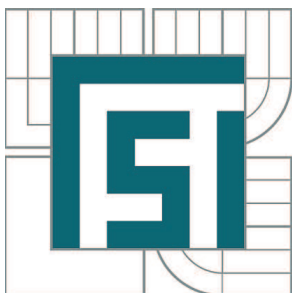


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A
ROBOTIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND
ROBOTICS

ROBOTIZOVANÉ PRACOVNÍŠTĚ PRO PLNĚNÍ MEZIPRODUKTU „VALVE CARTRIDGE“ SILIKONEM

ROBOTIC WORKSTATION FOR SILICON FILLING OF PART OF “VALVE CARTRIDGE”

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. JIŘÍ ČERNÝ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. RADEK KNOFLÍČEK, Dr.

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Jiří Černý

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

obor: **Výrobní stroje, systémy a roboty (2301T041)**

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:

Robotizované pracoviště pro plnění meziprojektu „Valve cartridge“ silikonem

v anglickém jazyce:

Robotic workstation for silicon filling of part of “Valve cartridge”

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Zhodnocení současného stavu výroby a manipulace s předmětem DP se zaměřením na silikonování (nyní 2 linky, 1 pec)
2. Návrh projektu robotizovaného technologického pracoviště (RTP) výrobní linky pro manipulaci s „Valve cartridge“ s těmito parametry:
 - a) Produktivita 650 000 kusů za rok
 - b) Důraz na spolehlivost, funkčnost, provozuschopnost a bezpečnost RTP
 - c) Zachování kvality produkce srovnatelné se současným stavem
 - d) Počet neshodných součástí stejný nebo nižší jak při nastávající výrobě
 - e) Energetická výhodnost a dobře dostupný servis vybraných komponent RTP
3. Výpočet ekonomické návratnosti vložených investičních prostředků pro přijatou variantu řešení projektu RTP
4. Tvorba projektová dokumentace jedné vybrané varianty včetně pracovního cyklu manipulace s předmětem manipulace a blokového schéma řízení RTP, a dále včetně návrhu uchopovací hlavy průmyslového robotu pro předmět manipulace z běžně dostupných prvků
5. Technická hodnota RTP metodou multikriteriálního hodnocení
6. Řešení ergonomie a bezpečnosti pracoviště a Analýza rizik komponent RTP

Cíle diplomové práce:

Cílem diplomové práce je vyřešit problematiku manipulace se součástí specifického pracoviště a to vhodným průmyslovým robotem nebo manipulátorem, jak z hlediska technického, tak z hlediska ekonomického. Zadání DP je řešeno ve spolupráci se společností IMI International – Norgren CZ, s. r. o. (od 1. 1. 2015 IMI Precision Engineering, s. r. o.), Modřice.

Seznam odborné literatury:

- (1) Zelenka A., Volf L., Poskočilová A.: Projektování výrobních systémů – návody na cvičení, skriptum FS ČVUT Praha, 2009, ISBN: 978-80-01-04394-3
- (2) Pomůcka pro projektování výrobních systémů, FS TU v Liberci, 2009, <http://www.kvs.tul.cz/PVSY>
- (3) Firemní materiály

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr.

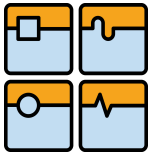
Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/2015.

V Brně, dne 25.10.2014

L.S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
Ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
Děkan fakulty

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 5
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá návrhem robotizovaného technologického pracoviště (RTP) pro část výroby produktu „Valve cartridge“ zaměřené na silikonování ve firmě IMI Precision Engineering s.r.o..

V úvodní části je zhodnoceno současné pracoviště a analyzován současný stav průmyslových robotů a robotizovaných pracovišť. V hlavní části práce jsou navržena dvě řešení pro robotizaci pracoviště s ohledem na zadané parametry a poté je pomocí metody multikriteriálního hodnocení vybrán finální návrh. Pro vybranou variantu RTP je vytvořena projektová dokumentace včetně pracovního cyklu manipulace, blokového schéma řízení RTP. Součástí práce je i výpočet ekonomické návratnosti investic.

V závěru je pojednáno o ergonomii a bezpečnosti pracoviště a zhodnocena rizika komponent robotizovaného technologického pracoviště. V celém průběhu vypracování této práce je brán ohled na požadavky technologů a inženýrů kvality dané firmy na výsledné řešení.

Klíčová slova

Robotizované technologické pracoviště, „Valve cartridge“, průmyslový robot, robotizace, multikriteriální hodnocení

Abstract


This diploma thesis is focused on robotized technological workstation (RTW) for production of “Valve cartridge” product. The production workstation, studied in the diploma thesis, is located at IMI Precision Engineering company and is focused on silicon filling.

In the introduction a present workstation is evaluated and a present status of industrial robots and robotized workstation is analyzed. In main part of the thesis two solutions for robotic automation are designed, with respect of assigned parameters. The final solution is chosen by method of multicriteria decisional analysis. Project documentation is created for chosen variant including manipulation work cycle and block diagram of RTW control. The thesis includes calculation of capital return.

At the final part of the thesis ergonomics and safety of workstation is analyzed; the risks of robotized technological workstation components are also evaluated. Technologists and quality engineer requirements are taken into account during working on the thesis.

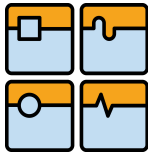
Keywords

Robotized technological workstation, “Valve cartridge”, industrial robot, robotization, multicriteria decisional analysis

Str. 6	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Bibliografická citace

ČERNÝ, J. *Robotizované pracoviště pro plnění meziproduktu „Valve cartridge“ silikonem*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 126 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr..

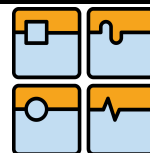


Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Robotizované pracoviště pro plnění meziproduktu „Valve cartridge“ silikonem“ vypracoval samostatně s použitím pramenů, které jsou uvedeny v seznamu použitých zdrojů.

V Brně dne 27.5.2015

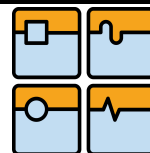
.....
Bc. Jiří Černý



Poděkování

Tímto bych velmi rád poděkoval vedoucímu své práce panu doc. Ing. Radku Knoflíčkovi, Dr. za cenné rady, připomínky a podporu. Také bych rád poděkoval všem spolupracovníkům firmy IMI Precision Engineering, kteří nějakým způsobem přispěli k vytvoření této práce, zejména panu Ing. Patriku Steinerovi. V neposlední řadě chci poděkovat rodině a kamarádům za podporu a toleranci během celého studia.

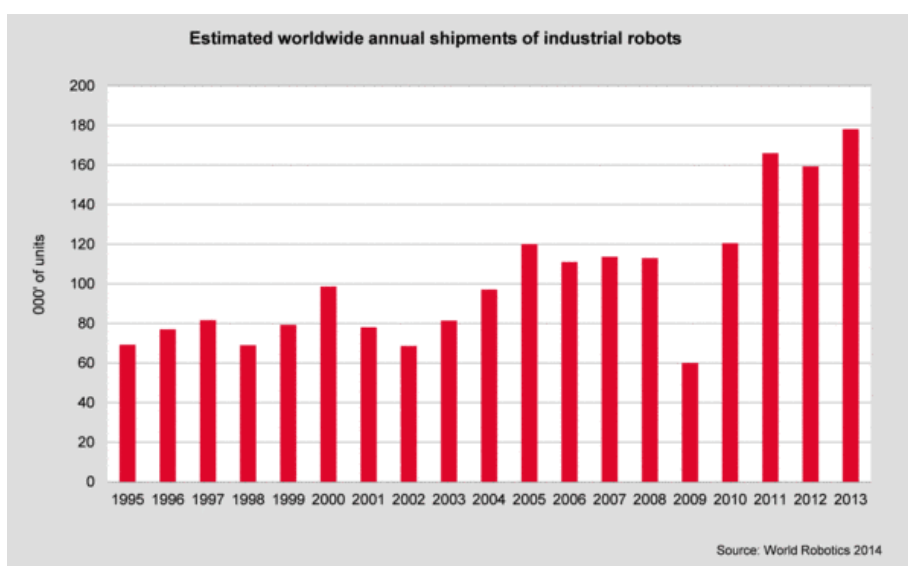
Obsah	
1. Úvod	10
2. Zhodnocení současného stavu pracoviště	12
2.1. Představení firmy IMI Precision Engineering (Norgren)	12
3. Analýza současného stavu průmyslových robotů a robotizovaných pracovišť	14
3.1. Průmyslové roboty	14
3.1.1. Kinematické struktury PR a jejich pracovní prostory	15
3.1.2. Průmyslové roboty používané v praxi	17
3.1.3. Pohony a řízení průmyslových robotů	21
3.1.4. Úchopné hlavice průmyslových robotů	24
3.2. Robotizovaná pracoviště (RTP)	26
3.2.1. Projektování RTP	27
3.2.2. Základní prvky robotizovaných pracovišť	28
3.2.3. Snímací prvky robotizovaných pracovišť	30
4. Návrh RTP zadaného pracoviště	32
5. Výběr varianty RTP metodou multikriteriálního hodnocení	33
5.1. Popis metody multikriteriálního hodnocení	33
5.2. Bazická bodovací metoda	34
5.3. Výběr finální varianty RTP	35
6. Projektová dokumentace vybrané varianty RTP	37
7. Výpočet ekonomické návratnosti pro vybranou variantu RTP	38
8. Řešení RTP z hlediska ergonomie a bezpečnosti	39
8.1. Ergonomie RTP	39
8.2. Bezpečnost provozu RTP	40
8.3. Analýza rizik komponent RTP	43
9. Závěr	56
Seznam použitých zdrojů	57
Seznam použitých symbolů a zkratk	60
Seznam obrázků a tabulek	61
Seznam příloh	62



1. Úvod

Průmyslová automatizace je stále větším tématem pro firmy v průmyslu. Stále větší požadavky na automatizování procesu se promítá na nabídce trhu v oblasti průmyslových robotů, senzoriky, kamerových systémů, řídicích systémů apod. Tato nutnost je dána stále větším tlakem zákazníka a samotného trhu na kvalitu výrobku, produktivity a včasné dodání výrobku. Automatizací dojde k odstranění vlivu lidského činitele na proces výroby. K automatizaci resp. robotizaci procesu se přistupuje, pokud je jakýkoliv proces nebezpečný člověku, také pokud je proces monotónní nebo kdy člověk svou prací nevytváří přidanou hodnotu produktu. Automatizovaný proces je velmi flexibilní a dokáže být provozuschopný 24 hodin, 7 dní v týdnu.

Mezinárodní federace robotiky nabízí každoročně různé statistiky zabývající se jak průmyslovými, tak servisními roboty. Dle těchto statistik lze vypočítat, že množství nasazených průmyslových robotů stále roste. V roce 2013 bylo prodáno kolem 178 000 průmyslových robotů (Obr. 1.1), kdy nově největším trhem pro prodej robotů disponuje Čína. Přibližný počet fungujících průmyslových robotů na světě je odhadován na 1,3 až 1,6 milionu. Další statistika ukazuje počet průmyslových robotů vztahujících se na 10 000 zaměstnanců v jednotlivých zemích. V této statistice je na vedoucí pozici Jižní Korea se 437 roboty na 10 000 zaměstnanců před Japonskem a Německem. Česká republika disponuje 70 roboty na 10 000 zaměstnanců, s 8 100 pracujícími průmyslovými roboty do roku 2013 a se 1 337 nově nainstalovanými roboty za rok 2013. Předpokládaný počet pracujících robotů v ČR v roce 2017 se odhaduje na 15 500. [17]



Obr. 1.1: Statistika počtu prodaných průmyslových robotů v jednotlivých letech [17]



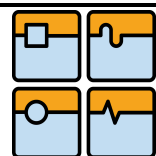
Tradiční oblastí s nejvíce nasazovanými robotizovanými systémy je automobilní průmysl se skoro 70 000 dodanými roboty za rok 2013. Tento průmysl je následován elektrotechnickým průmyslem, hutnickou výrobou a plastikářským průmyslem. [17]

Vývoj automatizačních prostředků postupuje neustále kupředu. Mezi vývojové trendy aktuálně patří řešení problémů zabývajících se spolupráce robotu s člověkem. Tato vize je založena na bezpečné kooperaci robotu s člověkem vyskytující se v pracovním prostoru robotu. Odpadá tedy nutnost ochranných plotů a dalších bezpečnostních prvků. Důkazem jsou např. roboty firmy Universal Robots či modely LBR iiwa firmy KUKA (Obr. 1.2). Dalším aktuálním tématem je bezpečnost robotizovaných pracovišť. Základní myšlenkou je rozdělení prostoru pracoviště na tři vrstvy. Při výskytu člověka v jednotlivých vrstvách se pohyb robotu zpomaluje, až se nezbytně zastaví. [18], [19]



Obr. 1.2: Průmyslový robot KUKA LBR iiwa schopný kooperace se člověkem [20]

Z důvodu zavedené firemní terminologie, se v textu této diplomové práce budou vyskytovat odborné termíny v jazyku anglickém nebo německém, které jsou ve společnosti IMI Precision Engineering zavedeny a běžně užívány.



2. Zhodnocení současného stavu pracoviště

2.1. Představení firmy IMI Precision Engineering (Norgren)

Firma IMI Precision Engineering, dříve IMI International Norgren je dceřinou pobočkou nadnárodního koncernu IMI Plc. se sídlem v Birminghamu. Tato anglo-americká společnost patří mezi přední dodavatele kompletních pneumatických řešení pro automobilový, potravinářský a železniční průmysl, energetiku a vědu. Její výrobní portfolio je zaměřeno na pneumatické pohony, komponenty pro úpravu vzduchu, fitinky, tlakové snímače a pneumatické ventily. Zakladatel firmy Carl Norgren vytvořil první maznici stlačeného vzduchu na světě. [8], [21]

Výrobní závody jsou rozmístěny na všech kontinentech, např. v USA, Velké Británii, Německu, Mexiku, Brazílii, Číně či České republice. Česká výrobní divize této firmy sídlí v průmyslovém areálu CTPark v Modřicích, vznikla v roce 2002 a nyní zaměstnává přes 600 zaměstnanců. [8], [21]

Výroba je rozdělena na výrobu pro automobilový a ostatní průmysl. Hlavními výrobky „neautomobilové“ části jsou pohony, tlakové spínače, tlakové regulátory a komponenty na úpravu vzduchu. Pro automobilový průmysl jsou produkovány ventily pro komerční vozidla. Jedná se jak o mechanické pneumatické ventily, tak i elektromagneticky ovládané pneumatické ventily. [8], [21]

Mezi zákazníky automotive výroby patří světoví výrobci nákladních vozů např. ZF, MAN, Scania, Volvo, Voith nebo DAF. IMI soupeří na globálním trhu s konkurenty, mezi které patří lídr v pneumatické technice SMC, dále Festo, Parker či Bosch Rexroth. [8], [21]



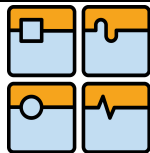
Obr. 2.1: Logo firmy [8]



Obr. 2.2: Grafika propagace výrobků pro komerční vozidla [21]



Obr. 2.3: Elektromagneticky ovládaný ventilový blok E13-MP [8]



2.2. Definice objektu manipulace

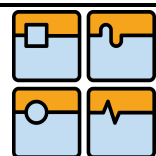
Předmětem manipulace je meziprodukt „Valve cartridge“ nebo také „Cartridge valve“ či „CV“ (Obr. 2.4). Jedná se o 3/2 elektromagneticky ovládaný pneumatický ventil. Toto CV je později použito jako komponenta pro montáž finálního výrobku – ventilového bloku, kdy CV je vloženo do ocelového těla a osazeno fitinkami, konektorem a jinými komponentami.



Obr. 2.4: Představitel předmětu manipulace

Těchto ventilů je produkováno velké množství druhů (cca 50 variant). Rozlišují se podle parametrů, mezi které patří např. tvar vrchního dílu pouzdra popř. přítomnost Ventil Sitz - součást pro nepřímé ovládání ventilu, umístění otvorů pro konektor, anebo zdali je ventil v základním stavu otevřen či uzavřen. Jednotlivé výrobky jsou označeny specifickým číslem, tzv. Part Numberem (PN). Na následujících obrázcích jsou zobrazeny všechny typy CV, které se liší tvarem, rozměry či druhem konektoru.

Další část této kapitoly podléhá utajení.



3. Analýza současného stavu průmyslových robotů a robotizovaných pracovišť

V této kapitole je postupně uvedeno, co jsou to průmyslové roboty (PR), jejich kinematické struktury a pracovní prostory. Následuje analýza typů robotů využívaných v praxi, způsobu jejich řízení a popis úchopných hlavic pro PR.

V části o robotizovaných pracovištích (RTP) je rozebrán postup navrhování takového pracoviště a základní komponenty robotizovaných pracovišť. Dále jsou stručně popsány vybrané snímací prvky, které jsou velmi často využity při projektování RTP, jako jsou indukční či optické snímače, kamerové systémy a čtečky čárových kódů.

