

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky a
komunikačních technologií

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Brno, 2022

Matej Krajčovič



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY
A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ**

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

**POROVNÁNÍ KOLABORATIVNÍCH A
NEKOLABORATIVNÍCH ROBOTŮ**

COMPARISON OF COLLABORATIVE AND NON-COLLABORATIVE ROBOTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Matej Krajčovič

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Tomáš Macho, Ph.D.

BRNO 2022

Bakalářská práce

bakalářský studijní program **Automatizační a měřicí technika**

Ústav automatizace a měřicí techniky

Student: Matej Krajčovič **ID:** 203265 **Ročník:** 3 **Akademický rok:** 2021/22

NÁZEV TÉMATU:

Porovnání kolaborativních a nekolaborativních robotů

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Seznamte se s problematikou kolaborativních a nekolaborativních robotů, popište hlavní rozdíly mezi oběma kategoriemi robotů.
2. Navrhněte vhodnou úlohu, na kterých byste demonstroval rozdíly mezi oběma kategoriemi robotů a oblast jejich použití.
Pro úlohu vyberte vhodné roboty vyráběné firmou ABB.
3. Úlohu realizujte při použití obou kategorií robotů.
4. Vyhodnoťte dosažené výsledky a na jejich základě porovnejte obě kategorie robotů.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Robot nebo kobot? V čem se liší? Talentica [online]. ČR: Eva Vaculíková, 2018,
5. 4. 2018 [cit. 2019-12-18]. Dostupné z: <https://www.talentica.cz/robot-nebokobot/>

Termín zadání: 7.2.2022

Termín odevzdání: 23.5.2022

Vedoucí práce: Ing. Tomáš Macho, Ph.D.

doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.
předseda rady studijního programu

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

Bakalárska práca bola zameraná na porovnanie kolaboratívnych a nekolaboratívnych robotov od firmy ABB. V súčasnosti sa vývoj kolaboratívnych robotov napreduje. V bakalárskej práci sa nachádza charakteristika kolaboratívnych a nekolaboratívnych robotov. Kolaboratívne roboty vedia spolupracovať s človekom, čo vedia firmy využiť pri viacerých aplikáciach. Od nekolaboratívnych robotov sa odlišujú nosnosťou, dosahom, cenou a časom cyklu. Výsledky boli dosiahnuté pomocou simulácie z programu Robotstudio a z príslušných dokumentov ku kolaboratívnym a nekolaboratívnym robotom.

Klíčová slova

Robot – stroj pre prácu väčšinou v priemysle

Kobot – robot, ktorý je schopný naučiť sa viacero úloh, aby mohol pomáhať ľuďom.

Kontroler - mechanizmus, ktorý riadi činnosť stroja

Simulácia – Niečo zobrazené s cieľom zakryť alebo poukázať na skutočnosť.

Gripper - mechanizmus ktorý sa uchytáva na prírubu robota

Abstract

The bachelor thesis was focused on comparing collaborative and non-collaborative robots from ABB. Currently, the development of collaborative robots is advancing. The bachelor thesis contains the characteristics of collaborative and non-collaborative robots. Collaborative robots are capable of working with humans, which companies can use in multiple applications. They differ from non-collaborative robots in load capacity, reach, price and cycle time. The results were achieved using simulations from the Robotstudio program and from the relevant documents for collaborative and non-collaborative robots.

Keywords

Robot – machine for work mostly in industry

Cobot – a robot that is capable of learning multiple tasks so it can assist human beings.

Controller – a mechanism that controls the operation of a machine

Simulation – Something displayed to obscure or point to reality.

Gripper – the mechanism that grips has a robot flange

Bibliografická citace

KRAJČOVIČ, M. *Porovnání kolaborativních a nekolaborativních robotů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky, 2022. 48 s., 0 s. příloh.
Bakalářská práce. Vedoucí práce: Ph.D. Ing. Tomáš Macho, Ph.D.

Prohlášení autora o původnosti díla

Jméno a příjmení studenta: *Matej Krajčovič*

VUT ID studenta: *206 265*

Typ práce: *Bakalářská práce*

Akademický rok: *2021/22*

Téma závěrečné práce: *Porovnání kolaborativních a nekolaborativních robotů*

Prohlašuji, že svou závěrečnou práci jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucí/ho závěrečné práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne: 19.5.2022

podpis autora

Obsah

ZOZNAM OBRÁZKOV	8
ZOZNAM TABULIEK	9
ÚVOD	10
1. NEKOLABORATÍVNE ROBOTY	11
1.1 HISTÓRIA ROBOTOV	11
1.2 PRIEMYSELNÝ ROBOT, JEHO APLIKÁCIE A ROZDELENIE	14
2. KOLABORATÍVNE ROBOTY	19
2.1 HISTÓRIA	19
2.2 KOLABORATÍVNE ROBOTY A SÚČASNOSŤ	19
2.3 KOLABORATÍVNE ROBOTY A ROZDIELY	20
2.4 KOBOT	21
3. POROVNANIE ROBOTOV	22
3.1 PREDSTAVENIE ÚLOHY	22
3.2 TYPY ROBOTOV K ZÁKAZKE	23
3.3 POROVNANIE CIEN ROBOTOV	27
3.4 NOSNOSŤ ROBOTOV	28
3.5 DOSAHY ROBOTOV	30
3.6 BEZPEČNOSŤ PRACOVISKA	34
3.7 PROGRAMOVANIE	37
3.8 POROVNANIE ČASU CYKLU A RÝCHLOSŤ DANÝCH ROBOTOV	41
3.9 ROZBOR NA ZÁKLADE VÝSLEDKOV	41
4. ZÁVER	43
LITERATURA	44
ZOZNAM SKRIATIEK	46
ZOZNAM PRÍLOH	47

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obrázok 1 - Prvý digitálny programovateľný robot [3]	12
Obrázok 2 - HONDA ASIMO [5]	13
Obrázok 3 – Robonaut 2 [6].....	13
Obrázok 4 – ABB 910SC SCARA [13].....	17
Obrázok 5 - ABB IRB 360 FlexPicker [14].....	18
Obrázok 6 - Pracovisko zo simulácie v Robotstudiu s kolaboratívnym robotom IRB 14050.....	23
Obrázok 7 – Kolaboratívny robot ABB IRB 14050 [23]	24
Obrázok 8 - Kolaboratívny robot ABB „SWIFTI“ CRB1100 [29].....	25
Obrázok 9 – Nekolaboratívny robot ABB IRB 1100 [11]	26
Obrázok 10 – Nokolaboratívny robot ABB IRB 1300 [12]	27
Obrázok 11 - Neolaboratívny robot ABB IRB 1300 [33].....	27
Obrázok 12 - Diagram zaťaženia pre kolaboratívny robot ABB IRB 14050[31]	29
Obrázok 13 - Tabuľka nosnosti pre nekonaboratívny robot IRB 1300 [33]	29
Obrázok 14 - Diagram zaťaženia pre nekonaboratívny robot IRB1100 [30].....	30
Obrázok 15 - Tabuľka nosností kolaboratívneho robota CRB 1100 [34]	30
Obrázok 16 - Dosahy pre kolaboratívny robot IRB 14050 [32].....	32
Obrázok 17 - Dosahy pre robot nekonaboratívny IRB1100 [30]	33
Obrázok 18 - Dosahy pre kolaboratívny robot CRB1100 [34]	33
Obrázok 19 - Dosahy pre robot kolaboratívny IRB1300 [33].....	34
Obrázok 20 - Bezpečnostné predpisy [28]	35
Obrázok 21 - Rozdelenie pracovísk [28]	36
Obrázok 22 – SafeMove [21].....	37
Obrázok 23 - ABB IRC5 [36].....	37
Obrázok 24 - ABB Omnicore [35].....	38
Obrázok 25 - ABB Human Inreraction Supervision [28]	38
Obrázok 26 - ABB Flexpendant [35]	39
Obrázok 27 - Robotstudio [25]	40
Obrázok 28 - ABB Wizard easy programing [29]	40

ZOZNAM TABULIEK

Tabuľka 1 -Maximálne rýchlosti jednotlivých osí vybraných robotov	41
---	----

ÚVOD

V posledných rokoch bol zaznamenaný nárast vývoja kolaboratívnych robotov. Zvýšila sa nie len ponuka, ale aj predaj týchto robotov. Už aj viacero malých podnikov začína automatizovať linky, no uvedomujú si aj problém ktorým je stúpajúca nezamestnanosť spojená s automatizáciou. Kolaboratívnymi robotmi vieme tento trend spomaliť. Na druhej strane sú kolaboratívne roboty stále len vo vývoji, preto sa na niektoré práce uprednostňujú nekolaboratívne priemyselné roboty.

Mojím cieľom bakalárske práce je predstaviť obe tieto kategórie priemyselných robotov a porovnať ich rozdiely. Tieto rozdiely budem prezentovať na základe mojich poznatkov z práce, kde sme presne daný problém riešili.

1. NEKOLABORATÍVNE ROBOTY

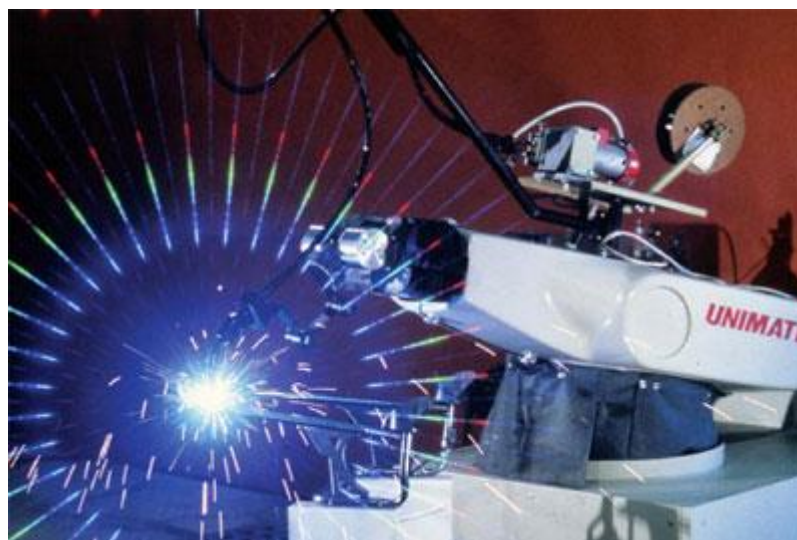
V nasledujúcom texte je predstavený nekolaboratívny robot.

