

Sekvenca za rukovanje koturovima na proizvodnoj liniji

Zlatarević, Stjepan

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:129671>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-09**

Repository / Repozitorij:

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET**

Stručni studij

**SEKVENCA ZA RUKOVANJE KOTUROVIMA NA
PROIZVODNOJ LINIJI (COIL HANDLING)**

Završni rad

Stjepan Zlatarević

Osijek, 2019 godina.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Tekst zadatka	1
2. POSTROJENJE ZA OBRADU ČELIČNE TRAKE.....	2
2.1. Opis postrojenja.....	2
2.1.1. Ulazna zona i njene glavne karakteristike.....	2
2.1.2. Procesna zona i njene glavne karakteristike.....	4
2.1.3. Izlazna zona i njene glavne karakteristike.....	4
2.2. Detaljan opis rada transportnih kolica za prijenos namota	6
2.2.1. Horizontalno gibanje transportnih kolica	6
2.2.2. Vertikalno gibanje transportnih kolica (podizanje i spuštanje transportnih kolica za prijenos namota).....	7
2.2.3. Sustavi za mjerenje širine i promjera namota.....	8
3. IZRADA SOFTVERA ZA SEKVENCIJALNO UPRAVLJANJE TRANSPORTNIM KOLICIMA	10
3.1. Režimi rada transportnih kolica	10
3.2. Osnove logike programskog alata Simatic Step 7.....	10
3.3. Senzori.....	12
3.4. Aktuatori	14
3.5. Preuvjeti za pokretanje radnji.....	15
3.6. Virtualni enkoder.....	16
3.6.1. Horizontalno gibanje	17
3.6.2. Vertikalno gibanje.....	18
3.7. Sekvence.....	18
3.7.1. Transportna sekvenca	18
3.7.2. Sekvenca za sortiranje namota (<i>Shifting sequence</i>).....	21
3.7.3. Sekvenca za povratak transportnih kolica u početni položaj (<i>Go-Home Sequence</i>) ..	23
3.8. Simulacija.....	25
3.9. SCADA.....	26
3.10. Komunikacija između SCADA-e i softvera	27
4. POSTIGNUTI REZULTATI	28
5. ZAKLJUČAK.....	31
6. LITERATURA	32
7. SAŽETAK.....	33

8. COIL HANDLING SEQUENCE.....	34
9. ŽIVOTOPIS.....	35
10. PRILOZI	36

1. UVOD

Postrojenje za obradu čelične trake je postrojenje u kojemu se čelična sirovina obrađuje nizom fizikalnih i kemijski procesa kako bi se dobio konačni proizvod. Postrojenje se sastoji od tri dijela, a to su: ulazna zona, procesna zona i izlazna zona. Unutar ulazne zone sirovina se prevozi od skladišta do procesnog dijela, gdje se sirovina obrađuje. Nakon obrade konačni proizvod ulazi u izlaznu zonu gdje se prevozi do skladišta. Sekvenca za rukovanje koturovima na proizvodnoj liniji se primjenjuje unutar ulazne zone i služi za transport namota čelične trake od skladišta do procesne zone. Termin sekvenca podrazumijeva automatsko pokretanje slijeda operacija, odnosno neke procedure. Stvaranje sekvence za rukovanje koturovima na proizvodnoj liniji je vrlo važno za postrojenje, jer je rukovanje transportnim kolicima unutar postrojenja važan dio procesa koji osigurava kontinuirani rad cijelog postrojenja.

Postrojenja u kojima se primjenjuje sekvenca za rukovanje koturovima na proizvodnoj liniji su skupocjena i vrlo je važno da sekvenca ispravno i pouzdano radi, tj. da neće dovesti do zaustavljanja procesa, jer je zaustavljanje procesa veliki financijski gubitak. Upravo iz ovih razloga, prilikom izrade softvera napravljen je niz zaštita prilikom pokretanja i tijekom samo kretanja transportnih kolica kako ne bi došlo do zaustavljanja ili oštećenja procesa. Također je, prije svega, vrlo važno da je sekvenca sigurna za operatere koji upravljaju proizvodnom linijom.

U drugom poglavlju težnja je na hardveru sustava te opisu postrojenja i proizvodnog procesa u kojemu se ova sekvenca primjenjuje. U ovom poglavlju opisano je šire radno okruženje transportnih kolica, odnosno cijeli proces obrade čelične trake u kojem se transportna kolica koriste. Sekvenca je izrađena za potrebe transporta od skladišta do procesne linije. Također je opisana konstrukcija, kao i mogućnosti transportnih kolica. U trećem poglavlju se detaljno govori o izradi softvera u programskom alatu Simatic Step 7 te o vizualizaciji procesa u WinCC SCADA sustavu. Oba programska alata su proizvodi tvrtke Siemens. Četvrto poglavlje navodi postignute rezultate izradom sekvence za rukovanje koturovima na proizvodnoj liniji i kako je softver testiran. Peto poglavlje sadrži zaključak rada u cijelosti

1.1. Tekst zadatka

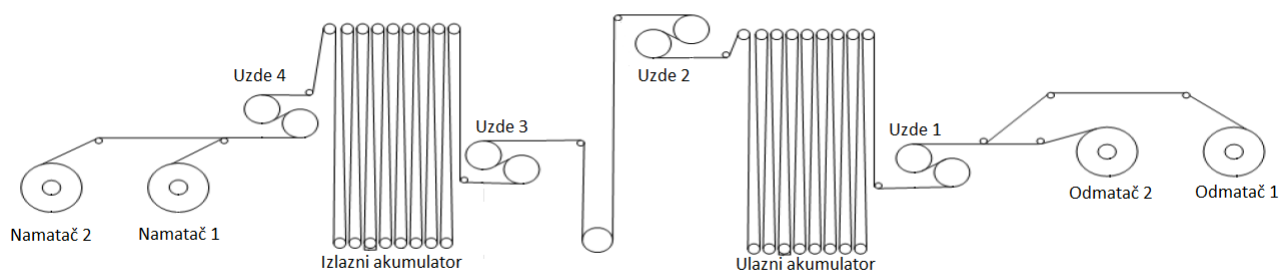
Potrebno je izraditi programski blok za upravljanje kolicima koja će se pozicionirati na zadanu poziciju, izvršiti transport kotura sa jedne na drugu poziciju, a nakon toga i povratak kolica na početnu poziciju. Završni rad uključuje razvoj softvera i simulaciju u alatu Step 7 te vizualizaciju u alatu WinCC.

2. POSTROJENJE ZA OBRADU ČELIČNE TRAKE

Postrojenje za obradu čelične trake je postrojenje u kojemu se čelična traka obrađuje nizom fizičkih i kemijskih procesa kako bi se od početne sirovine dobio konačan proizvod. Uloga transportnih kolica u ovom postrojenju je dostava sirovine iz skladišta početnog dijela procesa za obradu, te odvoz gotovog proizvoda od krajnjeg dijela procesa za obradu do skladišta.

2.1. Opis postrojenja

Sekvenca za rukovanje koturovima na proizvodnoj liniji se primjenjuje na kolicima za transport namota unutar djela postrojenja za obradu i skladištenje čeličnog namota. Ovaj dio postrojenja se sastoji od područja za skladištenje namota, ulaznih transportnih kolica, ulaznog djela s ulaznim akumulatorom, procesnog djela, izlaznog djela s izlaznim akumulatorom te izlaznih transportnih kolica. Taj sustav je prikazan na slici 2.1.



