



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Савремени обрадни системи

Број индекса: 310/2019

Андријана Г. Грујић

Примена индустријских робота у савременим обрадним системима

мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. др Богдан Недић - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____



Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука



Мастер студије: **Машинско инжењерство**

Студијско подручје (усмерење): **Производно машинство**

Име и презиме: **Андријана Грујић**

Број индекса: **310/2019**

ПРИЈАВА МАСТЕР РАДА

Тема рада: **Примена индустријских робота у савременим обрадним системима**

Задатак: У оквиру мастер рада кандидат треба да изврши прикупљање и систематизацију података о примени индустријских робота у савременим обрадним системима. Потребно је извршити анализу процеса обраде уз примену индустријских робота и описати примере примене робота, елементе робота као обрадног система и њихово програмирање. У посебном делу рада потребно је извршити програмирање робота (*COMAU C5G*) за извршавање задатака који се односе на процес балансирања точкова у фирми *H.T. & L. FITTING SERBIA*.

Мастер рад треба да садржи следеће целине:

1. Уводна разматрања,
2. Анализа процеса обраде роботом,
3. Примери примене индустријских робота,
4. Погонски системи, сензори и остали системи индустријског робота,
5. Програмирање индустријских робота,
6. Пример програма за балансирање точкова (18“) применом робота *COMAU C5G*
7. Закључци,
8. Литература.

Ментор:

Др Богдан Недић, редовни професор

Крагујевац, 27.01.2021.

Резиме

Суштина овог мастер рада заснива се на теоријској анализи робота, односно њихове примене у индустрији, њихове конфигурације, њихових карактеристика, што је кроз овај мастер рад дефинисано у оквиру прве четири тачке овог мастер рада, док је у оквиру другог дела мастер рада са посебним акцентом извршена анализа робота која се односи на програмирање самих робота у индустрији. У оквиру тачке пет извршена је генерална анализа процеса програмирања робота која се односи на више врста робота, док је практични процес програмирања робота (*COMAU C5G*) дат у оквиру шесте тачке, на примеру израде програма за робота који се користи за обављање задатака који се односе на процес балансирања точкова (18“) у фирми *H.T. & L. FITTING SERBIA*.

Кључне речи:

Робот, примена индустријских робота, програмирање робота.

Summary

The essence of this master thesis is based on the theoretical analysis of robots, ie their application in industry, their configuration, their characteristics, which is defined through this master thesis within the first four points of this master thesis, while in the second part of the master thesis with special emphasis performed analysis of robots related to the programming of robots in the industry. Under point five, a general analysis of the robot programming process was performed, which refers to several types of robots, while the practical robot programming process (*COMAU C5G*) is given under the sixth point, on the example of creating a robot program used to perform tasks related to the process of wheel balancing (18“) in the company *HT & L. FITTING SERBIA*.

Key words:

Robot, application of industrial robots, robot programming.

Садржај:

1. Уводна разматрања.....	5
2. Анализа процеса обраде роботом.....	9
2.1 Подела работа.....	9
2.2 Модел работа.....	12
2.3. Кинематски ланци.....	15
2.4 Радни простор работа.....	23
3. Примери примене индустријских работа.....	29
4. Погонски системи, сензори и остали системи индустријског робота.....	34
4.1 Сензори.....	34
4.2 Погонски ситем.....	42
4.3 Електрични погон работа.....	46
4.4 Управљачки систем работа.....	49
5. Програмирање индустријских работа.....	51
6. Пример програма за балансирање точкова (18“) применом работа COMAU C5G.....	58
7. Закључак.....	79
8. Литература.....	81

1. Уводна разматрања

Извесно је да потреба за развојом робота датира много пре него што је и дошло до развоја првих робота у индустрији човечанства. Са проналаском струје и развојом индустријске револуције омогућен је развој система сложене конфигурације, односно развој сложених механичких делова, па су на тај начин обезбеђени услови за развој робота. Реч, односно термин „робот“ односно радник јавља се још 1920. године у драми „Росумови универзални роботи“ чешког писца Карла Чапека. Изразита тежња за развојом робота као и њихова прва појава јавља се у периоду индустријске револуције, која је своју експанзију доживела крајем осамнаестог и почетком деветнаестог века. Све је почело са жељом за развојом робота због потреба у различитим гранама индустрије, као што је медицинска индустрија за развој помагала, машинској индустрији, грађевинској индустрији и др. 1733. године дошло је до развоја механизованог развоја за ткање. Након тога дошло је до проналаска парне машине 1769. године, да би након ових проналаска дошло до бројног развоја технике и средстава за проиозводњу, на основу чега је овај период развоја и добио име индустријска револуција. У току индустријске револуције догодило се још пар проналаска и научних достигнућа која су обележила индустријски развој света у одређеним интервалима. Данас је процес развоја и време развоја нових технологија много краћи, а све то захваљујући знањима и развоју патената стеченим кроз комплетан историјски развој, што се пре свега односи на развој рачунарских и комуникационих система. Развојом рачунарских и комуникационих система омогућен је бржи проток информација, док је повећан степен аутоматизације довео до знатно веће замене људске снаке у обављању послова, што човека доводи све чешће у позицију која се само односи на праћење различитих процеса рада. Велике земље са развијеном индустријом пратећи развој и значај ових процеса све чешће издвају већа средства за научно-истраживачки рад и развој високих технологија, а све то са циљем пре свега убрзавања процеса развоја. С развојом одређених грана наука на којима се данашњи роботи темеље и то: развој аутоматског управљања, рачунарских техника, вештачке интелигенције, технологија сензора и претварача и многих других довело је до другог угла посматрања самих робота. Роботе данас посматрамо као уређаје који омогућавају флексибилну аутоматизацију. Њихов циљ је замена човека на одређеним радним местима, а пре свега на местима која угрожавају живот човека, лоше утичу на психичко стање човека и при тешким пословима у којима добар део човек и није у могућности да их изврши. Ово доводи до могућности избора много бољих радних места за самог човека. Роботи не само што мењају човека на одређеним радним местима, већ и обезбеђују знатно продуктивнији рад. Када посматрамо историјски развој робота у Србији један од најбитнијих патената у Србији направљен је давне 1963. године на институту Михајло Пупин у Београдској школи роботике и то под називом “Београдска шака”. Професор Рајко Томовић радио је заједно са својим тимом научника на методи покретања робота са акцентом на ортопедских помагала из које је настао патент “Београдска шака”. “Београдска шака” је прва адапирана протеза, која је имала могућност извођења две кључне радње и то стискање у песницу и скупљање са испруженим прстима. Ова шака у Србији своју практичну примену није нашла у клиничким сврхама, али је коришћена за истраживања која су значајно утицала на развој егзоскелета. Ипак друге земље користиле ткз. “Београдску шаку” у клиничке сврхе, па је 50-ак оваквих шака уграђено пацијентима. [1], [11], [14], [15], [16], [17], [18], [19].



Слика 1.1 Београдска шака [16]

Савремене индустријске машине које су сложене конфигурације и са високим степеном интелигенције па се ове машине користе за обављање послова различитог нивоа сложености. Сходно томе ове машине основа су CIM (Computer Integrated Manufacturing) система, система који су темељ неопходан за развој било које фабрике будућности. За роботе можемо наћи више начина дефинисања у различитим литературама. Према дефиницији интернационалне организације за стандарде, „робот је машина која се састоји од механизма са више степени слободе кретања, а способан је да врши манипулацију са алатом, радним предметом или неким другим средством“. 70-тих година двадесетог века почела је примена индустријских робота са рачунарским управљањем. Прва практична примена повећања степена аутоматизације машина и процеса јавља се у производним процесима и код управљања машина, док се код позиционирања радног предмета, послуживања радног места и сл. позицијама, јавља тек касније. Индустријски роботи налазе своју примену:

- При обављању технолошких операција, као што су брушење, чишћење и сл.,
- Аутоматској монтажи,
- При контроли,
- Послуживању радног места,
- При држању материјала у радној позицији у различитим фазама израде и операциони транспорт.

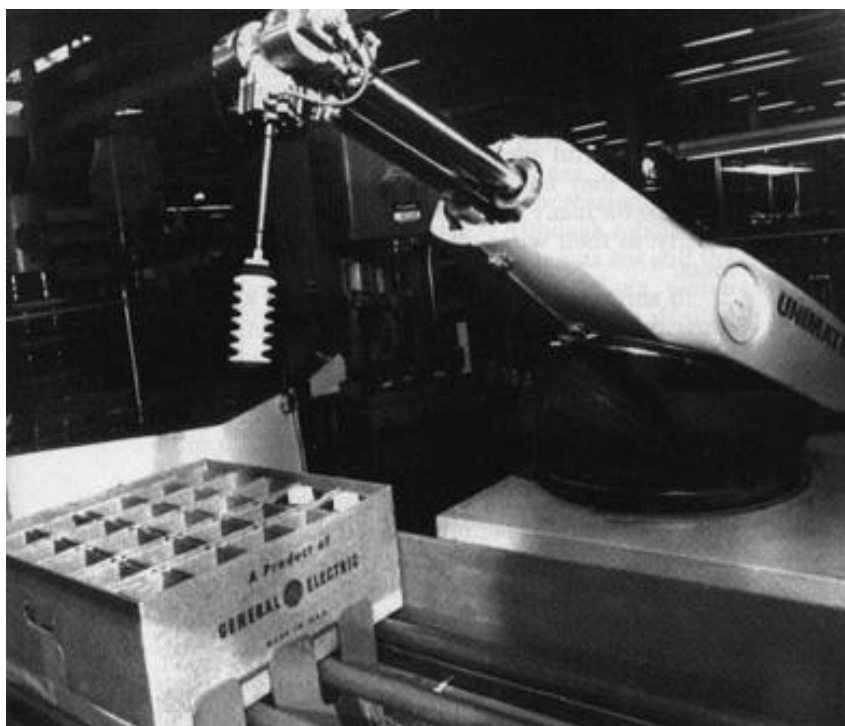
На основу дефиниције „JARA“ Јапанске асоцијације за роботiku роботи се могу сврстати у шест класа и то:

- Ручно управљани уређаји за руковање материјалом,
- Уређај за руковање материјалом који је тако конструисан да може реализовати само фиксни, унапред дефинисани, низ покрета,
- Уређај за руковање материјалом који је тако конструисан да може да оствари низ покрета који лако могу да се модификују,
- Робот код којег се кретање може запамтити ради каснијег понављања,
- Нумерички управљани роботи који имају уређај за ручно обучавање превођењем кроз низ дефинисаних положаја,
- Интелигентни роботи који могу да разумеју своју околину и у стању су да заврше задатак упркос измењеним радним условима.

Човек је увек тежио и увек ће тежити да олакша себи све своје послове које обавља, сходно томе је и увек посебан акценат био на роботима и њиховом развоју, али ипак постоје послови где из различитих околности робот не може да замени човека, а неки од тих случаја су следећи:

- Човек има много већи број сензора од робота, који су бољег квалитета за обављање послова,
- Човек може да на основу свог искуства доноси исправне одлуке чак и када сви потребни подаци не постоје,
- Човек је доста флексибилан и може се прилагодити различитим задацима,
- Човек поседује мобилност у смислу једноставног преласка са једног радног места на друго,
- Ново радно место не захтева посебну припрему у смислу прилагођавања човека.

Оно што данас на неки начин ограничава примену робота јесте и страх човека да ће га заменити робот, односно да ће доћи до укидања многих радних места на којима човек ради. Међутим ова логика и начин размишљања и није исправан у потпуности, јер у одређеним гранама индустрије при изразитој употреби робота, отварају нека друга нова радна места, чиме се повећава поново потреба за човековим радом. На слици 1.2 дат је приказ првог индустријског робота „Unimate“. Константан и убрзан развој робота довео је до стварања робота који могу опонашати човека, пре свега његов ход, подизање предмета, говор, препознавање предмета, али и скок у вис. Један овакав робот дат је на слици 1.3. Литературе коришћене за писање тачке један дате су у наставку: [1], [8], [14], [15], [16], [17], [18], [19].



Слика 1.2 Први индустријски робот „Unimate“ [22]



Слика 1.3 *Asimo робот с људским покретима* [9]

Историјски развој и усавршавање робота приказани су у оквиру уводног дела овог рада, а данашња конфигурација робота у савременој индустрији дата је у оквиру тачке два. Извршена је подела робота у односу на модел робота, као и његове карактеристике које су детаљније приказане у даљем наставку (тачка број два). Поред јасно дефинисане селекције робота, конфигурације робота, али и излагања предности и недостатака које роботи поседују, дефинирање радног простора робота, али и најбитнијих елемената робота и селекција истих је такође од великог значаја, с обзиром на улогу истих код самих робота. Овај задатак дефинисање такође у оквиру тачке два.

У зависности од својих карактеристика, способности, начина уношења података роботи се употребљавају за обављање различитих индустријских задатака. Сви ови задаци групишу се у одређена поља примене у зависности од крајњег циља захтеваних индустријских задатака. Приказ и анализа могућих поља примене робота дат је у оквиру тачке три, где су детаљније описана поља примене индустријских робота са прикатичним примерима.

Као и код сваке машине, па тако и код робота неопходно је добро познавање свих система робота, пре свега погонског система, управљачког система и сензора и сл. Погонски систем неопходан за покретање робота има битну улогу код робота, као и управљачки систем који контролише и управља самим роботима, као и сензори који региструју промене у окружењу робота и олакшавају роботу долазак информација из његовог окружења. Анализа ових система приказана је у оквиру тачке четири.

За рад NC, CNC и сличних машина неопходан је програм по ком ове машине извршају захтеване задатке, које им управљачка јединица задаје. Као и код ових машина и код робота је сличан захтев за рад, али се код робота задати програм знатно разликује од програма предвиђених за NC и CNC машине. Поступак начина програмирања робота, односно писања програма детаљније је приказан и објашњен у оквиру тачке пет.

На основу тачке пет у којој је детаљније дата анализа процеса програмирања, селекције истих и начина примене извршена је израда програма у оквиру тачке шест, који је пример процеса рада робота COMAU C5G, а који се користи током извршавања задатака везаних за балансирање точкова у фирми H.T. & L. FITTING SERBIA. У оквиру овог задатка, током израде програма неопходно је дефинисати кретање робота, односно његово активирање при регистовању точкова који захтевају балансирање, као и селекцију балансираних точкова у готове или шкарт производе. Готов програм за овај процес рада дат је у оквиру тачке шест, као и одговарајући коментари за одређене делове процеса израде програма, који је предвиђен за точкове од 18“.

2. Анализа процеса обраде роботом

Индустријски робот је аутоматски, серво-контролисан, репрограмибилан, вишенаменски вишеосни манипулатор способан да рукује материјалом, деловима, алатима или посебним уређајима током променљивих, програмираних операција за обављање различитих задатака. [1], [4].

2.1 Подела работа

Индустријски манипулативни робот је уређај опремљен механичком руком са великим могућностима кретања и управљачким системом са великом аутономијом оствареним на дигиталном рачунару. Такав робот представља данашњу крајњу тачку развојне серије индустријских аутомата.

Када говоримо о врсти роботских система и начину уношења података, селекцију работа можемо извршити на следећи начин:

- Мануелни манипулатор - Човек директно управља манипулатором;
- Секвенцијални роботи – Управљање и позиционирање ових работа захтева одређену врсту процедуре, односно врши се корак по корак,
- Роботи са чврстом следљивошћу - Слично се дефинише као и секвенцијални роботи, али се јасно разликује када се говори о улазним информација које се у овом случају не могу мењати;
- Роботи са варијабилном следљивошћу – Дефинишу се као и секвенцијални роботи, али се улазне информације у овом случају могу мењати.
- Нумерички управљани роботи – Ови роботи задатак добијају преко одговарајућих нумеричких операција.
- Интелигентни роботи – Ови роботи се темеље на искуству, сазнању и способности опажања расојања и елемената око себе [1], [4].

Од тренутка развоја индустријских работа па све до данас разликују се четири генерације работа и то на основу њихове сложености информатичког система работа и сензора. Разлог за развој индустријских работа огледа се у многим бројним предностима, а неке од њих су :

- Повећање продуктивности,
- Смањење трошкова,
- Прецизност,
- Већа флексибилност код одређеног степена производње,
- Побољшање квалитета производње
- Ослобађање човека од монотоних и понављајућих задатака или од рада човека у окружењима која му могу угрозити живот.

Генерално, роботски системи се могу поделити на (слика 2.1.1):

- Манипулативни роботски системи,
- Мобилни роботски системи,
- Роботски системи за управљање информацијама.

Кретање мобилних роботских система, односно платформе, прати се уз помоћ аутоматског система. Ови системи су направљени и дизајнирани тако да аутоматски испоручују делове и алате машинама и од алатних машина до складишта. Поседују програмбену путању, па је на овакве системе могуће поставити механизам манипулације[1], [4].

Роботски системи за управљање информацијама користе се за прикупљање, обраду, пренос информација и за њихову употребу у формирању различитих управљачких сигнала. У производњи су то системи аутоматског управљања и управљања производним процесима практично без људи, где се користе индустријски роботи.

Манипулацијски роботски системи се углавном користе у индустрији и могу се подијелити на следећи начин:

- Роботи,
- Манипулатор,
- Роботски технолошки комплекси.

Роботи се углавном користе у индустријској производњи, манипулатори се у већини случајева користе у условима где постоји зрачење, тровање ваздухом, опасност од експлозије, високе и ниске температуре. Роботски технолошки комплекси примењују се у условима сложених радова.

Метода управљања манипулативним роботским системима може бити:

- Аутоматски,
- Даљински,
- Упутство.

Уређаји за аутоматску манипулацију, могу се поделити у четири групе, односно на четири генерације робота што је већ и наведено, чврсти програмски манипулатори, програмски манипулатори, адаптивни роботи, интелигентни роботи.

Даљински управљани роботи и манипулатори (слика 2.1.1.) могу се поделити на следећи начин:

- Манипулатори са командном контролом,
- Копирање манипулатора,
- Полуаутоматски манипулатори,
- Роботи са надзорном контролом,
- Роботи са комбинованом контролом,
- Роботи са дијалошким (интерактивним) контролом.

Манипулаторе са командном контролом карактерише чињеница да човек-оператер даљински укључује извршне органе сваког зглоба манипулатора притискајући одговарајуће команде.

Манипуларом за копирање, који се углавном налази у зони опасности, управља човек-оператер са одређене безбедне удаљености помоћу уређаја који је кинематички сличан радном манипулатору.

Полуаутоматски манипулатори су такви уређаји који имају управљачки механизам на радном столу у облику вишестепеног управљачког штапа, од којег се електрични сигнали помоћу специјализованог рачунара трансформишу у специјализоване контроле манипулатора.

Карактеристика робота са надзорном контролом је да оператер даљински прати рад робота који се налази у зони опасности и даје само појединачне команде циљу, према чијим се сигнаlima активирају појединачни програми аутоматског рада робота. Оператер обавља само функцију препознавања околине и доношења одлуке.

У случају робота са комбинованим управљањем, врши се комбинација аутоматских режима управљања са ручним режимима управљања, као што је случај са полуаутоматским манипулатором или манипулатором за копирање.

Роботи са дијалошким (интерактивним) контролом су интелигентни и разликују се од надзорника по томе што они сами активно учествују у препознавању ситуације и доношењу одлука, помажући истовремено оператеру од којег добијају команде.

Ручно вођени роботи су подељени у две врсте:

- Балансирање шарки,
- Егзоскелетни.

Робот за уравнотежење зглобова је вишечлани механизам са погонима у сваком зглобу. Погодни су за утовар и истовар код већих терета.

Егзоскелетни роботи су вишечлани механизми чији су производи повезани директно на људске руке или ноге. Људски покрети формирају контролне сигнале. Користе се за јачање снаге екстремитета и људског тела (здравих и хендикепираних) [1], [4].



Слика 2.1 Роботи у аутомобилској индустрији [20]

2.2 Модел робота

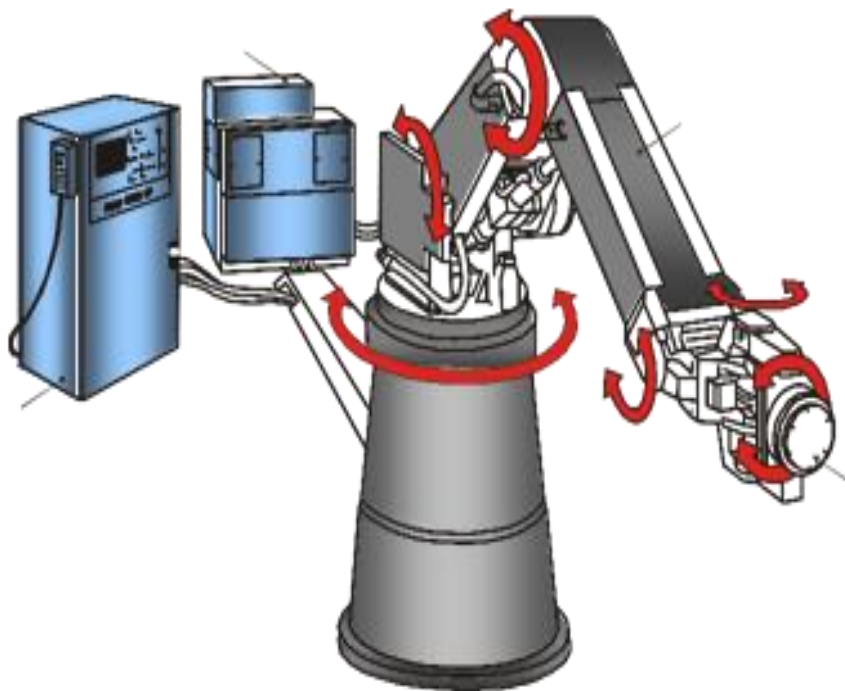
Према геометријској конфигурацији, роботи се деле на роботе:

- Сферна (поларна)
- Антропоидна (раме и лакат)
- Цилиндрична
- Картезијанска (правоугаони)
- Кранска (GANTRY)
- SCARA
- Клатно (PENDULUM) конфигурација.

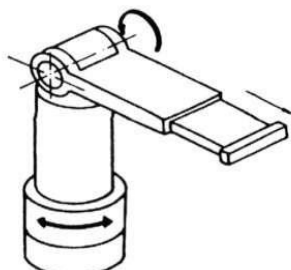
На слици 2.2.2 дат је приказ ових типова конфигурације робота.

Индустријски робот је уређај који се користи за руковање материјалом на основу управљања. Сама конструкција робота (слика 2.2.1) садржи следеће неопходне системе:

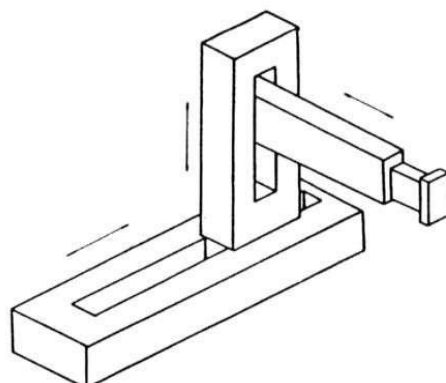
- Механички систем,
- Енергетски систем,
- Мерни систем,
- Контролни систем.



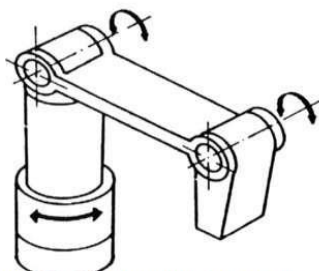
Слика 2.2.1 Конфигурација робота [1]



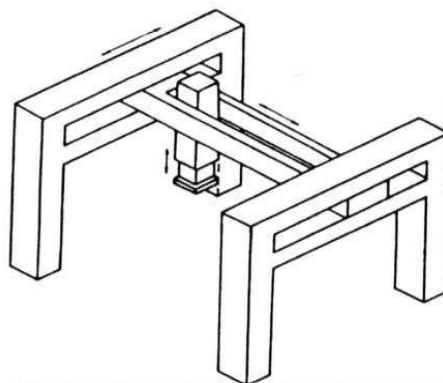
Поларна конфигурација робота. Тело ротира око вертикалне осе, рука се диже и спушта око хоризонталне осе и продужује радијално.



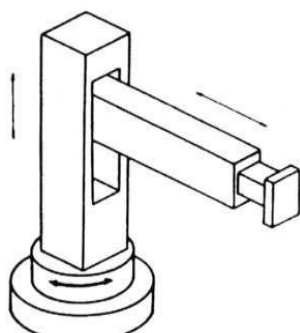
Картензијанска (правоугаона) конфигурација робота. Три независна-међузависна међусобно управна робота.



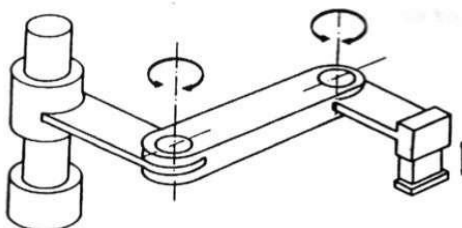
Антропоморфна (раме - лакат) конфигурација робота. Тело ротира око вертикалне осе. Рука има два независно гоњена зглоба око хоризонталних осе.



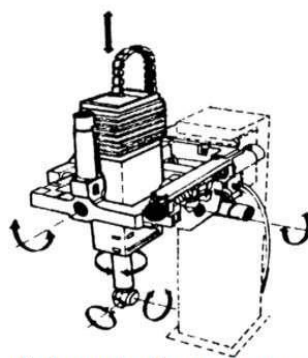
Кранска конфигурација робота. Идентична кретања као и картензијаска само са једним додатним ослоном па је конструкција много краћа.



