

Projekt

Integriran sistem za celovito kontrolo kakovosti v proizvodnji z rekonfigurabilno robotsko celico ter inteligentnim sistemom za nadzor procesov
ROBKONCEL

Nastavitev položaja in prepoznavna lege pečice v navidezni robotski celici

Vrsta dokumenta: 4. poročilo – Nastavitev položaja in prepoznavna lege pečice v navidezni robotski celici

Verzija dokumenta: Končna

Sodelujoči partnerji: UM, FS, Laboratorij za robotizacijo (LaRo)

Uredil: Janez Gotlih, UM, FS, LaRo

Avtorji: Janez Gotlih, Timi Karner, Tadej Rojko, Stašo Frlež (UM, FS, LaRo)

Datum priprave: 19. 08. 2020

Kazalo vsebine

1	Uvod	4
2	Zasnova prepoznave in določitve lege pečice	5
2.1	Prepoznavna lege z laserskim merilcem položaja	5
2.1.1	Določitev prostostnih stopenj	5
2.1.2	Uporaba laserskih merilcev	6
2.2	Mehansko določanje lege pečice	8
2.2.1	Možne kontaktne točke	8
2.2.2	Izbira sistema določitve lege	9
2.3	Prepoznavna oziroma identifikacija izdelka	10
3	Integracija konceptnih sistemov	11
3.1	Integracija laserskega merilnega sistema v navidezno celico	11
3.2	Testiranje laserskega merilnega sistema	13
3.2.1	Testiranje laserskega merilnega sistema	13
3.2.2	Prepoznavna robov z robotom	15
3.3	Integracija mehanske določitve položaja v navidezno celico	17
4	Ugotovitve	23
4.1	Zasnova laserskega merjenja položaja	23
4.2	Zasnova mehanske določitve položaja	23
5	Zaključek	23
6	Viri	24

Kazalo slik

Slika 1:	Koordinatni sistem v navidezni celici	5
Slika 2:	Robovi pečice	6
Slika 3:	Sick AS30 senzor [1]	7
Slika 4:	Aplikacija prepoznavanja robu [1]	7
Slika 5:	Pritisne površine na pečici	8
Slika 6:	Servo pnevmatski sistem [3]	9
Slika 7:	Keyence prepoznavna črtne kode [3]	10
Slika 8:	Integracija laserskih merilcev v navidezno celico	11
Slika 9:	Končna integracija laserskih merilcev	12
Slika 10:	Test prepoznavne roba na valjčni progi I	13
Slika 11:	Test prepoznavne roba na valjčni progi II	14



Slika 12: Rezultat merjenja	15
Slika 13: Integracija senzorja na robotsko roko	16
Slika 14: Test merjenja z robotsko roko	16
Slika 15: Integracija servo-pozicioniranega sistema.....	17
Slika 16: Premik v Y-smeri	18
Slika 17: Premik v X-smeri	19
Slika 18: Premik v Z-smeri.....	20
Slika 19: Integracija v navidezno celico I	21
Slika 20: Integracija v navidezno celico II	22
Slika 21: Integracija v navidezno celico III	22



1 Uvod

Za dobro izvedbo testov oziroma preizkusov na pečici s pomočjo robotske roke je v prvi vrsti pomembno zagotoviti ustrezno zaustavitev izdelka, v tem primeru pečice. Ker je trenutna proizvodnja naravnana tako, da pečice naključno prihajajo po tekočem traku, jih je treba ustrezno zaustaviti ter določiti njihovo lego.

To je izhodiščna ali referenčna točka robota, iz katere bo izhajal. Robot nato na podlagi te točke prilagodi ostala kontrolna položaja, pri tem pa je treba poznati tudi tip kontrolnega izdelka. Da lahko robot ustrezno priredi položaje.

Tako, da za določitev robotskih kontrolnih položajev potrebujemo dva podatka, to sta izhodišče robota in tip izdelka. Toleranca končnega položaja izdelka vpliva na izbiro robotskega prijemal v smislu, da je potrebno pri določitvi odpiralnega hoda klešč ali pa drugih robotskih orodij upoštevati, da je ta hod večji od maksimalne tolerance, ki jo bomo zagotovili z določitvijo lege, pri tem je treba upoštevati, da imamo lahko napako tudi v katerem od zasukov, kar nam hitro poveča tolerančni interval v X, Y ali Z-smeri.

Za določanje izhodiščne lega pečice, bomo uporabili dve zasnovi. Lasersko merjenje, s katerim bomo na podlagi povratnih informacij iz sistema določili izhodiščno točko robota. Ter sistem, ki bo mehansko določil lego pečice, pri tem bo izhodiščna točka robota vedno enaka.

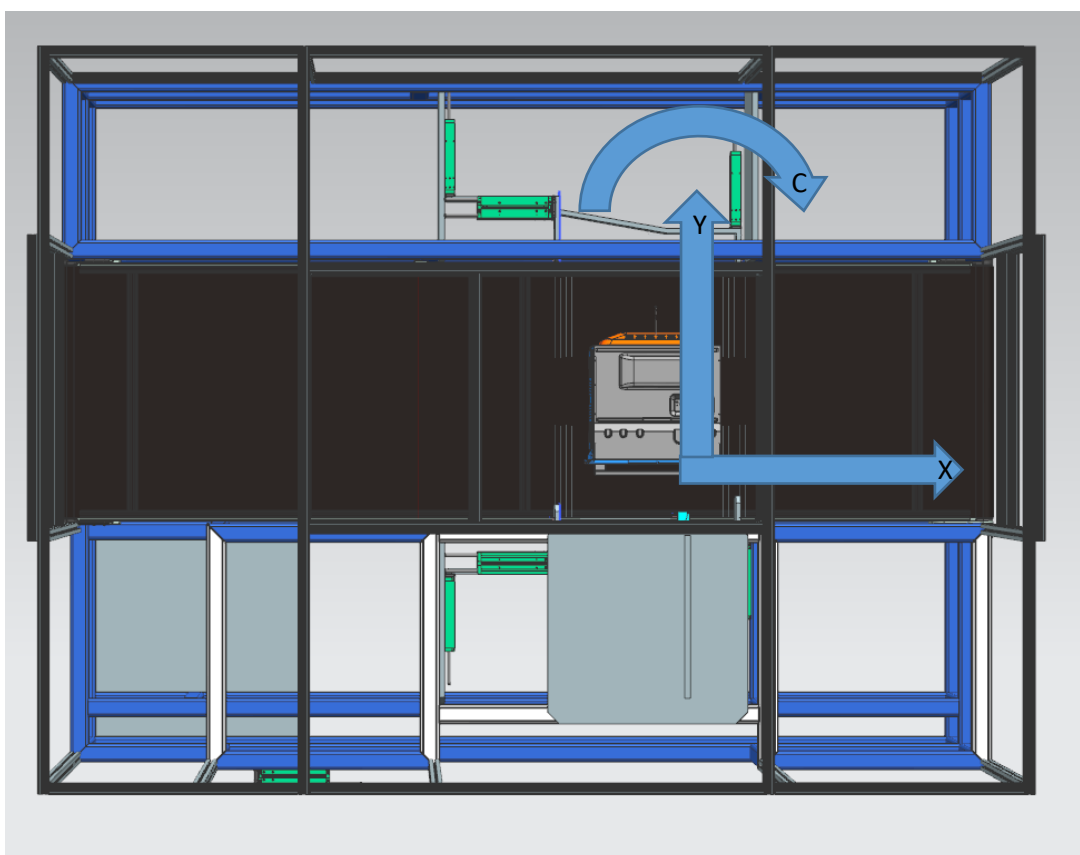
2 Zasnova prepoznavne in določitve lege pečice

2.1 Prepoznavna lege z laserskim merilcem položaja

Prepoznavna izhodiščne lege robota, je v osnovi kompleksnejša za izvedbo, saj kot je bilo že v uvodu omenjeno, da imamo lahko napako teoretično v vseh šestih prostorskih stopnjah, kar nas hitro privede, do tolerančnega intervala, ki je za robotske celice nesprejemljiv. Zato je prvotno treba določiti utež vsaki prostorski stopnji ter videti, koliko določena smer ali zasuk vpliva na rezultat postavitve izhodiščne točke v danem sistemu.

