



DIZAJN I SIMULACIJA RADA ROBOTSKE RUKE U PROGRAMU SOLIDWORKS

DESIGN AND SIMULATION OF THE WORK OF ROBOTIC ARMS IN THE SOLIDWORKS PROGRAM

Valentina Dukić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – INDUSTRIJSKO INŽENJERSTVO

Kratak sadržaj – Ovaj rad daje prikaz dizajna i simulacije projektovanja i rada robotske ruke u industriji. Za potrebe ovog rada sprovedeno je istraživanje primena, podele i značaja trenutne primene robotske ruke. Dizajnirana je i pokretna traka koja u saradnji sa robotskom rukom simulira prikaz automatizovanog procesa u industriji. Svi delovi sklopa izrađeni su u programu SolidWorks.. Na kraju rada, izvedeni su zaključci o primeni dizajnirane ruke, budućem razvoju i unapređenju.

Cljučne reči: CAM/CAD, SolidWorks, simulacija, industrija, robotska ruka

Abstract – This work presents the design and simulation of the design and operation of a robotic arm in the industry. For the purpose of this work, a study of the application, division and significance of the current application of the robotic arm was conducted. A conveyor belt was also designed which, in cooperation with a robotic arm, simulates the display of an automated process in industry. All parts of the assembly are made in the.. At the end of the work, conclusions were drawn about the application of the designed hand, future development and improvement.

Keywords: CAM/CAD, SolidWorks, simulation, industry, robotic arm

1. UVOD

U vremenu brzog tehnološkog napretka, oblast robotike je postala sila koja transformiše mnoge različite industrije. Mnoge od njih doživele su radikalne transformacije kao rezultat stvaranja i primene robotskih ruku. Ovaj master rad bavi se dizajnom i simulacijom rada robotske ruke u procesnoj industriji u programu SolidWorks. Istraživanje pokušava da pruži nijansirano razumevanje toga kako ovaj softver olakšava dizajn i testiranje robotskih ruku, sa fokusom na SolidWorks, popularan i veoma cenjen Computer-Aided Design (CAD, Računarom Podržano Projektovanje) i alat za simulaciju. Primarni cilj rada jeste istraživanje, dizajn i simulacija rada robotske ruke u industriji koristeći program SolidWorks, s naglaskom na postizanje optimalnih performansi preciznosti i efikasnosti u industrijskim okruženjima. Glavna svrha teorijskog poglavlja jeste da objasni pojam procesne

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Andraš Anderla, vanr. prof.

proizvodnje koja predstavlja najčešću oblast primene industrijskih robotskih ruku i njihovu podelu prema različitim kriterijumima.

2. PROCESNA PROIZVODNJA

Proizvodnja je proces transformiranja resursa (eng. input) u proizvode ili usluge (eng.output). Proizvodnju je moguće opisati i podeliti na mnogo načina, ali kada se govori o tehnologiji i tehnici kojom se proizvod proizvodi onda je reč o diskretnoj i procesnoj proizvodnji [1]. Ciklus procesne proizvodnje sastoji se iz tri osnovne faze.

2.1. Planiranje resursa preduzeća

Baš kao i proizvodi koje proizvode, diskretna proizvodnja i procesna proizvodnja koriste različite ERP sisteme, koji imaju različite fokusne tačke i rešavaju različite probleme. Kritični aspekti koji se rešavaju ključni su za pristup planiranju resursa i izbor sistema [2].

2.2. Inspekcija procesa i statistička kontrola procesa

Inspekcija procesa se odnosi na inspekciju u bilo kojoj tački proizvodnje proizvoda. Cilj inspekcije u procesu je da se osigura da su zahtevi proizvoda ispunjeni pre nego što se finalizuju i pređu na sledeću fazu. Statistička kontrola procesa dopunjuje proizvodnju procesa i inspekcije procesa kako bi se osiguralo da proces funkcioniše efikasno, proizvodeći proizvode koji su u skladu sa specifikacijama sa manje otpada [3].