1.1 História robotov

Ak hovoríme o automatizácii ako takej, história siaha až do starého antického Grécka, kde Ktésibios vďaka znalostiam z hydrauliky vytvoril hodiny s pohyblivými postavičkami. V roku 1206 arabský učenec Al-Džazári vytvoril prvý programovateľný robot. V tej dobe mali tieto automatické stroje za úlohu hlavne pobaviť ľudí, preto tento prvý programovateľný robot bola loďka so štvoricou muzikantov, ktorá sa plavila na jazere a zabávala hostí. Jeden z týchto muzikantov bol aj bubeník, ktorý dokázal zahrať rôzne rytmy. Jednotlivé rytmy sa dali dopredu pripraviť. [1]

Na prelome 19. a 20. storočia nastal veľký technologický pokrok, ktorý bol zapríčinený aj vďaka priemyselnej revolúcii. Objavili sa napríklad na diaľku riadené torpéda, riadená strela, či lietadlo ovládané na diaľku, dnes známe pod pojmom dron. Slovo robot bolo prvýkrát použité v diele R.U.R., ktoré napísal český spisovateľ Karel Čapek v roku 1921. Pojem robot rýchlo nahrádza označenie autotron. V roku 1939 predstavili model s názvom Elektro, robota, ktorý dokázal hýbať rukami, ramenami, dokázal fajčiť, na povel kráčať, dokonca aj hovoriť pomocou nahrávok slov, ktoré mal uložené. Ďalším míľnikom je rok 1942 kedy Spisovateľ Isaac Asimov spísal v poviedke Runaround tri zákony robotiky.

O devätnásť rokov neskôr vytvoril George Dewol Unimate čo bol prvý digitálne programovateľný robot. Po patentovaní tento robot v tom istom roku nainštalovali do továrne General Motors v Trentone (New Jersey). [2]



Obrázok 1 - Prvý digitálny programovateľný robot [3]

Ďalší vzrušujúci rok pre robotiku bol rok 1974, kedy vtedajší študent MIT David Silver navrhol a ako prvý zostrojil robotické rameno, ktoré dokáže nahradiť ľudské ruky. Pomocou dotykových a tlakových senzorov zvládalo aj jemnú motoriku a poskytovalo spätnú väzbu operátorovi. V tom istom roku spoločnosť FANUC (Factory Automation Numerical Control) vyvinula a nainštalovala vo svojej továrni v Japonsku robotické ramená, ktoré využívala na montážne účely. V rokoch 1988 a 1989 sa podarilo prvým špeciálnym šachovnicovým programom Deep Thought a HiTech zvíťaziť nad šachovými majstrami. [3]

Robotický pes od spoločnosti Sony s názvom AIBO bol predstavený verejnosti v máji 1999. V tom istom roku ho začali predávať na japonskom a americkom trhu. Na japonskom trhu sa vypredalo všetkých 3000 kusov tohto výrobku za 20 minút. [4]

O rok neskôr bol zostrojený humanoid od spoločnosti Honda s názvom ASIMO, ktorý bol vysoký 1,2 metra a jeho vývoj trval až do roku 2011. Tento humanoid môže byť využitý na rôzne účely, či už na verejných miestach, ale aj pri kancelárskych prácach. [5]



Obrázok 2 - HONDA ASIMO [5]

V roku 2011 tiež odletel na medzinárodnú vesmírnu stanicu (ISS) Robonaut 2, ktorý pomáha astronautom na tejto vesmírnej stanici. [6]



Obrázok 3 – Robonaut 2 [6]

1.2 Priemyselný robot, jeho aplikácie a rozdelenie

Priemyselné roboty sú automaticky ovládané viacúčelové manipulátory, ktoré vieme programovať v troch alebo viacerých osiach. Tieto osy môžu byť buď pevne pripevnené na mieste alebo môžu byť dané voľne a sú pohyblivé. Vieme s nimi automatizovať extrémne širokú škálu procesov. Dnes môžeme vidieť plne automatizované výrobné linky, ktoré sa môžu skladať aj z viacerých robotov. Tieto linky odstraňujú ľudských operátorov z nebezpečných prostredí. Linky sú zabezpečené pomocou nových, stále sa vyvíjajúcich intuitívnych jazykov. Pracovný priestor robota je vymedzený zábranami, ktoré bránia prístupu ľudského operátora. Samozrejme tieto zábrany zaberajú veľa miesta a spolupráca s človekom je nemožná, preto sa tieto roboty najčastejšie využívajú tam, kde môžu byť plne automatizované linky, ako napríklad v automobilovom priemysle. [7]

Priemyselné roboty sa používajú v rôznych fabrikách a vieme ich rôzne aplikovať, napríklad v:

Manipulácia:

S robotom sme schopní uchopiť a manipulovať so širokou škálou produktov, od automobilových dverí až po veľmi krehké veci, ako sú napríklad vajcia. Priemyselné roboty sú rýchle a výkonné, rovnako aj obratné a citlivé. Manipuláciou myslíme všetky vyzdvihnutia a umiestnenia, ktoré robot spraví s produktom alebo časťou produktu od dopravnej linky po balenie alebo robot obsluhuje stroje, kde dodáva suroviny do spracovateľských zariadení, ako sú napríklad vstrekovacie stroje, frézy, lisys atď.

Paletizácia:

Aplikácia, pri ktorej robot nakladá finálny produkt na paletu v definovanom vzore. Robot sa pri nakladaní na paletu spolieha na pevnú pozíciu. Existuje aj robot so špeciálnym náradím, ktoré je prepojené s komponentmi nákladu. Na palete tak robot vytvára jednoduché aj zložité vzory vrstiev, ktoré dbajú na stabilitu nákladu počas prepravy. Paletizáciu vieme rozdeliť na tri primárne typy:

priame alebo vrstvové formovanie

vykládka, kedy daný produkt dáva robot z palety von

typ, kedy robot nakladá aj vykladá produkt

Rezanie:

Rezanie je pre človeka veľmi nebezpečné. Poznáme veľa prípadov, kedy sa pracovníkom stal úraz pri vykonávaní tejto činnosti, kde môžu byť následky chyby fatálne až tragické. Preto väčšina firiem začína na túto aplikáciu používať roboty. Do robota možno naprogramovať stovky rôznych rezných dráh, ktoré vieme aplikovať s veľkou presnosťou. Na roboty existuje už široká škála rezačiek ako napríklad laserové, plazmové či vodné tryskové rezačky.

Dokončovacie práce:

Roboty sú schopné produkt upraviť aj podľa náročných špecifikácií zákazníka. Nemajú problém s akoukoľvek úpravou ľubovoľného materiálu. Výsledkom je požadovaná kvalita povrchovej úpravy. Pri tejto aplikácii roboty môžu dané produkty brúsiť, orezávať, vyťahovať, leštiť alebo čistiť.

Tesnenie a lepenie:

Pri tejto aplikácii využívame veľkú presnosť robota, ktorý vie nanášať tmel presne po určenej trajektórii. Rýchlosť potrebnú na naniesenie dostatočnej vrstvy tmelu v danom mieste, taktiež zabezpečuje rovnomerné naniesenie vrstvy. Pri tesneniach musí byť robot opatrný, keďže napríklad pri utesnení okien v automobilovom priemysle sa vyžaduje presnosť a dodržanie množstva tesniacej látky.

Striekanie:

Farby a nátery sú väčšinou postavené na báze rozpúšťadiel a preto môžu byť pre človeka nebezpečné. Okrem poranení kože môže mať človek problémy napríklad s dýchacími cestami. Kvôli tomuto sa začali pri nanášaní farieb používať roboty, ktoré majú zvyčajne tenké ruky a malú váhu, aby čo najviac napodobnili aplikačnú techniku človeka.

Zváranie:

Roboty, ktoré sa používajú na zváranie vyrábajú presné zvary, taktiež kontrolujú všetky parametre pri tejto aplikácii ako napríklad výkon, posuv drôtu alebo tok plynu.

[8]

Aj napriek týmto aplikáciám je nevyhnutný ďalší vývoj a napredovanie robotiky. Poznáme mnoho druhov priemyselných robotov, ktoré vieme triediť z mnohých hľadísk. Rozdeľujeme ich napríklad:

Podľa funkcie :

- Jednouúčelové
- Univerzálne

Podľa konštrukčného usporiadania :

- So sériovou kinematickou štruktúrou – väčšinou sa jedná o stacionárne roboty, ktorých členy sú spojené iba jednou kinematickou dvojicou. Skladajú sa zo základne, platformy a z viacerých kinematických dvojíc. Hlavnou úlohou je polohovanie jednotlivých členov kinematického reťazca, čím docielime požadovanú koncovú polohu platformy.
- S paralelnou kinematickou štruktúrou – táto štruktúra má uzatvorený kinematický reťazec. Tento reťazec vznikne spojením každého člena dvomi alebo viacerými kinematickými dvojicami. Takúto kinematiku môžeme vidieť aj pri stacionárnych, ale aj pri mobilných robotoch.
- S hybridnou kinematickou štruktúrou – je kombináciou otvoreného a uzatvoreného kinematického reťazca. Najčastejšie ho môžeme nájsť u mobilných robotov.

Podľa počtu stupňov voľnosti :

- Univerzálne – robot má 6 stupňov voľnosti, ktorými vie jednoznačne definovať polohu a orientáciu objektov s ktorými manipulujeme. Tým pádom vie dosiahnuť akúkoľvek polohu v rámci priestoru.
- Redundantné – robot má viac ako 6 stupňov voľnosti. Vie sa lepšie orientovať v stiesnenom priestore a ľahšie obchádza prekážky nakoľko vie niektoré osy pohybovať viacerými spôsobmi.
- Deficitné - robot má menej ako 6 stupňov voľnosti, preto je robot znevýhodnený a nevie dosiahnuť na každý bod v priestore.

A mnoho ďalších hľadísk, podľa ktorých sa podnikatelia orientujú pri investícií do automatizácie. [9]

Najznámejšie využívané roboty sú :

Kĺbový robot

Má rotačné kĺby, ktorými vie pohybovať. Existujú jednoduché konštrukcie s dvoma kĺbmi, ale aj zložitejšie systémy, ktoré mávajú 10 alebo viac kĺbov. V rámci priemyslu je to najpoužívanější robot, keďže v podstate žiadna úloha, ktorú mu zadáme mu nerobí problém. Disponuje obrovskou flexibilitou čo má za následok, že

vo väčšine prípadoch vie dosiahnuť vyššiu presnosť a byť rýchlejší ako človek. Vieme ho napájať rôznymi spôsobmi, ale najčastejšie sa využívajú elektromotory.