Slika 2.1. Pojednostavljeni prikaz postrojenja za obradu čelične trake. [5]

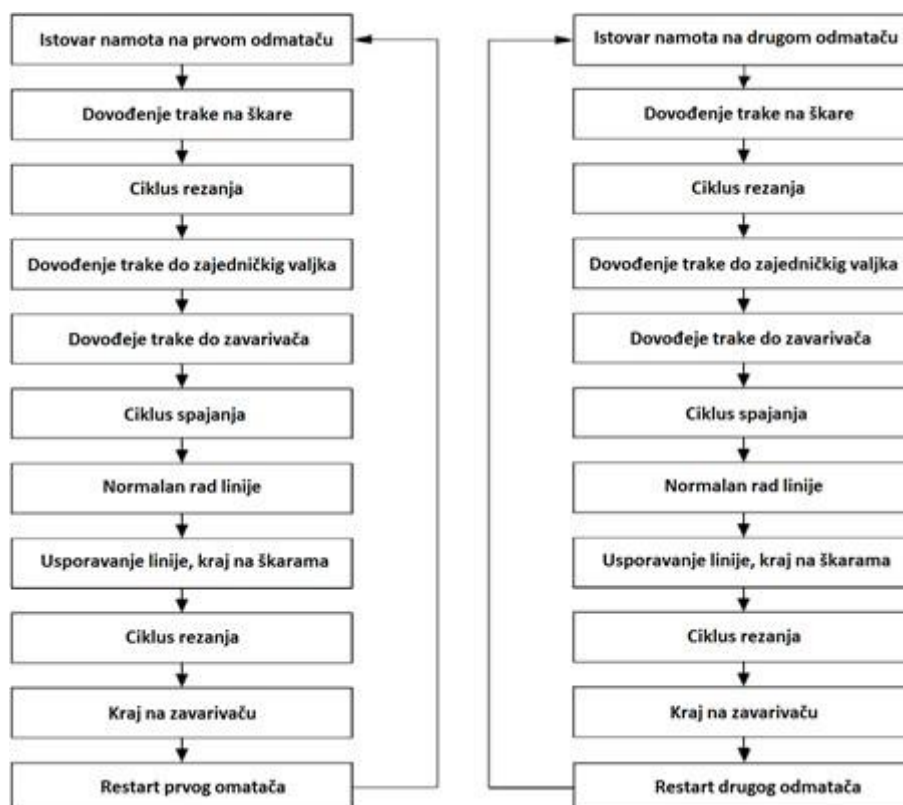
Oba odmatača, zajedno sa uzdama broj jedan i ulaznim akumulatorom spadaju u ulazni dio sustava. Uzde broj dva i uzde broj tri pripadaju u procesni dio i u tom djelu se čelična traka obrađuje na određen način, što ovisi o vrsti postrojena i potrebi. Izlazni akumulator, uzde broj četiri i oba namatača pripadaju u izlazni dio sustava. Izlazni dio sustava može imati samo jedan namatač radi financijske uštede klijenta. U ulazni i izlazni dio sustava spadaju transportna kolica, koja su detaljno objašnjena u potpoglavlju 2.2.

2.1.1. Ulazna zona i njene glavne karakteristike

Funkcija opreme koja se nalazi u ovoj zoni je da se glava namota provlači s odmotavača (br. 1 ili br. 2) do aprata za zavarivanje, gdje se spaja s repom čelične trake koja se već nalazi u procesnoj zoni postrojenja. Nakon zavarivanja neprekinuta traka se obrađuje u odjeljku za čišćenje i nakon toga se pomiče u procesnu zonu linije.

Čelični namot se transportira na vreteno odmotavača transportnim kolicima. Nakon što je namot

umetnut i centriran u vreteno odmotiča, vanjski držač vretena je podignut, a transportna kolica su spuštена, a vreteno je prošireno kako bi uhvatilo namot, valjak za držanje spušten je na namot kako bi držao vanjski omotač. Transportna kolica su tada u potpunosti spuštена i izlaze van kako bi prikupila sljedeći namot. Stol za odmatanje se tada postavlja na vanjski omotač namota dok se namot zakreće za postavljanje glave kako bi se početak namota navukao, iz odmotiča, kroz ravnjač uz pomoć njegovih valjaka. Ravnjač će izravnati glavu namota kako bi olakšao daljnje provlačenje trake. Traka se nastavlja provlačiti kroz mjerač debljine i ulazne škarе kroz nožеve za rezanje, gdje se priprema glava. Traka je navučena do zajedničkog valjka, gdje se dvije linije sastaju. Kada se prethodni namot iskoristi, rep aktivne trake se prereže škarama i pozicionira na zavarivaču, a ciklus zavarivanja za spajanje sa novim namotom može početi. Zavarivač spaja rep i glavu kako bi osigurao kontinuirani proces. Nakon zavarivanja uspostavlja se normalna napetost u ulaznoj zoni. Zatim se var transportira do ispitnog položaja zavarivanja i, ako je potrebno, var se prenosi na zarezivač, gdje su oba ruba trake zarezana. Uobičajeno samo male promjene širine trake zahtijevaju da se rubovi trake urezuju. Uzda, smještena na izlazu ulazne zone, izolira napetost trake na ulaznom akumulatoru. Ciklus rada ulazne zone prikazan je na slici 2.2.



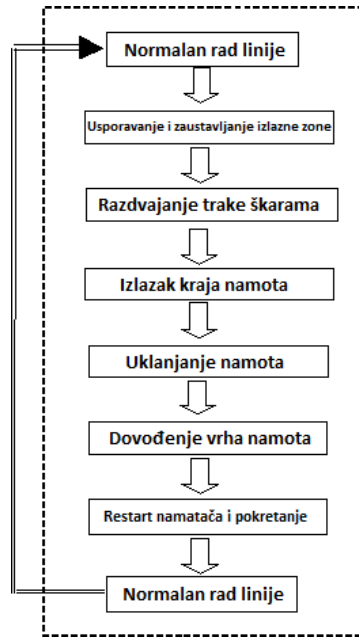
Slika 2.2. Ciklus rada ulazne zone. [1]

2.1.2. Procesna zona i njene glavne karakteristike

Namoti, koji su zavareni u ulaznoj zoni, tvore neprekinutu traku, koja se kreće kroz opremu ove zone gdje se provode procesne obrade. Neprekinuta traka se premješta u peć i na dio za galvanizaciju opremljen zračnim noževima i dijelom za kaljenje. Tada se traka obrađuje u valjcima za poboljšanje površine trake i nakon toga se usmjerava na uređaj za oslobađanje napetosti trake i na dio za kemijsku obradu. Kako bi se izvršile gore navedene funkcije, brzina procesne zone mora biti konstantna koliko god je to moguće i stoga treba biti neovisna o brzini ulaznih i izlaznih zona, gdje se namoti odmotavaju, spajaju i zatim dijele i namotavaju. To se postiže pomoću dva akumulatora trake koji su raspoređeni na početku i na kraju procesne zone.

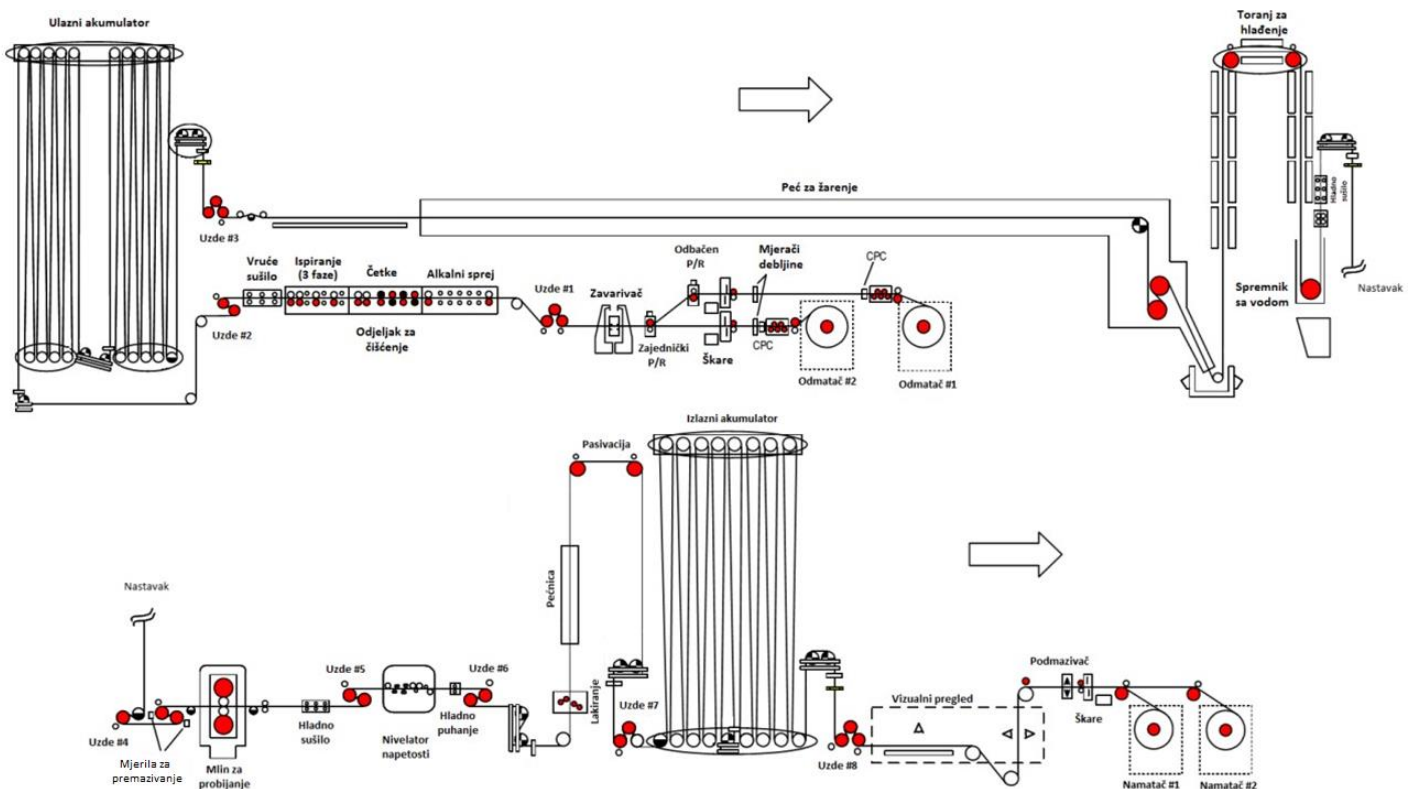
2.1.3. Izlazna zona i njene glavne karakteristike

