

# Automatska obradna ćelija

---

**Kulaš, Josip**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2016**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:243107>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-05**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
STROJARSKI ODJEL  
Stručni studij Mehatronike

Josip Kulaš

# **AUTOMATSKA OBRADNA ČELIJA**

Završni rad

Karlovac, 2016.

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
STROJARSKI ODJEL  
Stručni studij Mehatronike

Josip Kulaš

# **AUTOMATSKA OBRADNA ČELIJA**

Završni rad

Mr.sc. Vedran Vyroubal

Karlovac, 2016.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se svom mentoru mr.sc. Vedranu Vyroubalu na strpljenju i svim potrebnim informacijama koje su mi bile potrebne za izradu ovog rada.

Ovom prilikom zahvaljujem se i tvrtki LTH metalni lijev d.o.o. Benkovac što su mi omogućili korištenje strojeva za izradu ovog rada te što su mi omogućili sve potrebne informacije.

Također se zahvaljujem svojoj obitelji koja mi je uvijek bila velika potpora te prijateljima koji su bili uz mene i davali mi poticaj za učenje.

Josip Kulaš



## VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Stručni studij: **Mehatronika**

Karlovac, 25.11.2016.

### ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: JOSIP KULAŠ

Matični broj: 0112611072

Naslov: **Automatska obradna ćelija**

Opis zadatka:

Zadatak završnog rada je opisati rad automatske obradne ćelije, sastavne dijelove, te postupak konstruiranja automatske ćelije. U radu će biti prikazani svi dijelovi, njihove uloge te kako je što povezano u cijelom sustavu.

Rad treba obuhvatiti sljedeće cjeline:

1. Općeniti prikaz rada automatske obradne ćelije  
princip rada glodaćeg obradnog centra; princip rada robota;
2. Mehanički zahtjevi  
princip izmjene alata;
3. Elektronički zahtjevi  
međusobna komunikacija uređaja koji čine cijelinu automatske obradne ćelije;
4. Softverski zahtjevi  
programiranje robota i glodaćeg obradnog centra;
5. Primjene uređaja

Zadatak zadan:

25.11.2016.

Rok predaje rada:

1.6.2017.

Predviđeni datum obrane:

Petnaest dana nakon predaje rada

Mentor:

mr.sc. Vedran Vyroubal

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

Marijan Brozović, dipl. ing.

## SADRŽAJ

SADRŽAJ .....	I
POPIS SLIKA .....	II
SAŽETAK .....	III
1. Uvod .....	1
2. Robot i upravljačka jedinica .....	2
3. PLC .....	9
4. GOC (glodaći obradni centar) .....	11
5. Plan izgradnje obradne ćelije .....	17
5.1. Temelj obradne ćelije .....	17
5.2. Postavljanje i niveliranje GOC-a .....	18
5.3. Ispitivanje točnosti GOC-a .....	18
5.4. Postavljanje robota u obradnu ćeliju .....	20
5.5. Priprema komada za obradu .....	21
5.6. Kontrola procesa pomoću kamere .....	23
5.7. Priprema obrađenih komada za mjerenje .....	24
5.8. Mjerenje obrađenih komada .....	25
5.9. Upravljanje automatizacijom ćelije .....	26
5.10. Izgradnja zaštitne ograde .....	27
6. Programiranje robota .....	29
7. Programiranje GOC-a .....	35
8. Zaključak .....	40
PRILOZI .....	41
LITERATURA .....	42

## POPIS SLIKA

Slika 1. Robot ABB IRB 2400 .....	2
Slika 2. Griper (lijevo), Bijax (desno) i kompletan griper u ćeliji (dolje).....	3
Slika 3. Jedinica za upravljanje .....	3
Slika 4. Troax zaštitna brava .....	4
Slika 5 I/O kartica sa spojenim signalima .....	5
Slika 6. IRC 5 panel (kontroler) .....	6
Slika 7. Inkrementalni enkoder .....	6
Slika 8. Apsolutni enkoder .....	7
Slika 9. Žiroskop .....	8
Slika 10. PLC kontroler Siemens .....	9
Slika 11. Elektro ormar i PLC uređaj .....	10
Slika 12. Izgled PLC programa .....	10
Slika 13. Glodaći obradni centar .....	11
Slika 14. AIA, direktna i pomoću poluge.....	12
Slika 15. Prikaz mikroprekidača za kontrolu nalijeganja komada .....	13
Slika 16. Izgled komada na stegi i kontrola nalijeganja.....	14
Slika 17. Vodena pumpa kao gotovi proizvod (lijevo) i sirovac (desno).....	14
Slika 18. Program glodaćeg obradnog centra i naredbe za gibanja .....	15
Slika 19. Prikaz simulacije obrade u softveru .....	16
Slika 20. Izgled temelja obradne ćelije .....	17
Slika 21. Specijalni podmetač za niveliranje stroja i temeljni vijak .....	18
Slika 22. Envelopa gibanja robota.....	20
Slika 23. Postolje robota.....	21
Slika 24. Prikaz ormara za pripremu sirovaca .....	22
Slika 25. Induktivni senzor.....	22
Slika 26. Pneumatski cilindar s induktivnim senzorima .....	23
Slika 27. Prikaz industrijske kamere i slike sirovca u griperu .....	24
Slika 28. Prikaz kade za ispiranje i ispuhivanje obrađenih komada .....	24
Slika 29. Prikaz milimara (lijevo) i mjernog trna (desno).....	25
Slika 30. Prikaz mjerenja komada i kalibriranja mjernog trna.....	26
Slika 31. Prikaz zaslona upravljačke jedinice .....	27
Slika 32. Prikaz elemenata za konstrukciju zaštitne ograde.....	27
Slika 33. Prikaz zaštitne ograde .....	28
Slika 34. Prikaz "main" funkcije .....	29
Slika 35. Prikaz TCP-a .....	30
Slika 36. Prikaz definiranja radnog prostora robota.....	31
Slika 37. Prikaz police za ostavljanje obrađenih komada .....	34
Slika 38. Prikaz tehnološke dokumentacije o reznim alatima.....	35
Slika 39. Prikaz programa GOC-a.....	37
Slika 40. Prikaz naredbi za programiranje GOC- a.....	38
Slika 41. DEA – uređaj za mjerenje obrađenih komada .....	39

## **SAŽETAK**

U ovom radu opisan je suvremeni princip rada automatske obradne ćelije i svih potrebnih uređaja za dobru proizvodnost. Čovjek u nekim poslovima koji traže veliku preciznost i točnost ne može fizički i psihički izdržati takav način rada. Za takve poslove postoje roboti koji konstantno i točno obavljaju svoju dužnost, i za njima je sve veća potreba.

Opisani su PLC uređaji i njihov način rada te komunikacije s ostalim perifernim uređajima. Kada govorimo o obradnoj ćeliji moramo se dotaknuti i strojeva koji izvršavaju glavnu funkciju, stoga smo za ovaj primjer opisali GOC (glodaći obradni centar) i alate koji se koriste za obradu te kako kontroliramo kvalitetu obrađenog komada.



## 1. Uvod

Kada pričamo o automatskoj obradnoj ćeliji najprije možemo pomisliti na robota koji je zapravo i čine automatiziranom. Razmišljanja ljudi o robotima su različita, neki misle da su to uređaji koji će jednog dana zamijeniti svakodnevne ljudske aktivnosti, dok većina uopće nema neko konkretno razmišljenje o tom. Naime, roboti su uređaji koji služe za pomoć ljudima u svakodnevnim poslovima i može raditi u uvjetima u kojima čovjek ne može, a robotika je nauka s dizajnom, proizvodnjom, teoretskim proučavanjem i upotrebom robota. Riječ „robot“ prvi put susrećemo u 20. stoljeću u drami „R.U.R.“ (Russumovi univerzalni roboti) češkog književnika K. Čapeka. Nakon 1950. godine, količina i kompleksnost kompjutora i robota se počela naglo povećavati pa tako možemo reći da su suvremeni roboti nastali 50-ih godina prošlog stoljeća u SAD-u. Amerikanac G. Devol je 1954. godine patentirao uređaj koji bi se mogao smatrati pretečom današnjeg industrijskog robota. U suradnji s J. Engelbergerom izradio je 1958. godine i prvi robot Unimate. Neke od poznatih svjetskih brendova u robotici su:

- ABB
- Kuka
- Fanuc
- Motoman i dr.

Automatska obradna ćelija je ćelija koja se sastoji od više uređaja koji međusobno komuniciraju i izvode operacije prema zadanom programu bez utjecaja čovjeka.

U ovom radu ćemo opisat automatiziran rad ABB robota s glodaćim obradnim centrom (GOC), Chiron DZ 15 W i ostalim perifernim uređajima. Automatizirana proizvodnja podrazumijeva veliki broj senzora, sklopki, prekidača i drugih elemenata koji moraju imati veliku točnost i jako fin način rada da ne bi došlo do neželjenih pogrešaka, jer je na prvom mjestu sigurnost čovjeka, a onda i niz drugih stvari kao što su jako skupa cijena svih dijelova za automatizaciju bilo kojeg stroja ili ćelije.

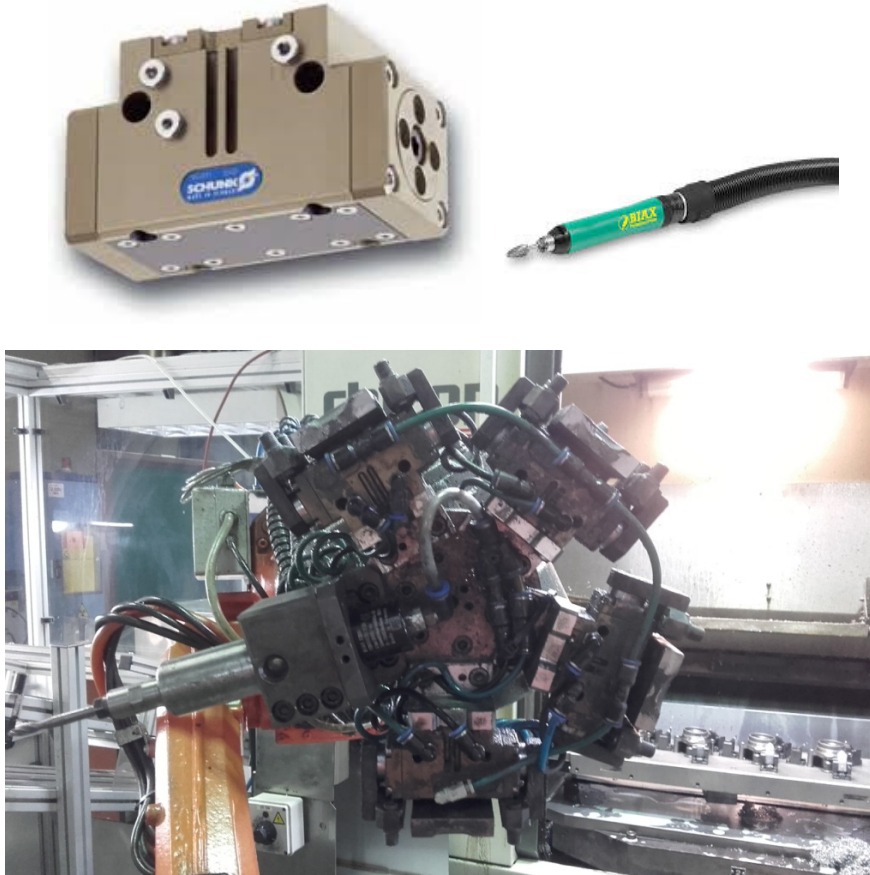
## 2. Robot i upravljačka jedinica

Robot kao cjelina je dosta kompliciran jer se sastoji od mnoštva senzora i motora koji služe za njegovo upravljanje. Također se može reći da je robot mehanički dosta složen jer cijela njegova konstrukcija mora biti prilagođena tako da se može kretati u svim smjerovima (Kartezijev trodimenzionalni koordinatni sustav), i mora izdržati opterećenje tako da s vremenom ne dođe do mehaničkog pomicanja komponenti robota jer je jako bitno da robot ima veliku točnost i nakon velike učestalosti ponavljanja istih operacija.



**Slika 1. Robot ABB IRB 2400**

Svi roboti koji se koriste u automatizaciji moraju se prilagoditi poslu koji će obavljati, tj. na robotsku ruku se mora montirati alat koji će obavljati posao, npr., u automobilskoj industriji se može montirati aparat za točkasto zavarivanje ili pištolj za farbanje te mnoge druge stvari. U ovom slučaju koristiti ćemo specijalni griper za uzimanje i ostavljanje komada u GOC-u te bijax za obradu oštih bridova. Za griper možemo reći da je pneumatski ventil s dva razvodna položaja (otvori, zatvori) na kojeg možemo montirati odgovarajuće „prste“ za prihvat komada, a bijax je pneumatski motor koji stvara rotacijsko gibanje i na njega se može postaviti glodalo.