2.3 Procesni pristup u sistemima upravljanja

Procesni pristup je jedan od sedam principa upravljanja kvalitetom na kojima se zasnivaju standardi ISO sistema menadžmenta i uključuje uspostavljanje procesa organizacije da funkcionišu kao integrisan i kompletan sistem. Procesni pristup podrazumeva sistematsko definisanje i upravljanje procesima i njihovim interakcijama kako bi se postigli planirani rezultati u skladu sa politikom bezbednosti i strateškim pravcem organizacije [4].

3. PRIMENA ROBOTSKE RUKE U INDUSTRIJI

Danas se industrije sve više koncentrišu na automatizaciju velikog dela industrijskih procesa kako bi se smanjili svi rizici koji potencijalno utiču na integritet ljudskog bića [5]. U ovom radu je predstavljen predlog za dizajn robotske ruke sa definisanim delovima u sekciji 4, primarna primena dizajnirane ruke je u procesu selekcije proizvoda u industriji. Opšta podela primene robota u industriji može se podeliti na transfer materijala i

opsluživanje mašina, procesne operacije, robotizovanu montaža i primenu robota u kontroli proizvoda [7].

3.1. Transfer materijala i opsluživanje mašina

Promet materijala igra važnu ulogu zato što je uvek potrebno materijal koji ulazi u pogon prenositi od jedne mašine do druge. Konkretno u ovom radu definisana je primena na selekciji proizvoda koji se kreću na pokretnoj traci.

3.2. Procesne operacije

Za razliku od transfera materijala i opsluživanja mašina gde roboti obavljaju poslove „uslužnog karaktera“ u procesnim operacijama primena robota je koncipirana tako da neposredno izvršavaju određenu proizvodnu operaciju na radnom mestu.

3.3. Robotizovana montaža

Analizom proizvodnih procesa u savremenoj industriji došlo se do podataka da veliki broj radnika radi na poslovima montaže. Takođe se pokazalo da troškovi montaže nose značajan deo ukupnih troškova proizvodnje nekih proizvoda (nekada i preko 50%). Otuda robotizacija poslova montaže pruža velike mogućnosti smanjivanja troškova i povećanja produktivnosti.

3.4. Roboti u kontroli proizvoda

Kontrola geometrijskih i fizičkih osobina vrši se različitim vrstama senzora. Laserski optički senzori koriste se za ispitivanje kvaliteta površine. Laseri se mogu koristiti i za kontrolu dimenzija i oblika proizvoda. Defekti unutar materijala mogu se detektovati ultrazvučnim senzorskim uređajima. Funkcionalna kontrola proizvoda podrazumeva testiranje onih specifičnih karakteristika koje određuju namenu i upotrebu proizvoda (funkcionalne karakteristike). Uređaji za testiranje mogu biti različite složenosti.

4. VRSTE ROBOTSKIH RUKA

Robotska ruka u industriji je svestran i programabilan mehanički uređaj dizajniran za obavljanje različitih zadataka u okviru proizvodnih procesa. Sastoji se od više zglobova i end efektora, oponaša opseg pokreta ljudske ruke.

4.1. Vrste pogona robotskih ruku

Roboti današnjice obično su pogonjeni električnim, hidrauličnim ili pneumatskim putem. Električni motori najčešći su oblik pogona robotskih ruku zahvaljujući niskoj ceni, te visokoj brzini i tačnosti. Hidraulični pogon se koristi u svrhe upravljanja teretom velike mase i dimenzija za koje je potrebno održavanje specifičnog položaja bez pomicanja. Pneumatski pogon odlikuje se relativno niskom cenom i velikom brzinom rada uz mnogo manje održavanje.

