátora 16.000 Kč (hrubá mzda, bez dětí, bez ZTP).

Tab. 8.8 Výpočet měsíční mzdy operátora

Měsíční vyúčtování (v Kč)		
Položka	Zaměstnanec	Zaměstnavatel
Hrubá mzda	16.000	
Zdravotní pojištění	720	1.440
Sociální pojištění	1.040	4.000
Superhrubá mzda	21.500	
Sleva na dani	1.970	
Daňové zvýhodnění	0	
Záloha na daň	1.255	
Daňový bonus	0	
Čistá mzda bez daňového bonusu	12.985	
Čistá mzda	12.985	
Mzdové náklady zaměstnavatele		21.440

Tab. 8.9 Mzdové roční náklady na 3 operátory

Mzdové náklady zaměstnavatele	Počet operátorů	Počet měsíců	Celkem
21.440 Kč	3	12	771.840 Kč

Tab. 8.10 Náklady na reklamace

Měsíční náklady na reklamace	Počet měsíců	Celkem
20.000 Kč	12	240.000 Kč

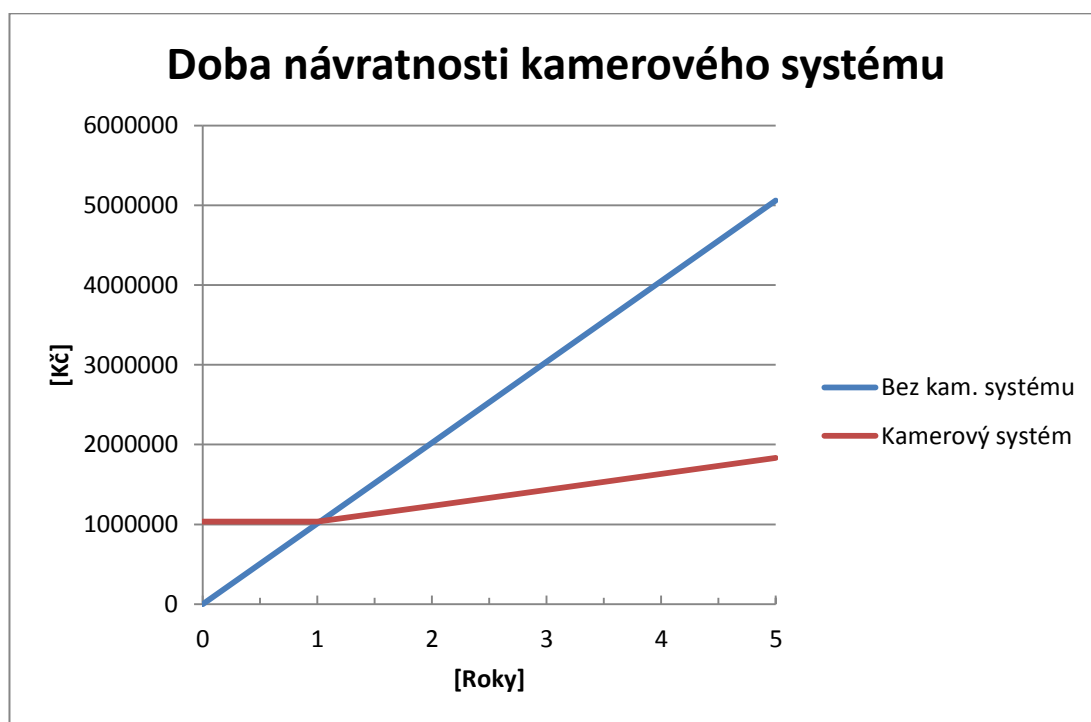
Tab. 8.11 Návratnost projektu

Cena projektu	Náklady - operátor	Náklady - reklamace	Návratnost
1.032.730 Kč	771.840 Kč	240.000 Kč	1,02 roku

$$Návratnost = \frac{cena\ projektu}{ušetřené\ náklady} = \frac{1032730}{771840+240000} = 1,02 \quad (8.1)$$

Kamerový systém na automatické lince ušetří ročně 771.840 Kč (Tab. 8.9) na mzdách pro 3 operátory a 240.000 Kč (Tab. 8.10) na reklamách. Při ceně projektu 1.032.730 Kč dojde k návratnosti za 1,02 roku (Tab. 8.11). Dále dojde k většímu uspokojení zákazníku, díky sníženému počtu reklamací.