Traka koja napušta izlazni akumulator se zatim skreće na izlaznu uzdu (uzda br. 8, Slika 2.4) do odjela za inspekciju, gdje se može pregledati zbog površinskih nedostataka. Elektrostatički podmazivač zatim nanosi tanak sloj ulja na obje strane trake. Izlazne škare se koriste za razdvajanje dva namotja, rezanje varova ili rezanje uzoraka trake. Traka se zatim skreće na namatač. Stol za namatanje, valjci za usmjeravanje, vodilice trake i omotač s remenom vode traku do vretena. Kako bi se izvršile gore navedene funkcije, brzina ovog odjeljka ostaje neovisna o brzini procesne zone pomoću izlaznog akumulatora koji pripada procesnoj zoni. Stoga izlazna zona ima mogućnost rada na većim brzinama od procesne zone kako bi se izpraznio izlazni akumulator u kojem se nakupila traka dok je izlazna zona bila zaustavljena zbog promjene namota ili pregleda trake. Automatska kontrola položaja ruba je osigurana kako bi se olakšalo stvaranje nemota koji imaju jednu ravnu bočnu stranu neovisno o promjeni širine trake unutar duljine zavojnice. Ciklus rada izlazne zone prikazan je na slici 2.3.



Slika 2.3. Ciklus rada izlazne zone. [3]

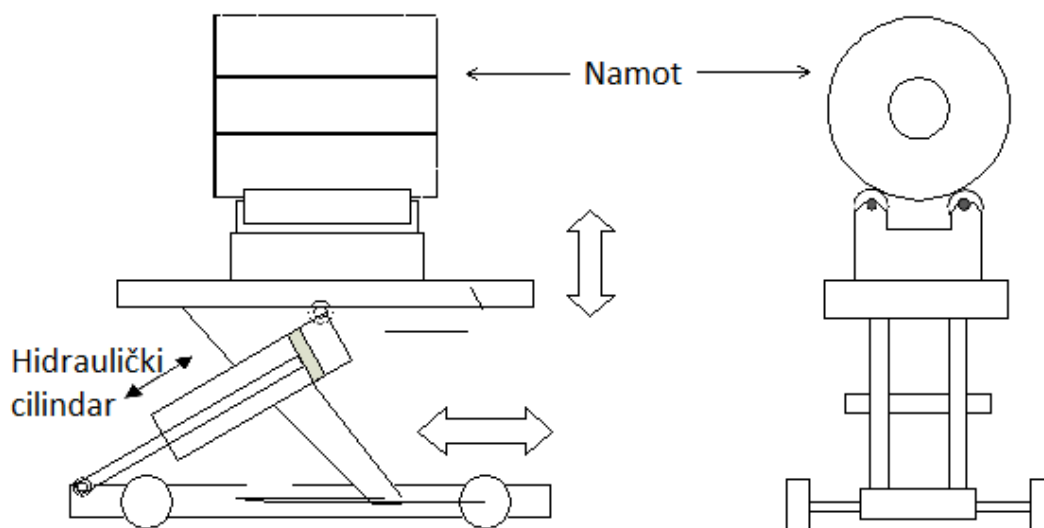
Detalniji prikaz ovoga sustava prikazan je na slici 2.4. kao i svi njegovi dijelovi.



Slika 2.4. Detaljan prikaz ulazne, procesne i izlazne zone. [4]

2.2. Detaljan opis rada transportnih kolica za prijenos namota

Transportna kolica za prijenos namota (*Coil car*, Slika 2.5.) su podnog tipa te imaju valjke na nosaču namota i uključuju sljedeće mogućnosti: Kolica su predviđena za pomicanje namota cijelom dužinom puta, od ulaznih sedala za pohranu do odmotača trake i od namatača trake do izlaznih sedala za pohranu. Tijekom kretanja izvršavaju se određene operacije.



Slika 2.5. Transportna kolica za prijenos namota (*Coil car*).

2.2.1. Horizontalno gibanje transportnih kolica

Kolica se pokreću na kotačima uzduž tračnice pričvršćene na pod. Kotači s jedne strane imaju dvostruku prirubnicu za potrebe navođenja. Kada se sedlo kolica spusti, kolica se mogu pomicati horizontalno u bilo koji položaj. Ako sedlo nije u spuštenom položaju, kolica se mogu pomaknuti u idući položaj samo ako ne dolazi do interferencije sa drugim uređajima. Kada transportna kolica aktiviraju prekidač za graničnu poziciju (*Extrastroke*), kolica se hitno zaustavljaju. Nakon toga dopušteni su samo pokreti u suprotnom smjeru. Detaljniji opis sustava za kretanje u horizontalnom smjeru vidljiv je u tablici 2.1.

Tablica 2.1. *Tablica funkcija i instrumenata za horizontalno gibanje.*

Funkcija:	Gibanje kolica u horizontalnom smjeru	
Aktuator:	Hidraulički motor	
Normalna/ maksimalna brzina:	375 / 625 o/min	
Promjer kotača	380 mm	
Radni/ maksimalni put	5000/ 5200 mm	
Električni instrumenti		
Dizajn	Opis	
3 pozicijski ventil	1. pos	Kretanje naprijed
	2. pos	Stajanje
	3. pos	Kretanje unatrag
Linearni pretvornik položaja	-100 mm	Granična pozicija pri gibanju unatrag
	0 mm	Pozicija prvog sedla
	1000 mm	Pozicija drugog sedla
	2000 mm	Pozicija trećeg sedla
	5000 mm	Pozicija vretena (mandrila)
	5100 mm	Granična pozicija pri gibanju unaprijed
Mehanički prekidač	Prekidač za označavanje granične pozicije pri gibanju unaprijed	
Mehanički prekidač	Prekidač za označavanje granične pozicije pri gibanju unatrag	

2.2.2. Vertikalno gibanje transportnih kolica (podizanje i spuštanje transportnih kolica za prijenos namota)

Sedlo transportnih kolica za prijenos namota se podiže i spušta radi vertikalnog pozicioniranja namota. Za vrijeme horizontalnih kretanja, ukoliko se namot nalazi na kolicima sve operacije dizanja i spuštanja su onemogućene. Detaljniji opis sustava za kretanje u vertikalnom

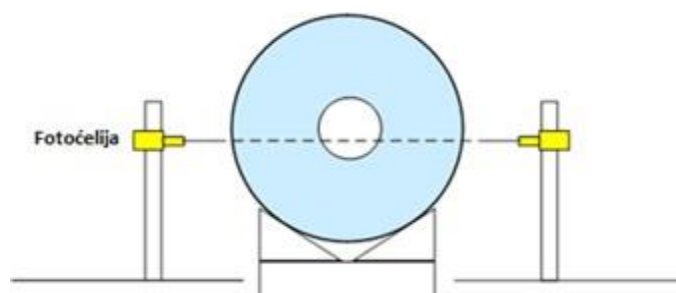
smjeru vidljiv je u tablici 2.2.

