

**РАЗВОЈ РОБОТСКЕ ЋЕЛИЈЕ СА SCARA РОБОТОМ ЗА РУКОВАЊЕ СТАТОРИМА
МОТОРА****DEVELOPMENT OF ROBOT CELL WITH SCARA ROBOT FOR HANDLING MOTOR
STATORS**

Игор Бабић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – МЕХАТРОНИКА

Кратак садржај – Рад се састоји из две целине – теоријске и експерименталне. Теоријска целина ће бити обухваћена другим поглављем, где ће бити описани основни појмови, дефиниције, начин рада и карактеристике роботских конфигурација. Након тога, у експерименталном делу, који обухвата треће поглавље, биће приказан рад робота у лабораторијским условима, симулација у софтверу за програмирање робота (енг. ориг. SRS скраћено од Stäubli Robotic Suite) као и процес пројектовања и развоја механизма за слагање и изузимање (енг. ориг. stacker/destacker).

Кључне речи: Роботска ћелија, роботска хватаљка, SCARA роботска конфигурација, програмирање робота

Abstract – The paper consists of two units - theoretical and experimental. The theoretical unit will be covered in the second chapter, where the basic concepts, definitions, work methods and characteristics of robot configurations will be described. After that, in the experimental part, which includes the third chapter, the work of the robot in laboratory conditions will be shown. Also the simulation made in the robot programming software (SRS for short from Stäubli Robotic Suite) as well as the process of designing and developing the stacking/destacking mechanism will be shown.

Keywords: Robot cell, robot gripper, SCARA robot configuration, robot programming,

1. УВОД

Овај рад се бави израдом роботске ћелије са свим пропратним механизмима потребним за аутоматизацију процеса рада. У поглављима која следе биће представљен процес програмирања робота, израде одговарајуће хватаљке (енг. ориг. gripper) као и пројектовање механизма за слагање и изузимање (енг. ориг. stacker/destacker).

Главни циљ рада јесте прелазак са мануелног на аутоматизован начин рада. Процес који се аутоматизује јесте изузимање радних предмета (кућишта мотора) из правоугаоног складишта (енг. ориг. tray), њихово постављање на носаче (енг. ориг.

carrier) који се крећу на покретној траци и слагање празних правоугаоних складишта.

Дати процес се до сада обављао мануелно од стране радника у фабрици. Аутоматизацијом истог редукује се могућност повреде радника на раду, а повећава брзина, продуктивност као и квалитет рада. Све то доприноси усмерењу радне снаге од монотоних и опасних ка изазовним и занимљивим позицијама за рад.

2. МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДЕ**2.1. Основни појмови**

Структура индустријских робота представља различите сегменте повезане зглобовима, при чему сваки зглоб може вршити ротацију или translацију. Према томе зглобови се могу поделити у две групе: ротационе и линеарне (транслаторне). Кретање које зглоб дозвољава назива се степеном слободe (СС). Задатак механичке конструкције робота је да обезбедити неопходно кретање хватаљке робота тако да исти може успешно извршавати радне операције. Хватаљка у свакој тачки путање треба да оствари жељену позицију и оријентацију. Овај аспект је кључан за успешно пројектовање и израду индустријских робота. Када механичка структура робота има тачно шест степени слободe, увек постоји једна комбинација углова у зглобовима која омогућава да хватаљка буде на жељеној позицији и у одговарајућој оријентацији у простору. У случају када постоји више од шест степени слободe, тада постоји и више могућих начина да се оствари исти положај и оријентација хватаљке. Одатле произилази да се редундантност робота дефинише као разлика између потребног броја степени слободe за извршење жељеног задатак и броја степени слободe које поседује механичка структура робота. Ако робот има више степени слободe него што је потребно за одређени задатак, он се сматра редундантним за тај задатак.

Целокупна механичка конфигурација обично се дели на два дела. Прва три сегмента, када се гледа од основе, са њиховим припадајућим зглобовима, називају се минималном конфигурацијом. На основу минималне конфигурације индустријски роботи се могу поделити на неколико основних механичких структура односно конфигурација. Неке од њих јесу: антропоморфна, цилиндрична, SCARA, декартова и друге. Преостала три зглоба конфигурације чине зглоб хватаљке [1] [2].

НАПОМЕНА:

Овај рад је проистекао из мастер рада чији је ментор био др Мирко Раковић, ван. проф.

Роботска хватаљка или гриппер (енг. ориг. *gripper*) је суштинска компонента роботског манипулатора. Он служи као "рука" робота и омогућава манипулацију објектима.

