

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Markus MAR

**RAZVOJ IN IZDELAVA MOBILNE ROBOTIZIRANE PLATFORME
ZA OBDELOVALNE AGREGATE**

Diplomsko delo
Visokošolski strokovni študij

**DEVELOPMENT AND PRODUCTION OF MOBILE PLATFORMS
FOR MACHINING AGGREGATES**

Higher professional studies

Ljubljana, 2015

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega študija lesarstva. Opravljeno je bilo v laboratoriju Katedre za mehanske in obdelovalne tehnologije na Oddelku za lesarstvo, Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja diplomskega dela imenoval doc. dr. Dominiko GORNIK BUČAR, za somentorja dr. Bojana GOSPODARIČ in za recenzenta prof. dr. Milana ŠERNEK.

Mentor: doc. dr. Dominika GORNIK BUČAR

Somentor: dr. Bojan GOSPODARIČ

Recenzent: prof. dr. Milan ŠERNEK

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Diplomsko delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Markus Mar

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Vs
DK	UDK 621.9.06 (043.2)
KG	CNC/PLK/brušenje
AV	MAR, Markus
SA	GORNIK BUČAR, Dominika (mentor)/GOSPODARIČ, Bojan (somentor)/ ŠERNEK, Milan (recenzent)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2015
IN	RAZVOJ IN IZDELAVA MOBILNE ROBOTIZIRANE PLATFORME ZA OBDELOVALNE AGREGATE
TD	Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP	IX, 43 str., 5 pregl., 42 sl., 14 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	V industriji pogosto potrebujemo specifično obdelavo velikih površin oziroma obdelovancev. V ta namen smo izdelali mobilno robotizirano platformo za obdelovalne agregate, s katero zagotovimo, da sta kakovost in storilnost neodvisni od upravljalca obdelovalnega agregata. Za pogon in krmiljenje mobilnega robota smo uporabili koračne motorje, ki jih krmili PLK MITSUBISHI FX1N. Ugotovili smo, da je vodenje takšnih mobilnih robotov bolj smiselno s CNC krmilnikom kot pa s PLK, saj programska oprema GX DEVELOPER, ki je namenjena programiranju PLK, ne omogoča vodenja mobilnega robota v primeru kompleksnih obdelav.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN	Vs
DC	UDC 621.9.06 (043.2)
CX	CNC/PLC/grinding
AU	MAR, Markus
AA	GORNIK BUČAR, Dominika (supervisor)/GOSPODARIČ, Bojan (co-advisor)/ ŠERNEK, Milan (reviewer)
PP	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
PB	University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
PY	2015
TI	DEVELOPMENT AND PRODUCTION OF MOBILE ROBOTIZED PLATFORMS FOR MACHINING AGGREGATES
DT	Graduation Thesis (Higher professional studies)
NO	IX, 43 p., 5 tab., 42 fig., 14 ref.
LA	sl
AL	sl/en
AI	In industry we often need specific treatment of large surfaces or workpieces. We have developed a mobile robotic platform with machine aggregates which ensures that quality and productivity are independent of the workman. Stepping motors controlled by Mitsubishi PLC FX1N were used to drive and control mobile robot. We found that the control of such mobile robot is more appropriate with CNC controller than with a PLC. GX DEVELOPER software, which is intended to use for programming the PLC, can not control the mobile robot in the case of complex treatments.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD1	
1.1	OPREDELITEV PROBLEMA IN CILJI NALOGE	1
1.2	PREDPOSTAVKE	1
2	PREDSTAVITEV OBSTOJEČIH KROŽNIH BRUSILNIH STROJEV ZA OBDELAVO TALNIH OBLOG	3
2.1	ENOPLOŠČNI BRUSILNI STROJ	3
2.2	TRIPLOŠČNI BRUSILNI STROJ	4
2.3	POMEN DOBRO OBRUŠENE POVRŠINE	4
2.3.1	Kalibracijska faza	5
2.3.2	Egalizacijska faza	5
3	ZAČETKI PROJEKTIRANJA	7
3.1	ZAČETKI SNOVANJA KONSTRUKCIJE	8
3.2	KONČNI NAČRT STROJA	10
3.3	KRMILJENJE STROJA	10
3.4	PREDNOSTI IN UPORABNOST NOVEGA STROJA	11
3.4.1	Prednosti	11
3.4.2	Uporabnost	11
4	OSNOVE CNC TEHNOLOGIJE	12
4.1	VRSTE CNC NAPRAV	14
4.2	CNC PROGRAM TER KRMILJENJE	14
4.2.1	G-koda	14
4.3	KOORDINATNO IZHODIŠČE	16
5	KOORDINATNI SISTEMI	18
5.1	VRSTE KOORDINATNIH SISTEMOV	18
5.1.1	Kartezični koordinatni sistem	18
5.1.2	Polarni koordinatni sistem	19
6	KORAČNI MOTOR	21

6.1	UNIPOLARNI KORAČNI MOTOR	22
6.1.1	Polno-koračni način krmiljenja 1	22
6.1.2	Polno-koračni način krmiljenja 2	23
6.1.3	Pol-koračni način krmiljenja	24
6.2	BIPOLARNI KORAČNI MOTOR	25
6.2.1	Polno-koračno krmiljenje 1	25
7	NAČIN KRMILJENJA MOBILNE PLATFORME	27
8	PROGRAMABILNI LOGIČNI KRMILNIK (PLK)	28
8.1	ZGODOVINA IN RAZVOJ	28
9	GX DEVELOPER	29
9.1	OSNOVNI OPIS DELOVANJA PROGRAMA	29
9.2	USTVARJANJE NAČRTA OZ. PROJEKTA	30
9.2.1	Vnos funkcije	30
9.3	FUNKCIJSKI BLOKI	31
9.3.1	Vhodi in izhodi	31
9.3.2	Marker	32
9.3.3	Časovnik	32
9.3.4	Števec	33
9.3.5	Register	35
9.3.6	Dodatni funkcijski bloki oz. operacije	35
10	OPIS UPORABLJENEGA PROGRAMA	35
10.1.1	Opis uporabljenih funkcij	37
11	UMERJANJE MOBILNE ROBOTIZIRANE PLATFORME ZA OBDELOVELNE AGREGATE	38
11.1	IZRAČUN KORAKOV	38
12	SHEMA VEZJA TER KOMPONENT KRMILJA NAPRAVE	40
13	PRIMERJAVA CNC KRMILJENJA Z PLC KRMILNIKI	41
14	RAZPRAVA IN SKLEPI	42
15	POVZETEK	44

16	ZAHVALA	45
17	VIRI	46

Kazalo slik

Slika 1:	Disk z mehko podlago	3
Slika 2:	Brusilka z enim diskom	3
Slika 3:	Disk z trdo penasto podlago	4
Slika 4:	Disk z jeklenimi krtačami	4
Slika 5:	Izvedba diska	4
Slika 6:	Rezkalni krožnik	4
Slika 7:	Pravilno obdelan parket	6
Slika 8:	Napaka zaradi brušenja	6
Slika 9:	Začetki snovanja našega stroja	7
Slika 10:	Vsako kolo je samostojno	8
Slika 11:	Razmišljanje o pogonu dveh koles	8
Slika 12:	Razmišljanje, da poganjamo samo eno kolo	8
Slika 13:	Prerez prve ideje konstrukcije	9
Slika 14:	Tloris izvedbe krmiljenja	9
Slika 15:	Platforma stroja	10
Slika 16:	Postopek upravljanja z CNC napravo	13
Slika 17:	Shema DNC linije	13
Slika 18:	Startna točka (B) in nična točka (W) CNC stroja	17
Slika 19:	Kartezični koordinatni sistem	18
Slika 20:	Polarni koordinatni sistem	19
Slika 21:	Pretvorba iz kartezičnega koordinatnega sistema v polarni	19
Slika 22:	Koračni motor z nazobčano osjo	21
Slika 23:	Koračnim motor s permanentnim magnetom	21
Slika 24:	Koračni motor z nazobčano ter namagneteno osjo	22

Slika 25:	Zaporedje vklopa tuljav pri polno-koračnem načinu krmiljenja 1	23
Slika 26:	Zaporedje vklopa tuljav pri polno-koračnem načinu krmiljenja 2	23
Slika 27:	Zaporedje vklopa tuljav pri pol-koračnem načinu krmiljenja	24
Slika 28:	Bipolarni način krmiljenja (korak 1)	25
Slika 29:	Bipolarni način krmiljenja (korak 2)	26
Slika 30:	Bipolarni način krmiljenja (korak 3)	26
Slika 31:	Prikaz poliedidne konture (levo) ter kvadratne konture (desno).	27
Slika 32:	Postopek ustvarjanja novega projekta; New Project.	29
Slika 33:	Postopek ustvarjanja novega projekta; PLC Type.	29
Slika 34:	Prazen začetni dokument novega projekta.	30
Slika 35:	Vnosno okno za funkcije.	31
Slika 36:	Orodje za dodajanje in brisanje povezav.	31
Slika 37:	Primer uporabe markerjev.	32
Slika 38:	Primer uporabe timerjev	33
Slika 39:	Prikaz programa za counter.	34
Slika 40:	Pot katero obdelujemo s programom.	35
Slika 41:	Shema uporabljenega programa.	36
Slika 42:	Shematski prikaz vezja.	40

Kazalo preglednic

Preglednica 1: Pregled glavnih funkcij g-kode	15
Preglednica 1: Pregled nekaterih pomožnih funkcij	16
Preglednica 2: Poimenovanje, oznaka ter maksimalno število operantov za PLC FX1N.	30
Preglednica 3: Oznaka, število naslovov ter spomin markerjev.	32
Preglednica 4: Časovni koraki ter časovni razpon posameznih naslovov timerjev.	32
Preglednica 5: Pregled naslovov counterjev, ki imajo spomin.	34

1 UVOD

Pogosto v mizarstvu in drugih rokodelskih panogah naletimo na težavo, ki se nanaša na nenatančnost. Naj bo to zaradi človeškega faktorja ali zaradi samih naprav s katerimi rokujemo. Enega od teh faktorjem bomo poskušali v nadaljevanju rešiti.

Zadan projekt se nanaša na "Razvoj in izdelavo robotizirane platforme za obdelovalne agregate", kar nam omogoča zmanjšati oz. popolnoma preprečiti človeški faktor pri nenatančnosti izdelave nekega izdelka. Poskušali bomo združiti nek modificiran oz. prirejen krmilni sistem z platformo katera je namenjena za različne agregate. Na tak način lahko preprečimo faktor nenatančnosti vodenja naprave po obdelovancu, če seveda predpostavimo, da je program za vodenje brezhiben.

Diplomsko delo je razdeljeno na izdelavo platforme ter na izbiro krmiljenja. Izbrali smo CNC krmiljenje, katero je v osnovi nekoliko dražje in kompleksnejše, ter krmiljenje s pomočjo PLC krmilnikov ter programsko opremo GX DEVELOPER. CNC (*Computer Numerical Contrloled*) krmiljenje je prevzel Tomaž Sitar ter ga opisal v diplomskem delu, PLC (*Programmable logic controler*), vodenje pa sem prevzel jaz. Skupni del naloge se nanaša na zasnovo in izdelavo platforme ter na teoretični del pisnega dela diplomske naloge. Celotni projekt pa je bil pod vodstvom prof. dr. Bojana Bučarja.

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA IN CILJI NALOGE

Največja ovira učinkovitosti izkoriščanja sodobnih strojev, namenjenih za brušenje parketa, je v tem, da za njihovo upravljanje potrebujemo človeka. Delavec pa žal nima neposrednega nadzora nad pritiskom brusilnega diska na obdelovalno površino.

Cilji naloge so:

- izdelati nov stroj, ki je podprt z ustreznim računalniškim krmiljenjem,
- izvajati nadzor nad strojem na dva različna načina: s PLC in s CNC krmilnim sistemom.

1.2 PREDPOSTAVKE

Pred izdelavo projekta smo izhajali iz naslednjih predpostavk:

- predpostavljamo, da je z današnjo tehnologijo mogoče izvajati nadzor gibanja stroja za brušenje parketa brez prisotnosti človeka,
-

- predpostavljamo, da je bolj smiselno nadzirati stroj s CNC krmilnim sistemom kot pa s PLC krmilniki,
 - predpostavljamo, da bodo koračni motorji dovolj močni za izvajanje momenta, ki je potreben za premikanje stroja,
 - predpostavljamo, da stroj ne bo težji od 60 kilogramov.
 - Predpostavljamo, da so največje pomanjkljivosti PLC krmilnega sistema naslednje:
 - vizualizacije poti obdelave
 - programiranje kompleksnih obdelovalnih poti.
-

2 PREDSTAVITEV OBSTOJEČIH KROŽNIH BRUSILNIH STROJEV ZA OBDELAVO TALNIH OBLOG

Krožni brusilni stroji se uporabljajo za brušenje parketa in ostalih talnih oblog. Namenjeni so tudi brušenju betonskih podlag, odstranjevanju ostankov talnih oblog itd.

Parketarji jih s pridom izkoriščajo predvsem za egalizacijsko brušenje parketa, ki mu drugače pravijo tudi fino brušenje. Uporabljajo jih tudi za vmesno brušenje med nanosi lakov (temeljni – končni). Krožne brusilne stroje v osnovi delimo na eno- in triploščne.

Stroj sestavlja motor in krožni disk ter ostala konstrukcija, sestavljena iz koles, ročice za vodenje, mehanizma za dvigovanje in spuščanje diska itd.