Tablica 2.2. *Tablica funkcija i instrumenata za vertikalno gibanje.*

Funkcija:	Podizanje/spuštanje kolica	
Aktuator:	Hidraulički cilindar	
Promjer provrta / šipke	240 / 160 mm	
Brzina podizanja/ spuštanja:	25 / 25 mm/s	
Mehanički hod:	1200 mm	
Električni instrumenti		
Dizajn	Opis	
3 pozicijski ventil	1. pos	Dizanje
	2. pos	Stajanje
	3. pos	Spuštanje
Senzor prisutnosti	Namot na se nalazi na kolicima	

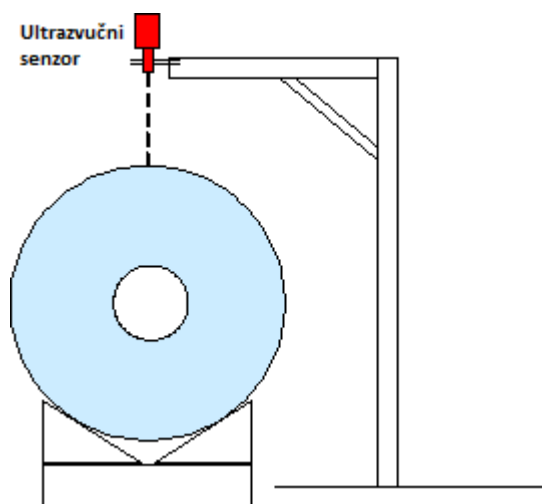
2.2.3. Sustavi za mjerenje širine i promjera namota

U ulaznoj zoni, na putanji kojom prolaze transportna kolica postavljeni su uređaji za mjerenje i izračunavanje širine i promjera namota. Sustav za mjerenje širine (Slika 2.6.) koristi stacionarni detektor ruba namota kako bi generirao dva okidajuća signala "započni mjerenje" i "zaustavi mjerenje" na mjerneoj liniji vozila. Signal "započni mjerenje" generira se kada detektor ruba detektira zavojnicu. Signal "zaustavi mjerenje" generira se kada zavojnica napusti detektor ruba. Razlika između dviju vrijednosti je širina zavojnice. Izmjerena vrijednost se koristi od strane upravljačkog sustava za automatski prijenos svitka na odmatač, centrirajući je u uzdužnom smjeru.



Slika 2.6. *Sustav za mjerenje širine namota.*

Sustav za mjerenje promjera (Slika 2.7.) koristi ultrazvučni senzor za mjerenje udaljenosti od vrha namota do senzora dok svitak prolazi ispod senzora. Promjer namota izračunava se iz ovog mjerenja zajedno s mjerenjem vertikalnog hoda vozila. Mjerena vrijednost se koristi od strane upravljačkog sustava za automatsko vertikalno pozicioniranje namota na vreteno odmotiča. Promjer zavojnice izračunava se iz ovog mjerenja ne uzimajući u obzir vertikalnu poziciju transportnih kolica.



Slika 2.7. *Sustav za mjerenje promjera namota.*

3. IZRADA SOFTVERA ZA SEKVENCIJALNO UPRAVLJANJE TRANSPORTNIM KOLICIMA

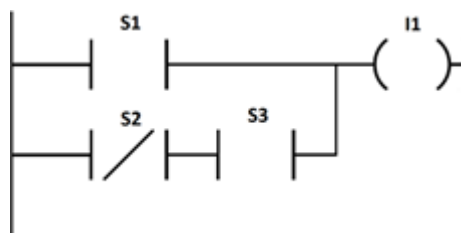
Glavno rješenje zadatka ovog završnog rada je izrada sekvence za transport namota pomoću transportnih kolica od tri spremišna sedla do odmatača s vretenom (mandrilom). Prvo je potrebno izraditi algoritam sekvence po kojemu se sekvenca izrađuje unutar softvera. Prilikom izrade algoritma sekvence potrebno je načiniti sekvencu što jednostavnijom uz uvjet da se poštuju svi preduvjeti (više o preduvjetima u potpoglavlji 3.5.). Cilj je da se sekvenca izvrši u što kraćem vremenu, a da bude sigurna za proces, postrojenje i okolinu. Ovaj zadatak se konkretno izvršava sekvencom za transport, ali softver posjeduje još dvije sekvence od kojih je jedna sekvenca pomoćna, a to je sekvenca za povratak kolica u početni položaj (*Go-Home sequence*), te sekvence za sortiranje (*Shifting sequence*). Sekvenca za sortiranje radi u trenutku kada se na sedlu s vretenom nalazi namot, te sortira namote na spremišnim sedlima, tako da, ako ima namota na spremišnim sedlima, pomiče namote s daljih sedala na sedla bliža vretenu.

3.1. Režimi rada transportnih kolica

Sustav za transport kolica može raditi u dva načina rada, a to su: ručni i automatski. Ručni način rada se uglavnom koristi kada dođe do nekakve greške na sustavu za automatski rad ili prilikom održavanja sustava. Kolica se u ručnom načinu rada također mogu upravljati u sva četiri smjera. Kada se transportna kolica prebace u automatski način rada, ona mogu obavljati sekvence, te ne mogu biti upravljana na bilo koji drugi način sve dok ih se ponovno ne prebaci u ručni način rada. U trenutku kada se režim promjeni iz automatskog u ručni, sve aktivne sekvence prestaju s radom i sustav se zaustavlja.

3.2. Osnove logike programskog alata Simatic Step 7

Softver je izrađen u programu Simatic Step 7 u *ladder* (ljestvičasti ili kontakti dijagram) načinu zapisa koda. Step 7 je programski alat za programiranje programabilnih logičkih kontrolera (PLC-ova) iz porodice Simatic S7 tvrtke Siemens AG. *Ladder* način zapisa se temelji na relejnim shemama i jedan je od najrašireniji načina zapisa zbog svoje lake upotrebe i preglednosti. U *ladder* načinu zapisa poznaju se tri osnovna sklopa, a to su normalno otvoreni (*Normally open*), normalno zatvoreni (*Normally closed*) te izlaz (*Coil*). Na slici 3.1. su vidljiva sva tri sklopa.



Slike 3.1. Jednostavan primjer softvera u Simatic Step 7.

Sklopovi **S1** i **S3** su normalno otvoreni, sklop **S2** je normalno zatvoreni, a **I1** je izlaz. U primjeru sa slike 3.1. sklopovi **S2** i **S3** su spojeni u seriju i čine logički *I* (*And*) sklop, a ta dva sklopa postavljena u paralelu sa **S1** sklopom i čine logički *ILI* (*Or*) sklop. Stanje izlaza **I1** je ovisno o stanjima ostalih sklopova. Normalno otvoreni sklop propušta signal ukoliko je njegovo stanje u logičkoj jedinici, a normalno zatvoreni propušta signal ukoliko je njegovo stanje u logičkoj nuli. Čim signal stigne do sklopa **I1**, njegovo stanje se odmah mijenja u logičku jedinicu, te će biti u jedinici sve dok signal stiže na **I1**. Sklop **I1** pada u logičku nulu čim signal više ne bude dolazio do sklopa **I1**. Stanje sklopa **I1** u ovisnosti o stanjima drugih sklopova vidljivo je u tablici 3.1.

Tablica 3.1. Stanje izlaza *I1* u ovisnosti o stanjima sklopova *S1*, *S2* i *S3*.

S1	S2	S3	S2 & S3	I1
0	0	0	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	1	0	0
1	0	0	0	1
1	0	1	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1

Kakvo će stanje sklopova **S1**, **S2** i **S3** biti može odrediti više faktora. Stanje sklopova može se povezati izravno s fizičkim ulaznim signalima kao što su tipkala, senzori; mogu biti regulirani drugim logičkim sklopom (npr. sklop **I1** sa slike 3.1. u idućem sustavu može biti sklop koji će biti faktor pri određivanju stanja izlaza tog sustava), te može biti forsiran u logičku jedinicu/nulu prilikom simulacije sustava. Rad s tri osnovna tipa sklopova omogućen je za varijable koje imaju dva logička stanja, logičku jedinicu i logičku nulu (*Bool*). U Simatic Step 7 programskom alatu

moguće je raditi i s drugim vrstama varijabli kao što su: cijeli brojevi (*Integer*), realni brojevi, dupli cijeli broj (*Double integer*) itd. Rad s varijablama koje zauzimaju više memorije od jednog bita (*Bool* (binarne) varijable zauzimaju samo jedan bit) moguć je pomoću niza drugih operacijskih blokova. Za izradu sekvence za rukovanje koturovima na proizvodnoj liniji najvažniji:

- 1) *Move* (Pomakni) – blok koji prepisuje vrijednost jedne varijable na adresu druge varijable
- 2) *Compare* (Uspoređi) – blok koji uspoređuje je li varijabla veća, manja ili jednaka (ovino o želji) od druge varijable ili nekog određenog broja
- 3) Četiri osnovne matematičke operacije (*Add*, *Subtract*, *Multiply* i *Divide*) – blokovi koji će zbrajati, oduzimati, množiti ili dijeliti odabranu varijablu s drugom varijablom ili točno određenim brojem
- 4) *Mod* (modul) – blok koji će zapisati na određenu adresu ostatak pri dijeljenju s određenim brojem ili varijablom

3.3. Senzori

Senzori omogućuju pravovremene povratne informacije o procesu, o trenutnoj poziciji kolica, o tome nalazi li se namot na kolicima itd. te je njihova uloga vrlo važna u postrojenju za obradu čelične trake. Bez senzora izrada ovog postrojenja bila bi znatno otežana, ako ne i nemoguća. Njihovo detektiranje određuje kada će se kolica zaustaviti, mogu li kolica nastaviti s kretanjem (npr. je li namot utovaren na sedlo i je li namot istovaren sa sedla). Postrojenje za koju je sekvenca za rukovanje koturovima na proizvodnoj liniji izrađena koristi senzore koji su prikazani u tablicama 3.2. i 3.3.