2.1.1 Določitev prostostnih stopenj

Glede na zadan sistem, kjer se pečice pripeljejo po tekočem traku, bi lahko na hitro ocenili, da so ključne prostostne stopnje za določitev izhodiščne točke X, Y ter zasuka okoli Z osi (C). Pri tem je X smer, v kateri se giblje pečica po tekočem traku, Y smer pravokotna na smer gibanja, ter zasuka pečice.

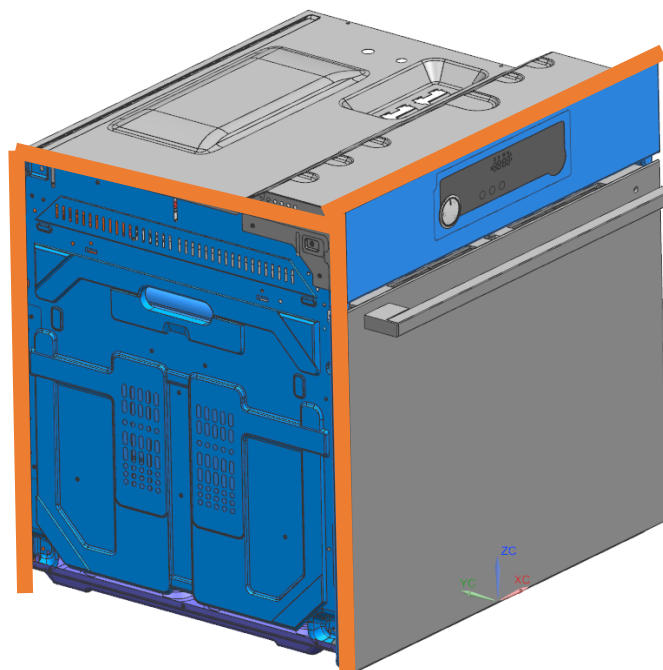


Slika 1: Koordinatni sistem v navidezni celici

Ker pečice prihajajo po tekočem traku na stiropornem podnožju, je njena lega lahko kompleksnejša. Tako imamo ponovno možnost, da odstopajo še preostale tri prostorske stopnje, Z os ter zasuk okoli X in Y osi. Vendar je utež teh prostostnih stopenj manjša od drugih.

2.1.2 Uporaba laserskih merilcev

Za zagotovitev dobre ponovljivosti odčitavanja položaja na posamezni prostostni stopnji potrebujemo dobro referenco, ki daje jasen signal o trenutnem položaju. Pri pečici mislimo, da je to njena zunanja oblika v osnovi, so pečice po zunanji strukturi podobne in načeloma lahko njene največje vrednosti dobro določimo s prepoznavo ostrih robov, ki jih imajo.



Slika 2:Robovi pečice

Zato smo se odločili, da bodo robovi naša referenca. S tem robnim pogojem smo na trgu poiskali industrijsko certificiran senzor, ki omogoča, prepoznavo robov.

Podjetje Sick ima na razpolago vektorski senzor, kar pomeni, da so na določenem merilnem območju v vrsto postavljeni merilci razdalje, ki tvorijo vektor podatkov o razdalji med točkami, ki so postavljene v neko ravno premico. Tako lahko s tem senzorjem prepoznamo veliko razliko med dvema sosednjima točkama ter tako določimo rob pečice.



Slika 3: Sick AS30 senzor [1]

Družina senzorjev Sick AS30 ima možnost merilnega območja 50 mm s prepoznavo roba v območju do 0,05 mm, kar pa za naš primer že presega meje potrebne ponovljivosti odčitavanja lege pečice.



Slika 4: Aplikacija prepoznavanja robu [1]

Na sliki 4 je prikazan podoben princip prepoznave roba, kot bi ga uporabljali mi, vendar bi za naš primer morali uporabiti za vsako prostorsko os po en senzor, tako bi iz skupine podatkov določili izhodiščno točko pečice, ki bi jo v nadaljevanju uporabili za določitev trajektorije robota.

2.2 Mehansko določanje lege pečice

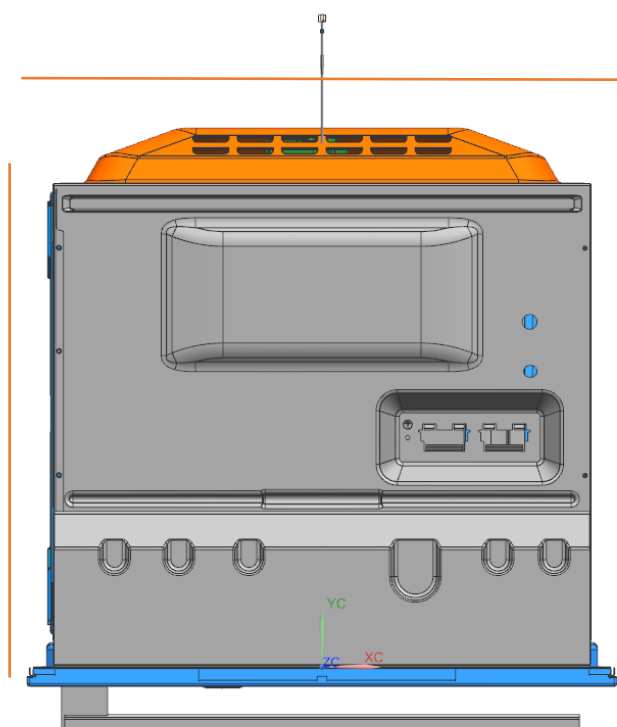
Druga zasnova se v osnovi razlikuje po principu delovanja, v tem primeru ne odčitamo naključnega položaja, ki ga je dosegla pečica pri zaustavljanju, temveč pečici vsilimo položaj, ki ga želimo imeti kot izhodiščno točko.

Ta metoda je precej robustnejša bolj prilagodljiva, ter manj občutljiva na zunanje vplive, ali pa na spremembo oblike pečice, tudi pri tej metodi se v osnovi nanašamo na oglato obliko pečice. V primeru drastične spremembe oblike pečice pa je metoda tudi mehansko hitro prilagodljiva.

2.2.1 Možne kontaktne točke

Pri tem načinu je ključnega pomena, da smotrno izberemo oziroma določimo točke ali kontaktne površine, kjer lahko z delovanjem neke sile vplivamo na pečico ter s tem ne poškodujemo izdelka.

Pri pečici smo izhajali, da so to lahko zadnja in bočni plošči, saj je ta del pečice pri končni montaži tudi skrit in ga stranka ne bo videla.



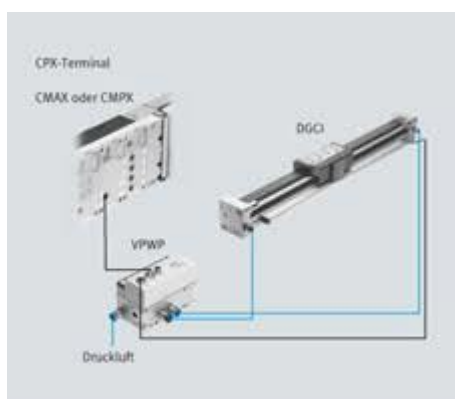
Slika 5: Pritisne površine na pečici

2.2.2 Izbira sistema določitve lege

Za določanje lege pečice sta nam na voljo dva sistema.