3.1. Průmyslové roboty

Průmyslový robot představuje integrovaný kybernetický systém skládající se ze tří subsystémů a to ze senzorkého, řídicího a rozhodovacího a akčního (motorického). Jedná se ve většině případů o programovatelný manipulátor s proměnným programem. Průmyslový robot lze také popsat jako zařízení, které má vlastnosti:

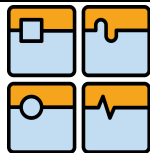
- manipulační schopnosti
- univerzálnost
- možnost vnímání pomocí čidel a autonomnost
- integrovanost (prostorová soustředěnost do jednoho celku). [3]

Existuje mnoho definic pojmu „robot“. Jedna z definic dle Ing. Ivana Havla, CSc. zní:

„Robot je automatický nebo počítačem řízený integrovaný systém, schopný autonomní, cílově orientované interakce s přirozeným prostředím, podle instrukcí od člověka. Tato interakce spočívá ve vnímání a rozpoznávání tohoto prostředí a v manipulování s předměty, popř. v pohybování se v tomto prostředí.“ [3]

Trh s průmyslovými roboty je velmi pestrý, kdy firmy nabízejí roboty pro aplikace, jako je manipulace, paletizace, lakování, svařování či montáž. Dále jsou PR odlišné svou kinematickou strukturou a technickými parametry. Mezi základní parametry všech průmyslových robotů patří:

- Počet os
- Max. dosah
- Nosnost (včetně koncového efektoru)
- Pracovní prostor
- Opakovatelná přesnost
- Stupeň krytí
- Rychlost jednotlivých os.



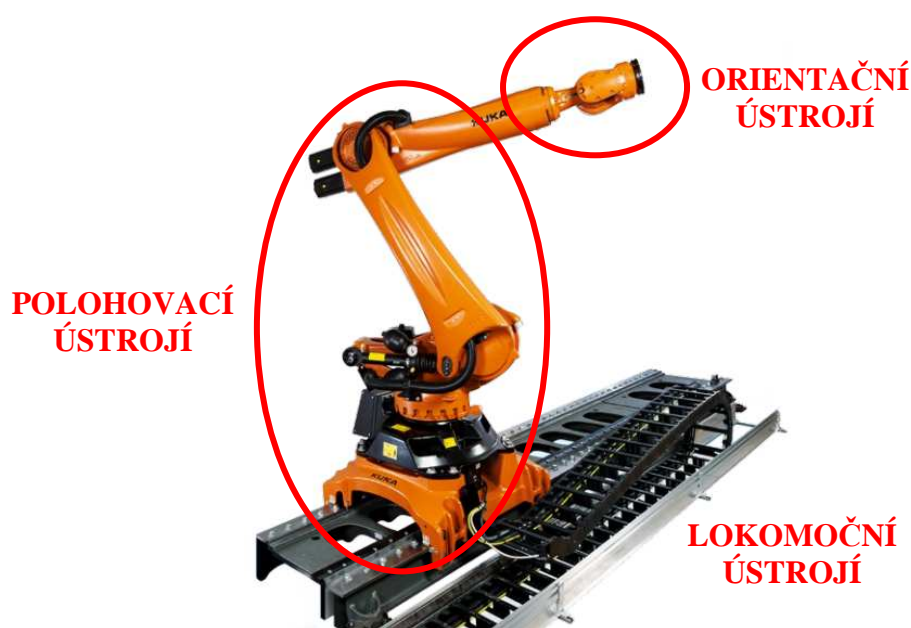
Průmyslový robot je vybaven pohony v rotačních nebo lineárních osách, dále potřebnými senzory pro monitorování stavu, ve kterém se robot nachází. Vše je řízeno vlastním řídicím systémem se specifickým softwarem, který je dodáván spolu s PR.

K interakci robotu s předmětem manipulace či okolním prostředím dochází prostřednictvím koncového efektoru, který je připojen na koncovou přírubu PR. Tento koncový efektor není součástí dodávky průmyslového robotu.

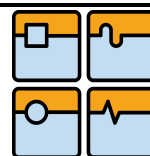
3.1.1. Kinematické struktury PR a jejich pracovní prostory

Průmyslové roboty lze rozlišit podle jejich kinematických struktur a to na otevřenou (sériovou) nebo uzavřenou (paralelní). Obě tyto struktury mají své výhody i nevýhody. V dnešní době jsou více rozšířeny roboty se sériovou kinematikou, ale i paralelní kinematika robotu zaznamenává zvýšený počet využití.

Sériová kinematická struktura robotického ramene je tvořena ve všech případech základním kinematickým řetězcem, který tvoří polohovací ústrojí robotu. Díky tomuto polohovacímu ústrojí je robot schopen přemístit předmět v prostoru. Pro změnu orientace předmětu manipulace v prostoru je na koncový člen (referenční bod) základního kinematického řetězce připojeno orientační ústrojí, které je složeno z rotačních kinematických dvojic. Na konci orientačního ústrojí je příruba pro připojení koncového efektoru. Pomocí polohovacího a orientačního ústrojí je robot schopen pohybovat s předmětem ve všech šesti stupních volnosti tohoto předmětu. Pro přemístění celého PR v prostoru je použito tzn. lokomoční ústrojí, které je obvykle realizováno lineárním pojezdem. [3], [5], [9], [15]



Obr. 3.1: PR se sériovou kinematikou – polohovací, orientační a lokomoční ústrojí [18 - upraveno]



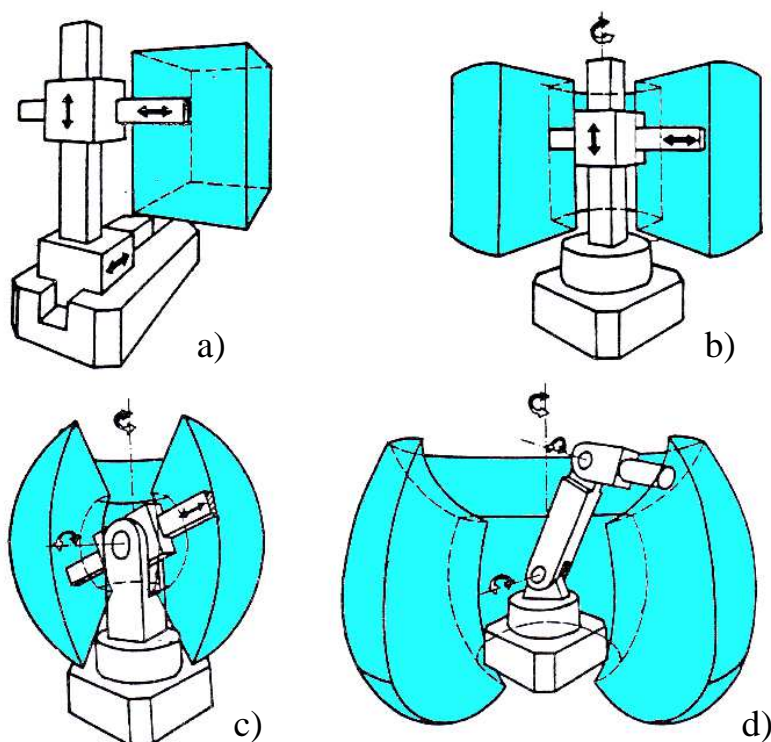
Základní kinematické struktury robotu vzniknou kombinacemi rotačních a translačních kinematických dvojic. Základní kin. struktura je tvořena spojením:

- tří translačních kin. dvojic (TTT)
- jedné rotační a dvou translačních kin. dvojic (RTT)
- dvou rotačních a jedné translační kin. dvojice (RRT)
- tří rotačních dvojic (RRR).

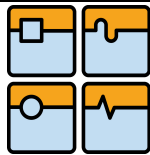
Roboty se základní kinematickou strukturou jsou také označovány pomocí prvních průmyslových robotů s danou kinematikou. Roboty s TTT kinematickou strukturou (s osami XYZ) jsou označovány jako typ MANTA, dále s RTT kinematikou (s osami CZY) typ Versatran, RRT kinematikou (s osami CBX) jsou roboty typu Unimate a roboty s RRR kin. strukturou (s osami CAA') jsou průmyslové roboty TRALLFA či ASEA. [3], [9]

Tyto kinematické struktury umožňují robotickému ramenu pohyb pouze v určitém prostoru. Při jednotlivých kin. strukturách se jedná o prostor tvaru:

- TTT – kvádr (pravoúhlý, kartézský pracovní prostor) – obr. 3.2a)
- RTT – válcový (cylindrický) segment – obr. 3.2b)
- RRT – kulový (sférický) segment – obr. 3.2c)
- RRR – torusový (anthropomorfní, angulární) segment – obr. 3.2d). [3], [9]

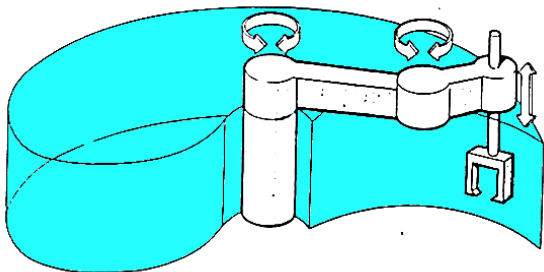


Obr. 3.2: Pracovní prostory PR – a) kartézský, b) cylindrický, c) sférický, d) angulární [3 - upraveno]

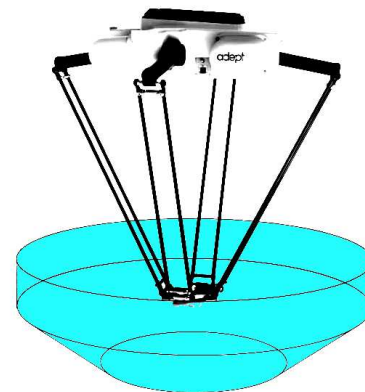


Odvozené kinematické struktury PR nejsou tak běžně využívány jako základní. Výjimkou jsou montážní roboty SCARA. Tyto roboty mají kinematickou strukturu RRT (osy CC'Z), kdy poslední translační osa je realizována pomocí šroubu a matice. Tento robot díky této kinematice disponuje pracovním prostorem o tvaru válcového segmentu (Obr. 3.3) a velmi rychlým pracovním cyklem. [3], [5], [9]

Průmyslové roboty s paralelní kinematikou polohovacího ústrojí (Delta roboty) obsahují rotační kin. dvojice vedle sebe a tím vytváří specifický pracovní prostor PR (Obr. 3.4). Tato kin. struktura umožňuje velmi rychlý pohyb robotu, který nelze dosáhnout s PR se sériovou kinematikou. [3], [5], [9]



Obr. 3.3: Válcový pracovní prostor robotu SCARA [23 - upraveno]



Obr. 3.4: Pracovní prostor Delta robotu [24 - upraveno]

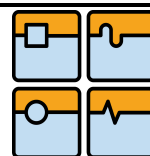
3.1.2. Průmyslové roboty používané v praxi

Aktuálně jsou v průmyslu nejvíce nasazovány šestiosé, dále paletizační roboty, SCARA roboty a Delta roboty.

Šestiosé roboty (6-DOF roboty)

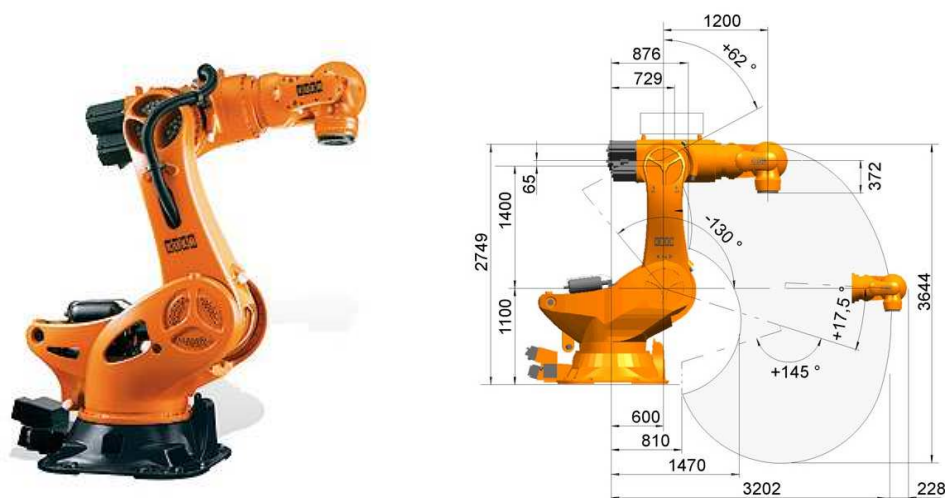
Tyto průmyslové roboty se šesti rotačními osami řazenými za sebou (Obr. 3.5) jsou využívány v mnoha rozličných aplikacích kvůli své univerzálnosti. 6-DOF (6-DOF – 6 Degree Of Freedom) roboty jsou schopny dokonale ustavit předmět do dané polohy s danou orientací. Mohou být použity jak na manipulaci, tak na svařování, lakování či obrábění. Speciálními modely jsou roboty schopné pracovat v čistých prostorech, v prašném prostředí nebo v extrémních teplotních podmínkách. Tento robot ve většině případů lze umístit na podlahu, strop i stěnu. Předními výrobci tohoto druhu PR jsou firmy KUKA, ABB, Yaskawa, FANUC, Mitsubishi Electric, Stäubli. [18], [25], [26], [27], [28], [29]

Rotační osy jsou poháněny elektrickými servomotory. Motory pro osy polohovacího ústrojí jsou umístěny bezprostředně v dané ose. V těchto osách je využito harmonické, cykloidní či planetové převodovky. Rotační osy pro orientační ústrojí jsou poháněny motory



uloženými na konci spodní části robotického ramene. Do místa otáčení je krouticí moment přiveden pomocí ozubeného řemene nebo ozubeného převodu. Tímto způsobem uložení motorů je redukována hmotnost na konci ramene a tím i setrvačné síly při pohybu robotu. Setrvačné síly působící na robot jsou zachycovány a kompenzovány pomocí hydraulicko-pneumatického vyvažovacího systému umístěného u druhé rotační osy PR. [18], [25], [26], [27], [28], [29]

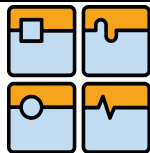
Robotická ramena se šesti stupni volnosti jsou k dispozici se širokou škálou nosností a dosahem koncové příruby robotu. Podle max. zatížení koncové příruby jsou nabízeny roboty od 2,3 kg do 1300 kg. Tato hmotnost se zmenšuje se zvyšující se vzdáleností od koncové příruby robotu. Max. pracovní dosah těchto robotů se pohybuje od 0,51 m do 4,6 m. Jak již bylo zmíněno, koncová příruba tohoto robotu se může pohybovat v angulárním pracovním prostoru. Přesnost opakování najetí do polohy je závislá na velikosti robotu, konstrukci, nosnosti a dosahu. Z nabízených modelů průmyslových robotů lze vypožorovat, že obecně se zvětšující se velikostí, nosností a dosahem opakovatelná přesnost klesá. U šestiosých robotů je dosahováno opakovatelné přesnosti od 0,01 mm u nejmenších robotů do 0,27 mm u robotů největších. [18], [25], [26], [27], [28], [29]



Obr. 3.5: Šestiosý robot s nejvyšší nosností KUKA KR 1300 TITAN PA [18]

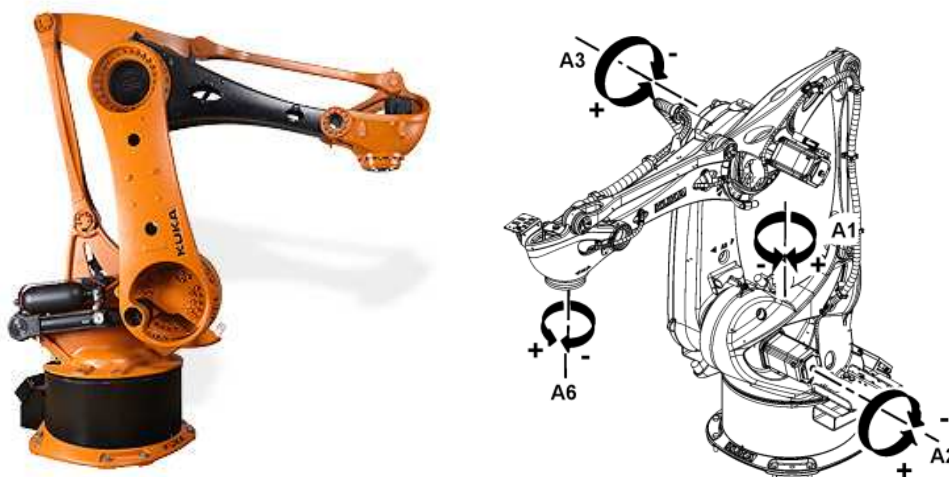
Paletizační roboty

Pro umístování vyrobeného zboží na palety jsou využívány roboty pro paletizaci. Při této operaci robot na předem připravenou paletu ukládá výrobky do řad nad sebe. Poté je zboží zabaleno a připraveno k expedici. Takového principu práce se nejvíce využívá při paletizaci a balení v potravinářském průmyslu. Robot má obvykle pouze čtyři nebo pět rotačních os, které mu postačují pro dokonalý pohyb při úloze paletizace. Dochází jen k přemístování nákladu a k rotaci kolem osy nákladu kolmé k základně. Díky tomu jsou roboty jednodušší, spolehlivější a levnější než 6-DOF roboty.