Цилиндрична конфигурација робота. Тело ротира око вертикалне осе, а рука има хоризонталну и вертикалну покретљивост.



SCARA конфигурација робота. Три повезана сегмента са серво погонима. Хватаљка има ограничено вертикално кретање које обично није серво - управљачко.

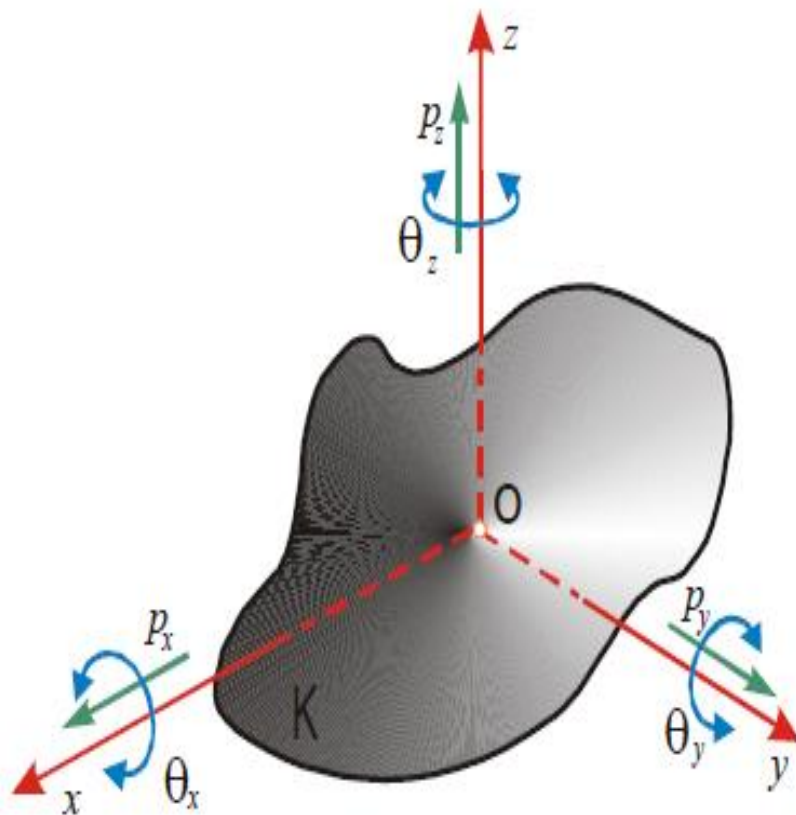


Конфигурација робота у виду клатна.

Слика 2.2.2 Типови конфигурације робота [1]

Да би се успешно извршило кинематско одређивање робота, неопходно је правилно дефинисање положаја и оријентације пријемника у односу на предмете у радном простору робота, али и у односу на неки непокретни референтни координатни систем. Уз помоћ релативно угаоне ротације или релативним транслационим померањем у зглобовима робота, омогућено је одређивање тачног положаја робота. Како би робот засигурно правилно извршавао посао, положај и оријентација хватаљке у простору морају бити одређене у сваком тренутку. Сам положај тела у свемиру одређује шест независних параметара, три трансакције и три ротације, па има шест степени слободе кретања, односно може се кретати на шест различитих, независних начина и то: транслационо за величину P_x , P_y , P_z дуж осе x , y , z уз чију помоћ је могуће омогућити позиционирање тачке тела у простору и ротацију око све три осе за вредност углова θ_x , θ_y , θ_z (слика 2.2.3). Кинематски пар односно међусобно повезана два тела, од којих је једно минимално покретно. До смањења могућности кретања долази при формирању зглоба, па при овој промени долази и до смањења степена слободе кретања. Поделу према врсти зглобова можемо извршити на следећи начин:

- 1) Ротациони,
- 2) Транслаторни,
- 3) Вијчасти,
- 4) Ваљкасти,
- 5) Кугласти.



Слика 2.2.3. Кретање тела у простору [22]

На слици 2.2.4 приказан је пример пасивних зглобова који имају различите степене слободе и то:

- 1) ротациони зглоб који има релативно обртање само око једне осе;
- 2) преводилачки зглоб има релативно померање дуж једне осе;
- 3) вијчасти зглоб има везано обртање око осе и превод дужине исте осе, што значи да је кретање зглоба хеликоидно (у облику завојнице);
- 4) ваљкасти зглоб, код којег постоји обртање и преводилачко померање цилиндра унутар шупљег цилиндра;
- 5) кугласти зглоб има три степене слободе кретања, јер су могућа три независна релативна обртања кугле унутар шупље кугле.

Крутост представља отпор према сваком непожељном кретању. Крутост је основно мерило квалитета једног зглоба. На основу овога долази се до тога да је добро да зглобови имају што нижи степен слободе кретања. Као основа врсте зглобова сматрају се ротациони зглоб и преводилачки зглоб и они имају један степен слободе, док су све остале врсте зглобова са више од једним степеном слободе, настале на темељима ова два зглоба. Ротациони зглобови омогућавају ротационо кретање једног сегмента, односно чланка, у односу на други сегмент и могу бити изведени на два начина и то: стожај и шаркастој. Транслаторни зглобови омогућавају преводитељско померање једног чланка у односу на претходни чланак и овај тип зглоба може бити изведен у попречној и телескопској варијанти.

2.3. Кинематски ланци

Кинематски ланац можемо дефинисати као кинематску структуру робота. Кинематски ланац представља скуп неповезаних кинематских парова. Сложеност индустријских робота састављена од недеформабилних тела која представљају сегменте који су међусобно повезани зглобовима. Сваки зглоб има један степен слободе кретања. Дobar део робота има ротационе или преводилачке зглобне везе. Без обзира на структуру везе која је остварена у кинематском ланцу, разликују се:

- Прости кинематски ланци и
- Сложени кинематски ланци.

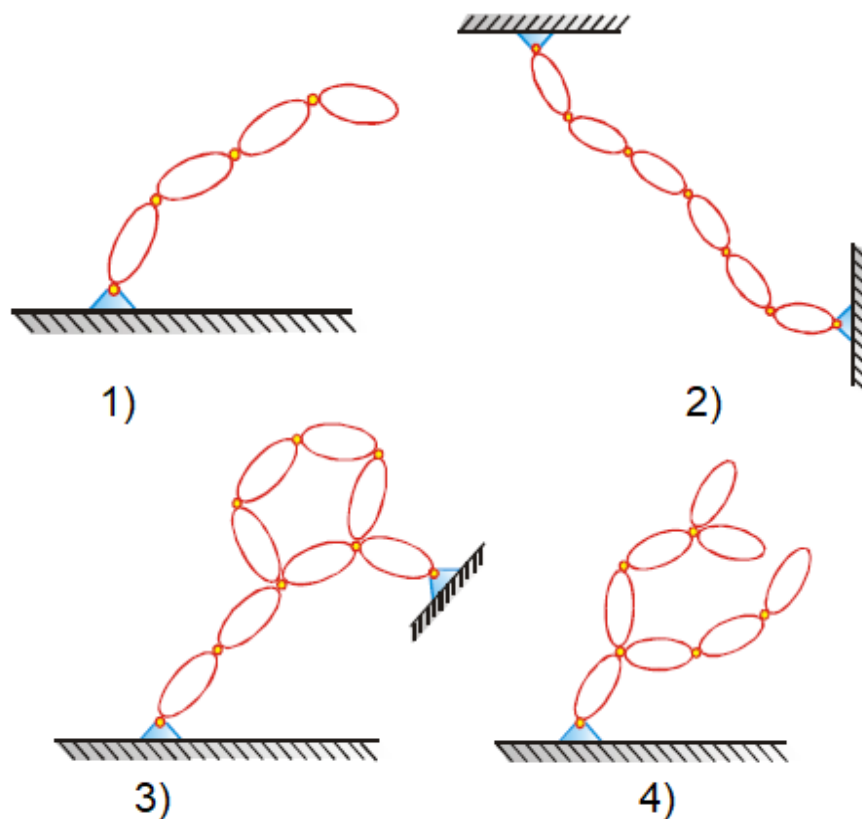
Код сваког сегмента у низу, ланац поседује два зглоба, претходни и наредни, па се ово назива простим кинематским ланцем (слика 2.3.1). Ланац који којег макар један сегмент ланца има три или више зглобова, односно ланац има могућност да се грана, назива се сложеним кинематским ланцем. Поред ове поделе селекција кинематских ланаца може се извршити и на следећи начин, односно:

- Отворени и
- Затворени кинематски ланци.

Ланци код којих не постоји затворени низ називају се отвореним ланцима. У случају ланаца код којих је почетни сегмент везан за чврсту подлогу, док је последњи сегмент носи прихватницу.

На основу чињенице да сваки зглоб има један степен слободе кретања, комплетан кинематски ланац ће на основу прорачна добијеног на основу приказане формуле, где је n број зглобова. Затворени ланац има најмање један затворени низ чланака, одакле се из једне тачке тог низа може доћи на два начина (слика 2.3.1). На слици 2.3.1 дат је шематски приказ типова ланаца и то:

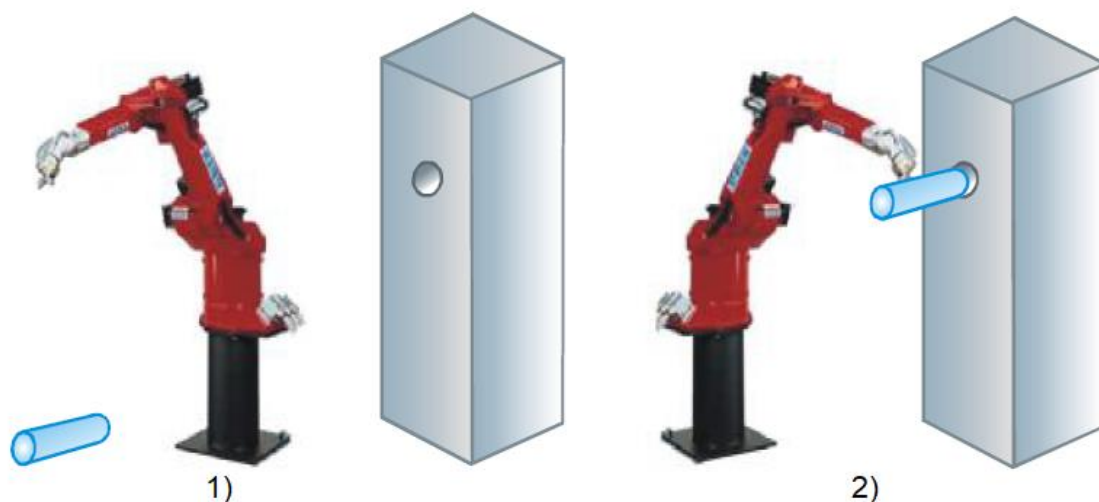
- 1) отворени, прост ланац;
- 2) затворени, прост ланац;
- 3) затворени, сложен ланац;
- 4) сложен, отворен ланац.



Слика 2.3.1 Типови кинематских ланаца [1]

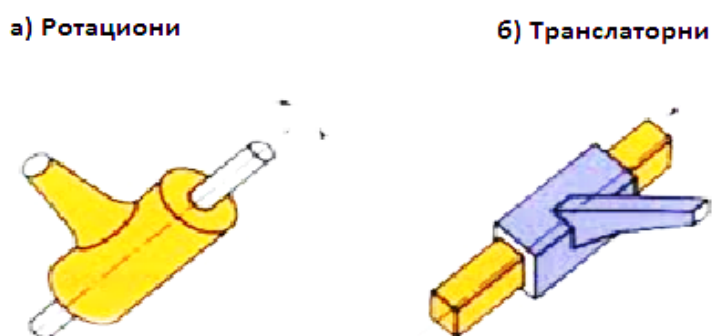
Током рада кинематских ланаца, долази до промене структуре и то од отворене ка затвореној и супротно. Пример ових промена приказан је на слици 2.3.2, где се јасно види робот који је у стању преноса радног предмета, односно у првој фази, представља отворени ланац, док је затворени ланац у фази монтаже предмета у отвор, односно у току друге фазе. Кинематско описивање робота као отвореног кинематског ланца при анализи, синтези и управљању роботима има јако велики значај.

Број степени слободе код кинематског ланца представља број независних параметара који су потребни да се једнозначно одреде положај целог ланца. При дефинисању положаја отвореног кинематског ланца, непоходно је познавање померања у свим зглобовима ланца, односно неопходно је познавати за коју се вредност угла заротира сваки ротациони зглоб и колико је померање у сваком преводитељском зглобу. У случају оваквих ланаца зглобови су међусобно независни и померања у зглобовима могу бити произвољна. При одређивању броја степена слободе код отворених кинематских ланаца, број степени слободе отворених кинематских ланаца је један број зглобова.



Слика 2.3.2 Шематски приказ промене кинематичке структуре робота при процесу монтаже [1]

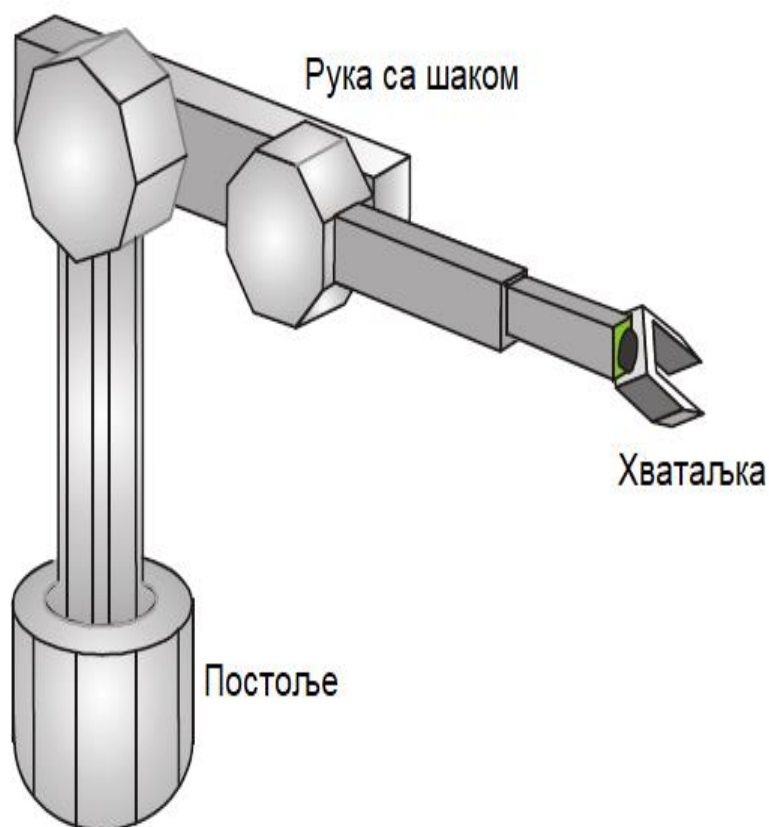
Утицај на степен слободе кинематског ланца има његова тополошка структура, односно кинематски ланац зависи од тога да ли он отвореног или затвореног типа, као и од врсте применљивих зглобова. Најчешће практично коришћени зглобови транслаторни и ротациони зглобови имају један степен слободе, јер имају само један начин кретања, што је приказано на слици 2.3.3.



Слика 2.3.3 Ротациони и траслаторни зглобови [1]

Механички део индустријског робота може се поделити на следеће подсистеме (слика 2.3.4):

- Постоље или постоље за роботе,
- Рука и рука робота,
- Крајњи ефектор, који може бити у облику хватаљке,
- Сензор или алат.

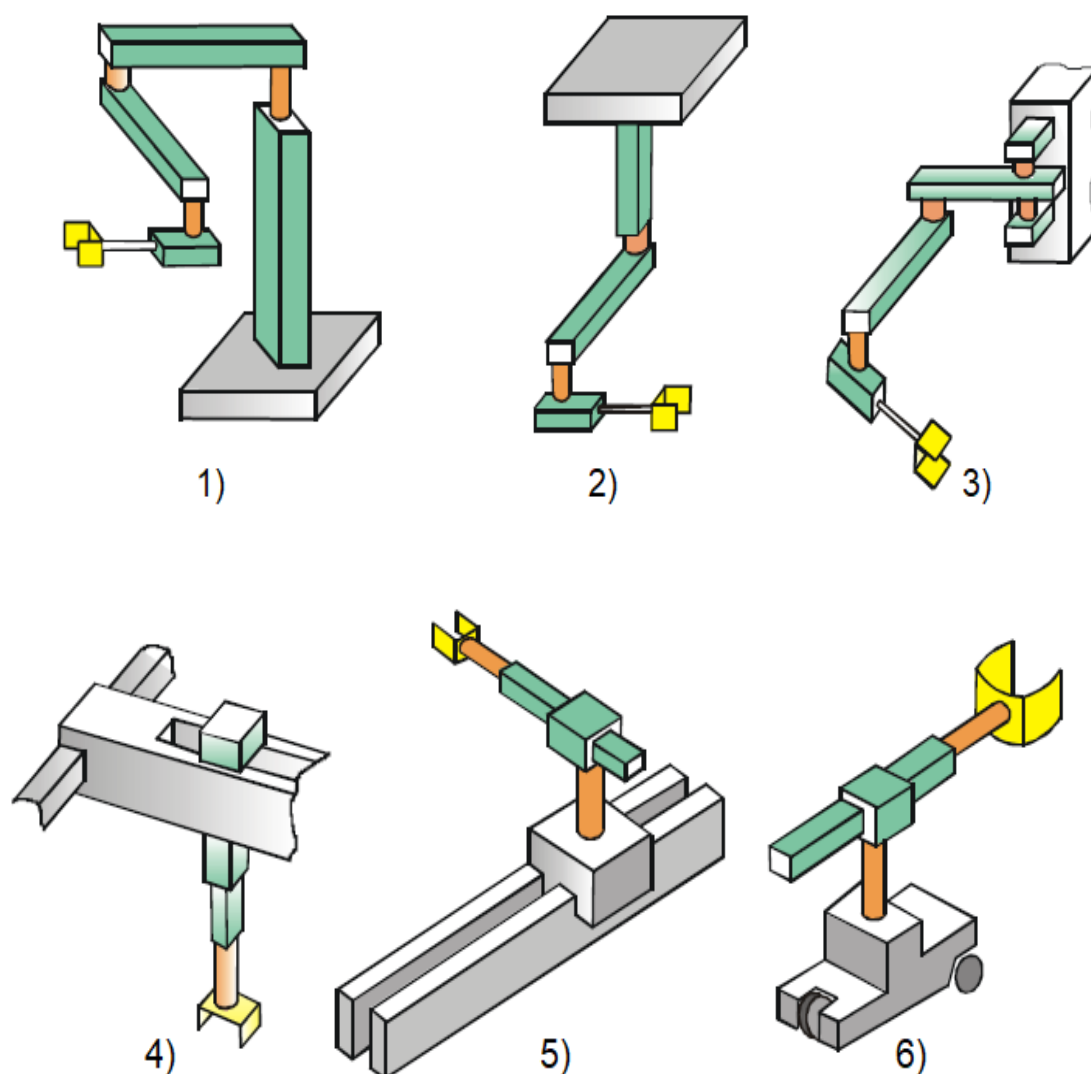


Слика 2.3.4 Шематски приказ механичких подсистема индустријског робота [1]

Извршни механизам индустријског робота представља систем покретно везаних сегмената механичког система, намењени за манипулацију радним објектом. Рука робота представља део извршног механизма који има улогу при осигуравању транспорта и оријентације кретања. У случају када су сегменти извршног механизма индустријског робота међусобно повезани само ротационим кинематским паровима, то је случај када сегменти заједно образују руку зглобног типа. Само постоље робота слично је постољу алата. Основна плоча алата може бити ливена или заварена. Разликује се портални, конзолни и причвршћени (зид, под и др.) начин израде и причвршћивања базе робота, што је и приказано на слици 2.3.5.

При избору типа постља робота, пре свега посебну пажњу и акценат треба ставити на функције робота, односно послове које ће робот обављати. Код послова који захтевају покретно постоље робота, подлога робота мора бити адаптирана за шине, колица и сл. На самом постољу смештени су пре свега ротациони или транслациони зглоб, као и мотори, уље, цилиндери и друго. На слици 2.3.5 дат је приказ следећих типова постоља, односно базе робота:

- 1) Стојеће
- 2) Плафон
- 3) Зид
- 4) Портал
- 5) База у облику шина
- 6) База у облику колица



Слика 2.3.5 Типови постоља [1]

Робот-рука причвршћена је за основу робота на коју се серијски надовезује корен шаке робота, која као таква чини једну контруктивну целину. Основни задатак робот-руке јесте да води прихватницу на основу предвиђеног управљачког алгоритма, па се из овог разлога називају системи за вођење прихватнице. Самостална јединица која се надовезује на корен шаке и у директној је вези између предмета над којим се врши нека операција и кинематске структуре самог робота назива се прихватницом робота. Прихватница робота је елемент који се додељује групи изменљивих елемената индустријских робота. Зависно од потреба и захтева, индустријски роботи се опремају одговарајућом прихватницом. Разликују се прихватница у виду хватаљке на роботу која се користи при монтажи, у виду алатке технолошког робота или у виду сензора мерних робота. Најчешће коришћена прихватница у пракси јесте прихватница у виду хватаљке и у тим случајевима примене робот се јако разликује од осталих машина. И данас још увек не постоје хватаљке које ће имати универзану намену, па се из тог разлога морају пројектовати посебна решења за посебне намене.

Приликом израде и избора типа хватаљке неопходно је дефинисати све неопходне захтеве и то:

- Карактеристике роботске руке са дозвољеном тежином хватаљке и предмета,
- Карактеристике манипулисаног предмета, нпр. тежина, крутост, материјал, геометрија и положај током рада,
- Услови рада хватаљке (могућност брзе замене, прилагодљивост променама) објекти манипулације),
- Услови околине (температура, влажност, локација робота).

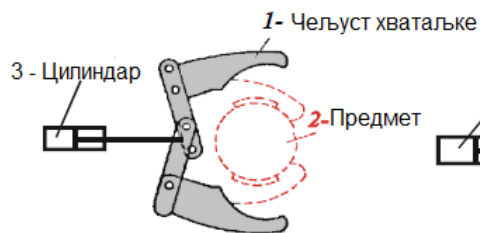
Хватаљке се према врсти ограна за хватање могу поделити на:

- механичка клешта,
- механички прсти,
- пнеуматска хватаљка,
- вакуумски хватач,
- магнетна хватаљка.

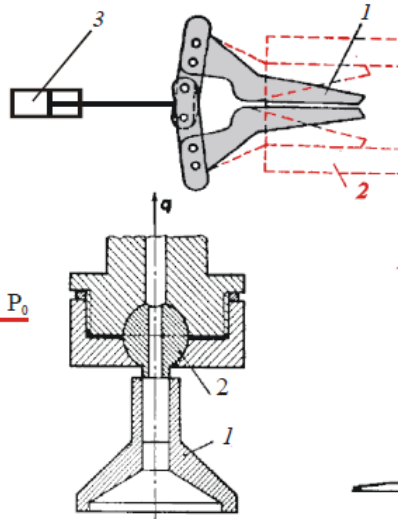
Други начин поделе хватаљки јесте према облику дела за прихватање и то на:

- једностране (магнетни, вакуумски и пнеуматски),
- двостране (механичка клешта),
- многостране (механички прсти).

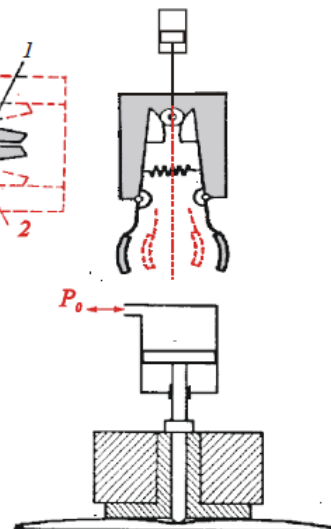
1) Хватаљка - спољашња



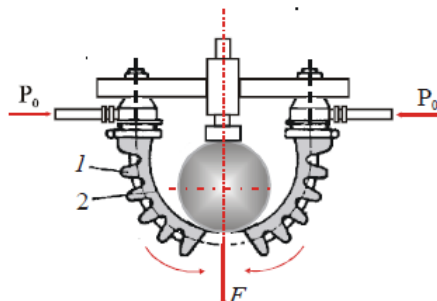
2) Унутрашња хватаљка



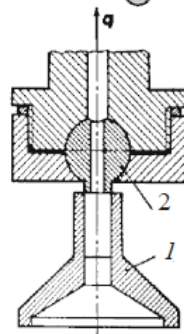
3) Механичка клешта



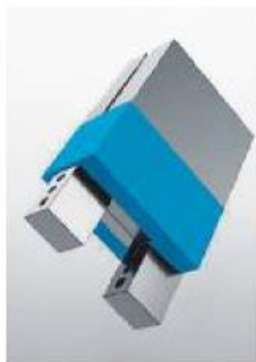
4) Пнеуматска хватаљка



5) Вакумска хватаљка



6) Магнетска хватаљка



Слика 2.3.6 Врсте хвaтaљки [1]

Хватаљка која се најчешће може срести у пракси јесте хватаљка која је сачињена од две чељусту које се крећу симетрично и које користе исти погон, а назива се механичка клешта. Овај тип хватаљки има један степен слободe кретања. Други тип хватаљки, тзв. механички прсти представљају хватаљке чији су сегменти зглобно везани и најчешће на себи имају три до пет комада прстију. Практична примена овог типа хватаљки није тако учестала у пракси, а све то из разлога њене сложене конфигурације. Трећи тип хватаљке, односно тзв. пнеуматске хватаљке који је такође као и остали типови хватаљки приказан на слици 2.3.6 поседује два прста на себи која су сачињена од еластичног црева, које је подељено на коморе и причвршћено на челичну траку. Пнеуматске хватаљке можемо адаптирати предмету за који се ове хватаљке користе без обзира на његов облик, па се ово сматара једном од главних предности овог типа хватаљки. Четврти тип хватаљки тзв. вакумски хватач, једноставне је конструкције, не захтева тешке погоне, али захтева већи притисак при опуштању да би се кроз одређено време постигао вакум. Такође овај тип хватаљки захтева чисте и глатке површине, како би настао вакум. Пети тип, односно последњи тип хватаљки тзв. магнетна хватаљка, састоји се од перманентног магнета или електромагнета уз чију помоћ се оставрује сила привлачења магнетних материјала. Магнетне хватаљке су хватаљке једноставне конструкције, али захтевају константан извор електричне енергије како би постојала привлачна сила.