**Slika 2. Griper (lijevo), Bijax (desno) i kompletan griper u ćeliji (dolje)**

Da bi sve bilo automatizirano mora postojati i jedinica za upravljanje i programiranje robota. Takve jedinice uglavnom se nalaze izvan automatske ćelije da bi bile dostupne u svakom trenutku i da se smanji opasnost od mehaničkih oštećenja.



**Slika 3. Jedinica za upravljanje**

Jedinica za upravljanje je u obradnoj ćeliji povezana s jedinicama za upravljanje od drugih strojeva i uređaja. Ona na osnovu primljenih i danih signala upravlja s robotom i njegovim gibanjima. Jedinica za upravljanje se sastoji od sljedećih elemenata:

- Control module – kompjuter
  - floppy ili usb
  - I/O kartica, (kartica ulaznih i izlaznih signala)
  - prenosivi panel ili kontroler za upravljanje (teach pendant)
- Drive module – transformator
  - jedinica za napajanje električnom energijom svih elemenata
  - drive sistem (sistem za upravljanje elektro motorima u robotu)

Programiranje robota može se izvesti u softverima poput „Robot studija“ (uredsko programiranje) tako da sve komponente ćelije moraju biti postavljene i montirane točno po nacrtu. Takvi slučajevi su rijetki, stoga se radi (pogonsko programiranje) jer je tako najlakše uočiti kretnje i točne pozicije robota. Robot ima dva načina rada:

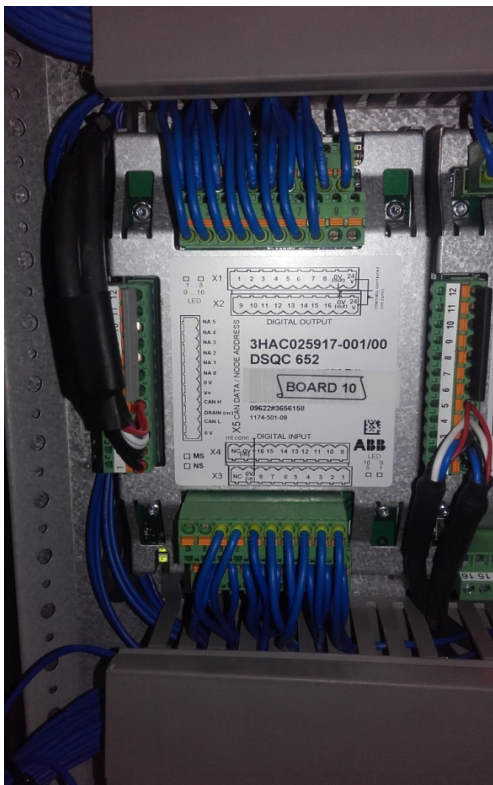
- automatski način rada (Auto) i
- ručni način rada (Jog).

Naravno, programiranje se izvodi u ručnom načinu rada i tada robot ima puno sporije kretnje i omogućeno je prisustvo čovjeka u ćeliji, dok se u automatskom modu koristi sklopka koja onemogućuje ulazak u ćeliju, a uglavnom su postavljene na vrata za ulazak u ćeliju.



**Slika 4. Troax zaštitna brava**

U softverima se za komunikaciju između dva uređaja koriste signali od nekih drugih uređaja ili prema nekom uređaju. U robotskoj jedinici za upravljanje postoje I/O kartice, tj kartice za ulazne i izlazne signale, a mogu biti relejne i tranzistorske. Svi signali koji se koriste u programu moraju biti fizički spojeni u kartice i adresirani u memoriju robota, drugim riječima svaki signal ima svoje mjesto na kartici i pod zadanim nazivom se može koristiti u programu.



Slika 5 I/O kartica sa spojenim signalima

Zbog ugodnijeg i lakšeg programiranja kontroler na kojem se može vidjeti mnoštvo informacija, osim programa, je prenosiv i jednostavan tako da se može prići svakoj poziciji koja se mora promijeniti i može se vidjeti točna pozicija robota. Kontroler prvenstveno služi za učitavanje programa i programiranje ali na njemu se također mogu vidjeti signali koji su aktivni i simulirati signale i program. Također se može podesiti brzina gibanja robota, TCP (Tool Centar Point) ili točka vrha alat (određuje je programer) i zona gibanja. Zona je programska naredba koja omogućava skretanje robota prije zadane točke u sljedeću točku za određenu vrijednost koju postavlja programer. Ta naredba je od velike važnosti jer ona može odlučiti jednim djelom o vijeku robota.

Ako se ta naredba ne koristi ili su zone jako male veliko opterećenje trpe elektro motori i mjenjači koji pogone osi robota jer pri velikim brzinama mijenjaju smjer vrtnje motora i mjenjača.

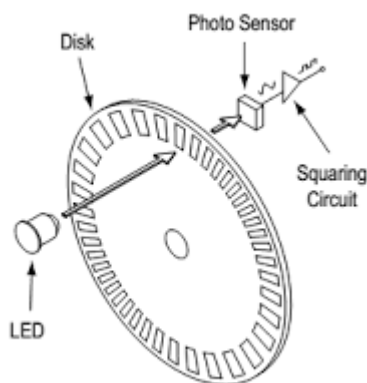


**Slika 6. IRC 5 panel (kontroler)**

Kontrola rada motora robota i povratne informacije u upravljačku jedinicu iz robota dolaze od sljedećih elemenata:

- Inkrementalni ili apsolutni enkoder
- Tahogenerator
- Žiroskop

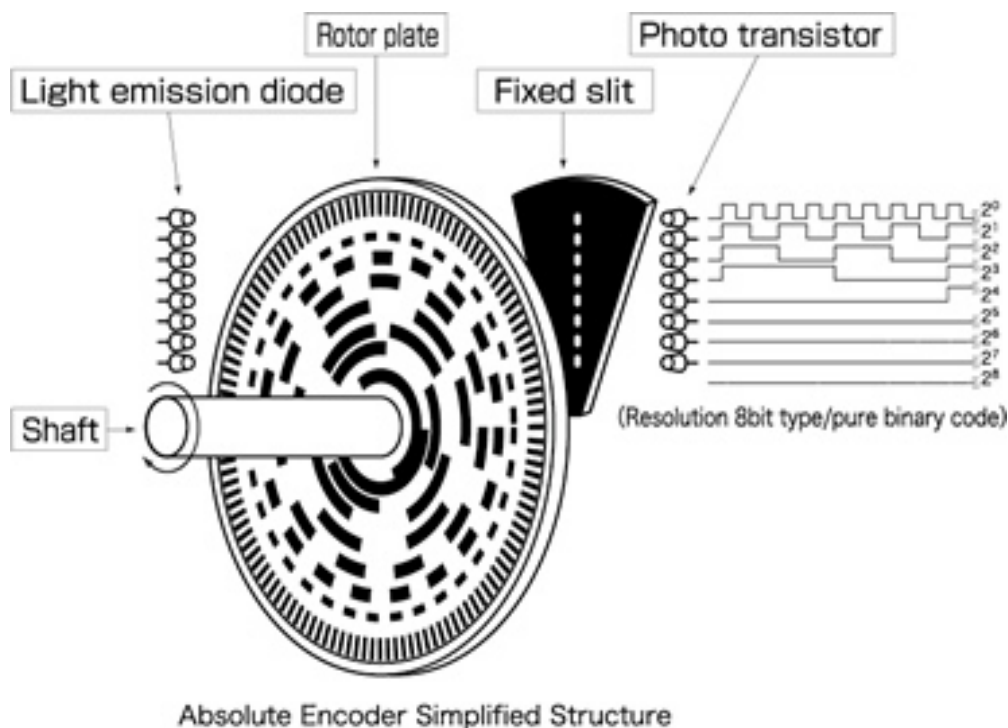
Inkrementalni enkoderi su uređaji ili senzori koji služe za mjerenje kuta okretaja vratila motora pomoću fotoelektričnog efekta. Mehanički se vežu za osovinu motora te pomoću optoelektričnih komponenti generira slijed električnih impulsa čija je frekvencija proporcionalna brzini vrtnje.



**Slika 7. Inkrementalni enkoder**

Pri rubu diska načinjena je optička rešetka koja se sastoji od svijetlih i tamnih segmenata i nalazi se između izvora svjetlosti i fotosenzora. Svjetlosni tok pada na fotosenzor kada se na njegovom putu nalazi svijetli segment rešetke a blokiran kada mu se zbog rotacije diska na putu nalazi tamni segment. Na taj način generira pulsirajući napon na fotosenzoru koji se potom oblikuje u pravokutne impulse prikladne za brojanje pomoću odgovarajućih digitalnih sklopova.

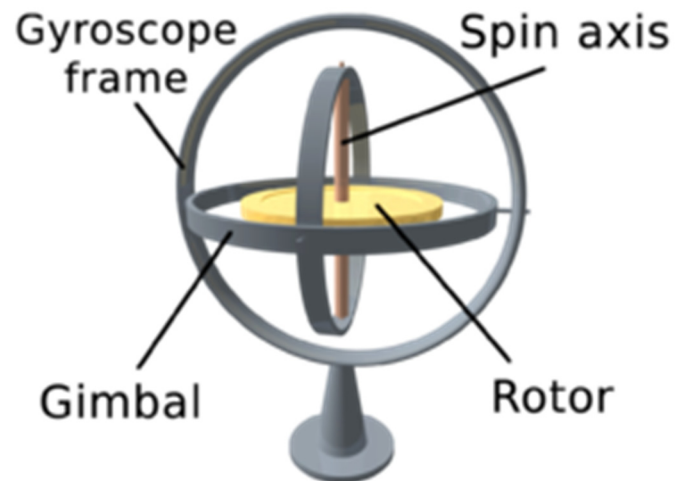
Apsolutni enkoder ima isti princip rada kao i inkrementalni samo što se kod apsolutnog enkodera koristi kodna ploča. S povećanjem broja tragova povećava se i točnost mjerenja kuta što je kod apsolutnog enkodera lakše izvedivo nego kod inkrementalnog.



Slika 8. Apsolutni enkoder

Za tahogenerator se može reći da je generator istosmjerne struje koji služi za pretvorbu kutne brzine motora u elektroničku vrijednost. Sastoji se od rotora s namotajem koji je pomoću reduktora spojen na osovinu motora i rotira se unutar magnetskog polja uzrokovanog magnetima u statoru. Rotacijom motora okreće se rotor te inducira napon ovisno o brzini vrtnje.

Žiroskop je senzor rotacije, a kod robota se koristi za stabilnost robota prilikom kretanja. Naime, rotacija tijela izaziva inercijsku silu koja os rotacije zadržava usmjerenu u fiksnom pravcu, ukoliko nema djelovanja vanjskih sila.



**Slika 9. Žiroskop**



### 3. PLC

PLC je programibilni logički kontroler tj industrijsko računalo koje se sastoji od memorije, procesora, industrijskih ulaza i izlaza (signala). Najviše se koristi kao dio upravljačkih automatskih sustava u industriji. Njegov program se može jednostavno mijenjati te je pogodan za brza rješenja. PLC program se izvršava ciklično i sastoji se od tri faze:

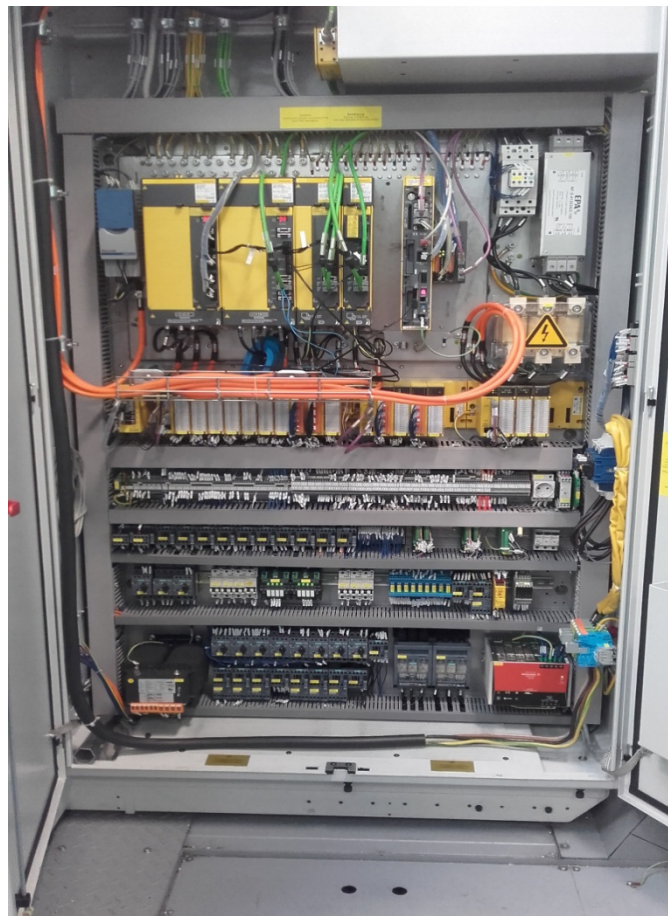
- čitanje ulaznih varijabli
- izvršavanje programa
- ispisivanje izlaznih varijabli

Projektiran je za teške uvjete rada, otporan je na vibracije, temperaturne promjene, i električne smetnje, a program se pamti u unutrašnjoj memoriji uređaja i kad on ostane bez napajanja.