Konstrukce paletizačních robotů je typická paralelogramem, který má za následek, že spodní a horní část ramene robotu jsou na sobě závislé. Kývavý pohyb spodní části ramene má za následek i pootočení horní části robotického ramene. Další zvláštností této konstrukce u je umístění pohonu poslední rotační osy na konec robotického ramene. [1], [18], [25], [27], [28], [30]

Velký důraz je kladen na rychlost práce a dosah. Příkladem paletizačního robotu s výbornými parametry je KUKA KR 700 PA (Obr. 3.6), který disponuje nosností 750 kg a dosahem 3320 mm. Mezi výrobce paletizačních robotů se speciální konstrukcí patří firmy KUKA, ABB, Yaskawa, Fanuc [1], [18], [25], [27], [28], [30]



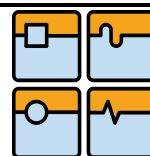
Obr. 3.6: Paletizační robot KUKA KR 700 PA s nosností 700 kg [18]

SCARA roboty

Montážní roboty typu SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm), (Obr. 3.7) disponují čtyřmi pohyblivými osami, kdy první dvě jsou rotační a druhé dvě translační a rotační, spojené v podobě kuličkového šroubu a matice. Všechny rotační osy jsou rovnoběžné a vertikální. Kvůli této kinematické struktuře robot není schopen změnit orientaci uchopeného předmětu kolem horizontální osy.

Svémi malými zástavbovými rozměry jsou s výhodou aplikovány do stísněných prostorů. Vyjma montážních operací jsou tyto roboty nasazovány při manipulaci s malými předměty např. při balení v potravinářském průmyslu nebo při laboratorních úkonech. Mezi významné výrobce tohoto druhu robotu patří Mitsubishi Electric, Adept, Stäubli, Omron, Denso, KUKA. [1], [18], [24], [26], [29], [31], [32]

SCARA roboty vynikají vysokou opakovatelnou přesností a nejvyšší rychlostí pohybu u průmyslových robotů se sériovou kinematikou. Např. SCARA roboty firmy



Mitsubishi Electric řady RH jsou schopny pracovat s taktem 0,29 s. Opakovatelná přesnost se pohybuje od 0,01 mm do 0,025 mm. Koncová příruba robotu dosahuje do max. vzdálenosti od 120 mm do 1000 mm s max. zdvihem do 400 mm. Maximální nosnost se pohybuje od 1 do 50 kg. [1], [18], [24], [26], [29], [31], [32]

Firma Mitsubishi Electric má ve svém výrobním portfoliu speciální konstrukci robotu SCARA, kdy robot má dvě ramena a jednu koncovou přírubu (Obr. 3.8). Tato konstrukce disponuje max. zatížením 1 kg až 5 kg dle modelu, opakovatelnou přesností 0,005 mm až 0,01 mm a max. dosahem až 450 mm. [29]



Obr. 3.7: SCARA robot Omron XG [32]

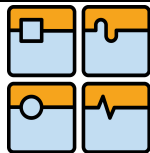


Obr. 3.8: Speciální konstrukce robotu SCARA Mitsubishi Electric řada RP [29]

Delta roboty

Roboty s paralelní kinematikou (Obr. 3.9), čili s řazením rotačních os vedle sebe, se vyznačují vysokou tuhostí konstrukce, jež umožňuje vysokou rychlost a zrychlení pohybu robotu. Tato konstrukce s uzavřenou strukturou je tvořena koncovým členem, který nese koncový efektor, spojený s pevnou základnou robotu pomocí několika kloubových tyčí. Tyto tyče jsou uloženy v rotačním spoji v základně robotu a zde jsou poháněny. Proměnnou délkou jednotlivých tyčí s kloubovými spoji dochází k přemisťování koncového členu robotu. Ve většině případů jsou nabízeny roboty se čtyřmi stupni volnosti. Tři stupně volnosti jsou dané proměnnou délkou tyčí a čtvrtý stupeň volnosti je vyřešen umístěním vertikální rotační osy do koncového členu pro umožnění rotace uchopeného předmětu kolem jeho osy. [1], [24], [25], [27], [28], [32]

Delta roboty je nutné zavěsit na mostovou konstrukci či na strop uzavřené výrobní buňky. Velmi častou aplikací těchto robotů je třídění výrobků jedoucích na dopravním pásu např. v potravinářském (Obr. 3.10) nebo elektrotechnickém průmyslu. Výrobci robotů s touto kinematikou jsou např. Fanuc, ABB, Adept, Omron, Yaskawa. [24], [25], [27], [28], [32]



Tyto roboty nabízí poměrně malý pracovní prostor, kdy max. průměr pracovního prostoru se pohybuje od 280 mm do 1600 mm. Nosnost těchto robotů je od 0,5 kg do 8 kg. Opakovatelná přesnost polohy je udávána od nejmenších robotů 0,02 mm po největší roboty 0,1 mm. Díky této konstrukci mohou roboty dosahovat rychlosti pohybu až 200 cyklů za minutu. [24], [25], [27], [28], [32]



Obr. 3.9: Delta robot ABB IRB 360 FlexPicker [25]



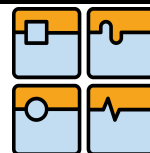
Obr. 3.10: Aplikace Delta robotu v potravinářském průmyslu [16]

3.1.3. Pohony a řízení průmyslových robotů

U průmyslových robotů lze využít k pohonu os motorů, které jsou poháněny elektrickou, hydraulickou nebo pneumatickou energií. V současné době je dominantní použití elektrických motorů u průmyslových robotů. Použití pneumatických lineárních pohonů je aplikováno např. u jednoduchých tříosých manipulátorů s translačními osami.

Elektrické pohony (Obr. 3.11) jsou využívány, protože odpovídají požadavkům na pohon PR, jakou je plynulý rozběh a brzdění, vysoká přesnost polohování, dostatečná polohová tuhost, minimální hmotnost a rozměry a vhodné prostorové uspořádání. Jako el. pohony jsou nasazovány stejnosměrné (DC), střídavé (AC) nebo krokové (Step) servopohony. Servopohony jsou regulované pohony pomocí zpětné vazby. Příklad AC servopohonu firmy General Driver Motor pro PR je na obr. 3.12. [14], [33]

Mezi výhody el. motorů patří lehce dostupná el. energie, jednoduchost spojení s řídicími prvky, poměrně nenáročná údržba a čistota provozu. Porovnáním s jinými typy pohonů se vyznačuje snadnější regulovatelností, nižší hlučností, nižšími pořizovacími a provozními náklady. Jako nevýhody lze uvést nebezpečí poranění el. proudem či nemožnost nasazení v nebezpečném prostředí. [14]



Obr. 3.11: Elektrické motory na robotu KUKA KR QUANTEC PRO [18]



Obr. 3.12: AC servomotor firmy General Driver Motor pro PR [33]

Informace o aktuální poloze jednotlivých rotačních os zaznamenávají rotační inkrementální nebo absolutní enkodéry, které posílají tyto data do řídicího systému. Zde je aktuální pozice porovnána s požadovanou a poté proveden akční zásah pro vyrovnání aktuální a požadované polohy.

Řídicí systémy PR neboli kontroléry (Obr. 3.13 a 3.14) jsou specifické pro každého výrobce průmyslových robotů. Každý řídicí systém je složen ze dvou základních částí, a to z jednotky pro ovládání PR a napájecí jednotky. Ovládací jednotka je vybavena procesorem, real-time operačním systémem, operační pamětí, pamětí pro program, komunikačním rozhraním a rozhraním pro vstupy a výstupy (I/O rozhraní). Tyto systémy pro řízení robotu nabízí obvykle vestavěných 16 vstupů a výstupů. [18], [25], [28], [29]

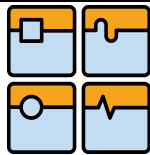


Obr. 3.13: Řídicí systém FANUC R-30iB B-Cabinet s ovládacím panelem [28]



Obr. 3.14: Řídicí systém Mitsubishi CR750-D [29]

Řídicí systém je ovládán programem, který je vytvořen v programovacím jazyce specifickém pro daného výrobce. Např. roboty KUKA jsou programovány v jazyce KRL, ABB v jazyku RAPID, roboty Mitsubishi v MELFA-BASIC a Stäubli roboty v jazyku VAL3. Program pro danou aplikaci lze vytvořit na osobním počítači v 3D simulačním softwaru a



následně jej nahrát do řídicího systému robotu pomocí USB portu. Tato metoda programování PR se nazývá off-line programování. [9], [18], [25], [29]

Pro komunikaci s uživatelem lze k řídicímu systému připojit osobní počítač nebo ovládací panel – teach-pendant. Tímto panelem lze zprostředkovaně ovládat pohyb robotu, jeho nouzové zastavení nebo naprogramovat dráhu jeho pohybu (on-line programování). [9], [10]

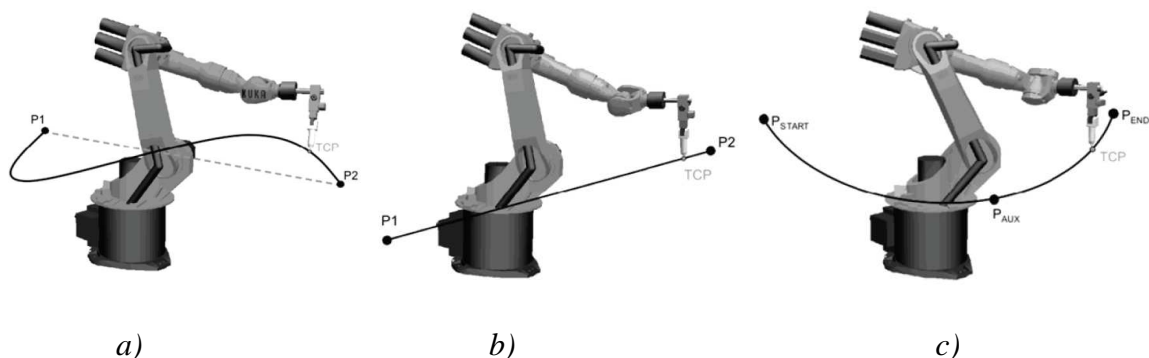
Každý výrobce nabízí nadstandardní software pro řídicí systémy robotu. Např. firma Fanuc nabízí nadstavbu „Dvojitě kontroly bezpečnosti“ pro zvýšení bezpečnosti, „Collision Skip“ pro přizpůsobení pohybu při dotyku robotu a objektu, dále „Multi Robot Control“ pro řízení až čtyř robotů jedním řídicím systémem či „iRVision“ pro jednoduchou integraci kamerového systému do řídicího procesu. [28]

Dráha pohybu robotu je programována pro danou aplikaci. Z tohoto důvodu se řízení pohybu PR dělí na bodové (PTP – point to point) a dráhové (CP – continuous path). Bodového řízení se využívá tam, kde je požadováno, aby robot dosáhl požadovaného bodu, např. při montáži, bodovém svařování, obsluha strojů. Dráhového řízení je využito při technologickém procesu, jako je spojitě svařování, lakování či obrábění. [3], [9]

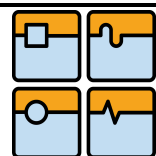
Při programování se rozlišují tři hlavní typy pohybů robotu:

- obecný pohyb – obr. 3.15a)
- lineární pohyb – obr. 3.15b)
- kruhový pohyb – obr. 3.15c).

Obecný pohyb je nejrychlejší způsob pohybu mezi počátečním a koncovým bodem. Nemusí se jednat o přímkovou trajektorii z důvodu použití rotačních os u robotu. Výsledná dráha trajektorie není předem známa. U lineárního pohybu se robot pohybuje po přímce s konstantní definovanou rychlostí. Kruhový pohyb je definován počátečním, koncovým a pomocným bodem, kterým má trajektorie kruhového pohybu procházet. [9]



Obr. 3.15: Hlavní pohyby robotu – a) obecný, b) lineární, c) kruhový [9]



3.1.4. Úchopné hlavice průmyslových robotů

Úchopné hlavice patří mezi koncové efekторы prům. robotů určených pro manipulaci s předměty. Mezi jiné druhy koncových efektorů patří např. technologické koncové efekторы (svařovací, lakovací, obráběcí), kombinované hlavice, kdy hlavice vznikne kombinací technologické a manipulační, dále měřicí hlavice a speciální hlavice. [4]

Pomocí úchopné hlavice je manipulační zařízení schopno uchopit a přemístit předmět. Každá úchopná hlavice je charakterizována uchopovací silou. Chapadlo je připojeno na koncové přírubě robotu pomocí mezikusů, který umožňuje skloubit připojovací rozměry hlavice a koncové příruby robotu. Spojovací mezikus není součástí dodávky chapadla, musí být vyroben dodatečně. Výrobci chapadel jsou firmy Festo, Schunk, SMC, Röhm, Destaco. [1], [4], [7], [34]

Základní dělení chapadel je na pasivní a aktivní. Pasivní úchopné hlavice neobsahují žádný pohon, kdežto aktivní hlavice obsahují pohonný člen pro ovládání uchopovacího prvku. Následně jsou hlavice děleny dle principu její funkce na:

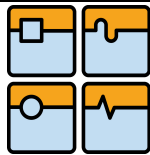
- mechanické
- podtlakové
- magnetické
- speciální (adhezní, jehlová, ...). [1]

Mechanická chapadla obsahují uchopovací čelisti, kdy k uchopení předmětu dojde po dostatečném silovém kontaktu čelistí s předmětem. Podtlakové chapadla používají jako uchopovacího prvku přísavku a uchopí předmět pomocí vakua vzniklým mezi přísavkou a uchopovaným předmětem. Magnetické úchopné hlavice jsou schopny manipulovat pouze s feromagnetickými předměty, kdy uchopovacím prvkem je permanentní magnet nebo elektromagnet.

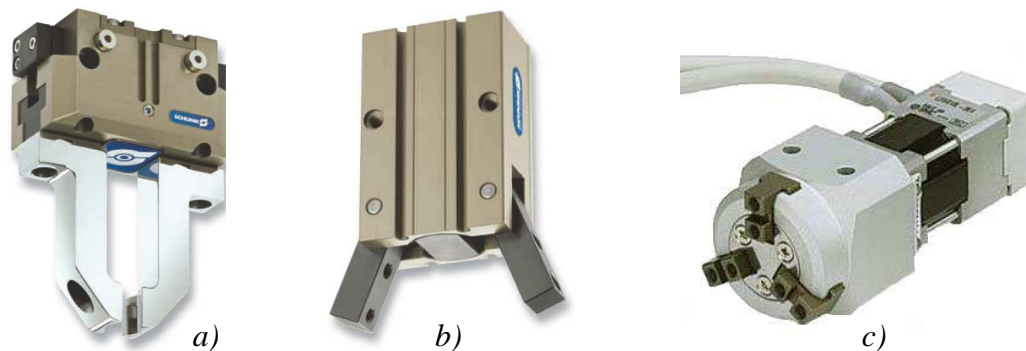
Nejběžnější rozdělení mechanických aktivních úchopných hlavic je dle použité poháněcí energie na:

- pneumatické
- hydraulické
- elektrické
- speciální (piezoelektrická,...). [1]

Čelisti u pneumatických chapadel se pohybují přes transformační člen pomocí přímočarého pneumotoru. Hydraulická chapadla disponují hydraulickým přímočarým motorem a elektrická rotačním elektromotorem. V současné době jsou nejvíce nasazovány pneumatické a elektrické úchopné hlavice.



U pneumatických a elektrických úchopných hlavíc lze dále rozlišovat jejich konstrukci dle počtu čelistí a jejich pohybu. Základní rozdělení je na dvoučelist'ové (Obr. 3.16a) a tříčelist'ové (Obr. 3.16c). Dále lze rozlišovat chapadla paralelní (Obr. 3.16a), kdy čelisti vykonávají synchronní přímočarý pohyb, radiální a úhlová, jež jsou typická pohybem čelistí po kružnici (Obr. 3.16b). [1], [7], [35]



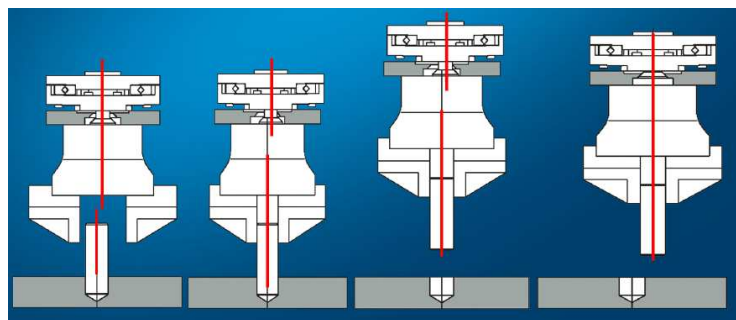
Obr. 3.16: Úchopné hlavice – a) paralelní 2-čelist'ové pneum. chapadlo SCHUNK, b) úhlové pneum. chapadlo SCHUNK, c) paralelní 3-čelist'ové elekt. chapadlo SMC [35], [36]

Mezi výhody pneumatických chapadel lze zahrnout vysoká uchopovací síla, jednoduchost konstrukce, schopnost práce v extrémním a znečištěném prostředí nebo nízká pořizovací cena. Nevýhodou je zejména ovladatelnost, kdy ovládání je omezeno na otevření a zavření čelistí a jednotka pro úpravu vstupního stlačeného vzduchu. U elektrických úchopných hlavíc jsou výhodami možnost přesného ovládání rozevření čelistí, nízká hlučnost, schopnost práce v čistém prostředí. Velkou nevýhodou je nutnost pořízení speciálního řídicího modulu pro chapadlo. [1]

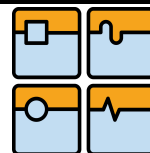
Úchopné hlavice jsou dále vybavovány speciálními moduly ke zvýšení flexibility a adaptability manipulačního zařízení pro průmyslové aplikace. Mezi tyto moduly patří kompenzátory, které vyrovnávají odchylky polohy při manipulaci (Obr. 3.17 a 3.18), rotační moduly, jež umožňují omezenou rotaci chapadla. Dále jsou to otočné jednotky, které umožňují připojení více úchopných hlavíc na jeden robot a při provozu mezi nimi přepínat, a také moduly pro automatickou výměnu chapadla. [1], [35]



Obr. 3.17: Chapadlo s kompenzační jednotkou [35]



Obr. 3.18: Princip činnosti kompenzační jednotky [35]



3.2. Robotizovaná pracoviště (RTP)

Z hlediska složitosti a komplexnosti automatizace a robotizace lze definovat následující stupně:

- robotizované pracoviště (RTP)
- robotizovaný výrobní systém
- robotizovaný výrobní provoz (závod).