Prvič servokrmiljenje položaja. Prednost servokrmiljenja je, da lahko izjemno natančno določimo končni položaj, ali pa motorjev ne vodimo položajsko, temveč z navorom, kar bi pomenilo, da ko motor doseže določeno silo, se ustavi. Potem pa iz inkrementalnega enkoderja odčitamo položaj, ki ga je motor dosegel. To bi nam lahko tudi služilo kot referenca za pozicijo oziroma izhodiščno točko.

Druga možnost je pnevmatska nastavitvev položaja. Pri tem načinu je vodenje precej preprostejše, saj sprožimo proces nastavitve položaja, ki je lahko zaradi zagotavljanja večje ponovljivosti tudi sekvenčen, se pravi najprej ena stranica nato še druga ali nadaljnje. Vendar pri tem nimamo zagotovila, da je bil dosežen končen položaj.



Slika 6: Servo pnevmatski sistem [3]

Možna je nadgradnja na servo-pnevmatski sistem, to naredimo tako, da pnevmatskemu sistemu dodamo merilni sistem, vendar kljub temu vodenje ni zaprto zanko, ampak je povratna informacije le podatek o zaključnem stanju procesa, kar pa bi za naš primer tudi mogoče zadoščalo.

Za virtualno celico izbrali servokrmiljenjo določitev lege pečice, ki ga bomo uporabili tako, da bomo določili fiksno položaj, ki bo naša izhodiščna točka ter s servo sistemom prisilili pečico v ta položaj.

2.3 Prepoznavna oziroma identifikacija izdelka

Kot je bilo v uvodu omenjeno, je druga ključna točka za kreiranje trajektorije robota prepoznavna izdelka, ki ga robot trenutno testira. V ta namen bomo uporabljali QR ali črtno identifikacijsko kodo, ki je nameščena na zadnji strani pečice.

Težava, ki se pojavlja trenutno, je, da so prepoznavne kode nameščene ročno in je za njeno prepoznavo potreben veliko vidno polje.

Vendar smo pri raziskavi trga ugotovili, da je to stalna težava in da so se proizvajalci opreme že dobro prilagodili nanj. Zato ponujajo čitalnike, ki omogočajo na velikem vidnem polju prepoznavo naključno nalepljenih kod, katerih nalepke so lahko celo poškodovane. Na primer podjetje Keyence ima na trgu optični čitalnik, ki beleži podatke iz preteklosti in na podlagi le teh v prihodnosti odloča o prepoznavi črtnih kode, tako rekoč samo učeč optični čitalnik kod.



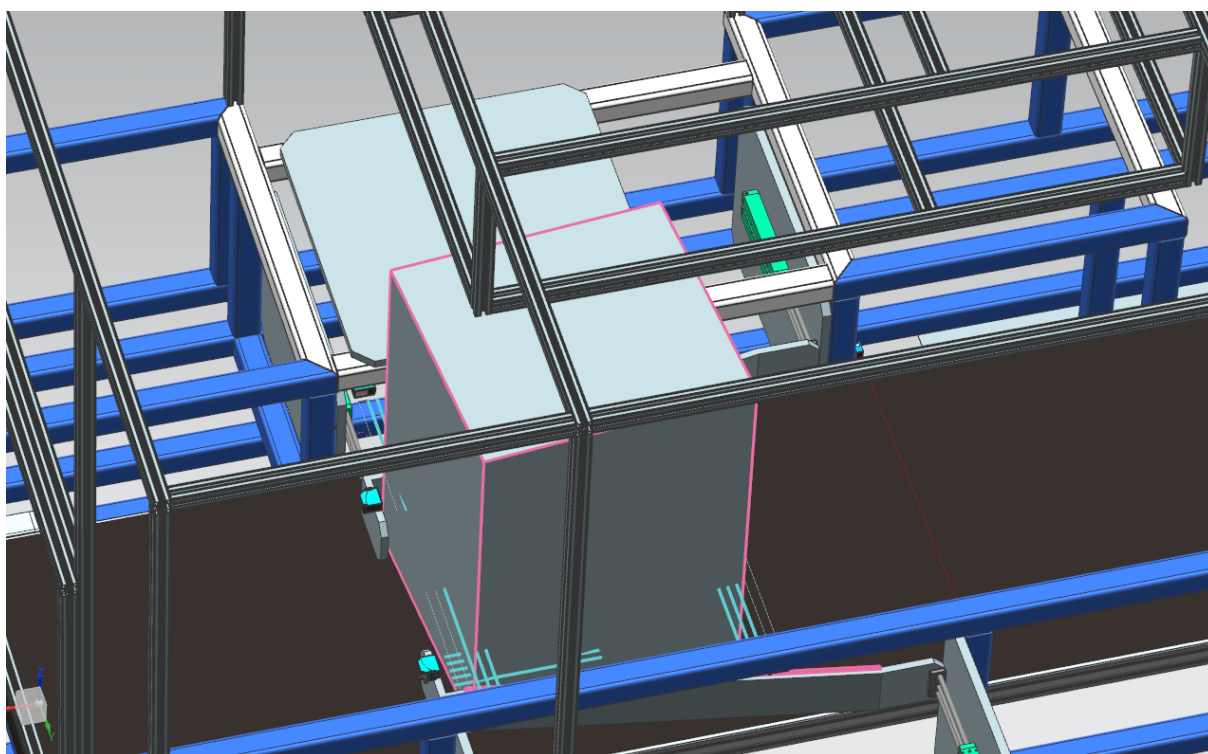
Slika 7: Keyence prepoznavna črtni kode [3]

3 Integracija konceptnih sistemov

Oba zgoraj opisana sistema smo integrirali v virtualno celico, ter predvideli možnosti vgradnje v realnem industrijskem okolju. Pri tem smo uporabljali modelirni ter simulacijski sistem Siemens NX ter Siemens NX MCD, ki omogoča simuliranje gibanja komponent s fizikalnimi zakonitostmi realnega sistema.