Elektromotor poganja krožni disk. Vmes je nameščen reduktor, ki zagotavlja pravilno vrtilno hitrost krožnika. Lastna masa stroja, ki jo lahko nadgradimo tudi z dodatnimi utežmi, pritiska brusilni disk na podlago. Odsesovalna naprava je lahko že nameščena na samem stroju, lahko pa mu dodatno priklopimo tudi sesalec.

2.1 ENOPLOŠČNI BRUSILNI STROJ

Enoploščni brusilni stroji (slika 2) za obdelavo uporabljajo eno ploščo, ki jo imenujemo tudi disk. Primerni so za vmesna brušenja med nanosi lakov, za poliranje voskov in oljenih površin. Imajo široko paleto izbire brusilnih diskov, s katerimi se lahko opravljajo še razne druge operacije, kot je brušenje betona, odstranjevanje ostankov talnih oblog itd. Pogonske krožnike ločimo glede na njihovo podlago. Na sliki 1 je prikazan krožnik z mehko podlago, ki je primeren za namestitev brusnih mrežic in raznih filcev, diske s trdo penasto podlago (slika 3) pa uporabljamo predvsem za namestitev brusnih papirjev.



Slika 1: Disk z mehko podlago



Slika 2: Brusilka z enim diskom



Slika 3: Disk z trdo penasto podlago



Slika 4: Disk z jeklenimi krtačami

2.2 TRIPLOŠČNI BRUSILNI STROJ

Triploščni brusilni stroj pri svoji obdelavi uporablja tri plošče kar je prikazano na sliki 5, ki se vrtijo obratno od osnovne. Zaradi obratnega vrtenja je obraba brusnih orodij minimalna, brušenje pa s tem postane še posebno učinkovito. Pri obdelavi površine parketa se takšen stroj poleg egalizacijskega brušenja lahko uporablja tudi za kalibracijsko brušenje. Prednost, ki jo ima triploščni brusilni stroj pred enoploščnim, je v večji učinkovitosti brušenja. Tudi ti stroji imajo več različnih izvedb diskov, s čimer so uporabni tudi za druge operacije. Tako omogočajo, da brusimo beton na moker in suh način, odstranjujemo lepila in ostanke barv itd.



Slika 5: Izvedba diska



Slika 6: Rezkalni krožnik

2.3 POMEN DOBRO OBRUŠENE POVRŠINE

Pri pripravi podlage za nanos površinskega premaznega sistema (laki, olja, voski itd.), je brušenje najpomembnejše. Napake, ki se pojavijo med samo izvedbo postopka brušenja, je težko prikriti ali odstraniti tudi z zelo dobrimi premaznimi sredstvi in postopki.

Pri neustreznem brušenju se lahko pojavijo valovite površine, ki so najbolj pogoste predvsem pri brušenju z valjčnim strojem. Prav tako lahko pride do pojava vdolbin in zažganih lis, ki se pojavijo zaradi prevelikega pritiska stroja na podlago ali obrabljenega brusnega papirja. Lahko se pojavijo tudi krožne praske, ki nastanejo pri brušenju ob stenah s krožno brusilko ali pa neenakomerno zbrusen in izravnan parket ob robovih in vogalih. Podlaga mora biti izravnana pred polaganjem parketa. Vedno moramo paziti, da je brusni papir dober, neobrabljen in dovolj oster. Brušenje parketa nam zaradi tega, ker ne sme imeti na določenih mestih prevelik odvzem lesa, ne omogoča izravnovanja neravnin v podlagi.

Za površinsko obdelavo lesa s premaznimi sredstvi je pomembno, da dosežemo primerno gladkost površine. Če jo z nepravilno izbiro pregladkih brusnih papirjev preveč zapremo, ne pride do pravnjega vpijanja premaznega sredstva v les, kar povzroči slabe adhezijske sile med premaznim sredstvom in obdelano površino parketa.

Postopek brušenja parketa je v osnovi razdeljen na dve fazi, kalibracijsko in egalizacijsko brušenje. Za končano egalizacijsko fazo še nastopi vmesno brušenje med nanosi laka.

2.3.1 Kalibracijska faza

Kalibracijska faza nastopi, ko je parket ustrezno zalepljen na podlago, ki je predhodno izravnana. Kalibriranje pomeni debelinsko izenačevanje, ki je najbolj pogosto pri ploskovnih obdelovancih. V praksi ga največkrat izvajamo z valjčnimi ali tračnimi brusilnimi stroji. V tej fazi je učinkovitost brušenja (Q) zelo visoka, s čimer dosega tudi visoke rezalne sile. Za takšno grobo brušenje se uporabljajo brusilna sredstva z nizkimi granulacijami (P40, P60, P80).

2.3.2 Egalizacijska faza

Egalizacijska faza se začne po tem, ko končamo s fazo kalibracije parketa. Egaliziranje je izravnavanje neravnin in formiranje bolj fine, gladke in enakomerne površine. Tukaj moramo biti posebej previdni, saj zlahka pride do napak katere so pri končnem izdelku vidne. Na sliki 7 je prikazan pravilno obdelan parket brez vidnih poti diska oziroma brušenja, na sliki 8 pa je obdelava dobro razvidna in nam predstavlja napako na izdelku. Za ta postopek finega brušenja se uporabljajo v praksi krožni brusilni stroji. Sile odrezovanja so manjše, kot pri prejšnjem postopku, s čimer se tudi manjša učinkovitost brušenja. Pri tej fazi se uporabljajo brusni papirji z višjimi vrednostmi granulacij (P100, P120, P150, P180).



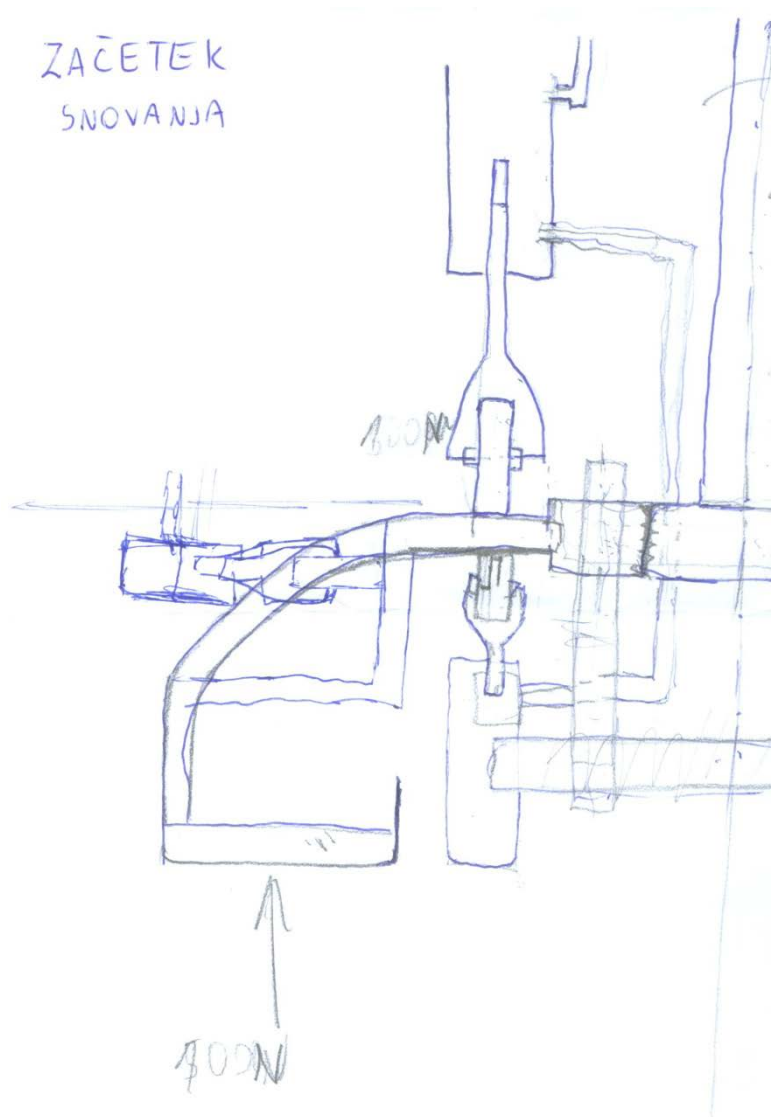
Slika 7: Pravilno obdelan parket



Slika 8: Napaka zaradi brušenja

3 ZAČETKI PROJEKTIRANJA

Projekt smo začeli izvajati že v šolskem letu 2007/2008. Z soavtorjem sva iskala za podatki na internetu in v knjižnicah, da bi našla čim več uporabne literature za projekt, ki ga izvajamo na katedri za mehansko obdelavo lesa. Ugotovila sva, da je snovanje mobilnega robota zelo zapleteno, saj je za njegovo realizacijo potrebno veliko znanja iz strojništva. Tukaj so nama pomagali predavatelj prof.dr. Bojan Bučar, asistent dr. Bojan Gospodarič in tehnični sodelavec Drago Vidic, ki je v programu solidworks stroj tudi narisal.

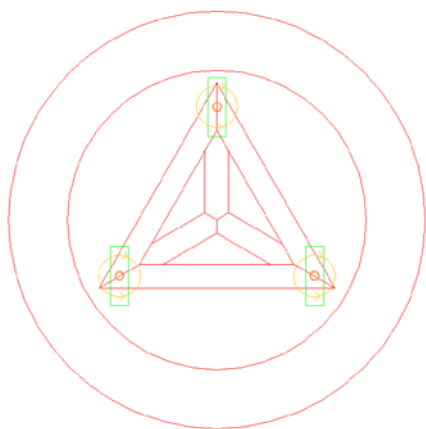


Slika 9: Začetki snovanja našega stroja

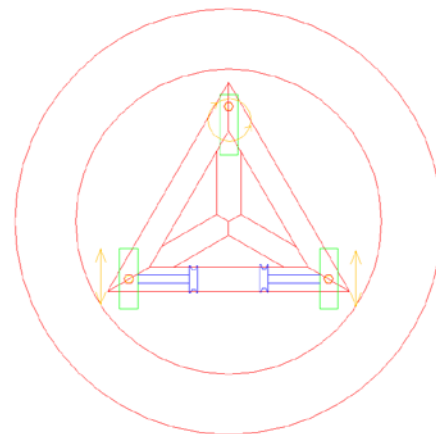
Slika 9 prikazuje eno izmed prvih skic, ki je bila narisana na samem začetku snovanja stroja. Mentor se je odločil, da je bolje, če se posvetiva samo nadziranju stroja, saj imava za snovanje konstrukcije in dimenzioniranje sestavnih delov sedaj še premalo znanja.

3.1 ZAČETKI SNOVANJA KONSTRUKCIJE

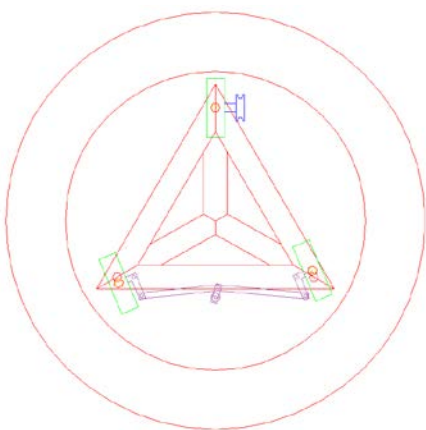
Najprej smo se s sodelavci lotili reševanja konstrukcije. Začeli smo iskati različne možne rešitve pogona in krmiljenja stroja. Ker oba izhajava iz lesarske stroke, je bil to za naju pravi izziv. Kljub vsemu pa sva se ga lotila z vnemo in nanizala nekaj idej o snovanju podvozja:



Slika 10: Vsako kolo je samostojno

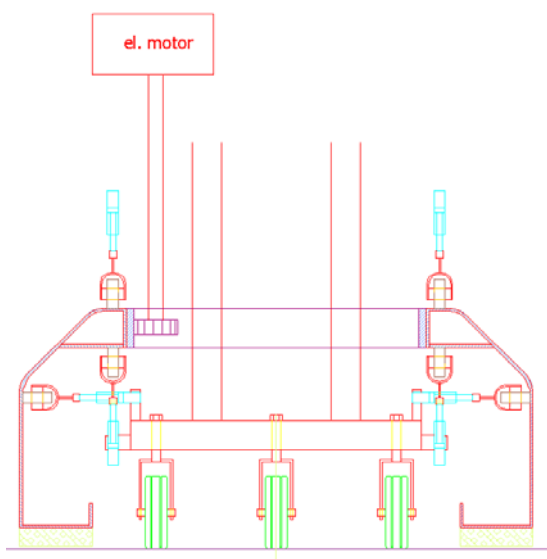


Slika 11: Razmišljanje o pogonu dveh koles



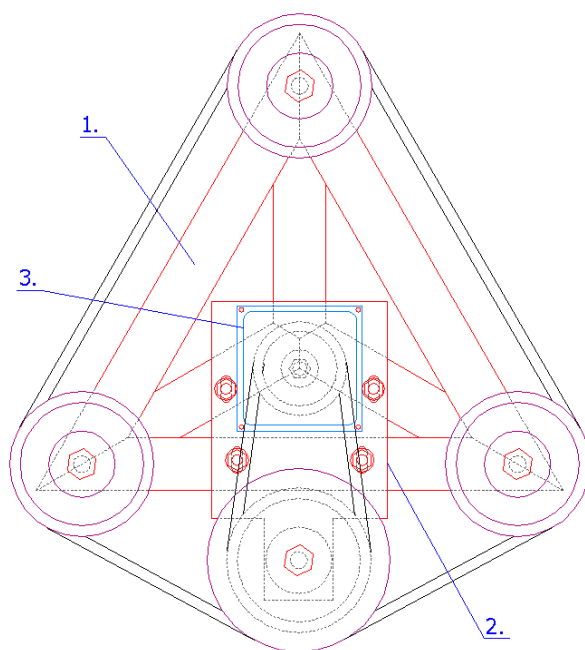
Slika 12: Razmišljanje, da poganjamo samo eno kolo

V programu AutoCAD sva tudi prikazala prerez ideje (slika 13), ki sva si jo takrat zamislila kot rešitev pri konstrukciji in pogonu najinega stroja.