Robotizované pracoviště lze chápat jako komplexní systém obsahující účelné seskupení průmyslových robotů či manipulátorů a periferních zařízení. Tento systém pracuje v automatickém cyklu při vykonávání manipulační nebo technologické operace daného výrobního procesu. Automatický cyklus může být autonomní (bez lidské obsluhy) nebo je v rámci RTP vložen úsek operační manipulace s člověkem. [9], [10]

RTP může být vytvořeno různými kombinacemi výrobních nebo technologických zařízení a průmyslových robotů, např.:


- jeden PR a jedno technologické zařízení a periferní zařízení
- jeden PR a více technologických zařízení a periferní zařízení
- více PR a jedno technologické zařízení a periferní zařízení
- jeden PR integrovaný s automatickým výrobním strojem a periferní zařízení.

Periferním zařízením robotizovaného pracoviště se rozumí prostředky či mechanismy sloužící k vykonávání jednoduchých pohybů s objektem robotizace do míst dosahu ramene stacionárního robotu, zprostředkovávají pohyb mezi jednotlivými pracovními operacemi. Těmito perifériemi jsou různé dopravníky, polohovačla, otočné stoly, palety, podávací zařízení, atd. [9], [10]

Podle zařazení PR do jednotlivých subsystémů výrobního procesu lze RTP dělit do tří základních skupin:

- RTP operační manipulace
- RTP technologické
- RTP manipulační. [9], [10]

Robotizované pracoviště operační manipulace je základní typ, kdy dochází k manipulaci s vazbou na technologické zařízení, např. obsluha obráběcího stroje. Technologické RTP dominuje průmyslovým robotem, jehož koncovým efektozem je technologická hlavička. Příkladem jsou technologická pracoviště pro svařování, lakování nebo také montáž. Poslední manipulační RTP jsou součástí skladů a mezioperační manipulace, kdy robot nemá žádnou vazbu na technologické zařízení. Robot je vybaven chapadlem a je určen výhradně pro manipulační operaci. [9], [10]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 27
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

3.2.1. Projektování RTP

Navrhování robotizovaných technologických pracovišť lze chápat jako kontinuální tvůrčí činnost technicko-ekonomického charakteru, která především předpokládá zpracování variant řešení technologii výroby a montáže strojních součástí a technicko-organizačních variant uspořádaných ve výrobních systémech. [9], [10]

Vytvořením robotizovaného pracoviště lze uspokojit požadavky podniků na jejich rozvoj. Mezi tyto požadavky např. patří:

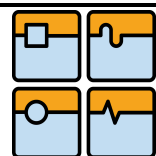
- vývoj nových technologií
- modernizace výrobních systémů
- inovace výrobních prostředků a výrobků
- zvyšování produktivity práce
- odstranění pro člověka namáhavé, zdraví škodlivé a monotónní práce
- progresivní řešení metod řízení výroby (CIM, CAD/CAM, CAPP)
- rozšíření výrobních kapacit. [9], [10]

Při navrhování RTP se musí postupovat systematicky a komplexně. Počáteční fázi návrhu je bezproblémové zvládnutí a popis problematiky výrobního procesu, dané výrobní technologie. Z popisu výrobního procesu vyplynou nedostatky a náměty na zlepšení procesu, které mohou být implementovány do návrhu RTP. [9], [10]

Při samotném navrhování robotizovaného pracoviště se s výhodou využívají matematické modely a nověji i počítačové softwary podporující 3D modelování a simulaci výrobního procesu. V současné době je k dispozici i technologie virtuální reality, jež projektantovi usnadní navrhování. Pomocí těchto softwarů lze optimalizovat RTP a minimalizovat problémy při následné realizaci. [9], [10]

Samotný proces návrhu RTP je rozčleněn na etapy:

- **Předprojektová etapa** – seznámení s prostory pracoviště, zajištění půdorysných i výškových rozměrů prostoru, pořízení náčrtu rozmístění stávajícího výrobního zařízení na pracovišti s přívody energií, zjištění přístupových cest osob a toku pohybu materiálu, osobní seznámení s pracovníky pracoviště a seznámit je v nezávazném rozhovoru s projektem, zjistit druh výroby, převládající druh operace, zajistit všechnu dostupnou dokumentaci pracoviště.
- **Projektová etapa** – zpracování podkladů z předprojektové etapy, návrh řešení popisem dispozičního uspořádání a činnosti pracoviště, popis stávajícího i nově



navrženého zařízení, způsob řízení pracoviště, popis všeobecných podmínek pro montáž, určení předpokládaných nákladů, technicko-ekonomický rozbor, vytvoření projektové dokumentace, realizace. [9], [10], [12]

Při praktickém rozboru pracoviště je důležité ujasnění funkce robotizovaného pracoviště, definovat pracovní prostředí (normální, výbušné), analyzovat výchozí stav a vyčíslit přínos v technické, ekonomické nebo sociální oblasti nového RTP. [9], [10]

Při praktickém návrhu řešení RTP je vhodné vytvoření minimálně dvou variant pro možnost výběru varianty dle ekonomického nebo technického hlediska zákazníkem. Vhodné je také zaznamenat časový průběh pracovního cyklu zahrnující všechna zařízení RTP. [9], [10], [12]

Popis jednotlivých zařízení RTP je důležitý z hlediska jeho pozdější instalace a používání. Důraz je kladen na podrobný popis funkce, umístění a technických parametrů průmyslového robotu a jeho řídicího systému, periferní zařízení, použité výrobní nebo technologické zařízení, koncový efektor a snímací prvky RTP.

Ekonomické hodnocení stanovuje výši pořizovacích nákladů, provozních nákladů RTP a dobu návratnosti vložených investic. Také jsou určeny úspory pracovníků a přínos nového pracoviště.

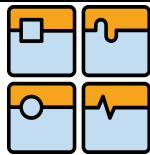
Při projektování je kladen velký důraz na bezpečnost a ochranu zdraví člověka při práci. Součástí projektové dokumentace je analýza rizik použitých komponent RTP s návrhy na zmenšení těchto rizik. [10], [12]

Na konci projektové fáze nastává realizace RTP, zaškolení všech zúčastněných osob, zkušební provoz a následně uvedení robotizovaného pracoviště do trvalého provozu. [10], [12]

Projektováním a stavbou robotizovaných pracovišť se zabývá mnoho firem, které dodají optimální řešení pro každého zákazníka. Mezi tyto firmy patří např. Blumenbecker, B&R nebo Applic.

3.2.2. Základní prvky robotizovaných pracovišť

Pomyslným srdcem robotizovaného pracoviště je průmyslový robot. Často bývá umístěn na podstavec k vyrovnání výškových hladin základny robotu a okolních zařízení. Součástí PR je dodáván řídicí systém s ovládacím panelem. Tento řídicí systém může sloužit i pro řízení celého robotizovaného pracoviště, pokud se jedná o nenáročnou aplikaci s malým počtem digitálních vstupů a výstupů. Pro složitější výrobní procesy, pro které nepostačuje počet I/O rozhraní na řídicím systému robotu, jsou připojovány samostatné řídicí systémy.



Tato centrální řídicí jednotka je spojena s řídicím systémem robotu. Komunikace probíhá přes průmyslové sběrnice. [9], [10]

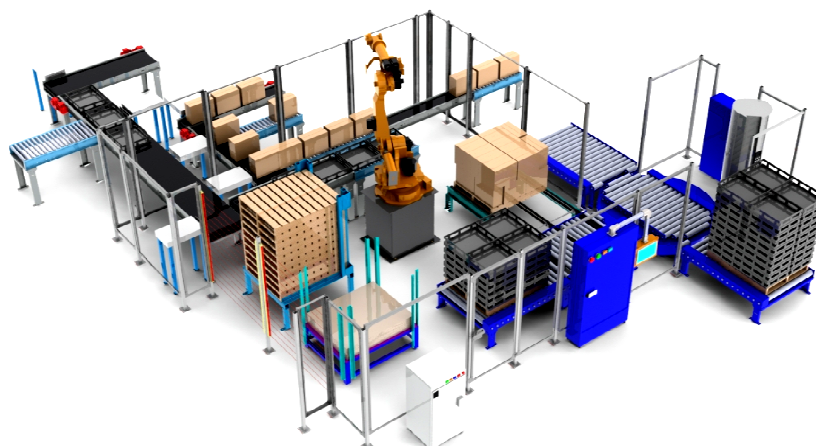
Další základní částí RTP jsou technologická a výrobní zařízení, která jsou nedílnou součástí daného výrobního procesu.

Pro dopravování a ustavování předmětů manipulace do požadované polohy slouží periferní zařízení. Toto zařízení tedy zprostředkovává pohyb mezi operacemi, kde robot nedosáhne, vytvářejí také potřebnou zásobu předmětů. Periferie tedy umožňují dopravu a skladování objektů. Použitím periferních zařízení lze využít PR s nižším počtem stupňů volnosti nebo s nižšími technickými parametry. Jako periferní zařízení jsou používány různé druhy dopravníků, nejčastěji však pásový nebo válečkový, polohovačla, otočné stoly, palety nebo podávací zařízení. [9], [10]

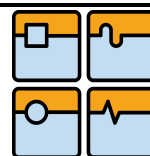
Pro monitorování stavu, v jakém se výrobní proces nachází, jsou implementovány různé druhy snímačů. Takto jsou zaznamenávány např. koncové polohy dopravníků nebo dosažení předmětu daného místa. S výhodou se nejčastěji využívá indukčních, kapacitních, optoelektronických či kamerových snímačů. [9], [10]

Nezbytnou součástí RTP jsou bezpečnostní prvky pro zajištění bezpečnosti člověka. Robotizované pracoviště je uzavřeno pomocí bezpečnostních mříží nebo speciálních bezpečnostních skel. Vstup do prostoru RTP je zabezpečen mechanickým nebo bezkontaktním snímačem na vstupních dveřích nebo i bezpečnostním laserovým skenerem. Dalším způsobem zjištění vstupu do pracovního prostoru je pomocí optických závor. Samozřejmostí je instalace tlačítek „central stop“ pro nouzové zastavení RTP. [9], [10]

Pro komunikaci s obsluhou je RTP vybaveno uživatelským rozhraním v podobě počítačové obrazovky, nejčastěji dotykové, a signalizačními prvky v podobě světelných kontrolek nebo signalizačních světelných panelů. [9], [10]



Obr. 3.19: Příklad robotizovaného pracoviště [37]



3.2.3. Snímací prvky robotizovaných pracovišť

Hojně nasazovanými sensorickými prvky jsou indukční a kapacitní snímače, optoelektronické snímače a prvky strojového vidění, jako jsou kamerové senzory, kamerové systémy a čtečky 1D nebo 2D kódů.

Indukční snímače (Obr. 3.20) jsou nasazovány pro sledování kovového předmětu. Základní součástí snímače je cívka, umístěna na čele snímače. Cívka po přivedení el. proudu vytváří elektromagnetické pole. Při vstupu kovového předmětu do pole cívky je vyslán signál o přítomnosti předmětu řídicímu systému. Charakteristickými parametry indukčních snímačů jsou spínací vzdálenost a průměr závitu snímače. Díky své mechanické odolnosti lze tyto snímače využívat v prašném nebo znečištěném prostředí. [38]



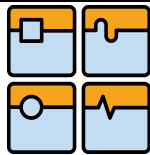
Obr. 3.20: Indukční snímače Balluff [38]

Optoelektronické snímače (Obr. 3.21) jsou založeny na principu přerušení světelného paprsku nebo odrazu od předmětu. Tyto snímače lze rozdělit na jednocestné závory, reflexní nebo difuzní. [38],

Jednocestné závory jsou složeny z dvou částí, vysílače a přijímače. K zaznamenání signálu dojde při přerušení vysílaného paprsku. Reflexní optické snímače mají jen jednu část, ve které je integrován jak vysílač, tak přijímač. Paprsek vycházející z vysílače je odražen od reflexivní odrazky zpět do přijímače. K sepnutí snímače dojde opět při přerušení světelného paprsku. Poslední variantou jsou difuzní optické snímače, kdy vyslaný paprsek se odráží přímo od sledovaného předmětu. Pokud je odražený paprsek zaznamenán přijímačem, je senzor sepnut. Použití těchto snímačů je limitováno dobrou odrazivostí povrchu předmětu. Pro všechny varianty optoelektronických snímačů jsou charakteristické snímací vzdálenosti. Tyto snímače nejsou vhodné do prašného či znečištěného prostředí. [38]



Obr. 3.21: Optoelektronické snímače firmy Balluff [38]



Systémy strojového vidění (Machine Vision) využívají optické metody snímání a následné zpracování digitalizovaného obrazu. Mezi prvky strojového vidění jsou řazeny kamerové snímače, kamerové systémy a čtečky kódů (Obr. 3.22 a 3.23). Součástí každého prvku je software, pomocí něhož lze nastavit parametry snímání. Nezbytnou součástí systémů Machine Vision jsou světelné zdroje pro správné osvětlení předmětu. Výrobci zařízení strojového vidění jsou např. Cognex, Keyence, Balluff, Banner. [38], [39], [40], [41]



Obr. 3.22: Čtečka 1D a 2D kódů Cognex Dataman [39]



Obr. 3.23: Čtení 2D kódu na výrobku čtečkou Cognex [41]

Kamerové senzory (Obr. 3.24) jsou vhodné pro kontrolu, např. kontrola poničení hran nebo přítomnosti dané součásti. Pomocí softwaru se navolí jednotlivé kontrolované prvky a řídicí systém RTP vyhodnotí výsledek kontroly. Funkce těchto senzorů je limitována jen na výstup v podobě bin. signálu (0/1).



Obr. 3.24: Kamerové senzory Keyence řady IV [40]


Kamerové systémy (Obr. 3.25) nebo „inteligentní“ kamery (Obr. 3.26) nabízí uplatnění při náročnějších úlohách strojového vidění. Tyto systémy zabezpečují všechny funkce od zaznamenání obrazu, přes zpracování, vyhodnocení a odeslání výsledků do RTP řídicího systému. Kamerové systémy se skládají z jedné či více optických kamer a samostatné řídicí jednotky. Uživatel nastaví parametry snímání a vyhodnocení pomocí speciálního softwaru. [35], [36]



Obr. 3.25: Kamerový systém Keyence [40]

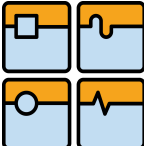


Obr. 3.26: „Inteligentní“ kamera Cognex In-Sight Micro [39]

Str. 32	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

4. Návrh RTP zadaného pracoviště

Tato kapitola podléhá utajení

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 33
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

5. Výběr varianty RTP metodou multikriteriálního hodnocení

5.1. Popis metody multikriteriálního hodnocení

Při výběru nového zařízení, výrobku či obecně technického objektu je často kladena otázka, který zvolit ze široké nabídky trhu a následně zda volba byla správná. K tomuto problému lze přistupovat buď subjektivně (nadřazená restrikce naznačí „kdo by měl vyhrát“ po vyhlášení hospodářské soutěže a ukončení výběru dodavatele) nebo si lze zpracovat expertní posudky od nezávislých odborníků. Seriózní se jeví skutečnost, kdy se využije systematických a racionálních metod práce s objektivizujícím matematickým aparátem. V případě volby mezi variantami RTP bude využita poslední možnost, kdy za využití metod systémového přístupu je paralelně srovnáváno několik nabídkových projektů na dodávku výrobku (stroje, zařízení, apod.) nebo je prováděn výběr z množství několika variant řešení.

Z výsledků hodnocení vyplyne technicko-ekonomická (TE) úroveň jednotlivých návrhů a cílem je určení pořadí jejich výhodnosti pro následnou realizaci. Porovnání TE úrovně jednotlivých technických objektů není jednoduché, protože TE úroveň je charakterizována soustavou parametrů o různých jednotkách. Problém přímé nesčitelnosti hodnot parametrů se musí řešit různými způsoby agregace těchto hodnot tak, aby bylo možné vyjádřit TE úroveň jedinou hodnotou. K tomuto účelu bylo vypracováno několik postupů, souhrnně označovaných jako metody multikriteriálního hodnocení.

U každého projektu se hodnotí dvě stránky:

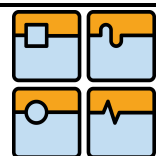
- technická – popisuje funkční vlastnosti projektu
- ekonomická – vyjadřuje náklady na zabezpečení těchto funkcí.