4.2. Vrste end efektora

Osim pogona robotske ruke se razlikuju po end efektorima koje koriste. End efektori u ovom radu sa paralelne hvataljke dizajnirane tako da je omogućena njihova demontaža i zamena drugom vrstom. End efektori mogu se razlikovati po:

- Tipu end efektora

- Materijalu i strukturi
- Senzorima i aktuatorima

4.3. Stepni slobode

Robotske ruke se često klasifikuju prema broju osa, odnosno stepeni slobode koje imaju. Svaki zglob ili spoj na robotu omogućava mu određeni stepen slobode u kretanju.

Osnovna podela je:

4.3.1. 2-osna robotska ruka

Dve uobičajene ose dvoosne robotske ruke primarna osa (obično horizontalna ili osnovna rotacija) koja omogućava da se ruka rotira horizontalno, često služeći kao osnovni pokret i sekundarna osa (obično vertikalna ili uzdizanje ruke) koja omogućava ruci da se pomera vertikalno, tipično predstavljajući kretanje uzdizanja ili podizanja [9].

4.3.2. 3-osna robotska ruka

Tri ose po kojima se kreće ovaj tip robotske ruke su x-osa (horizontalna) koja redstavlja kretanje duž horizontalne ravni, y-osa (vertikalna) koja predstavlja kretanje duž vertikalne ravni i z-osa (dubina) definiše kretanje duž dubine ili smera napred-nazad [10].

4.3.3. 4-osna robotska ruka

Pokreti svake ose standardnog četvoosnog robota su definisani kao osa jedan koja je osnovna osa robota i pruža robotu mogućnost da se kreće s leva na desno od njegovog centra za kompletnih 180 stepeni kretanja. Osa dva omogućava robotskom manipulatoru da se kreće napred i nazad. Osa tri pruža robotima mogućnost da se kreću duž sve tri ose. Treća osa kontroliše nadlakticu omogućavajući prošireni vertikalni domet, čineći delove pristupačnijim. Osa četiri se nalazi u zglobu robota da kontroliše kretanje krajnjeg efektor robota. Ova osa omogućava robotima da menjaju orijentaciju objekta kroz kotrljanje [11].

4.3.4. 5-osna robotska ruka

Kod 5-osnih robotskih ruku ose se mogu definisati kao rotacija oko z-ose (bazna rotacija), podizanje (podizanje duž y-ose), ekstenzija (doseg duž z-ose), nagib (nagib duž x-ose) i promena pravca rotacijom (rotacija oko uzdužne ose alata) [9].

4.3.5. 6-osna robotska ruka

Definisani pokreti za svaku osu šestoosnog robota uključuju osu jedan sa kojom industrijski robot može da pomera svoju ruku s leva na desno za kompletnih 180 stepeni kretanja od svog centra.

Osa dva kontroliše donju ruku robota i pruža mogućnost kretanja ekstenzija napred i nazad.

Osa tri pruža industrijskim robotima mogućnost podizanja i spuštanja nadlaktice, proširujući njihov vertikalni domet. Osa četiri pomaže u kontroli kretanja robota i promeni orijentacije objekta kroz pokretno kretanje.

Osa pet takođe kontroliše kretanje krajnjeg efektor robota zajedno sa osom četiri. Osa pet je odgovorna za kretanje po nagibu i skretanju.

Osa šest je ručni zglob industrijskog robota. Ova osa je odgovorna za potpune rotacije zgloba od 360 stepeni [11].

5. Solidworks

Program SolidWorks služi za mašinsko projektovanje i automatizaciju procesa koji su zasnovani na parametarskom modelovanju punih tela. SolidWorks je prvi CAD paket koji koristi grafičko okruženje Microsoftovog Windowsa. Zahvaljujući Windowsovoj funkciji prevlačenja objekata mišem, veoma je lako savladati ovaj CAD paket [12]. Dizajniranje i pokretanje simulacija na modelima u softveru za 3D dizajn kao što je SolidWorks je linearni i strukturirani proces projektovanja koji dovodi do lako vidljivog rezultata [13].