Tablica 3.2. *Popis senzora koji "pomažu" kolicima.*

Oznaka	Tip	Funkcija	Koordinate u sustavu
Senzor S1	Fotosenzor	Signalizira da su kolica na početnoj poziciji	(0,0) ± 10 mm
Senzor S2	Fotosenzor	Signalizira da su kolica na početnoj poziciji, ali da su kolica podignuta	(0,1000) ± 10 mm
Senzor S3	Fotosenzor	Signalizira da se kolica nalaze ispod drugog sedla i da su kolica spuštена	(1000,0) ± 10 mm
Senzor S4	Fotosenzor	Signalizira da se kolica nalaze ispod drugog sedla i da su kolica podignuta	(1000,1000) ± 10 mm
Senzor S5	Fotosenzor	Signalizira da se kolica nalaze ispod trećeg sedla i	(2000,0) ± 10 mm

		da su kolica spuštена	
Senzor S6	Fotosenzor	Signalizira da se kolica nalaze ispod trećeg sedla i da su kolica podignuta	$(2000,1000) \pm 10$ mm
Senzor S7	Fotosenzor	Signalizira da se kolica nalaze ispod sedla sa vretenom i da su kolica spuštена	$(5000,0) \pm 10$ mm
Senzor S8	Fotosenzor	Signalizira da se kolica nalaze ispod sedla sa vretenom i da su kolica podignuta	$(5000,1000) \pm 10$ mm

Tablica 3.3. *Popis senzora koji detektiraju prisutnost namota.*

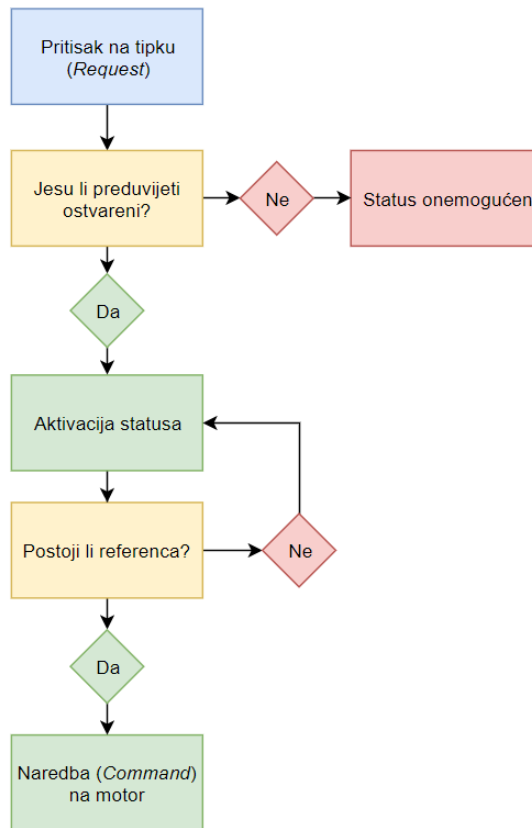
Oznaka	Tip	Funkcija
Senzor Sedlo 1	Fotosenzor	Signalizira da je namot na prvom skladišnom sedlu i spreman je za transport
Senzor Sedlo 2	Fotosenzor	Signalizira da je namot na drugom skladišnom sedlu i spreman je za transport
Senzor Sedlo 3	Fotosenzor	Signalizira da je namot na trećem skladišnom sedlu i spreman je za transport
Senzor namot na kolicima	Fotosenzor	Signalizira da se namot trenutno nalazi na transportnim kolicima
Senzor vreteno	Fotosenzor	Signalizira da se namot nalazi na odmataču sa vretenom

U tablici 3.2. se nalaze senzori koji služe za davanje signala da se kolica nalaze u točno određenoj poziciji (nalaze se ispod sedala i na visini pri kojoj se kolica trebaju zaustaviti pri podizanju radi preuzimanja namota i služe samo kao alat za transportna kolica). U tablici 3.2. je vidljiv stupac u kojem pišu koordinate. Te koordinate su relativne koordinate sustava ako bi ga promatrali s bočne strane, te je prva koordinata trenutna horizontalna pozicija, a druga trenutna vertikalna pozicija. Detaljnije o ovoj stavci je objašnjeno u potpoglavlju 3.6. U tablici 3.3. nalaze

senzori koji detektiraju prisutnost namota na određenim pozicijama.

3.4. Aktuatori

Aktuator, u upravljačkoj i regulacijskoj tehnici (mehatronici, robotici i slično) je naprava kojom se na pobudu upravljačkoga signala pokretni dijelovi sustava dovode u željeni položaj, ostvaruje se njihovo gibanje ili razvija sila ili zakretni moment kojim ti dijelovi djeluju na proces. U osnovi je to pretvornik koji neku ulaznu veličinu pojačava i pretvara u mehanički rad. U sustavu za pokretanje transportnih kolica postoje dva aktuatora, jedan za horizontalno gibanje te drugi za vertikalno gibanje kolica. Gibanje po horizontalnoj osi omogućuje hidraulički motor koji radi pomoću ventila s tri položaja. Kada se ventil nalazi u prvom položaju omogućeno je kretanje prema naprijed, kada se nalazi u drugom položaju transportna kolica miruju, te kada se nalazi u trećem položaju transportna kolica se kreću unatrag. Gibanje po vertikalnoj osi omogućuje hidraulični cilindar koji također radi pomoću ventila s tri položaja. Prvi položaj omogućuje podizanje kolica, drugi položaj drži kolica u mjestu dok treći položaj omogućuje spuštanje kolica. Softverski se ove radnje izvršavaju kroz tri koraka. Prvi korak je zahtjev za određeno gibanje (*Request*) koji može biti izvršen na nekoliko načina, od kojih su najčešći pritisak na fizičku tipku u postrojenju, davanje zahtjeva sa SCADA sustava, te modificiranje određenog sklopa u softveru u logičku jedinicu prilikom simulacije. Nakon što je zahtjev poslan, logika softvera provjerava ima li određena radnja uvijete za pokretanje (Preduvjeti – detaljno objašnjeno u potpoglavlju 3.5.). Ukoliko su preduvjeti ostvareni, aktivira se status za određenu kretanju (npr. ukoliko se da zahtjev za podizanje transportnih kolica i svi uvjeti su ispunjeni, aktivirat će se logički sklop koji govori da su kolica spremna za dizanje). Kombinacijom statusa i referentne vrijednosti ostvaruje se naredba za određeno kretanje (*Command*) te transportna kolica počinju sa izvršavanjem željene radnje. Ciklus aktivacije aktuatora je vidljiv na slici 3.2.



Slika 3.2. *Ciklus aktivacije aktuatora.*

3.5. Preduvjeti za pokretanje radnji

Preduvjeti su skup uvjeta koji trebaju biti ostvareni kako bi sustav mogao obaviti određene zadatke. U preduvjete mogu spadati razni uvjeti (npr. Onemogućeno je dizanje i spuštanje kolica dok se ona gibaju po horizontalnom pravcu ili da se sekvence mogu pokrenuti samo u automatskom načinu rada). Ukoliko neki od preduvjeta za neku radnju nije ostvaren, određeni logički sklop će blokirati tu radnju sve dok se preduvjeti ne ostvare.