3.1 Integracija laserskega merilnega sistema v navidezno celico

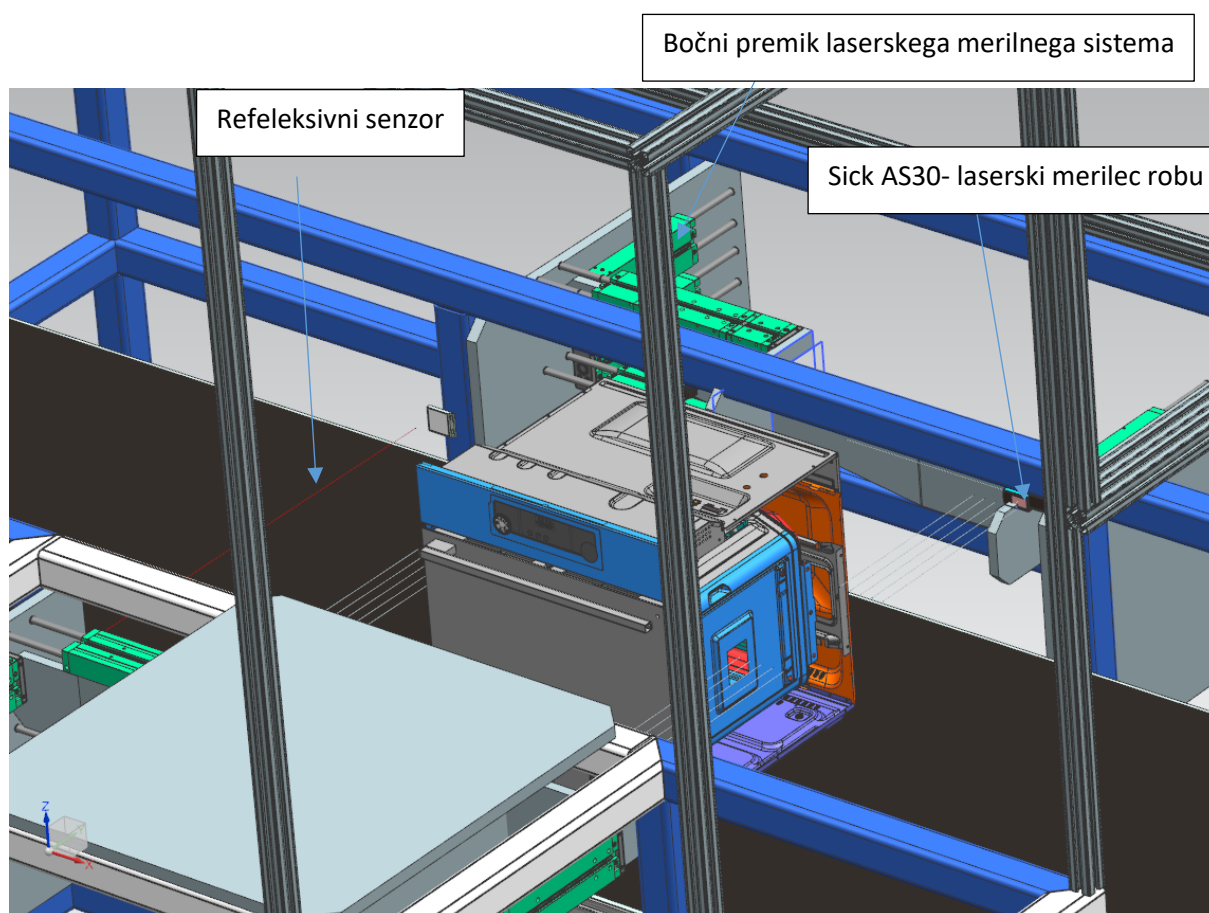
Kot v teoretičnem delu opisano smo za integracijo laserskega merilnega sistema potrebovali za vsako prostorsko stopnje svoj laserski merilec, da prepoznamo vsak rob pečice ter na podlagi zbranih podatkov računsko določimo izhodiščno točko.



Slika 8: Integracija laserskih merilcev v navidezno celico

Na sliki 8 je prikazana integracija ter simulacija sistema prepoznavne položaja v simulacijskem okolju NX MCD, pri tem smo senzor simulirali, kot je bilo opisano o njegovem delovanju v prejšnjem poglavju tako, da smo ustvarili vektor senzorjev razdalje ter tako odčitali rob, kjer je razlika med dvema točkama dovolj velika. V zgodnjem primeru smo upoštevali tri glavne prostostne stopnje, ki imajo največjo utež to so X, Y in C (zasuk okoli Z osi).

Slika 9 prikazuje končen model integracije sistema v navidezno celico. To deluje tako, da pečico s transportnim trakom naključno ustavimo v intervalu do 500 mm, prvotno zaustavitev sproži reflektivni senzor. Nato pa bočno primaknemo laserske merilce Sick AS30, ki prepoznajo lego pečice na transporterju, ko lego uspešno odčitamo se merilni sistem odmakne in referenčno pozicijo sporoči robotu.



Slika 9: Končna integracija laserskih merilcev

3.2 Testiranje laserskega merilnega sistema

Ker je ponovljivost in robustnost takega sistema v večini odvisna od zanesljivosti senzorja Sick AS30, smo se odločili, da lastnosti senzorja testiramo pod različnimi pogoji.

3.2.1 Testiranje laserskega merilnega sistema

Da bi lahko potrdili možnost uporabe senzorja, ko je bila prikazana v navidezni celici s simulacijskim okoljem, smo se odločili, da izvedemo test zaustavitve sistema valjčne proge, na podlagi prepoznavne roba s testnim senzorjem Sick AS30. To smo izvedli tako, da smo montirali senzor ob robu valjčne proge ter na podlagi podatkov iz senzorja ustavili valjčno progo.

Sliki 10 in 11 prikazujeta izvedbo testiranja:



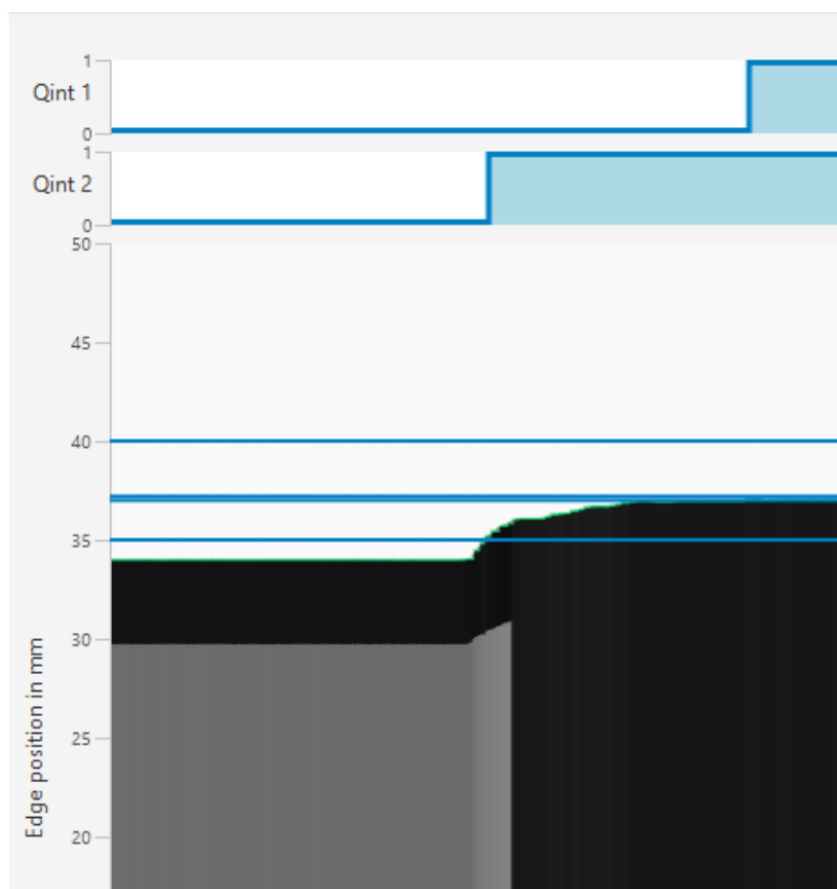
Slika 10: Test prepoznavne roba na valjčni progi I



Slika 11: Test prepoznavne roba na valjčni progi II

Rezultat testiranja je pokazal, da je možno dobro določiti oster rob na izdelku, kadar je prehod med robom in ploskvijo velik. V nasprotnem primeru, ko je zasuk izdelka na transportnem traku prevelik, bi morali uvesti dodaten senzor, ki bi uravnaval zasuk, kot smo to predvideli v virtualni celici.

Slika 12 še prikazuje rezultat meritve iz analogne vrednosti senzorja:



Slika 12: Rezultat merjenja

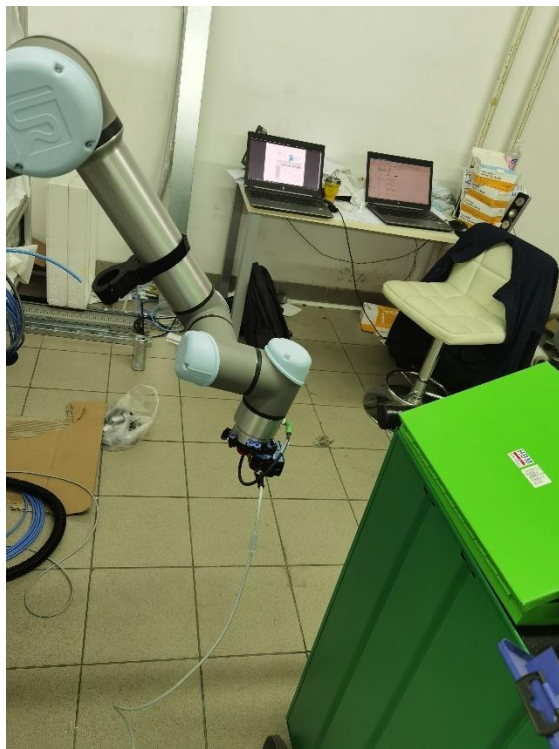
3.2.2 Prepoznava robov z robotom

Kot alternativo smo preizkusili tudi merjenje oziroma prepoznavo roba, če bi senzor postavili na robotsko prijemalo. S tem bi lahko zmanjšali število senzorjev, saj ne bi potrebovali več senzorja za vsako prostostno stopnjo posebej, temveč enega za vse, z njim bi lahko določili tudi več merilnih točk ter tako še izboljšali rezultat meritve. Ključna slabost je, da ta postopek drastično podaljša cikel kontroliranja ene pečice.