Nejužívanější metody multikriteriálního hodnocení jsou:

- bazická bodovací metoda
- metoda pořadí
- metoda PATTERN. [11]

5.2. Bazická bodovací metoda

Tato metoda patří mezi metody multikriteriálního hodnocení, protože předkládané varianty se posuzují na základě většího počtu různých kritérií. Hodnocená hlediska jsou vyčíslitelná a to významně zjednodušuje proces hodnocení. Použitím bazické bodovací metody se porovnává hodnocená varianta se vzorovým řešením – vzorovým etalonem – bází. Hodnocení konkrétní varianty probíhá jak po stránce technické (označení τ), tak i po ekonomické (označení ζ). Technická i ekonomická hodnota varianty se posléze umísťuje do roviny hodnotícího diagramu ($\zeta = f(\tau)$), kde je její výhodnost patrná ze vztahu k jiným.



Stručnou podstatu metody a postup při aplikaci lze uvést v následujících bodech:

- reprezentativní výběr parametrů (vlastností) vyloučení vzájemně závislých parametrů, jejich počet by měl být omezen na podstatné a spolehlivě zjistitelné;
- stanovení bodovací stupnice, která hodnotí buď kvalitativní, nebo kvantitativní hodnoty parametrů;
- určí se významnost (váha) parametrů;
- provede se hodnocení.

Technická hodnota τ

1. Pro identifikaci varianty se celá řada faktorů, parametrů a vlastností označí symboly T_1, T_2, \dots, T_n , tj. $T = (1, \dots, n)$,

kde n je maximální počet faktorů, parametrů, vlastností, $n =$ obvykle (1;100).

2. Hodnota každého faktoru, parametru a technické vlastnosti se vyjádří pomocí třídníku t_1, t_2, \dots, t_j se stanovenou (zvolenou) stupnicí, tj. $t = (1, \dots, j)$,

kde $t_1 =$ minimální hodnota faktoru, parametru, vlastnosti

$t_j =$ maximální hodnota faktoru, parametru, vlastnosti

dál se stupnice doplní slovním hodnocením:

$t_1 = 0 =$ nevyhovující

$t_2 = 1 =$ velmi slabé

$t_3 = 2 =$ vyhovující

$t_4 = 3 =$ dobré

$t_5 = 4 =$ velmi dobré

$t_6 = 5 =$ výborné (tj. vzorové, ideální, 100%).

Doporučený rozsah stupnice třídníku je $t = (1, 6)$ nebo $t = (1, 10)$. I když je hodnocení faktorů subjektivní, je podloženo objektivně zjistitelnými parametry a vlastnostmi.

Hodnocený faktor, parametr, vlastnost lze vyjádřit i procentuálně:

$$p_\tau = \frac{100}{t_j} [\%] \quad (5.1)$$

3. Relativní technická hodnota n -tého faktoru, parametru, vlastnosti:

$$T_n \cdot t_j \quad (5.2)$$

4. Význam (váha) jednotlivých faktorů, parametrů, vlastností se dle důležitosti rozliší koeficienty g_n :

$$0 \leq g_n \leq 1 \quad (5.3)$$

5. Technický stav hodnocené varianty se určí dle různých hledisek:

$$(\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_j, \dots, \tau_n) = (g_1 * t_1, g_2 * t_2, \dots, g_j * t_j, \dots, g_n * t_n) \quad (5.4)$$

6. Konečná technická hodnota varianty je vyjádřena:

$$\tau = \frac{\sum_{j=1}^n (g_j * t_j)}{\sum_{j=1}^n g_j * t_{max}} = \frac{g_1 * t_1 + g_2 * t_2 + \dots + g_n * t_n}{(g_1 + g_2 + \dots + g_n) * t_j} \leq 1 \quad (5.5)$$

kde g_j je koeficient rozlišující významnost faktorů, parametrů, vlastností;

t_j je hodnota j -tého faktoru, parametru, vlastnosti;

n je počet hodnocených faktorů, parametrů, vlastností.

Konečnou technickou hodnotu lze vyjádřit procentuelně, kdy $\tau \leq 100\%$. Konečná technická hodnota $\tau = 100\%$ je použita např. u zcela nového, továrně vyrobeného produktu nebo ideálního řešení. [11]

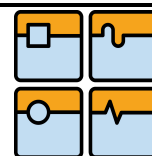
Určení ekonomické hodnoty ζ varianty je založeno na stejném principu jako určení technické hodnoty τ s rozdílem zvolení jiných parametrů.

5.3. Výběr finální varianty RTP

Pro výběr finální varianty pro realizaci RTP je použita bodovací bazická metoda jako metoda multikriteriálního hodnocení návrhů. Pro určení technické úrovně jednotlivých návrhů RTP jsou vybrány tyto parametry, které jsou zvoleny na požadavcích pracovníků IMI Precision Engineering:

- T_1 - Vysoká produktivita RTP
- T_2 - Dobře dostupný servis komponent
- T_3 - Nízká energetická náročnost
- T_4 – Střední doba do servisu robotu
- T_5 - Zkušenosti s výrobcem robotu
- T_6 - Malý zástavbový prostor RTP
- T_7 - Nízký počet periferních zařízení
- T_8 - Vysoká opakovatelná přesnost robotu

Technická úroveň obou variant je určena v tabulce 1. Ekonomická úroveň každé varianty RTP je charakterizována jedním parametrem a to pořizovací cenou RTP v tabulce 2.



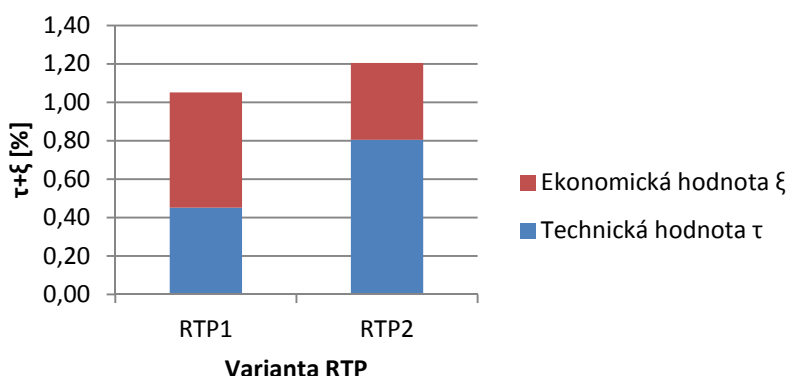
Tab. 1: Technické hodnocení variant RTP

TECHNICKÁ ÚROVEŇ			RTP1			RTP2		
n	vlastnost, parametr - T_n	g_n	t_j	p_τ	τ_n	t_j	p_τ	τ_n
1	Vysoká produktivita RTP	0,8	2	50,00	1,6	4	25,00	3,2
2	Dobře dostupný servis komponent	0,5	4	25,00	2	4	25,00	2
3	Nízká energetická náročnost	0,3	2	50,00	0,6	3	33,33	0,9
4	Střední doba do servisu robotu	0,3	4	25,00	1,2	3	33,33	0,9
5	Zkušenosti s výrobcem robotu	0,8	0	inf	0	4	25,00	3,2
6	Malý zástavbový prostor RTP	0,4	3	33,33	1,2	4	25,00	1,6
7	Nízký počet periferních zařízení	0,5	2	50,00	1	4	25,00	2
8	Vysoká opakovatelná přesnost robotu	0,7	3	33,33	2,1	5	20,00	3,5
Technická hodnota τ			0,45			0,80		

Tab. 2: Ekonomické hodnocení variant RTP


EKONOMICKÁ ÚROVEŇ			RTP1			RTP2		
n	vlastnost, parametr - T_n	g_n	t_j	p_τ	τ_n	t_j	p_τ	τ_n
1	Požizovací cena	0,6	3	33,33	1,8	2	50,00	1,2
Ekonomická hodnota ξ			0,60			0,40		

Z uvedených hodnot lze určit celkovou technicko-ekonomickou úroveň každého RTP tak, že se sečte technická hodnota τ a ekonomická hodnota ξ . Tímto se získá celková TE hodnota RTP1 1,05 a RTP2 1,20. Uvedené hodnoty jsou zobrazeny v diagramu na obr. 5.1.




Obr. 5.1: Celkové technicko-ekonomické zhodnocení variant RTP

Z uvedených výsledků vyplývá, že výhodnější variantou je RTP2, tudíž varianta RTP2 je vybrána jako finální varianta pro realizaci.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 37
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

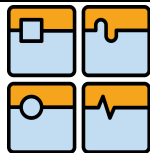
6. Projektová dokumentace vybrané varianty RTP

Tato kapitola podléhá utajení.

Str. 38	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

7. Výpočet ekonomické návratnosti pro vybranou variantu RTP

Tato kapitola podléhá utajení.



8. Řešení RTP z hlediska ergonomie a bezpečnosti

V této kapitole je řešena ergonomie robotizovaného pracoviště, popsány prvky pro bezpečnost provozu RTP vzhledem k člověku. V poslední části je provedena analýza rizik komponent RTP, kdy metodickým přístupem jsou tato rizika snížena na bezpečné hodnoty.

8.1. Ergonomie RTP

Ergonomie je definována jako multidisciplinární obor, který komplexně řeší činnost člověka v rámci pracovního systému, jeho vazby s pracovním vybavením a pracovním prostředím. Cílem je všechny tyto faktory působící na člověka na daném pracovišti optimalizovat vzhledem k pracovní zátěži. [13]

Definice ergonomie dle normy ČSN EN 614-1: 2006 zní: „*Ergonomie (studium lidským činitelů) se zabývá studiem vzájemných interakcí mezi lidmi a dalšími prvky systému. Ergonomie aplikuje teoretické poznatky, zásady, empirická data a metody pro navrhování zaměřené na optimalizaci pohody osob a celkovou výkonnost systému.*“

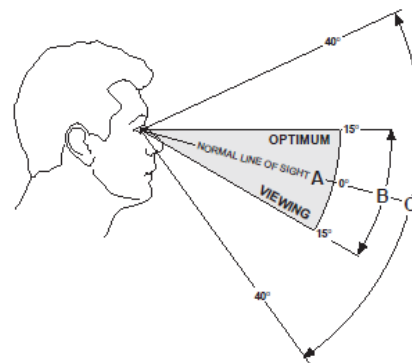
Ergonomie pracovního místa je spjata s pracovním prostředím a potřebami obsluhy pracoviště. Pohoda a výkon pracovníka na daném pracovišti je ovlivněn např. velikostí a uspořádáním pracovního prostoru, mikroklimatickými podmínkami prostředí, vybavením pracoviště, druhem práce, pracovní dobou či pracovními polohami těla a pohyby. [13]

Faktory, kterými lze popsat pracovní místo, zahrnující se pro řešení ergonomie jsou např.:

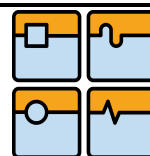
- zorné podmínky (zorný úhel, osvětlení)
- pracovní poloha a pohyby
- pracovní rovina (výška pracovních stolů)
- rozmístění ovladačů a sdělovačů (umístění signalizací, ovládacích tlačítek). [13]

Zorné pole člověka (Obr. 8.1) určuje do jaké výšky a vzdálenosti mají být umístěny informační panely nebo ovládací obrazovky. Optimální zorný úhel člověka je 30° , kdy tento úhel směřuje od horizontální roviny očí směrem dolů – na obr. pásmo B. Pásmo C tvoří maximální zorný úhel. [8]

Na základě těchto informací je voleno umístění dotykové ovládací obrazovky na ochranném oplocení RTP. Při průměrné výšce člověka 175 cm, optimálním zorném úhlu 15° pod horizontální rovinou a vzdálenosti



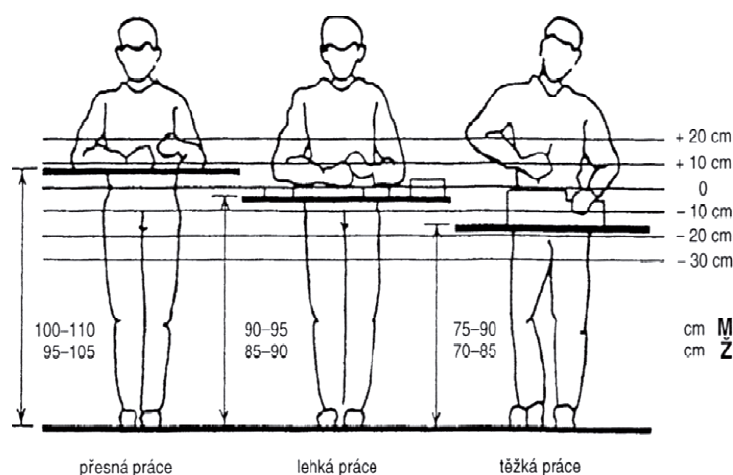
Obr. 8.1: Zorný úhel člověka [8]



člověka od obrazovky 50 cm je střed obrazovky umístěn do výšky 150 cm. Do stejné výšky jsou umístěny i tlačítka „central stop“ pro nouzové zastavení celého RTP.

Výška pracovní roviny je dána konstrukcí pracovního stolu či rovinou obsluhovaného zařízení. Z hlediska charakteru vykonávané práce jsou doporučeny následující výšky pracovních ploch (Obr. 8.2):

- přesná práce – výška 95 až 110 cm, 5 až 10 cm nad úroveň loktů
- lehká práce – výška 85 až 95 cm, 10 až 15 cm pod úroveň loktů
- těžká práce – výška 70 až 90 cm, 15 až 30 cm pod úroveň loktů. [13]



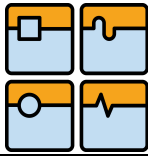
Obr. 8.2: Výšky pracovní plochy v závislosti na charakteru práce [13]

Výška vstupního a výstupního dopravníku, kdy na dopravníky jsou ukládány a odebírány palety, je zvolena na základě ergonomických nároků. Ukládání a odebírání palet je klasifikováno jako lehká práce, tudíž výška dopravníků je zvolena 900 mm.

Další ergonomické požadavky pro přenášení břemen dle nařízení vlády č. 361/2007 Sb. jsou splněny, kdy hmotnost přenášených palet s kusy je přibližně 6 kg. Nařízení udává hygienický limit pro hmotnost přenášeného břemene na 15 kg pro ženy a 25 kg pro muže.

8.2. Bezpečnost provozu RTP

Na bezpečnost RTP je kladen velký důraz, protože se jedná pracoviště obsluhované člověkem. Pracoviště obsahuje mechanická zařízení, která obsahují pohyblivé části, které jsou při provozu nebezpečné pro člověka. Největší nebezpečí úrazu představuje robotické rameno, které se pohybuje ve vymezeném prostoru (pracovním prostoru). Jako bezpečnostní prvky jsou vybrány komponenty firmy Banner z důvodu výborných zkušeností s touto firmou.



Pro bezpečný provoz RTP je celé pracoviště odděleno od okolního prostoru bezpečnostním ochranným oplocením (Obr. 8.3). Pro zabezpečení RTP je vybráno ocelové plotové ochranné oplocení Axelent X-Guard Lite distribuované firmou Haberkorn Ulmer s.r.o.. Toto oplocení plně vyhovuje aktuálním směrnici pro strojní zařízení 2006/42/ES.

Obrázek podléhá utajení.

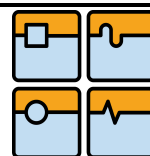
Obr. 8.3: Bezpečnostní ochranné oplocení Axelent

Jedná se o systém sloupků zakotvených v podlaze a panelů s pletivem se standardizovanými rozměry. Pro tuto aplikaci jsou vybrány panely o výšce 1900 mm, kdy jsou umístěny 100 mm nad podlahu, tudíž výsledná výška ochranného oplocení je 2000 mm. Panely lze demontovat speciálním klíčem jen z vnitřní strany, tudíž je zajištěn vstup do RTP pouze dveřmi situovanými na každé straně. Bezpečná vzdálenost pro oplocení od nejvyššího bodu pracovního prostoru robotů Mitsubishi RV-4FLM i RV-7FM je 600 mm.

Dveře jsou uzavíratelné pomocí mechanického zámku Axelent Hitch lock. Součástí zámku je i pouzdro pro uložení bezkontaktního bezpečnostního zámku. Pohled na vstupní dveře na přední stěně oplocení je na obr. 8.4.

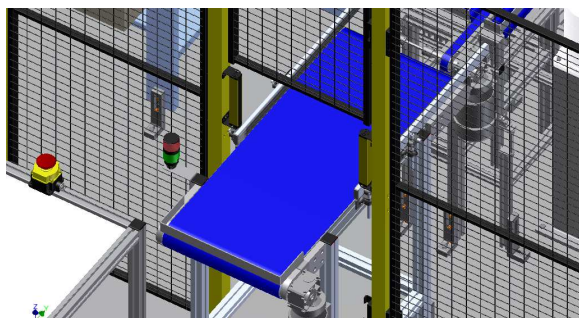


Obr. 8.4: Vstupní dveře RTP s bezpečnostním zámkem a tlačítkem „central stop“



Při vstupu do prostoru RTP je bezpečnostní zámek na dveřích rozpojen a dojde k okamžitému odpojení elektrické energie od zařízení v RTP. Opětovné spuštění pracovního cyklu je možné po uzavření všech vstupních dveří a potvrzením tlačítka na řídicí obrazovce RTP, že ve vnitřním prostoru RTP není přítomna žádná osoba. Pro přepnutí RTP do manuálního režimu, který je potřebný pro údržbu silikonovacích strojů, je nutné zadat heslo na ovládací obrazovce RTP. Při manuálním režimu jsou zastaveny všechny pohyblivé části strojů a odpojena el. energie z testovací stanice. Při tomto režimu je možné otevření bezpečnostních dveří bez odpojení el. energie od všech zařízení.