Karteziánsky robot

Tento robot má najlepšie uplatnenie na rovných povrchoch, kde môžeme využiť malé „zdvihni polož“ roboty až po veľké, ktoré môžeme nájsť napríklad v lodeniariach. Robot je veľmi silný aj keď samotný mechanizmus nie je ťažký. Hlavnou výhodou je, že robot môže byť zakomponovaný v koľajniciach alebo ozubených kolieskach, vďaka čomu je dosah v podstate nekonečný, obmedzený iba dĺžkou koľajníc. Okrem nosenia vecí sa tieto roboty používajú na rezanie dosiek alebo na povrchovú úpravu.

SCARA robot

Tento typ robota patrí k rýchlejšími, no to prináša aj svoje nevýhody. Medzi hlavné nevýhody patrí menší rozsah a nižšia flexibilita. Tento robot využíva iba pri malých úlohách, kde nie sú tieto vlastnosti až tak dôležité, naopak rýchlosť je dôležitá. Bavíme sa o ich využití v potravinárskom priemysle či v medicíne.



Obrázok 4 – ABB 910SC SCARA [13]

Delta robot

Nazývaný aj paralelný robot je presne ako typ SCARA vhodný na prácu s menšími predmetmi. Táto práca sa vykonáva pri veľkej rýchlosti, ale na malom priestore, ide napríklad o balenie. Tento robot na rozdiel od SCARA robota je umiestnený priamo hore nad pracovným priestorom, čím sa uľahčuje čistenie a údržba robota. Najviac sa využíva v potravinárstve, kde jednotlivé firmy vedia spraviť aj

antikoróznú umývaciu verziu, ktorú vieme použiť v náročných podmienkach, napríklad keď potrebujeme veľmi čisté prostredie. [10]



Obrázok 5 - ABB IRB 360 FlexPicker [14]

2. KOLABORATÍVNE ROBOTY

V tejto kapitole si predstavíme kolaboratívne roboty a povieme si niečo o ich histórii a súčasnosti.

2.1 História

Všetko začalo v roku 1996 na Northwesternskej univerzite, kde dvaja profesori J. Edward Colgate a Michael Peshkin vynášli prvého kolaboratívneho robota (kobota). O rok neskôr Brent Gillespie patentoval slovo kobot, ktorý bol popísaný ako „prístroj a metóda priamej fyzickej interakcie medzi osobou a manipulátorom na všeobecné účely riadeným počítačom“. Všetko to bola iniciatíva spoločnosti General Motors, ktorá sa zaoberala robotizáciou automobilového priemyslu a ich hlavnou úlohou bolo hľadať spôsob spolupráce medzi robotmi (alebo podobnými zariadeniami) s pracovníkmi automobilovej továrne. Prvý kobot nemal žiadny vnútorný motor, silu mu však poskytoval človek. Cieľom bolo aby pracovník využil počítačové riadenie pohybu so zaťažením pomocou robota. Až v roku 2004 nemecká spoločnosť KUKA uvádza na trh model LBR3, ktorý už mal vlastný napájací motor. O tri roky neskôr dánska spoločnosť Universal Robot uviedla UR5. UR5 bol robot, ktorý ako prvý bol schopný pracovať v bezpečí popri pracovnej sile a tým eliminovať potrebu prekážok. [16]

Táto istá spoločnosť v roku 2012 uviedla na trh UR10, ale aj UR3, ktorý bol menší a cenovo dostupnejší. O tri roky na to spoločnosť ABB uviedla na trh dvojramenný kobot s názvom YuMi. [17]

2.2 Kolaboratívne roboty a súčasnosť

V dnešnom svete sa technológie veľmi posúvajú, lebo technika sa veľmi rýchlo inovuje. Začala sa doba štvrtej priemyslovej revolúcie, a jej hlavnou úlohou je zautomatizovať priemysel od výroby až po logistické a distribučné systémy. Na to aby sme takýto cieľ dosiahli musíme spojiť všetky segmenty technológií od komunikačných cez informačné technológie až po materiály. Takáto sieť umožní komunikáciu medzi jednotlivými zariadeniami, čo znamená aj procesov, senzorov alebo umelej inteligencie. Okrem zlepšenia komunikácie medzi strojmi dochádza aj k zlepšeniu komunikácie medzi človekom a strojom. S touto priemyselnou

revolúciou prichádzajú aj nové koncepty, ktoré sme doteraz v priemysle nepoznali. Príklad je aj kolaboratívna robotika a s ňou výraz kobot, čo je výraz pre kolaboratívneho robota. Jedným z hlavných dôvodov prečo boli tieto roboty navrhnuté bolo zlepšiť bezpečnosť a spoluprácu robota s človekom. Tým pádom môžu priemyselné spoločnosti odstrániť klietky a siete a tieto roboty môžu byť voľne v priestore aj s osobou, s ktorou môže prísť aj do kontaktu. Po tomto objave dochádza k veľkej spolupráci medzi robotom a človekom, ktorý dokončuje rôzne procesy a tým sa úplne stratili negatíva klasických priemyselných robotov, ktoré sme vo fabrikách doteraz videli v klietkach bez možnosti spolupráce s človekom. [18]

2.3 Kolaboratívne roboty a rozdiely

Koboti sú tiež ľahké na ovládateľnosť a ich programovanie zvládne aj obyčajný operátor, kedy stačí jednoducho pohýbať robotické rameno pozdĺž požadovanej trajektórie, robot si zapíše nové údaje, je preprogramovaný a je schopný danú trajektóriu opakovat' sám. Na rozdiel od klasických priemyselných robotov, ktorých keď chceme preprogramovať musí prísť inžinier, aby prepísal kód pre zmeny v procese, ktoré budú následne nahrané do robota. Keďže koboti väčšinou pracujú v tesnej blízkosti človeka sú malé oproti klasickým priemyselným robotom. Klasické priemyselné roboty vedia manipulovať s veľkými a ťažkými materiálmi a preto sa používajú napríklad v automobilovom priemysle, kde je nutnosť zabezpečiť tieto roboty klietkami, kvôli bezpečnosti pracovníkov. Naproti tomu majú koboti menšiu nosnosť, čo znamená, že tieto roboty sa viac uplatnia v menších výrobných alebo pri automatizovaní malých a stredných podnikoch. Samozrejme táto automatizácia nevie podnikateľom zabezpečiť úplné výhody priemyselnej automatizácie, ale je to prvý krok k zlepšeniu kvality produktov. Malé a stredné podniky musia dobre zvážiť a naštudovať si všetky robotické možnosti, aby mohli spraviť takéto veľké a dlhodobé rozhodnutie, keďže pri každom neprávnom rozhodnutí sa môže obmedziť budúci rast, v najhoršom prípade môže celé podnikanie úplne spadnúť. Tu sa dostávame k veľkému problému ktorým je ešte v súčasnosti vysoká cena kobotov. Lacnejší variant je kúpiť klasický priemyselný robot s klietkou a všetkými komponentami okolo pracoviska (oddelená miestnosť, stojan, snímače ...), ako kúpiť kobota, ktorý

stále patří k dražším robotom. Jednou z veľkých výhod pri priemyselných robotoch je rýchlosť, ktorou roboty vykonávajú aplikáciu. [19]

Samozrejme nemôžeme zabudnúť ani na nosnosť takéhoto robota. Pri niektorých typoch sa bavíme do stovkách kilogramov, ktoré sú schopné udržať. Okrem toho priemyselné roboty na rozdiel od kobotov môžeme integrovať s rôznymi špeciálnymi systémami, s ktorými vedia veľmi dobre spolupracovať ako napríklad pri rastlinnej výrobe. Kobot ako taký má upravenú rýchlosť, aby vedel spolupracovať s ľuďmi a bol bezpečný, čo stavia priemyselné roboty na vyššiu priečku v rýchlosti. Samozrejme vyššia rýchlosť a nosnosť je cena za nižšiu bezpečnosť, čiže musíme dbať na to aby sa k takémuto robotu nepriblížil žiadny človek. Preto sa do robotov integrujú rôzne bezpečnostné prvky. Ak náhodou vojde človek do pracovného priestoru robota, robot by sa mal zastaviť, inak by táto fatálna chyba mohla viesť k zraneniam, prinajhoršom až k smrti. [20]

2.4 Kobot

Koboti majú jednoznačne definované použitie a to pracovať v priemysle, pričom budú spolupracovať s človekom. Väčšinou, aby toto použitie fungovalo, musí mať kobot zabudované bezpečnostné mechanizmy aby človeku neublížil. Koboti tak plnia úlohy, ktoré sa opakujú, alebo by sa človek pri nich mohol zraniť. Pred alebo za týmto cyklom pracuje ľudský pracovník, ktorý tak spolupracuje s robotom. Kobot kopíruje ľudský pohyb, preto svoje úlohy vykonáva podobnou alebo nižšou rýchlosťou, s dosahom a nosnosťou, ktorá je veľmi podobná ľudskému jedincovi. [7]

3. POROVNANIE ROBOTOV

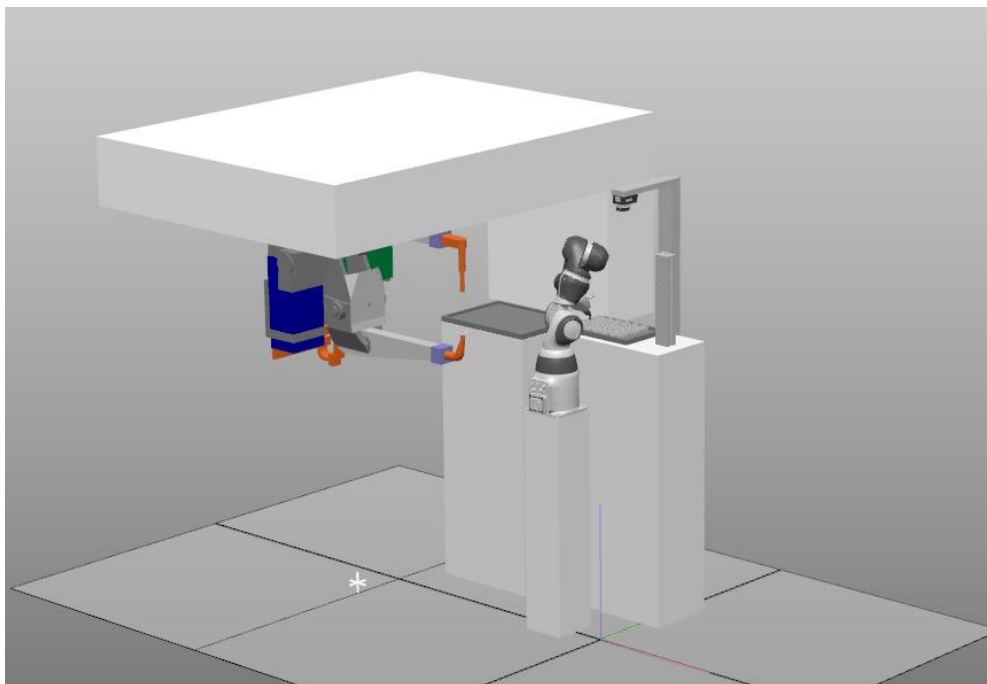
3.1 Predstavenie úlohy

Pracujem vo firme AREKO s.r.o., ktorá okrem iného pracuje v oblasti robotika a automatizácia. Medzi najznámejších zákazníkov tejto firmy patria Hella, ZKW, IKEA VW a mnohé ďalšie. Jedna nemenovaná firma nám dala zákazku automatizácie, ktorá bola ohľadom bodovej zvaračky, respektíve vkladania dielov do tejto zvaračky pomocou robota. Zákazníka veľmi zaujali kolaboratívne roboty, hodili sa mu na túto aplikáciu a chceli by ísť touto cestou. Začali sme so zákazníkom komunikovať a hodnotiť riešenie. Mali sme zadaný konkrétny cyklus danej aplikácie.

