# Vodenje robota na daljavo preko IP kamere

### PODROČJE

### Elektrotehnika

VRSTA NALOGE

Raziskovalna

DIJAKI

Tadej Borštner 4.l.

Nejc Smole 4.l.

Adis Burzić 4.l.

MENTOR

Oliver Milinčič

Marec, 2022 Srednja šola tehniških strok Šiška

## Kazalo vsebine

1.Uvod.	1							
2.Teoret	2.Teoretični del3							
2.1 Pr	2.1 Programiranje robotskega krmilnika3							
2.2	Vodenje robota							
2.3	Konflikt z režimi delovanja3							
2.4	Industrijski modem Flexy 2054							
2.5	Vodenje sistema na daljavo5							
2.6	POFINET omrežje6							
2.7 Pr	ogramirljivi logični krmilnik6							
2.8 AE	B IRB 1200 manipulator							
3.Praktič	ni del8							
3.1 Za	jemanje podatkov iz SIMATIC8							
3.2 Gr	afični vmesnik ViewON10							
3.3 Pr	oizvodna linija12							
a) P	rogramirljivi Logični Krmilnik12							
b) (	Dpis proizvodnega procesa12							
c) N	lačin programiranja19							
d) F	Programske tabele							
e) (	Organizacija programov20							
f) H	f) HMI (Human Machine Interface)21							
3.4 Di	3.4 Diagram programa robota21							
3.5 IP	kamera22							
4.Rezult	at23							
5.Razprava24								
6.Zaključ	éek							
8.Literat	ura26							

## Seznam slik

Slika 1: Programer popravlja napako v produkcijski liniji, pred svojo poroko	1
Slika 2: Modem Flexy 205	4
Slika 3: Razširitvene kartice za modem	5
Slika 9: Dosegljivo delovno območje robotskega mehanizma	7
Slika 4: Lokacija PLK-ja glede na druge komponente	8
Slika 5: Naslov in lokacija PLK-ja v nastavitvah modema	9
Slika 6: Dodajanje spremenljivk v modem	9
Slika 7: Grafični vmesnik	
Slika 8: Diagram komunikacije	
Slika 10: Pnevmatska cilindra za potiskanje kosov iz shrambe	
Slika 11: Shrambe z kovinskimi deli (leva) in shramba z plastičnimi kosi (desna)	
Slika 12: Tester z senzorii: kapacitivni, testni cilinder, optični senzor in induktivni senzor	(od desne
proti levi)	
, Slika 13: Kapacitivni senzor zazna, da je kos na tekočem traku	14
Slika 14: Žeriav nad tekočim trakom, pripravlien da pobere kos	
Slika 15: Žerjav nad tekočim trakom, ko je že pobral kos iz tekočega traku	
Slika 16: Prikaz celotne sestave žeriava	
Slika 17: Stiskalnica kosov in prikaz žeriava nad stiskalnico kosov	
Slika 18: Žeriav nad prevzemnim mestom	
Slika 19: Podajalec regala	
Slika 20: Begal	
Slika 21: Robot z prijemalom	
Slika 22: Diagram programa robota	
Slika 23: IP kamera	

## Povzetek

Zaradi korona krize smo velik del pouka v zadnjih dveh letih imeli od doma. Nismo imeli možnosti, da bi se programiranje robotov učili v šoli in edina možnost je bila, da smo se učili s pomočjo simulacij. To pa seveda pomeni, da je nivo znanja bil precej nižji, kot če bi se učili z fizičnimi roboti. Zato smo želeli raziskati, ali je možno upravljati in programirati industrijskega robota na daljavo. V sodelovanju z podjetjem Inea rbt d.o.o. ter drugimi, ki so nam pomagali z posameznimi deli naloge in z raziskovanjem po spletu in preučevanjem razih uporabniških navodil, smo raziskali možnosti rešitve.

Za dostop preko spleta smo uporabili industrijski modem Flexy 205 proizvajalca Hms Networks, upravljati pa smo želeli industrijskega robota proizvajalca ABB, IRB1200-7/0.7, poleg tega pa smo k nalogi dodali tudi manjšo proizvodnjo linijo, da bi vse skupaj približali realnemu primeru. Potrebovali pa smo še IP kamero, preko katere bi lahko spremljali dogajanje na daljavo.

Ključne besede: programiranje, industrijski robot, modem, proizvodna linija, IP kamera.

## Summary

Because of the Corona crisis, we had most of our classes online for two years. We weren't able to learn robot programming at school, so our only option was learning through simulations, which isn't really the best substitute for the real thing. That is why we were trying to find a way to control and program an industrial robot remotely. With the cooperation with a company Inea rbt d.o.o. and with others that helped us with part of our research and with help of studying many user manuals online, we found some of the possible solutions.

To gain access to the robot through the internet, we used Flexy 205 modem, from manufacturer HMS Networks. The robot that we wanted to control was IRB1200-7/0.7, from manufacturer ABB. Additionally we added a small production line to the network, so that it would look like the real thing as much as possible and an IP camera, with which we could be able to watch the production room remotely.