Díky splnění podmínek návratnosti a snížení počtu reklamací dostal projekt schválení pro realizaci.



Obr. 8.4 Graf - Doba návratnosti kam. systému

Tab. 8.12 Doba návratnosti kam. systému

Roky	Bez kam. systému [Kč] (Náklady na mzdu + reklamace)	Kamerový systém [Kč]		
		Zařízení	Údržba	Celkem
0	0	1033000		1033000
1	1011840	1033000		1033000
2	2023680	1033000	200000	1233000
3	3035520	1033000	400000	1433000
4	4047360	1033000	600000	1633000
5	5059200	1033000	800000	1833000

9 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo provedení zhodnocení automatické linky na výrobu plynových ventilů ve firmě Honeywell s.r.o. a návrh kamerového systému na detekci chyb při montáži.

V teoretické části byly popsány nejčastěji vyráběné typy ventilů na automatické lince 2, jejich základní parametry a celkové rozložení linky na výrobu plynových regulátorů. Výrobní linka se skládá z pracovišť ruční montáže, automatických šroubováků, testů na únik, výkon a kalibraci, kontroly sítka, montáže capscrew, značení, lepení prachovek, balení a reworkovacích stanovišť.

Zhodnocení výrobnosti linky a počtu chyb proběhlo na základě dlouhodobého sběru dat od dubna 2010 do února 2011 pomocí metody FPY a Paretových diagramů. Jako nejčastější chyba byl detekován krok 5 na Leak testu při 150 mbar. Za sledované období bylo těchto úniků zaznamenáno na Autolince1 33036 (42%) a Autolince2 12599 (18,3%). Tato chyba byla vyhodnocena jako významná a dále bude probíhat proces jejího odstranění nebo případného snížení.

V poslední části práce byl popsán návrh kontrolního kamerového systému na detekci součástí plynových ventilů. Systém by měl kontrolovat osazení daných komponent, přítomnost a došroubování šroubů, osazení cívky, orazítkování těla, rovinnost kontaktů cívky a přítomnosti nalepených štítku. Ze tří dodaných návrhů kamerových systémů byla vybrána firma β, jelikož její projekt nejlépe odpovídal zadaným požadavkům. Tento systém byl navržen ze dvou kamer a vyhodnocovacího PC, na kterém je možné zobrazit výsledky kontroly. Při ceně projektu 1.032.730 Kč (bez DPH), ročních nákladů na tři operátory 771.840 Kč (třisměnný provoz) a nákladů na reklamace 240.000 Kč byla stanovena návratnost projektu za 1,02 roku.

10 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

[1] *Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Honeywell* [online]. c2011 [citováno 18. 04. 2011]. Dostupný z WWW:

<<http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Honeywell&oldid=424313016>>

[2] Školící materiál, *CVI Valve*, 2008. 2 s.

[3] *Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Honeywell 200* [online]. c2011 [citováno 18. 04. 2011]. Dostupný z WWW:

<http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Honeywell_200&oldid=418864060>.

[4] *Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Honeywell RQ-16 T-Hawk* [online]. c2011 [citováno 18. 04. 2011]. Dostupný z WWW:

<http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Honeywell_RQ-16_T-Hawk&oldid=424396011>.

[5] *Honeywell Česká republika* [online]. 2010 [cit. 2011-02-26]. O nás.

Dostupný z WWW: <<http://www.honeywell.com/sites/cz/O-nas.htm>>.

[6] *Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Automatizace* [online]. c2011 [citováno 18. 04. 2011]. Dostupný z WWW:

<<http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Automatizace&oldid=6356958>>.

[7] *Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Automation* [online]. c2011 [citováno 18. 04. 2011]. Dostupný z WWW:

<<http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Automation&oldid=424415588>>.

[8] *Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Joseph Marie Jacquard* [online]. c2011 [citováno 18. 04. 2011]. Dostupný z WWW:

<http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Joseph_Marie_Jacquard&oldid=424181895>.

[9] ZEŽULKA, František. *Prostředky průmyslové automatizace*. VUTIUM. 1. vyd. Brno, 2004. 176 s. ISBN 80-214-2610-1.