Cyklus tejto danej aplikácie je nasledovný:

1. Z domovskej pozície robot išiel po maticu, ktorú zobral pomocou kliešťov. Pozíciu tejto matice robot zistil z kamery, ktorá sa nachádza nad boxom s danými maticami.
2. Robot vyzdvihne diel pomocou magnetického grippra.
3. Pri prechode na bodovú zvaračku robot prejde pod kameru. Kamera zachytí v akej pozíci sa diel nachádza. Robot sa ďalej orientuje aby diel správne uložil.
4. Najskôr robot na bodovú zvaračku nasadí diel, otočením rukoväte pridá maticu a odíde s ramenom mimo zvaracieho priestoru.
5. Po 2 sekundách, kedy je zvar hotový, robot konečný výrobok zoberie a dá ho do výstupného boxu.
6. Robot pokračuje naspäť do domovskej polohy, aby cyklus mohol zopakovať.

Tento cyklus s konkrétnymi robotmi môžete vidieť na videách v prílohe.



Obrázok 6 - Pracovisko zo simulácie v Robotstudiu s kolaboratívnym robotom IRB 14050

3.2 Typy robotov k zákazke

Keďže sme najskôr uvažovali o kolaboratívnom robotovi a najlepšie sa nám robí s robotmi od spoločnosti ABB, uvažovali sme o dvoch typoch robotov od tejto značky: jednoramenný YUMI (IRB 14050) a SWIFTI (CRB 1100).

ABB IRB 14050

Robot s označením IRB 14050 je druhý z rodiny kolaboratívnych robotov od firmy ABB, ktoré firma označuje aj YuMi®. V porovnaní s modelom IRB 14000 je tento robot jednoramenný. Keďže konštrukcia prišla o jedno rameno, celková hmotnosť robota klesla na príjemných 9,5 kg, čo z robota robí veľmi ľahký prístroj, ktorý vieme ľahko presúvať medzi pracovnými stolmi. Toto rameno sa otáča pomocou 7 osí tak, ako je to pri dvojramennom robote YuMi®, tým pádom vie veľmi dobre napodobniť ľudské pohyby a je všestrannejší oproti klasickým šesťosovým priemyselným robotom. Tento robot je vhodný najmä do výroby spotrebného tovaru hlavne v malých a stredných podnikoch, ako napríklad výroba spotrebnej elektroniky. Tento jednoramenný robot má jednoduchý softvér, ktorý zabezpečí vysokú bezpečnosť na pracovisku bez inštalovania bariér a kliebok pri robotovi. Tak isto je

tento robot schopný spolupracovať aj s dvojramenným robotom YuMi®, aby sa zvýšila flexibilita a čas cyklu v prípade zložitejších aplikácií. [23]



Obrázok 7 – Kolaboratívny robot ABB IRB 14050 [23]

ABB CRB 1100

Tento kolaboratívny robot prezývaný aj SWIFTI je bleskovo rýchly robot, ktorý kombinuje výkon na priemyselnej úrovni a inovatívnu bezpečnosť. SWIFTI vykonáva prácu rýchlejšie a presnejšie, než si dokázate predstaviť. Umožňuje dosiahnuť overenú bezpečnú spoluprácu a to aj v aplikáciách, ktoré vyžadujú rýchlosť a zdvíhacie schopnosti na priemyselnej úrovni. [26]

Integráciou bezpečnostného laserového skenera s bezpečnostným softvérom SafeMove Collaborative od ABB zabráňuje kontaktu medzi pohybujúcim sa robotom a človekom, čím sa zabráni zraneniu. Vďaka vzájomnej spolupráci technológie umožňujú dosiahnuť bezpečnú spoluprácu bez potreby fyzického oplotenia a tým zaisťujú, že operátor nie je prítomný v pracovnom priestore robota, keď sa pohybuje veľkou rýchlosťou. Ak sa v pracovnej oblasti zistí operátor, pohyby robota sa automaticky spomalia alebo úplne zastavia, aby sa operátor mohol bezpečne priblížiť. Keď sa pracovník vzdialí, až keď SWIFTI zistí, že jeho pracovný priestor je úplne čistý, reštartuje sa a vráti sa do plnej rýchlosti. Ako ďalšiu ochranu je SWIFTI vybavený kontrolkou stavu interakcie, ktorá poskytuje vizuálnu indikáciu stavu robota, keď je operátor v pracovnom priestore robota. [27]



Obrázok 8 - Kolaboratívny robot ABB „SWIFTI“ CRB1100 [29]

Neskôr sme začali diskutovať aj o nekolaboratívnych priemyselných robotoch, kde sme znova chceli siahnuť do portfólia zo švédskej firmy ABB. Pre túto aplikáciu nás zaujali roboty IRB 1100 alebo IRB 1300.

ABB IRB 1100

Je to menší typ priemyselného robota, ktorý sa dá objednať v dvoch verziách a to buď s dosahom 0,475 m, alebo 0,58 m. Pri našej zákazke by sme uvažovali o väčšom variante. Hmotnostná záťaž oboch druhov je rovnaká (0.5 kg). Táto záťaž je najvyššia spomedzi robotov v danej kategórii. Predbieha konkurenciu v opakovateľnosti pozície, kde má odchýlku danú iba 0,01 mm a oproti predchodcom má o 35 % rýchlejšie časy cyklu. Okrem toho sa oproti predchodcom robot zmenšil a odlahčil, čo prispieva k ľahšej montáži aj v ťažších podmienkach, ako napríklad rôzne fabriky na elektroniku. Menšia plocha tiež zväčšuje možnosť použitia viac robotov naraz a tým celý výrobný proces zrýchliť. Tento 6 osí robot má štandardné krytie IP 40, ale spoločnosť ABB ponúka ako opciiu krytie až IP67, ktorým robota chráni celého od základne až po zápästie, čiže aj elektrické rozvody sú chránené voči vniknutiu vody a pevných častíc. Tento robot sa hlavne využíva pri montáži, skrutkovaní, lešení, brúsení, či nakladaní produktov. [11]



Obrázok 9 – Nekolaboratívny robot ABB IRB 1100 [11]

ABB IRB 1300

Tento priemyselný robot, ktorý ma k dispozícii šesť osí má dosah a kapacitu zdvihu, ktorá sa vie veľmi dobre aplikovať pri úlohách s vysokou záťažou od elektroniky cez potravinársky priemysel, až po automobilový segment. Robot je dostupný v troch verziách na základe dosahu a nosnosti: 11 kg/0,9 m, 10 kg/1,15 m, 7 kg/1,4 m. Nás pre túto aplikáciu zaujala nosnostne aj dosahovo najväčšia verzia. Táto verzia je s nosnosťou 11 kg najvyššia vo svojej triede spomedzi konkurencie. Oproti minulej generácii je ľahší viac ako o polovicu, čiže hmotnosť sa pohybuje okolo 75 kg a jeho zaberajúca plocha je len 220 mm x 220 mm, čo je len šestina oproti minulému modelu. Tým vieme docieľiť ako pri modeli IRB 1100 viac robotov na menšom priestore, čo znamená zrýchlenie daného výrobného procesu. Tento robot vieme využiť v širokom spektre úloh od manipulácie s materiálom, cez obsluhu strojov až po testovanie aplikácií. [12]



Obrázok 10 – Nolaboratívny robot ABB IRB 1300 [12]



Obrázok 11 - Neolaboratívny robot ABB IRB 1300 [33]

3.3 Porovnanie cien robotov

Pre každú firmu, či už veľkú alebo malú, je na začiatku každej investície dôležitý rozpočet, ktorý na daný projekt majú. Musia si veľmi dobre rozmyslieť či a koľko investovať do automatizácie. Preto je cena jeden z kľúčových aspektov pri vyberaní robota. Samozrejme, cena nie je len o samotnom robotovi. Existuje veľa opsií ktoré si môžete pri daných robotoch kúpiť. Či sa jedná a riadiacu jednotku, karty s ňou spojené alebo doplnujúce balíky, ktoré vedia niekedy uľahčiť danú úlohu.

Pri cenových ponukách som zistil, že cena kobota YuMi® (IRB 14050) aj s riadiacim systémom a gripprom sa pohybuje od 40 000 € do 80 000 €. Pri druhom kobotе SWIFTI® (CRB 1100) cena začína na úrovni 35 000 €.