Globalni preduvjeti

U globalne preduvjete spadaju povratne informacije iz sustava za provjeru je li hidraulika ispravna, ima li sustav struje, je li upaljen alarm ili izvanredno stanje (*Emergency*). Globalni preduvjeti su uvijti za pokretanje bilo koje radnje i zajednički su svim radnjama. Dok ovi uvjeti nisu ostvareni sustav neće ništa raditi.

Preduvjeti za dizanje i spuštanje kolica

Uz globalne preduvjete, u preduvjete za dizanje i spuštanje kolica ulazi uvjet da se kolica trenutno ne gibaju u bilo kojem drugom smjeru, te kolica trenutno ne smiju nositi namot, te da

se nije došlo do neželjene pozicije (*Extrastroke*) ovisno o smjeru gibanja.

Preduvjeti za pomicanje kolica prema naprijed i prema natrag

Uz globalne preduvjete, u preduvjete za pomicanje kolica prema naprijed ili natrag ulazi uvjet da su kolica spuštена ili da nisu spuštена, ali da nema namota na kolicima, te da nije došlo do neželjene pozicije (*Extrastroke*) pri podizanju ili spuštanju ovisno o smjeru gibanja.

Preduvjeti za pokretanje transportne sekvence

U preduvjete za pokretanje transportne sekvence ulaze globalni preduvjeti, uvjet da su je uključen automatski način rada, da je vreteno spremno za novu pošiljku, da trenutno nije aktivna neka druga sekvenca, put od željene do konačne pozicije treba biti slobodan i neokupiran od strane vanjske opreme.

Preduvjeti za pokretanje sekvence za sortiranje

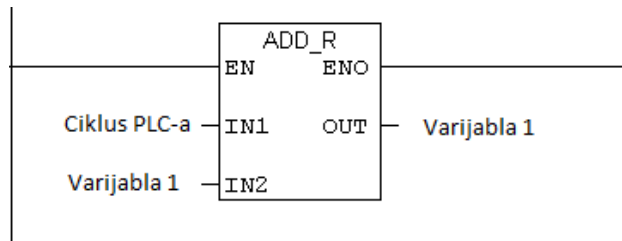
U preduvjete za pokretanje sekvence za sortiranje (*Shifting*) spadaju uvjeti da nijedna druga sekvenca nije aktivna, da se kolica nalaze u početnom položaju te da je aktivan automatski način rada i kao u svim drugim slučajevima – globalni preduvjeti.

Preduvjeti za pokretanje sekvence za povratak kolica u početnu poziciju

U preduvjete za pokretanje sekvence za povratak kolica u početnu poziciju ulaze globalni preduvjeti, aktivan automatski način rada, da nije aktivna druga sekvenca, te da kolica već nisu u početnom položaju.

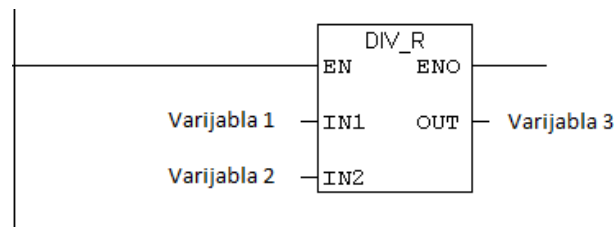
3.6. Virtualni enkoder

Enkoderi su mjerna osjetila kutnog ili linearnog pomaka. Mjerenje pomaka se izvodi brojanjem impulsnih signala. Pri izradi sekvence za rukovanje koturovima na proizvodnoj liniji izrađen je virtualni enkoder unutar softvera kako bi se omogućio simulacijski način rada. U postrojenjima postoje stvarni enkoderi koji daju točnu poziciju kolica, što ovdje nije slučaj, nego je izrađen virtualni enokder. Za izradu virtualnog enkodera simulirana je određena promjena, koja može biti iskorištena i za druge namjene, ali u ovom slučaju je iskorištena kao promjena horizontalne i vertikalne pozicije. Taj zadatak je izvršen pomoću ciklusa PLC-a koji je konstantan broj, te se on konstantno zbraja s drugom varijablom i rezultat se sprema u tu istu varijablu. Time se dobiva linearna promjena veličine (Slika 3.3.).



Slika 3.3. Blok za zbrajanje.

Konkretno u slučaju ovoga softvera **Varijabla 1** sa slike 3.3. će rasti za tisuću jedinica svake sekunde. Ako se na taj broj gleda kao na milimetre, a uzme se u obzir da je veličina sustava, 5200 milimetara, ta promjena je prebrza za ovaj sustav te ju je potrebno smanjiti, a to je izvršeno blokom za dijeljenje. U bloku za dijeljenje dijeli se **Varijablu 1** s drugom **Varijablom 2**. Rezultat se sprema u **Varijablu 3**. (Slika 3.4.)



Slika 3.4. Blok za dijeljenje.

Varijabla 2 određuje kolika će biti promjena **Varijable 3**. Što je iznos **Varijable 2** veći, to će promjena **Varijable 3** biti manja i kada se to primjeni u sustavu, konkretna posljedica će biti da će se kolica sporije kretati. **Varijabla 3** postaje glavni alat virtualnog enkodera, jer ima konstantan rast koji je prigodan za ovaj sustav. Kada postoji prigodna promjena, može se konkretno s njom raditi. Sljedeća zadaća virtualnog enkodera je da ovisno o kretanju kolica **Varijablu 3** iskoristi na pravilan način. To se izvršava pomoću četiri nove varijable: Trenutna vertikalna pozicija, Trenutna horizontalna pozicija, Spremljena horizontalna pozicija i Spremljena vertikalna pozicija. Ove varijable su vidljive u prilogu rada.

3.6.1. Horizontalno gibanje

U slučaju da se kolica gibaju prema naprijed ili prema natrag, virtualni enkoder obrađuje operacije nad Varijablom 3, Trenutnom horizontalnom pozicijom i Spremljenom horizontalnom pozicijom (početna vrijednost ove varijable je jednaka nuli). Ako se kolica gibaju prema naprijed, logika softvera je ta da se zbraja Varijablu 3 sa Spremljenom horizontalnom pozicijom sve dok se odvija gibanje i rezultat sprema u Trenutnu vertikalnu poziciju. Kada gibanje prestane, vrijednost Trenutne horizontalne pozicije se prepisuje na Spremljenu horizontalnu poziciju i iznos

Spremljene horizontalne pozicije pri sljedećem pokretanju više neće biti nula. Prilikom pokretanja kolica vrijednosti Trenutne horizontalne pozicije i Varijable 3 su vraćene u nulu, a vrijednost Spremljene horizontalne pozicije se nikada ne poništava i s tim se postiže to da se uvijek zna gdje su kolica stala i odakle nastavljaju s gibanjem. Kod gibanja unatrag je slična situacija. Jedina razlika je što se ne zbrajaju Trenutna vertikalna pozicija i Varijabla 3, nego se od Trenutne vertikalne pozicije oduzima Varijabla 3.

3.6.2. Vertikalno gibanje

Pri podizanju ili spuštanju kolica koristi se isti princip kao i pri horizontalnom gibanju. Podizanje kolica koristi istu logiku kao i pomicanje kolica prema naprijed, samo što obrađuje *Varijablu 3, Trenutnu vertikalnu poziciju i Spremljenu vertikalnu poziciju*. Spuštanje kolica ima istu logiku kao i pomicanje kolica unatrag, te koristi iste varijable kao što se koriste pri podizanju. Vertikalna os je puno kraća od horizontalne osi, te bi slijedno tome i promjena trebala biti sporija, što znači da bi prilikom vertikalnog gibanja *Varijablu 2* trebalo postaviti u veću vrijednost kako bi se usporila gibanje kolica.