Слика 2.3.7 *Врсте могућих индустријских робота [1]*

Основна дефиниција, односно задатак хватаљки јесте преношење предмета из почетне позиције у крајњу позицију и све то у оквиру манипулацијског простора.

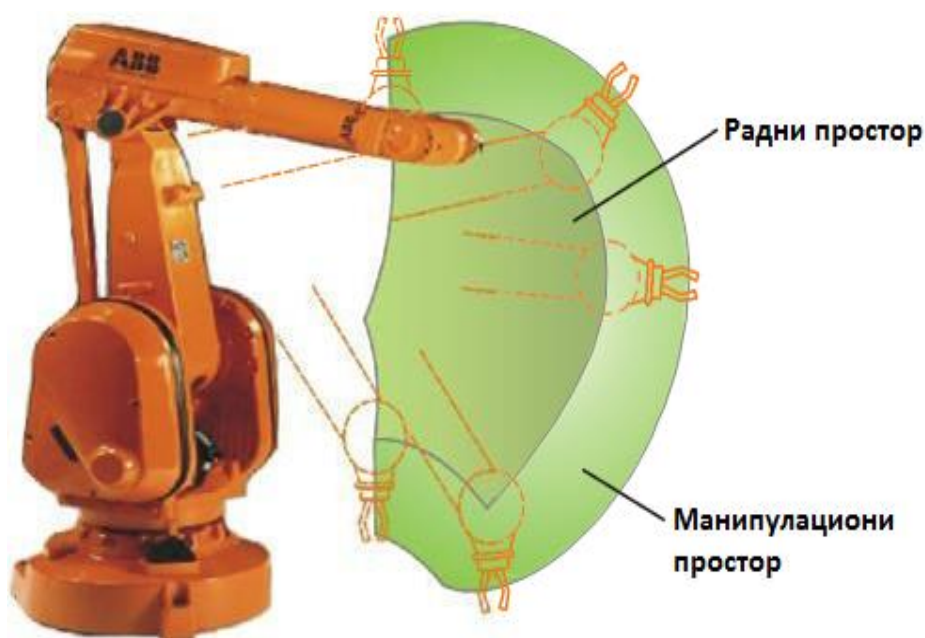
Хватаљка робота мора имати могућност:

- прихватања објекта,
- контролисање оријентације предмета током процеса,
- препознавање положаја предмета у односу на хватаљку.

У зависности од практичне примене робота бира се и тип хватаљки која испуњава све услове за обављање послова који се захтевају од робота. Са променом захтева, односно променом намене робота, мењају се и хватаљке, па се због тога и сами роботи сматарају јако флексибилним елементом производног система. Шематски приказ неких од индустријских робота дат је на слици 2.3.7.

2.4 Радни простор робота

Манипулациони простор се одређује на основу дефиниције минималне конструкције. Манипулациони простор представља скуп тачака у оквиру кога робот може вршити задате наредбе, односно обављати радне задатке (слика 2.4.1). Робот ван манипулационог простора није у могућности обављања задатака. Разлика између радног простора и осталог дела манипулационог простора огледа се у томе што се робот може апсолутно кретати кроз радни простор, тј. робот може вршити захват из свих смерова, док се код осталих делова манипулационог простора захват може вршити само под одређеним угловима. Радни и манипулациони простор дефинисани су кинематском структуром и геометријом кинематских парова робота. Прва три зглоба робота дефинишу положај ручног зглоба, као и геометрију радног простора робота, док преостале три зглоба дефинишу оријентацију алата. Део простора у коме може доћи до судара, тзв. колизије, представља део манипулационог и радног простора који спада у групу од два или три робота. Уређеним радним простором сматра се случај када је прописан положај и оријентација изратка, ако нема препрека у радном простору. Бољом организацијом радног простора смањују се захтеви на нивоу интелигенције робота.

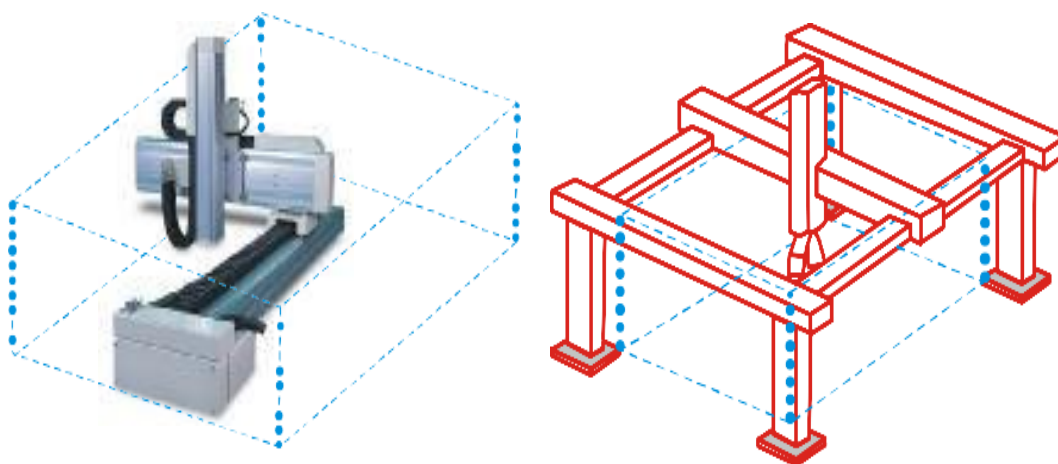


Слика 2.4.1 Простор за рад и манипулације робота [1]

Комбиновањем ротационих (R) и транслационих (T) зглобова за прве три осе, одређене су следеће конфигурације робота:

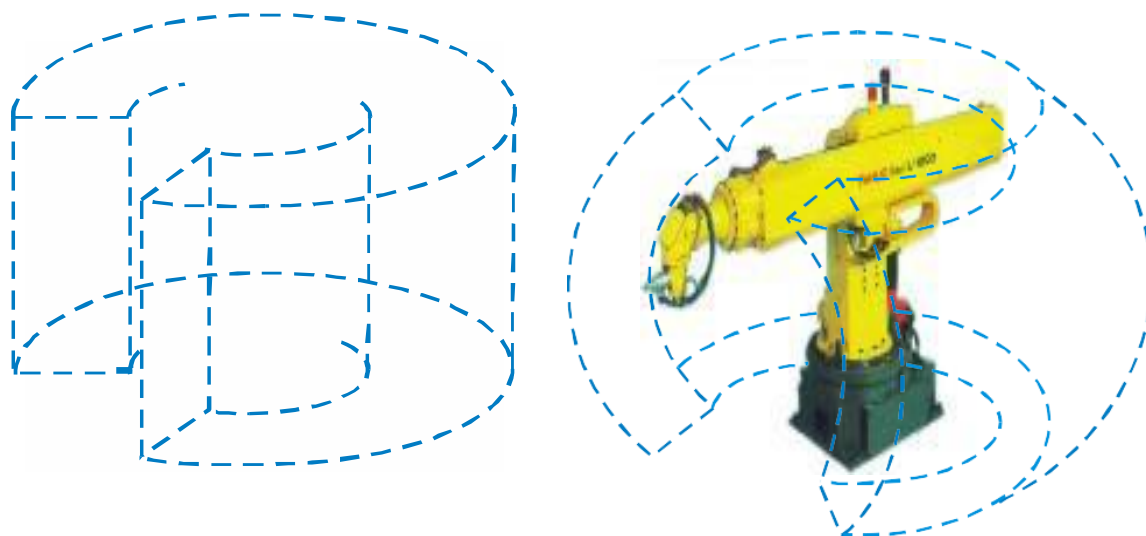
- 1) Правоугаона или TTT,
- 2) Цилиндрична или RTT,
- 3) Сферна или RRT,
- 4) Ротацијска или RRR,
- 5) Робот типа SCARA- RTR TRR или RRT структуре.

На слици 2.4.2 дат је приказ два модела робота, односно конзолни и портални, са правоугаоном конфигурацијом или TTT, код кога је радни простор у виду призме.



Слика 2.4.2 Шематски приказ манипулационог простора руке робота TTT [1]

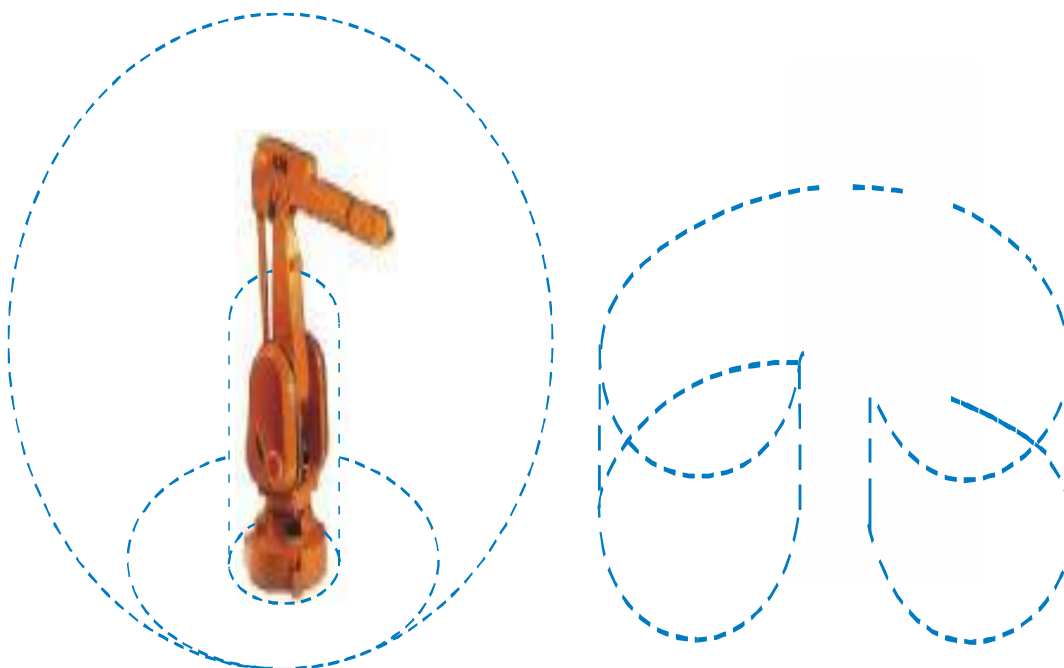
Робот цилиндричне конфигурације добија се када се први зглоб правоугаоне конфигурације робота замени ротационим зглобом (слика 2.4.3). У овом случају због ограничења транслаторног кретања, радни простор робота је једнак запремини између два вертикална концентрична плашта ваљка. Овај модел робота своју примену налази при опслуживању алатних машина.



Слика 2.4.3 Шематски приказ манипулационих простора: 1) робот RTT конфигурације 2) робот RRT конфигурације [1]

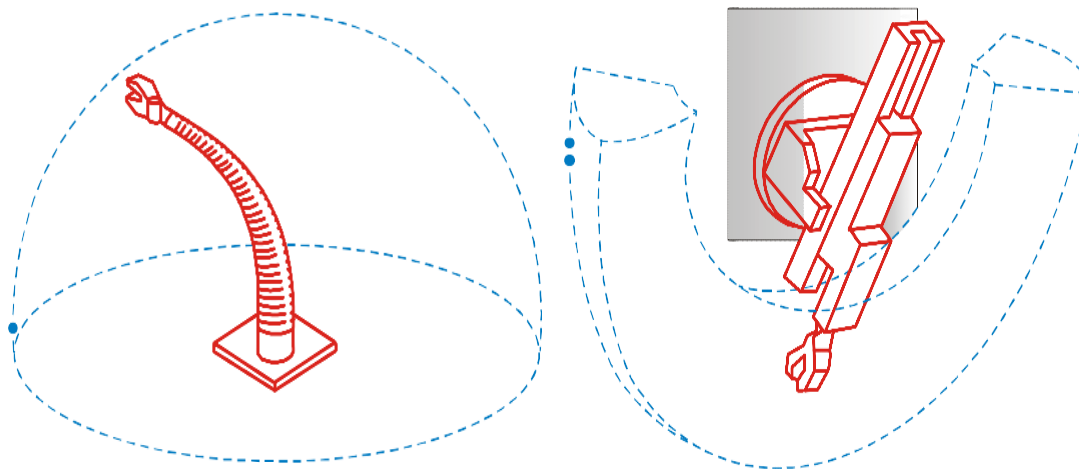
Са променом другог зглоба цилиндричне конфигурације робота са ротационим зглобом добија се робот сферне конфигурације (RRT), што је приказано на слици 2.4.3. Роботи ове конфигурације поседују изразиту флексибилност у приступу одређеној локацији и примењују се за тачкасто заваривање, као и при опслуживању машина.

Радни простор овог модела робота у случају када постоји ограничење транслаторног кретања, је запремина између две концентричне сфере, док је у случају када постоји ограничење свих кретања, радни простор део запремине две концентричне сфере.



Слика 2.4.4 Шематски приказ манипулационог простора: 1) робота RRR структуре
2)робот типа SCARA [1]

Шематски приказ робота ротационе конфигурације (RRR) код које су сва три зглоба ротациона дат је на слици 2.4.4. Други називи који се такође користе за овај тип конфигурације јесу и револутна, лактаста, антропоморфна или зглобна. Радни простор овог типа робота је кугла у случају када не постоје ограничења ротационог кретања. У случају када постоје ограничења у кретању, радни простор је део кугле сложеног облика чији је пресек са стране у облику месеца. SCARA модел робота поседује карактеристике зглобних и цилиндричних робота, а ознака његове структуре је RRR-R и све ротације му се налазе у хоризонталној равни (слика 2.4.4). Приказ робота неконвенционале структуре дат је на слици 2.4.5.



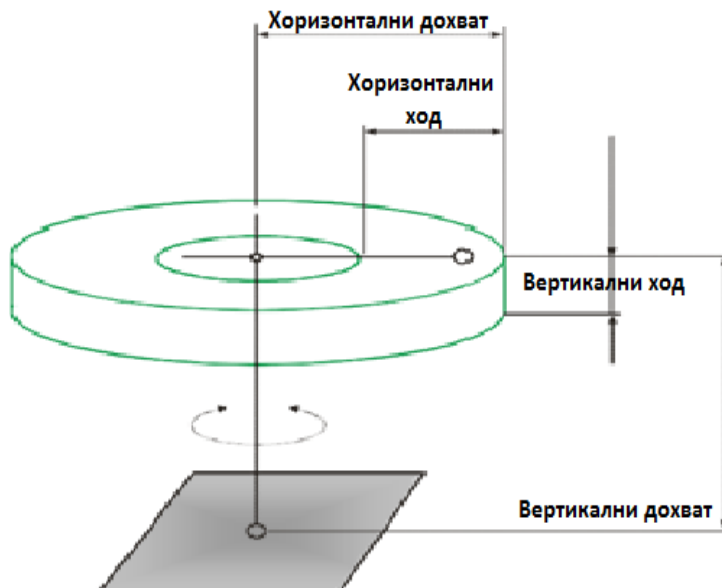
Слика 2.4.5 Шематски приказ манипулационог простора 1) Робот типа Spine
2) Робот са конфигурацијом клатан [1]

На слици 2.4.5 дат је шематски приказ робота модел Spine чија је рука у потпуности гипка и радни простор му је адекватно искоришћен. С обзиром на могућности овог модела робота, односно могућност приласка било којој тачки сфероидог манипулационог простора, овај тип робота се из овог разлога најчешће користи на тешко приступачним местима. Други модел робота који је шематски приказан на слици 2.4.5 је робот са конфигурацијом клатна чији је радни простор у виду потковице. Овај модел робота може се подесити и на зидну подлогу, па се користи за радове на местима где се карактеристичне роботске активности не могу поредити. На слици 2.4.6 дат је шематски приказ конфигурације робота према стандарду ISO 9506-3.

Vrsta robota	Kinematika struktura	Radni prostor	Primer-fotografija robota
Pravougaoni robot	$S\ T$		
Cilindrični robot	$2\ T$ $1\ R$		
Sifni robot	$1\ T$ $2\ R$		
SCARA robot	$2\ T$ $1\ R$		
Zglobni robot	$S\ R$		
Paralelni robot			

Слика 2.4.6 Манипулационе конфигурације према ISO 9506-3 [1]

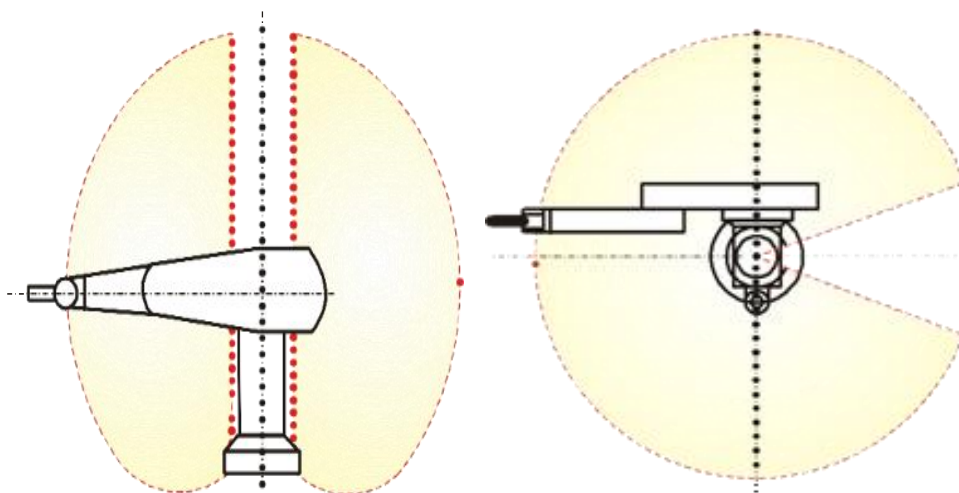
Уз помоћ дохвата и хода могуће је приближно дефинисати величину радног простора робота. Максималну вредност коју зглоб може достићи је хоризонтални дохват и мери се од вертикалне осе око које робот ротира. Хоризонтални ход представља укупну удаљеност од вертикалне осе по којој се ручни зглоб може кретати. Основна разлика између хода и хоризонталног дохвата је минимална удаљеност ручног зглоба од главне вертикалне осе, а пошто је ова величина увек позитивна онда је дохват увек већи или једнак ходу. Вредност вертикалног дохвата руке једнака је максималној удаљености ручног зглоба робота од базе. Укупна вертикална удаљеност по којој се ручни зглоб може кретати, при чему је мањи или једнак вертикалном дохвату, назива се вертикални ход. На слици 2.4.7 дат је шематски приказ дохвата и хода цилиндричног робота, са кога се види да је хоризонтални дохват робота цилиндричне конфигурације полупречник спољашњег плашта ваљка радног простора, док је хоризонтални ход разлика полупречника спољашњег и унутрашњег ваљка. За писање тачке два коришћена је литература [1], [4].



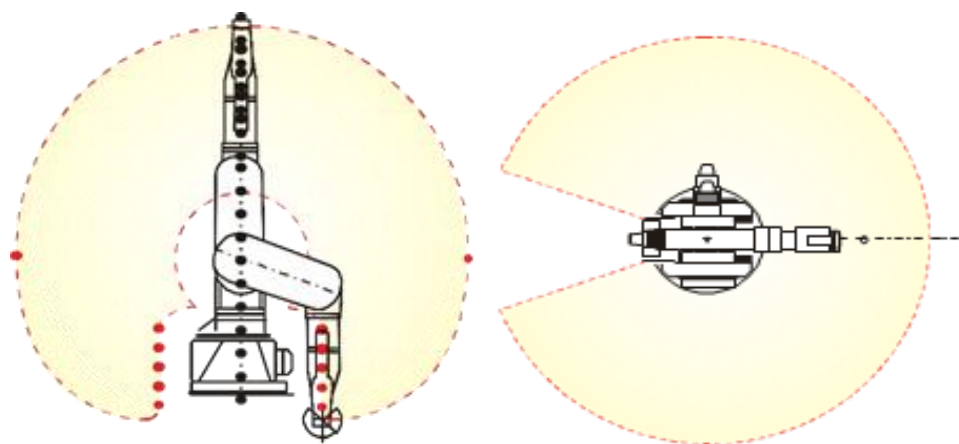
Слика 2.4.7 *Дохват и ход цилиндричног робота [1]*

Дохват је често једнак ходу код ротационих робота, па је из тог разлога њихов радни простор пун. Вертикални дохват код цилиндричног робота је већи од његовог вертикалног хода у случају када се помоћу ограничења у кретању другом осом ручном зглобу не дозволи дотицање границе радног простора. У наставку дат је приказ (слика 2.4.8) манипулационих простора код различитих модела индустријских робота и то:

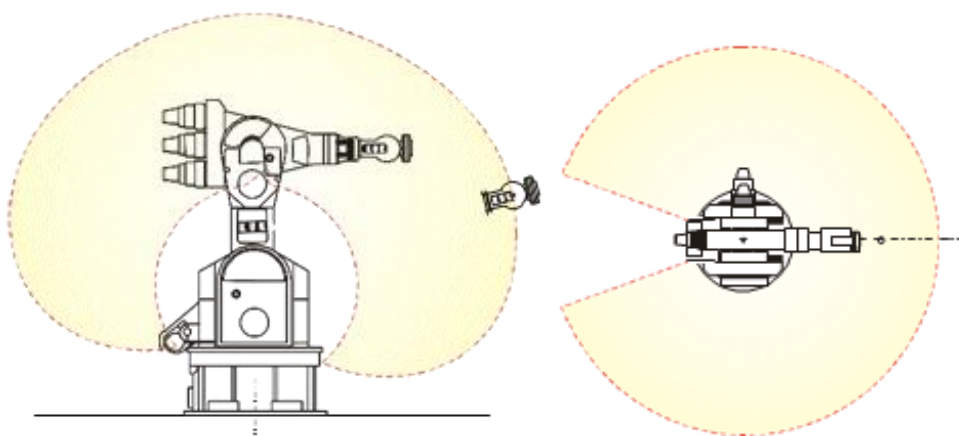
- 1) Равански приказ манипулационог простора робота PUMA 500
- 2) Равански приказ манипулационог простора робота MANUTEC r3
- 3) Равански приказ манипулационог простора робота KUKA IR 161/15.0



1)



2)



3)

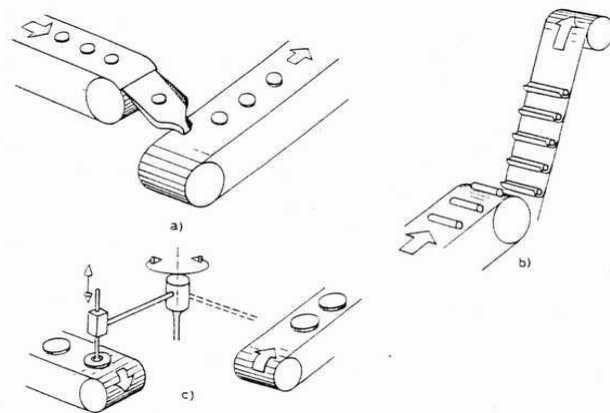
Слика 2.4.8 Шематски приказ манипулационог простора индустријских робота [1]

3. Примери примене индустријских робота

Индустријски роботи се данас јако често користе, а све то због бројних предности које имају као што су, економски, продуктивност, флексибилност и сл. Роботи се користе за обављање различитих послова, а нека од најчешће применљивих поља индустрије су следећа[1], [2], [4], [8]:

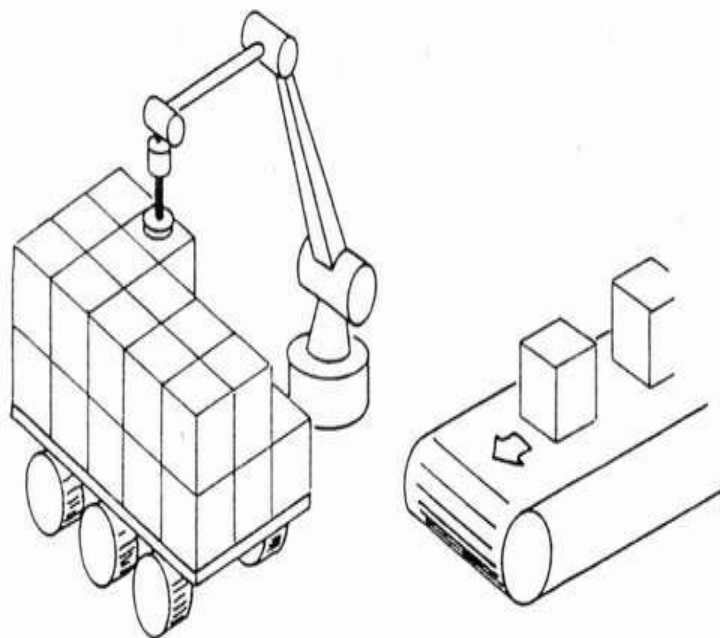
- Трансфер материјала,
- Опслуживање машина,
- Монтажа,
- Процесне операције,
- Контрола квалитета и др.