У скорије време, роботски гриппер се широко користи за задатке у различитим областима. Развијен је разноврстан спектар роботских гриппера са високом флексибилношћу и мултифункционалношћу.

2.2. Основни координатни системи

За ефикасну употребу робота, од суштинског је значаја имати унифициран и стандардизован начин представљања информација које су битне како за робота тако и за извршавање задатка.

Ово се постиже коришћењем координатних система који су придружени свим сегментима робота и свим релевантним објектима у његовом окружењу. У односу на основни координатни систем (енг. ориг. *world coordinates*), дефинише се глобални положај робота и радног места [1]. Глобални положај робота описује се помоћу координатног система који је придружен основи робота.

Положај хватаљке робота дефинише се помоћу координатног система чији се координатни почетак поставља у посебну тачку, карактеристичну за дату хватаљку и која се често назива ТЦП (енг. ориг. *TCP* скраћено од *Tool Center Point*). За сваког робота, произвођач дефинише основни ТЦП који се налази на последњем сегменту механичке структуре и остаје независан од конкретног алата који робот користи.

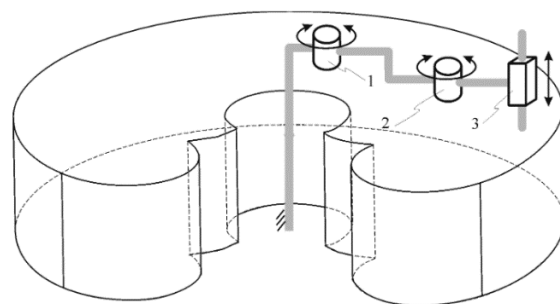
2.3. Робот SCARA конфигурације

Као што је наглашено, работи SCARA конфигурације представљају једну од основних механичких конфигурација (енг. ориг. *SCARA* скраћено од *Selective Compliance Assembly Robot Arm*).

Она обухвата четири осе кретања, са два ротациона зглоба постављена паралелно на хоризонталној равни и трећи зглоб који омогућава вертикално кретање. Ево детаљнијег описа:

1. Први ротациони зглоб: Овај зглоб омогућава ротацију првог дела робота око вертикалне осе. На тај начин робот може изводити ротације око своје осе као прва тачка флексибилности.
2. Други ротациони зглоб: Други ротациони зглоб омогућава ротацију другог дела робота око вертикалне осе која је паралелна са првом. Овај зглоб допушта роботу да врши ротације другог дела у хоризонталној равни.
3. Транслаторни зглоб: Трећи зглоб који је транслаторни, омогућава вертикално подизање и спуштање другог дела робота. Путем овог зглоба, робот се може кретати горе-доле у вертикалној равни.

Четврти зглоб је зглоб хватаљке који омогућава обртање прирубнице робота око вертикалне осе [3]. Према томе SCARA конфигурација има четири степена слободе и њена кинематска шема је приказана на слици 2.3.



Слика 2.3 Приказ кинематске шеме роботске конфигурације [1]

3. РЕЗУЛТАТИ И СИМУЛАЦИЈА

3.1. Изабран модел робота

На основу потреба за реализацију задатка изабрани модел робота је марке Штојбли (енг. ориг. *Stäubli*) и ознаке TC80 (енг. ориг. *TS80*). То је управо робот SCARA конфигурације који има 4 степена слободе. Одабран је из разлога што је за рализацију пројекта потребно позиционирање у 3D простору за шта нам треба три координате да опишу позицију врха у тродимензионом еуклидском простору као и оријентација врха робота у равни за шта је потребна једна координата. Према томе, потребна су нам 4 степена слободе за наш задатак, што овај робот испуњава. Увек је могуће употребити робота са више степени слободе него што је потребно, али то свакако повећава потребне ресурсе.

Постоје две верзије изабраног робота у зависности од тога да ли се причвршћује за зид или за под. Неке од битних карактеристика су следеће:

максимално оптерећење 8 kg,
дохват 800 mm,
поновљивост $\pm 0,01$ mm,
опсег покрета

- први зглоб $\pm 140^\circ$
- други зглоб $\pm 155^\circ$
- трећи зглоб 400 mm
- четврти зглоб $\pm 500^\circ$

маса

- подна верзија 56,8 kg
- зидна верзија 56,8 kg

заштита IP54,

радна температура од $+5^\circ\text{C}$ до 40°C ,
номинална влажност ваздуха од 30% до 95% ,
контролер: CS8C [4].

3.2. Избор хватаљке

За потребе пројекта разматрано је неколико реализација хватаљке.

Прва разматрана опција је била да се користи магнетна хватаљке. Такве хватаљке користе магнетизовану површину да ухвате металне предмете при чему обично не користи прсте или чељуст, већ се ослања на глатке магнетне површине.