Na slikah 13 in 14 je prikazana izvedba preizkusa s senzorjem vgrajenim na robotsko prijemalo:



Slika 13: Integracija senzorja na robotsko roko

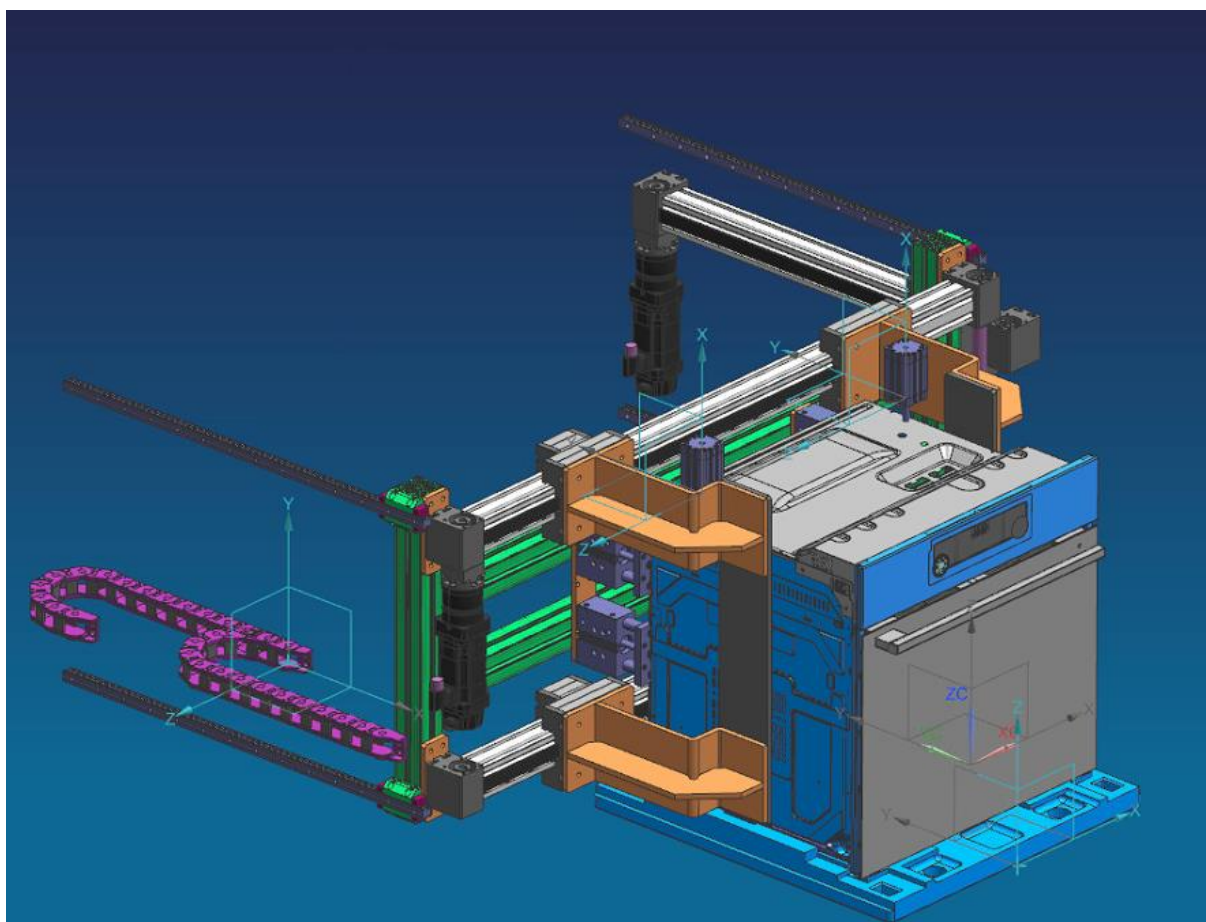


Slika 14: Test merjenja z robotsko roko

3.3 Integracija mehanske določitve položaja v navidezno celico

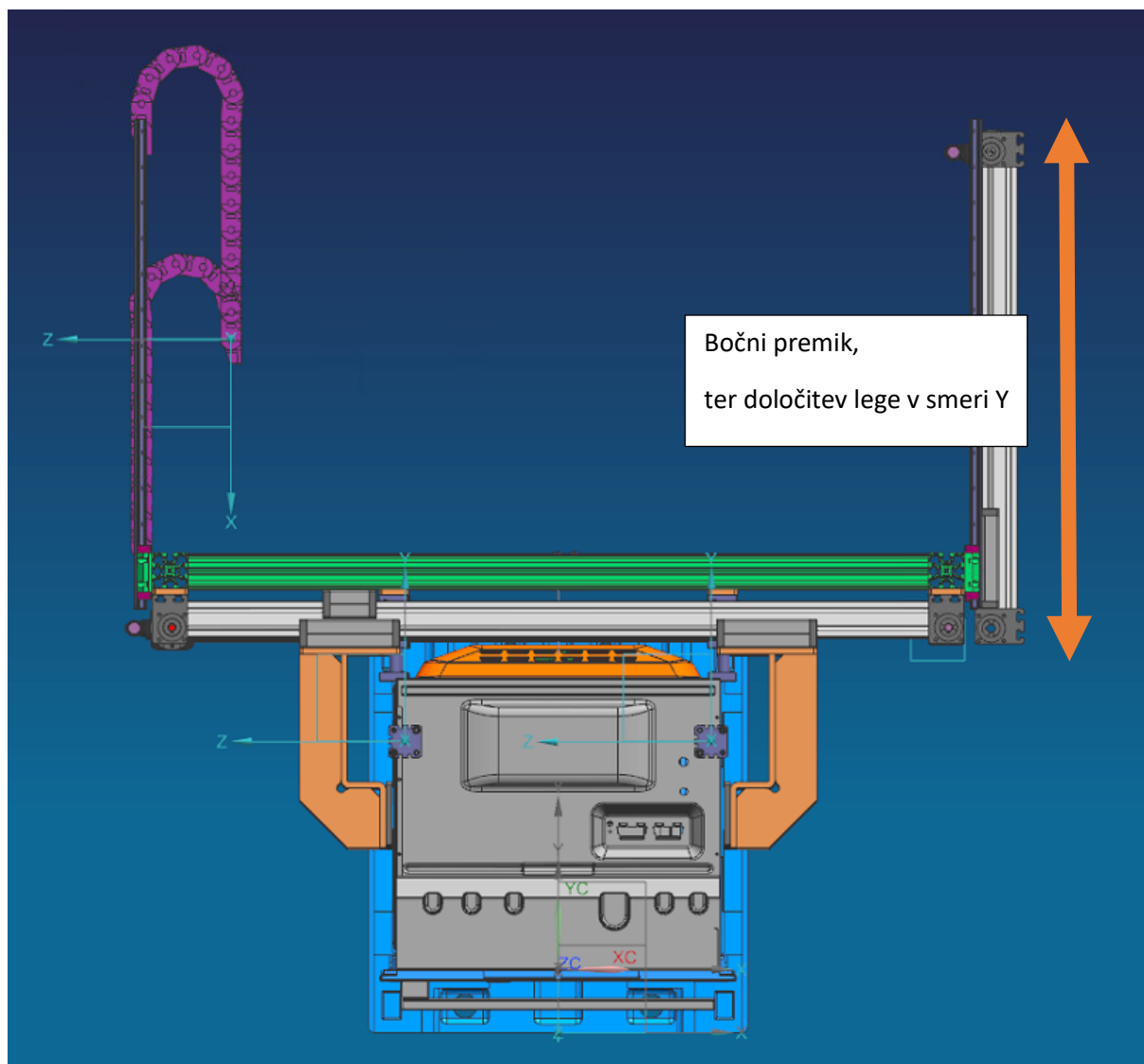
Mehanski sistem, ki bo določal končno lego pečice, mora zagotavljati, da ne bo poškodoval zunanje oblike izdelka, pri tem pa vseeno zagotovil dovolj velike sile, da bo lahko naravnal položaj sistema. Prav tako mora sistem omogočati zagotavljanje položaja v vseh treh smereh X, Y in Z. Če bomo zagotovili tako možnost nastavitve položaja, se izključuje možnost, da bi pri tem nastali dodatni zasuki, ki bi lahko negativno vplivali na določanje izhodiščne točke.