Key words: programming, industrial robot, modem, production line, IP camera.

# 1.Uvod

Lansko leto so se šole spet za nekaj časa zaprle zaradi korona krize. To je pomenilo, da smo spet izgubili, še tisto malo prakse, ki je bila v šoli. CNC stroji so stali in roboti čakali. Čakali, da jih nekdo končno spet začne uporabljati. Če bi bil le kakšen način, da bi robote upravljali na daljavo.

Ker smo izgubili dve leti, prakse, si nismo želeli istega za nadaljnje generacije in smo zato hoteli povezati robota na internet, da bi ga lahko krmilili od doma, v primeru, da bi se šola spet zaprla. Zato je bilo glavno vprašanje:

Kako povezati robota oz. industrijske naprave na internet?

Na to vprašanje smo imeli že manjši odgovor. V letu 2021, smo sodelovali z podjetjem Inea d.o.o v projektu Pokažimo se, dokažimo se, kjer nam je podjetje posodilo Ewon Flexy modem, s katerim smo uspešno krmilili Siemens LOGO krmilnik. Tako smo vedeli, da bomo za vodenje robota preko spleta lahko uporabili prav tak modem. Vedeli smo tudi, da ima robot na krmilniku, vhodno izhodno enoto, s katero lahko preko binarnih signalov, komuniciramo z PLK-jem in ostalimi napravami.

Medtem ko smo želeli preko spleta upravljati le nekaj naprav, smo vedeli, da se v industriji preko spleta upravlja tudi po celotne produkcijske linije, kar pa je porodilo vprašanje:

Zakaj bi si želelo podjetje upravljati produkcijsko linijo preko spleta?

Na to vprašanje smo našli tri razloge. Kot prvi razlog, je, po našem, nadzor na produktivnostjo produkcije. Podjetje mora vedeti, natančno koliko kosov proizvedejo, kako hitro jih proizvajajo, kakšna je razpoložljivost proizvodnje linije ( $A = \frac{obratovalni čas - zastoji}{obratovalni čas}$ ), kakšen je  $\frac{stevilo proizvedenih kosov}{obratovalni čas}$  dobri proizvedeni kosiv

OEE (Overall Equipment Efficiency) ( $OEE = A * \frac{obratovalničas}{proizvodni cikel} * \frac{aobri proizvedeni kosi}{vsi proizvedeni kosi}$ ) itd.

Drugi razlog je, da lahko operater oz. programer popravi napako, ob nepričakovani odpovedi, kar na daljavo, s tem je napaka odpravljena hitreje in posledično ima podjetje manjše izgube zaradi zastojev.



Slika 1: Programer popravlja napako v produkcijski liniji, pred svojo poroko

Tretji razlog, pa je možnost zagona in zaustavitve linije na daljavo. V primeru, da pride do okvare v proizvodni liniji (npr. da se snela cev z materialom, na stroju za brizganje plastike) in je zato treba proizvodno linijo takoj zaustaviti, a ni v trenutni bližini nobenega operaterja.

V raziskovalni nalogi smo za raziskavo postavili tri hipoteze, in sicer:

- 1. Hipoteza 1: Ali je možno programiranje in vodenje robota na daljavo?
- 2. Hipoteza 2: Ali je možno voditi robota z krmilnikom SIMATIC preko PROFINET-a?

3. Hipoteza 3: Ali je možno pri vodenju na daljavo zagotoviti varnost pred računalniškimi napadi?

# 2.Teoretični del

#### 2.1 Programiranje robotskega krmilnika

Robotski mehanizem IRC1200 krmili robotski krmilnik IRC5. Krmilnik IRC5 lahko programiramo na dva načina:

- 1. Programiranje preko tablice FlexPendant
- 2. Programiranje z računalnikom preko programske opreme RobotStudio

Za programiranje krmilnika na daljavo je torej edina možnost, da krmilnik programiramo preko programa RobotStudio. Pogoj, da krmilnik programiramo z RobotStudio je LAN povezava našega računalnika z robotskim krmilnikom. LAN povezavo od doma bi ustvarili preko VPN z modemom Flexy 205.

### 2.2 Vodenje robota

Ker bi seveda želeli tudi preveriti, ali naš program deluje kot želeno, bi morali program na krmilniku tudi zagnati. To lahko naredimo na dva načina, odvisno od režima delovanja robota.

Krmilnik IRC5 ima dva različna režima delovanja: ročni in avtomatski. V ročnem režimu lahko program zaženemo samo preko tablice FlexPendant, pri tem je potrebno držati omogočitveni gumb, zato ta način nebi bil primeren vodenje na daljavo. V avtomatskem režimu pa lahko program zaženemo na podlagi zunanjih vhodov. To so lahko fizični digitalni vhodi ali pa protokoli kot so DEVICENET, PROFIBUS, PROFINET. Tako bi lahko iz zunanje naprave, ki podpira vsaj eno od teh možnosti vodili robota.