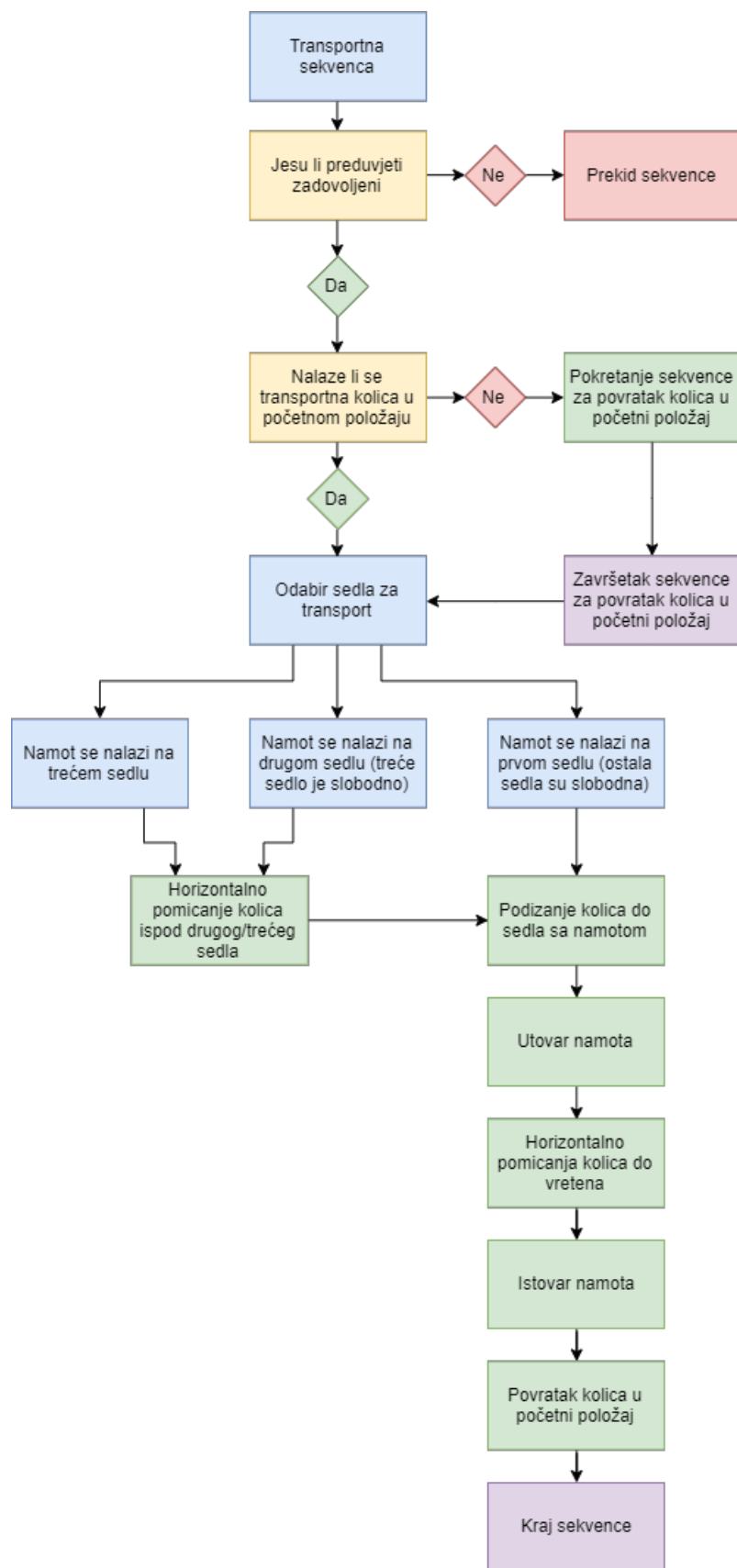
3.7. Sekvence

Sekvenca je slijedno izvršavanje programa (po koracima). Pod ovim terminom se podrazumijeva da se radi o automatskom pokretanju. Softver sekvence za rukovanje koturovima na proizvodnoj liniji uz glavnu transportnu sekvencu također ima sekvencu za sortiranje namota i pomoćnu sekvencu za povratak transportnih kolica u početni položaj. Sekvence ovog softvera mogu raditi samo u automatskom režimu rada.

3.7.1. Transportna sekvenca

Transportna sekvenca je glavna sekvenca ovoga softvera. Ona usmjerava sustav da dostavi namot s odgovarajućeg spremišnog sedla na vreteno. Za pokretanje sekvence bitno je da ima preduvjete. Transportna kolica se ne moraju nalaziti na početnoj poziciji jer ova sekvenca, ukoliko se transportna kolica ne nalaze na početnoj poziciji, pokreće sekvencu za povratak transportnih kolica u početnu poziciju. Kada su uvjeti za pokretanje ostvareni i kada se transportna kolica nalaze na početnoj poziciji, softverska logika kroz nekoliko uvjeta određuje s kojeg sedla će transportirati namot do vretena. U početne uvijete ulazi uvjet da je odmatač s vretenom slobodan. Ukoliko se namot nalazi na trećem sedlu, koje je najbliže vretenu, sekvenca automatski pokreće transport namota s tog sedla, neovisno o stanju prva dva sedla, te se kolica pomiču ispod trećeg sedla, podižu, skupljaju namot i odvoze ga do odmatača s vretenom. Ukoliko se namot nalazi na drugom sedlu, a na trećem sedlu nema namota, ponavlja se proces kao i za

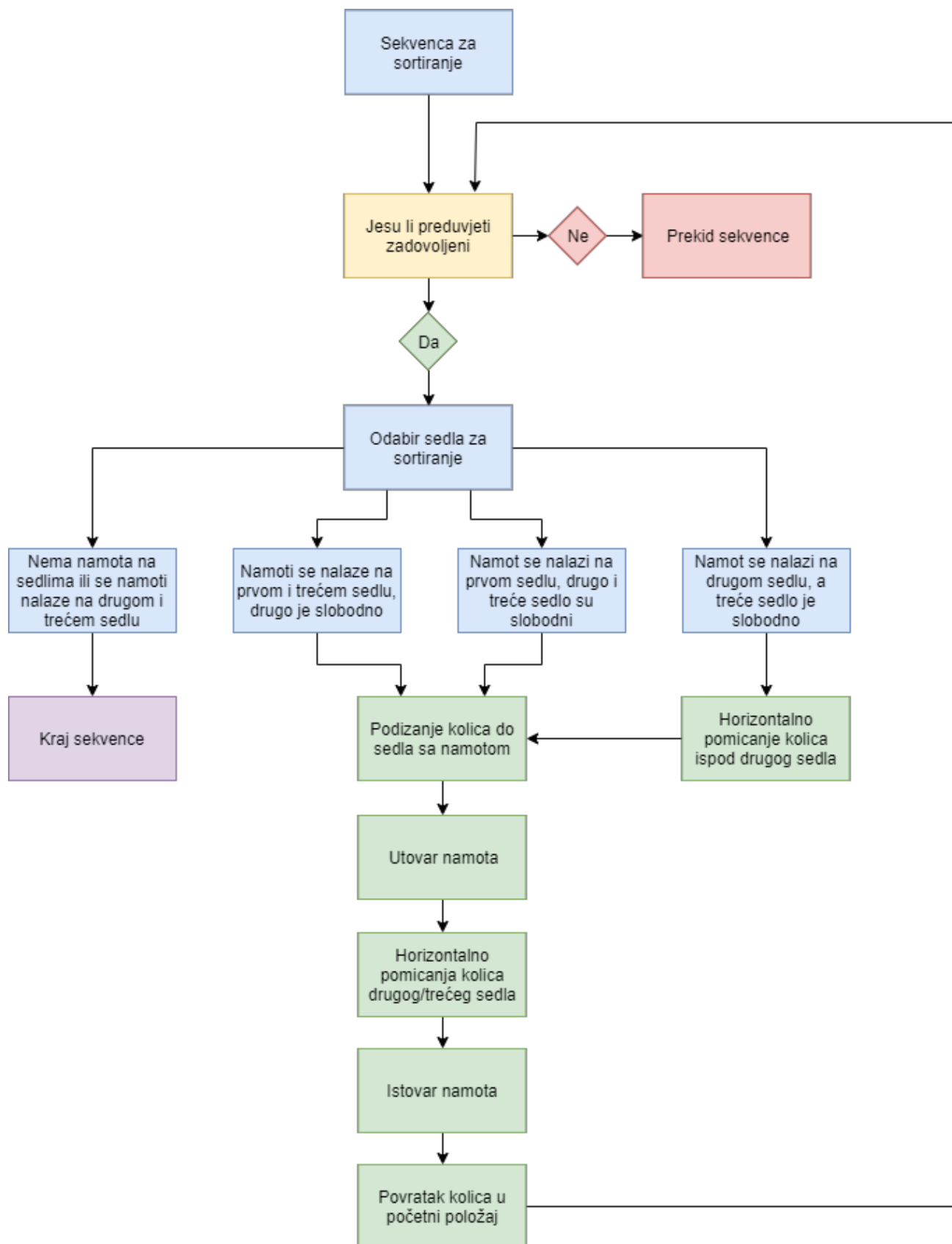
treće sedlo samo što se transportna kolica zaustavljaju ispod drugog sedla. Ako se namot nalazi na prvom sedlu, a na druga dva nema namota, transportna kolica se podižu, skupljaju namot, dostavljaju ga na odamatač s vretenom i vraćaju se u početni položaj. Dijagram izvršavanja sekvence vidljiv je na slici 3.5.