Када говоримо о трансферу материјала најчешће се мисли на пренос материјала са једне позиције на другу, док се опслуживање материјала односи на постављање предмета на машину, нпр код струга, пресе и слично. Монтажа уз примену робота најчешће се односи на склапање делова који захтевају велику прецизност. Практична примена употребе робота у сврхе монтаже може се наћи при производњи аутомобила, односно аутомобилска индустрија. Поље примене које се односи на процесне операције, односи се на роботе који носе неки алат или уређај којим обавља неку одређену производну операцију на радном предмету, као што је брушење, полирање, тачкасто заваривање и др. Примена контроле робота односи се на развој различитих врста сензора. На слици 3.1 дат је илустровани приказ транспорта уз употребу покретене траке. На слици се види да се у прва два случаја одвија директни пренос материјала, док се у трећем случају види индиректни транспорт материјала уз помоћ посредног елемента и низменљивог програма рада [1], [2], [4], [8].



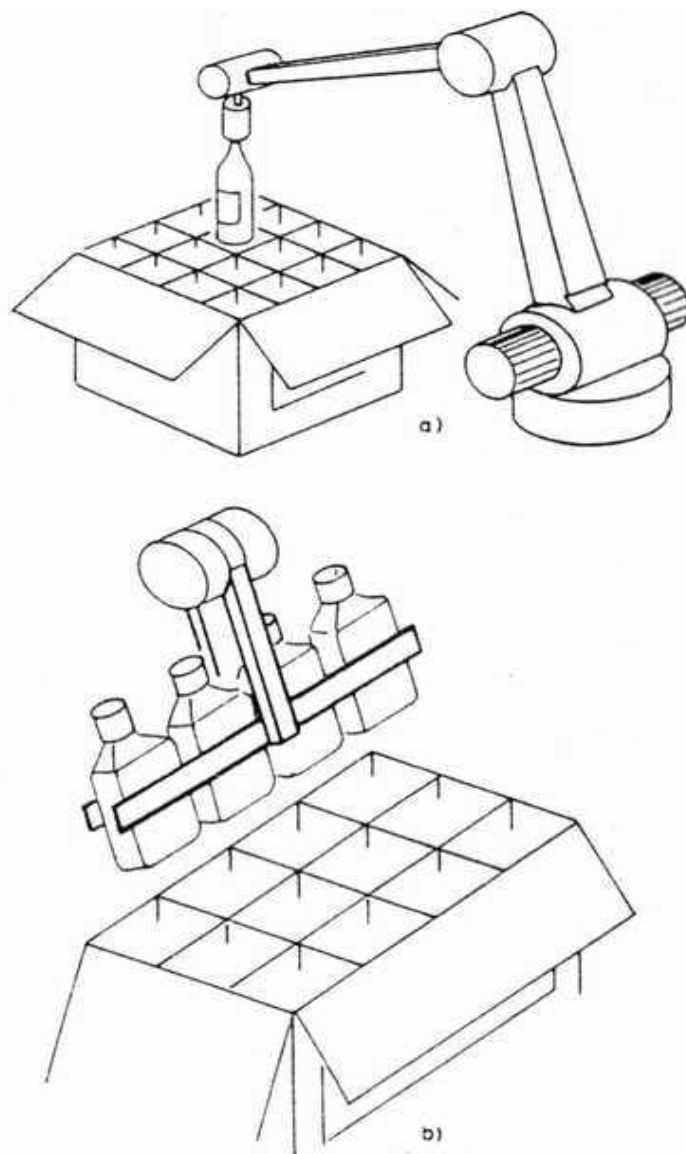
Слика 3.1 *Транспорт покретном траком [1]*

Развој индустријских робота довео је до потпуне аутоматизације производних линија. Једина улога и задатак човека данас огледа се у праћењу и надзору рада индустријских робота. Хватаљке које се користе при овим аутоматизованим линијама производње морају имати адаптивну хватаљку, односно универзалну хватаљку којом се могу узимати и преносити предмети различитог облика у случају да имамо више различитих предмета које робот треба да пренесе, док је у случају када имамо само један тип предмета који се преноси једноставније, јер је потребан само један тип хватаљки. Доста често се уместо појединачног паковања користи паковање у одређене групе производа на палете. Палета преставља преносиви резервоар за одлагање производа, где су производи уредно спаковани. У случају када робот има улогу преузимања предмета са траке како би одложио на палету, процес се назива палетирање (слика 3.2), док се у супротном случају процес назива депалетирање [1], [2], [4], [8].



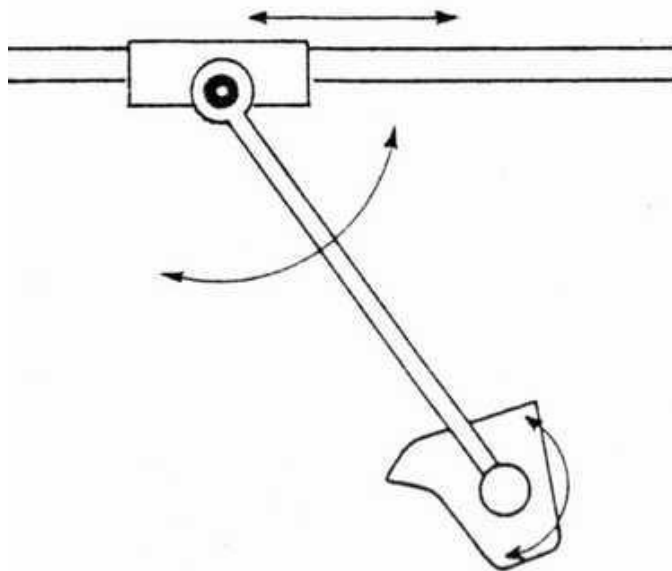
Слика 3.2 Процес палетирања [1]

Како би се уштедело на времену неопходно је извршити правилан избор типа хватаљки, па се тако у неким процесима користе хватаљке које хватају више производа одједном. На слици 3.3 дат је шематски приказ узимања производа (флаширана течност) са линије и паковања у кутије. У првом случају дат је робот који пакује флаше по принципу једна по једна, док је у другом случају приказан робот који поседује хватаљку која узима четири флаше одједном и пакује их у кутију [1], [2], [4], [8].



Слика 3.3 *Паковање флаширање течности* [1]

Процес опслуживања машина најчешће се користи приликом транспорта материјала и његовог постављања на машину на којој се врши његова обрада, као и уклањање самог готовог производа са машине на којој је завршен процес обраде на место предвиђено за одлагање готових производа. Опслуживање машина се такође користи и при процесу ливења метала, где се се врели течни материјал захвата роботима и преноси до калупа где се по завршетку процеса хлађења материјала добија жељени производ. Овај процес обликовања извршава робот који поседује три степена слободе кретања, што је и приказано на слици 3.4 [1], [2], [4], [8].

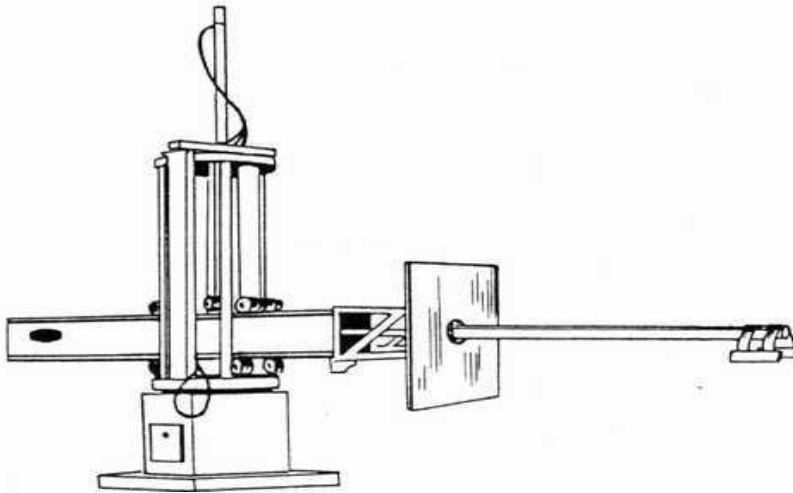


Слика 3.4 *Захватање течног материјала [1]*

Поред овог начина примене, постоји и примена робота код технологије ливења под притиском, што је и практично доста чешћи случај употребе робота током процеса ливења. Овај процес ливења састоји се од довођења материјала у две калупне шупљине, обликовања материјала све до тренутка када производ не поприми облик калупа, када се то догоди долази до отварања калупа и уклањања готовог производа из калупа. Процес уклањања производа из калупа врши се управо уз примену робота, с обзиром на то да је данас овај процес ливења потпуно аутоматизован. Применом робота за обављање овог дела процеса спречавају се могуће последице, односно повреде човека који би обављао овај посао, изазване услед цурења (прскања) загрејаног материјала, услед контакта са врелим готовим производом и др. Све ово последица је веома високих температура које се користе током овог процеса обраде, јер се овим поступком најчешће врши обрада легуре алуминијума, цинка и сл.

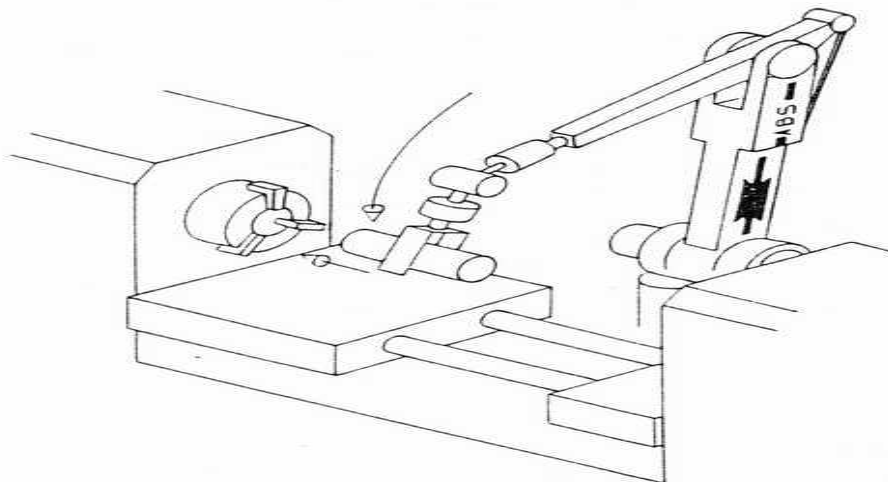
Робот се такође користи и код процеса опслуживања у ковачницама. У првом случају код топлог ковања робот се користи за преношење ужареног материјал из пећи до машине за обраду истог. Проблем код примене робота код топлог ковања јесте адаптирана хваталка која је отпорна на високе температуре, које овај процес обликовања захтева. На слици 3.5 дат је шематски приказ конфигурације робота који се користи за транспорт ужарених материјала.

Када је реч о хладном ковању робот своју примену налази при постављању материјала на машину, односно пресу где се обликовање врши услед дејства великих ударних сила. Практична примена робота код хладног ковања користи се како би се избегао контакт пресе и човека, односно како би се избегле озбиљне повреде човека [1], [2], [4], [8].



Слика 3.5 Конфигурација робота за вађење ужарених материјала из пећи [1]

Роботи своју примену такође налазе и при технологији обраде резањем. Роботи се најчешће користе за постављање материјала на машину и уклањање материјала са машине. Такође као и у претходним случајевима циљ примене робота и у овом случају је исти, а то је безбедност човека. Применом робота на овим местима човек је заштићен од повреда које по њега могу бити опасне и тешке, а које може најчешће изазвати машина. Најчешћа примена робота код технологије обраде резањем односи се на машине као што је струг, глодалица, али поступке полирања, брушења и др. На слици 3.6 дат је шематски приказ процеса опслуживања струга применом робота. Применом робота код машина за обраду резањем повећава се и степен аутоматизације производног процеса, као и флексибилност процеса обраде. Овим се постиже уштеда времена у процесу производње, али повећање капацитета производње [1], [2], [4], [8].



Слика 3.6 Робот који опслужује струг [1]

4. Погонски системи, сензори и остали системи индустријског работа

Развој робота и њихова примена у производним процесима, где је њихово присуство довело до повећања продуктивности рада, одиграло се у одређеном временском интервалу. Временом се дошло до развоја различитих врста робота, а основни задатак и данас за произвођаче робота представља производња сензора који могу заменити „сензоре“ човека. Сензори су уређаји који не могу проследити апсолутну информацију, па се из тог разлога развијају системи који су сачињени од више различитих сензора.

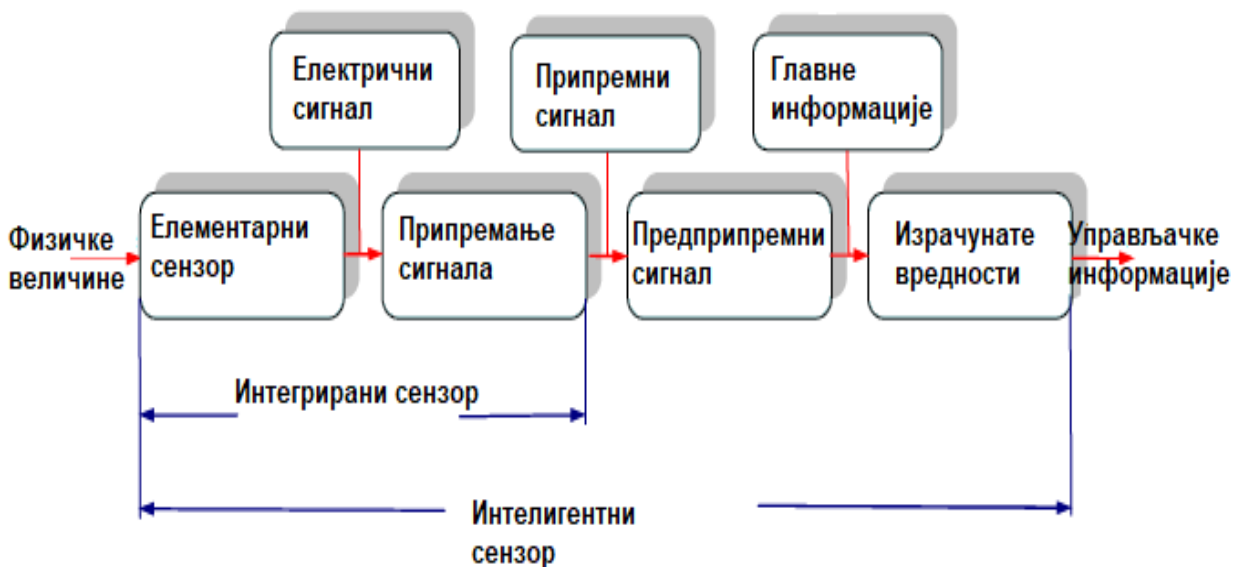
4.1 Сензори

Сензори се у неким литературама називају и сонда, мерни давач, претварач и сл. Да би се било који сензор применио у роботизици неопходно је да он испуни одређене захтеве како би његова примена била оправдана и то:

- На сваку осовину робота потребно је поставити енкодер, како би се приказали угаони положаји зглоба,
- Способност трансформације зглобних координата у картезијски координатни систем,
- Могућност примене телероботике на местима где може бити присутан човек
- Степен одређења је одређен аутономно од околине и тешко се одржава.

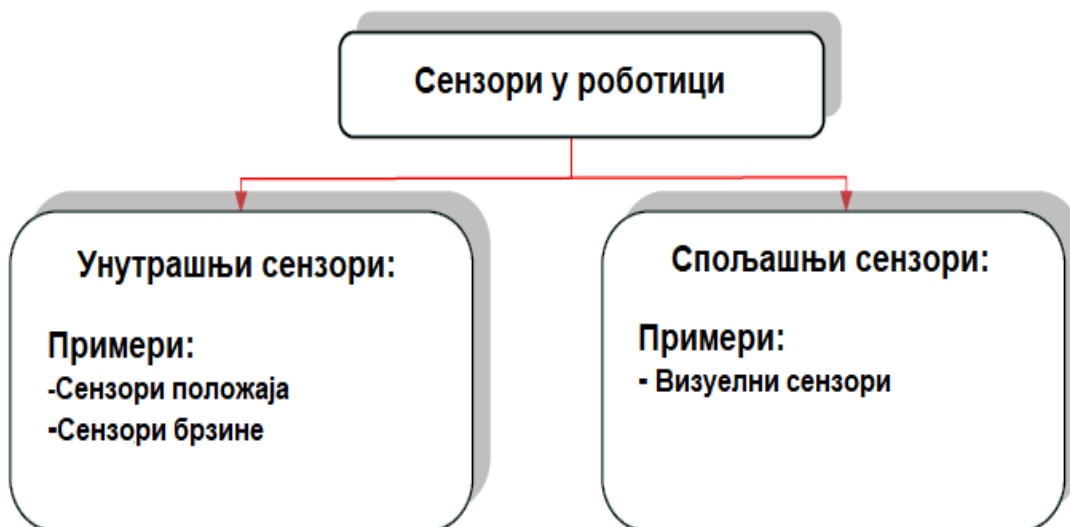
Сензори су уређаји који измерену физичку величину конвертују у електрични сигнал који препознаје читач. И поред сензора и данас није решен проблем слободне додирне површине жељеног објекта. Управљање система можемо применити у оном тренутку када апсолутно разумемо системе и када се не јављају при томе неконтролисани проблеми, у супротном, улазне информације имају значајан утицај због примене информација о излазним величинама. Шематски приказ тока процеса информација дат је на слици 4.1.

Елементарни сензор има задатак преузимања величине и конвертовања у примарни облик сигнала. Интегрирајући сензор представља комбинацију интегрирајућих сензора са управљањем израчунатих вредности. С обзиром на то да сложенији системи имају различите преузимааче података према локалној припреми информације увозе се резултати применом процесних модела уз чију помоћ настају сложени описи стања [2], [3], [9], [10], [21].



Слика 4.1 Редослед информација у систему сензора [3]

Када је реч о сензорима у роботизи поделу сензора можемо извршити на спољашње и унутрашње сензоре. Шематски приказ ове поделе дат је на слици 4.2.



Слика 4.2 Подела сензора у роботизи [3]

Начин на који се врши подела сензора укључују:

- Физички принцип на којем је сензор базиран,
- Физичку или хемијску величину коју сензор мења,
- Технологију која се користи код израде влакна,
- Тип енергије: соларна, електрична, механичка,
- Однос сензора и објекта који се прати уз помоћ сензора.

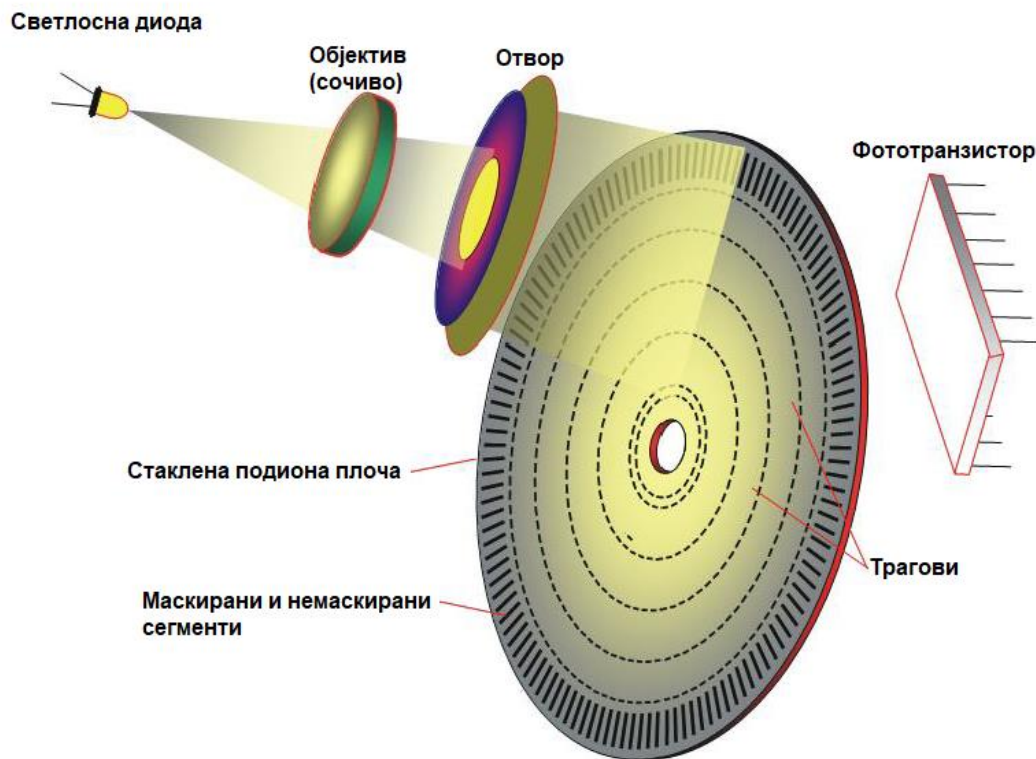
Много чешћа примена у данашње време је примена спољашњих сензора у односу на унутрашње сензоре. Праћење стања и процеса рада мотора и цилиндра врши се мерењем брзине, помака, углова и сила. Како се ради на развоју робота, тако се ради и на развоју нових модела сензора, који ће моћи да прикупљају информације о окружењу робота. Да би дошло до развоја овог типа сензора, потребно је посветити пажњу и рачунарима новијих генерација уз чију подршку је једино ово изводљиво.

За сензоре унутрашњег стања најбитнија је регулација правилног рада мотора, а да би се то остварило врши се мерењем помака од углова механичког система, док се од сензора захтева пре свега тачност, која зависи од грешака које се јављају у механичком систему.

Поделу сензора унутрашњег стања вршимо на:

- Сензор положаја,
- Сензор брзине,
- Сензор отклона,
- Инерцијални навигациони систем.

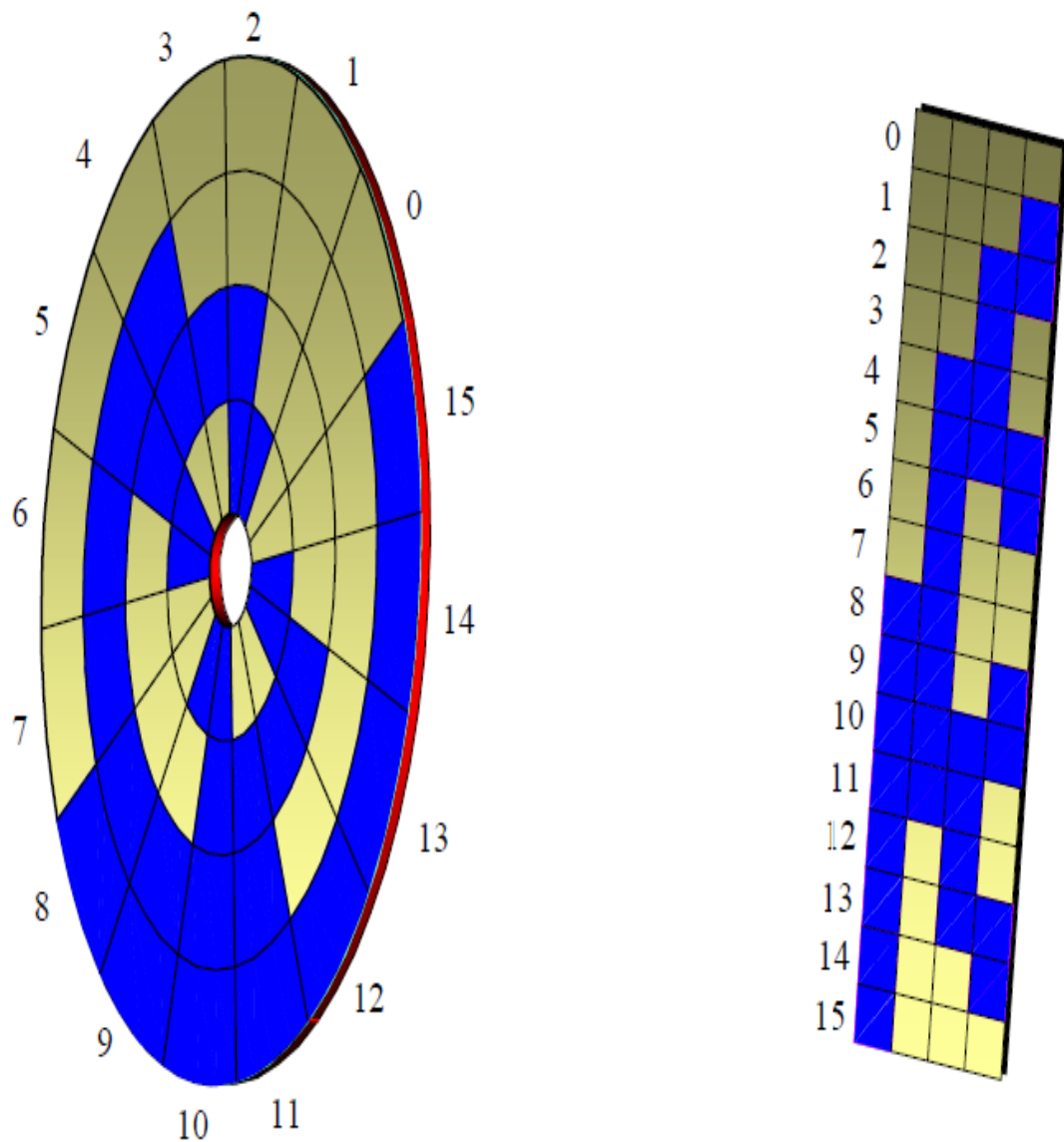
Сензор положаја, тзв инкрементални енкодер, карактерише се мерењем угла обртања уз помоћ фотоелектричног ефекта. На слици 4.3 дат је шематски приказ принципа рада инкременталног енкодера [2], [3], [9], [10], [21].