6. METODOLOGIJA RADA

Za potrebe ovog rada osnovni CAD dizajn razvijen je korišćenjem programa SolidWorks. Proporcionalno standardnoj proizvodnji i transportu u industriji predložene dimenzije robotske ruke, izražene u metrima, su 1x3x1 (dužina x visina x širina). Predmet je u najvećoj meri dizajniran od aluminijuma te je njegova težina izračunata množenjem zapremine sa gustinom aluminijuma.

$$m = Vm_3 \times \text{gustina aluminijuma}$$

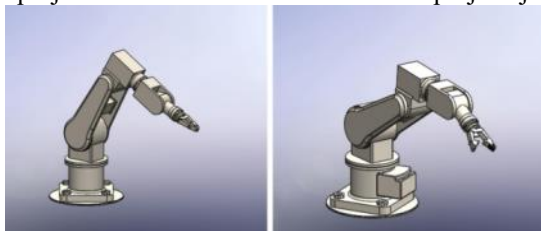
$$V = 1\text{m} \times 1\text{m} \times 3\text{m} = 3\text{m}^3$$

$$Vm_3 = 3 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$m = 3 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \times 2.7\text{g/cm}^3$$

$$m \approx 8.1\text{kg}$$

Težina robotske ruke od aluminijuma je približno 8.1 kilogram. Na Slici 1. prikazan je finalni rezultat robotske ruke projektovane u ovom radu u različitim projekcijama.



Slika 1. Projektovana robotska ruka

6.1. Baza

Baza robotske ruke predstavlja osnovni deo koji je direktno povezan sa ostatkom robota. Ova komponenta pruža podršku celokupnoj strukturi i omogućava pokrete ramenog dela. Materijal koji se koristi za bazu je aluminijum. Debljina materijala osnovne ploče je 2 mm. Baza robotske ruke u industriji ima ugrađen motor koji omogućava rotaciju trupa, često poznatu kao pan-rotacija.

6.2. Trup

Prstenasti bazni deo je deo koji se nadovezuje na bazu robotske ruke često se naziva trup ili torzo. Ova komponenta vezana je za vratni zglobov sa kojom se nalazi između baze i ramenog dela, čime obezbeđuje dodatnu pokretljivost i podršku za dalje delove robota. Trup je napravljen od aluminijumskog materijala koji prenosi silu na vratni zglobov. Takođe je spojen na isti motor Tower Pro MG945 i predstavlja osnovu za prenos sile na vratni zglobov.

6.3. Vratni zglobov

Deo koji se nadovezuje na trup ili torzo robotske ruke i povezuje ga s ramenim delom obično se naziva vratni zglobov ili vrat. Vratni zglobov omogućava dodatnu pokretljivost i fleksibilnost kako bi se rameni deo mogao kretati u različitim pravcima i orijentacijama. Vratni zglobov sadrži rotacione mehanizme koji omogućavaju rotaciju oko horizontalne ose, što doprinosi sposobnosti podizanja

i spuštanja ruke, kao i naginjanja u različitim uglovima. Ovaj deo igra ključnu ulogu u prilagođavanju položaja i orijentacije samog ramenog dela, omogućavajući robotu da se prilagodi specifičnim zahtevima zadatka.

6.4. Rameni deo

Rameni deo robotske ruke je segment koji povezuje trup robota s njegovom rukom i omogućava pokretljivost u različitim pravcima. Ovaj deo ima više zglobova, poput ramenog i lakatnog zglobova, čime simulira osnovne pokrete ljudske ruke. Materijali od kojih se izrađuje ovaj deo je lagan aluminijum, ali izdržljiv, kako bi omogućio brze i precizne pokrete. Rameni deo povezan je na motor vratnog zglobova koji omogućavaju precizno pozicioniranje ruke i rotaciju i pokrete zglobova.