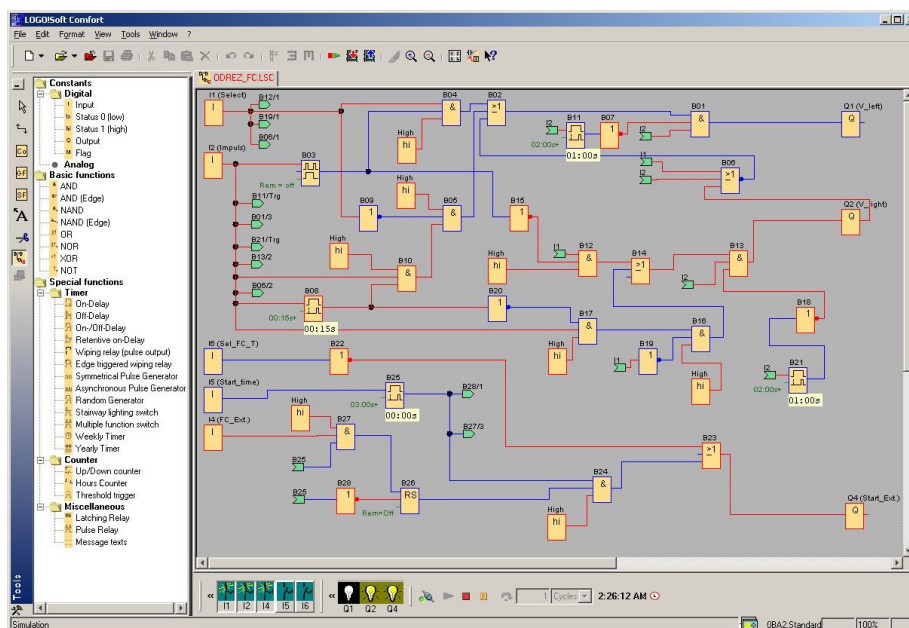


Slika 10. PLC kontroler Siemens

PLC uređaj nije ograničen s brojem ulaznih i izlaznih signala već se po potrebi može nadograditi jedan ili više modula s ulazima i izlazima. U većini slučajeva se ugrađuje u elektro ormare gdje je instalirano cijelo elektro upravljanje stroja. Programiranje kao i svako drugo je dosta komplicirano jer se mora paziti na puno signala i mora se imati jasna predodžba kako bi stroj trebao funkcionirati i u kojem trenutku treba dati koji signal jer svaki pogrešan signal ili dat u pogrešno vrijeme može napraviti veliku štetu. Zbog lakšeg programiranja postoje simulacije koje opisuju rad programa i simuliraju signale.



Slika 11. Elektro ormar i PLC uređaj



Slika 12. Izgled PLC programa

#### 4. GOC (glodaći obradni centar)

Glodanje je postupak obrade odvajanjem čestica, a GOC (glodaći obradni centar) je numerički upravljani alatni stroj s automatskom izmjenom alata (AIA), koje omogućuje kompletnu obradu složenih proizvoda. Glodaći obradni centar može raditi kao samostalan stroj, a može se povezati i u fleksibilni obradni sustav. Može raditi bez prisutnosti operatera ako ima spremište paleta ili je fleksibilni obradni sustav ili s prisutnosti operatera.



Slika 13. Glodaći obradni centar

Postoji više vrsta izvedbi obradnih centara, a osnovna podjela im je ovisno o položaju glavnog vretena, te se dijele na:

- horizontalne
- vertikalne te
- horizontalno-vertikalne obradne centre.

Sve operacije na obradnom centru, gibanje alata i stola, izmjena alata, promjena režima obrade, odvijaju se automatski pomoću numeričkog programa unesenog u upravljačku jedinicu stroja. Osnovna obilježja su visok stupanj automatizacije, automatska izmjena alata i često poluautomatska izmjena radnog predmeta.

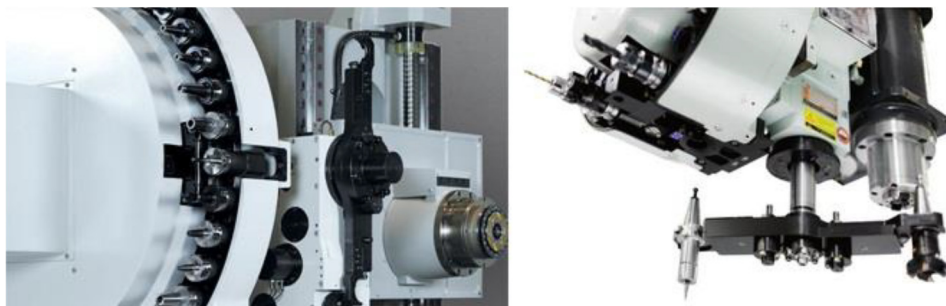
Automatska izmjena alata je današnjice dosta proširena iz više razloga:

- koncentracije operacija koje se mogu obaviti u jednom stezanju obratka
- skraćanja pomoćnog vremena obrade
- automatiziranog rada alatnog stroja
- fleksibilnosti alatnog stroja

Automatska izmjena alata (AIA) na glodaćim obradnim centrima može se izvoditi na dva načina:

- AIA preko manipulatora (poluge)
- Direktna AIA

AIA zahtjeva adresiranje svakog alata u spremištu alata da bi se u programu mogao pozvati neki alat i da bi AIA bila učinkovita. GOC koji koristimo za obradu ima direktnu izmjenu alata. Takav način izmjene alata je daleko brži nego s polugom jer je cijelo spremište zajedno s alatima nalazi pokraj ili oko glavnog vretena. Nedostatci ovakvih izvedbi su ograničenost broja alata ( $\approx 25$ ) te nemogućnost dodavanja dodatnih rotacijskih osi na glavno vreteno.



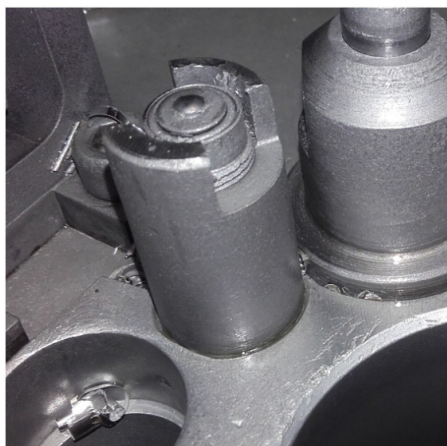
**Slika 14. AIA, direktna i pomoću poluge**

Za potrebe obrade komada prikazanog na slici 17. koristiti ćemo vertikalni glodaći obradni centar koji ima tri translacijske osi X, Y, i Z te dvije rotacijske osi koje su izvedene na okretno nagibnom stolu. Dodatne osi na okretno nagibnom stolu su osi rotacije A i B oko X i Z osi. Kod tako zahtjevnog programiranja koriste se softveri koji sami određuju kuteve i nagibe okretnog stola. Također zbog veće proizvodnosti stroj može imati dvije obradne palete tako da, dok se na jednoj paleti vrši izmjena obrađenih komada i sirovaca (neobrađenih komada), na drugoj paleti se vrši obrada.

Paleta može biti izvedena na više načina, zavisi o tome kakav je obradak, kako će se obrađivati i koliko obradaka će biti na jednoj paleti. Stezanje obradaka na paleti može se podijeliti na:

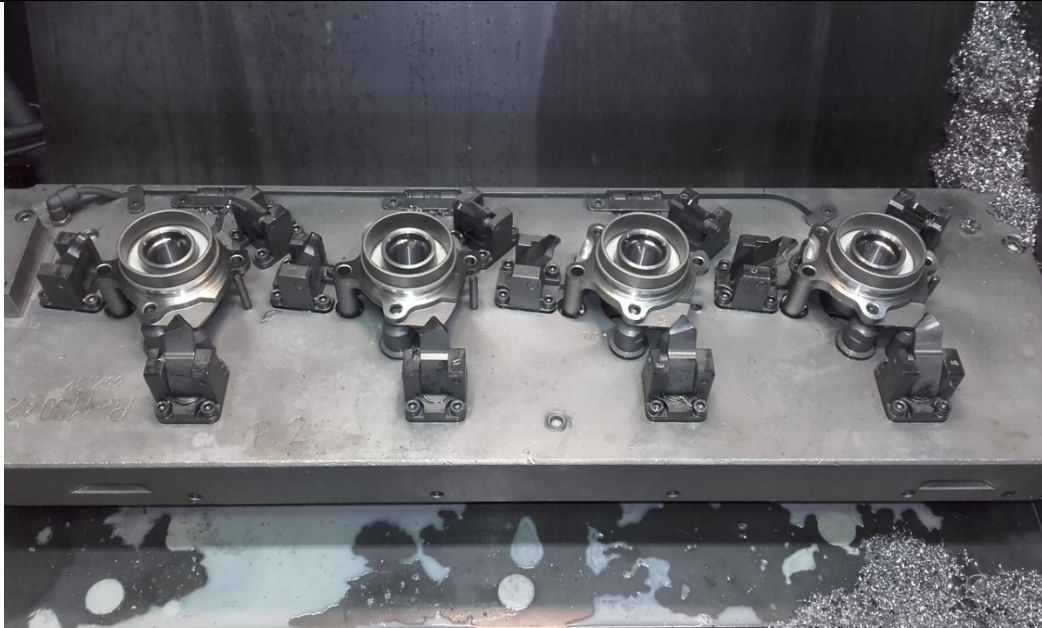
- Mehaničko stezanje (električne, hidraulične, pneumatske)
- Magnetske stege (permanenti magneti, elektromagneti)
- Vakuumske stege (usisnik, ploča s prorezima, ploča s rešetkom)
- I ostala rješenja (adhezivne folije, piezoelektrični pogoni i dr.)

Problem kod mehaničkih i vakuumskih stega je to što se može dogoditi da prilikom obrade višak obrađenog materijala (strugotina) zaglavi u stegi i stega mehanički ne odradi svoju funkciju do kraja. Dobro rješenje za to u automatizaciji pri velikoj točnosti obrade nameće kontrola nalijeganja komada na stegu. To se može izvesti na jednostavan i učinkovit način pomoću jeftinih mikroprekidača.



**Slika 15. Prikaz mikroprekidača za kontrolu nalijeganja komada**

Nalijeganje komada u stegi kontrolira se pomoću mikroprekidača koji se aktivira u jako malom hodu (2-3mm). Princip rada je uspostaviti strujni krug kroz kontakte prekidača, kada se komad dobro postavi na stegu i tada PLC dobije informaciju da su komadi stegnuti u stegi, u suprotnom PLC ne dobije signal i komadi ne mogu ići na u obradu. S ovakvim postupkom se sprječava lom alata i dodatni troškovi. U ovom slučaju imamo četiri stege na dvije palete i svaka stega ima zasebno kontrolu nalijeganja.



**Slika 16. Izgled komada na stegi i kontrola nalijeganja**

Konkurencija u svim granama poslovanja je jako velika i zahtjevi kupca su veliki, stoga treba obratiti pozornost prvenstveno na kvalitetu proizvodnje i produktivnost proizvoda. U ovom radu ćemo opisati proizvodnju komada koji se ugrađuje u automobile Volkswagen grupacije a služi kao pumpa koja tlači vodu (rashladnu tekućinu) u cilindre motora te s protjecanjem odnosi toplinu i hladi cilindre.