Izdelali model sistem, ki kot je bilo prikazano v teoretičnem delu, omogoča določanje položaja iz bočnih ter iz zadnje strani, prav tako smo dodali možnost določanja položaja Z osi v primeru nepopolnega nasedanja pečice v stiropor podnožju.



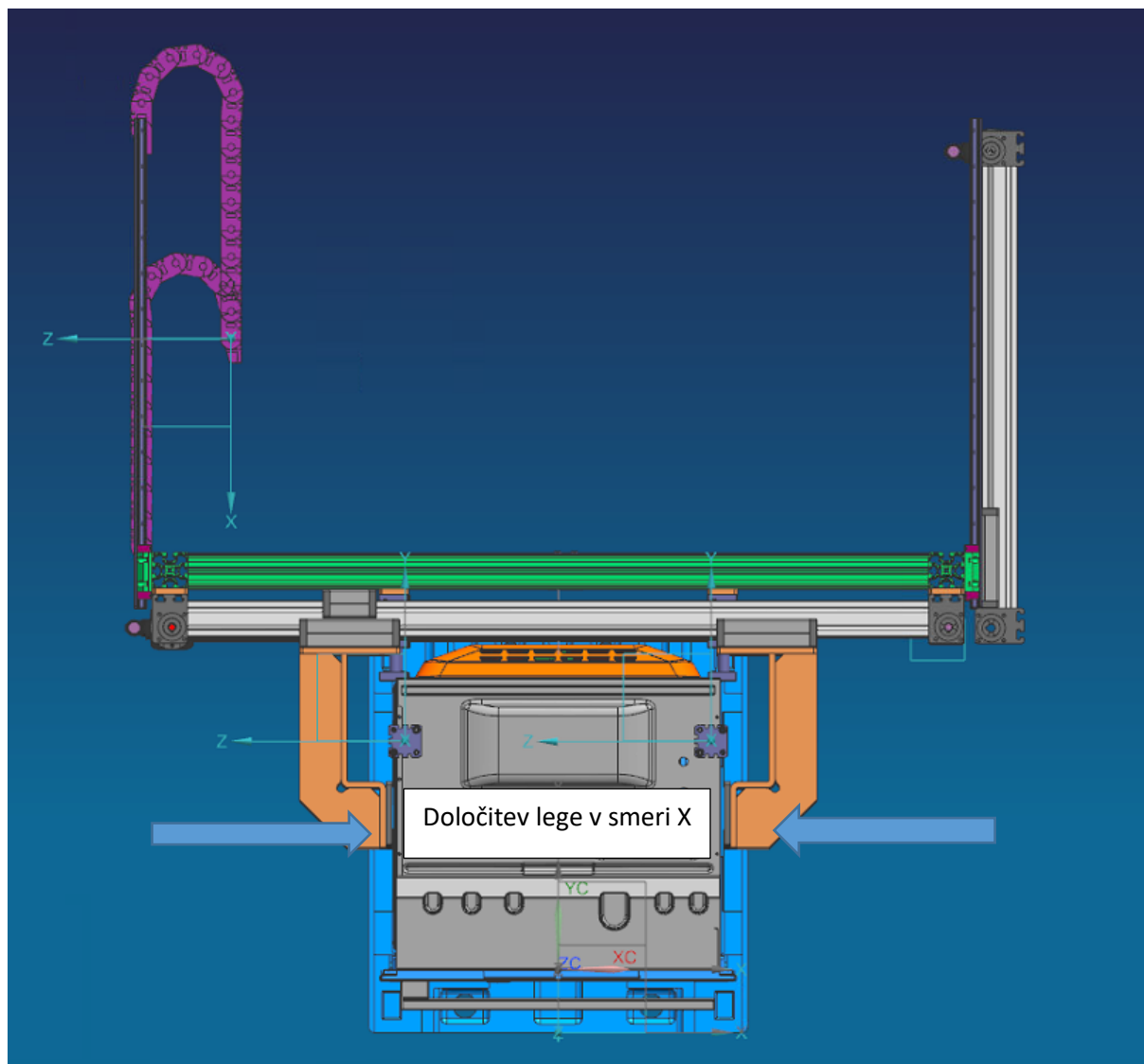
Slika 15: Integracija servo-pozicionirane sistema

Sistem je zgrajen iz ene bočno pomične osi, ki omogoča premik sistema, da ne ovira premika pečice po transportnem traku, to je tudi prvi sekvenčni premik določanja lege pečice.