6.5. Rameni zglobov

Prvi zglobovni deo koji se nadovezuje na rameni deo robotske ruke često se naziva rameni zglobov. Ovaj zglobov je odgovoran za pokrete koji omogućavaju podizanje i spuštanje čime se postiže šira pokrivenost radnog prostora. Rameni zglobov omogućava rotaciju oko uzdužne ose, što doprinosi fleksibilnosti i prilagodljivosti u izvođenju različitih zadataka.

6.6. Nadlaktični deo robotske ruke

Valjkasti rotacioni deo koji se nadovezuje na ramenski zglobov ruke često se naziva nadlaktični deo robotske ruke. Ova komponenta omogućava rotaciju i pokrete oko svoje longitudinalne ose, doprinoseći sposobnosti robotske ruke da rotira svoj zglobovni deo I prilagodi orijentaciju alata ili end efektora koji se koristi za izvršavanje određenih zadataka.

6.7. Zglobov end efektora

Deo robotske ruke koji drži end efektore obično se naziva zglobov end efektora. Ova komponenta je odgovorna za povezivanje end efektor sa prethodnim delovima ruke, obezbeđujući stabilnost i slobodu pokreta tokom manipulacije objektima. Zglobov end efektor uključuje senzor za praćenje pritiska, koji omogućavaju precizno upravljanje i detekciju objekata.

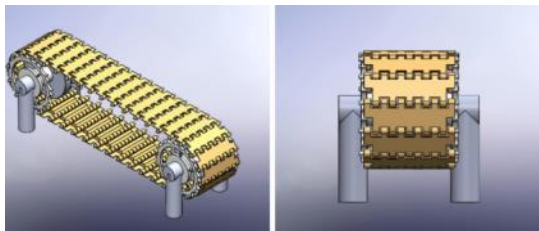
6.8. End efektori

End efektori ili hvataljke robotske ruke u industriji su komponente dizajnirane za efikasno hvatanje, držanje i manipulaciju objektima. Ovi end efektori predstavljaju ključni deo robotske ruke koji direktno interaguje s radnim okruženjem. Njihova efikasnost direktno utiče na sposobnost robota da izvršava zadatke u industrijskom okruženju.

7. REZULTAT

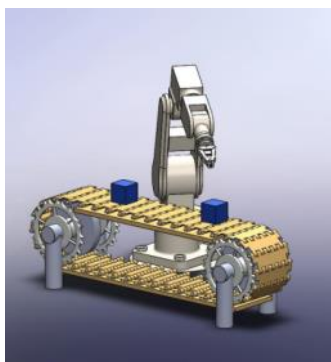
Funkcionalnost dizajnirane robotske ruke projektovana je tako da je njena glavna funkcija odabir proizvoda. Opremljena je hvataljkom koja ima mogućnost demontiranja i montiranja drugog end efektor sa različitim krajnjim efektom koji ovoj robotskoj ruci daje veći broj mogućih upotreba. Osnovne funkcionalnosti za koje je osposobljen ovaj uređaj su tumačenje proizvoda, procedura odabira i postavljanja, kombinovanje

integracije transportnih sistema. Za potrebe simulacije rada robotske ruke u ovom radu dizajnirana je i pokretna traka pomoću koje je prikazano kako bi proces izgledao u stvarnoj proizvodnji. Prema nameni traka prikazana na slici 2. svrstana je u ravne kolaborativne pokretne trake.



Slika 2. Projektovana pokretna traka

Robotska ruka u kombinaciji s pokretnom trakom predstavlja moćan sistem u industriji, pružajući efikasan i automatizovan način za rukovanje proizvodima ili materijalima duž proizvodne linije. Na Slici 3. prikazan je sklop robotske ruke i pokretne trake.



Slika 3. Sklop robotske ruke i pokretne trake

Prikazani sklop projektovan je na sledeći način:

1. Pokretna traka aktivirana pomoću AC (naizmjeničnog) motora kreće se u zadanom smeru.
2. Na pokretnu traku postavlja se predmet rada (u konkretnom primeru plava kutija).
3. Aktivacijom senzora i motora robotska ruka se spušta, end efektori se otvaraju i hvataju predmet.
4. Nakon što je predmet uhvaćen robotska ruka se podiže, rotira i odlaže predmet na predviđeno mesto.