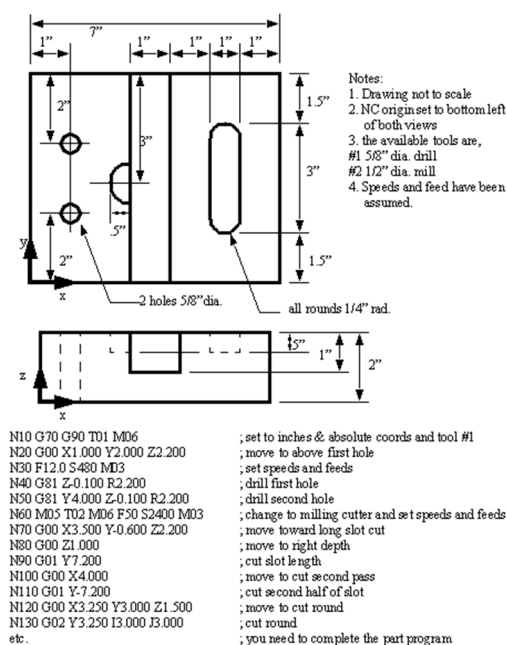
**Slika 17. Vodena pumpa kao gotovi proizvod (lijevo) i surovac (desno)**

Obrada cijelog komada nije potrebna, obrađuju se samo dijelovi koji moraju biti u propisanoj toleranciji, na koje naliježu ležajevi, osovine ili fini dijelovi koji zahtijevaju određenu finu toleranciju. Da bi proizvod bio produktivan, moramo uzet u obzir brzinu obrade komada s minimalnim trošenjem alata za obradu i minimalno potrebno vrijeme obrade. S takvim zahtjevima GOC ima dva horizontalna glavna vretena razmaknuta 300 mm. pa s izvršavanjem jednog programa obrađuje dva komada. Ciklus obrade stroja za okret palete iznosi 1min. i 27 sekundi, a za obradu komada koristimo pločice za glodanje od pkd (polikristalični, dijamantni) materijala i vhm (tvrđi metal) jer imaju veliku otpornost na trošenje i otpornost pri visokim temperaturama.

Kao rashladnu tekućinu koristimo emulziju koja između ostalog odnosi i strugotinu s obratka zbog manjeg grijanja alata. Hlađenje se odvija kroz glavno vreteno stroja tj. kroz alat te s vanjske strane alata.

Emulzija je smjesa vode (80%) i ulja (20%), a služi za hlađenje prilikom obrade odvajanjem čestica te također za podmazivanje obrade zbog boljih svojstava.

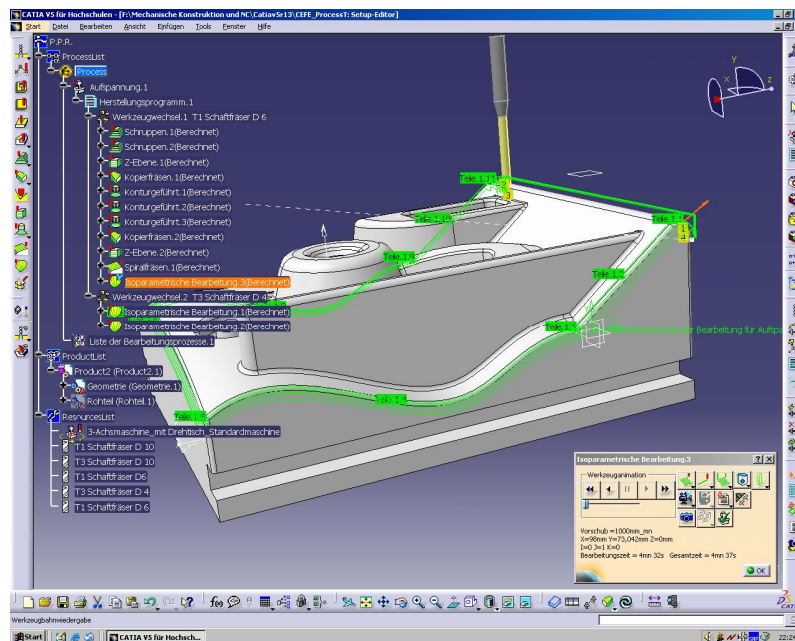
Programiranje GOC-a malo je drukčije nego robotsko programiranje. Glodači obradni centar kao program koristi G-kod tj. gotove naredbe za gibanje alata a signale i dopuštenja za neka gibanja dobiva iz posebnog PLC programa, dok kod robotskog programiranja se u istom programu koriste signali i naredbe za gibanje robota.



Note: The program above will cut the 1" slot too narrow. How can we fix that?

Slika 18. Program glodaćeg obradnog centra i naredbe za gibanja

CNC programiranje može se izvoditi ručno i pomoću softvera za programiranje u kojima se mogu odraditi i simulacije obrade. Uglavnom se ručno programiranje koristi za manje programe jer se kod ručnog programiranja mogu izbjeći neke naredbe koje u softverskom programu vremenski produžuju obradu, što u serijskoj proizvodnji nije poželjno.



Slika 19. Prikaz simulacije obrade u softveru

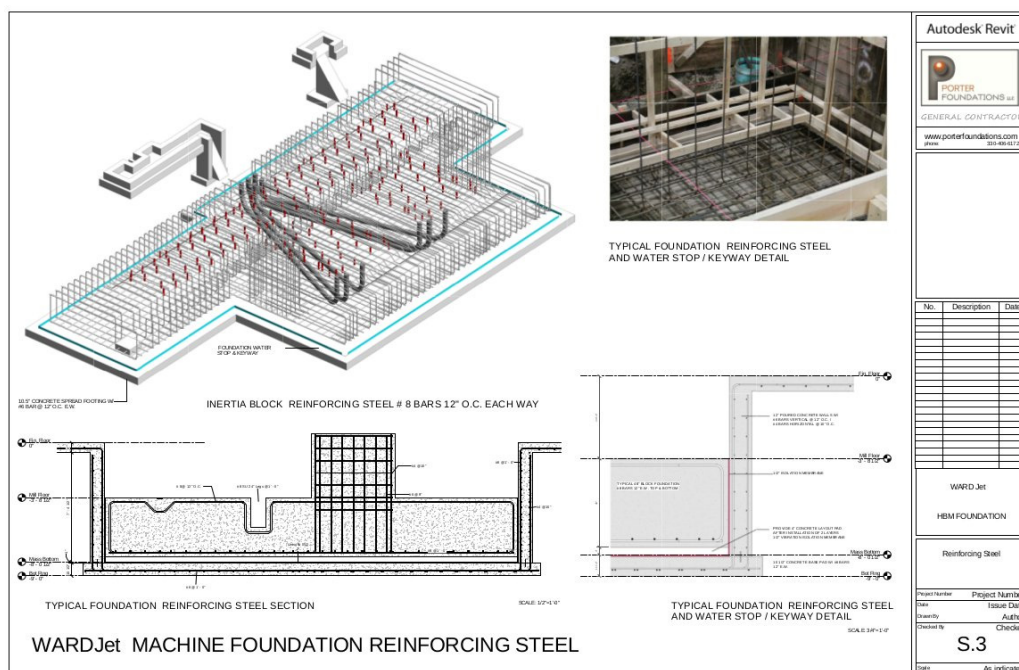


## 5. Plan izgradnje obradne ćelije

Nakon što smo objasnili kako funkcioniraju neki osnovni elementi u obradnoj ćeliji možemo prijeći na planiranje i konstruiranje ćelije. Planiranje zahtjeva dobre vještine organizacije prostora i poznavanje ekoloških standarda te načina rada pojedinih strojeva. Ćelija mora biti pozicionirana tako da se može pristupiti ćeliji zbog transporta i da se može pristupiti svim elementima zbog kvara ili održavanja nekih dijelova. Izgradnja automatske ćelije također nameće zahtjeve dovoda industrijskog zraka za pneumatiku ćelije, industrijsku vodu za ispiranje ćelije i miješanje emulzije, potrebnu snagu električne energije za cijelu ćeliju te kanale za električne instalacije i odvodne priključke za odvođenje prljavštine iz ćelije. Sve to mora biti postavljeno tako da ne zauzima prostor u ćeliji i oko nje pa se uglavnom takve instalacije ugrađuju u temelj obradne ćelije.

### 5.1. Temelj obradne ćelije

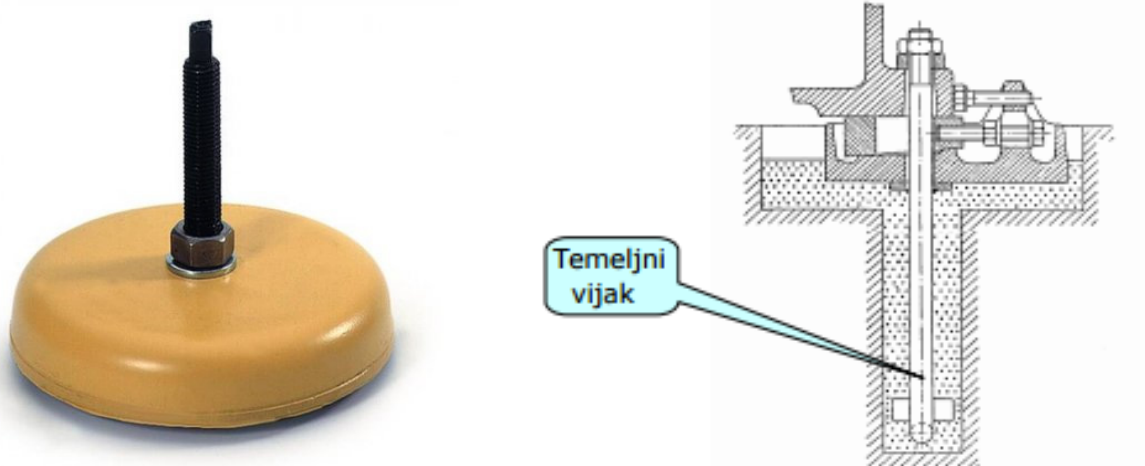
Temelj obradne ćelije također služi za sprječavanje utjecaja vibracija s ostalih ćelija i obrnuto. Za izgradnju postoje posebne vrste nasipa i betona, a konstruirane su tako da imaju mali nagib u slučaju istjecanja neke tekućine da se ne zadržava u ćeliji već da se sakuplja u jednu točku i odlazi u odvodne kanale.



Slika 20. Izgled temelja obradne ćelije

## 5.2. Postavljanje i niveliranje GOC-a

Kad smo izgradili temelj možemo prijeći na postavljanje GOC-a na već određeno mjesto u nacrtu. Niveliranje stroja je postavljanje stroja u horizontalni položaj, tj. precizno pozicioniranje svih ravnih i cilindričnih površina u odnosu na horizontalnu os, a pošto je temelj pod malim nagibom, stroj ima zasebno niveliranje pomoću specijalnih podmetača koji ujedno služe i smanjenju prijenosa vibracija sa stroja na temelj. Kod većih strojeva su i posebni zahtjevi pa se temelj izrađuje od armiranog betona a stroj se pozicionira na temeljne vijke.



Slika 21. Specijalni podmetač za niveliranje stroja i temeljni vijak

## 5.3. Ispitivanje točnosti GOC-a

S obzirom da se radi o veliko serijskoj proizvodnji nakon temeljenja i postavljanja stroja obavezno se mora ispitati točnost stroja da bi mogao raditi bez prestanka i biti funkcionalan. Ispitivanje se obavlja u tri kategorije:

- Ispitivanje geometrijske točnosti
- Ispitivanje točnosti i ponovljivosti pozicioniranja NU osi
- Ispitivanje radne točnosti stroja.

**Ispitivanje geometrijske točnosti** podrazumijeva odstupanja položaja i oblika vitalnih dijelova stroja za gibanje vođenje i nošenje u neopterećenom stanju kao što su:

- glavno vreteno
- vodilice
- stolovi
- suporti

Ispitivanje geometrijske točnosti alatnih strojeva izvodi se kod sklapanja novih strojeva ili remonta, a postupak ispitivanja i dopuštena odstupanja geometrijske točnosti ovise o tipu alatnog stroja i odnose se na provjeru njegovih sastavnih dijelova s obzirom na paralelnost, okomitost, ravnost, ekscentričnost.