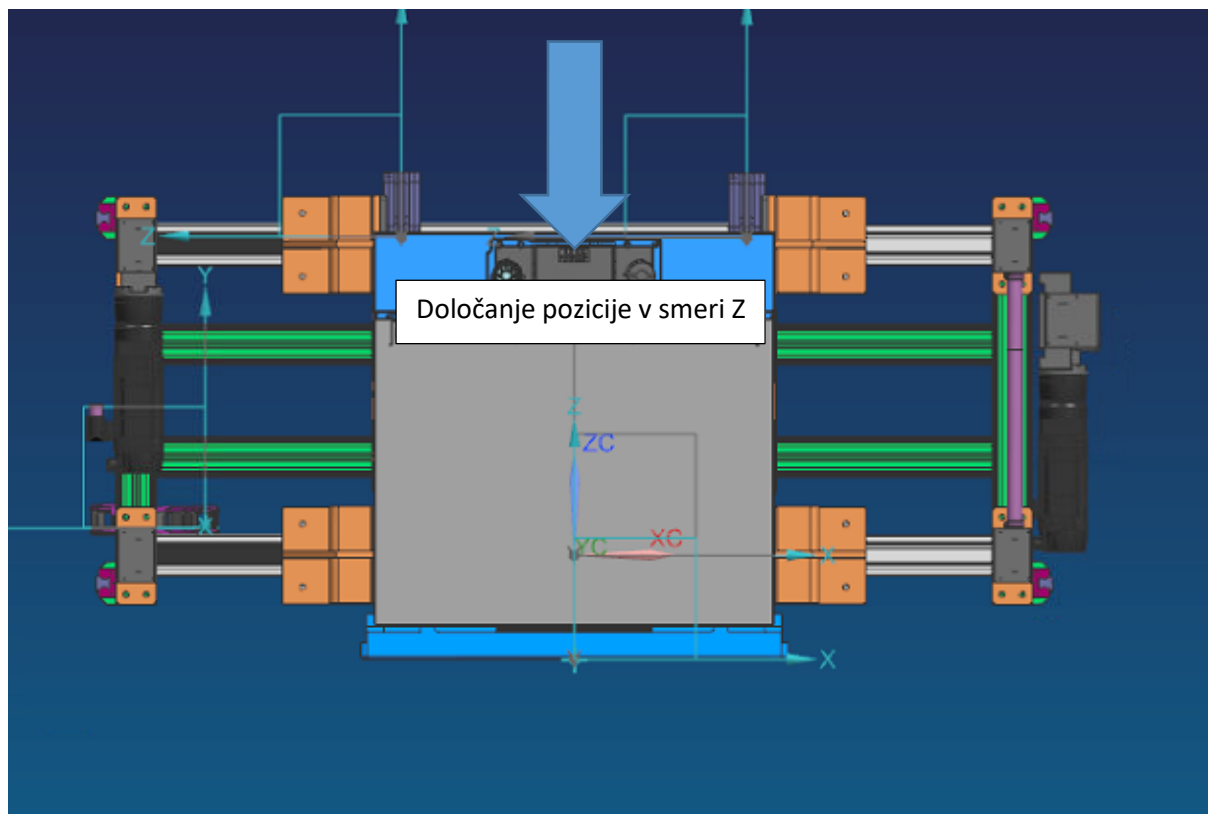
Slika 16: Premik v Y-smeri

Nato sledi premik klešč, ki pečico v smeri X-osi postavita na končno lego.



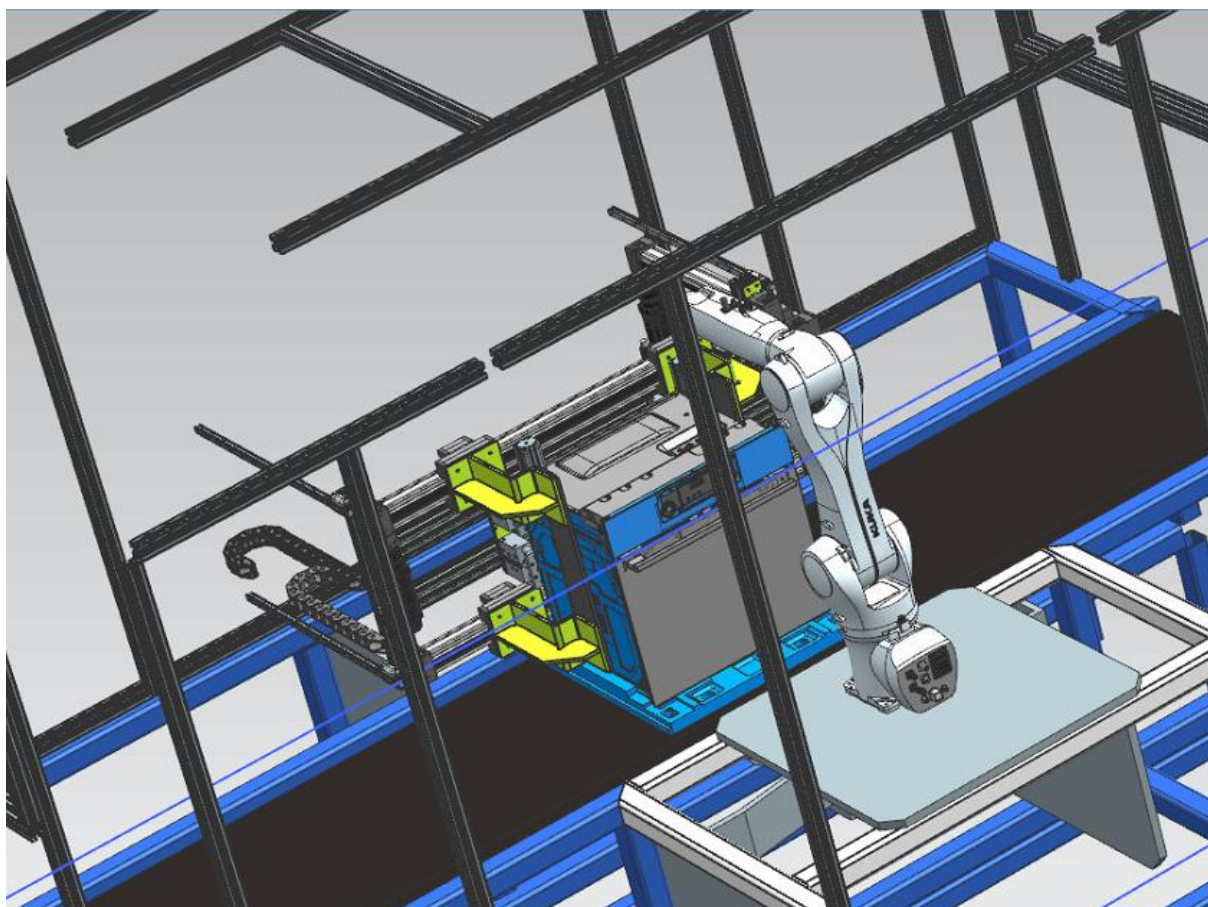
Slika 17: Premik v X-smeri

Kot zadnji postopek pa še določitev lege v smeri Z.