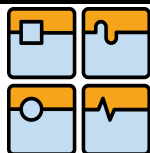
Otvor v bezpečnostním oplocení nad výstupním pásovým dopravníkem je vybaven bezpečnostní světelnou závorou (Obr. 8.5) pro zamezení vložení horní končetiny do pracovního prostoru robotu. Pro tuto funkci je vybrána optická závora Banner EZ-SCREEN TYPE2 QD s aktivním polem 150 mm. Závora je umístěna nad prostor pro paletu s kusy, tudíž paleta nezasahuje do aktivního pole závory při výjezdu z RTP. Do otvoru nad vstupním dopravníkem není umístěna bezpečnostní optická závora, protože pracovní prostor robotu je v dostatečné vzdálenosti od oplocení.



Obr. 8.5: Bezpečnostní optická závora Banner na výstupu z RTP

Nouzové zastavení celého RTP je možné pomocí tlačítek „central stop“ umístěných u všech vstupních dveří (Obr. 8.4), dále na rozvaděči hlavního řídicího systému a na pracovišti stop procentní kontroly a balení. Četné použití tlačítek pro nouzové zastavení RTP zkracuje dobu zastavení pracovního cyklu RTP při výskytu nebezpečí a tím i snížení vzniklých škod. Při nouzovém zastavení RTP jsou spuštěny červené signalizační majáky umístěné na sloupcích oplocení situovaných v rozích. Signalizační majáky jsou spuštěny i při poruše RTP za provozu.

Všechna elektrická zařízení s vysokým napětím jsou označena bezpečnostními štítky se symboly a údaji o nebezpečí úrazu el. proudem. V RTP jsou použita zařízení se značkou shody CE, kdy zařízení je v souladu s požadavky Evropské unie. Dále je nutné dodržovat bezpečnostní předpisy a zásady pro užívání jednotlivých komponent RTP. Tyto bezpečnostní pokyny musí být zahrnuty do předpisů a návodů pro obsluhu a opravu RTP. Obsluhu a opravu komponent RTP smí vykonávat pouze kvalifikovaná a proškolená osoba, jinak hrozí zvýšené nebezpečí úrazu.



8.3. Analýza rizik komponent RTP

Určování rizik strojního zařízení je obsaženo v normě ČSN EN ISO 12100 – *Bezpečnost strojních zařízení - Všeobecné zásady pro konstrukci – Posouzení rizika a snižování rizika*. Analýza rizik se skládá z logických kroků, které umožňují analyzovat a zhodnotit rizika spojená s daným strojním zařízením. Při analýze se uvažuje celý životní cyklus strojního zařízení, který se skládá z:

- výroby
- přepravy, montáže a instalace
- uvedení do provozu
- používání (seřizování, provoz, údržba)
- vyřazení z provozu, demontáž, likvidace. [6], [44]

Při této analýze je nutné identifikovat nebezpečí, odhadnout počáteční riziko daného nebezpečí, dále toto riziko zhodnotit, tudíž určit, zdali je potřebné riziko snižovat či nikoliv. Identifikovatelné riziko je nutné snížit na přijatelnou hodnotu. Dalším parametrem rizika jsou potenciální ohrožené osoby a prostor, v němž nebezpečí hrozí. [6], [44]

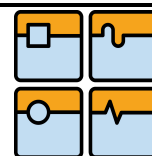
Při snižování počátečního rizika nebezpečí jsou využívány tyto tři možnosti:

- opatřením zabudovaným v konstrukci strojního zařízení
- bezpečnostní ochranou a doplňkovou ochranou strojního zařízení
- informacemi pro používání strojního zařízení. [2], [6], [44]

Dle normy ČSN EN ISO 12100 lze nebezpečí rozdělit do následujících skupin:

1. Mechanické nebezpečí (stlačení, vtažení, pořezání, naražení, atd.)
2. Elektrické nebezpečí (dotykem osob s živými částmi vodiče, atd.)
3. Tepelné nebezpečí (popálení, opaření, atd.)
4. Nebezpečí vytvářená hlukem (trvalá ztráta sluchu, hučení v uších, stres, atd.)
5. Nebezpečí vytvářená vibracemi (vibrace na ruce, celé tělo)
6. Nebezpečí vytvářená zářením
7. Nebezpečí vytvářená minerály a látkami (podráždění kůže, očí, atd.)
8. Nebezpečí vytvářená zanedbáním ergonomických zásad při konstrukci stroje
9. Nebezpečí uklouznutí, zakopnutí a pádu
10. Kombinace nebezpečí
11. Nebezpečí spojená s prostředím, ve kterém je stroj používán. [44]

Pro identifikaci rizika nebezpečí je potřebné určit míru poškození při vzniku nebezpečí, dobu pobytu v oblasti nebezpečí, možnost rozpoznání a vyvarování se nebezpečí a



pravděpodobnost vzniku nebezpečné události. Pro určení hodnoty daného parametru je používána následující stupnice:

1. Míra poškození:

S0 – nehrozí poškození

S1 – lehké zranění

S2 – těžké zranění

S3 – smrt

2. Doba pobytu v oblasti nebezpečí:

A1 – zřídka až častěji

A2 – často až trvale

3. Možnost rozpoznání a vyvarování se nebezpečí:

E1 – možné

E2 – zřídka možné

E3 – sotva možné

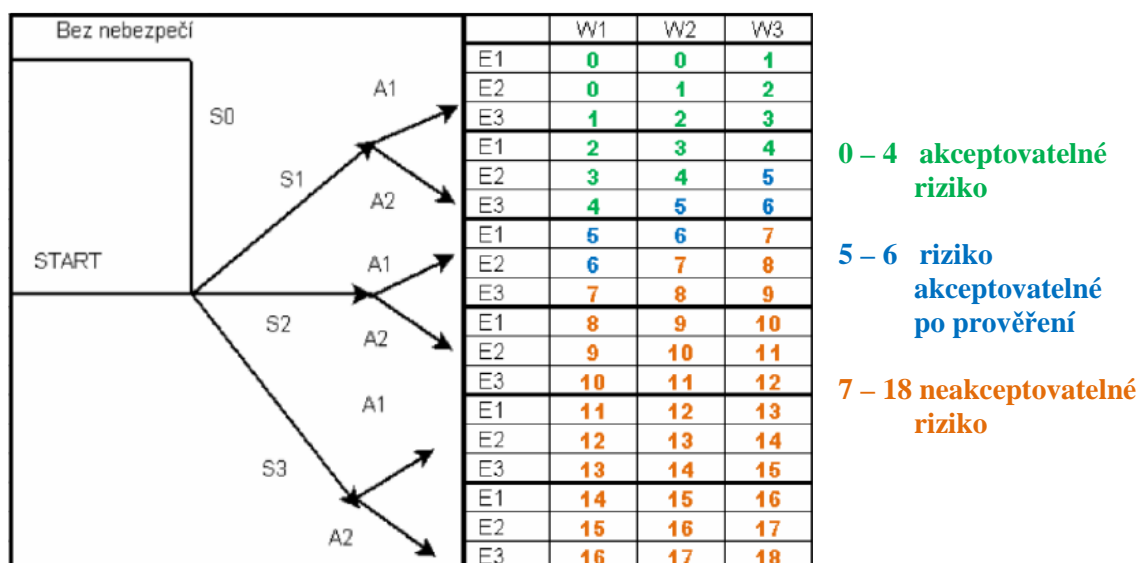
4. Pravděpodobnost vzniku nebezpečné události:

W1 – malá

W2 – střední

W3 – velká

Odhad velikosti rizika daného nebezpečí se určí z diagramu s tabulkou zobrazeného na obr. 8.6. Pro neakceptovatelné riziko musí být učiněno vhodné opatření pro snížení rizika. [2], [6], [44]

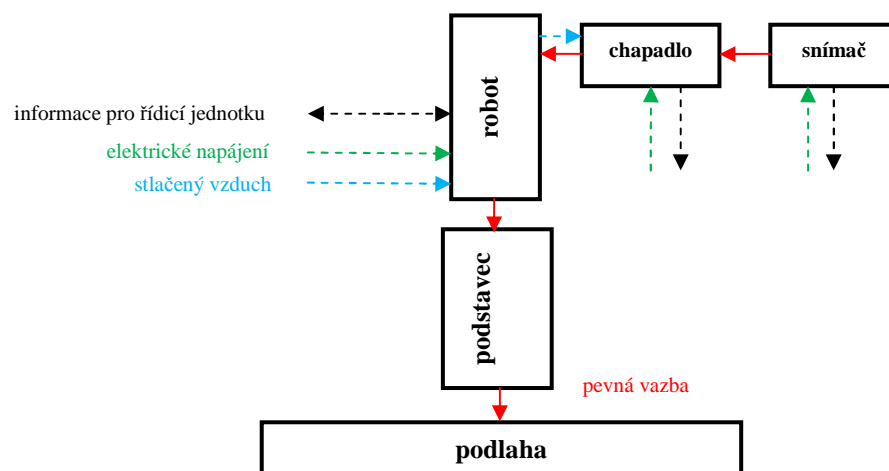


Obr. 8.6: Diagram pro určení rizika nebezpečí [2]

Pro analýzu rizik komponent RTP je analýza omezena jen pro instalaci a používání RTP z důvodu komplexnosti této úlohy. Hlavní komponenty robotizovaného pracoviště jsou dva průmyslové roboty Mitsubishi, vstupní a výstupní pásový dopravník (PS, VD), dva křížové dopravníky (KD1, KD2), dva pracovní stoly se silikonovacími stroji (silikon1, silikon2), vytvrzovací pec a testovací stanice. Pro analýzu jsou vybrána jen nejvýznamnější nebezpečí.

1. Průmyslové roboty

Průmyslové roboty Mitsubishi umístěné na podstavcích slouží k obsluhování silikonovacích strojů a testovací stanice. Koncová příruba robotického ramene je vybavena úchopnou hlavicí s difuzním optickým senzorem. Bezpečnost robotů je zajištěna ochranným oplocením. Hrozí zde však nebezpečí spuštění pracovního cyklu RTP s přítomností člověka v uzavřeném prostoru RTP a tedy jeho úraz. Tato situace může nastat, pokud obsluha RTP omylem spustí RTP, nevšimne si člověka uvnitř. Dalším nebezpečím je stlačení nebo naražení při instalaci robotu na podstavec. Zjednodušené blokové schéma robotu na podstavci je na obr. 8.7. Následuje identifikace rizik v tabulce 3.

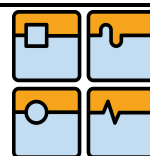


Obr. 8.7: Blokové schéma robotu na podstavci

Tab. 3: Rizika robotů a jejich identifikace

Číslo nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100	Identif. číslo	Označení nebezpečí	Identifikace nebezpečí				Počáteční riziko
			S	A	E	W	
1	1.1	Nebezpečí stlačení nebo naražení robotem	2	1	2	2	7
1	1.2	Nebezpečí stlačení nebo naražení při instalaci robotu	2	1	2	2	7

Identifikovaná rizika robotů je nutné snížit na přijatelnou hodnotu s hodnotou 0 – 6. V tabulce 4 a 5 jsou navržena opatření ke snížení rizika obou nebezpečí.

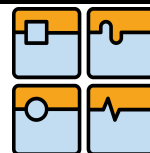


Tab. 4: Odhad vybraného rizika při provozu robotů

VUT v Brně, FSI ÚVSSR	FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA		Stroj: Průmyslové roboty
			Zpracoval: Bc. Jirí Černý
Číslo nebezpečí:	Identif. číslo:	Označení nebezpečí:	
1	1.1	Mechanické nebezpečí - stlačení nebo naražení	
Životní etapa stroje:	Provoz stroje		
Ohrožené osoby:	Personál vykonávající údržbu, seřízení komponent RTP		
Nebezpečný prostor:	Pracovní prostor robotů		
Popis nebezpečné situace/události:	Vážné zranění vlivem zasažení člověka robotickým ramenem v situaci, kdy obsluha spustila pracovní cyklus robotu a nevšimla si člověka uvnitř RTP, resp. v pracovním prostoru robotu.		
Počáteční riziko	Závažnost možné škody na zdraví:	S2 – těžké zranění	Velikost rizika 7
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2 – zřídka možné	
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W2 – střední	
KROK 1: Opatření zabudovaná v konstrukci (dle ČSN EN ISO 12100:2010)			
Popis opatření:	Neexistuje žádné opatření zabudované do konstrukce.		
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví:	S2 – těžké zranění	Velikost rizika 7
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2 – zřídka možné	
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W2 – střední	
KROK 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochrana (dle ČSN EN ISO 12100:2010)			
Popis opatření:	Po uzavření dveří ochranného oplocení je nutné potvrdit absenci člověka uvnitř RTP pomocí tlačítka na ovládací obrazovce RTP. Optická závora na výstupu z RTP pro zamezení vložení horní končetiny do pracovního prostoru robotu skrz výstupní otvor.		
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví:	S2 – těžké zranění	Velikost rizika 6
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2 – možné	
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W1 – střední	
KROK 3: Informace pro používání (dle ČSN EN ISO 12100:2010)			
Popis opatření:	Řádné proškolení osoby obsluhující RTP.		
Zbytkové riziko	Závažnost možné škody na zdraví:	S2 – těžké zranění	Velikost rizika 5
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E1 – zřídka možné	
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W1 – střední	

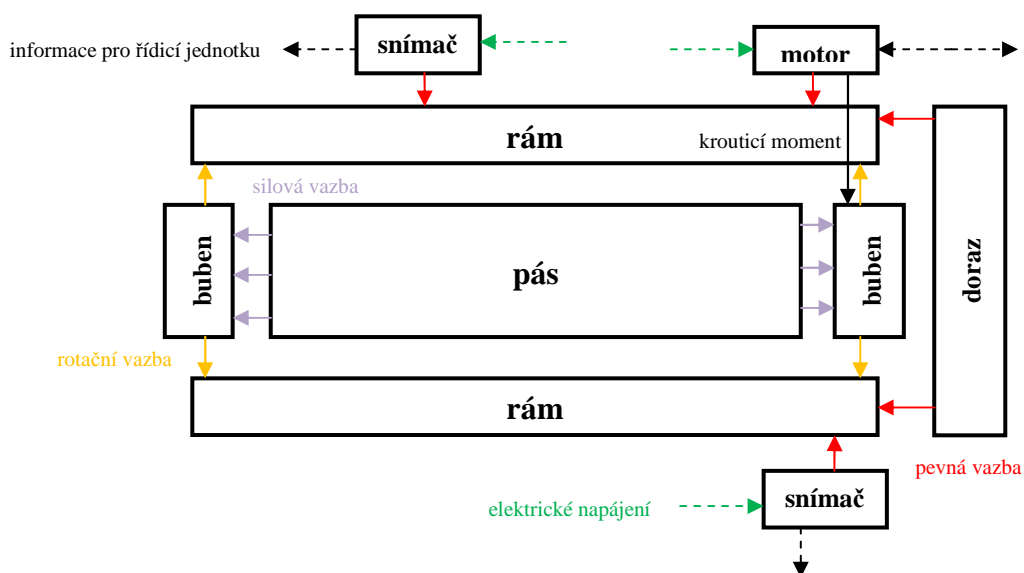
Tab. 5: Odhad vybraného rizika při instalaci robotů

VUT v Brně, FSI ÚVSSR	FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA		Stroj: Průmyslové roboty Zpracoval: Bc. Jiří Černý
Číslo nebezpečí:	Identif. číslo:	Označení nebezpečí:	
1	1.1	Mechanické nebezpečí - stlačení nebo naražení	
Životní etapa stroje:	Instalace stroje		
Ohrožené osoby:	Personál vykonávající instalaci stroje		
Nebezpečný prostor:	Prostor pro instalaci stroje		
Popis nebezpečné situace/události:	Těžké zranění v důsledku neopatrné manipulace s robotem při montáži na podstavec.		
Počáteční riziko	Závažnost možné škody na zdraví:	S2 – těžké zranění	Velikost rizika
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji	7
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2 – zřídka možné	
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W2 – střední	
KROK 1: Opatření zabudovaná v konstrukci (dle ČSN EN ISO 12100:2010)			
Popis opatření:	Odnímatelná konzola se závěsnými oky pro uchycení lana.		
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví:	S2 – těžké zranění	Velikost rizika
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji	6
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E1 – zřídka možné	
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W2 – střední	
KROK 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochrana (dle ČSN EN ISO 12100:2010)			
Popis opatření:	Při instalaci použití ochranných pomůcek – rukavice, pracovní obuv s bezpečnostní špičkou. Použití lan a popruhů s dostatečnou nosností.		
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví:	S2 – těžké zranění	Velikost rizika
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji	5
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E1 – zřídka možné	
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W1 – střední	
KROK 3: Informace pro používání (dle ČSN EN ISO 12100:2010)			
Popis opatření:	Dodržení instrukcí daných výrobcem při montáži. Řádné proškolení osob provádějící montáž.		
Zbytkové riziko	Závažnost možné škody na zdraví:	S2 – těžké zranění	Velikost rizika
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji	5
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E1 – zřídka možné	
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W1 – střední	



2. Vstupní a výstupní dopravníky

Vstupní dopravník sloužící k dopravě palet se CV k pracovním stolům se silikonovacími stroji a výstupní dopravník pro dopravu palet z RTP jsou jedinými strojními zařízeními s pohyblivými částmi, které zasahují i ven z prostoru RTP ohrazeným bezpečnostním oplocením. Zde hrozí nebezpečí úrazu při provozu RTP, kdy může dojít k vtažení a stlačení prstů horní končetiny, např. mezi pás a buben nebo mezi pás a koncový doraz na výstupním dopravníku. Dále hrozí např. úraz elektrickým proudem při dotyku živých částí při instalaci nebo seřizování. Na následujícím zjednodušeném blokovém schématu (Obr. 8.8) je zobrazen výstupní pásový dopravník. V tabulce 6 jsou rizika identifikována.