### **Ispitivanje točnosti i ponovljivosti pozicioniranja osi NUAS**

Točnost je odstupanje zauzete pozicije pomičnog djela na osi u odnosu na zadanu poziciju, a pouzdanost je ponovljivost zauzimanja iste pozicije u više navrata bez obzira na smjer prilaznja. Mjerenje točnosti za svaku poziciju treba vršiti najmanje pet puta, a smetnje mogu uzrokovati vanjski izvori kao što su:

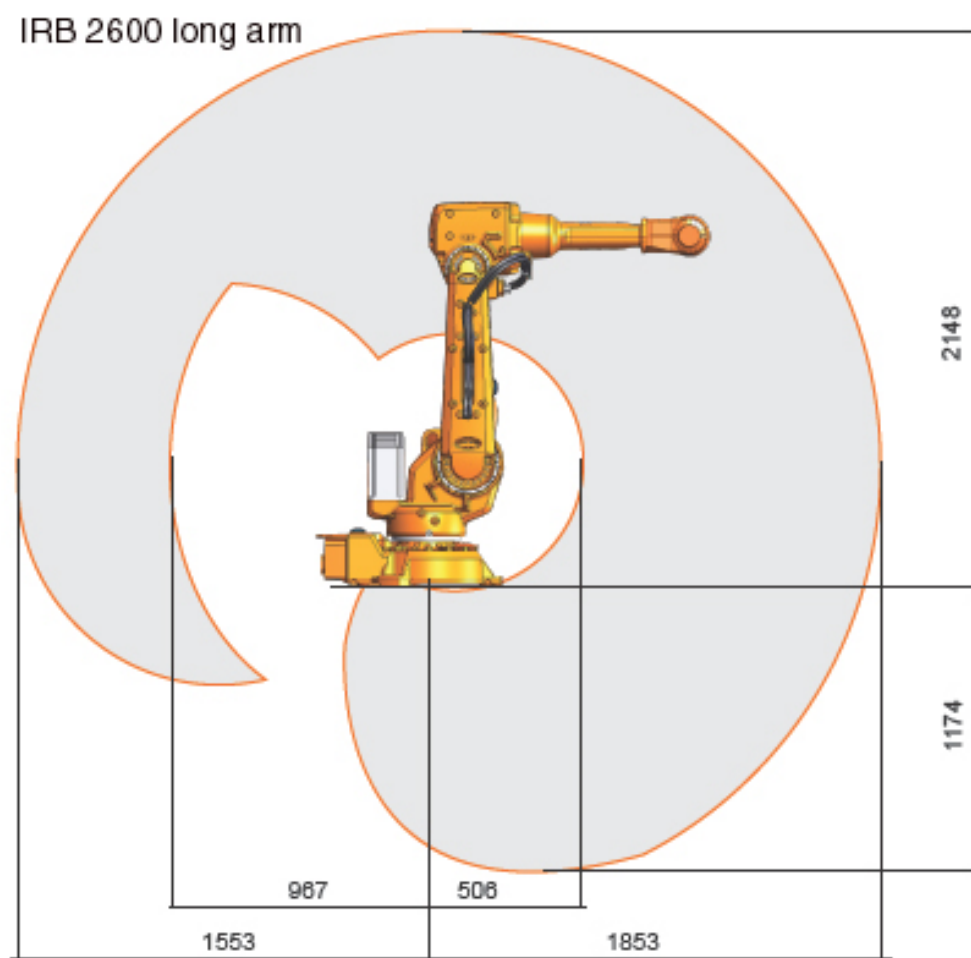
- promjenjiva temperatura zraka u radnom prostoru
- direktno zračenje sunca
- blizina izvora topline

### **Ispitivanje radne točnosti stroja**

Ispitivanje radne točnosti se vrši ispitivanjem točnosti izrade standardiziranim probnim uzorkom ili karakterističnim uzorkom iz proizvodnje.

#### 5.4. Postavljanje robota u obradnu ćeliju

U obradnoj ćeliji veliku ulogu igra robot jer on zapravo ćeliju i čini automatiziranom. Robot je stroj koji radi većinu posla u ćeliji pa tako u ovoj ćeliji posluhuje GOC, uzima obrađene komade iz stroja, ispire i ispuhuje obrađene komade, mjeri ih na uređaju koji mu daje informaciju jesu li obrađeni komadi dobri ili loši, te ih prema tome odlaže na određene pozicije za odlaganje. Ovisno o sirovcu, osnovni uvjeti za izbor robota su prvenstveno cijena a potom maksimalni doseg robota i težina koju može nositi (kao na slici 22.) Maksimalna nosivost robota kojeg smo odabrali za ćeliju je 7- 20 kg. a maksimalni doseg je 1,81 m. Kao što smo rekli cijena je najbitnija stavka, a ako su sirovci lagani samim tim nameće se ograničenje dosega robota, pa se prema tome može robot također kao i stroj postavljati direktno na temelj, a može se i postaviti na postolje koje je dosta čvrsto da izdrži težinu i vibracije, pa s tim dobijemo malo veći doseg robota, a predodžbu gibanja i dosega robota možemo opisati „envelopom gibanja robota“.



Slika 22. Envelopa gibanja robota



**Slika 23. Postolje robota**

### **5.5. Priprema komada za obradu**

Svaka automatizacija zahtjeva pripremu sirovaca, a može biti automatska i u ljudskom prisustvu, iako se svaka automatizacija svodi na ljudski faktor. U ovoj ćeliji priprema sirovaca se obavlja automatski, nakon što se sirovci poslože u ormar za pripremu. Ormar mora biti dobro učvršćen na poziciji na koju je postavljen, jer u slučaju pomaka ormara treba korigirati svaku poziciju na kojoj robot uzima sirovce, što je dodatno gubljenje vremena. Konstruiran je tako da se sastoji od 4 police i na svakoj polici 42 mjesta za sirovce. Mjesta za sirovce su jednako razmaknuta jedna od drugih zbog lakšeg prilaženja robota i točnog pozicioniranja. Police imaju sustav uvlačenja i izvlačenja te blokiranja police u izvučenom i uvučenom položaju pomoću pneumatskih cilindara. Dakle, kad je polica uvučena, pomoću induktivnog senzora imamo signal da je polica na toj poziciji, u suprotnom (kad je polica izvučena) nemamo signal od senzora da je polica uvučena ali moramo imati signal od pneumatskog cilindra da je on blokirao policu, a pneumatski cilindar može blokirati policu samo kad je uvučena ili izvučena. Položaj pneumatskog cilindra kontroliramo također

pomoću induktivnog senzora. Ako nemamo signal ni od senzora ni od pneumatskog cilindra, onda imamo dojavu da je nastao kvar i cijela automatizacija se gasi.



**Slika 24. Prikaz ormara za pripremu surovaca**

Induktivni senzori su uređaji koji mogu prepoznati objekt bez fizičkog kontakta. Senzor radi na principu slanja elektromagnetskog polja i povratnu informaciju dobiva ako se objekt nalazi u tom polju, naravno objekt mora biti metalni. Najveću udaljenost koju senzor može pretraživati naziva se „nominalni doseg“. Nominalni doseg kod ovakve vrste senzora je (2- 8 mm), iako se kod nekih senzora ta vrijednost može mijenjati, stoga ovakve senzore koristimo gdje je potrebna velika preciznost.



**Slika 25. Induktivni senzor**

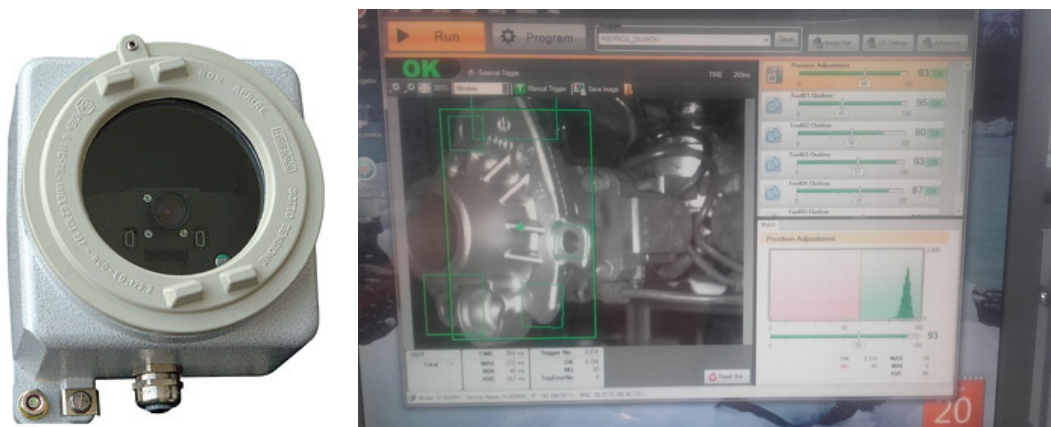
Pneumatski cilindri su izvršni elementi koji u većini slučajeva za rad koriste stlačeni zrak ili ulje. Mogu biti translacijski (linijski) ili zakretni (rotacijski). Glavni dijelovi cilindra su plašt, klip, klipnjača i košuljica. Hod klipa može biti do 2,5 m.



**Slika 26. Pneumatski cilindar s induktivnim sensorima**

### **5.6. Kontrola procesa pomoću kamere**

U slučaju automatizacije koja radi bez prestanka, bitno je da se mogu pratiti bar neke osnovne stvari u ćeliji, zbog velikih gubitaka u koliko nema adekvatne kontrole. Jedna od tih stvari je obrada komada, a da bi obrada uopće bila moguća sirovci moraju biti u stegama. Tu se nameće pitanje kako pratiti taj dio automatizacije. U našem slučaju moguće je koristiti signale od već spomenutih mikroprekidača za kontrolu nalijeganja komada, a moguće je i postavljanjem induktivnih senzora na griper. No postoje i sigurnije metode. U ovoj obradnoj ćeliji koristimo kameru koja radi na istom principu kao i obična digitalna kamera samo je pomoću softvera dodana mogućnost kontrole nalijeganja surovog komada u griper, mogućnost kontrole oštećenja i dr. Kontrola surovih komada ima veliku ulogu jer se može kontrolirati mogućnost oštećenja komada i da u griperu nije drugi sirovac koji ima sličan izgleda kao i pravi. Tu kontrolu postavlja programer u dogovoru sa ostalim djelatnicima koji moraju odrediti po čemu će se komad prepoznati kao dobar ili kao loš, te odrediti osjetljivost kamere na svaki dio za praćenje surovog komada. Nakon prepoznavanja komada softver kamere daje daje signal robotu dali je surovi komad dobar za obradu ili ne.



Slika 27. Prikaz industrijske kamere i slike surovca u griperu

### 5.7. Priprema obrađenih komada za mjerenje

U nekim slučajevima ispiranje i ispuhivanje komada obavlja djelatnik na stroju, no kad se u automatskoj ćeliji zahtijeva mjerenje komada onda je ispiranje komada obavezno prije mjerenja. U našem slučaju imamo ispiranje i mjerenje komada. Za ispiranje obrađenih komada koristimo posudu u kojoj se nalazi emulzija i pneumatske cijevi za ispuhivanje. Posuda za ispiranje nema nikakvo električno upravljanje, već se na njoj nalazi samo jedan pneumatski ventil koji propušta stlačeni zrak za ispuhivanje komada, a signale mu daje robotska upravljačka jedinica. Posuda je polu otvorena iz razloga da ćelija bude urednija i da se strugotina pri ispuhivanju ne širi po ćeliji, te zbog lakšeg prilaženja robota.