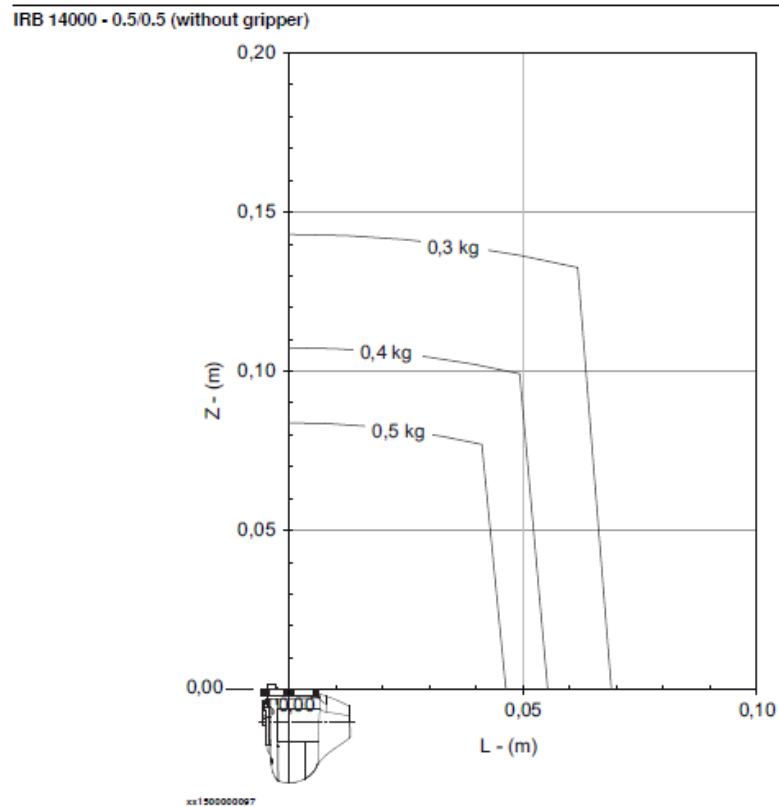
Priemyselný robot IRB 1100 začína na 25 000 € a vyššia rada IRB 1300 stojí od 35 000 €. K tomu však musíme pripočítať pár tisíc navyše, ktoré budeme potrebovať na bezpečnostné prvky, ktoré pri kobotovy nemusíme riešiť, ako je napríklad klietka, ktorá zabráňuje prístup človeka k robotu, keďže by mohol robot ublížiť. Nejedná sa však o vysokú sumu, preto je toto riešenie stále lacnejšie ako kobot.

3.4 Nosnosť robotov

Pri každej aplikácii firma sleduje viac parametrov. Jedným z podstatných parametrov je nosnosť daného robota, ktorým budeme danú aplikáciu robiť. V našom prípade ide o prekladanie dielov, čo znamená, že nás zaujíma hmotnosť daných dielov. Pri tejto aplikácii sa bavíme o dieloch s hmotnosťou okolo 80 g a maticou ktorá váži 1,6 g. Samozrejme nemôžeme zabudnúť ani na gripper, s ktorým budeme dané diely odoberať. Samotný gripper má svoju hmotnosť, ale aj on sám má nosnosť ktorou sa musíme riadiť.

V našom prípade ide o originálny gripper, kde budú 2 magnety so silou 5 N a ovládané sú elektricky (zapnutý prúd/vypnutý prúd). Jeden z magnetov slúži na odoberanie dielu a následne vloženie do kopýtka bodovej zvaračky a druhý slúži na vybratie už zvarného dielu. Medzi magnetmi sú kliešte ovládané vzduchom. Ide o kliešte, ktoré slúžia na odoberanie matice z boxu a následné uloženie na špic elektródy. Tento náš gripper váži okolo 1 kg.

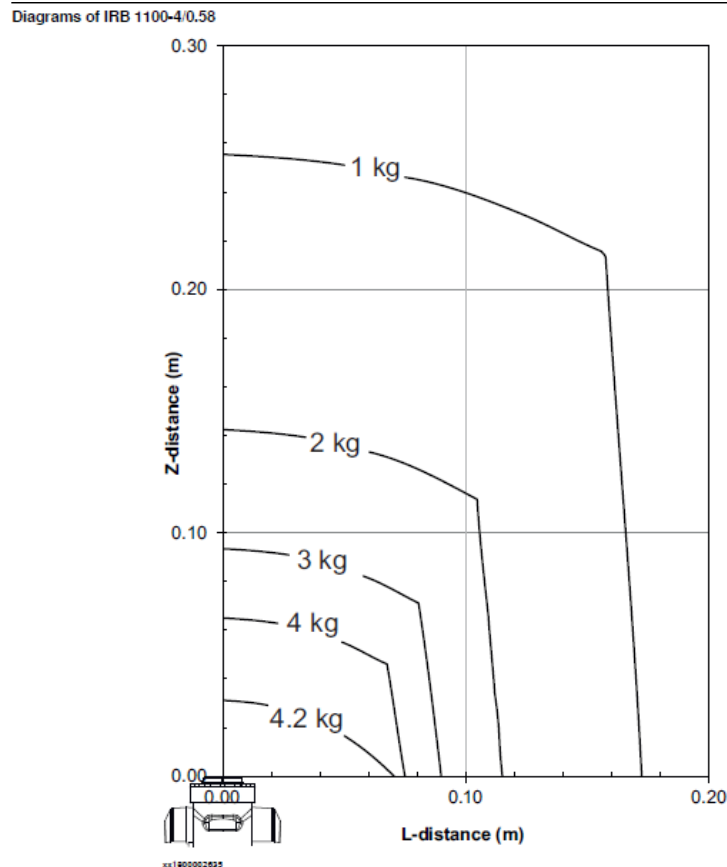
Samozrejme je všeobecne známe, že v každej osi sa nachádza mechanická prevodovka, ktorá je zaťažovaná každým pohybom. Táto prevodovka má inú nosnosť pri kalibračnej (tzv. domovskej) pozícií a pozícií, kedy je robot, respektíve os úplne natiahnutá. Preto sa musíme riadiť dokumentáciou k robotom, kde sa nachádza diagram možného zaťaženia.



Obrázok 12 - Diagram zaťaženia pre kolaboratívny robot ABB IRB 14050[31]

Robot version	IRB 1300-11/0.9
Reach (m)	0.9
Payload (kg)	11
Armload (kg)	1

Obrázok 13 - Tabuľka nosnosti pre nekonaboratívny robot IRB 1300 [33]



Obrázok 14 - Diagram zaťaženia pre nekonaboratívny robot IRB1100 [30]

Specification			
Robot version	Reach (m)	Payload (kg)	Armload (kg)
CRB 1100-4/0.475	0.475	4	0.5
CRB 1100-4/0.58	0.58	4	0.5

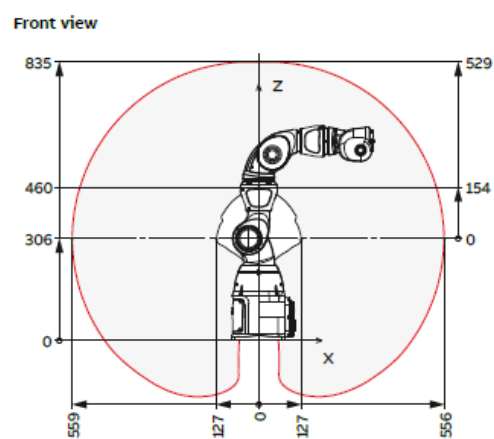
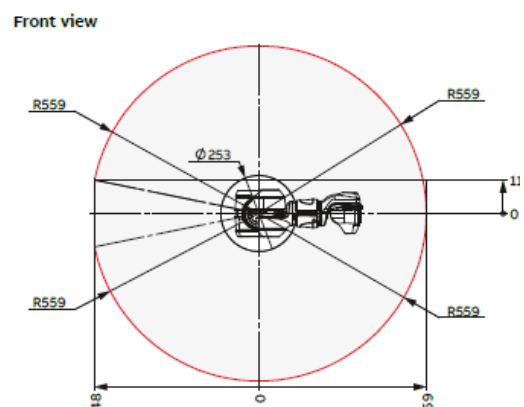
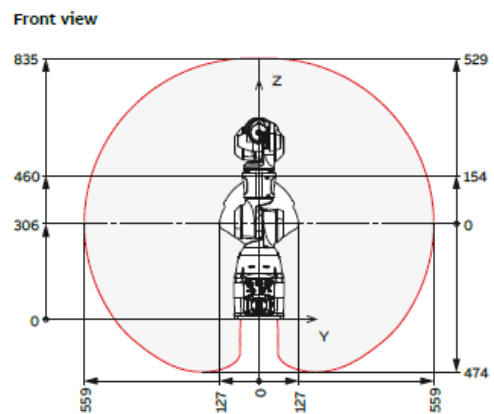
Obrázok 15 - Tabuľka nostností kolaboratívneho robota CRB 1100 [34]

3.5 Dosahy robotov

Okrem nosnosti sa musíme pri každej aplikácii venovať aj dosahom. Potrebujeme zistiť na akú vzdialenosť bude robot pracovať a v akej hale bude umiestnený, poprípadе ako bude umiestnený. Podľa dosahov vieme totižto určiť aj celkovú veľkosť daného robota, tým pádom musíme vedieť aké rozmery v hale budú robotovi ponúknuté aby nedochádzalo ku kolíziám. Poznáme dva typy dosahov: dosah konkrétneho robota a dosah robota s daným gripprom. Tieto dosahy sa vedľa líšiť, nakoľko gripper je nainštalovaný k robotovi a jeho dĺžka môže byť v niektorých

prípadoch aj pár metrov, napríklad pri zvaračskom robotovi, kde je zvaračka namontovaná priamo na stroj.

Pri našej aplikácii sa bavíme o veľmi malej vzdialenosti, ktorú budeme obsluhovať. Najväčšou prekážkou u nás je samotná bodová zvaračka, ktorá pri zvare vie zaiskriť, čo môže viesť k poškodeniu robota a grippra. Tomuto javu sa chceme vyhnúť, preto potrebujeme ísť s robotom do bezpečnej vzdialenosti. Jedná sa o vzdialenosť v okruhu okolo 0,3 m od zvaračky, preto sme vybrali tieto roboty, ktoré toto kritérium spĺňajú.

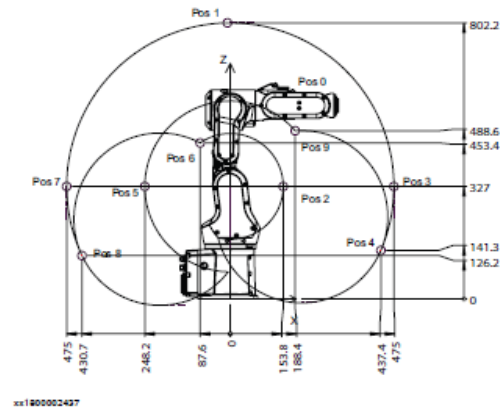


Obrázok 16 - Dosahy pre kolaboratívny robot IRB 14050 [32]

1.8.1 Working range

Illustration, working range IRB 1100-4/0.475

This illustration shows the unrestricted working range of the robot.