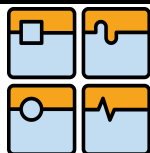


Obr. 8.8: Blokové schéma výstupního dopravníku

Tab. 6: Rizika vstupního a výstupního dopravníku a jejich identifikace





Číslo nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100	Identif. číslo	Označení nebezpečí	Identifikace nebezpečí				Počáteční riziko
			S	A	E	W	
1	1.3	Nebezpečí vtažení a stlačení při pohybu pásu	2	2	1	2	9
2	2.1	Nebezpečí úrazu el. proudem dotykem osob s živými částmi při instalaci či seřizování	3	1	1	2	12

Identifikovaná rizika vstupního a výstupního dopravníku je nutné snížit na přijatelnou hodnotu s hodnotou 0 – 6. V tabulce 7 a 8 jsou navržena opatření ke snížení rizika obou nebezpečí.



Tab. 7: Odhad vybraného rizika při provozu a údržbě dopravníků

VUT v Brně, FSI ÚVSSR	FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA		Stroj: Vstup. a výst. dopravník Zpracoval: Bc. Jiří Černý
Číslo nebezpečí:	Identif. číslo:	Označení nebezpečí:	
1	1.3	Mechanické nebezpečí – vtažení nebo stlačení	
Životní etapa stroje:	Provoz a údržba stroje		
Ohrožené osoby:	Obsluha stroje a osoba vykonávající údržbu		
Nebezpečný prostor:	Bezprostřední okolí stroje		
Popis nebezpečné situace/události:	Těžké zranění v důsledku vtažení části horní končetiny mezi pás a buben nebo mezi pás a koncový doraz na výstupním dopravníku při odebírání palet z dopravníku nebo čištění pásu dopravníku.		
Počáteční riziko	Závažnost možné škody na zdraví:	S2 – těžké zranění	Velikost rizika
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A2 – často až trvale	9
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E1 – možné	
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W2 - střední	
KROK 1: Opatření zabudovaná v konstrukci (dle ČSN EN ISO 12100:2010)			
Popis opatření:	Konstrukční řešení dopravníku, které znemožňuje vložení prstů mezi pás a buben. Vzdálenost dorazu od pásu na výstupním dopravníku je minimální pro zamezení vložení prstů.		
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví:	S1 – těžké zranění	Velikost rizika
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A2 – často až trvale	3
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E1 – možné	
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W2 - střední	
KROK 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochrana (dle ČSN EN ISO 12100:2010)			
Popis opatření:	Žádná bezpečnostní ochrana.		
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví:	S1 – těžké zranění	Velikost rizika
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A2 – často až trvale	3
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E1 – možné	
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W2 - střední	
KROK 3: Informace pro používání (dle ČSN EN ISO 12100:2010)			
Popis opatření:	Řádné proškolení obsluhy a osob provádějící údržbu dopravníků.		
Zbytkové riziko	Závažnost možné škody na zdraví:	S1 – těžké zranění	Velikost rizika
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A2 – často až trvale	2
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E1 – možné	
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W1 - střední	

Str. 50	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	 
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	 

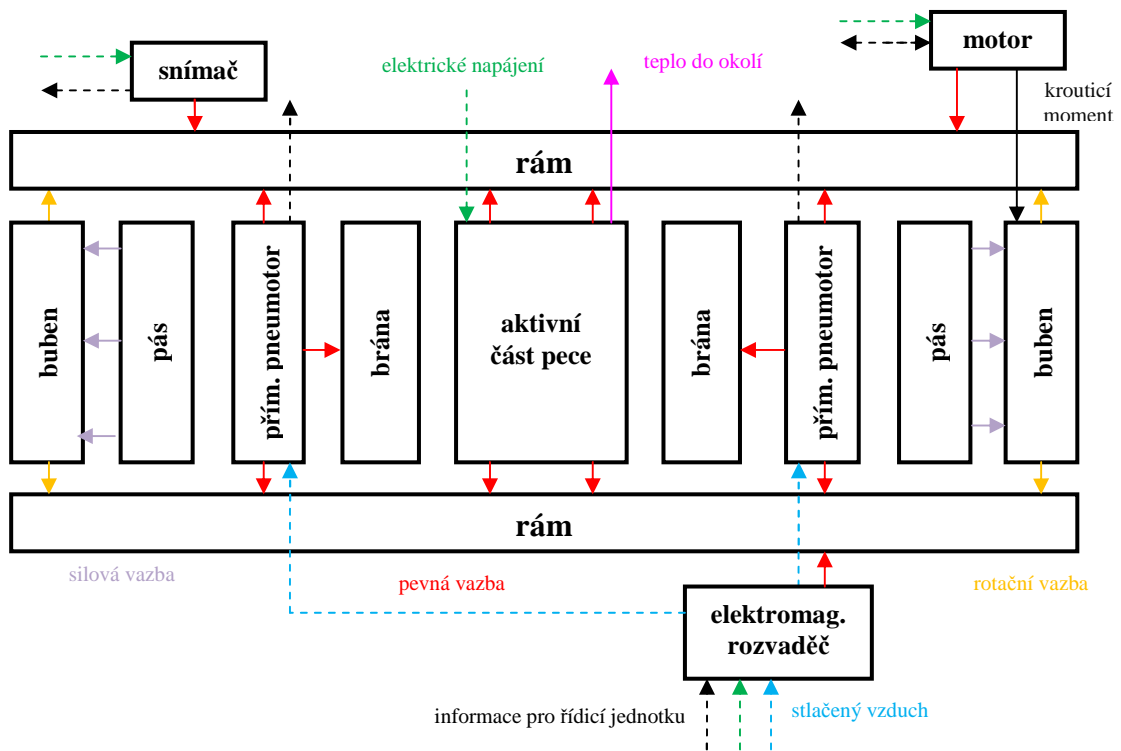
Tab.8: Odhad vybraného rizika při instalaci či seřizování dopravníků

VUT v Brně, FSI ÚVSSR	FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA		Stroj: Vstup. a výst. dopravník Zpracoval: Bc. Jiří Černý
Číslo nebezpečí:	Identif. číslo:	Označení nebezpečí:	
2	2.1	Elektrické nebezpečí – zasažení el. proudem při dotyku s živými částmi	
Životní etapa stroje:	Instalace, seřizování stroje		
Ohrožené osoby:	Personál vykonávající instalaci stroje		
Nebezpečný prostor:	Bezprostřední okolí živých částí stroje		
Popis nebezpečné situace/události:	Smrt či těžké poranění při zásahu el. proudem při zapojování elektrických komponent dopravníku ke zdroji el. energie.		
Počáteční riziko	Závažnost možné škody na zdraví:	S3 – smrt	Velikost rizika 12
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E1 – možné	
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W2 – střední	
KROK 1: Opatření zabudovaná v konstrukci (dle ČSN EN ISO 12100:2010)			
Popis opatření:	Neexistuje žádné opatření zabudované do konstrukce.		
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví:	S3 – smrt	Velikost rizika 12
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E1 – možné	
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W2 – střední	
KROK 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochrana (dle ČSN EN ISO 12100:2010)			
Popis opatření:	Použití proudového chrániče.		
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví:	S2 – těžké zranění	Velikost rizika 6
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E1 – možné	
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W2 – střední	
KROK 3: Informace pro používání (dle ČSN EN ISO 12100:2010)			
Popis opatření:	Seřizování a elektroinstalaci el. prvků může provádět jen řádně proškolená a kvalifikovaná osoba. Označení el. motoru štítkem upozorňující na vysoké napětí.		
Zbytkové riziko	Závažnost možné škody na zdraví:	S2 – těžké zranění	Velikost rizika 5
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E1 – možné	
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W1 – malá	



3. Vytvrzovací pec

Pec slouží k vytvrzení silikonu v CV, které jsou dopraveny pomocí dopravníku do aktivní části pece v transportních paletách. U tohoto stroje hrozí nebezpečí popálení při dotyku horní končetiny s aktivní částí pece při seřizování. Dalším nebezpečím je stlačení či rozdrcení části lidského těla při instalaci pece na dané místo. Na obr. 8.9 je znázorněno zjednodušené blokové schéma vytvrzovací pece. Následuje tabulka 9 s identifikací rizik pece.

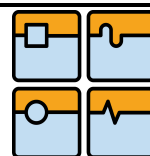


Obr. 8.9: Blokové schéma vytvrzovací pece

Tab. 9: Rizika vytvrzovací pece a jejich identifikace

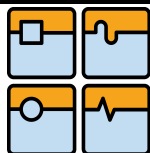
Číslo nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100	Identif. číslo	Označení nebezpečí	Identifikace nebezpečí				Počáteční riziko
			S	A	E	W	
3	3.1	Nebezpečí popálení či opaření při dotyku s aktivní částí pece	2	1	1	2	6
1	1.4	Nebezpečí stlačení či rozdrcení při instalaci	2	1	2	2	7

Identifikovaná rizika vytvrzovací pece je nutné snížit na přijatelnou hodnotu s hodnotou 0 – 6. V tabulce 10 a 11 jsou navržena opatření ke snížení rizika obou nebezpečí.



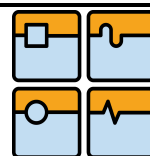
Tab. 10: Odhad vybraného rizika při seřizování pece

VUT v Brně, FSI ÚVSSR		FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA		Stroj: Vytvrzovací pec
				Zpracoval: Bc. Jiří Černý
Číslo nebezpečí:	Identif. číslo:	Označení nebezpečí:		
3	3.1	Tepelné nebezpečí – popálení či opaření		
Životní etapa stroje:	Seřizování stroje			
Ohrožené osoby:	Personál vykonávající seřízení stroje			
Nebezpečný prostor:	Bezprostřední okolí aktivní části pece			
Popis nebezpečné situace/události:	Popáleniny v důsledku dotyku osob aktivní části pece ihned po odpojení přívodu el. energie, kdy nedošlo k dostatečnému ochlazení aktivní části pece.			
Počáteční riziko	Závažnost možné škody na zdraví:	S2 – těžké zranění	Velikost rizika	
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji	6	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E1 – možné		
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W2 - střední		
KROK 1: Opatření zabudovaná v konstrukci (dle ČSN EN ISO 12100:2010)				
Popis opatření:	Neexistuje žádné opatření zabudované do konstrukce.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví:	S2 – těžké zranění	Velikost rizika	
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji	6	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E1 – možné		
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W2 - střední		
KROK 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochrana (dle ČSN EN ISO 12100:2010)				
Popis opatření:	Otevření bezpečnostních zábran na vstupu a výstupu z aktivní části pece až po uplynutí dostatečně dlouhé doby, po kterou se aktivní část ochladí.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví:	S0 – nehrozí poškození	Velikost rizika	
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji	0	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E1 – možné		
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W1 - střední		
KROK 3: Informace pro používání (dle ČSN EN ISO 12100:2010)				
Popis opatření:	Řádné proškolení osob provádějící seřízení pece.			
Zbytkové riziko	Závažnost možné škody na zdraví:	S0 – nehrozí poškození	Velikost rizika	
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji	0	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E1 – možné		
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W1 - střední		



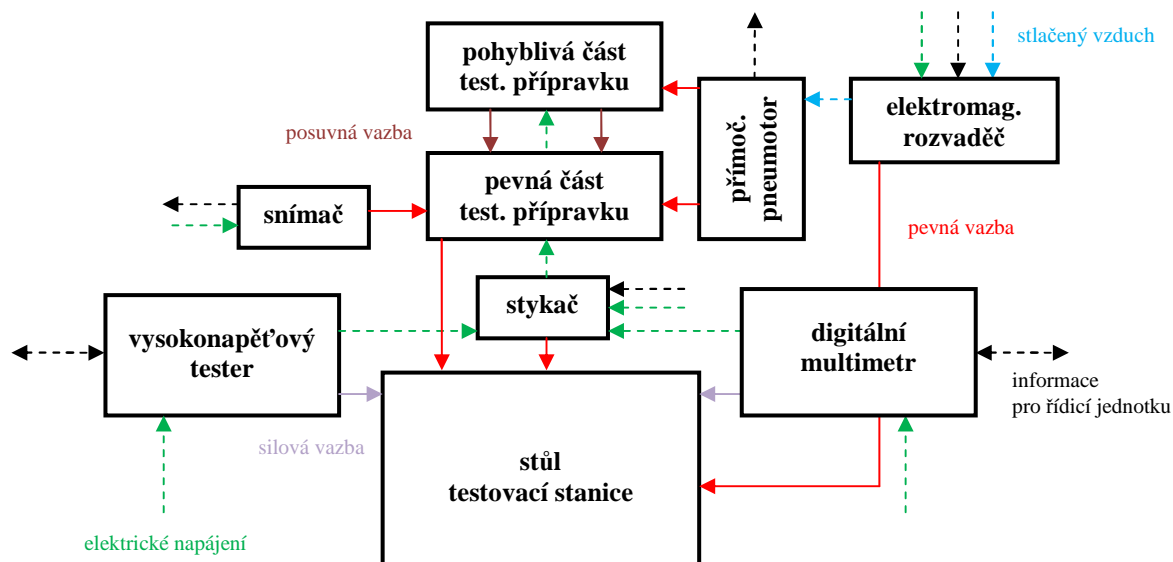
Tab. 11: Odhad vybraného rizika při instalaci pece

VUT v Brně, FSI ÚVSSR	FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA		Stroj: Vytvzovací pec Zpracoval: Bc. Jiří Černý
Číslo nebezpečí:	Identif. číslo:	Označení nebezpečí:	
1	1.4	Mechanické nebezpečí - stlačení nebo rozdrčení	
Životní etapa stroje:	Instalace stroje		
Ohrožené osoby:	Personál vykonávající instalaci stroje		
Nebezpečný prostor:	Prostor pro instalaci stroje		
Popis nebezpečné situace/události:	Těžké zranění v důsledku neopatrné manipulace při přemísťování a instalaci vytvzovací pece na dané místo.		
Počáteční riziko	Závažnost možné škody na zdraví:	S2 – těžké zranění	Velikost rizika
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji	7
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2 – zřídka možné	
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W2 - střední	
KROK 1: Opatření zabudovaná v konstrukci (dle ČSN EN ISO 12100:2010)			
Popis opatření:	Není učiněno žádné opatření pro zabudované do konstrukce.		
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví:	S2 – těžké zranění	Velikost rizika
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji	7
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2 – zřídka možné	
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W2 - střední	
KROK 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochrana (dle ČSN EN ISO 12100:2010)			
Popis opatření:	Pro přemísťování pece pomocí vysokozdvížného vozíku dostatečně zajistit pec pomocí popruhů.		
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví:	S2 – těžké zranění	Velikost rizika
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji	5
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E1 – zřídka možné	
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W1 - střední	
KROK 3: Informace pro používání (dle ČSN EN ISO 12100:2010)			
Popis opatření:	Řádné proškolení osob provádějící přemísťování a instalaci.		
Zbytkové riziko	Závažnost možné škody na zdraví:	S2 – těžké zranění	Velikost rizika
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji	5
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E1 – zřídka možné	
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W1 - střední	



4. Testovací stanice

Testovací stanice je určena k otestování odporu a průrazu CV. Součástí stanice je digitální multimetr pro testování odporu a zařízení pro vysokonapěťový test. CV je uloženo do testovacího přípravku, který obsahuje pohyblivou část ovládanou přímočarým pneumotorem. Stykač umožňuje přivedení či odpojení el. energie do testovacího přípravku a přepínání mezi testery. Na této stanici je vybráno nebezpečí, kdy osoby, které vstoupily do oploceného prostoru RTP, mohou být zasaženy el. proudem o vysokém napětí při dotyku s živými částmi testovacího přípravku. Na obr. 8.10 je zobrazeno zjednodušené blokové schéma testovací stanice. Dále je uvedena tabulka 12 s identifikací rizika.

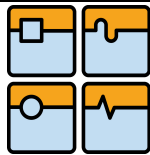


Obr. 8.10: Blokové schéma testovací stanice

Tab. 12: Riziko testovací stanice a jeho identifikace





Číslo nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100	Identif. číslo	Označení nebezpečí	Identifikace nebezpečí				Počáteční riziko
			S	A	E	W	
2	2.2	Nebezpečí zasažení el. proudem při dotyku s živými částmi testovacího přípravku	3	1	1	2	12

Identifikované riziko testovací stanice je nutné snížit na přijatelnou hodnotu s hodnotou 0 – 6. V tabulce 13 jsou navržena opatření ke snížení rizika tohoto nebezpečí.