Slika 13: Prerez prve ideje konstrukcije

Razmišljala sva tudi o mehanskem sistemu krmiljenja koles na stroju kar prikazuje slika 14. Ta ideja je porodila skico v CAD programu.



1 – nosilna konstrukcija

2 – napenjalni sistem

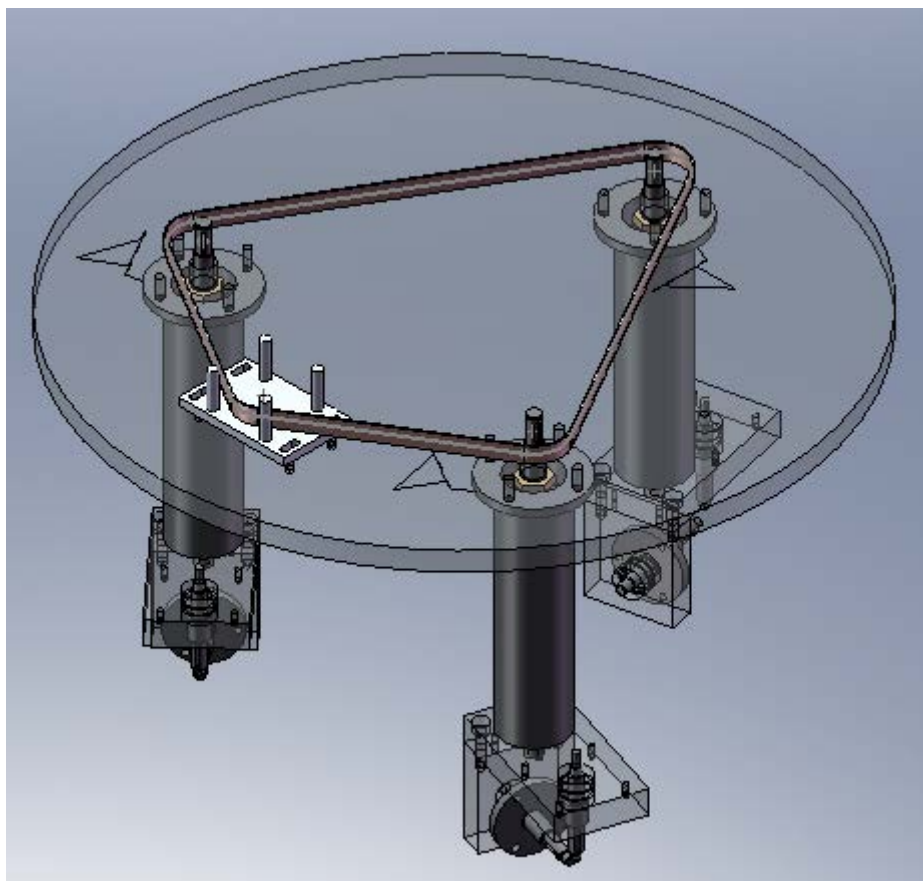
3 – koračni motor

Slika 14: Tloris izvedbe krmiljenja

3.2 KONČNI NAČRT STROJA

Končni načrt stroja je nastal v programu Solidworks. Solidworks je razširjen programski paket za računalniško podprto konstruiranje in inženirske analize.

Načrt je narisal tehnični sodelavec na katedri za mehanske obdelovalne tehnologije Drago Vidic.



Slika 15: Platforma stroja

Slika 15 prikazuje izvedbo konstrukcije stroja. Na osnovno ploščo so pritrjene tri osi. Na vsaki osi je nameščen koračni motor, ki z ustreznim prenosom poganja gumijasto kolo. Nad osnovno ploščo je izvedeno krmiljenje stroja z zobatim jermenom, ki ga prav tako poganja koračni motor.

3.3 KRMILJENJE STROJA

Stroj je povsem računalniško voden. Programiranje bo potekalo s pomočjo računalnika, na katerem bodo naloženi potrebni programi.

Krmiljenje bo potekalo na dva različna načina:

- programiranje s PLC krmilniki (programabilni logični krmilnik *angl. programmable logic controler*). Za programiranje se uporablja diskretna logika, šteje se signale. Nastavljamo lahko tudi časovne zakasnitve.
- programiranje z CNC krmilnim sistemom (računalniško numerično krmiljenje *angl. computer numerically controled*). S krmilnim sistemom pošiljamo signale v koračne motorje s pomočjo operacijskega programa (MACH3).

3.4 PREDNOSTI IN UPORABNOST NOVEGA STROJA

3.4.1 Prednosti

Z novim avtomatskim strojem (robotom) bi opravili delo hitreje in bolj natančno. Stroj bi bil zanesljiv, natančen in učinkovit. Njegov doprinos je tudi, da za delo ne potrebujemo delavca, ki bi vodil stroj.

Robot bi lahko naknadno precej enostavno nadgradili z nadzorom pritiskne sile brusnega diska na podlago. Ravno tukaj sam vidim njegov bistveni doprinos, saj tega pri obstoječih strojih ne moremo narediti ali pa je potek zelo zamuden in nenatančen. Spreminjanje pritiskne sile diska na podlago lahko pri obstoječih strojih spreminjamo samo z odvzemom ali pa z dodajanjem mase.

3.4.2 Uporabnost

Računalniško podprt mobilni stroj je uporaben za brušenje parketa. Uporablja se tudi za pripravo podlage pred polaganjem talnih oblog. Podlaga je največkrat betonska (estrih), lahko pa je tudi lesena. Lesene podlage so znane pod izrazi suhi estrih. Stroj bi lahko uporabili tudi za čiščenje in poliranje vseh vrst talnih oblog.

Eden izmed možnih načinov uporabe stroja je tudi izdelava globinskih intarzij v parket. Z njim bi lahko ustrezno zarezali kakršenkoli profil v položeni parket. Na že poznanih CNC strojih bi potem lahko izrezali iz drugega lesa obdelovance, ki bi jih nato vstavili (zalepili) v režo, predhodno narejeno z mobilnim robotom. Prednost takšnih intarzij je zadovoljiva natančnost in hitrost izvedbe.

Uporabili bi ga lahko tudi za vžiganje raznih slik v parket, kar bi naredili pred fazo nanašanja temeljnega laka na parket.

4 OSNOVE CNC TEHNOLOGIJE

Začetki »CNC-jev« so bili v petdesetih letih v Združenih državah Amerike kot NC krmiljenje naprav. Kratici NC in CNC izhajata iz angleščine. NC – *Numerical controlled* pomeni numerično krmiljenje, CNC – *Computer Numerical Controlled* pa pomeni računalniško numerično krmiljenje. NC je torej predhodnik CNC krmiljenja. CNC stroji so vsestransko uporabni, tako za maloserijsko proizvodnjo, kot tudi za proizvodno kjer se izvajajo večje serije istih proizvodov.

NC in kasneje CNC krmilja so privedla do obdelovalnih sistemov višjega tehnološkega nivoja in do popolne integracije ter povezave procesa snovanja proizvoda (CAD) s procesom izdelave proizvoda (CAM).

Povodi za razvoj CNC strojev:

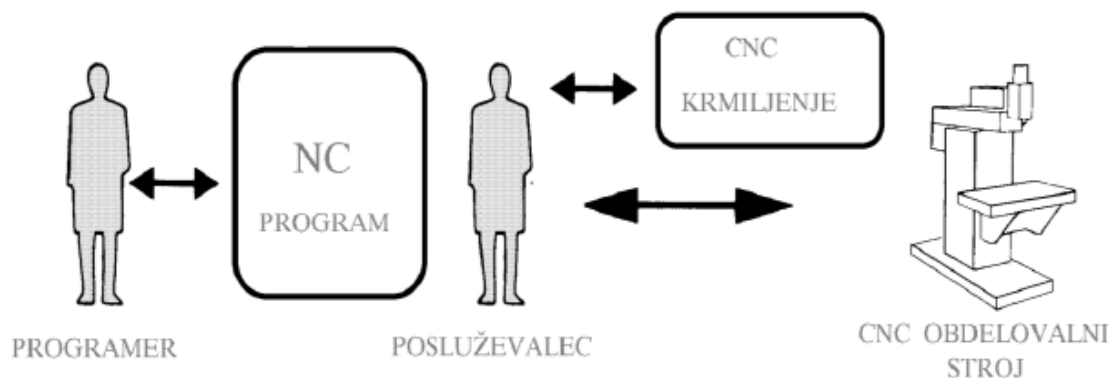
- zmanjšati proizvodne stroške,
- fleksibilnost,
- povečati kapaciteto,
- izboljšati natančnost in kvaliteto,
- povečanje produktivnosti.

NC stroji so naprave, ki jih krmilimo z nizom ukazov. Vnesemo jih v napravo preko nosilnih medijev, kot so magnetni trak, luknjaste kartice, luknjasti trakovi, ipd. Slabost teh prenosnih medijev je, da na njih parametrov ne moremo dinamično spreminjati. To pomeni, da podobnega izdelka v dveh različnih dimenzijah ne moremo spremeniti na obstoječem mediju, ampak ga moramo na novo izdelati.

Najpomembnejša lastnost CNC stroja je fleksibilnost, saj omogoča hitro preureditev programa iz ene na drugo vrsto obdelave.

CNC sestavljata dva osrednja dela katera sta prikazana na sliki 16:

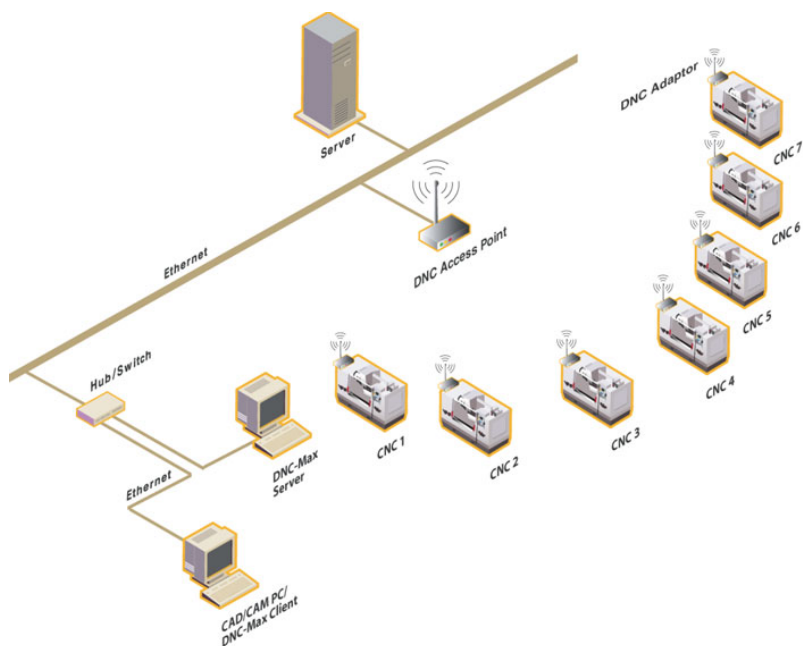
- krmilje, ki služi vodenju obdelave,
 - kontrolna enota,
 - vhodna enota,
 - računalniška enota,
 - spominska enota,
 - izhodna enota.
 - stroj za obdelavo obdelovanca– mehanski del.
-



Slika 16: Postopek upravljanja z CNC napravo

Krmilje je napreden računalniški sistem, ki med svojim vodenjem nadzoruje kinematiko orodja in/ali obdelovanca, ob kakršnikoli nevarnosti pa sam izklopi napravo. Pri tem nadzoruje ukaze in izvaja pomike.

Naslednja stopnja in razvoj CNC naprav je vodil do DNC naprav. Ti predstavljajo celotno tovarniško mrežo CNC naprav povezanih na centralni računalnik, ki omogoča ob izpadu neke naprave na liniji, avtomatsko nadomestilo z drugimi stroji. Na sliki 17 je prikazana povezava med centralnim računalnikom ter CNC napravami. Nadaljevanje razvoja predstavlja CIM (Computer Integrated System).

Slika 17: Shema DNC linije (<http://www.acam.si/izdelki-cimcodnc.html>)

4.1 VRSTE CNC NAPRAV

Krmilni deli CNC naprav so si po osnovi dokaj podobni, zato CNC naprave delimo po vrsti obdelave:

1. Računalniško vodeni stroji za odrezovanje (stružnice, brusilni stroji, rezkarji,...).
2. Računalniško vodeni stroji za izsekovanje in prebijanje (stiskalnice, stroji za konturno izsekovanje, kombinirani izsekovanje/prebijanje).
3. Računalniško vodeni za preoblikovanje brez odrezovanja (za upogibanje, kovaški stroji).
4. Računalniško vodeni za ostale vrste razdvajanja (z vodnim curkom, plamensko, lasersko,...).

4.2 CNC PROGRAM TER KRMILJENJE

Program za računalniško vodenje CNC naprav je zaporedje znakov oz. ukazov, ki stroju določajo postopek izvajanja operacij.

Načini programiranja:

- Ročno programiranje (vse izračune naredi programer sam iz delavniške risbe oz. načrta, določi operacijski postopek).
- Ročno programiranje na stroju (programer programira preko sistema menijev neposredno na stroju, možen izris poti na ekranu).
- Programiranje računalnikov (programiranje s pomočjo CAD/CAM programov poteka tako, da se izdelava program, ki se prenese na stroj, kjer se izvede simulacija, izračuna se optimalna pot itd.).