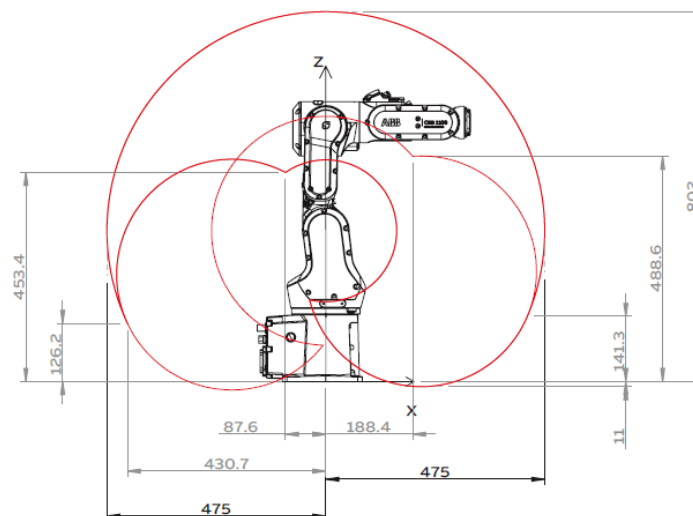


Positions at wrist center and angle of axes 2 and 3

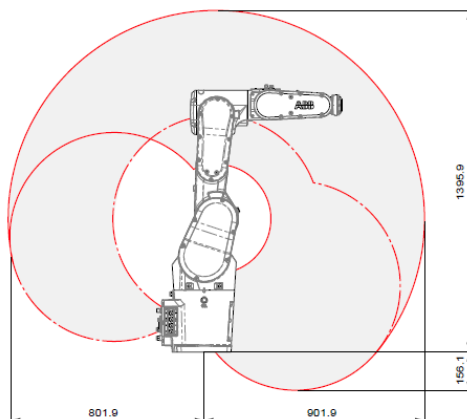
Position in the figure	Positions at wrist center (mm)		Angle (degrees)	
	X	Z	axis 2	axis 3
pos0	314	562	0°	0°
pos1	0	802	0°	-87.7°
pos2	53.8	327	9.7°	55°
pos3	475	327	90°	-87.7°
pos4	437.4	141.3	113°	-87.7°
pos5	-248.2	327	-26.4°	-205°
pos6	-87.6	453.4	-115°	55°
pos7	-475	327	-90°	-87.7°
pos8	-430.7	126.2	-115°	-87.7°
pos9	188.4	488.6	113°	-205°

Obrázok 17 - Dosahy pre robot nekonaboratívny IRB1100 [30]

Working range, CRB 1100-4/0.475



Obrázok 18 - Dosahy pre kolaboatívny robot CRB1100 [34]



Obrázek 19 - Dosahy pre robot konaboratívny IRB1300 [33]

3.6 Bezpečnosť pracoviska

Pri modelovaní a návrhu konkrétneho pracoviska je pre nás vždy prvoradá bezpečnosť. Sú určité vlastnosti robotov, ktoré zväčšujú riziko úrazu, ako napríklad veľkosť robota, váha robota, rýchlosť robota, veľkosť a hmotnosť prevážaného telesa na robotovi atď. Preto sa snažíme čo najviac eliminovať úrazy a dbať na to, aby sa nikomu pri linke nič nestalo. Samozrejme sa musíme riadiť aj vyhláškami a stanovenými predpismi, ktoré platia na Slovensku.

Ako bezpečnosť robotov vidia predpisy

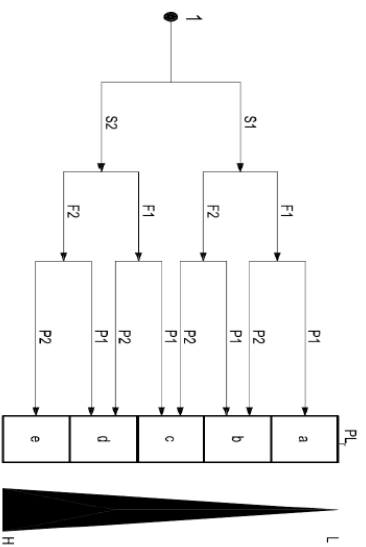
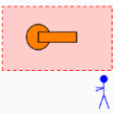
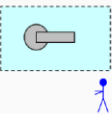
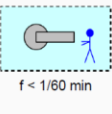
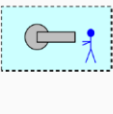


Schéma rizika na stanovenie požadovanej bezpečnostnej funkcie PLx		
Závažnosť zranenia Sx	S1	Ľahké zranenie (zranenie s prechodnými následkami).
	S2	Ťažké zranenie (zranenie s trvalými následkami alebo smrť).
	F1	Vystavenie ohrozeniu je zriedkavé až menej časté alebo trvanie ohrozenia je krátke. Akumulovane len 20% z celkovej prevádzkovej doby nie častejšie ako 1 x 15 min
Frekvencia alebo trvanie ohrozenia Fx	F2	Frekvencia ohrozenia je častá alebo jeho čas je dlhý. Častejšie ako 1 x 15 min.
	P1	Možné pri určitých špecifických podmienkach.
Možnosť vyhnúť sa ohrozeniu alebo obmedzenie škody Px	P2	Zriedkavo možné.

Obrázok 20 - Bezpečnostné predpisy [28]

Keď sa jedná o nekolaboratívne pracovisko, musíme zaistiť, aby sa k robotovi nikto nevedel priblížiť, poprípade sa ho dotknúť. Zatiaľ som sa osobne stretol len s dvoma riešeniami: dať robota do kletky, alebo vytvorenie špeciálnej miestnosti, kde nemôže nikto vojsť, keď je robot aktívny. Akonáhle by sa v tejto miestnosti, respektíve v kletke otvorili dvere, snímač to zachytí, robot sa dá s celou linkou do núdzového stavu a zastaví sa. V druhom prípade sa jedná o otvorený štýl pracoviska, kde sú okolo nebezpečnej zóny snímače, ktoré zachytávajú pohyb. V tomto prípade ak niekto vojde do pracoviska, snímač to zachytí, nastáva núdzový stav a zastavenie linky.

Nekolaboratívne	Bez oplotenia	Občasná spolupráca	Spolupráca
Človek a robot nepracujú v jednom priestore Konštrukcia a bezpečnosť pracoviska bránia kontaktu počas produkcie	Nie je dôvod, aby človek a robot pracovali v spoločnom priestore Žiadna konštrukcia alebo bezpečnosť pracoviska nebránia kontaktu počas produkcie	Človek vstupuje do pracovného priestoru robota občas Zabezpečenie toku materiálu	Človek a robot pracujú v jednom priestore počas produkcie
		 $f < 1/60 \text{ min}$	
Kolaborácia podľa ISO 10218 -1, -2			

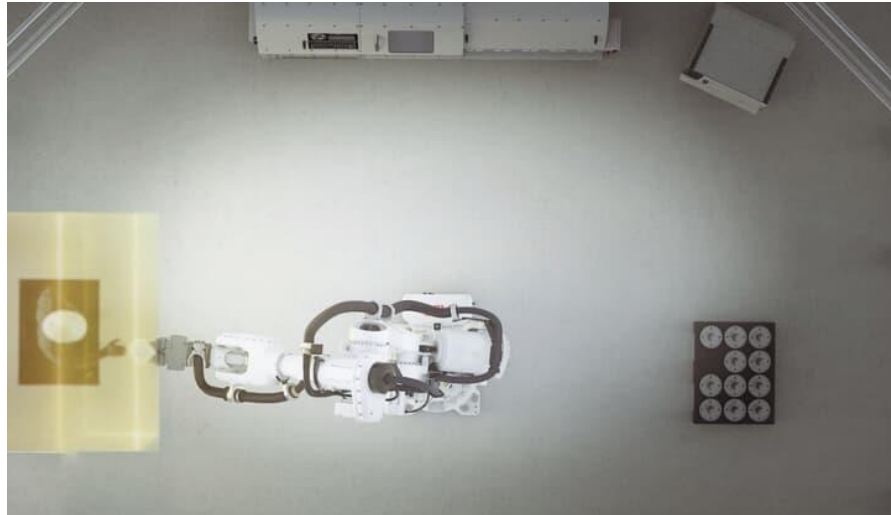
Obrázok 21 - Rozdelenie pracovísk [28]

Aj keď sú kolaboratívne roboty stvorené na prácu s ľuďmi, tiež musíme dbať na bezpečnosť. V prvom rade nie len konštrukcia robota musí byť prispôsobená kontaktu s človekom, takisto aj namontovaný gripper, ktorý by nemal mať žiadne vyčnievajúce ostré hrany a nemôže byť pod napätím. Aj keď sú splnené obe tieto podmienky, musí obsluha robota naďalej nosiť bezpečnostné ochranné prvky. Spoločnosť ABB ručí za bezpečnosť strojov od nôh po ramená. Riziková je časť hlavy, preto sú pri práci s kolaboratívnymi robotmi povinné okuliare a prilba.

Softvér SafeMove

Tento softvér je na trhu od roku 2008 a dokáže s akéhokoľvek priemyselného robota od firmy ABB, ktorý je pripojený k internetu, urobiť kolaboratívneho robota. Softvér monitoruje rýchlosť a bezpečnosť pohybu robota a zvyšných zariadení vzhľadom k človeku. Najnovšia generácia ponúka väčšiu flexibilitu s menšou

veľkosťou, čo umožňuje veľmi blízku spoluprácu medzi operátorom a robotom. Okrem rýchlostných obmedzení tento softvér ponúka viac bezpečnostných prvkov, ako napríklad monitorovanie bezpečnosti robota, keď práve nerobí. [21]



Obrázok 22 – SafeMove [21]

3.7 Programovanie

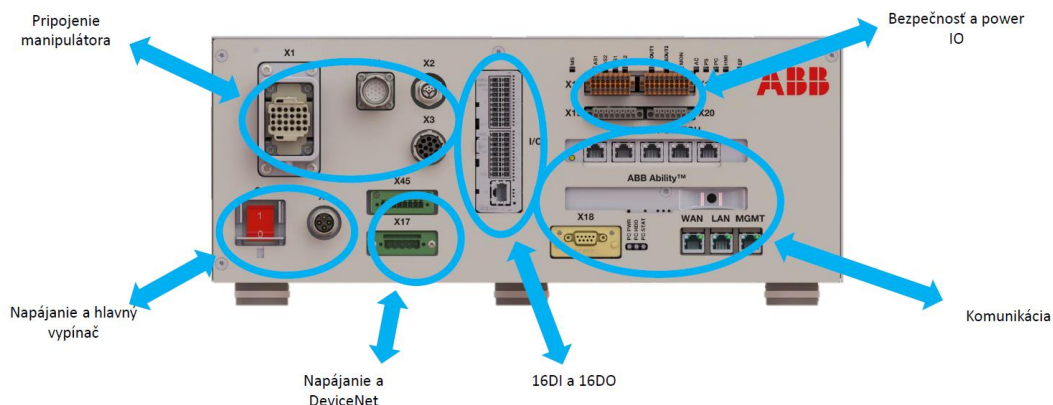
Na ovládanie robotov od spoločnosti ABB, pomáha riadiaci systém, ktorý si treba s robotom objednať. V tejto krabici nazývanej kontrolér sa nachádzajú všetky elektronické súčiastky na ovládanie, chod motora, poprípade vstupy a výstupy na napojenie externej osi, snímačov či PLC zariadenia. Spoločnosť ABB v súčasnej dobe má v portfóliu dva typy kontrolérov. ABB IRC 5 je piata generácia kontroléra pre priemyselné roboty.