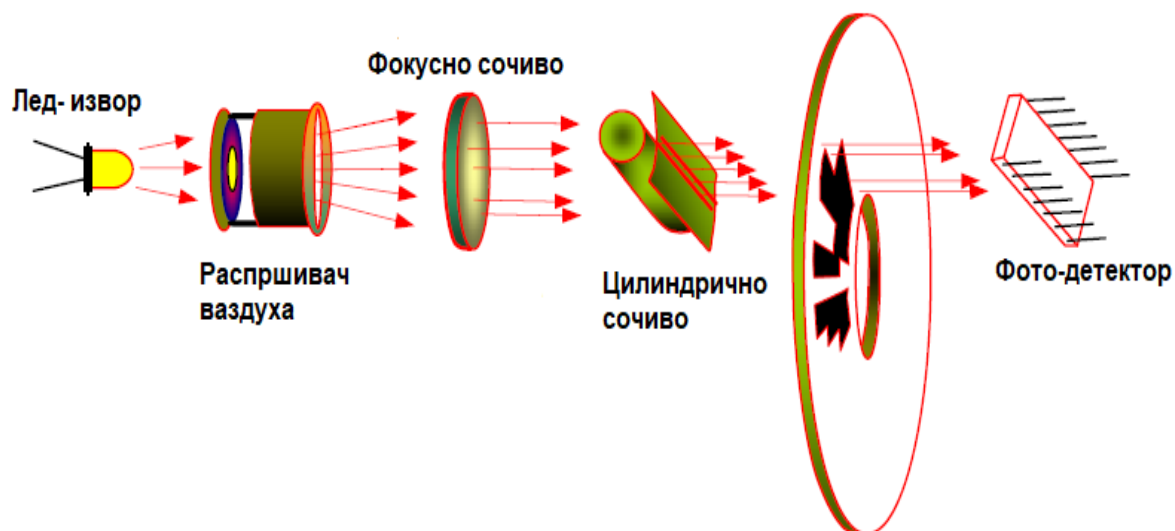
Слика 4.3 Принцип рада инкременталног енкодера [3]

Са покретањем диска и његовим обраћањем добија се низ електричних импулса чији је број директна мера за окретни угао. Инкрементални енкодер сачињен је од подионе стаклене плоче по којој су радијално постављене црте и те црте представљају маскиране и немаскиране сегменте. Између подионе плоче и светлости поставља се плоча за читавање. Инкрементални енкодер карактерише то што је један траг на подионој плочи за сваки окрет осовине производи одређен број синусних или правоугаоних таласа. Број излазних импулса је пропорционалан читаном. За мерење окретаја одређеног угла већег од 360° примењује се трећи траг где се одређује референтни сигнал за свако компактно окретање. Поља код овог типа радијалне мреже су комплетно прекривена светлосним зрацима који су преко отвора усмерени на њих од стране светлосне диоде. Услед обртања подионе плоче долази до наизменичног пропуштања светлости. Сваки пут услед проласка светлости кроз немаскирани сегмент подионе плоче, фототранзистори региструју овај процес. Апсолутни енкодер се занима на апсолутном мерном поступку. Апсолутни енкодер може бити изведен као подиона плоча. Шематски приказ апсолутних енкодера дат је на слици 4.4, док је шематски приказ процеса рада апсолутних енкодера дат на слици 4.5. За мерење угла користи се кодна плоча, која је израђена од високо квалитетног стакла, и сваки корак на плочи кодно је дефинисан. На тачност рада апсолутних енкодера утичу:

- Квалитет радијалне мреже,
- Грешке које се јављају при укључивању спојнице са ротором,
- Зазор у лежајевима
- Ексцентрицитет подионе плоче у односу на улежиштење.

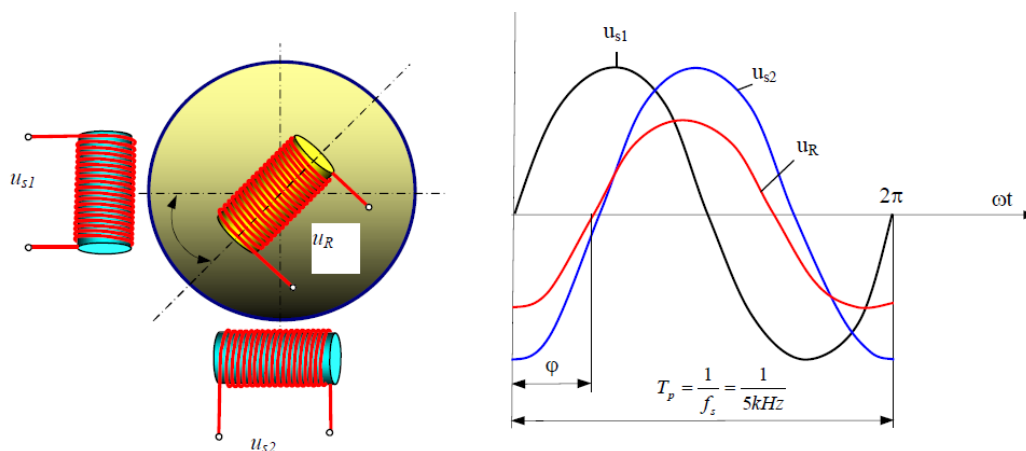


Слика 4.4 Абсолютни енкодер [3]



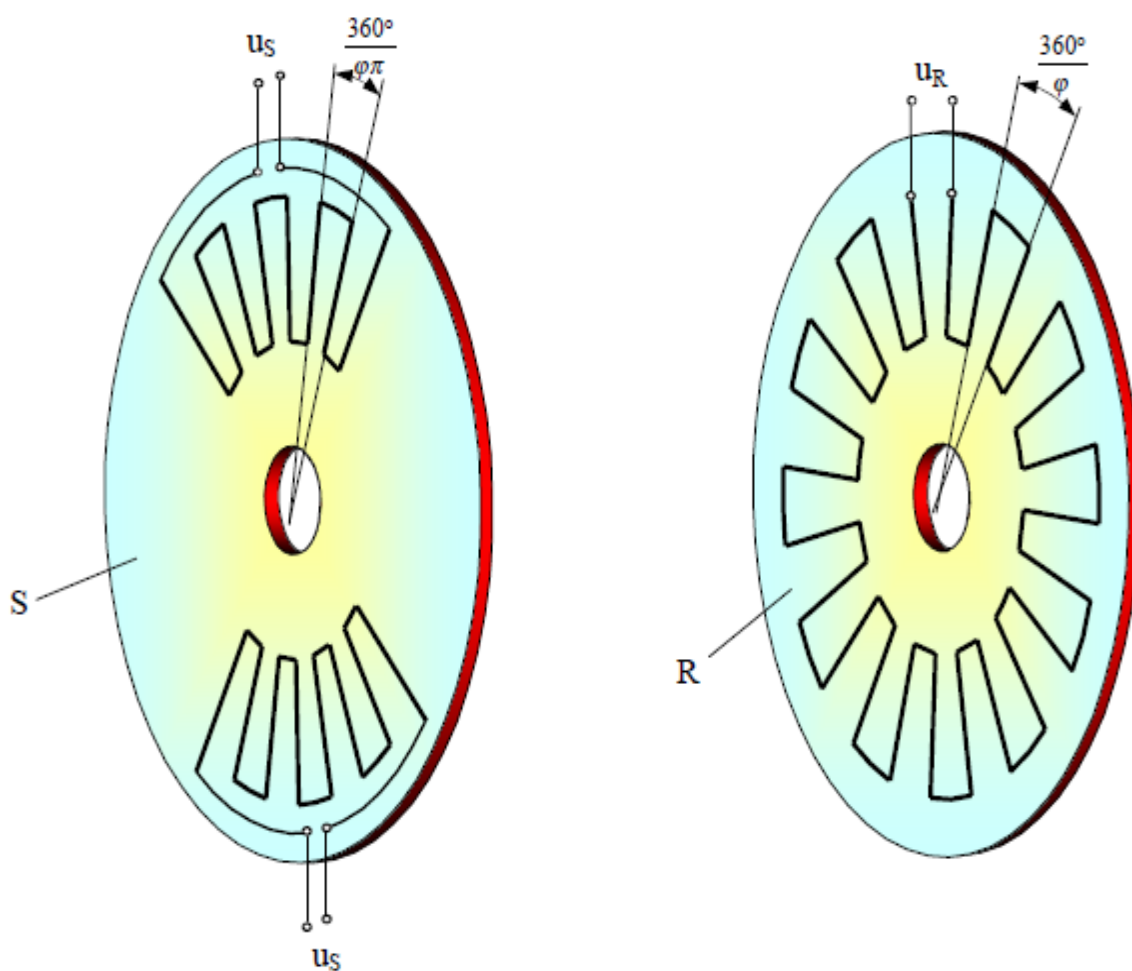
Слика 4.5 Принцип рада апсолутних енкодера [3]

Код апсолутних енкодера светлост пада аксијално на кодну плочу, док се са доње стране налазе фотоћелије при осветљењу дају фотосноп. Резолвери по својој физичкој конструкцији подсећају на електромоторе, па се због тога и свраставају у групу електромеханичких мерних уређаја за одређивање позиције вратила зглоба робота. Основни делови резолвера су статор са два намотаја геометријски постављених под углом од 90° и ротора у којем се налази један намотај. Шематски приказ резолвера дат је на слици 4.6 [2], [3], [9], [10], [21].

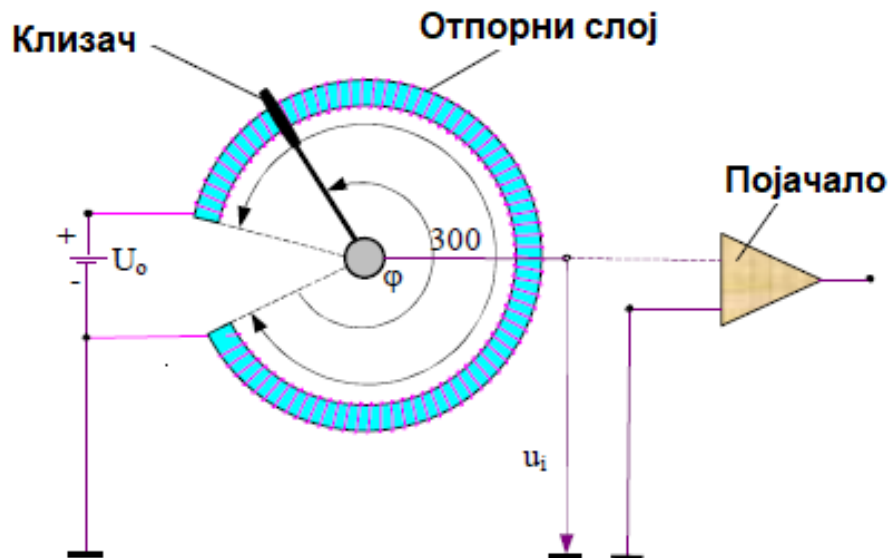


Слика 4.6 Резолвер [3]

Основни делови индуктосина су статор и ротор, који имају облик две округле плоче направљене од немагнетичког материјала, што је приказано на слици 4.7. На статору су постављена два вода, док је на ротору постављен само један вод. Плоче се монтирају једна на другу са одређеним зазором. С обзиром на јако мале димензије зазора које морају бити испоштоване код ових мерних система, као и ексцентричност, паралелност, овај мерни систем је јако скуп. Потенциометри су сензори који представљају најједноставнију групу система за мерење положаја. Улога потенциометра јесте претварање помака у електрични напон. На слици 4.8 дат је шематски приказ ротационог потенциометра [2], [3], [9], [10], [19].

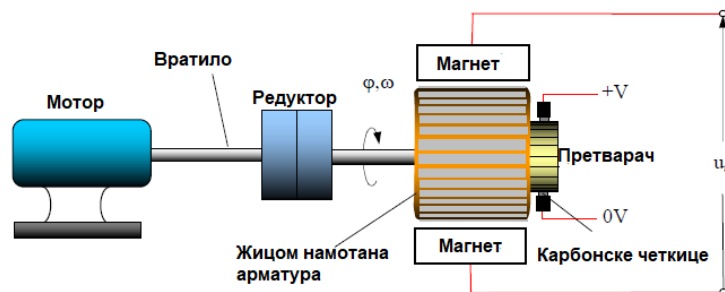


Слика 4.7 Индуктосин [3]



Слика 4.8 Ротациони потенциометар [3]

Најчешће коришћени сензори брзине тзв. тахогенератор користи се за добијање информација о величини зглобних брзина и убрзања. Излазни сигнал код тахогенератора је пропорционалан улазној угаоној брзини. Шематски приказ тахогенератора дат је на слици 4.9. Како би извели поступак мерења угаоне брзие зглоба тахогенератором неопходно је да се вратлио тахогенератора преко редуктора споји са зглобом. Тахогенератор је састављен од ротора са намотајем који ротира унутар магнетног поља побуђеног магнетима који су фиксирани на статору [2], [3], [9], [10], [21].



Слика 4.9 Једносмерни тахогенератор [3]

Прекид код Si-сензора одређује се индиректно услед деловања носиве масе. Ови сензори се сврставају у групу сензора новије генерације. Пијезоелектрични сензори представљају у основи сензоре који су од силицијума и на њој су нанете електроде пречника 1.5-6 mm. Како би се постигла већа чврстоћа електрода, електроде се преливају смолом.

Тактилни сензори спадају у групу бинарних уређаја. Како би робот деловао на промене околине у којој ради, неопходно је да има такве сензоре који могу мерити физичке величине радне околине робота [2], [3], [9], [10], [21].

4.2 Погонски ситем

Погон, односно мотор представља систем који се код робота користи за напајање, односно покретање робота.

Подела мотора:

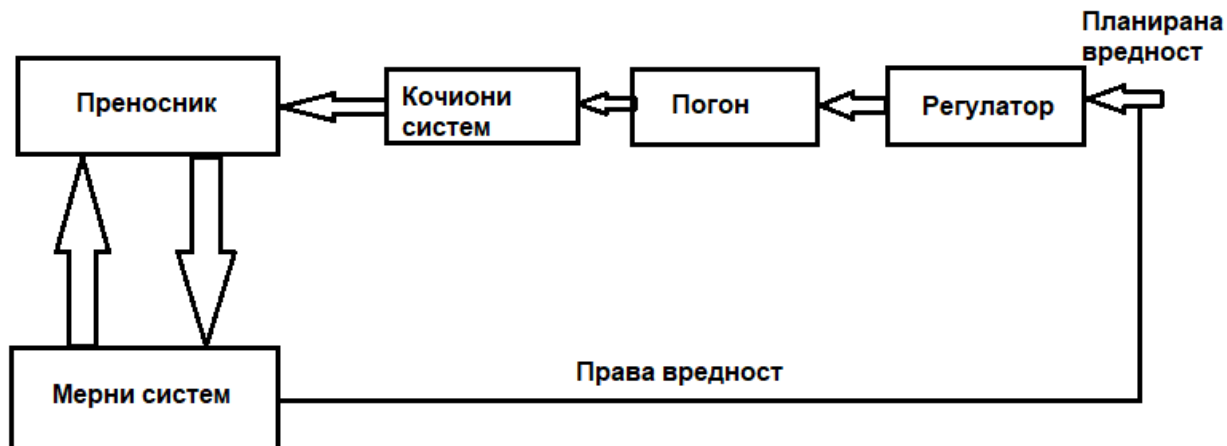
- Пнеуматски
- Хидраулични
- Електрични

Пнеуматски погони своју примену налазе код једноставних манипулатора који се користе за опслуживање машина, односно за извршавање простих операција које се понављају, без анализе путање између почетне и крајње тачке. Зглобове робота покрећу цилиндри на бази компримираног ваздуха. Овај погон омогућава брз и поуздан рад уређаја, али тешко остварује кретање по задатом закону.

Хидраулични погон омогућава већу тачност управљања зглобном структуром уз помоћ сервовентила који омогућавају успостављање пропорционалност између протока уља и управљачке структуре. Електрични погон с обзиром на своје карактеристике које поседује данас има најширу практичну примену. Задатак погона робота огледа се остваривању задате путање, односно позиционирања и оријентације завршних уређаја.

Шематски приказ погонског система дат је на слици 4.2.1 Основни захтеви које погони морају испунити су следећи:

- Мала тежина и запремина мотора,
- Веће подручје угаоног закретања,
- Већи обртни момент,
- Већа тачност позиционирања,
- Велика поузданост и др.



Слика 4.2.1 Шематски приказ погонског система [3]

Пнеуматски погон

Један од најстаријих начина покретања робота јесте управо пнеуматски начин покретања робота. Принцип рада пнеуматског погона, сличан је хидрауличном погону, с тим што је ваздух стишљивији од уља, и заснива се на покретању клипа у цилиндру уз помоћ притиска компримованог ваздуха. Поред разлике у стишљивости, разлика између хидрауличног погона и пнеуматског погона огледа се и у томе што се код пнеуматских погона захтева знатно нижи притисак него код хидрауличних. Основни делови пнеуматског система су цилиндар и клип [23].

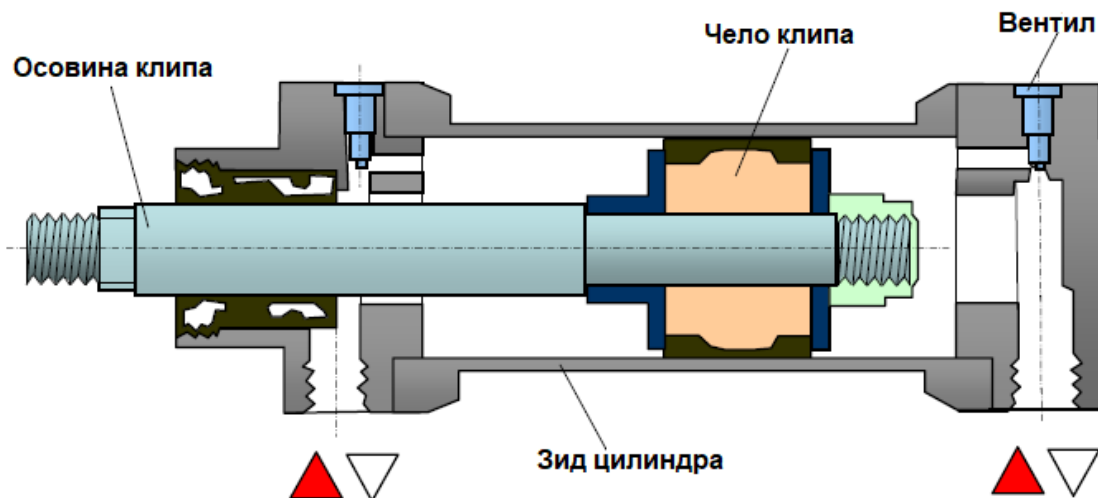
Главне предности пнеуматских погона су следеће:

- Ниске цене,
- Једноставна конструкција,
- Брзо време реакције,
- Могу се остварити праволинијска и обртна кретања,
- Отпорни су на преоптерећење, запаљивост, високе температуре, зрачење и електромагнетне сметње.

Поред предности пнеуматски погони имају и одређене недостатке и то:

- Бука при раду,
- Неконтролисана брзина кретања,
- Погон од тачке до тачке,
- Лоше позиционирање,
- Потребна за сушењем, чишћењем и подмазивањем,
- Мања способност ношења великих терета,
- Краћи радни век.

На слици 4.2.2 дат је шематски приказ пнеуматског система сачињеног од линеарног клипа и цилиндра. Клип се покреће од једне границе свог радног хода до друге у зависности од смера погонског ваздуха. Поред линеарних клипова, разликују се и обртни клипови, који су у основи линеарни клипови. Практична примена пнеуматских погона је веома велика, користе се тамо где нису захтеване велике силе, јер не захтевају велике трошкове, сложен процес одржавања, али и због своје једноставне конструкције. Ови погони се користе често и код хватаљки робота [23].



Слика 4.2.2 Пнеуматски систем [3]

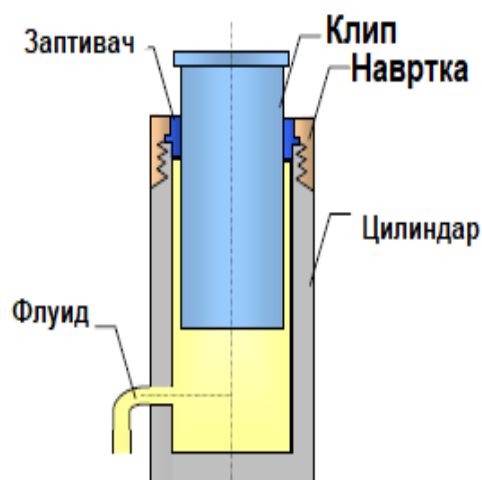
Хидраулични систем

Процес рада хидрауличних погона омогућава постизање високог притиска, а сходно томе омогућава и велике силе у зглобовима робота. Принцип рада ових погона заснива се на бази компримованог уља. С обзиром на чињеницу да овај погон има ограничену максималну брзину клипа у цилиндру, потребно је и поставити ограничење брзине робота. Основни делови хидрауличних система су извор енергије, односно пумпа, разводник, као и клип.

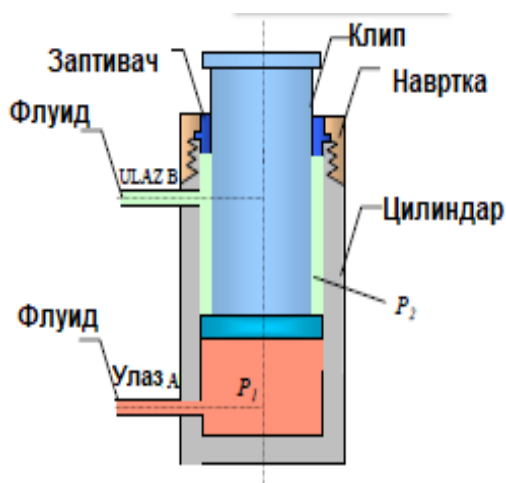
Разликујемо три типа линеарних цилиндра и то:

- Клип једноструког деловања,
- Клип двоструког деловања,
- Диференцијални клип.

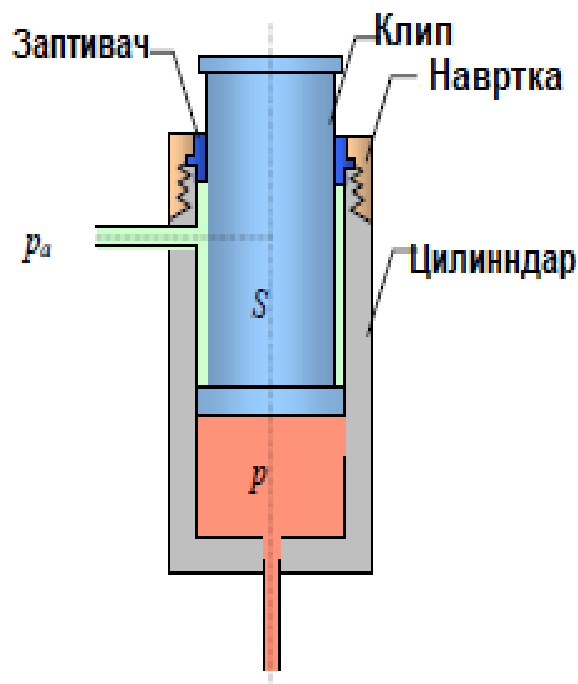
На слици 4.2.3 дат је шематски приказ клипа једноструког деловања, где је развијена сила једносмерна, а повратни уређај омогућава сигуран повратак осовине клипа у почетни положај. На слици 4.2.4 дат је шематски приказ клипа двоструког деловања. Клип двоструког деловања поседује две коморе у којима се притисак p_1 и p_2 могу наизменично одређивати. Посебни акценат треба обратити на присуство клипне осовине само у једној комори, што значи да је клип асиметричан у односу на притисак који је потребан за постизање истог кретања надесно и налево. Шематски приказ диференцијалног типа клипа дат је на слици 4.2.5 [2], [3], [9], [10], [21].