4.2.1 G-koda

Zapis programa mora biti v taki obliki, da ga krmilna enota razume. Program je zgrajen iz mnogih programskih stavkov. Stavek predstavlja delovno operacijo, na primer menjavo orodja, in je sestavljen iz besed, ki označujejo ukaze potrebne za izvajanje operacij, kot so koordinate, vrtilna hitrost itd. Vrednosti koordinat pišemo v milimetrih.

G koda se zapisuje s standardom DIN 66025 ali po ISO 6983.

Primer stavka:

N12 G01 X-15 Y12 Z-5	stavek
N12	zaporedna številka stavka
X-15	beseda
X	znak
-15	številka s predznakom

V splošnem so ukazi razdeljeni v tri sklope:

- Geometrijski (določajo relativni oz absolutni položaj orodja).
- Tehnološki (podajalna hitrost, rezalna hitrost, definicija orodja).
- Pomožne funkcije (smer vrtenja, hlajenje, odsesavanje, vklop/izklop).

Glavne funkcije:

Preglednica 1: Pregled glavnih funkcij G-kode

G00	Hitri gib orodja, mize
G01	Delovni gib orodja, mize
G02	Krožna interpolacija v smeri urinega kazalca
G03	Krožna interpolacija v nasprotni smeri urinega kazalca
G04	Programiran zastoj
G05	Izklop glavnega agregata
G21	Prazna vrstica
G25	Klic podprograma
G27	Preskok v klicani stavek
G28	Premik v referenčno točko
G33	Vrezovanje navoja pri struženju
G40	Preklic veljavnosti kompenzacije polmera orodja
G41	Kompenzacija premera orodja desno
G42	Kompenzacija premera orodja levo
G45	Prištevanje polmera orodja
G46	Odštevanje polmera orodja
G47	Prištevanje premera orodja
G48	Odštevanje premera orodja
G64	Izključitev motorjev
G65	Vključitev kasetofona
G66	Vključitev I/O enot preko vmesnika RS 232
G72	Rezkanje žleba
G73	Vrtanje s prekinjanjem
G78	Ciklična funkcija za rezanje navoja
G81	Vrtanje
G82	Vrtanje z zastojem

G83	Vrtanje globokih lukenj
G84	Ciklična funkcija za vzdolžno struženje
G85	Povrtavanje
G86	Zarezovanje pri struženju
G88	Ciklična funkcija za čelno struženje
G89	Povrtavanje z zastojem
G90	Absolutno programiranje
G91	Relativno programiranje
G92	Absolutni način programiranja z določitvijo oddaljenosti začetne točke orodja B od nične točke obdelovanca W
G94	Podajanje v mm/min
G95	Podajanje v mm/vrt

Pomožne funkcije:

Preglednica 1: Pregled nekaterih pomožnih funkcij

M00	Začasna ustavitev izvajanja programa
M02	Končaj program
M03	Vklop vrtljajev glavnega vretena v smeri urinega kazalca
M04	Vklop vrtljajev glavnega vretena v nasprotni smeri urinega kazalca
M05	Izklop vrtljajev glavnega vretena
M06	Menjava orodja
M08	Vklop hladilnega sredstva
M09	Izklop hladilnega sredstva
M17	Konec podprograma
M30	Konec programa
F	Podajalna hitrost
S	Vrtilna hitrost orodja
T	Izbor orodja

4.3 KOORDINATNO IZHODIŠČE

CNC stroj ima več koordinatnih izhodišč. Vsak stroj ima referenčno točko (R) in strojno ničelno točko (M). Ti dve točki sta fiksni točki stroja. Ko operater vključi stroj, mora najprej postaviti orodje v referenčno točko. S tem izve, kje je njegovo izhodišče. Te točke se postavijo s končnimi stikali. Ta točka je osnovna startna točka, ki mu ostane v spominu, dokler ga ne ugasnemo. Primer kartezičnega koordinatnega sistema CNC naprave in prikaz nične in startne točke vidimo na sliki 18.



R - REFERENČNA TOČKA (točka v kateri se sinhronizirata strojni del in krmilna enota)



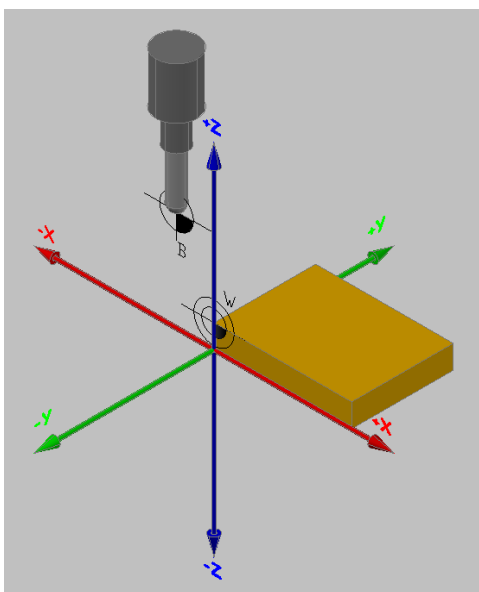
B - STARTNA TOČKA (točka kjer se postavi orodje pred začetkom izvajanja programa)



W - NIČNA TOČKA (je izhodišče koordinatnega sistema obdelovanja)



M - NIČNA STROJNA TOČKA (točka za servis stroja)



Slika 18: Startna točka (B) in nična točka (W) CNC stroja

5 KOORDINATNI SISTEMI

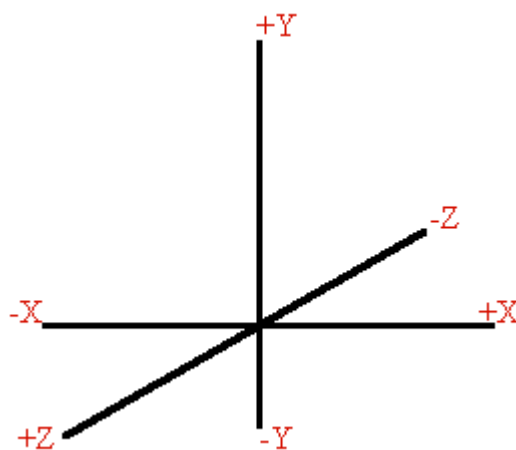
Koordinatni sistem je matematično orodje, ki omogoča, da točke v nekem prostoru oz. ravnini zapišemo z številkami (koordinatami).

5.1 VRSTE KOORDINATNIH SISTEMOV

- Kartezični ali pravokotni koordinatni sistem
- Polarni koordinatni sistem
- Cilindrični koordinatni sistem
- Sferični koordinatni sistem
- Geografski koordinatni sistem
- Nebesni koordinatni sistem
- Inercialni koordinatni sistem

5.1.1 Kartezični koordinatni sistem

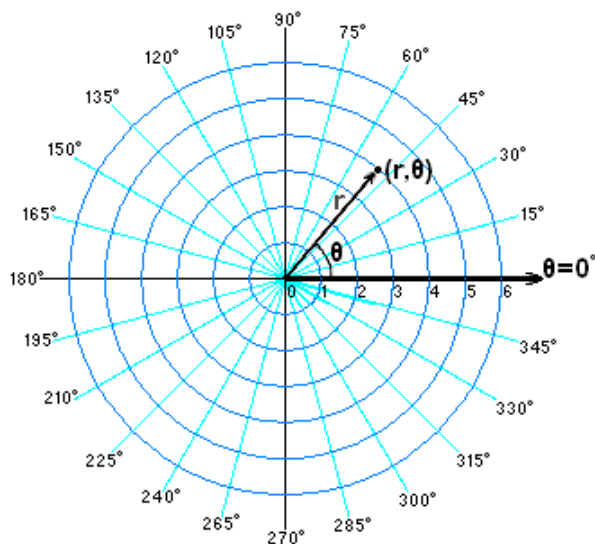
Kartezični koordinatni sistem (slika 19) je pravokotni koordinatni sistem, ki ga določata dve oziroma tri osi. Imenujemo jih: abscisna os (x), ordinatna os (y) ter aplikatna os (z). Lego točke v kartezičnem koordinatnem sistemu opišemo z pravokotno projekcijo točke na posamezno os (x,y,z).



Slika 19: Kartezični koordinatni sistem

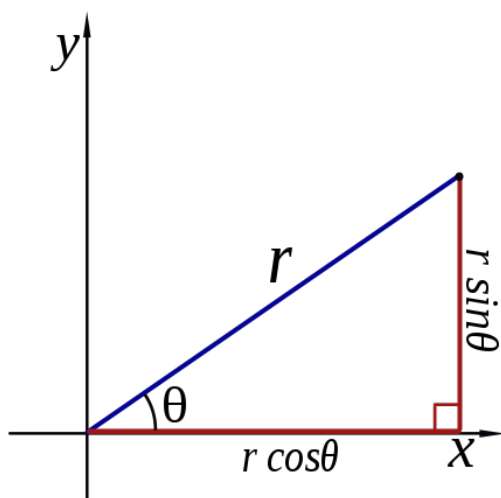
5.1.2 Polarni koordinatni sistem

Slika 20 prikazuje polarni koordinatni sistem. Polarni koordinatni sistem je ravninski koordinatni sistem, ki se ga uporablja kot alternativo kartezičnemu koordinatnemu sistemu. Služi tudi kot osnova cilindričnemu in sfernemu koordinatnemu sistemu.



Slika 20: Polarni koordinatni sistem (https://sl.wikipedia.org/wiki/Polarni_koordinatni_sistem)

Točko podamo z dvema številoma, ki ju imenujemo polarni koordinati. Prva koordinata je radij (oddaljenost od izhodišča), ki se označi s črko r ali ρ ($r \geq 0$). Druga točka je polarni kot, ki ga označimo s črko φ ali θ . To je kot, ki ga določa točka glede na desni del vodoravne osi, običajno x^+ . Polarni kot se podaja z intervalom $[0^\circ, 360^\circ]$ ali $[180^\circ, -180^\circ]$. Povezavo med ravninskim kartezičnim in polarnim koordinatnim sistemom vidimo na spodnji sliki 21.



Slika 21: Pretvorba iz kartezičnega koordinatnega sistema v polarni (https://sl.wikipedia.org/wiki/Polarni_koordinatni_sistem)

Če poznamo točke, podane v kartezičnem koordinatnem sistemu, lahko enostavno in hitro pretvorimo koordinate (x,y) v radij r in pa kot φ :

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

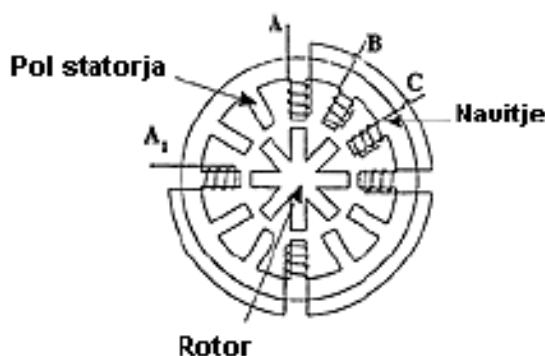
$$\tan \varphi = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

6 KORAČNI MOTOR

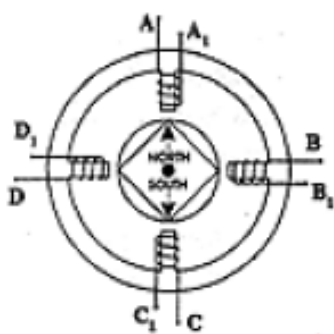
Koračni motorji se pojavljajo v večini naprav, kot na primer trdi diski računalnikov, CD/DVD-romi, tiskalniki, skenerji in pa seveda CNC naprave. Prepoznamo jih lahko po tem, da imajo 4,5,6 ali 8 vodnikov. Po številu vodnikov lahko prepoznamo tudi, če je koračni motor uni- ali bipolarni.

Danes lahko na trgu zasledimo veliko koračnih motorjev z 8 izhodnimi (krmilnimi) žicami. Ti motorji imajo možnost vezave na uni- ali bipolarni način krmiljenja.

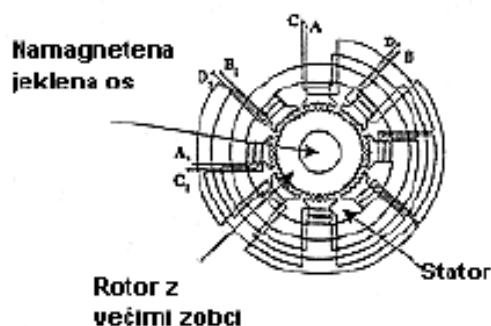
Koračni motorji so zgrajeni iz permanentnega magnetja in/ali z nazobčano osjo, imajo pa tudi ločene tuljave na obodu. Različne tipe koračnih motorjev glede zgradbe oz. sestave vidimo na slika 22, 23 in 24.



Slika 22: Koračni motor z nazobčano osjo (Kočar, 2009: 21)



Slika 23: Koračni motor s permanentnim magnetom (Kočar, 2009: 21)



Slika 24: Koračni motor z nazobčano ter namagneteno osjo (Kočar, 2009: 21)

Število tuljav opredeljuje natančnost motorja, ki nam pove, koliko korakov mora narediti motor za en vrtljaj (360°). Ko koračnemu motorju dovedemo napetost, se ta zasuče za en korak (najpogosteje za $1,8^\circ$). Ta podatek je podan na koračnih motorjih in je zelo pomemben za nadaljnje krmiljenje. Tako na primer potrebuje koračni motor s korakom $1,8^\circ$ za en zasuk 200 korakov.

$$\text{št. korakov} = \frac{360^\circ}{1,8^\circ} = 200$$

6.1 UNIPOLARNI KORAČNI MOTOR

Prepoznamo jih po tem, da imajo 5 ali 6 vodnikov.