### 2.3 Konflikt z režimi delovanja

Ugotovili smo, da bi bilo proženje programa na daljavo možno samo v avtomatskem režimu delovanja. Žal pa v avtomatskem režimu delovanja ni možno spreminjati programa, ročni režim pa zaradi varnosti ne dopušča zagona programa iz zunanjih vhodov. Preklop režima je mogoč samo z fizičnim stikalom na krmilniku robota. To pomeni, da nam je preostala samo možnost vodenja na daljavo z programom, ki smo ga predhodno naložili. Zato smo raziskovalno nalogo nadaljevali v smeri upravljanja avtomatizirane proizvodnje na daljavo.

### 2.4 Industrijski modem Flexy 205

Za vodenje sistema na daljavo smo uporabili industrijski modem Flexy 205, proizvajalca HMS Industrial Networks.

Felxy 205 je modularni modem, ki ga lahko uporabimo za oddaljeno spremljanje, programiranje, parametriziranje in dalinjski zajem podatkov.

Modem Flexy 205 omogoča povezavo VPN preko strežnika Talk2M. Do tega strežnika lahko dostopamo iz vsake naprave, ki podpira aplikacijo eCatcher in ima dostop do svetovnega spleta, ne glede na geografsko lokacijo.

Povezavo VPN v tem primeru uporabimo za dostopanje do lokalnega omrežja modema. To nam omogoča uporabo raznoraznih protokolov in funkcij, ki delujejo samo znotraj lokalnega omrežja (PUT/GET komunikacija za uporabo orodja TIA portal) ali pa so zaradi varnosti omejeni na lokalno omrežje(HTTP, HTTPS, PROFINET itd.). Na ta način izboljšamo varnost sistema, saj protokoli znotraj lokalnega omrežja niso izpostavljeni svetovnemu spletu, še vedno pa jih lahko uporabljamo brez omejitev, če osebni računalnik povežemo z VPN strežnikom.

Flexy 205 pa omogoča tudi komunikacijo z raznimi industrijskimi PLK-ji najrazličnejših proizvajalcev (Siemens, Mitsubishi, Schneider Electric, Allen Bradley, VIPA, Omron, Hitachi) in drugimi industrijskimi napravami. Tako lahko iz PLK-jev zajemamo vhodne informacije, stanje posameznih registrov, stanje izhodov in druge informacije, vse skupaj pa lahko spremljamo v prikazu seznama, ali pa podatke spremljamo na grafičnem spletnem vmesniku, ki ga gostuje Flexy 205. Grafični vmesnik VIEWON temelji na HTML in omogoča stvaritev najrazličnejših interaktivnih grafičnih prikazov. Prav tako modul omogoča pošiljanje zajetih podatkov v druge strežnike (za spremljanje stanja proizvodnje), alarmiranje in obveščanje preko spletne pošte in SMS sporočil, če bi katera od vrednosti bila izven nastavljenih meja.



Slika 2: Modem Flexy 205

Poleg tega pa modem omogoča tudi uporabo različnih razširitvenih kartic, ki jih uporabimo glede na potrebe. Uporabljamo lahko največ dve na enkrat, v našem primeru smo uporabili kartico WIFI za povezovanje na brezžično omrežje.



Slika 3: Razširitvene kartice za modem

#### 2.5 Vodenje sistema na daljavo

Za vodenje sistema na daljavo smo izkoristili funkcijo grafičnega vmesnika, ki ga omogoča modem. Naša manjša proizvodnja linija je krmiljena preko industrijskega krmilnika SIMATIC 1214c. PLK SIMATIC bi lahko brez težav upravljali na daljavo, saj je modem kompatibilen za upravljanje krmilnikov SIAMTIC.

Z raziskovalno nalogo pa smo želeli tudi ugotoviti, na kakšen način bi bilo možno voditi robota s krmilnikom SIMATIC. Krmilnik v uporabi je SIMATIC S7-1200 1214c DC/DC/DC proizvajalca Siemens. Ta ima možnost komuniciranja z drugimi napravami preko fizičnih vhodov/izhodov ali pa preko PROFINET omrežja. Možnost bi bila tudi uporaba PROFUBUS protokola, vendar bi za to morali dodati razširitveno kartico. Robotski krmilnik IRC5 ima opcijo kartice z fizičnimi digitalnimi vhodi/izhodi. Pri tem načinu komunikacije bi pomenilo, da bi za vsako binarno spremenljivko potrebovali posebej vodnik med krmilnikom SIMATIC in kartico na krmilniku IRC5. Ta rešitev je precej enostavna, ampak bi z večjim številom uporabljenih spremenljivk izvedba postala precej otežena.

Zato smo se odločili izvesti povezavo preko PROFINET omrežja. Tu je možno uporaba več kot štiri tisoč binarnih spremenljivk hkrati, pri tem je potrebna samo primerna konfiguracija na obeh koncih komunikacije, vse pa poteka preko enega UTP kabla. PROFINET omrežje lahko uporabimo tudi za varnostne signale in razne druge funkcije (tudi programiranje IRC5 iz omrežja). To je trenutno tudi najpogostejši način, ki se uporablja v industriji v novejših robotiziranih sistemih.