Слика 4.2.3 Клип једноструког деловања [3]



Слика 4.2.4 Клип двоструког деловања [3]



Слика 4.2.5 Диференцијални клип [3]

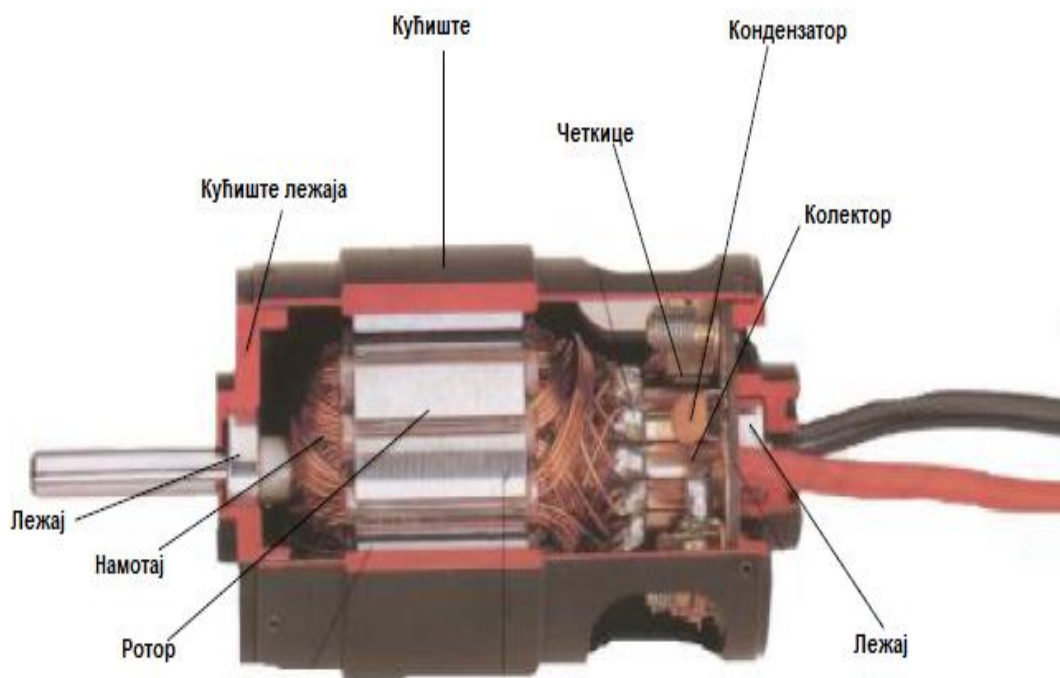
4.3 Електрични погон робота

Прва примена електричних погона код робота забележена је у Шведској 1974. године. Данас се овај тип погона најчешће користи у пракси за напајање робота. Предности електричног погона огледају се у једноставности прикључивања, лако, тачно и поуздано управљање и др. Главна предност ових погона у поређењу са хидрауличним погонима огледа се у елиминисању истицања уља и загађивања околине, као и смањење шума који је знатно мањи код електричних погона у односу на остале. Као и код свих погона и овај погон има одређене недостатке, а главни недостатак ових погона огледа се у неповољном односу снаге и тежине. Електромотори захтевају обавезно коришћење магнетних материјала који повећавају тежину мотора. Проблем који настаје код оваквог процеса рада јесте прегрејавање мотора које се јавља при појави високе густине струје, као и магнетног тока. Ови мотори се не препоручују за рад у експлозивним срединама.

Мотори који своју примену најчешће данас налазе код робота су следећи:

- Једносмерни мотори,
- Наизменични мотори,
- Корачни мотори.

Електромотори једносмерне струје имају широку примену у роботизи с обзиром на то да имају могућност брзе и fine регулације брзине окретања. Основни делови једносмерних мотора су статор, ротор, као и колектор. Шематски приказ једносмерних мотора дат је на слици 4.3.1.



Слика 4.3.1 Конструкција једносмерних мотора [3]

Мотори наизменичне струје поседују добре погонске карактеристике, али се због теже регулације броја обртаја мање користе у роботизи. Међутим с обзиром на константан развој и усавршавање знања, довео је до развоја нових сервомотора наизменичне струје који омогућавају бољу регулацију броја обртаја. Подела мотора наизменичне струје врши се на асинхроне и синхроне моторе.



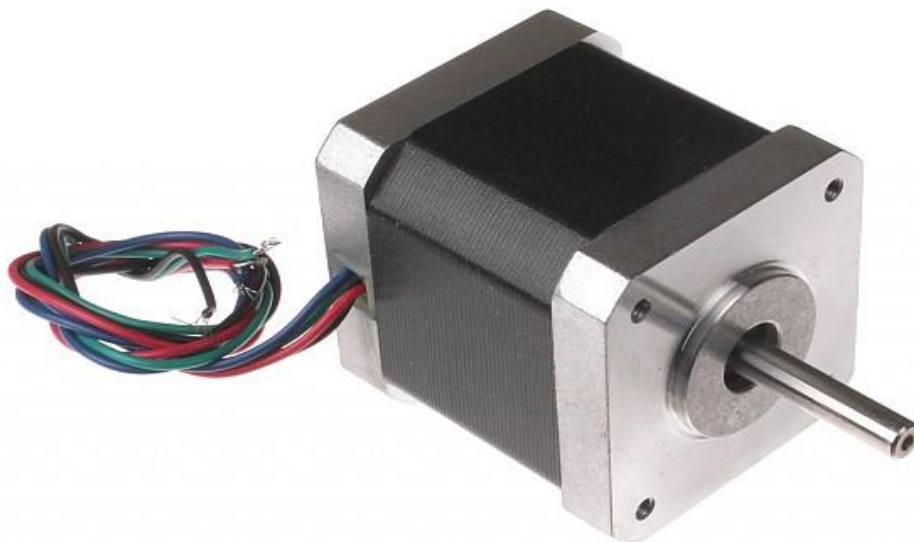
Слика 4.3.2 Приказ наизменичних мотора [23]

Корачни мотори су мотори који доста личе на синхроне моторе, али и мотори којима се врши лако управљање рачунарима. Према броју фаза разликујемо двофазне, трофазне, четворофазне, као и петофазне. Према врти ротора који се користи разликујемо: ротор од сталног магнета, ротор од меког гвожђа, као и ротор са намотајима и четкицама. Корачни мотори имају бројне предности у односу на остале моторе, због могућности котролисања процеса уз помоћ рачунара. Имају велику тачност поизцонирања па их из тог разлога остали мотори не могу заменити у процесима где је тачност од великог значаја. У зависности од конструкције мотора, разликују се број корака при једном пуном окрету ротора [2], [3], [9], [10], [11].

Корачне моторе карактеришу следеће особине:

- Тачност позиционирања без повратне спреге, уз употребу потребног броја управљачких импулса,
- Велики обртни момент при малим угаоним брзинама, па и код појединачних корака,
- Велики момент држања у побоуђеном стању,

Шематски приказ корачних мотора дат је на слици 4.3.3.



Слика 4.3.3 *Корачни мотори* [24]

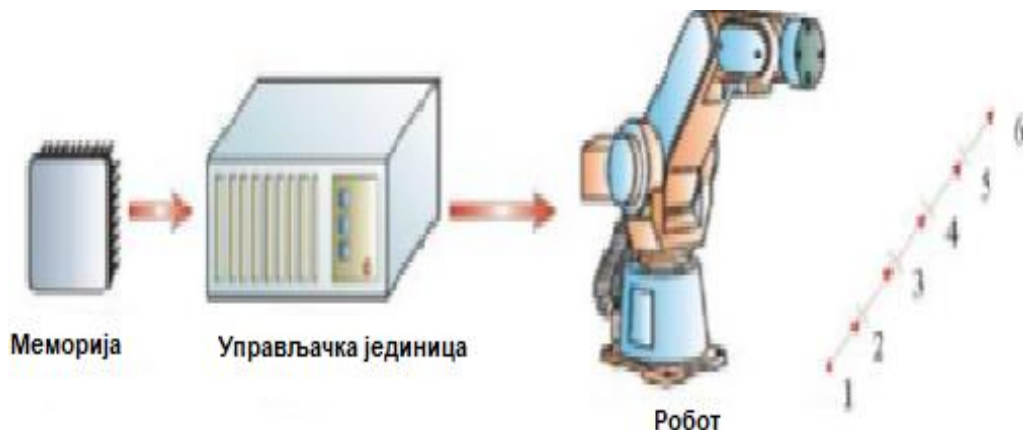
4.4 Управљачки систем робота

За свако покретање робота потребна је адекватна управљачка јединица, којом се роботу задаје кретање, као и задатак који робот треба да обави. Данас се за улогу управљачке јединице код робота, најчешће користе рачунари. Рачунари омогућавају прилагођавање захтевима тржишта, због могућности измене програма робота, односно задатака које робот обавља. С обзиром на ову могућност, роботи се могу адаптирати за обављање различитих задатака. Подела начина управљања роботима на основу сложености задатака које обављају роботи, врши се на следећи начин:

- Слободно кретање робота у операцијском простору,
- Кретање робота у операцијском простору уз постављање ограничења.

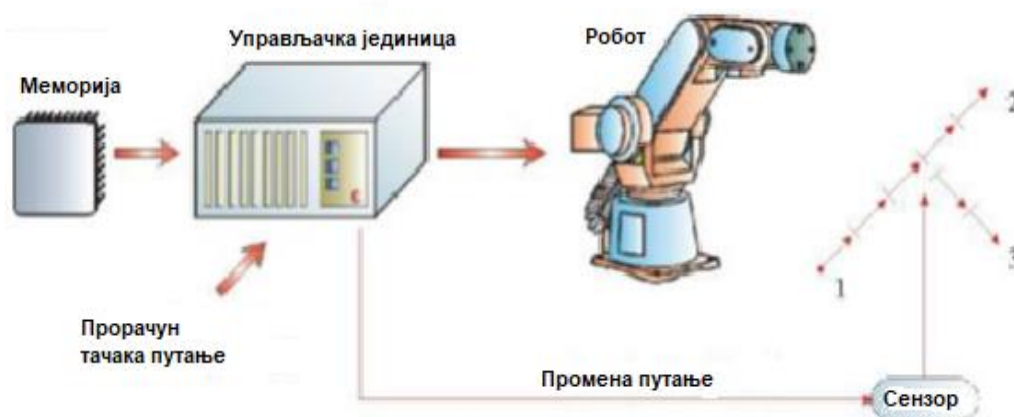
У првом случају робот извршава планирано кретање, док у другом случају поред дефинисања кретања које робот изводи, дефинишу се и захтеви о вредности контактне силе, којом робот делује на околину. Off-line управљање роботом подразумева извршавање прорачуна пре почетка рада робота и у овом случају се при стартовању робота више не могу вршити прорачуни у току рада робота. Из ових разлога роботи у овом режиму управљања нису у стању да током рада препознају промене у својој околини

и реагују на њих, па захтевају сензоре за обављање истих послова. Шематски приказ Off-line начина управљања роботима дат је на слици 4.4.1 [2], [3], [9], [10], [21].



Слика 4.4.1 Off-line управљање роботом [3]

У другом случају управљања роботима, када се неопходни прорачуни обављају у току рада робота, робот се сматара да ради у реалном времену, па се овај начин управљања роботима назива on-line. За разлику од off-line начина управљања, овај начин управљања је доста сложенији и захтева много брже управљачке јединице, како не би дошло до недостатка информација о даљем кретању робота. На слици 4.4.2 дат је шематски приказ on-line начина управљања роботима.



Слика 4.4.2 On-line управљање роботом [3]

За писање тачке четри коришћена је литература [2], [3], [9], [10], [21], осима на посебно назначеним местима.

5. Програмирање индустријских робота

Индустријски роботи дефинишу се као универзални, лако променљиви, аутомати са више оса, који се користе за померање, које се дефинише као и величине померања поступком програмирања робота. Роботи су уређаји који се доста често пореде са NC машинама, међутим и поред неких сличности ове машине се знатно разликују у неким особинама. За разлику од NC роботи имају могућност постизања већих брзина кретања у току процеса рада, али и знатно већи број оса. Поред тога кључна разлика огледа се и у начину програмирања, које се код робота знатно разликује. Недостаци робот у односу на NC машине огледају се у следећем:

- Већа статичка пропустљивост,
- Мања тачност понављања положаја,
- Велика динамичка пропустљивост при малим сопственим вредностима и малим пригушењима.

Код NC машина програмирање, односно добијање NC кода, се може извршити на основу задатог цртежа готовог дела и припремка, док код робота ово није изводљиво. Код израде програма за роботе неопходно је и добро познавање околине робота, односно тзв. „препрека“ које се могу наћи на путу роботу. Добро познавање окружења робота доста често условљава место израде програма, па се сам процес израде програмског листа врши најчешће на радном месту робота. Подела начина програмирања робота на радном месту може се извршити на следећи начин:

- „Teach in“ програмирање и
- „Play back“ програмирање.

Први начин програмирања тзв. „Teach in“ је случај када се хватаљке робота ручним вођењем и управљањем доводе у неке тачке и при томе врше меморисање у сваком положају координате зглобова. По завршетку овог процеса, робот наставља аутоматски да врши већ познати задатак. Други начин програмирања, односно „Play back“ програмирање је тренутак када се осе робота ослободе од погонских јединица и када се врши навођење роботске руке у одређене тачке неопходне за извршавање планираног задатка. По завршетку овог процеса врши се меморисање како би робот касније процес аутоматски понављао. „Offline“ програмирање, односно програмирање на радном месту има недостатак који се огледа у застоју који настаје као последица трајања процеса програмирања робота. Шематски приказ програмирања вођењем дат је на слици 5.1 [2], [5], [6], [7], [9], [10].



Слика 5.1 Програмирање вођењем [6]

Програми који се данас најчешће користе за програмирање робота су AL, ROBEX, VAL и сл. Ови програми се данас користе програмирање, јер имају могућност провере кроз симулације, које омогућавају анализу кретања робота, као и окружење робота. Након избора програма за програмирање врше се дефинисање осталих фаза рада:

1. Дефинисање задатака и околине робота,
2. Дефинисање тока монтаже са разлагањем укупног задатка монтаже на подзадатке и елементарне захвате,
3. Детаљна израда:
 - Плана хватања са дефинисањем потребних хватаљки
 - Плана померања елемената и подсклопова узимајући у обзир и оклину робота
 - Плана састављања елемената и подсклопова
4. Израда RC- програма за конкретан управљачки систем.

Сваки програм сачињен је од више делова и то:

Главног програма који представља базу за дефинисање и позивање других делова програма.

Подпрограма, који се односи на делове који се више пута понављају, па се дефинишу као део програма који се више пута позива из главног програма.

Циклуси, део програма који подсећа на подпрограм, али се разликује у позивању, јер се позивање циклуса врши само након неке извршене наредбе за кретање.

Сензорске функције - представља посебни део програма који се не може употребљавати у осталим деловима програма. Ове функције углавном при стартовању надређених функција престају да буду активне.

У зависности од потреба, разликује се више врста програмских језика, које се користе за програмирање робота, али сваки од ових програма мора садржати следеће наредбе:

- Наредбе за усмеравање тока програма,
- Наредбе за кретања,
- Наредбе за уношење или изавање података и
- Наредбе за логичке операције.

У зависности од типа управљачке јединице која се користи за управљање роботима, разликују се два типа управљања и то:

- Тачка по тачка
- Контурно или управљање континуираном путањом.

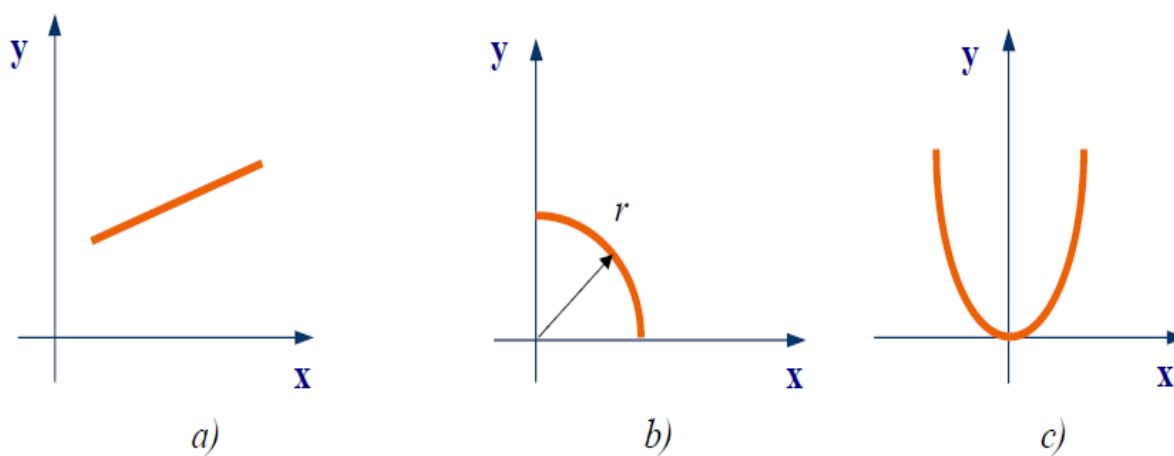
Тачка по тачка – код овог типа робота путања прихватнице дефинише се уз помоћ ниже тачке која се налази на путањи преко кинематски управљаних или спољашњих координата.

Управљање системом са континуалном путањом омогућава управљање симулационих кретања одређених оса, омогућавајући да се прихватница креће од једне до друге тачке манипулацијског простора по утврђеном правилу. Интерполација представља метод на чијем се темељу управљачки системи робота користе за покретање оса померања, односно за померање прихватнице од једне до друге програмиране тачке. Број међутачака кроз које се креће прихватница добија се на основу координата почетне и крајње тачке, а све то изводи интерполатор. На слици 5.3 дат је приказ уређаја који се користи за програмирање индустријских робота [2], [5], [6], [7], [9], [10].

Подела интерполатора врши се у три групе и то:

- Линеарни,
- Кружни и
- Параболични.

Шематски приказ интерполатора дат је на слици 5.2.

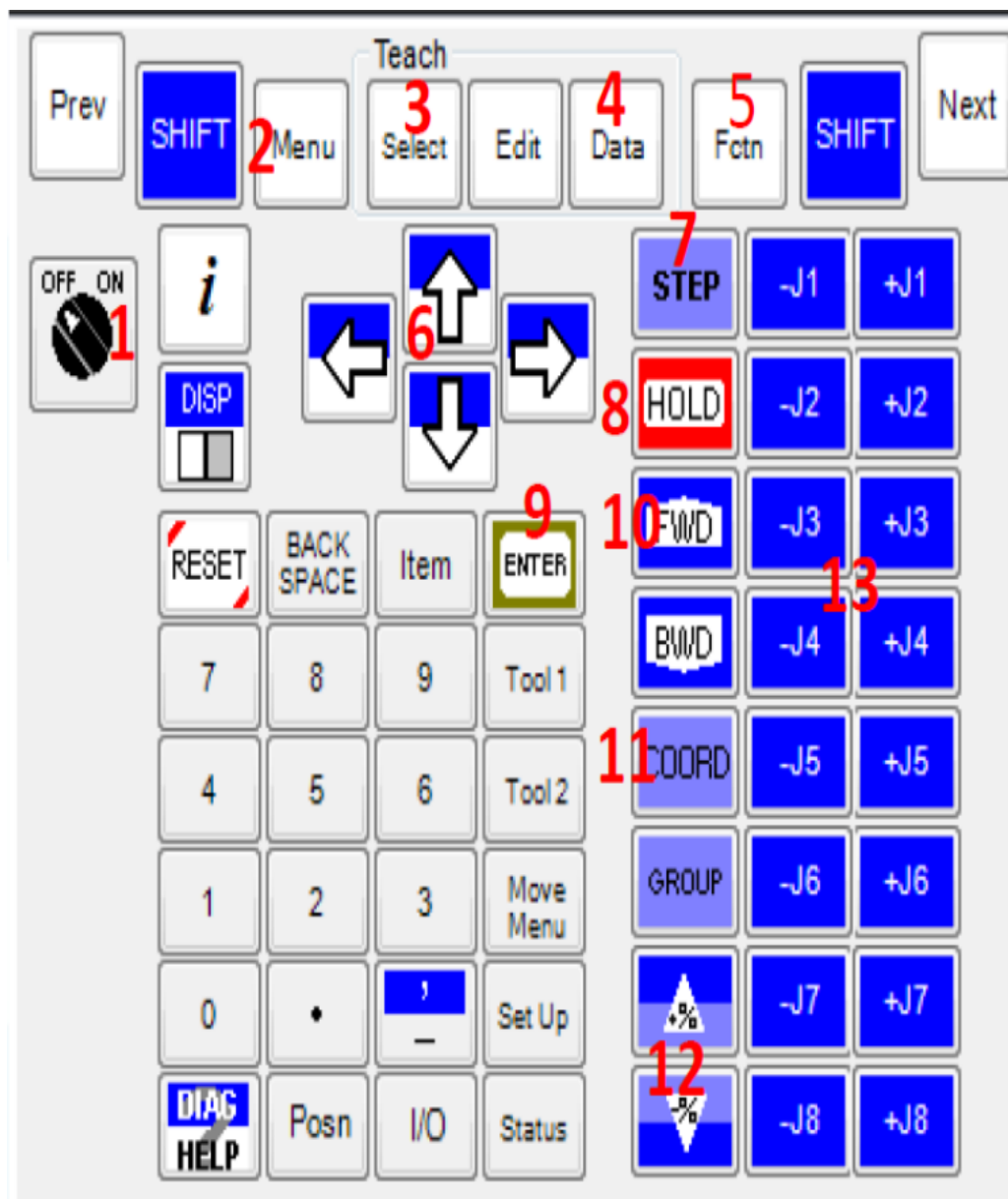


Слика 5.2 а) Линеарни, б) Кружни и в) Параболични интерполатор [6]



Слика 5.3 Уређај за програмирање индустријских робота [6]

Teach Pendant, односно уређај који се користи за управљање и програмирање индустријских робота. Овај уређај омогућава ручно померање робота, писање програма, али и тестирање истог. Физички изглед овог уређаја дат је на слици 5.4, а његови основни делови су екран, *E-stop* дугме и тастери који се користе кретање робота и писање програма. Плави тастери који су приказани на слици 5.4 су активни само ако је константно притиснут *Shift* тастер, док тастери који су полу беле полу плаве боје имају раличите функције када је активан тастер *Shift* [2], [5], [6], [7], [9], [10].

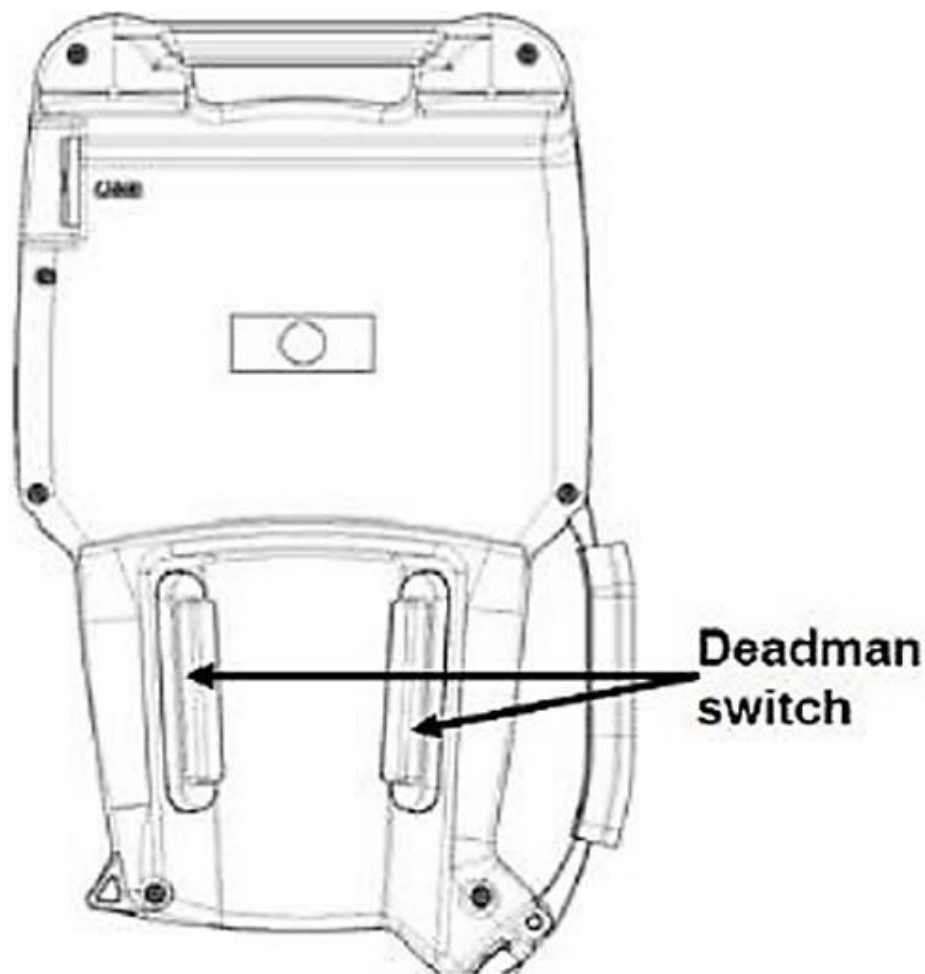


Слика 5.4 Шематски приказ Teach Pendant тастера [6]

Функција тастера који се налазе на *Tech Pendant*-у јесу [17]:

1. Tech Pendant Enable прекидач - активирање уређаја;
2. Menu тастер - отварање системског менија уређаја;
3. Select тастер - отварање листе програма;
4. Data тастер - отварање листе регистра;
5. Function (Fctn) тастер - отварање функцијског менија;
6. Cursors тастер - померање курсора;
7. Step тастер - укључивање/искључивање корачног мода;
8. Hold тастер - заустављање програма;
9. Enter тастер - улаз у изабрану опцију;
10. Forward (FWD) тастер - извршавање следећег корака у програму;
11. Coordinate (COORD) тастер - мењање координатног система;
12. Override тастери - промена брзине и
13. Jog тастери - померање робота у *teach* режиму.