Prednosti:

- večji navor,
- manjša dimenzija.

Slabosti:

- kompleksnejša krmilna elektronika.

Unipolarni koračni motor deluje tako, da zaporedno vklapljam in izklapljam tuljave. Poznamo tri načine krmiljenja koračnih motorjev:

6.1.1 Polno-koračni način krmiljenja 1

Zaporedje vklopov ter izklopov tuljav:

1. Izklopimo tuljavo 1 in hkrati vklopimo tuljavo 2.
 2. Izklopimo tuljavo 2 in hkrati vklopimo tuljavo 3.
 3. Izklopimo tuljavo 3 in hkrati vklopimo tuljavo 4.
-

4. Izklopimo tuljavo 4 in hkrati vklopimo tuljavo 1.



Slika 25: Zaporedje vklopa tuljav pri polno-koračnem načinu krmiljenja 1
 (<http://www.rogercom.com/pparalela/IntroMotorPasso.htm>)

Lastnosti:

- velika hitrost,
- nizka poraba energije,
- nizki moment,
- vedno se napaja samo ena tuljava.

6.1.2 Polno-koračni način krmiljenja 2

Zaporedje vklopov ter izklopov tuljav:

1. Vključimo tuljavo 1 in hkrati vključimo tuljavo 2.
2. Izklopimo tuljavo 1 in hkrati vključimo tuljavo 3.
3. Izklopimo tuljavo 2 in hkrati vključimo tuljavo 4.
4. Izklopimo tuljavo 3 in hkrati vključimo tuljavo 1.



Slika 26: Zaporedje vklopa tuljav pri polno-koračnem načinu krmiljenja 2
 (<http://www.rogercom.com/pparalela/IntroMotorPasso.htm>)

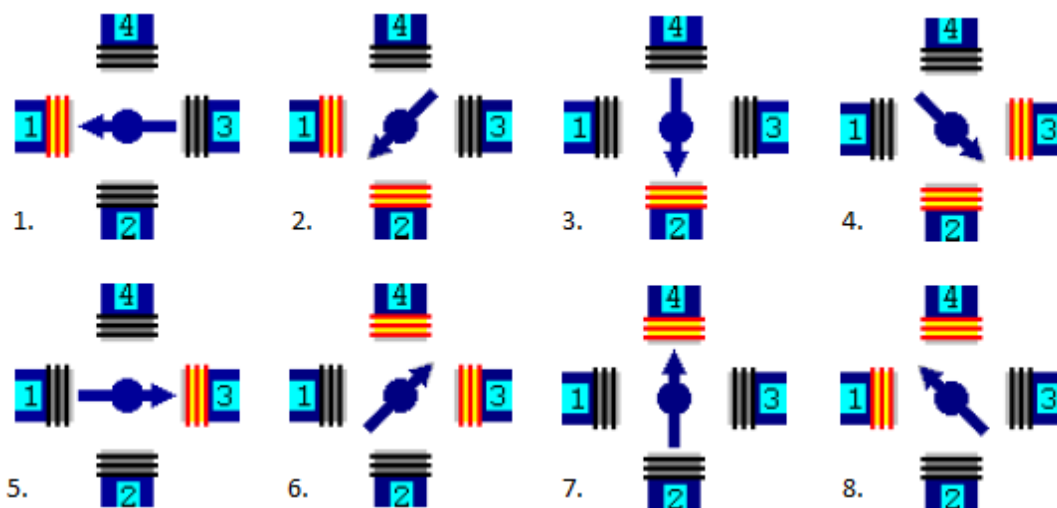
Lastnosti:

- velika hitrost,
 - visok navorni moment,
 - višja poraba energije kot pri prejšnjem načinu,
 - vedno se napajata dve tuljavi.
-

6.1.3 Pol-koračni način krmiljenja

Zaporedje vklopov ter izklopov tuljav:

1. Vklopimo tuljavo 1.
2. Vklopimo tuljavo 2.
3. Izklopimo tuljavo 1.
4. Vklopimo tuljavo 3.
5. Izklopimo tuljavo 2.
6. Vklopimo tuljavo 4.
7. Izklopimo tuljavo 3.
8. Vklopimo tuljavo 1.



Slika 27: Zaporedje vklopa tuljav pri pol-koračnem načinu krmiljenja
(<http://www.rogercom.com/pparalela/IntroMotorPasso.htm>)

Lastnosti:

- je kombinacija obeh polno-koračnih načinov,
- višja poraba energija kot prejšnja načina,
- hitrost je nižja kot pri prejšnjih načinih,
- navorni moment je blizu polno-koračnega načina 2,
- veliko bolj natančen kot prejšnja načina.

Za vse tri načine krmiljenja je značilno, da se zaporedja lahko ponavljajo, kolikokrat želimo in da za spremembo smeri uporabimo zaporedja v obratni smeri.

6.2 BIPOLARNI KORAČNI MOTOR

Bipolarni koračni motorji imajo enake načine krmiljenja kot unipolarni, vendar je z njimi krmiljenje nekoliko zahtevnejše.

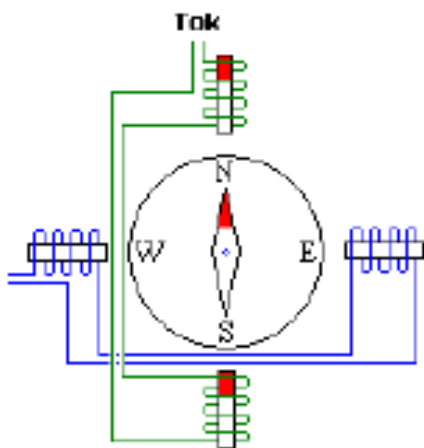
6.2.1 Polno-koračno krmiljenje 1

Navitji N in S se napajata z žicama 1 in 2, navitji W in E pa se napajata z žicama 3 in 4.

Za delovanje koračnega motorja v polno-koračnem načinu delovanja morajo biti izpolnjeni naslednji zaporedni pogoji:

1. Naboj v žici 1 je + v žici 2 je – (slika 28)
2. Tokokrog v žici 1 in 2 izklopimo
3. Naboj v žici 3 je + v žici 4 je – (Slika 29)
4. Tokokrog v žici 3 in 4 izklopimo
5. Naboj v žici 1 je – v žici 2 je + (Slika 30)
6. Tokokrog v žici 1 in 2 izklopimo
7. Naboj v žici 3 je – v žici 4 je +
8. Tokokrog v žici 3 in 4 izklopimo

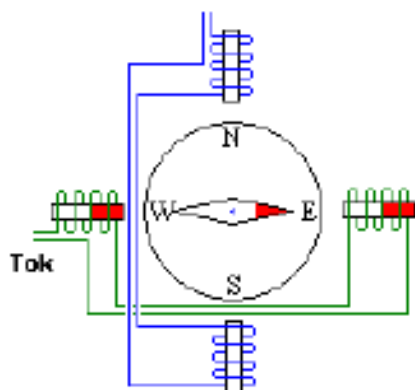
Za vrtenje nadaljujemo z korakom 1.



Slika 28: Bipolarni način krmiljenja (korak 1)

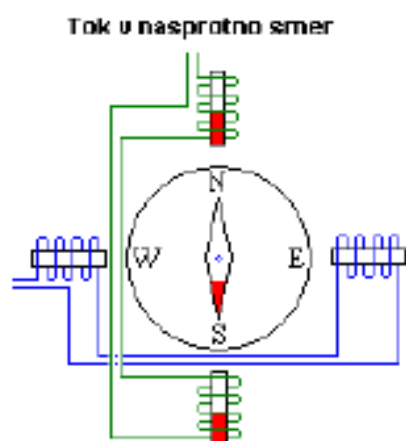
(http://www.horrorseek.com/home/halloween/wolfstone/Motors/stpint_StepperMotorIntro.htm)

1)



Slika 29: Bipolarni način krmiljenja (korak 2)

(http://www.horrorseek.com/home/halloween/wolfstone/Motors/stpint_StepperMotorIntro.htm
l)



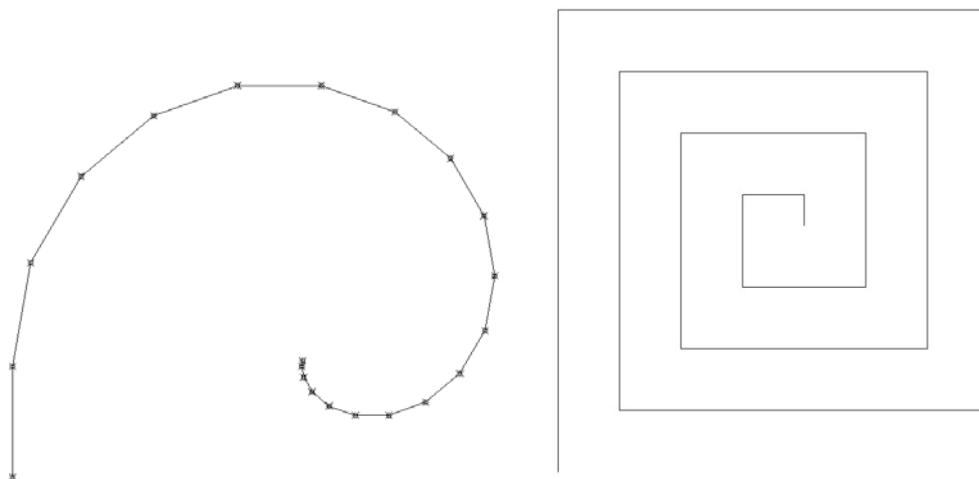
Slika 30: Bipolarni način krmiljenja (korak 3)

(http://www.horrorseek.com/home/halloween/wolfstone/Motors/stpint_StepperMotorIntro.htm
l)

7 NAČIN KRMILJENJA MOBILNE PLATFORME

Krmiljenje platforme, kot je bilo že omenjeno, bo v mojem primeru potekalo z PLC-jem (Programmable logic controller). V primeru PLK-ja je krmiljenje na prvi pogled zelo enostavno, ker ni toliko postopkov. Vendar je veliko funkcij katere so za naše potrebe neprimerne. Ko pa je enkrat program narejen, ga je možno z nekaj kliki prirediti, kar je zelo ugodno za uporabnika.

Ena velika slabost pri našem krmiljenju je, da ni možno izdelati drugačnih kontur kot so prikazane na sliki 31. In sicer štirikotno konturo z enako dolgimi in vzporednimi stranicami ($a \times a$) in pa poliedrično konturo. Morda še je možno izdelati pravokotnik, kateri ima različno dolge stranice ($a \times b$), vendar ne deluje, kar je posledica samega krmilnika katerega uporabljamo.



Slika 31: Prikaz poliedrične konture (levo) ter kvadratne konture (desno).

Prav tako moramo pretvoriti dolžinske enote v korake, katere vpišemo v program za krmiljenje PLK-ja. To bomo naredili enostavno z enačbami.

8 PROGRAMABILNI LOGIČNI KRMILNIK (PLK)

PLK-ji so ena zvrst mikroračunalnikov, ki se najpogosteje uporabljajo v proizvodnih procesih, krmiljenje raznih vodovodnih sistemov, luči, dvigala, in podobno. Glavne značilnosti teh naprav so, da imajo večje število vhodov in izhodov, ter, da se odzivajo v zelo kratkem času. Pri tem krmilniku katerega uporabljamo mi (FX-1N) je odzivnost na izhodih y0 ter y1, tudi do 5 μ s.

Te naprave krmilimo s pomočjo krmilne kode, katera se pretvarja znotraj krmilnega cikla in nam na izhode poda impulze.

8.1 ZGODOVINA IN RAZVOJ

Prvi programabilni logični krmilniki so se pojavili leta 1968, katere je razvilo podjetje Benford Associates. Iz imena oz. opisa te naprave »Modular Digital Controller« se je izpeljalo ime podjetja MODICON.

Prvi krmilniki so se razvili kot zaščitne ali varnostne naprave. Pri teh sistemih so se postopki izvajanja programa le s težavo spreminjali, saj je bilo treba pri napravi narediti ponovno vezavo elementov ali pa je potrebno zamenjati določene komponente. Pri sodobnih PLK-jih pa je velikokrat zadostna sprememba v pomnilniku naprave preko programa.

Razvoj mikroprocesorjev od približno leta 1970, in vedno večja hitrost obdelave podatkov, sta omogočala vedno večji obseg uporabe PLK-jev. Začeli so se uporabljati v kompleksnejših postopkih krmiljenja, in prevzemali so tudi dodatne stranske funkcije.

Danes zahtevane funkcije od PLK-jev so še zraven krmiljenja tudi obdelava podatkov ter nadzor postopka krmiljenja (SCADA). SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) programi so nameščeni na osebni računalnik in služijo za nadzor procesa. Povratne informacije oz. nadzor nad procesom z programom SCADA so ponazorjene grafično za boljšo preglednost. S temi programi je mogoče tudi generirati razna poročila o vrednostih, katere smo pridobili na osnovi nadzorovanega procesa.