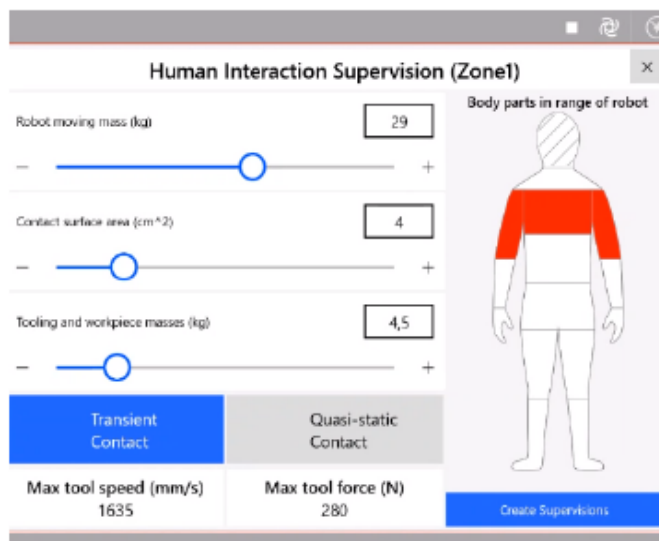
Obrázok 23 - ABB IRC5 [36]

Novší, výrazne menší a ľahší sa nazýva ABB Omnicore, ktorý má v sebe systém slúžiaci na nastavenie kolaboratívnych robotov, respektíve grippra. V systéme zhodnotíme na aké časti tela by mohol robot dočiahnuť, poprípade zraniť a podľa vyhlášok sám nastaví rýchlosť robota.

Omnichore controller



Obrázok 24 - ABB Omnicore [35]



Obrázok 25 - ABB Human Interaction Supervision [28]

Kontrolér slúži aj ako zdroj energie, čiže robota vieme cez neho zapnúť alebo vypnúť. Týmto kontrolérom vieme robota ovládať priamo na pracovisku, k čomu nám slúži ABB Flexpendant. Je to ovládač s joystickom a dotykovou obrazovkou, s ktorým vieme robota pohodlne ovládať v aktuálnom čase, poprípade nahráť už pripravený

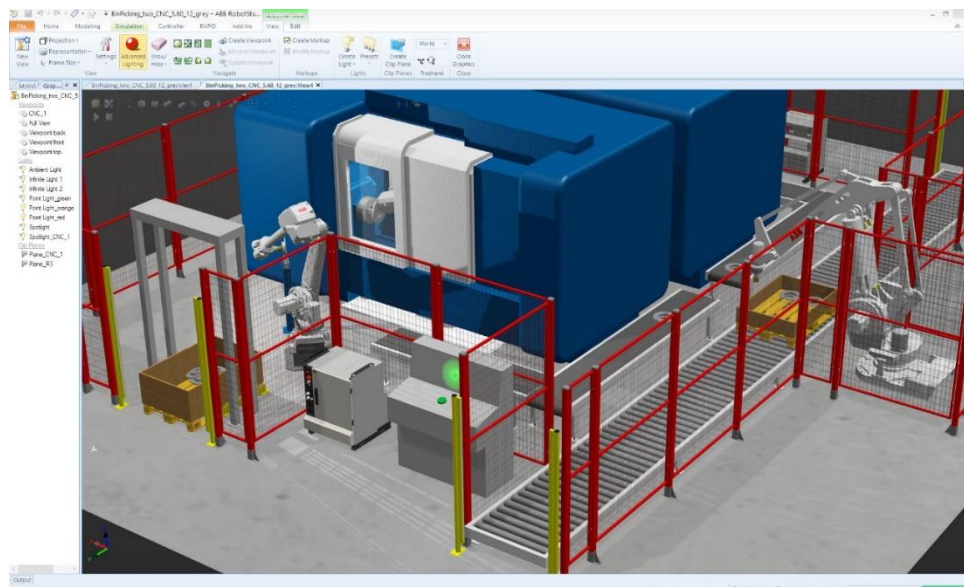
program a to pomocou počítača alebo portu USB, ktorý sa nachádza na Flexpendante. Ak je potrebné vykonať zmeny v programe, vieme ich vyriešiť na Flexpendante.

Flexpendant



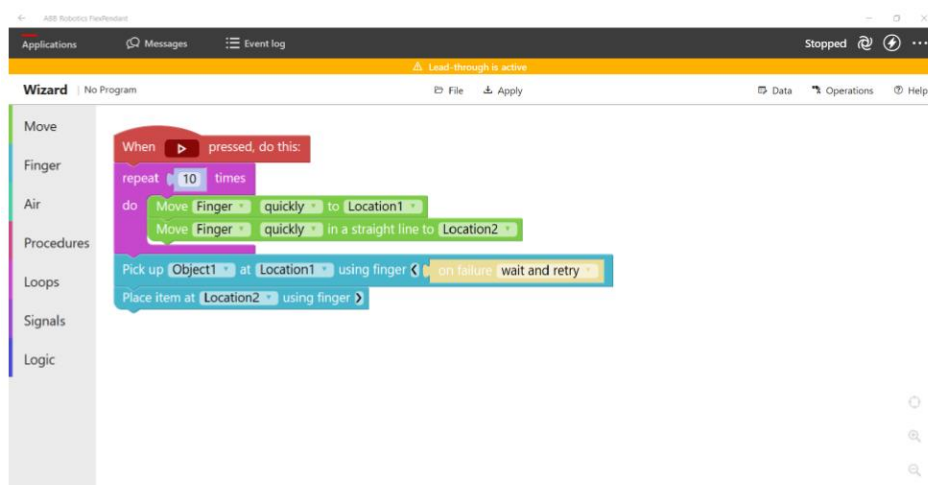
Obrázek 26 - ABB Flexpendant [35]

Väčšina firiem, ktoré integrujú takýchto robotov nemá hneď k dispozícii robota s kontrolérom. Preto spoločnosť ABB vytvorila softvér, v ktorom môžeme danú situáciu simulovať a off-line programovať bez toho, aby sme boli priamo vo výrobe. Takisto si vieme danú situáciu vyskúšať v simulácii a to skôr ako pôjdeme do výroby. Okrem toho továrenským firmám umožní zaškoliť pracovníkov v bezpečnom prostredí a bez ohrozenia robotov a ľudí. Softvér je postavený na báze virtuálneho riadiaceho kontroléra, ktorý je identický so skutočným softvérom, ktorý riadi robota priamo vo výrobe. Programátor vie simulovať reálne prostredie, s ktorým sa stretne aj vo výrobe a vie riešiť požiadavky a problémy so zákazníkom. Samotná simulácia je potom prevedená softvérom RobotStudio do programovacieho jazyka RAPID, ktorý programátor vie v danom softvéri ešte zmeniť a následne nahráť do robota. [25]



Obrázok 27 - Robotstudio [25]

S novým kontrolérom ABB Omnicore a jeho novým Flexpendantom predstavilo ABB aj novinku Wizard easy programming. Jedná sa o jednoduchý a intuitívny spôsob programovania kobotov a priemyselných robotov. ABB sľubuje, že s touto aplikáciou by si vedel jednoducho a rýchlo naprogramovať robota naozaj každý. Wizard je jednoduché grafické programovacie rozhranie pre robotov ABB a to konkrétne pre všetky koboty od tejto značky. Robota vieme ovládať pár minút po inštalácii. Na tvorenie v tomto jednoduchom blokovom programovacom softvéri nie sú potrebné žiadne špecializované školenia ani programátorské zručnosti.



Obrázok 28 - ABB Wizard easy programming [29]

3.8 Porovnanie času cyklu a rýchlosť daných robotov

Hneď po cene je pre zákazníka veľmi dôležitým aspektom čas cyklu a to najmä pri výrobe, nakoľko každému podniku ide o to, aby v čo najkratšom čase vedel spraviť čo najviac najkvalitnejších výrobkov. Tento aspekt závisí od presne danej aplikácie, ale aj od dosahovanej rýchlosti daného typu robota, respektíve o rýchlosti každej osi, keďže sa líšia aj prevodovky v osiach, či už veľkosťou alebo mechanicky. Táto rýchlosť je meraná v uhloch za sekundu, lebo sa jedná o krúživý pohyb osí, nie o lineárny. Pri našich typoch sa bavíme o týchto rýchlostiach:

Tabuľka 1 -Maximálne rýchlosti jednotlivých osí vybraných robotov

Typ robota	Os 1 °/s	Os 2 °/s	Os 3 °/s	Os 4 °/s	Os 5 °/s	Os 6 °/s	Os 7 °/s
IRB 1100 [30]	460	380	280	560	420	750	nemá
IRB 1300 [33]	249	180	247	500	420	720	nemá
CRB 1100 (kolaboratívny) [33]	460	380	280	560	420	750	nemá
IRB 14050 (kolaboratívny) [32]	180	180	180	400	400	400	180

Pri simulácii daných cyklov sme zistili, že robot IRB 1300 mal čas cyklu 9,4 sekundy. V našej simulácii IRB 1100 zvládol daný cyklus o 0,3 sekundy skôr. Pri kobotoch bol čas v simulácii o 3,1 sekundy pomalší, čo sme očakávali, nakoľko musí dodržiavať bezpečnostné predpisy, aby neublížil človeku, ktorý by mohol byť v danej blízkosti robota. V konkrétnej aplikácii na pracovisku musíme rátať s tým, že sa operátor môže dotknúť kobota, kedy sa kobot na pár sekúnd zastaví úplne. Tým pádom konkrétny čas cyklu nie je zaručený a nedá sa ani určiť pre zákazníka.