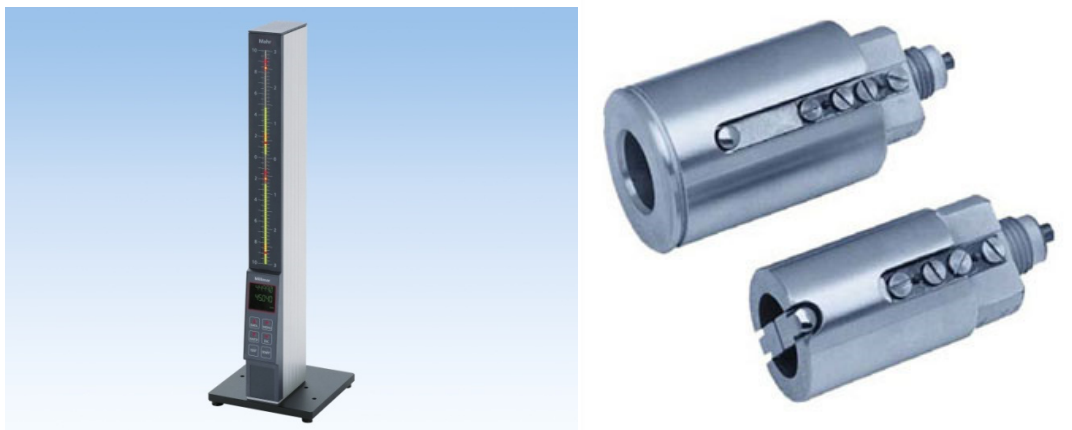


Slika 28. Prikaz kade za ispiranje i ispuhivanje obrađenih komada



## 5.8. Mjerenje obrađenih komada

Nakon ispiranja i ispuhivanja komadi su spremni za mjerenje. Podrazumijeva se da su obrađeni komadi čisti i da na površini za mjerenje nema strugotine. Na obrađenom komadu mjeri se samo jedan provrt koji mora biti u toleranciji od 4 mikrona. Mikron je mjerna jedinica za veličinu a iznosi tisućiti dio milimetra (oznaka  $\mu\text{m}$ ). Mjerenje komada izvodi se na uređaju marke Milimar s 1840. Milimar je uređaj koji ima široku primjenu i može se koristiti za razne vrste mjerenja. Za mjerenje provrta koristimo mjerni trn cilindričnog oblika koji mora biti nešto manjeg promjera nego promjer provrta kojeg mjerimo, u ovom slučaju za 1mm. Mjerni trn radi na principu piezoelektriciteta. Na mjernom trnu postoje dva ticala koja su malo šira nego promjer provrta kojeg mjerimo (1 mm), tako da se prilikom postavljanja komada na mjerni trn stvori pritisak na ticala i ona se skupe na veličinu promjera provrta. Prilikom pomicanja ticala stvara se otpor koji se preko sonde prenosi do milimara i on na osnovu tog otpora izračunava vrijednost promjera provrta. Pošto se radi o mjerenju u automatizaciji mjerni trn ima slobodu gibanja od nekoliko milimetara po X, Y i Z osi pa se zbog toga naziva plivajući mjerni trn. Mogućnosti gibanja su postavljene iz razloga kompenzacije zauzimanja netočne pozicije robota prilikom mjerenja, a jedino po Z osi mjerni trn se vraća u početnu poziciju pomoću opruge, dok kod X i Y osi ostaje u poziciji u kojoj je završena operacija mjerenja. Baš zbog mogućnosti gibanja mjernog trna, mjerenja nekad mogu biti netočna pa je u tom slučaju moguće kalibriranje. Mjerni trn je postavljen na stol a kalibriranje se vrši tako da se kalibar pomoću pneumatskog cilindra spusti na mjerni trn i u milimar se unese točna vrijednost kalibra. Na osnovu unesene vrijednosti milimar mjeri odstupanja i daje robotu informaciju da li je obrađeni komad dobar ili loš.



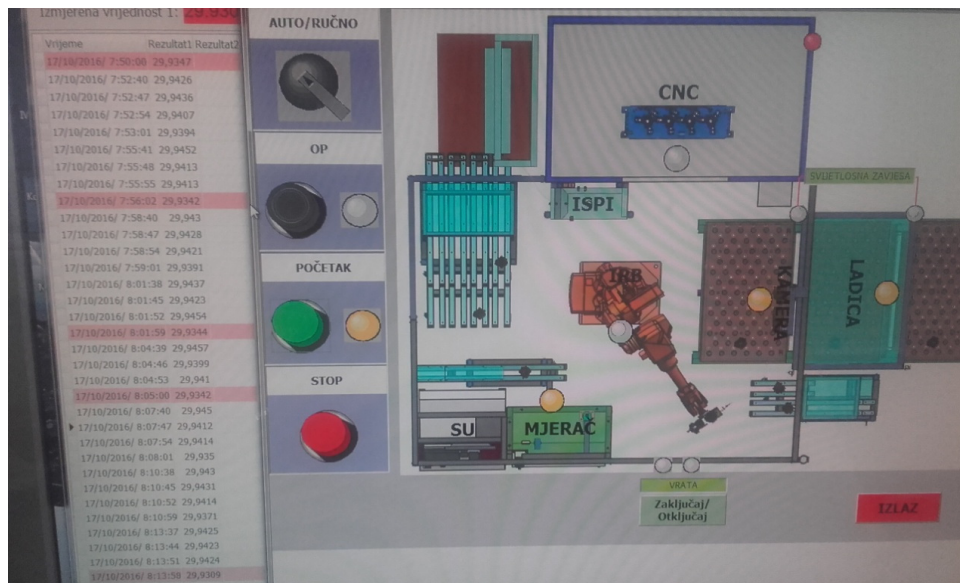
Slika 29. Prikaz milimara (lijevo) i mjernog trna (desno)



**Slika 30. Prikaz mjerenja komada i kalibriranja mjernog trna**

### **5.9. Upravljanje automatizacijom ćelije**

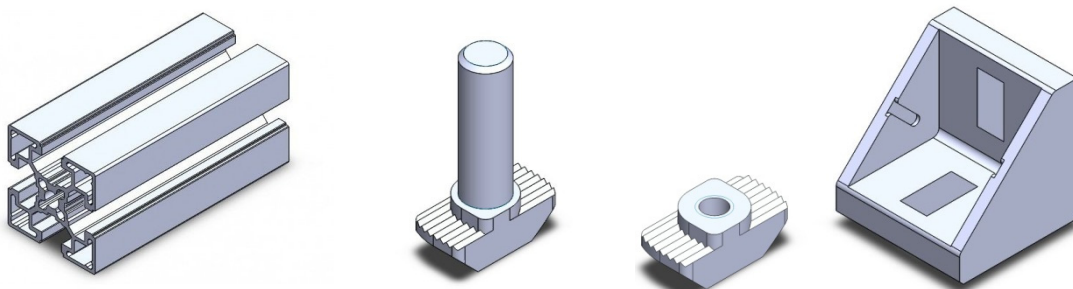
Robot i GOC su uređaji koji imaju svoje upravljanje, ali zbog automatizirane ćelije postoji i upravljanje za ćeliju. Upravljanje ćelije je postavljeno van ćelije i bez pokrenutog upravljanja ćelije ne može raditi niti jedan stroj samostalno. Na zaslonu od upravljanja ćelije može se vidjeti koji su elementi u ćeliji aktivni a koji nisu, te se može vidjeti vrijednost svakog izmjerenog komada. Upravljanje ćelije služi ujedno i za upravljanje ormara za pripremu sirovaca te se na zaslonu nalazi funkcija za zaključavanje vrata ćelije, a zbog sigurnosti automatizacija ne može raditi ako vrata nisu zaključana. Tu se može isključiti ladica koju ne želimo da bude u funkciji i ponovno uključiti. Također možemo vidjeti kako funkcionira kamera za prisutnost komada i koji dio komada kamera provjerava, te po potrebi to promijeniti.



Slika 31. Prikaz zaslona upravljačke jedinice

### 5.10. Izgradnja zaštitne ograde

Kao što smo već spomenuli, za sve pokretne dijelove automatske ćelije potrebno je da su u zaštićenom prostoru te da nije moguć prilaz dok su u automatskom radu. Stoga je potrebno ćeliju ograditi zaštitnom ogradom. Za ogradu nije bitno kako će izgledati i od čega će biti, bitno je samo da ima ulaz u ćeliju zbog prilaznja strojevima i servisiranja te da ima zaštitnu bravu. Zaštitna ograda na ćeliji o kojoj pričamo sastavljena je od specijalnih aluminijskih profila 45X45 mm. Aluminijski profili su konstruirani tako da imaju široku primjenu i da su jednostavni za upotrebu. Dolaze u obliku šipke a mogu biti kvadratne ili pravokutne dužine 6 m. Također dolaze sa spojnim elementima koji mogu biti različitih oblika te sa podmetačima ukoliko to želimo. Zbog ekonomičnosti aluminijske profile koristimo samo kao konstrukciju za držanje pleksiglasa. Pleksiglas je tvrda plastična masa prozirnog izgleda.



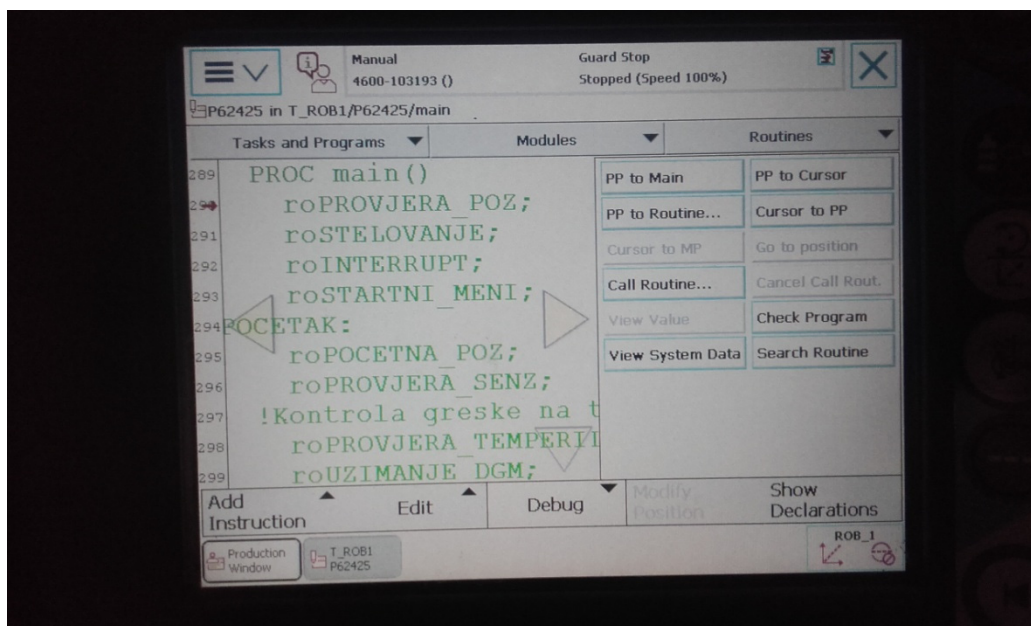
Slika 32. Prikaz elemenata za konstrukciju zaštitne ograde



**Slika 33. Prikaz zaštitne ograde**

## 6. Programiranje robota

Ako su sve prethodne stvari odrađene i nema nekih poteškoća sa strojevima možemo početi programirati strojeve. Dakle, kao što smo već rekli između strojeva mora postojati komunikacija, tj. davanje i primanje signala međusobno između uređaja. Robotsko programiranje zahtjeva poznavanje digitalne logike i načina na koji funkcionira te sposobnost snalaženja u prostoru. Dakako, svaki program se može napisati i simulirati u softverima za programiranje ali ljudsko oko najbolje može zamijetiti stvari poput gibanja robota i njegove putanje, stoga softversko programiranje i nije baš prihvatljivo, osim za programiranje logičkih funkcija. Program robota izvršava se slijedno, znači redak po redak i na temelju toga treba postaviti program tako da se rutine izvršavaju po redoslijedu automatizacije. Rutine su dio programa koje služe za jednostavnije snalaženje u programu. Također u programu postoji „main“ funkcija koja se predstavlja kao glavna funkcija programa i u njoj se slijedno izvršavaju rutine.



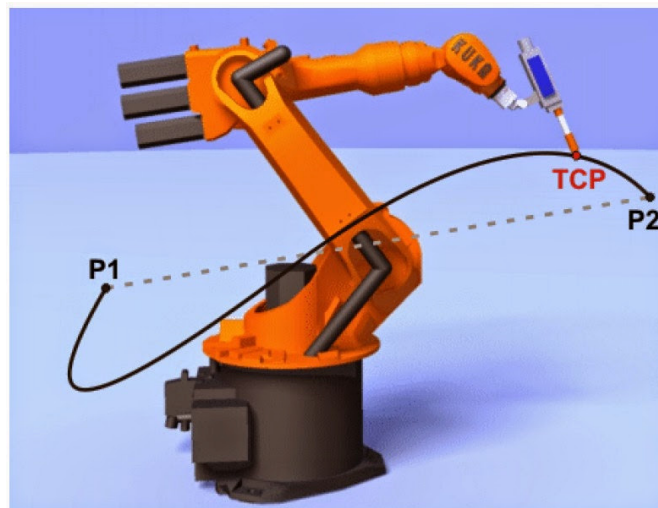
Slika 34. Prikaz "main" funkcije

Na kontroleru postoje i oznake pomoću kojih možemo pratiti u kojoj poziciji se robot trenutno nalazi i koja je sljedeća funkcija koju će obaviti. Na početku svakog programa robot mora provjeriti sve signale i sve varijable postaviti u nulu, kao što je provjera gripera (jesu li otvoreni ili zatvoreni), postavljanje akceleracije, položaj robota (preko enkodera) i druge stvari. Prema tim informacijama robot je spreman za izvršavanje gibanja. Gibanje robota

može biti linearno, kružno ili kombinacija tih gibanja. Programske naredbe za takva gibanja su:

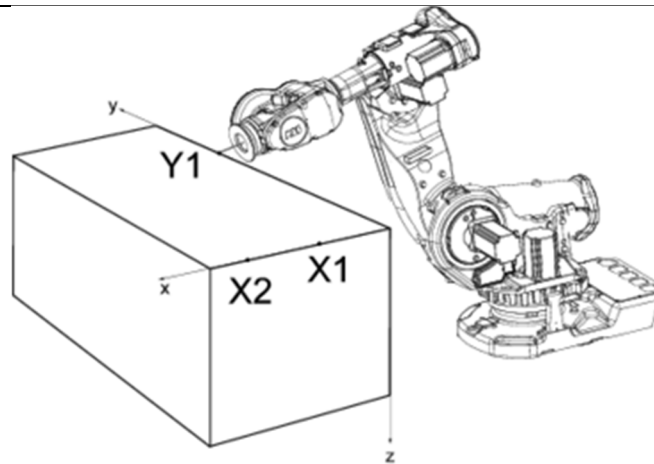
- MoveL (move linear)
- MoveJ (move jog)
- MoveC (move circular)
- TriggC (circular robot movement with events)

Prije početka pisanja programa moramo prilagoditi još neke stvari kao što su TCP (tool center point), work object (radni prostor robota) i naziv alata koji koristimo, u našem slučaju griper. Dakle, tool center point je točka koja se nalazi na vrhu alata i ona služi robotu za izračunavanje nekih matematičkih jednadžbi prilikom gibanja robota. Ako robot nosi više alata, može ih biti više, posebno na svakom alatu ili samo jedna za sve alate.