Krmilnik IRC5 pa mora biti tudi opremljen z opcijo 888-3 PROFINET device. Če krmilnik te opcije nima, lahko nadgradnjo stori pooblaščeni servis robotov ABB. V našem primeru je bila

potrebna samo programska nadgradnja, kjer je bil eden od RJ45 priključkov (LAN3) nato koriščen za PROFINET omrežje.

### 2.6 POFINET omrežje

PROFINET je industrijski standard za podatkovno komunikacijo preko industrijskega ETHERNET-a. Namenjen je pobiranju podatkov in kontroliranje industrijske opreme v strogih časovnih omejitvah. V ISO/OSI modelu zaseda aplikacijsko plast, ki opisuje protokole. PROFINET je odprt standard, zato ga uporablja veliko število proizvajalcev naprav, kot so PLK-ji, VFD-ji, roboti itd. PROFINET uporablja standarden, nespremenjen ETHERNET kot prenosni medij. To pomeni, da so uporabljeni RJ45 konektorji in UTP kabli, z to razliko, da so prilagojeni industrijskim razmeram: kabli imajo dodatno zaščito proti elektro- magnetnim sevanjem, konektorji pa so ponavadi kovinski. Ostali protokoli, ki so osnovani na ETHERNET-u (HTPP, MQTT, SNMP) lahko delujejo na istem omrežju kot PROFINET naprave. PROFINET uporablja tudi poseben real time kanal, kjer je možno doseči čas cikla do 250 mikrosekund. Tako protokol omogoča, da konfiguriramo/nalagamo program na neko napravo, medtem ko na istem omrežju med dvema drugima napravama poteka komunikacija v realnem času.

Tipi naprav:

- 1. IO-krmilnik, ki kontrolira avtomatiziran proces v našem primeru SIMATIC.
- 2. IO-naprava, je naprava, ki jo nadzoruje in upravlja IO-krmilnik in ima lahko podmodule v našem primeru IRC5.
- 3. IO-nadzornik, je programska oprema, ki je ponavadi na računalniku za nastavljanje in diagnostiko posameznih naprav.

### 2.7 Programirljivi logični krmilnik

Za krmiljenje proizvodnega procesa smo uporabili Siemens S7-1200 PLK. Ta PLK pa ima CPU 1214. Napajamo ga z enosmernim električnim tokom z napetostjo 24V. Vhodi PLK-ja so zmožni sprejemanja enosmernega el. toka z napetostjo 24V, izhodi pa so zmožni oddajati enosmerni el. tok z napetostjo 24V in maksimalnim tokom 0,5A.

#### 2.8 ABB IRB 1200 manipulator

Za zlaganje kock smo uporabili robota ABB IRB 1200-7/0.7, ki pobere vse kocke iz regala na delovno mesto in jih tudi zloži v obliki piramide. ABB IRB 1200-7/0.7 je 6-osni robot z obremenitvijo na roki ki znaša 0,3 kg, nosilnostjo 7 kg in dosegom 0,7 metra. Napajamo ga z enosmernim električnim tokom z napetostjo 200-600 V, 50-60 Hz. Maksimalna hitrost, ki jo lahko robotska roka doseže na TCP točki je 35 m/s medtem, ko doseže hitrost iz 0-1 m/s v času 0,06 s. Robotsko roko lahko montiramo v poljubno pozicijo.

Dodatne specifikacije:





Slika 4: Dosegljivo delovno območje robotskega mehanizma

# 3.Praktični del

### 3.1 Zajemanje podatkov iz SIMATIC

Iz PLK-jev lahko s modemom zajemamo podatke, kot so vrednosti digitalnih/analognih vhodov/izhodov in skoraj vse vrednosti v pomnilniku PLK-ja.

Pri krmilnikih SIMATIC to deluje na podlagi PUT/GET komunikacije, ki jo uporablja tudi orodje TIA PORTAL.

Prav tako lahko večino podatkov tudi spreminjamo, vendar moramo paziti, saj ima v primeru konflikta, kadar bi program PLK-ja hotel neko binarno spremenljivko spremeniti na drugačno vrednost kot modem, lahko obvelja ena ali druga.

Ko želimo iz SIMATIC dobiti vrednost določene spremenljivke, moramo v orodju TIA PORTAL ugotoviti, na katerem naslovu se spremenljivka nahaja (npr. M0.0, M14.4, W2.1). Prav tako moramo ugotoviti IP naslov in podatek o lokaciji PLK-ja glede na druge komponente.





Slika 3: Naslovi spremenljivk

Slika 5: Lokacija PLK-ja glede na druge komponente

Te podatke nato vnesemo v modem. To storimo v zavihku I/O server, kjer izberemo primeren model PLK-ja, nato vnesemo način komunikacije, IP naslov in lokacijo.