Током трајања самог процеса покретања робота, уз примену *Teach Pendant-a* уређаја, уређај мора бити у активном стању, док прекидач са три положаја мора бити у мануелном, односно ручном режиму рада. Тзв. *Deadman Switch* прекидач који се налази на позадини самог уређаја, мора бити адекватно притиснут у комбинацији са *jog* тастерима приликом покретања робота. *Deadman Switch* прекидач састоји се од три положаја, где средњи прекидач омогућава активирање мотора, што је јако повољно у случајевима када се захтева хитна безбедност, с обзиром на то да је могуће брзо пуштање прикдача. На слици 5.5 дат је шематски приказ овог тастера, односно *Deadman Switch* [2], [5], [6], [7], [9], [10].



Слика 5.5 Положај *Deadman Switch* мастер на *Teach Pendant* уређају [6]

Бирање програма врши се притиском на тастер *Select*, након чега се отвара прозор са постојећим програмима, док је за отварање одређеног програма потребно притиснути тастер *Enter* након чега ће се отворити жељени програм, док се само активирање програма остварује са тастером за циклично стартовање који се налази на контролеру. Како би се процес покретања програма олакшао потребно је дефинисати централну тачку алата која се назива *Tool Center Point (TCP)*. Ова тачка представља релативну позицију у односу на крајњу тачку задњег зглоба. У случају захтева и потреба за креирањем новог програма неопходно је да се робот пребаци у мануелни режим, а након тога изврши активирање *Teach Pendant*. Притиском тастера *Select* отвара се листа програма, а потом притиском на тастер *Create* отвара се прозор у који је потребно унети назив програма, након чега се потврдом која се постиже тастером *Enter*, коначно отвара празан прозор у коме се креира нови програм.

За писање тачке пет коришћене су следеће литературе [2], [5], [6], [7], [9], [10], осим на посебно назначеним местима.

6. Пример програма за балансирање точкова (18“) применом робота COMAU C5G

Практични пример израде програма за точкове 18“ дефинисан је и објашњен пређењем и анализом рада робота у оквиру компаније H.T. & L. FITTING SERBIA. У оквиру ове тачке дат је приказ програма који своју примену налази код робота који се користи за рад на баланс машинама. Процес програмирања робота односи се на модел робота COMAU C5G. Програмом који ће бити наведен и дат у наставку дефинисан је задатак који робот има да изврши, а који добија од стране PLC-а. Пре свега робот добија сигнал на основу сензора постављених на траци да ли се предмет, односно точак у овом случају, налази на траци. Након регистровања точка на траци, робот добија сигнал да ли се точак налази на траци и у односу на резултат тог сигнала покреће. Робот дакле има задатак који му задаје PLC да точак који сензор региструје на траци преузме и на одговарајући начин постави на баланс машину. По завршетку процеса балансирања, PLC уређај поставља задатак роботу да точак са баланс машине премести у контејнер са готовим точковима, или на траку за шкарт точкове [26], [13].

Почетак процса рада робота COMAU C5G почиње са транспортом точкова пеко траке за пренос точкова са линије за монтажу точкова до робота за балансирање точкова. На слици 6.1.1 дат је приказ процеса транспорта точкова до робота. [26]



Слика 6.1.1 Процес транспорта точкова [26]

По завршетку уводног дела овог процеса рада, односно транспорта точкова, долази до преузимања и почетка првог дела балансирања, по чијем завршетку точак одлази на позицију за ручно додавање тегића на точкове (слика 6.6.2), а све то у зависности од информације коју човек на позицији за додавање тегића добија од управљачке јединице на којој се емитују резултати првог дела процеса балансирања. Приказ управљачке јединице која се користи за преглед резултата по завршетку првог дела процеса балансирања дат је на слици 6.3.3 [26].



Слика 6.2.2 *Позиција за наношење тегића на точак* [26]



Слика 6.3.3 *Управљачка јединица* [26]

По завршетку ове операције врши се даљи транспорт точкова преко траке за транспорт истих до робота за поновни процес балансирања. На слици 6.4.4 дат је приказ траке која има улогу транспорта точка од позиције за додавање тегића на точак до робота. Робот преузима точак са траке и поставља га на слободну баланс машину. Приказ баланс машине која се користи за процес балансирања точкова дат је на слици 6.5.5 [26].



Слика 6.4.4 *Трака за транспорт точкова* [26]

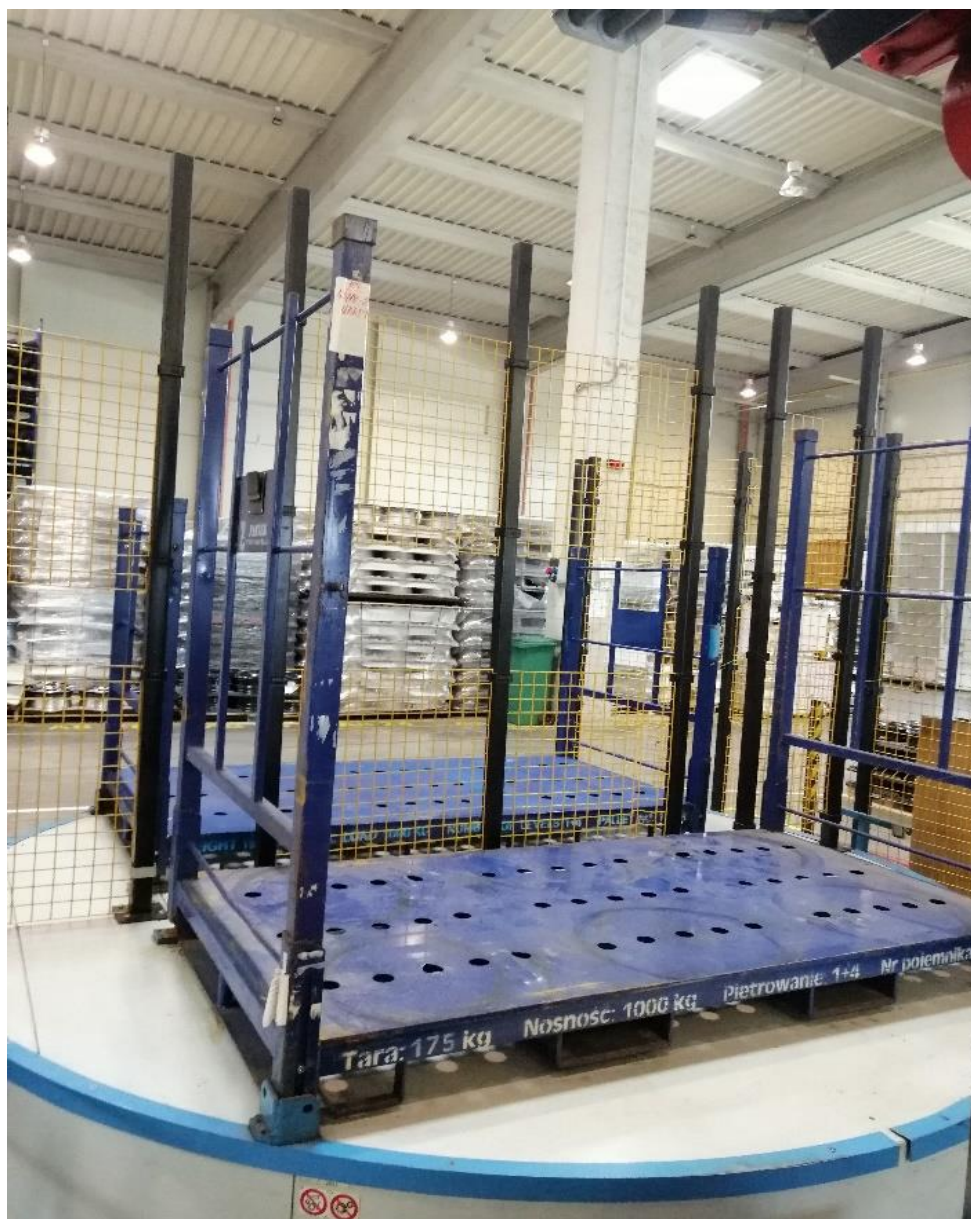


Слика 6.5.5 *Баланс машине* [26]

Након процеса завршног дела процеса балансирања следи поступак селекције балансираних точкова. Робот у овом случају има задатак да преузме балансирани точак и постави га на одговарајуће место. У случају када се јаве одређене грешке у процесу балансирања (слика 6.7.7), робот точак одлаже на траку за шкарт точкове, док у случају исправног процеса балансирања, робот врши паковање точова по редовима у контејнер за одлагање добро балансираних точкова (слика 6.8.8) [26].



Слика 6.7.7 *Одлагање точкова са грешком* [26]



Слика 6.8.8 Одлагање исправних точкова [26]

У наставку тачке шест дат је детаљан приказ процеса дефинисања свих ових операција, као и процес израде и дефинисања комплетног програма за ове процесе.

У уводном делу на самом почетку дефинисане су константе, односно информације које се размењују између PLC уређаја и робота, али и информације које се односе на робот и његово окружење (слика 6.1) [26].

```

CONST
  Program_Selection = 5
  Line_Selection = 2
  Tyre_Type_Selection = 7
  Unload_Goulotte_1 = 50
  Unload_Goulotte_2 = 53
  Load_Balance_3 = 51
  Load_Balance_4 = 58
  Unload_Balance_3 = 49
  Unload_Balance_4 = 59
  Scarto = 52
  Load_Pallet = 54

  -- Automatic_Mode =
  Gripper_Close = 1
  Gripper_Open = 2
  Gripper_Closed = 5
  Gripper_Opened = 6
  Balance_3_Unloaded = 49
  Balance_4_Unloaded = 50
  Balance_3_Loaded = 51
  Balance_4_Loaded = 52
  Goulotte_1_Unloaded = 53
  Goulotte_2_Unloaded = 55
  scarted = 57
  Pallet_Loaded = 59

```

Слика 6.1 Дефинисане константе [26]

По завршетку процеса дефинисања информација између робота и околине, односно робота и PLC-а, врши се дефинисање свих тачака робота у координатном систему које се јављају у самом програму, а на основу којих се сам робот креће по задатим путаљама. Овај део програма састоји се од тачака дефинисаних од стране робота, којима робот сам даје име, али и тачака које сам програмер дефинише, односно именује [26].

```

VAR jnt0007j, jnt0008j, jnt0009j, jnt0010j : JOINTPOS FOR ARM[1]
    jnt0002j, jnt0003j, jnt0005j, jnt0006j, jnt0004j : JOINTPOS FOR ARM[1]
    pnt0001p, pnt0002p, pnt0003p, pnt0004p, pnt0005p, pnt0006p, pnt0007p, pnt0008p, pnt0009p, pnt0010p : POSITION
    pnt0011p, pnt0012p, pnt0013p, pnt0014p, pnt0015p, pnt0016p, pnt0017p, pnt0018p, pnt0019p, pnt0020p : POSITION
    pnt0021p, pnt0022p, pnt0023p, pnt0024p, pnt0025p, pnt0026p, pnt0027p, pnt0028p, pnt0029p, pnt0030p : POSITION
    pnt0031p, pnt0032p, pnt0033p, pnt0034p, pnt0035p, pnt0036p, pnt0037p, pnt0038p, pnt0039p, pnt0040p : POSITION
    pnt0041p, pnt0042p, pnt0043p, pnt0044p, pnt0045p, pnt0046p, pnt0047p, pnt0048p, pnt0049p, pnt0050p : POSITION

```

Слика 6.2 Именоване тачке од стране робота [26]

```

VAR pre_pos_1, pre_pos_2, pre_pos_1, pre_pos_2 : POSITION

VAR pos_1, pos_2, pos_1, pos_2 : POSITION

pos_goulotte_1, pos_goulotte_2, pos_rest, pos_scarto : POSITION
tyre_pos_1, tyre_pos_2, tyre_pos_3, tyre_pos_4, tyre_pos_5, tyre_pos_6 : POSITION
column_1, column_2, column_3, column_4, column_5, column_6 : POSITION
column_11, column_21, column_31, column_41, column_51, column_61 : POSITION

```

Слика 6.3 Именоване тачке од стране програмера [26]

Сам почетак програма почиње тек са задавањем наредбе BEGIN. Све наредбе и команде коришћене у овом програму дате су са објашњењем у наставку текста [26]:

- VAR- Наредба за дефинисање променљивих;
- POSITION- Наредба за дефинисање променљивих, односно тачака;
- ROUTINE- Наредба за дефинисање рутина, односно потпрограма који се често позивају у програму;
- BEGIN- Наредба за почетак програма/потпрограма/рутине;
- END-Наредба за крај програма/потпрограма/рутине;
- CASE- Условна наредба којом се испуњава само један задати услов;
- SELECT- Условна наредба којом се испуњава више различитих услова;
- GOTO- Наредба за тзв. „скакање“ у програму са једног места на друго;
- ::- Место на које се скаче по задавању наредбе GOTO;
- ELSE- Наредба која се може дефинисати као „или“, односно избор између нечега;
- MOVE- Команда за кретање које укључује пролазак кроз саму задату тачку;
- MOVEFLY- Команда за кретање око задате тачке;
- JOINT- Команда за најједноставније кретање робота;
- LINEAR- Команда за праволинијско кретање;
- ENDMOVE- Крај команде MOVE
- ENDSELECT- Крај наредбе SELECT.

Дефинисање улазно/излазних сигнала један је од такође битних појмова приликом израде новог програма, односно процеса програмирања робота. У овом случају робот COMAU C5G има потребу за комуникацијом са осталом опремом, што значи да овај робот ради заједно са неким другим периферијама, а не самостално. Овај робот различите информације добија од стране PLC-а, али и сензора [26].

Пре него се започне сам програм, врши се дефинисање рутина, а све то задавањем наредбе ROUTINE. Ове рутине се односе на комуникацију робота са периферијом, односно отварање/затварање хватаљке.

```
ROUTINE Close_Gripper
BEGIN
  $DOUT[Gripper_close] := ON
  WAIT FOR $DIN[Gripper_closed] = TRUE
  $DOUT[Gripper_close] := OFF
END Close_Gripper

ROUTINE Open_Gripper
BEGIN
  $DOUT[Gripper_open] := ON
  WAIT FOR $DIN[Gripper_opened] = TRUE
  $DOUT[Gripper_open] := OFF
END Open_Gripper
```

Слика 6.4 Дефинисање рутина [26]

На самом почетку програма врши се избор одговарајућег потпрограма на основу сигнала које робот добија од стране PLC-а.

```
BEGIN
Master_Label_1::
  SELECT $FMI[Program_Selection] OF
  CASE (1):
    MOVEFLY JOINT TO pos_rest ADVANCE
    WAIT FOR $DIN[Unload_Goulotte_1] = TRUE
    GOTO Label_1
  CASE (2):
    MOVEFLY JOINT TO pos_rest ADVANCE
    WAIT FOR $DIN[Unload_Goulotte_2] = TRUE
    GOTO Label_2
  CASE (3):
    WAIT FOR $DIN[Load_Balance_3] = TRUE
    GOTO Label_3
  CASE (4):
    WAIT FOR $DIN[Load_Balance_4] = TRUE
    GOTO Label_4
  CASE (5):
    WAIT FOR $DIN[Unload_Balance_3] = TRUE
    GOTO Label_5
  CASE (6):
    WAIT FOR $DIN[Unload_Balance_4] = TRUE
    GOTO Label_6
  CASE (7):
    WAIT FOR $DIN[Load_Pallet] = TRUE
    GOTO Label_7
  CASE (8):
    WAIT FOR $DIN[Scarto] = TRUE
    GOTO Label_8
  ELSE:
    GOTO Master_Label_1
ENDSELECT
```

Слика 6.5 Дефинисани потпрограми [26]

По завршетку овог избора, врши се дефинисање потпрограма који се односи на преузимање точка са станице за аплицирање тегића број један (Goulitte_1).

```
Label_1::
  MOVEFLY JOINT TO pnt0001p ADVANCE
  MOVE JOINT TO pos_goulotte_1
  Close_Gripper
  MOVEFLY JOINT TO pnt0003p ADVANCE ,
    WITH $ARM_ACC_OVR = 70,
    WITH $ARM_DEC_OVR = 70,
    WITH $ARM_SPD_OVR = 70,
  ENDMOVE
  MOVEFLY JOINT TO pnt0006p ADVANCE
  MOVEFLY JOINT TO pnt0007p ADVANCE
  MOVEFLY JOINT TO pnt0008p ADVANCE
    $DOUT[Goulotte_1_Unloaded] := ON
    WAIT FOR $DIN[Unload_Goulotte_1] = FALSE
    $DOUT[Goulotte_1_Unloaded] := OFF
  MOVEFLY JOINT TO pnt0011p ADVANCE
  GOTO Master_Label_1
```

Слика 6.6 Дефинисани потпрограми (Goulitte_1) [26]

Следећи део програма који је дефинисан има исти задатак као и претходни део, али у овом случају робот има задатак да преузме точак са станице за аплицирање тегића број два (Goulitte_2).

```
Label_2::
MOVEFLY JOINT TO pnt0014p ADVANCE
MOVE JOINT TO pos_goulotte_2
Close_Gripper
MOVEFLY LINEAR TO pnt0016p ADVANCE ,
    WITH $ARM_ACC_OVR = 70,
    WITH $ARM_DEC_OVR = 70,
    WITH $ARM_SPD_OVR = 70,
ENDMOVE
MOVEFLY JOINT TO pnt0019p ADVANCE
MOVEFLY JOINT TO pnt0020p ADVANCE
MOVEFLY JOINT TO pnt0021p ADVANCE
    $DOUT[Goulotte_2_Unloaded] := ON
    WAIT FOR $DIN[Unload_Goulotte_2] = FALSE
    $DOUT[Goulotte_2_Unloaded] := OFF
MOVEFLY JOINT TO pnt0011p ADVANCE
GOTO Master_Label_1
```

Слика 6.7 Дефинисани потпрограми (Goulitte_2) [26]

По завршетку дефинисања претходно наведених операција, дефинише се постављање точкова на баланс машину три, а након тога постављање точкова на баланс машину четри.

<pre>Label_4:: MOVEFLY JOINT TO jnt0009j ADVANCE MOVEFLY JOINT TO jnt0005j ADVANCE SELECT \$FMI[Tyre_Type_Selection] OF CASE (1): MOVEFLY LINEAR TO pre_pos_1 ADVANCE MOVE LINEAR TO pos_1, WITH \$ARM_ACC_OVR = 50, WITH \$ARM_DEC_OVR = 50, WITH \$ARM_SPD_OVR = 50, ENDMOVE CASE (2): MOVEFLY LINEAR TO pre_pos_2 ADVANCE MOVE LINEAR TO pos_2, WITH \$ARM_ACC_OVR = 50, WITH \$ARM_DEC_OVR = 50, WITH \$ARM_SPD_OVR = 50, ENDMOVE Open_Gripper \$DOUT[Balance_4_Loaded] := ON WAIT FOR \$DIN[Load_Balance_4] = FALSE \$DOUT[Balance_4_Loaded] := OFF MOVEFLY JOINT TO jnt0005j ADVANCE GOTO Master_Label_1</pre>	<pre>Label_3:: MOVEFLY JOINT TO pnt0011p ADVANCE MOVEFLY JOINT TO jnt0004j ADVANCE SELECT \$FMI[Tyre_Type_Selection] OF CASE (1): MOVEFLY LINEAR TO pre_pos_1 ADVANCE MOVE LINEAR TO pos_1, WITH \$ARM_ACC_OVR = 50, WITH \$ARM_DEC_OVR = 50, WITH \$ARM_SPD_OVR = 50, ENDMOVE CASE (2): MOVEFLY LINEAR TO pre_pos_2 ADVANCE MOVE LINEAR TO pos_2, WITH \$ARM_ACC_OVR = 50, WITH \$ARM_DEC_OVR = 50, WITH \$ARM_SPD_OVR = 50, ENDMOVE ELSE: GOTO Label_3 ENDSELECT Open_Gripper \$DOUT[Balance_3_Loaded] := ON WAIT FOR \$DIN[Load_Balance_3] = FALSE \$DOUT[Balance_3_Loaded] := OFF MOVEFLY JOINT TO pnt0011p ADVANCE GOTO Master_Label_1</pre>
--	---

Слика 6.8 Постављање точкова на баланс машину [26]

Након дефинисања ових делова програма, следећи део програма програмиран је тако да робот преузме балансирани точак са баланс машине три, а након тога понови исту операцију, али за баланс машину број четири.

```

Label_4::
MOVEFLY JOINT TO jnt0009J ADVANCE
MOVEFLY JOINT TO jnt0005J ADVANCE
SELECT $FMI[Tyre_Type_Selection] OF
CASE (1):
MOVEFLY LINEAR TO pre_pos_1 ADVANCE
MOVE LINEAR TO pos_1,
WITH $ARM_ACC_OVR = 50,
WITH $ARM_DEC_OVR = 50,
WITH $ARM_SPD_OVR = 50,
ENDMOVE
CASE (2):
MOVEFLY LINEAR TO pre_pos_2 ADVANCE
MOVE LINEAR TO pos_2,
WITH $ARM_ACC_OVR = 50,
WITH $ARM_DEC_OVR = 50,
WITH $ARM_SPD_OVR = 50,
ENDMOVE
Open_Gripper
$DOUT[Balance_4_Loaded] := ON
WAIT FOR $DIN[Load_Balance_4] = FALSE
$DOUT[Balance_4_Loaded] := OFF
MOVEFLY JOINT TO jnt0005J ADVANCE
GOTO Master_Label_1

Label_5::
MOVEFLY JOINT TO pnt0011p ADVANCE
SELECT $FMI[Tyre_Type_Selection] OF
CASE (1):
MOVE LINEAR TO pos_1
Close_Gripper
$DOUT[Balance_3_Unloaded] := ON
MOVEFLY LINEAR TO pre_pos_1 ADVANCE ,
WITH $ARM_ACC_OVR = 50,
WITH $ARM_DEC_OVR = 50,
WITH $ARM_SPD_OVR = 50,
ENDMOVE
CASE (2):
MOVE LINEAR TO pos_2
Close_Gripper
$DOUT[Balance_3_Unloaded] := ON
MOVEFLY LINEAR TO pre_pos_2 ADVANCE ,
WITH $ARM_ACC_OVR = 50,
WITH $ARM_DEC_OVR = 50,
WITH $ARM_SPD_OVR = 50,
ENDMOVE
ENDSELECT
MOVEFLY JOINT TO jnt0004J ADVANCE
MOVEFLY JOINT TO pnt0011p ADVANCE
MOVEFLY JOINT TO pos_rest ADVANCE
GOTO Master_Label_1

```

Слика 6.9 Преузимање точкова са баланс машине [26]

Наредни део програма, један је од сложенијих делова програма, јер је у оквиру овог дела неопходно дефинисати поред одлагања точкова у контејнер које извршава робот и начин на који робот одлаже точкове у контејнер (слика 6.10). Овде се пре свега мисли на део у коме се дефинише паковање точкова по принципу ред по ред [26].

```

Label_7::
MOVEFLY JOINT TO pnt0041p ADVANCE
var_z := $FMI[1]
v_z := VEC(0, 0, var_z)
v_off := VEC(0, 0, 300)
column_1 := tyre_pos_1
POS_SHIFT(column_1, v_z)
column_11 := column_1
POS_SHIFT(column_11, v_off)
column_2 := tyre_pos_2
POS_SHIFT(column_2, v_z)
column_21 := column_2
POS_SHIFT(column_21, v_off)
column_3 := tyre_pos_3
POS_SHIFT(column_3, v_z)
column_31 := column_3
POS_SHIFT(column_31, v_off)
column_4 := tyre_pos_4
POS_SHIFT(column_4, v_z)
column_41 := column_4
POS_SHIFT(column_41, v_off)
column_5 := tyre_pos_5
POS_SHIFT(column_5, v_z)
column_51 := column_5
POS_SHIFT(column_51, v_off)
column_6 := tyre_pos_6
POS_SHIFT(column_6, v_z)
column_61 := column_6
POS_SHIFT(column_61, v_off)
SELECT $FMI[Line_Selection] OF
CASE (1):
MOVEFLY JOINT TO pnt0033p ADVANCE
--MOVEFLY JOINT TO column_11 ADVANCE
MOVE LINEAR TO column_1
--MOVE LINEAR TO tyre_pos_1
Open_Gripper
-- MOVEFLY LINEAR TO column_11 ADVANCE
MOVEFLY LINEAR TO pnt0033p ADVANCE
CASE (2):
MOVEFLY JOINT TO pnt0034p ADVANCE
--MOVEFLY JOINT TO jnt0003J ADVANCE
MOVEFLY JOINT TO column_21 ADVANCE
MOVE LINEAR TO column_2
--MOVE LINEAR TO tyre_pos_2
Open_Gripper
MOVEFLY LINEAR TO column_21 ADVANCE
MOVEFLY LINEAR TO pnt0034p ADVANCE
CASE (3):
MOVEFLY JOINT TO pnt0035p ADVANCE
--MOVEFLY JOINT TO column_31 ADVANCE
MOVE LINEAR TO column_3
--MOVE LINEAR TO tyre_pos_3
Open_Gripper
--MOVEFLY LINEAR TO column_31 ADVANCE
MOVEFLY LINEAR TO pnt0035p ADVANCE
CASE (4):
MOVEFLY JOINT TO pnt0036p ADVANCE
--MOVEFLY JOINT TO column_41 ADVANCE
MOVE LINEAR TO column_4
--MOVE LINEAR TO tyre_pos_4
Open_Gripper
--MOVEFLY LINEAR TO column_41 ADVANCE
MOVEFLY LINEAR TO pnt0036p ADVANCE
CASE (5):
MOVEFLY JOINT TO pnt0037p ADVANCE
MOVEFLY JOINT TO column_51 ADVANCE
MOVE LINEAR TO column_5
--MOVE LINEAR TO tyre_pos_5
Open_Gripper
MOVEFLY LINEAR TO column_51 ADVANCE
MOVEFLY LINEAR TO pnt0037p ADVANCE
CASE (6):
MOVEFLY JOINT TO pnt0038p ADVANCE
--MOVEFLY JOINT TO column_61 ADVANCE
MOVE LINEAR TO column_6
--MOVE LINEAR TO tyre_pos_6
Open_Gripper
--MOVEFLY LINEAR TO column_61 ADVANCE
MOVEFLY LINEAR TO pnt0038p ADVANCE
ELSE:
HOLD
ENDSELECT
MOVEFLY JOINT TO pnt0041p ADVANCE
MOVEFLY JOINT TO pos_rest ADVANCE
$DOUT[Pallet_Loaded] := ON
WAIT FOR $DIN[Load_Pallet] = FALSE
$DOUT[Pallet_Loaded] := OFF
GOTO Master_Label_1

```

Слика 6.10 Паковање точкова у контејнер [26]

На самом крају програма дефинисан је део програма који се односи на одлагање точкова са грешком на предвиђено место, односно одлагање шкарт точкова, што је приказано на слици 6.11 [26].

```
Label_8::  
  MOVEFLY JOINT TO pos_rest ADVANCE  
  MOVEFLY JOINT TO pnt0028p ADVANCE  
  MOVE JOINT TO pos_scarto  
  open_Gripper  
    $DOUT[scarted] := ON  
    WAIT FOR $DIN[scarto] = FALSE  
    $DOUT[scarted] := OFF  
  MOVEFLY JOINT TO pnt0029p ADVANCE  
  MOVEFLY JOINT TO pnt0028p ADVANCE  
  MOVEFLY JOINT TO pos_rest ADVANCE  
  GOTO Master_Label_1
```

Слика 6.11 Одлагање точкова са грешком [26]

Комплетан програм са свим операцијама које су неопходне за извршавање комплетног дела процеса балансирања точкова (18“) у фирми Н.Т.&Л. FITTING дат је у наставку тачке шест. Тачка шест израђена је на основу постојећих података у фирми Н.Т.&Л. FITTING SERBIA, на основу којих је извршена израда новог програма за рад робота са точковима (18“), уз асистенције менаџера задужених за ефикасан рад робота.