8. ZAKLJUČAK

Rezultati ovog rada pokazuju revolucionarni potencijal korištenja robotskih ruku u industriji i pružaju uvid u to kako se one mogu koristiti za poboljšanje ukupne operativne učinkovitosti, minimiziranje ljudskih grešaka i optimizaciju proizvodnih procesa. Dokazani rezultati industrije i stalni napredak pokazuju koliko je za industriju važno strateški uvesti i integrisati tehnologiju robotske ruke. Razmatranje pravca daljeg razvoja u ovoj oblasti dato je nekoliko ključnih tačaka. Fokus bi trebao biti na unapređenju performansi, brzine, preciznosti i upotrebi novih materijala ovakvih sklopova kako bi se poboljšala njihova funkcionalnost. Osim senzora koji su već primenjeni na prikazanom modelu trebalo bi se uključiti korištenje veštačke inteligencije i dodatne analize podataka kako bi se postigla maksimalna efikasnost i efektivnost. Na trećem mestu izdvojena je etika i bezbednost. Ovo istraživanje podstiče zainteresovane strane da prihvate harmoniju saradnje ljudi

i mašina dok robotska ruka postaje sve važniji deo industrijske simfonije. To će osigurati budućnost u kojoj tehnologija poboljšava individualne sposobnosti i povećava zajednički potencijal industrija širom sveta.

9. LITERATURA

- [1] Klocke, Fritz, and Aaron Kuchle. Manufacturing processes. Vol. 2. Berlin: Springer, 2009.
- [2] "Production Planning - Process Industries (PP-PI)". help.sap.com. SAP. – Planiranje resursa proizvodnje.
- [3] Wetherill, G.B; Brown, D.W (1992). Statistical Process Control for the Process Industries. Heidelberg: Physica. ISBN 978-3-7908-0642-7 – Inspekcija i statistička kontrola procesa.
- [4] "ISO 22000:2018 Food safety management systems — Requirements for any organization in the food chain". iso.org. ISO. – Procesni pristup u sistemima upravljanja.
- [5] J. Gutiérrez, (2019). "Diseño y análisis del funcionamiento estructural de un brazo robótico de nivel industrial de cuatro grados de libertad" Ing. Mecánica y afines, vol. 15.
- [6] J. Otero Yugat, S. Enrique Rodríguez, and J. Javier Gutiérrez, (2008). "Diseño y construcción de un brazo mecánico de tres grados de libertad", Scientia et Technica Año XIV, vol. 39, no. 0122-1701
- [7] Dr Veljko Potkonjak, (2020) Robotika i automatizacija, ETF Beograd
- [8] Toni Ivković (2020). 3D Projektiranje i montaža robotske ruke. Sveučilište Jurja Dobrile u Puli.
- [9] B. Borovac, M. Raković, G. Đorđević, M. Rašić (2018) Industrijska robotika.
- [10] RATHY G A, P. Sivasankar, Aravind Balaji, Hindustan University, K. Gunasekaran (2020). 3- Axis Robot Arm Using Micro-Stepping with Closed-Loop Control. In book: Advances in Communication and Computational Technology, Select Proceedings of ICACCT.
- [11] Robots Done Right, Waren. Ohio Production Facility 1493 Phoenix Rd NE.
- [12] Sham Tickoo, (2015) SolidWorks 2015 za mašinske inženjere
- [13] Robertson B, Radclife D. (2006) The role of software tools in influencing creative problem solving in engineering design and education. In: Volume 4c: 3rd symposium on international design and design education.

Kratka biografija:



Valentina Dukić rođena je 1999. god. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Industrijsko inženjerstvo odbranila je 2022. godine, kada upisuje i master studije.

kontakt:
valentina.dukic@uns.ac.rs