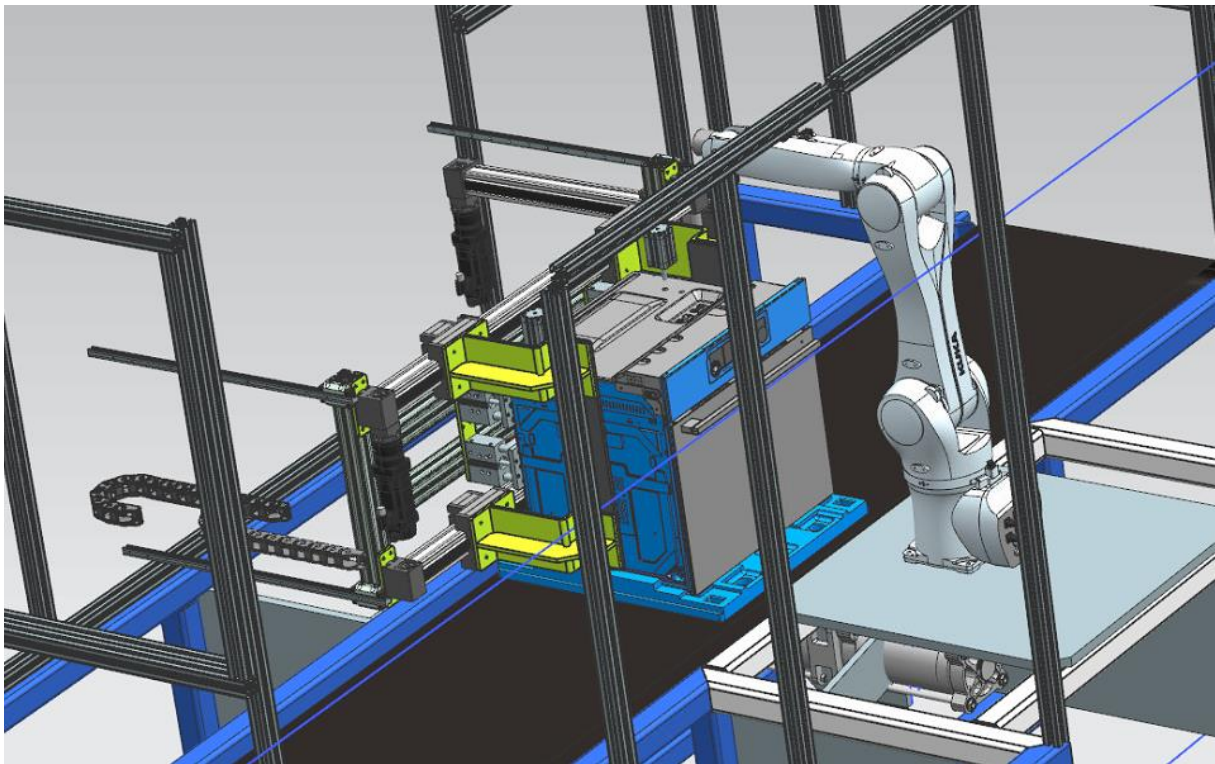


Slika 18: Premik v Z-smeri

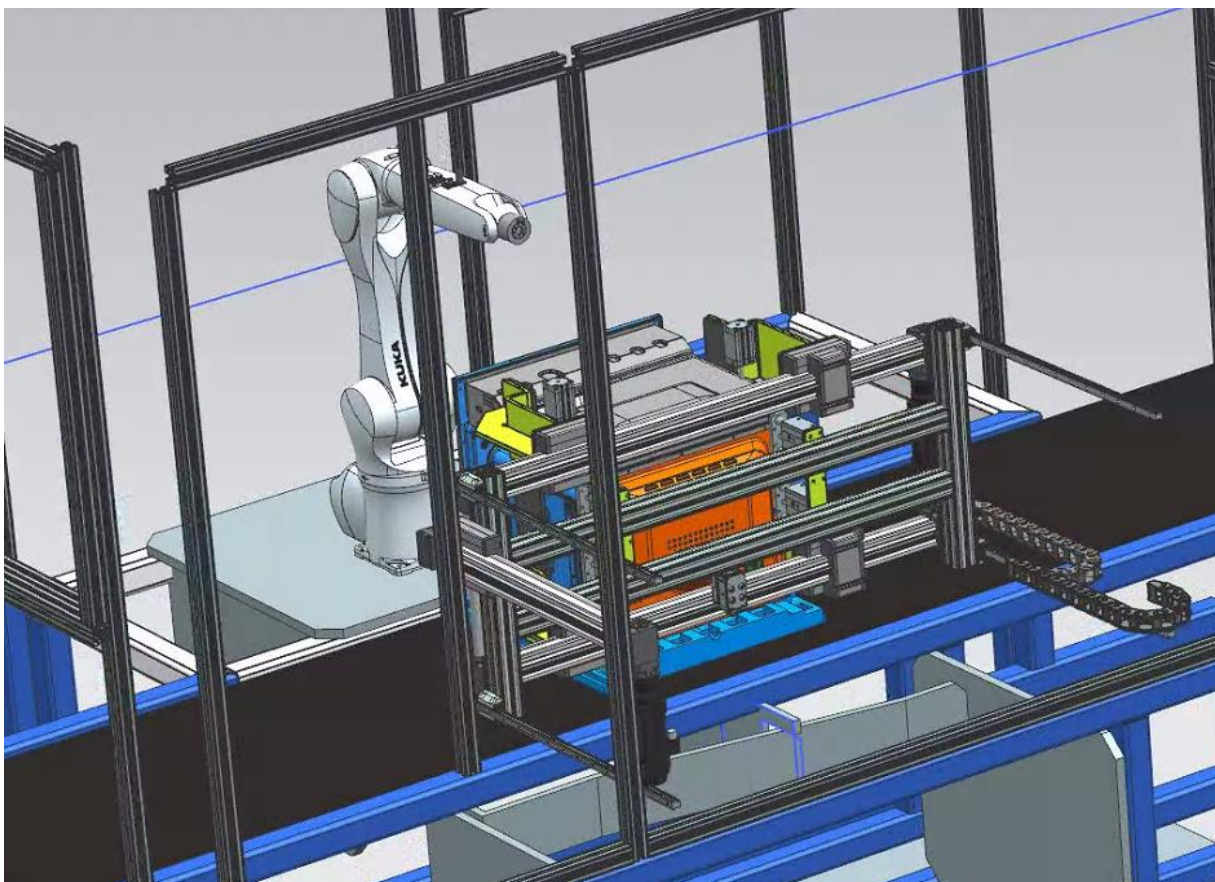
Spodnje slike prikazujejo integracijo sistema v navidezno celico.



Slika 19: Integracija v navidezno celico I



Slika 20: Integracija v navidezno celico II



Slika 21: Integracija v navidezno celico III

4 Ugotovitve

4.1 Zasnova laserskega merjenja položaja

Lasersko merjenje oziroma prepoznavanje robov je sicer izvedljiva in bi v veliki verjetnosti tudi vračalo zadovoljive rezultate, ker potreba po natančni izhodiščni legi pečice ni tako velika. Vendar je treba upoštevati, da je sistem testirati, preden bi bil primeren za integracijo v industrijskem okolju. Po drugi strani pa bi bila njegova integracija zaradi velikega števila prostostnih stopenj kompleksna, posledično je vprašljiv odziv v primeru vpeljave novega produkta, čeprav je to teoretično možno.

4.2 Zasnova mehanske določitve položaja

Sistem je bistveno preprostejši od merilne zasnove, kar pomeni, da je tudi robustnejši in bolj primeren za vpeljevanje novih izdelkov. Kar posledično pomeni, da je tudi bolj primeren za integracijo v proizvodnji. Njegovo servisiranje in vzdrževanje je bistveno preprostejše, kot je tudi možnost odkrivanja napak.

5 Zaključek

Ker je rešitev namenjena za integracijo v proizvodni proces, kjer je ključnega pomena, da zagotavljamo stabilno delovanje skozi vse obdobje delovanja, tudi v primeru sprememb izdelka smo se odločili, da bomo za izvedbo v navidezni celici uporabili zasnovo mehanskega določevanja izhodiščne točke pečice. Ta bo zagotavljala industrijsko certificirano ponovljivost sistema, kar nam potem omogoča dober temelj za uspešno izvedbo testa pečice.

V nadaljevanju bomo iz nabora ustreznih robotskih rok, ki bi lahko bile primerne za uporabo iz vidika nosilnosti, ter dosega izbrali robotsko roko, s katero bomo izvajali simuliranje delovnega procesa. Robotske roke bomo izbrali kot že omenjeno na podlagi temeljnih zahtev, kot sta nosilnost in doseg ter na podlagi zahtev, ki jih ima naročnik, to sta proizvajalec ter način delovanja roke (industrijska ali kolaborativna). Za primer izbire industrijske robotske roke bi predlagali proizvajalce Kuka, ABB, Fanuc, ki ponujajo veliko mero prilagodljivosti procesa iz vidika avtomatizacije in inteligentne povezave med komponentami, iz vidika kolaborativne robotika pa Fanuc in Universal robot kolaborativne robote.

6 Viri

- [1] SICK AG, 2020. URL: <https://www.sick.com/ag/en/products-by-tasks/detecting/leading-edge-detection/array-sensors/as30/c/g478552> (Uporabljeno 8. 12. 2020).
- [2] FESTO SE & Co. KG, 2020. URL: https://www.festo.com/cms/sl_si/9517.htm (Uporabljeno 8. 12. 2020).
- [3] KEYENCE CORPORATION, 2020. URL: <https://www.keyence.de/products/vision/barcode/sr-5000/models/sr-5000/> (Uporabljeno 8. 12. 2020).
- [4] KUKA AG. Kuka download center, 2020 URL: <https://www.kuka.com/de-de/services/downloads?terms=Language:de:1;Language:en:1Language:en:1&q=> (Uporabljeno 11. 12. 2020).
- [5] SIEMENS AG. Siemens Documentation center. 2020. URL: https://docs.plm.automation.siemens.com/tdoc/nx/1847/nx_help#uid:index (Uporabljeno 11. 12. 2020).
- [6] UNIVERSAL ROBOTS. Content library. 2020. URL: <https://www.universal-robots.com/de/content-library/> (Uporabljeno 11. 12. 2020).