Друга разматрана опција је била вакуум хватаљка која има велику примену при руковању материјала. Вакуум хватаљке се састоје од генератора вакуума, вакуум сисаљке и осталих потребних елемената.

Трећа и усвојена опција је тропрста хватаљка која са својим прстима хвата радни предмет за његов врх и без проблема обавља задатак преношења истог. Изабрана хватаљка је макре Шунк (енг. ориг. schunk) ознаке ПЗН 80-1 (енг. ориг. PZN 80-1).

3.3. Симулација у SRS-у

SRS скраћено од енгл. *Stäubli Robotics Suite* представља софтверско окружење које олакшава управљање роботским системом. Почевши од концепта и симулације, преко поставке, до производње, омогућава унапређење роботских апликација.

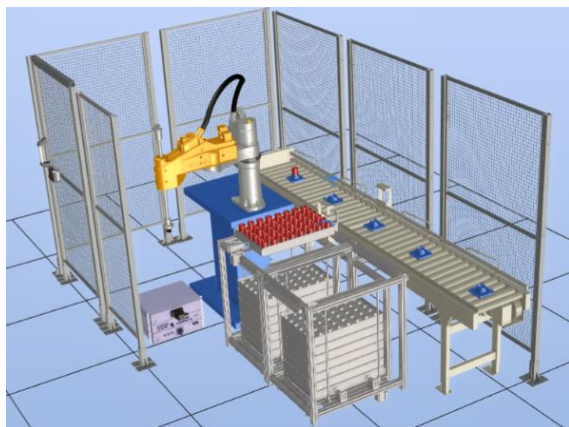
Рад у софтверу за израду симулације састоји се из неколико корака. Први корак је креирати нову празну роботску ћелију где се затим додаје жељени модел робота и њему одговарајући контролер из уграђене библиотеке. У овом пројекту је додат робот SCARA конфигурације Штојбли TC80 у верзији где се дати робот фиксира за под и са радним ходом трећег зглоба од 400 mm.

После тога се одабира верзија контролера. За потребе пројекта одабран је CS8C контролер. Након што су успешно додати робот и контролер следећи корак је креирати графички изглед станице. То се може постићи на два начина. Први јесте цртањем основних геометријских облика у самом SRS софтверу или убацивањем готових CAD модела измоделованих у неком од CAD програма.

Графички део израде пројекта је приказан на слици 3.3. Након завршеног графичког дела креће се са програмирањем саме станице и први корак у томе јесте креирање нове апликације (енг. ориг. *New Application*).

Како сваки индустријски робот има себи својствен програмски језик тако се програмски језик који Штојбли контролер користи назива VAL 3. Свака апликација се састоји од најмање два програма – start() и stop(). Поред ових базичних програма корисник може да направи произвољан број нових програма.

Комбиновањем различитих инструкција за кретање, дигиталних сигнала са контролера и идејним решењем задатка, написан је одговарајући код за реализацију преношења предмета рада на покретну траку.



Слика 3.3 Графички изглед роботске ћелије

3.4. Демонстрација на ABB роботу

Иако је за решавање проблема одабран SCARA робот марке Штојбли и ознаке TC80, прво је демонстрација одрађена у лабораторијским условима на роботу марке ABB и ознаке IRB140.

Робот ABB IRB140 је робот антропоморфне роботске конфигурације која има шест степени слободе за разлику од робота Штојбли TC80 који има свега четири. Према томе робот ABB IRB140 има више степени слободе него што је потребно за извршавање нашег задатка и у том случају се каже да је дати робот редувантан. Вишак степени слободе се може корити за различите додатне услове који у нашем случају могу бити избегавање препреке услед ограниченог радног простора, чиме се ми у оквиру овог рада нећемо бавити. Дати робот је кориштен за демонстрацију из практичних разлога, али такође је добра прилика да се упореде две роботске конфигурације и нагласи разлика између њих.

Демонстрација је урађена по узору на симулацију и извршава идентичне кораке. Кораци су следећи:

- Робот се креће према првом радном предмету са наредбом movej и зауставља на 200 mm од радног предмета
- Наставља кретање наредбом movel, односно спушта се линеарно до врха радног предмета
- Затвара хватаљку и линеарно подиже предмет
- Преноси предмет изнад носача кретајући се притом наредбом movej
- Спушта предмет линеарно на носач
- Отвара хватаљку, линеарно се подиже и одлази по следећи предмет рада

На слици 3.4 приказана је поставка демонстрације са ABB IRB140 роботом у лабораторијским условима.