PROGRAM inizio STACK = 2048

CONST

Program_Selection = 5

Line_Selection = 2

Tyre_Type_Selection = 7

Unload_Goulotte_1 = 50

Unload_Goulotte_2 = 53

Load_Balance_3 = 51

Load_Balance_4 = 58

Unload_Balance_3 = 49

Unload_Balance_4 = 59

Scarto = 52

Load_Pallet = 54

-- Automatic_Mode =

Gripper_Close = 1

Gripper_Open = 2

Gripper_Closed = 5

Gripper_Opened = 6

Balance_3_Unloaded = 49

Balance_4_Unloaded = 50

Balance_3_Loaded = 51

Balance_4_Loaded = 52

Goulotte_1_Unloaded = 53

Goulotte_2_Unloaded = 55

Scarted = 57

Pallet_Loaded = 59

VAR jnt0007J, jnt0008J, jnt0009J, jnt0010J : JOINTPOS FOR ARM[1]

jnt0002J, jnt0003J, jnt0005J, jnt0006J, jnt0004J : JOINTPOS FOR ARM[1]

pnt0001p, pnt0002p, pnt0003p, pnt0004p, pnt0005p, pnt0006p, pnt0007p, pnt0008p, pnt0009p, pnt0010p :
POSITION

pnt0011p, pnt0012p, pnt0013p, pnt0014p, pnt0015p, pnt0016p, pnt0017p, pnt0018p, pnt0019p, pnt0020p :
POSITION

pnt0021p, pnt0022p, pnt0023p, pnt0024p, pnt0025p, pnt0026p, pnt0027p, pnt0028p, pnt0029p, pnt0030p :
POSITION

pnt0031p, pnt0032p, pnt0033p, pnt0034p, pnt0035p, pnt0036p, pnt0037p, pnt0038p, pnt0039p, pnt0040p :
POSITION

pnt0041p, pnt0042p, pnt0043p, pnt0044p, pnt0045p, pnt0046p, pnt0047p, pnt0048p, pnt0049p, pnt0050p :
POSITION

VAR pre_pos_1, pre_pos_2, pre_poss_1, pre_poss_2 : POSITION

VAR pos_1, pos_2, poss_1, poss_2 : POSITION

pos_goulotte_1, pos_goulotte_2, pos_rest, pos_scarto : POSITION

tyre_pos_1, tyre_pos_2, tyre_pos_3, tyre_pos_4, tyre_pos_5, tyre_pos_6 : POSITION

column_1, column_2, column_3, column_4, column_5, column_6 : POSITION

column_11, column_21, column_31, column_41, column_51, column_61 : POSITION

ROUTINE Close_Gripper

BEGIN

\$DOUT[Gripper_Close] := ON

WAIT FOR \$DIN[Gripper_Closed] = TRUE

\$DOUT[Gripper_Close] := OFF

END Close_Gripper

ROUTINE Open_Gripper

BEGIN

\$DOUT[Gripper_Open] := ON

WAIT FOR \$DIN[Gripper_Opened] = TRUE

\$DOUT[Gripper_Open] := OFF

END Open_Gripper

BEGIN

Master_Label_1::

SELECT \$FMI[Program_Selection] OF

CASE (1):

MOVEFLY JOINT TO pos_rest ADVANCE

WAIT FOR \$DIN[Unload_Goulotte_1] = TRUE

GOTO Label_1

CASE (2):

MOVEFLY JOINT TO pos_rest ADVANCE

WAIT FOR \$DIN[Unload_Goulotte_2] = TRUE

GOTO Label_2

CASE (3):

WAIT FOR \$DIN[Load_Balance_3] = TRUE

GOTO Label_3

CASE (4):

WAIT FOR \$DIN[Load_Balance_4] = TRUE

GOTO Label_4

CASE (5):

WAIT FOR \$DIN[Unload_Balance_3] = TRUE

GOTO Label_5

CASE (6):

WAIT FOR \$DIN[Unload_Balance_4] = TRUE

GOTO Label_6

CASE (7):
 WAIT FOR \$DIN[Load_Pallet] = TRUE
 GOTO Label_7

CASE (8):
 WAIT FOR \$DIN[Scarto] = TRUE
 GOTO Label_8

ELSE:
 GOTO Master_Label_1

ENDSELECT

Label_1::

MOVEFLY JOINT TO pnt0001p ADVANCE
MOVE JOINT TO pos_goulotte_1
Close_Gripper
MOVEFLY JOINT TO pnt0003p ADVANCE ,
 WITH \$ARM_ACC_OVR = 70,
 WITH \$ARM_DEC_OVR = 70,
 WITH \$ARM_SPD_OVR = 70,
ENDMOVE
MOVEFLY JOINT TO pnt0006p ADVANCE
MOVEFLY JOINT TO pnt0007p ADVANCE
MOVEFLY JOINT TO pnt0008p ADVANCE
 \$DOUT[Goulotte_1_Unloaded] := ON
 WAIT FOR \$DIN[Unload_Goulotte_1] = FALSE
 \$DOUT[Goulotte_1_Unloaded] := OFF
MOVEFLY JOINT TO pnt0011p ADVANCE
GOTO Master_Label_1

Label_2::

MOVEFLY JOINT TO pnt0014p ADVANCE
MOVE JOINT TO pos_goulotte_2
Close_Gripper
MOVEFLY LINEAR TO pnt0016p ADVANCE ,
 WITH \$ARM_ACC_OVR = 70,
 WITH \$ARM_DEC_OVR = 70,
 WITH \$ARM_SPD_OVR = 70,
ENDMOVE
MOVEFLY JOINT TO pnt0019p ADVANCE

```

MOVEFLY JOINT TO pnt0020p ADVANCE
MOVEFLY JOINT TO pnt0021p ADVANCE
    $DOUT[Goulotte_2_Unloaded] := ON
    WAIT FOR $DIN[Unload_Goulotte_2] = FALSE
    $DOUT[Goulotte_2_Unloaded] := OFF
MOVEFLY JOINT TO pnt0011p ADVANCE
GOTO Master_Label_1

```

Label_3::

```

MOVEFLY JOINT TO pnt0011p ADVANCE
MOVEFLY JOINT TO jnt0004J ADVANCE
SELECT $FMI[Tyre_Type_Selection] OF
CASE (1):
    MOVEFLY LINEAR TO pre_pos_1 ADVANCE
    MOVE LINEAR TO pos_1,
        WITH $ARM_ACC_OVR = 50,
        WITH $ARM_DEC_OVR = 50,
        WITH $ARM_SPD_OVR = 50,
    ENDMOVE
CASE (2):
    MOVEFLY LINEAR TO pre_pos_2 ADVANCE
    MOVE LINEAR TO pos_2,
        WITH $ARM_ACC_OVR = 50,
        WITH $ARM_DEC_OVR = 50,
        WITH $ARM_SPD_OVR = 50,
    ENDMOVE
    ELSE:
        GOTO Label_3
ENDSELECT

```

Open_Gripper

```

    $DOUT[Balance_3_Loaded] := ON
    WAIT FOR $DIN[Load_Balance_3] = FALSE
    $DOUT[Balance_3_Loaded] := OFF
MOVEFLY JOINT TO pnt0011p ADVANCE
GOTO Master_Label_1

```

Label_4::

```
MOVEFLY JOINT TO jnt0009J ADVANCE
MOVEFLY JOINT TO jnt0005J ADVANCE
SELECT $FMI[Tyre_Type_Selection] OF
CASE (1):
    MOVEFLY LINEAR TO pre_poss_1 ADVANCE
    MOVE LINEAR TO poss_1,
        WITH $ARM_ACC_OVR = 50,
        WITH $ARM_DEC_OVR = 50,
        WITH $ARM_SPD_OVR = 50,
    ENDMOVE
CASE (2):
    MOVEFLY LINEAR TO pre_poss_2 ADVANCE
    MOVE LINEAR TO poss_2,
        WITH $ARM_ACC_OVR = 50,
        WITH $ARM_DEC_OVR = 50,
        WITH $ARM_SPD_OVR = 50,
    ENDMOVE
Open_Gripper
    $DOUT[Balance_4_Loaded] := ON
    WAIT FOR $DIN[Load_Balance_4] = FALSE
    $DOUT[Balance_4_Loaded] := OFF
MOVEFLY JOINT TO jnt0005J ADVANCE
GOTO Master_Label_1
```

Label_5::

```
MOVEFLY JOINT TO pnt0011p ADVANCE
SELECT $FMI[Tyre_Type_Selection] OF
CASE (1):
    MOVE LINEAR TO pos_1
    Close_Gripper
    $DOUT[Balance_3_Unloaded] := ON
    MOVEFLY LINEAR TO pre_pos_1 ADVANCE ,
        WITH $ARM_ACC_OVR = 50,
        WITH $ARM_DEC_OVR = 50,
        WITH $ARM_SPD_OVR = 50,
```

```

    ENDMOVE
CASE (2):
    MOVE LINEAR TO pos_2
    Close_Gripper
    $DOUT[Balance_3_Unloaded] := ON
    MOVEFLY LINEAR TO pre_pos_2 ADVANCE ,
        WITH $ARM_ACC_OVR = 50,
        WITH $ARM_DEC_OVR = 50,
        WITH $ARM_SPD_OVR = 50,
    ENDMOVE
ENDSELECT
MOVEFLY JOINT TO jnt0004J ADVANCE
MOVEFLY JOINT TO pnt0011p ADVANCE
MOVEFLY JOINT TO pos_rest ADVANCE
GOTO Master_Label_1

```

Label_6::

```

MOVEFLY JOINT TO jnt0005J ADVANCE
SELECT $FMI[Tyre_Type_Selection] OF
CASE (1):
    MOVE LINEAR TO poss_1
    Close_Gripper
    $DOUT[Balance_4_Unloaded] := ON
    MOVEFLY LINEAR TO pre_poss_1 ADVANCE ,
        WITH $ARM_ACC_OVR = 50,
        WITH $ARM_DEC_OVR = 50,
        WITH $ARM_SPD_OVR = 50,
    ENDMOVE
CASE (2):
    MOVE LINEAR TO poss_2
    Close_Gripper
    $DOUT[Balance_4_Unloaded] := ON
    MOVEFLY LINEAR TO pre_poss_2 ADVANCE ,
        WITH $ARM_ACC_OVR = 50,
        WITH $ARM_DEC_OVR = 50,
        WITH $ARM_SPD_OVR = 50,
    ENDMOVE

```

```

ENDSELECT
MOVEFLY JOINT TO jnt0009J ADVANCE
MOVEFLY JOINT TO jnt0005J ADVANCE
MOVEFLY JOINT TO pos_rest ADVANCE
GOTO Master_Label_1

```

Label_7::

```

MOVEFLY JOINT TO pnt0041p ADVANCE
var_z := $FMI[1]
v_z := VEC(0, 0, var_z)
v_off := VEC(0, 0, 300)
column_1 := tyre_pos_1
POS_SHIFT(column_1, v_z)
column_11 := column_1
POS_SHIFT(column_11, v_off)
column_2 := tyre_pos_2
POS_SHIFT(column_2, v_z)
column_21 := column_2
POS_SHIFT(column_21, v_off)
column_3 := tyre_pos_3
POS_SHIFT(column_3, v_z)
column_31 := column_3
POS_SHIFT(column_31, v_off)
column_4 := tyre_pos_4
POS_SHIFT(column_4, v_z)
column_41 := column_4
POS_SHIFT(column_41, v_off)
column_5 := tyre_pos_5
POS_SHIFT(column_5, v_z)
column_51 := column_5
POS_SHIFT(column_51, v_off)
column_6 := tyre_pos_6
POS_SHIFT(column_6, v_z)
column_61 := column_1
POS_SHIFT(column_61, v_off)
SELECT $FMI[Line_Selection] OF
CASE (1):

```

MOVEFLY JOINT TO pnt0033p ADVANCE
--MOVEFLY JOINT TO column_11 ADVANCE
MOVE LINEAR TO column_1
--MOVE LINEAR TO tyre_pos_1
Open_Gripper
-- MOVEFLY LINEAR TO column_11 ADVANCE
MOVEFLY LINEAR TO pnt0033p ADVANCE

CASE (2):

MOVEFLY JOINT TO pnt0034p ADVANCE
--MOVEFLY JOINT TO jnt0003J ADVANCE
MOVEFLY JOINT TO column_21 ADVANCE
MOVE LINEAR TO column_2
--MOVE LINEAR TO tyre_pos_2
Open_Gripper
MOVEFLY LINEAR TO column_21 ADVANCE
MOVEFLY LINEAR TO pnt0034p ADVANCE

CASE (3):

MOVEFLY JOINT TO pnt0035p ADVANCE
--MOVEFLY JOINT TO column_31 ADVANCE
MOVE LINEAR TO column_3
--MOVE LINEAR TO tyre_pos_3
Open_Gripper
--MOVEFLY LINEAR TO column_31 ADVANCE
MOVEFLY LINEAR TO pnt0035p ADVANCE

CASE (4):

MOVEFLY JOINT TO pnt0036p ADVANCE
--MOVEFLY JOINT TO column_41 ADVANCE
MOVE LINEAR TO column_4
--MOVE LINEAR TO tyre_pos_4
Open_Gripper
--MOVEFLY LINEAR TO column_41 ADVANCE
MOVEFLY LINEAR TO pnt0036p ADVANCE

CASE (5):

MOVEFLY JOINT TO pnt0037p ADVANCE
MOVEFLY JOINT TO column_51 ADVANCE

```

MOVE LINEAR TO column_5
--MOVE LINEAR TO tyre_pos_5
Open_Gripper
MOVEFLY LINEAR TO column_51 ADVANCE
MOVEFLY LINEAR TO pnt0037p ADVANCE
CASE (6):
    MOVEFLY JOINT TO pnt0038p ADVANCE
    -- MOVEFLY JOINT TO column_61 ADVANCE
    MOVE LINEAR TO column_6
    --MOVE LINEAR TO tyre_pos_6
    Open_Gripper
    --MOVEFLY LINEAR TO column_61 ADVANCE
    MOVEFLY LINEAR TO pnt0038p ADVANCE
ELSE:
    HOLD
ENDSELECT
MOVEFLY JOINT TO pnt0041p ADVANCE
MOVEFLY JOINT TO pos_rest ADVANCE
    $DOUT[Pallet_Loaded] := ON
    WAIT FOR $DIN[Load_Pallet] = FALSE
    $DOUT[Pallet_Loaded] := OFF
GOTO Master_Label_1

```

Label_8::

```

MOVEFLY JOINT TO pos_rest ADVANCE
MOVEFLY JOINT TO pnt0028p ADVANCE
MOVE JOINT TO pos_scarto
Open_Gripper
    $DOUT[Scarted] := ON
    WAIT FOR $DIN[Scarto] = FALSE
    $DOUT[Scarted] := OFF
MOVEFLY JOINT TO pnt0029p ADVANCE
MOVEFLY JOINT TO pnt0028p ADVANCE
MOVEFLY JOINT TO pos_rest ADVANCE
GOTO Master_Label_1

```

END inizio

На слици 6.12 дат је приказ робота *COMAU C5G* који је коришћен за израду тачке шест, а који је у власништву фирми *H.T. & L. FITTING SERBIA*.



Слика 6.12 Робот *COMAU C5G* [26]

7. Закључак

Историјски развој, као и потреба за константним усваршавањем знања постојећих робота, довели су до широке примене робота данас у различитим гранама индустрије, како у медицини, грађевинарству, машинству, али и многим другим гранама у којима роботи своју примену налазе. Роботи су због својих предности заменили човека у многим пословима, па се тако роботи данас користе у машинству пре свега на местима која нису безбедна за човека, местима која лоше утичу на психичко стање човека, на местима где се захтева већа продуктивност рада и др. Поред тога развојом нових савремених робота обезбеђен је виши степен квалитета, а тиме и елиминисање грешака које се јављају при мануелном раду, односно раду без робота које изводи човек. Поред тога нагли развој и све већа потреба за роботима довели су и до развоја робота са приступачним ценама, па је и то један од разлога зашто се роботи данас све више могу срести у индустрији машинства. Водеће земље у свету за производњу и продају робота су Кина и Америка, а потражња за њиховим роботима је из године у годину све већа, с обзиром на све бржи развој савременог индустријског тржишта. Роботи данас дифинитивно мењају човеков рад на многим местима, али и поред тога то неће довести до смањења броја радних места, већ ће човеку омогућити да обавља лакше послове, креативније, са бољим условима за рад и многим другим бројним предностима у односу на места на којима ће робот заменити човека. Са применом робота у индустрији, човек преузима улогу надзора самих робота и контролу њиховог процеса рада. Један од најбитнијих резултата који постиже робот односи се на финансијске уштеде, а које се пре свега односе на време рада самих робота, који за разлику од човека могу неограничено да раде без умора, а тиме и направе веће уштеде са већим резултатима производње. Такође робот због своје прецизности постиже и уштеде кроз материјал који се користи за рад, јер има много мањи вишак материјала, односно шкарт од човека. Поред бројних предности које роботи имају постоје и одређени недостаци који се морају детаљно анализирати у случају одлуке фирме за набавку истих, а то се пре свега односи на велика почетна улагања, односно куповина робота, трошкови њиховог одржавања, прилагођавање запослених на нови начин плана рада и њихова обука за програмирање самих робота. У оквиру овог рада извршена је анализа индустријских робота који се данас користе за рад. Конфигурација самих индустријских робота, подела робота, примена робота, радни простор робота детаљно је дефинисана и анализирана у оквиру овог мастер рада у оквиру прве три тачке, док су управљачки систем, погонски систем, али и остали системи робота објашњени и дефинисани у оквиру тачке четри. Посебан фокус и акценат при изради и анализи овог рада постављен је на део који се односи на програмирање робота. Генерална анализа робота и теоријски део начина програмирања и рада самих робота дефинисан је у оквиру тачке пет, док је у оквиру тачке

шест дат конкретан практични пример израде новог програма, који се односи на послове фирме које се бави сервисирањем точкова, односно *H.T. & L. FITTING SERBIA*. Ова фирма има полуаутоматски процес монтаже точкова уз примену робота *COMAU C5G*. Анализом процеса рада робота у овој фирми извршена је израда новог програма за процес балансирања тачкова (18“). Овим је креиран нови програм за рад робота који се користи у процесу балансирања точкова, а који до сада није постојао за овај модел точкова, односно 18“. У оквиру овог програма дефинисано је кретање самог робота, као и задаци које робот има задатак да обави, односно преузимање точкова, постављање на баланс машину, као и њихово даље отпремање на место предвиђено за готове точкове или шкарт точкове. Сви делови програма детаљно су описани и појашњени у оквиру тачке шест, такође на самом крају дат је и изглед комплетног програма. На основу комплетне анализе овог мастер рада који се односи на индустријске роботе, долази се до закључка да је данас све шира примена робота у индустрији, јер их одликују бројне предности као што је боља продуктивност, смањени трошкови производње, бољи квалитет производа, што су неке од најбитнијих карактеристика за успешну производњу и рад фирме у којој се користе роботи. С обзиром на повећану потражњу робота, данас се такође тежи и смањењу трошкова набавке робота и увођења робота у процес рада, чиме ће бити готово сви најбитнији недостаци робота решени, а на овај начин омогућити и много лакши, продуктивнији и успешнији поступак рада робота.

8. Литература:

- [1] Б. Боровац, М. Раковић, Г. Ђорђевић, М. Рашић, Индустијска роботика, скрипта, Факултет техничких наука, Нови Сад, 2007.
- [2] Љ. Лукић, Флексибилни технолошки системи, Машински факултет, Краљево, 2008.
- [3] В. Долечек, И. Карабеговић, Роботика, Технички факултет, Бихаћ, 2002.
- [4] М. Манић, Д. Спасић, Нумерички управљање машине, Машински факултет Ниш, Ниш 1998.
- [5] <http://automatizacija1.etf.rs/poglavlja/Robotika%201.htm> приступљено 15.05.2021.
- [6] <http://riliam.com/sites/default/files/2019-10/ProgramiranjeSRB.pdf> приступљено 15.05.2021.
- [7] <https://qdoc.tips/programiranje-robota-pdf-free.html> приступљено 15.05.2021.
- [8] <http://automatizacija1.etf.rs/poglavlja/Robotika%201.htm> приступљено 15.05.2021.
- [9] <https://core.ac.uk/download/pdf/197870001.pdf> приступљено 15.05.2021.
- [10] <https://repozitorij.vuka.hr/islandora/object/vuka%3A211/datastream/PDF/view>
- [11] http://repozitorij.fsb.hr/8340/1/Kantolic_2018_zavrzni_preddiplomski.pdf приступљено 23.05.2021.
- [12] <http://docplayer.rs/190173706-Automatska-lakirnica-programiranje-u-abb-robotstudio-u.html> приступљено 23.05.2021.
- [13] <http://www.htlfitting.com/Company.html> приступљено 23.05.2021.
- [14] <https://raf.edu.rs/citaliste/istorija/4104-razvoj-robotike> приступљено 23.05.2021.
- [15] <http://best.ac.me/?p=982> приступљено 23.05.2021.
- [16] <https://www.011info.com/upoznaj-beograd/kratka-i-uzbudljiva-istorija-srpske-robotike> приступљено 20.05.2021.
- [17] <https://raf.edu.rs/citaliste/istorija/3658-istorijski-razvoj-robotike> приступљено 23.05.2021.
- [18] <http://web.studenti.math.pmf.unizg.hr/~kmaruna/odabranetemeracunarstva/rani%20pocetci.html> приступљено 23.05.2021.
- [19] <https://www.irobot.rs/istorija.html> приступљено 23.05.2021.
- [20] <https://pcpress.rs/google-trosi-milijardu-dolara-za-pripremu-radnika-za-poslove-buducnosti/> приступљено 23.05.2021.
- [21] <http://automatizacija1.etf.rs/poglavlja/Robotika%203.htm> приступљено 23.05.2021.

- [22] <https://zir.nsk.hr/islandora/object/vuka:721/preview> приступљено 23.05.2021.
- [23] https://es.made-in-china.com/co_cn-kailida/product_Fan-Cooled-Three-Phase-Squirrel-Cage-Y2-Series-Induction-Motors_eyreysiug.html приступљено 23.05.2021.
- [24] <https://www.automatika.rs/baza-znanja/teorija-upravljanja/upravljanja-brzinom-i-preciznim-pozicioniranjem-hibridnog-step-motora.html> приступљено 23.05.2021.
- [25] <https://www.hocu.ba/index.php/hocu.info/top-10-zanimljivosti-i-cinjenica-iz-robotike-koje-sigurno-niste-znali/> приступљено 23.05.2021.
- [26] H.T. & L. FITTING SERBIA DOO KRAGUJEVAC