Slika 35. Prikaz TCP-a

Work object je radni prostor u kojem se robot giba. Može se definirati metodom tri ili četiri točke. Ako u automatskoj ćeliji imamo više perifernih uređaja poželjno je da ima i više radnih prostora robota jer ako uređaji nisu postavljeni okomito jedni prema drugima može biti otežano kretanje u prostoru prilikom džogiranja. Džogiranje (eng. jogging) je funkcija robota koja omogućuje ručno gibanje robota u svim smjerovima.



**Slika 36. Prikaz definiranja radnog prostora robota**

Nakon postavljenih uvjeta za pisanje programa to možemo i učiniti. Program se može sastojati iz više modula (dijelova) zbog lakšeg snalaženja. Da bi postavili „main“ funkciju potrebno je stvoriti nove rutine i točke. Stvaranje toče u programu zahtjeva deklaraciju na početku programa, koja opisuje koordinate u trodimenzionalnom kartezijevom sustavu i „robtarget“ koordinate koje izračunava upravljačka jedinica robota.

```
MoveL GOCTocka_1, v3000, z20, Griper\Wobj :=WobjGOC;
```

- MoveL- linearno gibanje
- GOCTocka\_1- točka 1 prilaženja GOC- u
- v3000- brzina gibanja robota do točke GOCTocka\_1
- Griper- naziv alata
- Wobj :=WobjGOC- naziv radnog prostora u kojem se nalazi trenutna točka
- ;- obavezan znak kojeg upravljačka jedinica prepoznaje kao završetak reda ili naredbe

Logičke naredbe igraju veliku ulogu u programu jer bez njih program nema svrhe i nema nikakve kontrole procesa. Naredbe koje se koriste su slične naredbama i ostalih automatizacijskih uređaja a mogu biti:

- If (ako)
- Or (ili)

- And (i)
- Not (negacija)
- Wait since (čekaj dok)
- Wait 2 i dr. (čekaj 2 sekunde)
- Else (osim)
- 

Primjer dijela programa je sljedeći:

```
GRESKA:=0;
    IF diLOSA_OBRADA=1 GRESKA.=1;
    IF diSUROVAC_NIJE U STEGI=1 GRESKA:=1;
        IF reg2=1 OR STALNO_AKTIVAN=1 THEN
            GRESKA=1;
        ENDIF
    IF GRESKA=0 THEN
        roISPIRANJE
        roMJERENJE
    ELSE
        TPWrite "***SKARTNI KOMAD***";
        roSKART
    ENDIF
```

GRESKA:=0 predstavlja programsku varijablu koja se deklarira na početku programa i pridružuje joj se numerička varijabla 1 ili 0. Ona se u programu postavlja u 1 preko ulaznih signala ili inputa diLOSA\_OBRADA da bi se kasnije mogla postaviti u nulu nakon očitavanja u drugom djelu programa. Prednost deklariranja varijable u programu je što se pomoću jednog senzora ili ulaza može postaviti više varijabli koje se prate u različitim dijelovima ciklusa.

Reg2=0 je softverska mogućnost koja se koristi u svrhu sigurnosnih varijabli.

Naziv koji počinje sa „ro“ je zapravo naziv rutine u kojoj se nalaze točke i logičke operacije.

Naredna TPWrite je naredba za ispis poruka, i jako je korisna za brže snalaženje u programu.



Dakle, program se izvršava u „main“ funkciji i slijedom se izvršavaju rutine koje zadovoljavaju postavljene logičke uvjete.

Također postoje i funkcije koje utječu na fizičko gibanje robota:

- MotionSup (motion supervision)
- AccSet (acceleration set)
- SoftAct (axis softness) i dr.

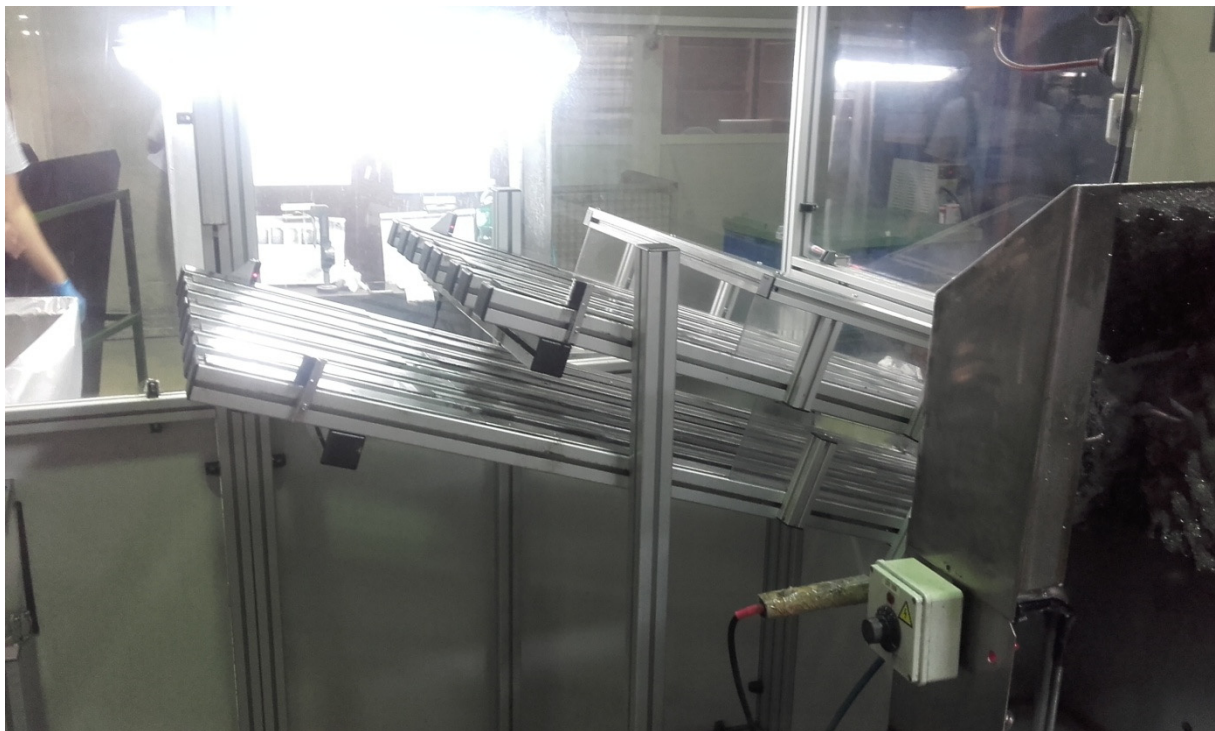
Motion supervision je naredba koja služi za postavljanje određene veličine otpora u slučaju da se robot sudari s nekim predmetom a isključuje se u krajnjem slučaju jer, u slučaju da robot dođe u situaciju fizičkog otpora na motorima koji pokreću osi robota stvoriti će se preveliki otpor što može uzrokovati izgaranje elektro motora.

AccSet je naredba koja se može postavljati više puta u programu. Pomoću nje se postavlja ubrzanje robota (akceleracija). U nekim slučajevima prilikom izvršavanja operacija robota u radnom prostoru drugog uređaja potrebno je da se omogući gibanje robota tako da motori ne pokreću osi robota već da se robotska ruka može pomaknuti utjecajem neke sile na njih a da nema greške motion supervision. Ta naredba zove se SoftAct (SoftDeact), a vrši se tako da se mehaničke kočnice osi robota otpuste toliko da se robota može pomaknuti s malim silama, a opet drže dovoljno jako da robotska ruka ne padne. Sila s kojom kočnica drži mjenjač da robot ne padne već je izračunata pri konstruiranju robota tako da robotska ruka ne može pasti bez obzira što se može pomaknuti silom ljudskog pritiska. Također naredba može služiti i za programiranje, zavisi kakav tip programiranja programer želi.

### **Slijed izvršavanja programa**

Ćelija prilikom svakog automatskog pokretanja zahtjeva da su vrata ćelije zatvorena, u suprotnom robot i GOC se ne mogu pokrenuti. Nakon toga robot s početkom programa (pp to main) provjerava jesu li svi griperi otvoreni i dali je GOC u automatskom radu. Ako su uvjeti zadovoljeni robot kreće na pražnjenje palete u GOC (bez obzira jesu li komadi u stegi ili nisu robot ide na uzimanje obrađenih komada iz sigurnosnih razloga). Nakon pražnjenja palete robot pomoću senzora na ormaru provjerava jesu li police na svom mjestu, jesu li police otključane i pomoću sigurnosnih zavjesa koje su sa prednje i sa stražnje strane ormar postavljene, provjerava dali je neka od polica izvučena na stražnju stranu (slučaj kada

zaposlenik slaže sirovce na policu), ako je, robot ne ide u izvlačenje polica iz sigurnosnih razloga za radnika već čeka dojavu od senzora da su sve police spremne za izvlačenje. Na osnovu postavljenih varijabli u programu robot zna koju će policu po redu izvući. Nakon toga slijedi uzimanje sirovca sa police i provjera na kameri jesu li svi sirovci u griperu dobri. Zatim slijedi uzimanje obrađenih komada iz stege (druga paleta), ispiranje i ispuhivanje te mjerenje komada. Na osnovu informacije od milimara jeli obrađeni komad dobar ili loš robot ostavlja komad na mjesto gdje su dobri komadi, u suprotnom na mjesto gdje su loši komadi te ih radnik nakon obrade pregledava i sprema za skladištenje.



**Slika 37. Prikaz police za ostavljanje obrađenih komada**

## 7. Programiranje GOC-a

Kao što smo već opisali ispitivanje točnosti stroja je jedan od glavnih uvjeta za programiranje stroja. No programiranju prethodi i priprema koja se sastoji od izrade tehnološke dokumentacije u tehnološkoj pripremi. To znači da moramo prikupiti podatke o steznim i reznim alatima, stroju i režimima obrade. Programiranje i ispis programa slijedi, nakon izrade plana rezanja koji je najvažnija tehnološka dokumentacija. Prije same izrade prvog komada na stroju, vrši se simulacija programa. Nakon što se izradi prvi komad na stroju i nakon eventualnih korekcija pristupa se serijskoj proizvodnji. Veoma važnu ulogu ima služba za pripremu alata koja prema tehnologiji postavlja odgovarajuće alate u revolversku glavu i vrši izmjere i podešavanje alata.



Slika 38. Prikaz tehnološke dokumentacije o reznim alatima

Programiranje je postupak pisanja programa prema unaprijed definiranoj tehnologiji a može se obaviti ručno ili pomoću računala.

Ručno programiranje podrazumijeva ispisivanje programa od strane tehnologa ručno, tj piše se svaki redak programa prema definiranoj tehnologiji.

Programiranje pomoću računala podrazumijeva automatsko programiranje samog računala na osnovu izabranih parametara programera kao što su dimenzije surovca, put alata i dr. u posebnim softverima kao što su Catia, Mastercam, Solidcam i dr. Ovime se skraćuje vrijeme i smanjuju troškovi izrade programa, te je brža izrada prvog komada na stroju.