Слика 3.4 Приказ поставке за демонстрацију на роботу ABB IRB140

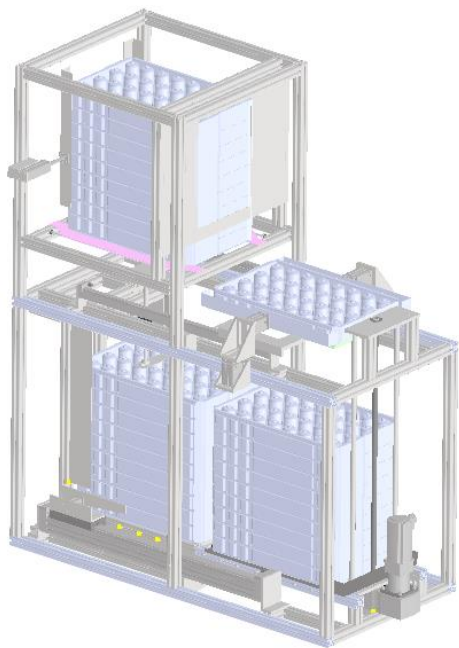
3.5. Пројектовање механизма за одлагање и изузимање

Први корак у пројектовању механизма за одлагање и изузимање био је осмислити начин функционисања читавог механизма и израда његовог CAD модела. Приликом пројектовања датог механизма уочене су четири целине, односно сегмента. Први сегмент обухвата улазни магацин у који је потребно да радник смести колица са наслаганим правоугаоним складиштима, која се затим помоћу пнеуматских цилиндара пренесе до другог сегмента.

Други сегмент је лифт који подиже правоугаона складишта до радне позиције односно трећег сегмента. У оквиру лифта се налази серво мотор који помоћу навојног вретена и линеарних вођица подиже плочу лифта.

Трећи сегмент обухвата процес прихватања правоугаоних складишта са лифта и њихово позиционирање на радну површину, где робот извршава свој задатак премештања предмета рада.

Након што је робот завршио свој задатак, празна правоугаона складишта се пренесе до четвртог сегмента који представља излазни магацин где се празна складишта слажу једно на друго. На слици 3.5 је приказан CAD модел датог механизма.



Слика 3.5 CAD модел механизма за слагање и изузимање

Након израде CAD модела датог механизма, извршен је избор и димензионисање актуатора - пнеуматских цилиндара и серво мотора. Затим су на основу одабраних пнеуматских цилиндара дефинисани и потребни разводни вентили. Након тога су у оквиру сензорике одабрани: сензори позиције (REED сензори), ултразвучни сензори и микропрекидачи.

Све претходно је било урађено како би се одредио коначан број улазних и излазних сигнала.

Установљено је да је потребно 33 улазна и 19 излазних сигнала на основу чега је изабран модел PLC-а. Након избора PLC-а прорачуната је највећа количина струје коју читав механизам може да захтева у једном тренутку и она износи 24,65А. На основу датог прорачуна је димензионисано AC/DC напајање. Као последњи корак пре израде прототипа датог механизма, формирана је техничка документација која обухвата електричну и пнеуматску шему читавог механизма као и списак компоненти и њихових оквирних цена на тржишту, ради процене исплативости датог механизма.

4. ЗАКЉУЧАК

Истраживање и рад на пројекту израде целокупне роботске ћелије се показао као веома изазован задатак који захтева итеграцију знања из више научних дисциплина, али је веома инспиративан за даље стицање знања из дате области. Главна предност ове теме јесте њена комплексност пошто обједињује области аутоматизације, управљања, пројектовања и имплементације.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бранислав Боровац, Горан Ђорђевић, Мирко Раковић, Милан Рашић, „*Индустријска роботика*“, Факултет техничких наука, Нови Сад (2017).
- [2] Микић Данило, Ашоња Александар, „*Konfiguracija radnog prostora industrijskih robota*“, NS-Termomontaža, Novi Sad (2011.)
- [3]<http://automatizacija1.etf.rs/poglavlja/Robotika%20202.htm> (приступљено у септембру 2023.)
- [4]http://robotforum.ru/assets/files/Staubli/LeafletTS80_GB_D18153904_092009.pdf (приступљено у септембру 2023.)

Kratka biografija:



Игор Бабић рођен је 11.10.1999. године у Новом Кнежевцу где је завршио основну школу и гимназију. ОАС завршио на Факултету техничких наука у Новом Саду на смеру мехатроника. Исте године изабран је у звање сарадника у настави на катедри за мехатронику, роботiku и аутоматизацију.
контакт: igor.babic@uns.ac.rs