Tab. 13: Odhad vybraného rizika při provozu, seřizování či údržbě testovací stanice

VUT v Brně, FSI ÚVSSR		FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA		Stroj: Testovací stanice
				Zpracoval: Bc. Jiří Černý
Číslo nebezpečí:	Identif. číslo:	Označení nebezpečí:		
2	2.2	Elektrické nebezpečí – zasažení el. proudem při dotyku s živými částmi		
Životní etapa stroje:	Provoz, seřizování, údržba stroje			
Ohrožené osoby:	Personál vykonávající obsluhu, seřizování a údržbu stroje			
Nebezpečný prostor:	Bezprostřední okolí živých částí testovacího přípravku			
Popis nebezpečné situace/události:	Smrt či těžké poranění při zásahu el. proudem při dotyku s živými částmi (kontakty) testovacího přípravku při provozu, seřízení nebo údržbě testovací stanice.			
Počáteční riziko	Závažnost možné škody na zdraví:	S3 – smrt	Velikost rizika	
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji	12	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E1 – možné		
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W2 - střední		
KROK 1: Opatření zabudovaná v konstrukci (dle ČSN EN ISO 12100:2010)				
Popis opatření:	Neexistuje žádné opatření zabudované do konstrukce.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví:	S3 – smrt	Velikost rizika	
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji	12	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E1 – možné		
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W2 - střední		
KROK 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochrana (dle ČSN EN ISO 12100:2010)				
Popis opatření:	Použití proudového chrániče. Připojení stykače do el. obvodu, který přivede el. proud do testovacího přípravku pouze, pokud je přípravek uzavřen. Odpojení přívodu el. energie od testovací stanice při otevření dveří ochranného oplocení RTP.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví:	S2 – těžké zranění	Velikost rizika	
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji	5	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E1 – možné		
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W1 - střední		
KROK 3: Informace pro používání (dle ČSN EN ISO 12100:2010)				
Popis opatření:	Proškolení osob, které vykonávají obsluhu, seřízení nebo údržbu komponent RTP. Označení testovací stanice štítkem upozorňující na vysoké napětí.			
Zbytkové riziko	Závažnost možné škody na zdraví:	S2 – těžké zranění	Velikost rizika	
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji	5	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E1 – možné		
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W1 - malá		

Str. 56	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky		
	DIPLOMOVÁ PRÁCE		

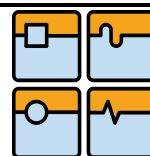
9. Závěr

Tato kapitola podléhá utajení.

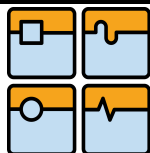
	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 57
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Seznam použitých zdrojů

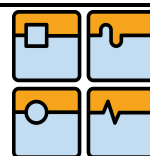
- [1] ČERNÝ, J. *Manipulační operace s průmyslovými roboty*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 56 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Aleš Pochylý.
- [2] FALTA, L. *Robotizované pracoviště pro ukládání 25 kg pytlů maltové směsi na paletu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 89 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr..
- [3] KOLÍBAL, Z. *Průmyslové roboty I.: Konstrukce průmyslových robotů a manipulátorů. PRaM*. Brno: VUT Brno, 1993, 189 s. ISBN 80-214-0526-0.
- [4] KOLÍBAL, Z. *Průmyslové roboty II.: Konstrukce výstupních hlavic a periférií*. Brno: PC DIR, 1993, 165 s. ISBN 80-214-0533-3.
- [5] KOLÍBAL, Z., R. KNOFLÍČEK. *Morfologická analýza stavby průmyslových robotů*. Košice: Viena, 2000, 178 s. ISBN 80-889-2227-5.
- [6] MAREK, J.; P. BLECHA; J. MAREČEK; E. KRČÁLOVÁ. *Management rizik v konstrukci výrobních strojů*. Praha : MM Průmyslové spektrum, 2009. 90 s. ISSN 1212-2572.
- [7] Katalog SCHUNK: *Gripping modules*. SCHUNK GmbH & Co. KG Spann- und Greiftechnik, 2010, 1550 s.
- [8] Firemní materiály IMI Precision Engineering
- [9] BLECHA, P., Z. KOLÍBAL, R. KNOFLÍČEK, A. POCHYLÝ, T. KUBELA, R. BLECHA, T. BŘEZINA. *Mechatronika, Modul 10: Robotika*. 2008. EU - Projekt č. DE/08/LLP-LdV/TOI/147110.
- [10] KÁRNÍK, L. *RTP – NAVRHOVÁNÍ A PRAKTICKÉ APLIKACE: Studijní opora* [on-line]. Ostrava, 2012. [cit. 2015-05-21] Dostupné z www: <<http://projekty.fs.vsb.cz/147/ucebniopory/978-80-248-2725-4.pdf>>.
- [11] KNOFLÍČEK, R. *Mobilní robotické systémy*. Brno: ÚVSSR FSI VUT Brno, 1996.
- [12] KNOFLÍČEK, R. *Roboty a pružné výrobní systémy*. Brno, 2004.
- [13] MAREK, J.; P. SKŘEHOT. *Základy aplikované ergonomie* [on-line]. Praha : VÚBP, v.v.i., 2009 [cit. 2015-05-21]. ISBN 978-80-86973-58-6. Dostupné z www: <<http://www.vubp.cz/ces/soubory/zaklady-aplikovane-ergonomie-publikace.pdf>>.
- [14] RUMÍŠEK, P. *Automatizace: roboty a manipulátory* [on-line]. Brno: 2005 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z www: <http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory_soubory/mechanizace_a_automatizace__roboty__rumisek.pdf>.



- [15] SKAŘUPA, J. *Průmyslové roboty a manipulátory* [on-line]. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2007, 1 CD-R [cit. 2015-05-21]. ISBN 978-80-248-1522-0. Dostupné z www: <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/PRM/Text/Skripta_PRaM.pdf>.
- [16] CONNOLLY, Ch. *Machine Vision Empowers Robots* [on-line]. [cit. 2015-05-21]. Dostupné z www: <<http://www.photonics.com/Article.aspx?AID=37036>>.
- [17] *IFR: International Federation of Robotics* [on-line]. 2015 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z www: <<http://www.ifr.org/industrial-robots/statistics/>>.
- [18] *KUKA: Robotics* [on-line]. 2015 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z www: <http://www.kuka-robotics.com/czech_republic/cs/>.
- [19] *UNIVERSAL ROBOTS* [on-line]. 2015 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z www: <<http://www.universal-robots.cz/>>.
- [20] *Direct Industry Trends* [on-line]. 2015 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z www: <<http://trends.directindustry.com/products/kuka-lbr-iiwa-a-new-era-of-sensitive-robotics-begins/>>.
- [21] *IMI Precision Engineering* [on-line]. 2015 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z www: <www.imi-precision.com>.
- [22] *4LEAN* [on-line]. 2015 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z www: <<http://www.4lean.net/cms/images/stories/demo/>>.
- [23] *Slideshare* [on-line]. 2015 [cit. 2015-05-21]. Slide 33. Dostupné z www: <<http://www.slideshare.net/mkazree/dek3223-chapter-2-robotic>>.
- [24] *Adept: Your intelligent robotics partner* [on-line]. 2015 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z www: <<http://www.adept.com/>>.
- [25] *ABB: Česká republika* [on-line]. 2015 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z www: <www.abb.cz>.
- [26] *Stäubli* [on-line]. 2015 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z www: <www.staubli.cz>.
- [27] *Yaskawa* [on-line]. 2015 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z www: <www.motoman.cz>.
- [28] *FANUC* [on-line]. 2015 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z www: <www.fanucrobotics.cz>.
- [29] *Mitsubishi Electric: Changes for Better* [on-line]. 2015 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z www: <<https://cz3a.mitsubishielectric.com/fa/cs/products/rbt/robot/>>.
- [30] *ROBOTI.CZ: Vše o průmyslových robotech* [on-line]. 2015 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z www: <<http://www.roboti.cz/>>.
- [31] *Denso* [on-line]. 2015 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z www: <<https://www.densorobotics-europe.com/>>.



- [32] *Omron: Průmyslová automatizace* [on-line]. 2015 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z www: <<http://omron.cz/cs/home>>.
- [33] *General Driver Motor: Servomotors* [on-line]. 2015 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z www: <<http://www.generaldrivermotor.com/en/servomotors/>>.
- [34] *FESTO* [on-line]. 2015 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z www: <http://www.festo.com/cms/cs_cz/index.htm>.
- [35] *SCHUNK: Superior Clamping and Gripping* [on-line]. 2015 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z www: <<http://www.cz.schunk.com/schunk/index.html?country=CZE&r=1>>.
- [36] *SMC: Competence in Automation* [on-line]. 2015 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z www: <www.smc.cz>.
- [37] *Zeta: innovative solutions* [on-line]. 2015 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z www: <<http://www.zetaotomasyon.com/index.html>>.
- [38] *Balluff: Products* [on-line]. 2015 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z www: <<http://www.balluff.com/balluff/MCZ/cs/products.jsp>>.
- [39] *Cognex* [on-line]. 2015 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z www: <www.cognex.com>.
- [40] *Keyence* [on-line]. 2015 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z www: <<http://cz.keyence.com/>>.
- [41] *Banner* [on-line]. 2015 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z www: <<http://www.bannerengineering.com/en-EU/>>.
- [42] *EOLA* [on-line]. 2015 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z www: <<http://www.eola.cz/produkty-sluzby/opticka-kontrola-kvality/cteni-kodu-v-prumyslu>>.
- [43] *TME: Electronic Components* [on-line]. 2015 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z www: <http://www.tme.eu/cz/katalog/#id_category=112611&search=agilent&page=1&s_field=accuracy&s_order=DESC>.
- [44] ČSN EN ISO 12100:2010. *Bezpečnost strojních zařízení - Všeobecné zásady pro konstrukci – Posouzení rizika a snižování rizika* [on-line]. Praha: Český normalizační institut, 2011.



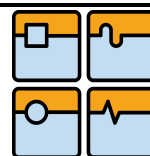
Seznam použitých symbolů a zkratek

<u>Symbol</u>	<u>Jednotka</u>	<u>Význam symbolu</u>
g_n	[-]	Váha faktorů, parametrů při multikriteriálním hodnocení
n	[-]	Počet hodnocených faktorů při multikriteriálním hodnocení
p_τ	[%]	Procentuální hodnota faktoru při multikriteriálním hodnocení
t_j	[-]	Hodnota faktoru při multikriteriálním hodnocení
ξ	[-]	Ekonomická hodnota varianty při multikriteriálním hodnocení
τ	[-]	Technická hodnota varianty při multikriteriálním hodnocení

<u>Zkratka</u>	<u>Význam zkratky</u>
6-DOF	Šest stupňů volnosti (6 Degree of Freedom)
A1	Doba pobytu v oblasti nebezpečí – zřídka až častěji
A2	Doba pobytu v oblasti nebezpečí – často až trvale
CAD/CAM	Computer Aided Design/Manufacturing
CAPP	Computer Aided Process Planning
CIM	Computer Integrated Manufacturing
CV	Cartridge valve, Valve cartridge
E1	Možnost rozpoznání a vyvarování se nebezpečí - možné
E2	Možnost rozpoznání a vyvarování se nebezpečí – zřídka možné
E3	Možnost rozpoznání a vyvarování se nebezpečí – sotva možné
I/O	Input/Output, vstup/výstup
Nový silikon	Silikonovací pracoviště se strojem Bartec 1000
PN	Part Number, číslo výrobku
PR	Průmyslový robot
RTP	Robotizované technologické pracoviště
S0	Míra poškození – nehrozí nebezpečí
S1	Míra poškození – lehké zranění
S2	Míra poškození – těžké zranění
S3	Míra poškození - smrt
silikon1	Silikonovací pracoviště se strojem Bartec 1000
silikon2	Silikonovací pracoviště se strojem Bartec 300
Starý silikon	Silikonovací pracoviště se strojem Bartec 300
T	Označení faktoru, parametru při multikriteriálním hodnocení
VN test	Vysokonapěťový test
W1	Pravděpodobnost vzniku nebezpečné události - malá
W2	Pravděpodobnost vzniku nebezpečné události - střední
W3	Pravděpodobnost vzniku nebezpečné události - velká

Seznam obrázků, grafů a tabulek

<i>Obr. 1.1: Statistika počtu prodaných průmyslových robotů v jednotlivých letech.....</i>	10
<i>Obr. 1.2: Průmyslový robot KUKA LBR iiwa schopný kooperace se člověkem</i>	11
<i>Obr. 2.1: Logo firmy.....</i>	12
<i>Obr. 2.2: Grafika propagace výrobků pro komerční vozidla</i>	12
<i>Obr. 2.3: Elektromagneticky ovládaný ventilový blok E13-MP</i>	12
<i>Obr. 2.4: Představitel předmětu manipulace</i>	13
<i>Obr. 3.1: PR se sériovou kinematikou – polohovací, orientační a lokomoční ústrojí.....</i>	15
<i>Obr. 3.2: Pracovní prostory PR – a) kartézský, b) cylindrický, c) sférický, d) angulární</i>	16
<i>Obr. 3.3: Válcový pracovní prostor robotu SCARA</i>	17
<i>Obr. 3.4: Pracovní prostor Delta robotu</i>	17
<i>Obr. 3.5: Šestiosý robot s nejvyšší nosností KUKA KR 1300 TITAN PA.....</i>	18
<i>Obr. 3.6: Paletizační robot KUKA KR 700 PA s nosností 700 kg</i>	19
<i>Obr. 3.7: SCARA robot Omron XG</i>	20
<i>Obr. 3.8: Speciální konstrukce robotu SCARA Mitsubishi Electric řada RP</i>	20
<i>Obr. 3.9: Delta robot ABB IRB 360 FlexPicker.....</i>	21
<i>Obr. 3.10: Aplikace Delta robotu v potravinářském průmyslu</i>	21
<i>Obr. 3.11: Elektrické motory na robotu KUKA KR QUANTEC PRO</i>	22
<i>Obr. 3.12: AC servomotor firmy General Driver Motor pro PR</i>	22
<i>Obr. 3.13: Řídicí systém FANUC R-30iB B-Cabinet s ovládacím panelem.....</i>	22
<i>Obr. 3.14: Řídicí systém Mitsubishi CR750-D</i>	22
<i>Obr. 3.15: Hlavní pohyby robotu – a) obecný, b) lineární, c) kruhový.....</i>	23
<i>Obr. 3.16: Úchopné hlavice – a) paralelní 2-čelistové pneum. chapadlo SCHNUK, b) úhlové pneum. chapadlo SCHUNK, c) paralelní 3-čelistové elekt. chapadlo SMC</i>	25
<i>Obr. 3.17: Chapadlo s kompenzační jednotkou</i>	25
<i>Obr. 3.18: Princip činnosti kompenzační jednotky</i>	25
<i>Obr. 3.19: Příklad robotizovaného pracoviště</i>	29
<i>Obr. 3.20: Indukční snímače Balluff</i>	30
<i>Obr. 3.21: Optoelektronické snímače firmy Balluff</i>	30
<i>Obr. 3.22: Čtečka 1D a 2D kódů Cognex Dataman.....</i>	31
<i>Obr. 3.23: Čtení 2D kódu na výrobku čtečkou Cognex.....</i>	31
<i>Obr. 3.24: Kamerové senzory Keyence řady IV</i>	31
<i>Obr. 3.25: Kamerový systém Keyence.....</i>	31
<i>Obr. 3.26: „Inteligentní“ kamera Cognex In-Sight Micro.....</i>	31



<i>Obr. 5.1: Celkové technicko-ekonomické zhodnocení variant RTP.....</i>	36
<i>Obr. 8.1: Zorný úhel člověka</i>	39
<i>Obr. 8.2: Výšky pracovní plochy v závislosti na charakteru práce</i>	40
<i>Obr. 8.3: Bezpečnostní ochranné oplocení Axelent</i>	41
<i>Obr. 8.4: Vstupní dveře RTP s bezpečnostním zámkem a tlačítkem „central stop“</i>	41
<i>Obr. 8.5: Bezpečnostní optická závora Banner na výstupu z RTP</i>	42
<i>Obr. 8.6: Diagram pro určení rizika nebezpečí.....</i>	44
<i>Obr. 8.7: Blokové schéma robotu na podstavci</i>	45
<i>Obr. 8.8: Blokové schéma výstupního dopravníku</i>	48
<i>Obr. 8.9: Blokové schéma vytvrzovací pece</i>	51
<i>Obr. 8.10: Blokové schéma testovací stanice</i>	54
<i>Tab. 1: Technické hodnocení variant RTP</i>	36
<i>Tab. 2: Ekonomické hodnocení variant RTP</i>	36
<i>Tab. 3: Rizika robotů a jejich identifikace.....</i>	45
<i>Tab. 4: Odhad vybraného rizika při provozu robotů.....</i>	46
<i>Tab. 5: Odhad vybraného rizika při instalaci robotů.....</i>	47
<i>Tab. 6: Rizika vstupního a výstupního dopravníku a jejich identifikace</i>	48
<i>Tab. 7: Odhad vybraného rizika při provozu a údržbě dopravníků</i>	49
<i>Tab. 8: Odhad vybraného rizika při instalaci či seřizování dopravníků</i>	50
<i>Tab. 9: Rizika vytvrzovací pece a jejich identifikace.....</i>	51
<i>Tab. 10: Odhad vybraného rizika při seřizování pece.....</i>	52
<i>Tab. 11: Odhad vybraného rizika při instalaci pece</i>	53
<i>Tab. 12: Riziko testovací stanice a jeho identifikace.....</i>	54
<i>Tab. 13: Odhad vybraného rizika při provozu, seřizování či údržbě testovací stanice.....</i>	55

Seznam příloh

Přílohy podléhají utajení.