IO Servers o	Topic A				Enabled
General	Global Davice Address:			Enter PLC access protocol	
\Xi Global Settings	Global Device Address.			Enter rice decess protocor	
IO Servers List	Poll Rate:	1000	MS	Default: 2000	
MEM	Topic B				💽 Enabled
EWON	Global Device Address:	ISOTCP192 168 0 1 03 01		Enter MPI/PROFIBIIS address: SubnetID pode or pode	
MODBUS	Global Device Address.	150101,152.100.01,05.01			
OPCUA	Poll Rate:	1000	MS	Default: 2000	
DF1	Topic C				Enabled
ABLOGIX	Global Device Address:			Enter PLC access protocol	
S73&400					
S7200	Poll Rate:		MS	Default: 2000	
MELSEC					
FINS					
нітасні					
BACNET					
SNMP					
NETMPI					
			Update		

Slika 6: Naslov in lokacija PLK-ja v nastavitvah modema

Nato vnesemo želene spremenljivke, kjer navedemo ime, izberemo spremljani PLK, tip podatka (bool, word, intigner...). Če nam je konfiguracija uspela, se bodo začele prikazovati vrednosti po preklopu pogleda iz setup na view.

Tags values 📀							Tag configuration X							
	Q Filter						k.							
		Ø	2	80	Name	Туре	IO Server	Topic		Tag Name:	Stop	Page:	Default	
PAGES +					Start	Boolean	S73&400	в						
All					Stop	Boolean	S73&400	в		Tag Description:				
Default					E-stop	Boolean	S73&400	В						
System					Redca	Boolean	S73&400	в						_
					Stevilo_kos	Floating po	S73&400	В		<ul> <li>I/O Server Setup</li> </ul>				
TAG GROUPS					Ponastavi	Boolean	S73&400	в		Server Name:	573&400 🔻	Το	pic Name: B	-
Group A Group C					Zelena	Boolean	S73&400	В		Address:	M4#6			
U Group B U Group D					Oranzna	Floating po	S73&400	в			Enter bit selector			_
										Type: Unit: Ewon v Alarm Setup Historical Logging Real Time Logging Tag Visibility	Boolean  Vount Vount Volue +  1		tree Read Only      t     O	Alarm Enabled
	4								Þ	Global settinas				•
	🗹 Aut		— Rat	e: 1	⇒ sec.			D	isplaying 8 tags					Update Tag

Slika 7: Dodajanje spremenljivk v modem

### 3.2 Grafični vmesnik ViewON

Modem podpira gostovanje grafičnega vmesnika, ki ga ustvarimo z orodjem ViewON. Grafični vmesnik je zelo fleksibilen in omogoča izdelavo najrazličnejših pogledov, table, simbolov itd. Izdelava grafičnega vmesnika je precej enostavna, saj orodje vsebuje veliko že ustvarjenih grafičnih komponent, kot so gumbi, stikala, indikatorji, itd.

Vsaki interaktivni komponenti določimo spremenljivko, ki smo jo vnesli v prejšnji tabeli in jo želimo preko te komponente upravljati. Tako se s klikom na gumb v vmesniku spremeni tudi vrednost v PLK-ju.

V našem primeru smo v vmesnik vstavili gumba za zagon in ustavitev sistema, gumb za zasilno ustavitev, indikator gibanja robota, indikator stanja sistema, ki prikazuje enako kot fizični indikator in števec sestavljenih kock, ki ga lahko ponastavimo.



Slika 8: Grafični vmesnik

Do grafičnega vmesnika lahko dostopamo iz večine naprav, ki imajo spletni brskalnik in podpirajo orodje eCatcher, ki vzpostavi povezavo do lokalnega omrežja preko VPN. To je večina osebnih računalnikov in nekateri mobilni telefoni.



Slika 9: Diagram komunikacije

Na sliki 8 pa je narisan še diagram, na kakšen način ukazi potekajo; z osebnim računalnikom se povežemo preko strežnika Talk2M do modema. Ko smo povezani na modem, lahko vstopimo v vmesnik ViewON, s tem, ko uporabljamo vmesnik, pošiljamo ukaze iz modema v krmilnik S7-1200 preko komunikacije PUT-GET, ta pa pošilja ukaze naprej v krmilnik IRC5 preko PROFINET-a in obratno. Na LAN omrežju modema pa je povezana tudi kamera, do katere dostopamo preko IP naslova. Povezava med osebnim računalnikom in modemom je šifrirana, poleg tega pa je modem za požarnim zidom šole.

### 3.3 Proizvodna linija

Naša proizvodna linija za vhod uporablja en kovin spodnji del kocke in en plastični zgornji del kocke. Proizvod oz. izhod pa je sestavljena kocka, ki pa jo položimo na določeno mesto na regalu.

#### a) Programirljivi Logični Krmilnik

Ker pa ima S7-1200 PLK samo 14 vhodov in 10 izhodov, kar ni zadosti da bi krmilili celotni proizvodni proces, smo dodali še tri vhodne digitalne module, dva 16 vhodna in eden 8 vhodni modul ter dva izhodna modula, eden 16 izhodni in eden 8 izhodni modul. S to nadgradnjo smo tako imeli na razpolago 54 vhodov in 34 izhodov.

#### b) Opis proizvodnega procesa

Na začetku imamo dve shrambe z »surovci«. Prva shramba vsebuje kovinske spodnje dele kock in druga shramba vsebuje plastične zgornje dele kock. Vsak shramba ima tudi svoj senzor, ki nam pove kdaj je v shrambi zmanjkalo kosov. Iz teh shramb lahko s pomočjo pnevmatskega cilindra, krmiljenega z 5/2 bistabilnim potnim ventilom, potisnemo en kos na tekoči trak.