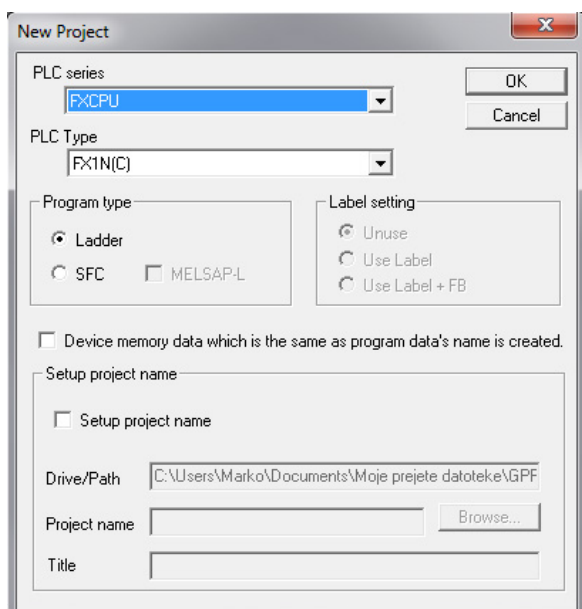
Krmiljenje pa nam tudi olajšajo dodatni moduli, katere je možno priključiti na PLK.

9 GX DEVELOPER

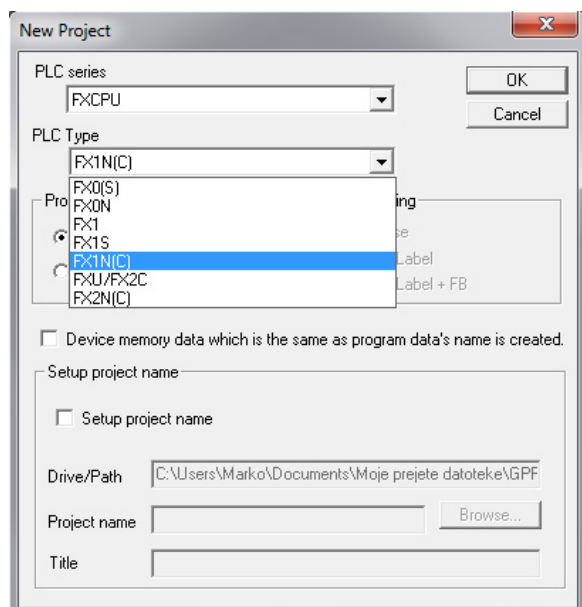
GX DEVELOPER je program podjetja MITSUBISCHI ELECTRIC EUROPE, ki je namenjen za upravljanje in programiranje PLK-ja. Program nudi tudi podrobno analizo napak.

9.1 OSNOVNI OPIS DELOVANJA PROGRAMA

Pri ustvarjanju novega projekta izberemo serijo PLK-ja v okencu *PLC series* kot je prikazano na sliki 32. V našem primeru je to *FXCPU*. Ta serija je nastavljena kot privzeta, ker je program namenjen izključno tej seriji krmilnikov.



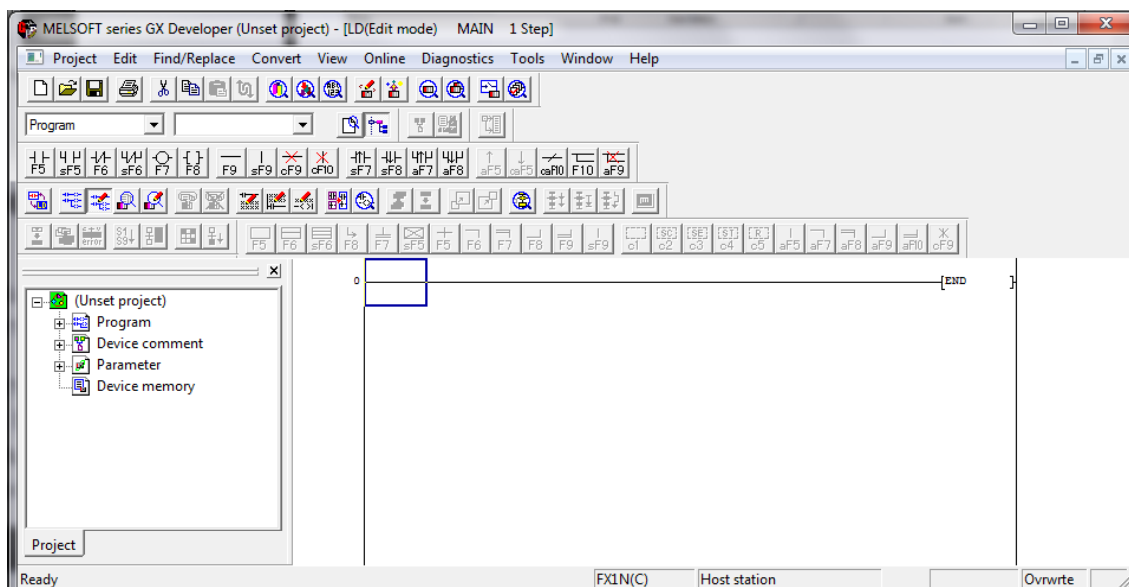
Slika 32: Postopek ustvarjanja novega projekta; New Project.



Tip osnovnega krmilnika se nastavi v okencu *PLC Type*, prikazano na sliki 33. Ta podatek najdemo na samem krmilniku oz. v priloženih podatkih o njem.

Slika 33: Postopek ustvarjanja novega projekta; PLC Type.

9.2 USTVARJANJE NAČRTA OZ. PROJEKTA



Slika 34: Prazen začetni dokument novega projekta.

Na sliki 34 je prikazana osnovno postavitve delovnega namizja ob začetku ustvarjanja novega projekta. Orodna vrstica nam omogoča hiter dostop do orodij katere veliko uporabljamo. Nudijo nam možnosti za spreminjanje in vstavljanje novih povezav v načrtu.

Na delovnem listu imamo hiter, ter kar je pomembno, vizualni pregled nad celotnim projektom. Za lažje sledenje, imamo tudi možnost vstavljanja komentarjev.

9.2.1 Vnos funkcije

Za upravljanje programa je potrebno poznati osnovne operante. Različne serije PLC-jev imajo različne zmogljivosti in posledično tudi različna števila operandov s katerimi razpolagamo.

Preglednica 2: Poimenovanje, oznaka ter maksimalno število operandov za PLC FX1N.

Vrsta operanta	Oznaka	Maximalno število operandov
Vhod	X	128
Izhod	Y	128
Marker	M	384
Timer	T	256
Števec	C	256
High-Speed-števec	C	21
Decimalne konstante	K	16/32 Bit

Podatkovni registri	D	8000
Datotečni registri	D	7000
Index register	V,Z	16
Kazalec	P	128
Interrupt-Pointer	I	6
Nesting	N	8



Slika 35: Vnosno okno za funkcije.

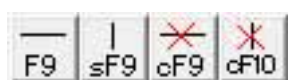
Slika 35 nam prikazuje vnosno okno katero ima na levi strani (prvo okence) spustni seznam na sredini (drugo okence) vnosno polje, ter na desni strani potrditvene gumba.

V prvem okencu lahko dodamo vrsto kontakta kot so zaprti kontakt, odprti kontakt, povezava, pozitiven impulz,...

V naslednjem, torej drugem okencu, dodamo kontaktu neko navodilo oziroma ukaz. Vsi ukazi se pišejo v krajšavah kateri določa proizvajalec krmilnika.

Oblika projekta lahko primerjamo z realnimi vezji. Zato lahko dodajamo v program povezave kot neke vrste elektronska vezja.

Izvajanje programa poteka od leve proti desni in od zgoraj navzdol. Na spodnji sliki 36 so prikazana orodja s katerimi dodajamo in brišemo vodoravne in navpične povezave.



Slika 36: Orodje za dodajanje in brisanje povezav.

9.3 FUNKCIJSKI BLOKI

Vsem funkcijskim blokom je potrebno dodeliti izhod oz. lokacijo, kam želimo novo vrednost zapisati oz. na katerem izhodu jo želimo imeti. Potrebno jim je dodeliti vhodno vrednost, bodisi ročno, oz. lokacijo od koder naj vrednost prebere.

9.3.1 Vhodi in izhodi

Vhodi in izhodi se adresirajo v oktalih, kar pomeni, da število 8 in 9 ne obstajajo. Primer; 0,1,2,3,4,5,6,7,10,11,...

9.3.2 Marker

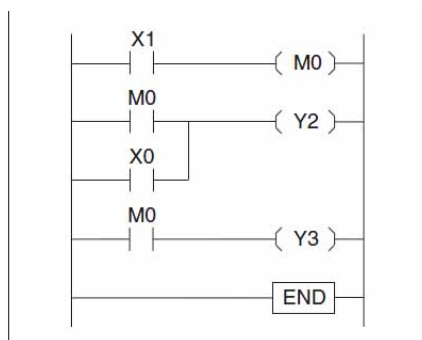
Markerji se uporabljajo za shranjevanje povezav v samem programskem ciklu in imajo vrednost "0" oziroma "1".

Obstajajo tri vrste Markerjev. In sicer, navadni, Latch in pa posebni markerji. Latch markerji si zapomnijo signale tudi ob nenadnem izpadu energije. Kar nam zagotovi, da se nam informacija na markerju ne izbriše. Imamo pa še tudi posebne markerje, ki nam nudijo različne fukcije in so rezervirani.

Preglednica 3: Oznaka, število naslovov ter spomin markerjev.

Operant	Spomin ob izklopu	Oznaka	Število naslovov
Marker	-	M0 - M383	384
Latch-marker	x	M384 - M1535	1152
Posebni marker	x	M8000 - M8255	256

Na spodnji sliki (slika 37) je prikazano na kakšen način se uporabljajo markerji. Na vhodu X1 podan signal nam sproži impulz na M0. Tako lahko en impulz uporabljamo večkrat in na različnih mestih. M0 v našem primeru poda impulz istočasno na izhod Y2 in Y3.



Slika 37: Primer uporabe markerjev.

9.3.3 Časovnik

Časovniki se uporabljajo za zakasnitev vklopa oziroma izklopa določenih signalov na vhodih, izhodih, markerjih idr. Kontakte lahko uporabljamo poljubno krat v programskem ciklu.

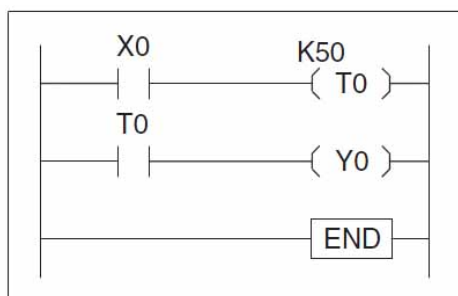
Preglednica 4: Časovni koraki ter časovni razpon posameznih naslovov časovnikov.

Oznaka	Število naslovov	Časovni koraki	Časovni razpon
T0 - T199	200	100 ms	0,1 - 3276,7 s
T200 - T245	46	10 ms	0,01 - 327,67 s

T246 - T249	4	1 ms	0,001 - 32,767 s
T250 - T255 (remanentni)	6	100 ms	0,1 - 3276,7 s

Za programiranje časovnikov se uporablja še dodatno oznaka "K" katera nam določa število časovnih korakov. Pri časovniku T0, kateri ima časovni korak 100 ms in številčno konstanto K5, dobimo časovno zakasnitev 500 ms ($100 \text{ ms} * 5 = 500 \text{ ms}$).

Z impulzom na vhodu X0 zaženemo časovno zanko T0 z številčno konstanto K50. Po preteku tega časa ($100 \text{ ms} * 50 = 5000 \text{ ms} = 5 \text{ s}$) nam poda impulz T0 na izhod Y0. Zgoraj naveden primer programa za časovnik je prikazan na sliki 38.



Slika 38: Primer uporabe časovnikov

9.3.4 Števec

Števce lahko razdelimo v 5 skupin kateri so pred nastavljeni.

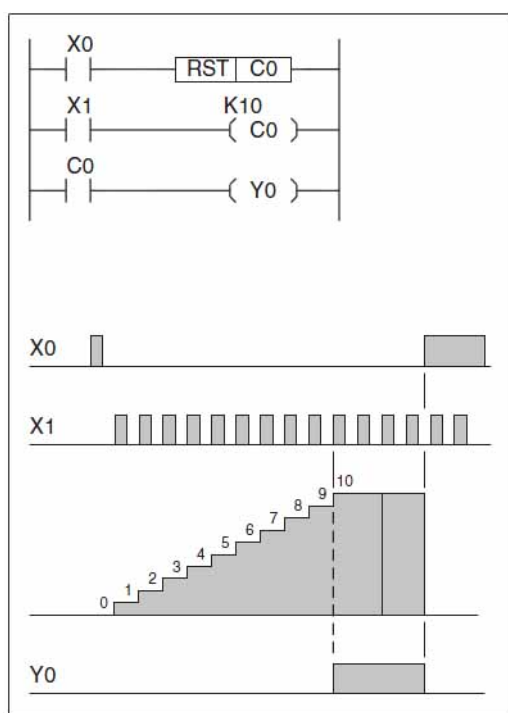
- 16 bitni (seštevajo impulze); Pri upadu ali pomanjkanju napetosti štetje ne ostane shranjeno.
- 16 bitni (seštevajo impulze); Pri upadu ali pomanjkanju napetosti štetje ostane shranjeno.
- 32 bitni (seštevajo in odštevajo impulze); Pri upadu ali pomanjkanju napetosti štetje ne ostane shranjeno. Z posebnimi markerji lahko vplivamo na vrednost štetja.
- 32 bitni (seštevajo in odštevajo impulze); Pri upadu ali pomanjkanju napetosti štetje ostane shranjeno. Z posebnimi markerji lahko vplivamo na vrednost štetja.
- 32 bitni High-Speed-števci (seštevajo in odštevajo impulze); Namenjeno za zelo hitro štetje impulzov.

Za programiranje 16 bitnih števecv se uporablja prav tako oznaka K za določanje številčne konstante. Vrednost K lahko zajema od +1 do +32767.

Preglednica 5: Pregled naslovov counterjev, ki imajo spomin.