[10] STRONER, Petr; NENUTIL, Dobromil. Budoucnost automatizační techniky je ve spolehlivosti. *Automatizace*. 2005, 48, 3, s. 174-176. Dostupný také z WWW: <<http://www.automatizace.cz/article.php?a=586>>.

[11] LACKO, Branislav, et al. *Automatizace a automatizační technika: systémové pojetí automatizace*. Vyd. 1. Praha : Computer Press, 2000. 96 s. ISBN 80-7226-246-7.

[12] KOUNOVSKÝ , Pavel. Kamerové systémy jako prvky automatizace. *Automatizace*. 2008, 51, 10, s. 658-660. Dostupný také z WWW: <<http://www.automatizace.cz/article.php?a=2328>>.

[13] ČÁKA, Jan. Modulární kamerové systémy. *Automatizace*. 2009, 52, 11, s. 632-633. Dostupný také z WWW: <<http://www.automatizace.cz/article.php?a=2596>>.

[14] ZEMČÍK, Pavel. Průmyslová vizualizace. *Automatizace*. 2009, 52, 12, s. 694-696. Dostupný také z WWW: <<http://www.automatizace.cz/article.php?a=2712>>.

[15] KOHOUT, Luděk. *Roboty a manipulátory* [online]. 2007. 27 s. Dostupný z WWW: <http://www.edumat.cz/texty/Roboty_manipulatory.pdf>.

[16] *Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Robotika* [online]. c2011 [citováno 18. 04. 2011]. Dostupný z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Robotika&oldid=6742975>>.

[17] *Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Robot* [online]. c2011 [citováno 18. 04. 2011]. Dostupný z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Robot&oldid=6710288>>.

[18] *Wikipedie: Otevřená encyklopedie: KUKA* [online]. c2011 [citováno 18. 04. 2011]. Dostupný z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=KUKA&oldid=6283928>>.

[19] RUMÍŠEK, Pavel. *Automatizace výrobních procesu II. (tváření)*. VUT. 1. vyd. Brno: VUT, 1990. 192 s. ISBN 80-214-0221-0.

[20] ADAMEC, Jaromír. *Technologie automatizovaných výrob.* 1 vyd. Ostrava: VŠB, 2006. 121 s. ISBN 80-248-0871-4.

[21] *Six Sigma Material* [online]. 2007-2011 [cit. 2011-03-10]. Basic Statistics. Dostupný z WWW: <<http://www.six-sigma-material.com/Basic-Statistics.html>>.

[22] GEORGE, Michael L. *Kapesní příručka Lean Six Sigma*. Brno: SC&C Partner, 2010. 280 s. ISBN 9788090409927.

[23] *Průmyslová automatizace* [online]. 2011 [cit. 2011-03-20]. Omron.
Dostupný z WWW:

<http://industrial.omron.cz/cs/products/catalogue/sensing/vision_sensors_and_systems/flexible_vision_systems/xpectia_fz3/default.html>.

[24] *Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Hero of Alexandria* [online]. c2011
[citováno 18. 04. 2011]. Dostupný z WWW:

<http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Hero_of_Alexandria&oldid=415804270>.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Zkratka/Symbol	Popis
CCTV	Uzavřené televizní systémy
DCS/PCS	Systémy pro kontrolu procesů
FPS	Snímková frekvence (Frames Per Second)
FPY	Procento jednotek, které úspěšně projdou výrobním procesem napoprvé
H264	Kompresní algoritmus
HOS	Honeywell Operating System
HTS	Výzkumné laboratoře (Honeywell Technology Solutions)
MJPEG	Motion JPEG (formát videa, který je nejčastěji používán v digitálních a IP kamerách)
MPEG4	Kompresní algoritmus
MTBF	Střední doba mezi poruchami
MTTM	Střední doba údržby (mean time to maintenance)
MTTR	Střední doba zotavení (mean time to recovery)
PLC	Programovatelný logický automat
RAMS	Kombinace bezporuchovosti, pohotovosti, udržovatelnosti a bezpečnosti
RTY	Kumulativní ukazatel (Rolled throughput yield)
SCSI	Standardní rozhraní a sada příkazů pro výměnu dat (Small Computer System Interface)
TCP/IP	Síťový protokol (Transmission Control Protocol / Internet Protocol)
UDP	Internetový protokol (User Datagram Protocol)

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Rozložení Automatické linky 1 a 2