*Slika 10: Pnevmatska cilindra za potiskanje kosov iz shrambe* 



Slika 11: Shrambe z kovinskimi deli (leva) in shramba z plastičnimi kosi (desna)

Tekoči trak začne peljati kos v »tester« z različnimi senzorji. Kot prvo, imamo kapacitivni senzor, da lahko vidimo kdaj je kos vstopil v tester. Naprej imamo manjši pnevmatski cilinder, krmiljenega z 5/2 bistabilnim potnim ventilom, ki pritisne kos ob tekoči trak in če opazimo, da se je lahko bat cilindra do konca iztegnil, bo to pomenilo, da ima kos na vrhu vdolbino. Nato imamo še optični senzor, ki zazna ali je kos svetel in na koncu je še indukcijski senzor, ki zazna ali je kos kovinski. Ker gre kos čez toliko »testov« lahko razločno razberemo kateri kos je na linijo in v kakšni orientaciji je, saj bi se lahko zgodilo, da bi bil plastičen kos v drugi shrambi ko namenjeno ali pa da bi bil plastičen kos bil obrnjen z vdolbino navzgor, kar pa bi lahko v naslednjih procesih ustavilo ali celo poškodovalo proizvodno linijo.



Slika 12: Tester z senzorji: kapacitivni, testni cilinder, optični senzor in induktivni senzor (od desne proti levi)



Slika 13: Kapacitivni senzor zazna, da je kos na tekočem traku

Ko pa pride kos do konca tekočega traku, se bo tekoči trak vstavil in bo nad njega prišel žerjav in ga pobral. Žerjav je sestavljen iz dveh pnevmatskih cilindrov in vsak od njiju je krmiljen z 5/2 monostabilnim potnim ventilom. Da pa žerjav lahko pobere kos, ima na koncu še vakuumsko prijemalo, tudi krmiljeno z 5/2 monostabilnim potnim ventilom. Žerjav premikamo po proizvodnji liniji z servo motorjem, ki pa ga krmilimo z PWM signalom (Pulse Width Mudulation). Da vemo kdaj smo nad tekočim trakom, imamo na zadnjem koncu žerjava magnet in magnetni senzor in ko je magnet žerjava nad senzorjem, se bo le ta sprožil. Ker pa lahko z magnetnim senzorjem samo izvemo, da je žerjav nekje v okolici tekočega traku, ne pa ali je točno nad tekočim trakom, imamo še dodatni induktivni senzor na zadnjem koncu žerjava. Ta induktivni senzor bo zaznal vijake, ki točno določajo pozicijo odlagalnega oz. pobiralnega mesta. Torej, kadar bo sprožen magnetni senzor, da je žerjav nad tekočim trakom, in kadar bo sprožen induktivni senzor, da je žerjav na točni poziciji, lahko vemo, da je žerjav točno nad pobiralnim mestom tekočega traku. Vse ostale pozicije zaznamo na enak način ko pozicijo točno nad tekočim trakom, tako da postopka za zaznavanja pozicije, v naslednje ne bom več pisal. Ko pride žerjav nad tekoči trak, bo iztegnil roko, se spustil, vklopil vakuumsko prijemalo in tako pobral kos. Nato se bo dvignil, uvlekel roko nazaj in odnesel kos do stiskalnice.



Slika 14: Žerjav nad tekočim trakom, pripravljen da pobere kos



Slika 15: Žerjav nad tekočim trakom, ko je že pobral kos iz tekočega traku



Slika 16: Prikaz celotne sestave žerjava

Ko je žerjav nad stiskalnico bo iztegnil roko, se spustil in izklopil vakuumsko prijemalo in tako odložil kos v nabiralnik stiskalnice. Ko enkrat odloži kovinski kos v nabiralnik stiskalnice se bo dvignil, utegnil roko in šel nad tekoči trak po zgornji plastični kos. Nato se iz shrambe potisne plastični kos in se odpelje čez tester, do konca tekočega traku, kjer pa go pobere žerjav in ga nese v nabiralnik stiskalnice. Ko sta oba kosa v nabiralniku stiskalnice, bo stiskalnica potegnila nabiralnik noter in za sabo zaprla vrata. Nato bo stisnila kos skupaj, odprla vrata in potisnila nabiralnik z stisnjenim kosom ven. Žerjav, ki pa je čakal da pride novo narejeni izdelek iz stiskalnice pa bo zdaj pobral kos in go odnesel do prevzemnega mesta regala.