3.9 Rozbor na základe výsledkov

Na základe porovnávaných parametrov sme nakoniec so zákazníkom odkomunikovali, že najlepšie riešenie pre túto výrobu, ktorá má byť plynulá, je nekolaboratívny robot. Celé toto pracovisko bude v kletke, aby k nemu nemal nikto prístup. Kolaboratívny robot sme zavrhlí aj z dôvodu, že samotná bodová zvaračka môže byť pre človeka nebezpečná. Najlepšie by bolo aj zvaračku dať do kletky, čiže mimo dosah človeka. Ďalší dôležitý parameter pre zákazníka bola rýchlosť, respektíve hodinová produkcia. V našom prípade čas cyklu a rýchlosť osí. Vyšie

uvedená tabuľka nám ukázala, že kolaboratívne roboty majú rýchlosť osí menšiu. Kolaboratívny robot CRB1100 je na tom lešie ako IRB14050, dokonca má rovnaké rýchlosti ako nekolaboratívny IRB 1100. Aj keď kolaboratívny robot dokáže dosiahnuť požadovanú rýchlosť, pri kolaboratívnom pracovisku by ju z bezpečnostných dôvodov nemohol využiť. Programovanie nakoniec nehralo rolu pri vyberaní typu robota, keďže im to budeme programovať my ako firma so skúsenosťami a v prípade problémov majú technika, ktorý ovláda programovací jazyk ABB robotov – RAPID. V prípade zákazníka rozhodovala aj cena uvedených typov robotov. Pri kolaboratívnych robotoch je cena výrazne vyššia ako pri nekolaboratívnych, preto bola toto pre zákazníka prijateľnejšia cesta. Kolaboratívny robot CRB 1100 má síce cenu ako nekolaboratívny robot IRB 1300. Pri tomto kobotovi musíme uvažovať nad viacerými opciami aby bol naozaj kolaboratívny, čo sa prejaví zvýšením ceny približne o 10 000 €. Konečný verdikt padol na nekolaboratívny robot IRB 1300, na základe jeho najvyšších dosahov a nosností, keďže tento robot by mohlo byť v budúcnosti využívaný aj na väčšie a ťažšie diely.

4. ZÁVER

Cielom práce bolo porovnať kolaboratívne a nekolaboratívne roboty na základe konkrétnej aplikácie vo výrobe. porovnával som dva kolaboratívne roboty (IRB 14050 a CRB 1100) a dva nekolaboratívne roboty (IRB 1300 a IRB1100) od firmy ABB. Na základe prejdania dokumentácií k robotom a simuláciám som zistil, že pri tejto danej aplikácii je najlepším riešením od firmy ABB nekolaboratívny robot IRB 1300. Tento robot mal z pomedzi všetkých porovnávaných robotov najväčší dosah, nosnosť, ale aj rýchlosť daných osí, čo je v priemysle veľmi dôležitý aspekt.

Pri rozhodovaní o kúpe správneho robota hrá dôležitú úlohu cena. Musíme však uvažovať, že k robotom aj kobotom treba dokúpiť ďalšie potrebné komponenty pre danú aplikáciu. Keďže robot IRB 1300 nevyžaduje dokúpenie takého veľkého množstva doplňujúcich komponentov ako ostatné porovnávané roboty, je jeho cena v konečnom dôsledku najnižšia.

Z bezpečnostného hľadiska, keďže sa jedná o nekolaboratívny robot, musí byť robot umiestnený v kletke, aby bol zabránený prístup k nemu.

Tento robot má z pomedzi všetkých porovnávaných robotov aj kobotov najrýchlejšie rýchlosti osí, čo sa prejavilo aj pri simulácii. Kobot CRB 1100 má rýchlosti osí porovnateľné, avšak kvôli bezpečnosti kolaboratívneho pracoviska nie je možné aby túto rýchlosť využil.

Ak rozmýšľame čisto ekonomicky a nie ľudsky, stále sa oplatí kúpiť nekolaboratívny robot viac ako kolaboratívny. Nielen že samotný robot stojí menej peňazí, ale aj celkové náklady sú nižšie, keďže nie je potrebná prítomnosť pracovníka. Z ľudského hľadiska sa zaoberáme, či chceme v rámci podniku prepustiť zamestnancov a prejsť na automatickú výrobu alebo chceme zamestnancom uľahčiť prácu, aby sa u vás cítili lepšie. V každom prípade koboti sú stále iba vo vývoji a čaká ich ešte dlhá cesta, aby im začali ľudia dôverovať a aby dokázali nahradiť nekolaboratívne roboty.

LITERATURA

- [1] Tomáš Prokopčák : Ako ľudia postupne vylepšovali stroje [online]. 2015 [cit. 2020-28-12] Dostupné z: <https://domov.sme.sk/c/7994242/ako-ludia-postupne-vylepsovali-stroje-historia-robotov.html>
- [2] First industrial robot [online] 2010 [cit. 2020-28-12] Dostupné z: <https://www.robotics.org/joseph-engelberger/unimate.cfm>
- [3] Megan Ray Nichols : Why was the robotic arm invented? [online]. 2019 [cit. 2020-28-12] Dostupné z: <https://interestingengineering.com/why-was-the-robotic-arm-invented>
- [4] Sony: Aibos History [online]. [cit. 2020-28-12] Dostupné z: <https://www.sony-aibo.com/aibos-history/>
- [5] HONDA: History of ASIMO development [online]. [cit. 2020-28-12] Dostupné z: <https://global.honda/innovation/robotics/ASIMO/history.html>
- [6] NASA : Robonaut R2 [online]. [cit. 2020-28-12] Dostupné z: <https://robonaut.jsc.nasa.gov/R2/>
- [7] Cobots and Industrial Robots: Choose the Right Robot for the Job [online]. 2018 [cit. 2020-29-12] Dostupné z: <https://www.techbriefs.com/component/content/article/tb/supplements/md/features/articles/28809>
- [8] MHI: Industrial Robots [online]. [cit. 2020-29-12] Dostupné z: <https://www.mhi.org/fundamentals/robots>
- [9] VACHÁLEK, Ján a Gergely TAKÁCS. *Robotika*. Bratislava: Slovenská technická univerzita v Bratislave, 2014. Edícia vysokoškolských učebníc. ISBN 978-80-227-4163-7
- [10] Premyslené roboty [online]. 2018 [cit. 2020-29-12] Dostupné z: http://matlab.fei.tuke.sk/wiki/index.php?title=Priemysel%C3%A9_roboty
- [11] ABB IRB 1100 [online]. [cit. 2020-29-12] Dostupné z: <https://new.abb.com/products/robotics/sk/roboty/irb-1100>
- [12] ABB IRB 1300 [online]. [cit. 2020-29-12] Dostupné z: <https://new.abb.com/products/robotics/sk/roboty/irb-1300>
- [13] ABB IRB 910 SC [online]. [cit. 2020-29-12] Dostupné z: <https://new.abb.com/products/robotics/sk/roboty/irb-910sc>
- [14] ABB IRB 360 [online]. [cit. 2020-29-12] Dostupné z: <https://new.abb.com/products/robotics/sk/roboty/irb-360>
- [15] ABB IRB 6790 [online]. [cit. 2020-29-12] Dostupné z: <https://new.abb.com/products/robotics/sk/roboty/irb-6790>
- [16] Omitech : Cobots: history and applications of collaborative robots [online]. [cit. 2020-29-12] Dostupné z: <https://robot.omitech.it/en/cobots-history-and-applications-of-collaborative-robots/>
- [17] Cobot robots [online]. 2020 [cit. 2020-29-12] Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Cobot>

- [18] Universal Robots: Know your machine [online]. 2017[cit. 2020-29-12] Dostupné z: <https://www.universal-robots.com/blog/know-your-machine-industrial-robots-vs-cobots/>
- [19] Industry week: Cobot vs. Robot: Which Is Right for You? [online]. 2019[cit. 2020-29-12] Dostupné z: <https://www.industryweek.com/sponsored/article/22027760/cobot-vs-robot-which-is-right-for-you>
- [20] HKM – Cobot vs. Robot [online] [cit. 2020-29-12] Dostupné z: <https://www.hmkdirect.com/news/cobot-vs-robot/>
- [21] ABB SafeMove [online] [cit. 2020-29-12] Dostupné z: <https://new.abb.com/products/robotics/sk/riadiace-systemy/irc5/opcie/safemove-2>
- [22] ABB YuMi [online] [cit. 2020-29-12] Dostupné z: <https://new.abb.com/products/robotics/sk/roboty/yumi>
- [23] ABB jednoramenný YuMi [online] [cit. 2020-29-12] Dostupné z: <https://new.abb.com/products/robotics/sk/roboty/irb-14050-jednoramenny-yumi>
- [24] ABB: First YuMi in Italy celebrates its fifth birthday [online].2020 [cit. 2020-29-12] Dostupné z: <https://new.abb.com/news/detail/72216/the-first-yumir-in-italy-celebrates-its-fifth-birthday>
- [25] ABB: RobotStudio [online] [cit. 2020-29-12] Dostupné z: <https://new.abb.com/products/robotics/sk/robotstudio>
- [26] ABB CRB 1100 [online] [cit. 2022-02-05] Dostupné z: <https://new.abb.com/products/robotics/collaborative-robots/crb-1100>
- [27] ABB's new SWIFTI cobot enables collaborative working at industrial speeds [online]. 2021 [cit. 2022-02-05] Dostupné z: <https://new.abb.com/news/detail/74322/prsrl-abbs-new-swifti-cobot-enables-collaborative-working-at-industrial-speeds>
- [28] Tomáš Magula ABB – Výhody kolaboratívneho a štandardného robotizovaného pracoviska
- [29] Tomáš Gajdoš ABB – Nové prírastky z dielne R&D ABB robotiky
- [30] ABB Product specification IRB 1100
- [31] ABB Product specification IRB 14000
- [32] ABB IRB 14050 YuMi SingleArm datasheet
- [33] ABB IRB 1300
- [34] ABB SWIFTI CRB1100
- [35] ABB Omnicore – nová éra digitálneho riadenia
- [36] ABB IRC 5 [cit. 2022-02-05] Dostupné z: <https://grabcad.com/library/abb-robot-irc5-controller-1>

ZOZNAM SKRIATIEK

Skratky:

Kobot

Kolaboratívny robot

ZOZNAM PRÍLOH

PRÍLOHA A - VIDEÁ SO SIMULACIÍ DANÝCH ROBOTOV ULOŽENÉ NA USB	48
---	-----------

Príloha A - Videá so simulácií daných robotov uložené na USB