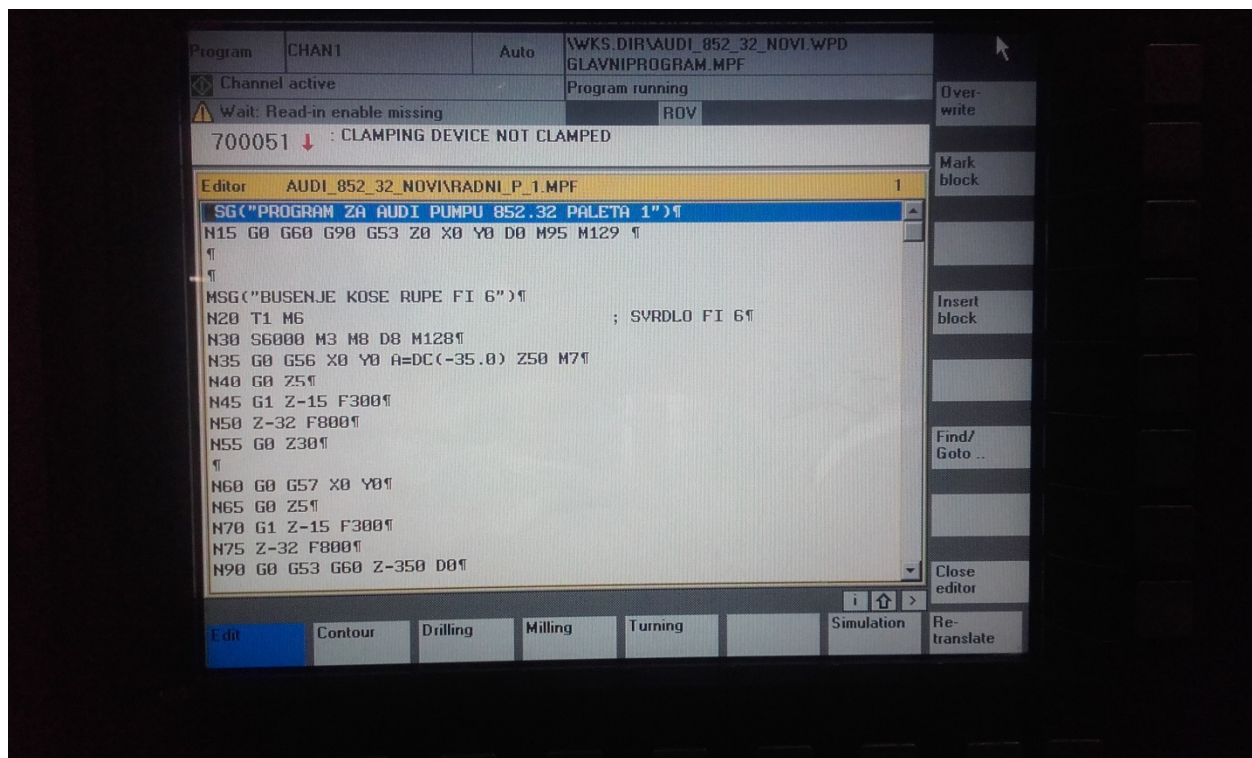
Tehnološka dokumentacija se sastoji od sljedećih elemenata:

- Operacijski list– sadrži redoslijed operacija radnog predmeta s potrebnim režimima rada i vremenima izrade
- Plan alata za radni predmet– sadrži popis svih korištenih alata za obradu prema redoslijedu korištenja, potrebne mjere, standardne režime i korekcije.
- Plan stezanja– obuhvaća osnovne gabarite radnog prostora, položaj radnog predmeta na stroju, točke oslanjanja predmeta i mjesto stezanja te položaj nulte točke.
- Plan rezanja– je glavni dokument za ispis programa na kojem su vidljive putanje kretanja alata za svaku operaciju
- Ispis programa– je zadnji i najvažniji dokument po kojem se unose naredbe za upravljanje strojem

Ako napravimo usporedbu programa GOC-a s programima ostalih uređaja vidjet ćemo kako je program GOC-a puno jednostavniji od ostalih programa. GOC- u programu koristi samo naredbe za kretanje alata do zadane pozicije i naredbe koje su vezane za obavljanje programa kao što su uključivanje glavnog vretena, uključivanje hlađenja i dr. dok se u robotskom i PLC programu vrše i logičke operacije te provjera signala i komunikacija s ostalim uređajima.

Zbog kratkog ciklusa obrade program je u ovom slučaju pisan ručno, a naglasak je stavljen na provrt koji se mjeri na milimaru. Početak programa obuhvaćaju naredbe za vraćanje alata u referentnu točku stroja, pokretanje glavnog vretena, tip programiranja, i brzi hod posmaka. Referentna točka stroja je točka u radnom prostoru stroja definirana krajnjim prekidačima na dovoljnoj udaljenosti da ne dođe do sudara alata i surovca. U glavnom programu mogu se

pozivati podprogrami. Podprogram je dio programa za neki tip obrade koji se može pozvati više puta u glavnom programu. Program se izvršava kako i kod robota, redak po redak, a zbog lakšeg snalaženja u programu postoje oznake redaka "N(..)".



Slika 39. Prikaz programa GOC-a

Naziv funkcije	Opis funkcije – značenje funkcije
G0	Brzi hod
G1	Radni hod
G2	Kružno gibanje u smislu kazaljke na satu
G3	Kružno gibanje suprotno kazaljci na satu
G4	Vrijeme zastoja
G9	Kružna interpolacija kroz točku
G17	Izbor radne površine - XY
G18	Izbor radne površine - XZ
G19	Izbor radne površine - YZ
G25	Minimalno programirani radni prostor/broj okretaja radnog vretena
G26	Maksimalno programirani radni prostor/ broj okretaja rad. vretena
G33	Narezivanje navoja sa konstantnim korakom
G331	Urezivanje navoja
G332	Urezivanje navoja – povratno gibanje
G40	Isključenje kompenzacije radijusa alata
G41	Lijeva kompenzacija radijusa alata
G42	Desna kompenzacija radijusa alata
G53	Isključenje pomaka nul točke
G54-G57	Postavljanje – pomak nul točke
G63	Urezivanje navoja bez sinkronizacije
G64	Mod izrade konture
G70	Mjerni sustav u inčima
G71	Mjerni sustav u milimetrima
G90	Apsolutni mjerni sustav
G91	Inkrementalni mjerni sustav
G94	Posmak u mm/min (inch/min)
G95	Posmak u mm/o (inch/o)
G96	Konstantna brzina rezanja
G97	Konstantna brzina rezanja isključena
G110	Polarna koordinata - pol postavljen u zadnjoj točki u koju je stigao alat
G111	Polarna koordinata – pol postavljen u točku W ?

G112	Polarna koordinata – pol postavljen relativno u odnosu na zadnji pol
G147	Prilaz alata prema predmetu pravocrtno
G148	Odmicanje alata od predmeta pravocrtno
G247	Prilaz alata prema predmetu sa radijusom od četvrtine kružnice
G248	Odmicanje alata od predmeta sa radijusom od četvrtine kružnice
G347	Prilaz alata predmetu sa radijusom od pola kružnice
G348	Odmicanje alata od predmeta sa radijusom od pola kružnice
G450/G451	Prilaženje i odmicanje alata oko konturne točke

3.4.2. Pomoćne funkcije – M funkcije

Naziv funkcije	Opis funkcije – značenje funkcije
M0	Programirano zaustavljanje/stop
M1	Optimalni stop
M2	Kraj programa
M2=3	Rotacija alata desno
M2=4	Rotacija alata lijevo
M2=5	Isključena rotacija alata
M3	Rotacija vretena udesno ( u smislu kazaljke na satu)
M4	Rotacija vretena u lijevo ( u smislu suprotno kazaljci na satu)
M5	Zaustavljanje vretena
M6	Izmjena alata – rotacija revolverске glave
M8	Uključenje rashladnog sredstva
M9	Isključenje rashladnog sredstva
M17	Kraj potprograma
M20	Pomicanje konjica unazad
M21	Pomicanje konjica naprijed
M25	Otvaranje čeljusti škripca
M26	Zatvaranje čeljusti škripca
M30	Kraj programa

Slika 40. Prikaz naredbi za programiranje GOC- a

Već smo rekli na početku da se svaka automatizacija svodi na ljudski faktor pa tako i ova obradna ćelija ima ljudski nadzor. Pošto se radi o veliko serijskoj proizvodnji razumljivo je da rad ćelije prati čovjek, jer pokraj svih uređaja za nadzor rada ljudsko oko ipak vidi puno više. U slučaju nekog kvara koji nije smetnja za automatiziran rad ćelije čovjek će to prepoznati i prijaviti nadređenoj osobi dok bi bez prisustva čovjeka automatizacija vjerovatno radila dok ne bi došlo do nekog većeg kvara. Također radnik ima zadatak provjeriti obrađeni komad te nakon određenog broja ciklusa ručno provjeriti obrađenu površinu koja se mjeri na milimaru. Nakon kontrole radnik obrađene komade pakira u specijalne posude za kupca gdje je komad zaštićen od vlage i udaraca prilikom transporta. Sve što radnik mjeri i vidi nije dovoljna kontrola, pa se komad nakon određenog broja ciklusa mjeri u mjernoj stanici koja ima puno bolje mjerne uređaje za kontrolu obrade. DEA global je mjerni uređaj koji između ostalog služi i za mjerenje ostalih komada i ima preciznost od 1  $\mu\text{m}$  (mikrona). Ona se nalazi

u sobi pod konstantnom temperaturom od 22 °C (mogućnost odstupanja 1 °C) zbog točnijeg mjerenja, jer razlika temperature može utjecati na dimenzije komada. Bitno je naglasiti da ima tri osi gibanja X, Y i Z, a mjerenje komada obavlja se pomoću ticala.



**Slika 41. DEA – uređaj za mjerenje obradenih komada**

## **8. Zaključak**

U današnje vrijeme kad je relativno pristupačna sva tehnologija, nameću se veliki zahtjevi kupaca i niska cijena usluge. U takvim uvjetima teško je konkurirati s velikim tvrtkama koje raspolažu s velikim kapitalom. Automatizacije procesa proizvodnje su dosta skupe ali s vremenom su isplative jer odrađuju svoje zadatke točno i konstantno mogu raditi bez prestanka. U tom slučaju gubi se posao za radnike. Prednost je što čovjek ne mora nužno uvijek raditi u uvjetima koji nisu dobri za zdravlje već se takva radna mjesta mogu automatizirati. Mnogi ljudi i ne znaju kako bi izgledala nekakva automatizacija procesa, a većina ih ima i krivo mišljenje na samu spomen riječi robot. Takvo razmišljanje ljudi je zbog toga što kod nas još uvijek nisu toliko zastupljene automatizacije procesa jer je skupa oprema za takve projekte, ali pitanje je vremena kad će postati sve više zastupljena jer se na tržištu svakog dana nalazi sve više takve opreme po sve nižoj cijeni. U završnom radu prikazan je primjer automatske obradne ćelije koja radi uz prisustvo radnika i na osnovu svih dijelova koji je čine može se pretpostaviti da je cijena izgradnje jako visoka. Takve ćelije se rade s ugovornom obvezom s kupcem zbog isplativosti izgradnje ćelije. Prije svega znanje je glavna stavka da bi se bilo što od ovog ostvarilo, stoga je jako bitno podučavati mlade ljude i ulagati u znanje jer u automatizaciji procesa je budućnost proizvodnje.



## **PRILOZI**

I. CD-R disc

## LITERATURA

- [1] ABB operating manual: Emergency safety information, 2015.
- [2] [https://de.schunk.com/de\\_en/homepage/](https://de.schunk.com/de_en/homepage/) (listopad 2016.)
- [3] <http://w3.siemens.com/mcms/industrial-automation-systems-simatic/en/plc-control-system/pages/default.aspx> (listopad 2016.)
- [4] Ciglar D.: Obradni strojevi i obradni sustavi, 2005.
- [5] Korbar R.: Pneumatika i hidraulika. 2007.
- [6] <http://www.conphis.si/umetni-vid-vision/kamere/> (listopad 2016.)
- [7] Mahr: Milimar S 1840, 2012.
- [8] <http://www.tuli.si/hr/prodajni-program/alu-profilna-tehnika/> (listopad 2016.)
- [9] [https://library.e.abb.com/public/688894b98123f87bc1257cc50044e809/Technical%20reference%20manual\\_RAPID\\_3HAC16581-1\\_revJ\\_en.pdf](https://library.e.abb.com/public/688894b98123f87bc1257cc50044e809/Technical%20reference%20manual_RAPID_3HAC16581-1_revJ_en.pdf) (listopad 2016.)