Slika 17: Stiskalnica kosov in prikaz žerjava nad stiskalnico kosov

Ko pride žerjav do prevzemnega mesta, bo iztegnil roko in počakal, da pride podajalec regala do prevzemnega mesta. Da pa bo vedel podajalec, kje je prevzemno mesto, ima ob strani dva optična senzorja, ki se obnašata kot dva kanala linearnega inkrementalnega enkoderja. Ob strani je tudi letev z luknjicami na določenih mestih in ko pride podajalec do mesta kjer sta oba optična senzorja sprožena naenkrat, ve da je dosegel prevzemno mesto. Ko enkrat pride podajalec do prevzemnega mesta, se žerjav spusti in izklopi vakuumsko prijemalo ter tako odloži kos na podajalec. Nato se žerjav dvigne in podajalec se umakne na skrajno desno, tako da se lahko žerjav umakne nazaj na tekoči trak, kjer ga že čaka nov kos in bo lahko v času, ko bo podajalec odlagal kos na regal, že naredil nov kos. Ko je žerjav odmaknjen, se bo podajalec začel pomikati na določeno mesto kjer bo doložil kos oz. kocko. Kose bo začel odlagati zgoraj desno in jih nato odlagal proti levi, dokler ne zapolni vrstice. Ko pa je vrstica polna, bo kose začel odlagati eno vrstico nižje in spet začel na levi strani. Regal ima 4 vrstice in vsaka vrstica ima 7 odlagalnih mest. Da pa ve kje so določena odlagalna mesta, bo štel impulze inkrementalnega enkoderja na horizontalni in vertikalni osi. Ko enkrat doseže željene koordinate, bo iztegnil cilinder podajalca, krmiljen z 5/2 mono stabilnim potnim ventilom, in tako odložil kos na regalu.

Da pa kosa ne potegne iz regala, ko se bo cilinder vračal, se bo malo pomaknil na dol, nato pa se šele utegnil. Ko je enkrat cilinder nazaj v prvotni poziciji, se bo podajalec vrnil v spodnji desni kot, dokler žerjav spet ne pride na podajalno mesto.



Slika 18: Žerjav nad prevzemnim mestom



Slika 19: Podajalec regala



Slika 20: Regal



Slika 21: Robot z prijemalom

#### c) Način programiranja

Za programiranje S7-1200 PLK smo uporabili TIA portal V14 in V17. TIA portal nam omogoča programiranje v FBD (Function Block Diagram), LAD (LADder) in SCL programski jezik (Structured Control Language). Mi smo uporabili LAD diagram saj se lažje bere in smo že imeli nekaj izkušenj takega načina programiranja. Pri programiranju pa so nam zelo pomagali markerji, ki so v bistvu navidezni vhodi/izhodi oz. biti, v katere lahko sami vpišemo stanje.

#### d) Programske tabele

Da pa smo sploh uporabili vhode in izhode krmilnika in dodatnih modulov, smo jih morali poimenovati in vpisati v I/O tabelo. V TIA portalu smo naredili več tabel: Inputs, Outputs, Output Markers, State Markers in RS Markers.

- »Inputs« tabela vsebuje vsa imena vhodov, ki so poimenovani glede na to, kakšen senzor je povezan na določen vhod in kakšna je naloga tega senzorja.
- »Outputs« tabela vsebuje vsa imena izhodov, ki so poimenovani glede na to, kaj je priključeno na določen izhod.
- »Output Markers« tabela vsebuje imena markerjev, ki kontrolirajo izhode PLK-ja in so v bistvu uporabljeni v dejanskem krmiljenju. Do odločitve da bomo uporabili markerje da krmilimo izhode, je prišlo, ker se morajo vsi izhodi držati določenih pravil (npr. izklopi se, če pritisnemo izklop v sili, ali pa, v avtomatskem režimu je upoštevaj HMI tipk, itd.) in bi bil zato program veliko težje pisati in brati, če bi zraven vse krmilne logike, dodali še vse te pogoje za vsak izhod. Zato se v programu uporabijo markerji teh izhodov, nato pa prenesemo stanja teh markerjev v njihove določene izhode, če so vsi pogoji izpolnjeni.
- »State Markers« tabela vsebuje markerje, ki so uporabljeni v krmilni logiki, da lahko sledimo kje je kos in v katerem koraku proizvodnega procesa smo (npr. če je žerjav prejel kos, bomo v marker »Crane Has A Part« vpisali logično 1, v marker »Part On Conveyer Belt« pa bomo vpisali logično 0, saj na tekočem traku ni več kosa).
- »RS Markers« tabela vsebuje vse markerje, ki se uporabljajo za RS flip-flope, ki zadržijo stanje krmilnih markerjev. Vsak RS ima določena dva markerja: RS marker in Reset marker. RS marker je marker v katerega se bo zapisalo stanje določenega RS flip-flopa. Reset marker pa je marker, ki določa kdaj naj se flip-flop resetira.