Oznaka	Število naslovov	Spomin ob izklopu
C0 - C15	16	-
C16 - C199	184	X

Štetje poteka tako, da za vsak impulz na vhodu števec C0, zviša oziroma zniža njegovo vrednost za vrednost 1. Potem, ko je vnaprej nastavljena vrednost (K10) dosežena, poda števec impulz na izhod Y0. RST C0 pa pomeni resetiranje oziroma postavitve vrednosti na začetno vrednost. Primer programa ter shematski prikaz impulzov napisanega programa prikazuje slika 39.



Slika 39: Prikaz programa z uporabo števca.

32 bitni števeci delujejo na enak način kot 16 bitni, vendar je razlika v razponu konstante K, ki v tem primeru znaša od +1 do +2147483647 in -1 do -2147483647. Imajo še tudi nekaj pripadajočih posebnih markerjev, ki pripadajo določenim naslovom števecov (C200=M8200, C201=M8201,...). Ti markerji so namenjeni za spremembo smeri štetja. Če M8200 ni podan, potem C200 prišteva, če pa je podan pa C200 odštevata.

Za 32 bitne High-Speed-števce pa je pomembno omeniti, da štejejo impulze samo na določenih vhidih. In sicer na vhidih X0 do X7. Maksimalna frekvenca štetja je 10kHz.

9.3.5 Register

Registri predstavljajo shranjevanje podatkov znotraj PLC-ja. V registre lahko shranjujemo številčne podatke. Na tak način je možno impulze večih vhodov shraniti in v programu pretvarjati in oblikovati. Podatki se shranjujejo v 16 bitnem formatu. Z združevanjem dveh 16 bitnih registrov pa je možno shranjevati v 32 bitnem formatu.

9.3.6 Dodatni funkcijski bloki oz. operacije

Za kompleksne aplikacije pa imamo za programiranje PLC-ja na voljo specialne funkcijske bloke, katere lahko razdelimo v skupine za:

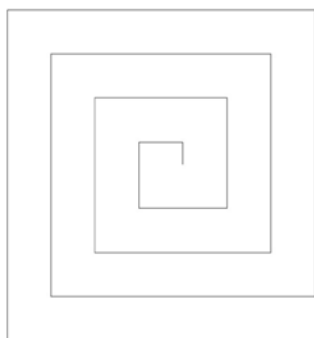
- Operacije za nadzor programa,
- Operacije za prenos in primerjavo podatkov.
- Aritmetične in logične operacije.
- Operacije za pomik.
- Operacije za obdelavo podatkov.
- High speed oz hitre operacije.
- Posebne operacije.
- Vhodna in izhodna navodila.
- Operacije za komuniciranje z komponentami.
- Zaklepanje/odklepanje registrov,...

Vseh skupaj je 28 skupin in v njih je 211 operacij oz. funkcijskih blokov.

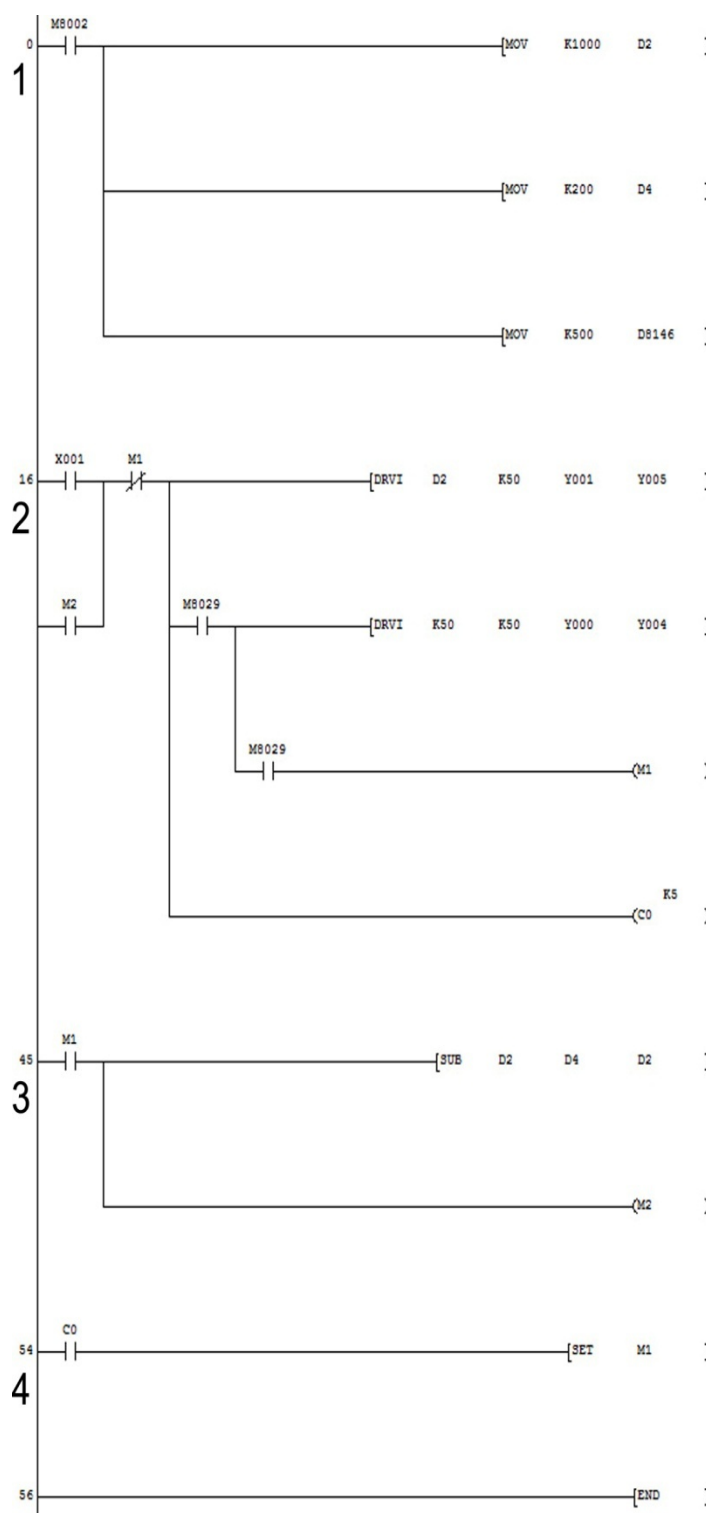
Sam sem pri programiranju mobilne platforme uporabil operaciji DRV1 in SUB. Uporabljene funkcijske bloke sem podrobneje opisal v poglavju 10.1.1.

10 OPIS UPORABLJENEGA PROGRAMA

Program katerega bomo uporabili (slika 41) v predstavitvi bo opisal poliedrično sled, kot je prikazano na sliki 40.



Slika 40: Pot katero obdelujemo s programom.



Slika 41: Shema uporabljenega programa.

1. Ob vklopu PLC-ja se avtomatsko zažene funkcija M8002 katera poda impulz za zapis podatkov v spomin (MOV).

2. Ko vklopimo stikalo na aktiviramo funkcijo DRV1 ki krmili krmilnike koračnih motorjev. Po dokončanem ciklu funkcija M8029 poda signal na naslednji DRV1, ki pomeni zasuk osi za 90°. Po dokončanem ciklu se vklopi funkcija M8029 katera poda signal na M1. M1 ima funkcijo, da po dokončanem programu katerega cilj smo mu nastavili, ustavi ponavljanje programa, ter da poda signal naprej na funkcijo SUB za odštevanje poti. Števec C0 šteje koliko krat se DRV1 (1) ponovi.

3. Ko doseže signal M8029 signal M1 se vklopi funkcija SUB (odštevanje) in prepiše novo vrednost v spomin katerega cilj smo mu določili. Hkrati M1 poda signal na M2, ki ponovi točko 2.

4. Ko števec C0 doseže nastavljeno število, aktivira z SET marker M1 da zaključi cikel celotnega programa.

10.1.1 Opis uporabljenih funkcij

M8002 – ob vklopu PLC-ja zazna marker M8002 to novo stanje in se aktivira. S tem je možno brez dodatnih vhodov zagnati štetje, izračune ipd. V našem primeru je to MOV1, MOV2 IN MOV3.

MOV1 – je zapisano začetno število impulzov kateri nam podajajo dolžino poti v spomin D2. K1000 je število impulzov, d2 pa je cilj v katerega se ta vrednost zapiše.

MOV2 – je zapisano število korakov za odštevanje impulzov, kateri nam podajajo zmanjševanje poti po vsakem obratu osi.

MOV3 – določanje je zapisana največja frekvenca pulzov. To določimo z številčno vrednostjo K, in to vrednost zapišemo v register D8146.

DRV11 – za pozicioniranje na inkrementalno vrednost potrebujemo določene impulze kateri predstavljajo našo pot, ki bo jo koračni motor naredil. To vrednost najdemo v D2, in je bila določena v MOV1. Naslednja vrednost katero potrebujemo je frekvenca s katero bomo impulze podajali. V našem primeru je to K50, kar predstavlja 50Hz. Te impulze je možno generirati samo na izhod Y000 in pa Y001 ki določa pot, Y005 pa določa smer.

DRV12 – enako programiranje poteka za obrat osi. Tukaj je razlika v tem, da imamo konstantno vrednost za zasuk osi. Ta vrednost znaša 90°. Ker vemo, da za en celoten obrat na koračnem motorju potrebujemo 200 korakov kar znaša 360°, je za 90° potrebno samo 50 impulzov oz. korakov. To vrednost podamo z K50. Frekvenca bo enaka kot prej, in sicer K50. Izhod imamo na voljo samo Y000. Smer vrtenja pa smo izbrali Y004.

M8029 – ta marker pregleduje predhodno funkcijo. Zazna ko je cikel funkcije končan. V tem primeru, ko je končana pot 1000 korakov oz. Impulzov. Po zaključeni funkciji poda marker M8029 impulz naprej. Ta marker je zelo priročen, ker nam preprečuje prekrivanje dveh funkcij, v tem primeru, ko tega ne želimo.

SUB – odštevanje potrebujemo za skrajševanje poti. Postopek je enostaven ker je popolnoma matematičen; $D2-D4=D2$ ($1000-200=800$). Iz spomina D2 vzame začetno vrednost 1000. Iz D4 vzame odštevanec ki ima vrednost 200. Tako dobimo razliko, ki jo prepišemo v D2. Tako se cikel nadaljuje do vrednosti nič 5x. To število 5 pa imamo podano v števcu C0 kateri nam pri 0 ustavi celotni cikel.

11 UMERJANJE MOBILNE ROBOTIZIRANE PLATFORME ZA OBDELOVELNE AGREGATE

Za uporabo platforme v praksi je potrebno natančno določiti število potrebnih impulzov za določeno razdaljo. Lahko bi sklepali, da je en vrtljaj koračnega motorja, torej v našem primeru 800 pulzov oz. korakov, enako obsegu kolesa. Na tak način smo se tudi lotili dela za umerjanje naprave.

Predvidevamo, da se zaradi koračnih motorjev, kateri nimajo povratne informacije o dejansko izdanih korakih, se meritve ne bodo vedno ujemale, in zato ne bomo mogli natančno umeriti naprave. Še en faktor moramo upoštevati, in sicer, da program v PLK-ju zaokrožuje števila na 10. (namesto 1213 bo upošteval 1210 korakov in namesto 1538 bo upošteval 1540).

11.1 IZRAČUN KORAKOV

Znano je, da za en vrtljaj koračnega motorja potrebujemo 800 korakov, ter, da premer kolesa meri 125 mm. Iz teh dveh podatkov lahko izračunamo koliko korakov potrebujemo za referenčno pot.

Naša referenčna pot je 1 m. Potrebne korake smo izračunali po naslednjem postopku:

Obseg kolesa;

$$o = \pi \cdot d$$

$$o = \pi \cdot 125 \text{ mm}$$

$$o = 392,699 \text{ mm}$$

Potrebno število korakov za pot 1 m;

$$x = \frac{800 \text{ korakov} \cdot 1 \text{ m}}{0,393 \text{ m}}$$

$$\underline{x = 2037 \text{ korakov}}$$

Da preverimo, če dejansko naredimo pot 1 m z 2037 koraki, smo to vstavili v program in poskusili.

DRV1 K2037 K50 Y1 Y5 → naredili smo pot 0,981 m oz 981 mm.

Preračun korakov glede na izmerjeno razdaljo:

$$\frac{1}{0,981} = 1,01937 \rightarrow \text{faktor razlike med referenčno potjo ter dejansko narejeno potjo.}$$

$$2037 \cdot 1,01937 = \mathbf{2076 \text{ korakov}}$$

Ko smo še enkrat preverili pot z novo izračunanimi koraki smo dobili razdaljo 0,998 m oz. 998 mm. S temi meritvami smo bili zadovoljni, saj bolj natančnih meritev ne moremo pričakovati.