#### e) Organizacija programov

Celoten program smo razdelili na programske bloke, zato, da se program lažje bere in spreminja. Razdelili smo jih na:

- Programski blok za tekoči trak
- Programski blok za žerjav
- Programski blok za stiskalnico
- Programski blok za podajalec regala

Da pa smo v programu lahko uporabili številke (Integers) smo pa morali dodati še par podatkovnih blokov:

- Podatkovni blok za koordinate regalov
- Podatkovni blok za pozicije servo motorja

#### f) HMI (Human Machine Interface)

HMI smo ustvarili z Siemensovim programom WinCC v TIA portalu. HMI se na začetku predstavi z začetno stranjo, s katero lahko dostopamo do:

- **1.** Strani za preverjanje stanj senzorjev in ročnega upravljanja izhodov
- 2. Strani za upravljanje proizvodnje
- 3. Strani, ki nam predstavi delovanje stroja

1. stran, nam poda izbiro, kater del stroja si želimo preveriti oz. ga želimo upravljati. Ko izberemo željeni del stroja, nam predstavi zaslon, na katerem so na levi strani gumbi za upravljanje izhodov tistega dela stroja in na desni, indikatorji, ki predstavljajo stanje določenih senzorjev v tistem delu stroja.

2. stran nam da možnost, da zaženemo proizvodnjo, da jo začasno zaustavimo in da jo čisto ustavimo. Na desni strani pa nam stolpični diagram pokaže, koliko kosov smo že proizvedli, in koliko jih še lahko postavimo na regal.

3. stran pa nam razloži kaj stroj dela, kako stroj deluje, kako uporabljati HMI zaslon, kaj pomenijo kakšne napake in kako jih rešiti.



#### 3.4 Diagram programa robota

Slika 22: Diagram programa robota

#### 3.5 IP kamera

Za spremljanje celotne situacije pa smo uporabili IP kamero. Model uporabljene kamera je IPC-HFW1413S proizvajalca Dahua. Pomembno je, da ima kamera možnost spremljanja slike preko spletnega vmesnika kamera in ne spremljanje slike preko zunanjega strežnika, saj bi to lahko povzročalo konflikt z povezavo VPN.



Slika 23: IP kamera

## 4.Rezultat

Ali je možno programiranje in vodenje robota na daljavo?	NE
Ali je možno voditi robota s krmilnikom SIMATIC preko PROFINET-a?	DA
Ali je možno pri vodenju na daljavo zagotoviti varnost pred računalniškimi	DA
napadi?	

H1: Vodenje in programiranje robota na daljavo hkrati ni možno zaradi varnostnih omejitev krmilnika IRC5.

H2: Krmiljenje robota iz PLK-ja SIMATIC je možno, pod pogojem, da ima robot ustrezno nadgradnjo.

H3: Sistem je varen, saj ima modem vgrajen požarni zid. Povezava našega računalnika do modema potek preko VPN, ki je šifriran.

Modem in spletni vmesnik za dostop potrebujeta geslo. Brez teh parametrov ni mogoče spreminjati.

## 5.Razprava

Vodenje in parametiziranje sistema na daljavo je skoraj v celoti možno, edina omejitev so režimi delovanja robota. Tega pa za zdaj ni mogoče spremeniti. Če želimo robota voditi na daljavo, mora krmilnik robota biti v avtomatskem režimu, pri tem pa moramo upoštevati pravilo šole, ki pravi, da mora pred uporabo avtomatskega režima nadzornik pouka prej pregledati program za morebitne napake.

Nadgradnja robota za opcijo PROFINET-a je bila draga, omogočila pa nam je, da smo raziskali, kako uporabljati ta protokol.

Med samim delom smo imeli nekaj težav pri zajemanju podatkov z modemom, težavo nam je uspelo odpraviti šele, ko smo krmilnik SIMATIC ponastavili na tovarniške nastavitve.

# 6.Zaključek

S tem, ko smo postavili našo manjšo proizvodnjo linijo in jo z pomočjo modema povezali na internet, smo se naučili katere parametre moramo nastaviti v omrežni opremi, ko gradimo industrijsko omrežje, naučili smo se kako nastavimo modem, če želimo priključiti industrijsko omrežje na internet. Med drugim smo ugotovili kako sprogramirati manjšo produkcijsko linijo, kako narediti HMI zaslon za produkcijsko linijo in pripraviti Siemens PLK, do tega da komunicira z drugimi industrijskimi napravami preko PROFINET protokola. Veliko smo se naučili med tem ko smo ugotavljali kako sprogramirati robota, da bo izvajal svojo zahtevano funkcijo in medtem še komuniciral z ostalimi industrijskimi napravami preko PROFINET protokola. PROFINET-a in kako zaščititi omrežje in omrežne naprave, da do njih dostopajo le osebe z dovoljenjem. Po končani raziskovalni nalogi smo ugotovili da bi lahko poenostavili proces obračanja kock z robotsko roko, s tem da bi spremenili obliko prijemala. Proizvodnja linija bi bila bolj zanesljiva če bi motorjem na vretenu dodali enkoderje.

### 8.Literatura

ABB AG (2021) Application manual PROFINET Controller/Device Pridobljeno s abb.sluzba.cz dne 20.2.2022

ABB AG (2021) Application manual controller software IRC5 Pridobljeno s abb.sluzba.cz dne 1.3.2022

HMS Industrial Networks (2019) Flexy Family User Guide Pridobljeno s <u>www.ewon.biz</u> dne 1.3.2022

HMS Industrial Networks (2019) Polling Data from Siemens PLC Pridobljeno s www.ewon.biz dne 3.3.2022