Da preverimo če je morda prišlo do napake pri izmeri kolesa smo naredili še obratni izračun premera kolesa;

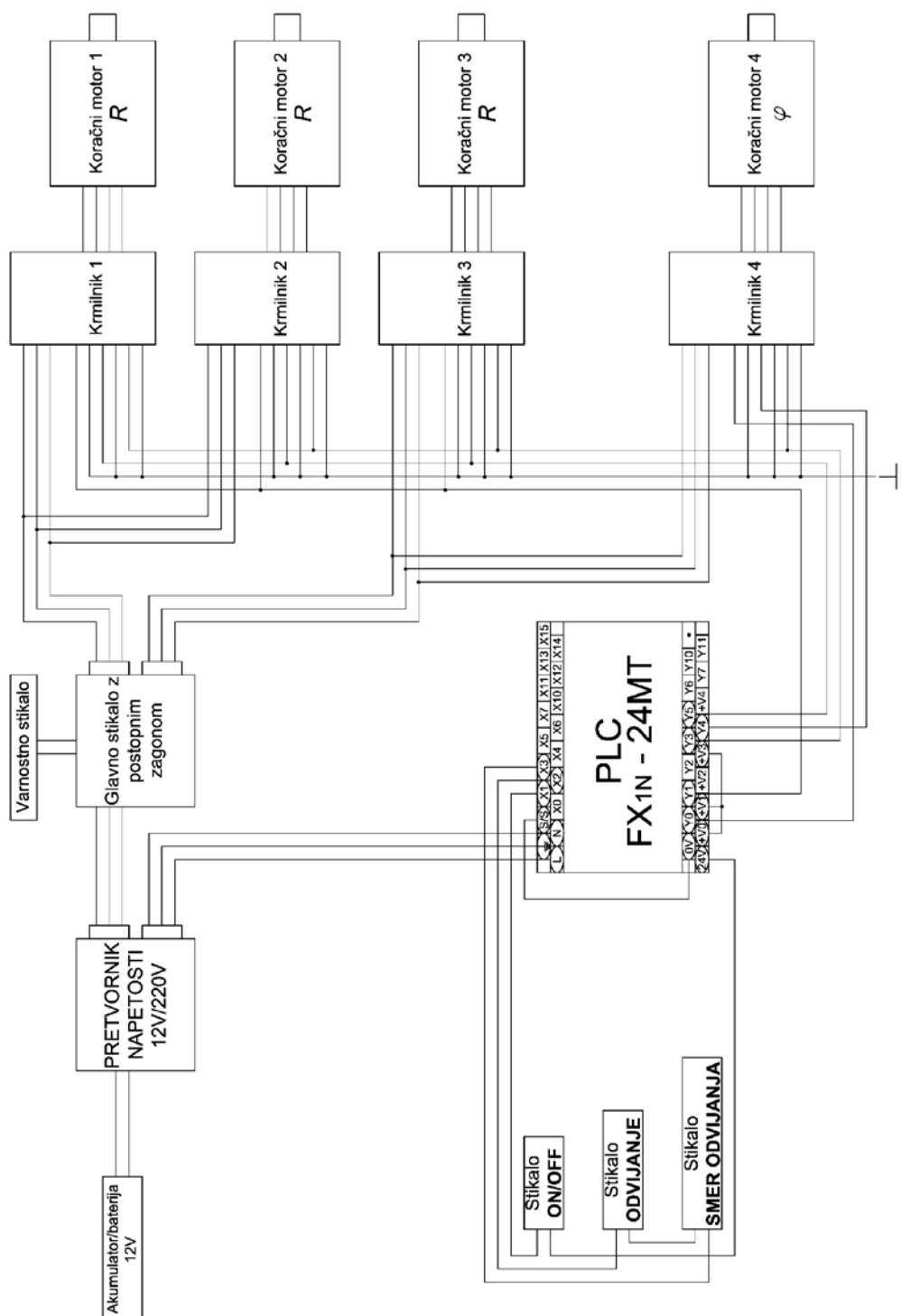
$$o = \frac{800 \cdot 1}{2076} = 0,38536 \text{ m}$$

$$d = \frac{385,36}{\pi} = 122,66 \text{ mm}$$

Kot so izračuni pokazali, je prišlo do razlike tudi pri premeru kolesa, bodisi zaradi nenatančnih meritev ali/in pa zaradi posedanja kolesa pod težo naprave.

12 SHEMA VEZJA TER KOMPONENT KRMILJA NAPRAVE

Shematski prikaz vezja z opisi komponent ter osnovnimi lastnostmi komponent je prikazano na sliki 42.



13 PRIMERJAVA CNC KRMILJENJA Z PLC KRMILNIKI

Ena izmed idej našega projekta je, da bi obstoječe načrte prostorov v katerih bi izvajali operacije z našim strojem, lahko uporabili za kreiranje poti obdelave stroja. To ni mogoče narediti z PLK krmilnim sistemom, ker je potrebno fizično programiranje. To pomeni, da moramo izmeriti sam prostor si postaviti točke po katerih naj bi stroj potoval. Tak način pomeni izgubo časa in nenatančnost vodenja mobilnega robota.

Še do večjega problema pride, kadar hočemo s strojem npr. izvajati rezkanje intarzije v talne obloge. Intarzija po navadi zajema v svoji strukturi zapletene like in krivine. Da bi programirali PLK krmilnik je praktično nemogoče, saj moramo definirati veliko sprememb poti in raznih krivin. S CNC krmilnim sistemom pa je to dokaj enostavno, saj uporabimo že narejeno skico (intarzijo). Ni nam potrebno pisati posameznih stavkov, ki jih bo stroj izvajal. S pomočjo ustreznega CAM programa pretvorimo narisano skico ali načrt v jezik, ki ga prepozna CNC krmilnik.

Voditi stroj s PLK sistemom je smiselno takrat, kadar imamo opravka z enostavnim prostorom. Tukaj mislimo predvsem na večje prostore kvadratnih ali pravokotnih oblik, kot so npr. telovadnice. Prednost vodenja s PLK krmilnim sistemom je samo v tem, da pri vodenju ne potrebujemo računalnika. Tak sistem je tudi cenejši od vodenja s CNC krmilnim sistemom.

Prednosti PLK vodenja mobilne platforme;

- cenejši sistem,
- pri vodenju stroja ne potrebujemo računalnika.

Slabosti PLK vodenja mobilne platforme;

- ni možno izdelati zapletenih kontur,
 - dokaj nenatančno krmiljenje,
 - sprememba kontur zahteva veliko časa saj je programiranje ročno in zapleteno,
 - omejeni smo z dimenzijami prostora oziroma dimenzijami kontur.
-

14 RAZPRAVA IN SKLEPI

Industrijski obrati in tudi manjše obrtniške delavnice želijo čim bolj avtomatizirati svojo proizvodnjo, saj s tem zmanjšajo čas in povečajo kvaliteto obdelave. Uporaba CNC tehnologije tudi v manjših lesnih obratih narašča. Razlogi za to so cenovno dostopni stroji in že prej omenjena avtomatizacija proizvodnje. Menim, da obstaja širok spekter možnosti uporabe CNC tehnologije v lesarstvu, ki je bil do sedaj še neizkoriščen. Z malo inovativnosti in poznavanja postopka obdelave s CNC stroji, si lahko hitro tudi sami doma naredimo ali pa na novo zgradimo individualen stroj za naše potrebe.

Na začetku sva s soavtorjem postavila 5 predpostavk, ki so se nama zdele zanimive za preučevanje v projektu;

1. *Predpostavljamo, da je z današnjo tehnologijo mogoče izvajati nadzor gibanja stroja, brez prisotnosti človeka.*

To lahko potrdimo, saj je ta veja tehnologije že zelo razvita. Na voljo imamo veliko različnih programov in načinov vodenja, tako, da izvajanje nadzora nad gibanjem stroja ni več težavno.

2. *Predpostavljamo, da je bolj smiselno nadzirati stroj z CNC krmilnim sistemom kot pa s PLC krmilniki.*

To predpostavko lahko potrdimo, saj je že v osnovi sistem CNC krmiljenja bolj primeren za vodenje strojev, ki obdelujejo material. PLC krmilniki so namenjeni za nadzor bolj enostavnih sistemov.

3. *Predpostavljamo, da bodo koračni motorji dovolj močni za izvajanje momenta, ki je potreben za premikanje stroja.*

Tudi to hipotezo lahko potrdimo, saj so izmerjeni momenti nekajkrat manjši od najvišjega momenta, ki ga je motor možen proizvesti.

4. *Predpostavljamo, da stroj ne bo težji od 60 kilogramov.*

To sklepanje pa zavrnemo, saj je stroj težji od 60 kilogramov. Maso stroja povečajo akumulator, pretvornik napetosti ter glavno stikalo, kateri morajo biti nameščeni na stroju.

5. *Predpostavljamo, da so največje pomanjkljivosti PLK krmilnega sistema naslednje:*

- vizualizacije poti obdelave
 - programiranje kompleksnih obdelovalnih poti.
-

Vizualizacija poti je pri kompleksnejših poteh obdelave nujno potrebna. Če vizualizacije ni, je to za uporabnika v praksi velik primanjkljaj pri zagotavljanju natančnosti, ter izključevanju napak pri programiranju. Predpostavka, da bo ena izmed večjih pomanjkljivosti programiranje kompleksnih obdelovalnih poti se je prav tako potrdila, saj že v osnovi PLK ni namenjen za take operacije.

15 POVZETEK

Izbrana tema diplomske naloge je obširna in zahteva veliko strokovnega znanja, zato sva se z soavtorjem odločila, da teoretični del napiševa skupaj. Opisa eksperimentalnega dela o računalniškem nadziranju krmiljenja stroja pa sva izdelala ločeno. Raziskava in vsi eksperimenti so potekali pod vodstvom predavatelja za mehansko obdelavo lesa prof.dr. Bojana Bučarja.

V uvodu diplome so opredeljeni problemi in cilji naloge, ki so bili rdeča nit celega diplomskega dela. Postavila smo tudi 5 predpostavk, ki so se nam zdele pomembne za raziskovanje.

Za uvodom so na kratko predstavljeni obstoječi krožni brusilni stroji za obdelavo talnih oblog. Navedeni so razlogi za dobro in pravilno obrušene talne obloge in katere faze nastopajo skozi obdelavo talne površine.

Opisali smo tudi, kako so nastali začetki projekta in iz česa se je sama ideja razvila. Nekaj besed je namenjenih tudi prednostim in uporabnosti novega brusilnega stroja.

Na kratko smo opisali nekaj osnov, ki so potrebne za poznavanje CNC tehnologije. Opisali smo kartezični in polarni koordinatni sistem, ki se največkrat uporabljata za krmiljenje CNC naprav.

Motorji, ki bodo nameščeni na mobilnem robotu, bodo koračni. Tudi temu smo posvetili nekaj pozornosti. Poudarili smo različne načine krmiljenja motorjev.

V naslednjem poglavju je opisan način krmiljenja mobilnega robota. V poglavju je poudarek na nadzor s PLC krmilnim sistemom. Opisani so začetki PLC krmilnikov in za kaj so prvotno namenjeni, ter na kakšen način smo mi poskušali izdelati program za krmiljenje platforme. Nekaj besed je namenjenih tudi programski opremi GX Developer kateri se uporablja za programiranje PLC krmilnikov.

Naslednjo poglavje opisuje naš program za krmiljenje platforme ter pot katero smo sprogramirali.

Na koncu smo še primerjal CNC krmilni sistem s PLC krmilniki. Osredotočili smo se na prednosti in slabosti PLC krmilnega sistema v primerjavi s CNC krmilniki.

V razpravi in sklepu diplomske naloge smo potrdili štiri predpostavke, in eno ovrgli.

16 ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici doc. dr. Dominiki GORNIK BUČAR ter somentorju dr. Bojanu GOSPODARIČ za dolgotrajno podporo in pomoč pri diplomski nalogi.

Posebej bi se zahvalil prof. dr. Bojanu Bučar za vso mentorstvo katerega sem bil pri njem deležen ter za vse napotke glede diplome ter študija.

Prav tako se zahvaljujem vsem zaposlenim na katedri za Mehanske obdelovalne tehnologije.

17 VIRI

- http://les.bf.uni-lj.si/fileadmin/datoteke_asistentov/mpetric/povrsinska_obdelava_uni/gradiva/MP12_brusenje_PO_06-07_01.pdf (15.05.2010)
- <http://www.korak.ws/clanki/neustrezno-bruenje.html> (18.06.2010)
- <http://www2.sts.si/arhiv/cncpro/cncprog.htm> (20.05.2010)
- http://sl.wikipedia.org/wiki/Koordinatni_sistem (2010)
- MITSUBISHI ELECTRONIC. 2008. MELSEC FX-Familie, Speicherprogrammierbare Steuerungen, Programieranleitung. Nemčija: 718 str.
- MITSUBISHI ELECTRONIC. 2002. Einsteigerfibel. Nemčija: 64 str.
- MITSUBISHI ELECTRONIC. 2002. HARDWARE-HANDBUCH, SPS DER FX1N-SERIE. Nemčija: 106 str.
- MITSUBISHI ELECTRONIC. 2008. MELSEC FX-Familie, Speicherprogrammierbare Steuerungen, Kommunikationshandbuch. Nemčija: 534 str.
- MITSUBISHI ELECTRONIC. 2005. MELSOFT, GX Developer, Software-Handbuch. Nemčija: 382 str.
- MITSUBISHI ELECTRONIC. 2009. MELSEC FX-Familie, Speicherprogrammierbare Steuerungen, Einsteigerhandbuch. Nemčija: 118 str.
- MITSUBISHI ELECTRONIC. 2005. GX Developer FX, Programmier-und Dokumentationssystem, Einsteigerhandbuch. Nemčija: 46 str.
- MITSUBISHI ELECTRONIC. 2007. FX-Familie, Speicherprogrammierbare Steuerungen, Schulunshandbuch. Nemčija: 224 str.
- Cajhen R., 1990. Pomnilniško programirljivi krmilni sistemi 2. Del, Ljubljana, 257 str.
- Sitar T. 2010. Razvoj in izdelava mobilne robotizirane platforme za obdelovalne agregate. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 43 str
- <http://www.rogercom.com/pparalela/IntroMotorPasso.htm> (2010)
- http://www.horrorseek.com/home/halloween/wolfstone/Motors/stpint_StepperMotorIntro.html (2010)
- Kočar M., 2009, CNC naprave v samogradnji kot učno orodje, Maribor: 105 str.
- <http://www.acam.si/izdelki-cimcodnc.html> (2010)
-