Slika 3.5. Dijagram izvršavanja transportne sekvence.

3.7.2. Sekvenca za sortiranje namota (*Shifting sequence*)

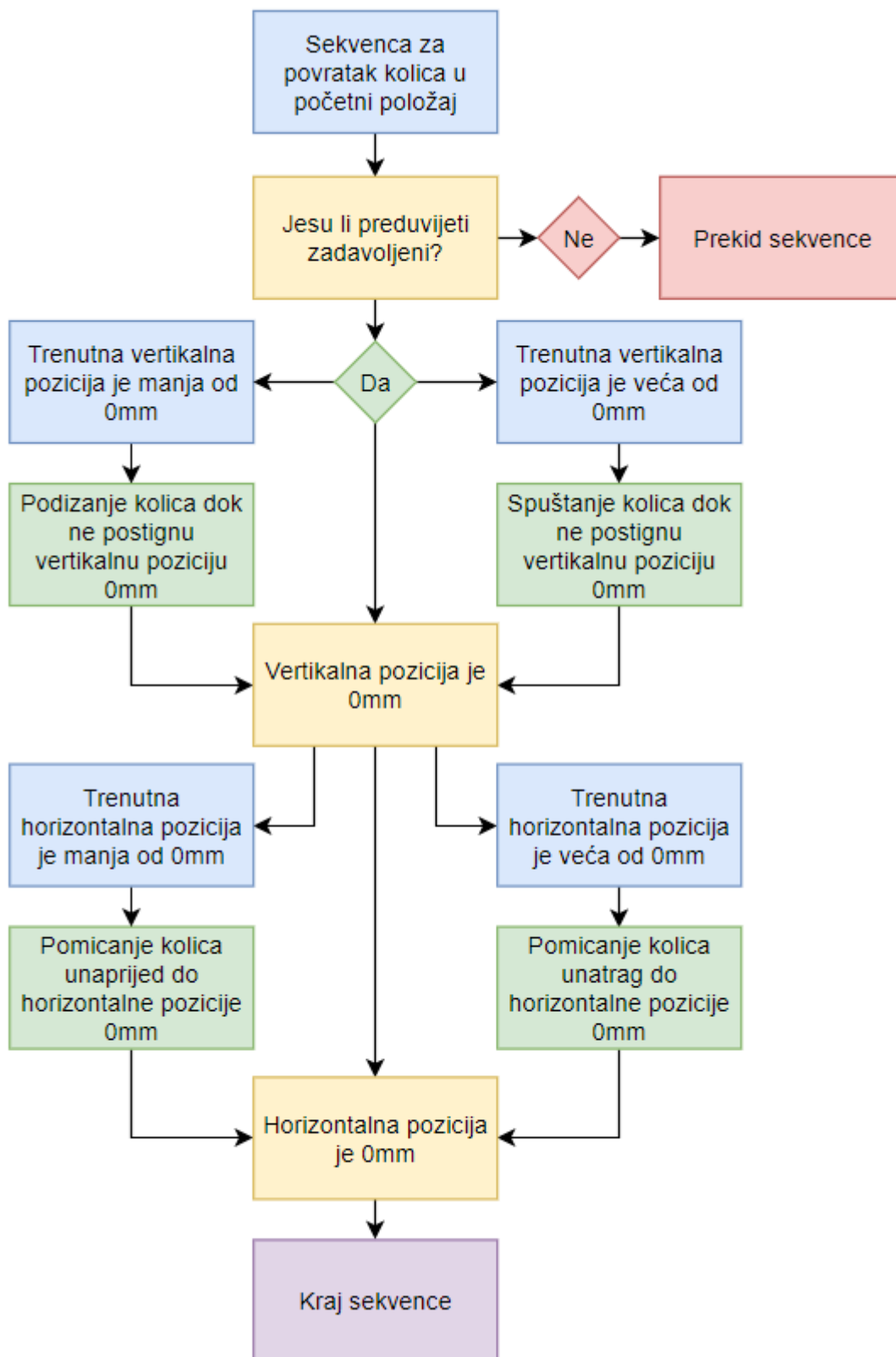
Sekvenca za sortiranje namota je odvojena sekvenca od transportne sekvence. Ona služi kako bi se popunio prazan hod u vremenu kada se namot dostavi na odmatač s vretenom sve dok se vreteno ponovno ne oslobodi i bude spremno za dostavu novog namota. Sekvenca za sortiranje, ako je to moguće, premješta namote na prva slobodna sedla do vretena (nikad ne premješta na odmatač s vretenom). Ukoliko su početni uvjeti za pokretanje sekvence ispunjeni, softverska logika analizira stanja na tri spremišna sedla i odlučuje koje radnje poduzeti. Ukoliko se u trenutku analiziranja na drugom i trećem sedlu nalaze namoti ili niti jedno sedlo u tom trenutku nema pohranjen namot, sekvenca završava s radom. Ako se na drugom sedlu nalazi namot, a treće sedlo je slobodno, transportna kolica će se pomaknuti ispod drugog sedla, podignuti se, preuzeti namot, odvesti ga na treće sedlo, te ga na trećem sedlu istovariti i potom se vratiti u početni položaj. Ukoliko se namot nalazi na prvom sedlu, a drugo ili drugo i treće sedlo su slobodni, transportna kolica se podižu, preuzimaju namot s prvog sedla i dostavljaju ga na drugo ili treće sedlo, ovisno o situaciji, te nakon istovara namota slijedi povratak u početni položaj. Sekvenca će pri svakom povratku u početni položaj aktivirati proces analiziranja stanje, te će raditi u petlji sve dok se ne dogodi situacija koja vodi u završetak sekvence ili dok je operater ne zaustavi na neki od načina. Dijagram izvršenja sekvence vidljiv je na slici 3.6.



Slika 3.6. Dijagram izvršavanja sekvence za sortiranje namota.

3.7.3. Sekvenca za povratak transportnih kolica u početni položaj (*Go-Home Sequence*)

Sekvenca za povratak transportnih kolica u početni položaj je pomoćna sekvenca pri pokretanju transportne sekvence. Kao što i samo ime govori, ova sekvenca vraća transportna kolica u početni položaj ako je to potrebno. Sekvenca za povratak transportnih kolica u početni položaj i transportna sekvenca su odvojene zbog lakše preglednosti i izrade, jer sekvenca za povratak kolica u početni položaj izvršava nekoliko usporedbi kako bi točno odredila položaj transportnih kolica. Ova sekvenca se ne može pokrenuti ukoliko se kolica već nalaze u početnom položaju. Početna zadaća sekvence je da odredi svoju vertikalnu poziciju, jer se kolica mogu spustiti u bilo kojem trenutku ako se na njima ne nalazi namot, a pošto se sekvenca ne može uopće pokrenuti ako kolica nose namot, može se zaključiti da se kolica sigurno mogu spustiti. Nakon što je vertikalna pozicija određena, kolica se počinju dizati ili spuštati ovisno je li vertikalna pozicija manja ili veća od nule. Ako je vertikalna pozicija veća od nule kolica se spuštaju (ovaj slučaj je znatno češći), te ako je pozicija manja od nule kolica se podižu, dok ne dosegnu vertikalnu poziciju nula (± 10 mm). Ukoliko je vertikalna pozicija u trenutku analize nula (± 10 mm), softverska logika se prebacuje na horizontalnu analizu. Nakon što su kolica u spušenom položaju kreće analiza horizontalne pozicije. Analiza horizontalne pozicije, kao i horizontalno gibanje se izvršavaju potpuno sigurno u spušenom položaju, dok to nije slučaj ako su podignuta zbog mogućnosti udara u sedla. Analizom se određuje je li horizontalna pozicija veća (znatno češće) ili manja od nula. Ukoliko je horizontalna pozicija veća od nule transportna kolica se gibaju prema unatrag, te ako je manja od nule gibaju se prema naprijed (u ovom položaju se nalaze samo ako dođe do neželjene pozicije – *Reverse Extrastroke*). Kada transportna kolica stignu u horizontalnu poziciju nula (± 10 mm) ili ako su se nalazila u toj poziciji prilikom analize horizontalne pozicije, sekvenca završava sa radom. Dijagram sekvence za povratak transportnih kolica u početni položaj vidljiv je na slici 3.7.



Slika 3.7. Dijagram izvršenja sekvence.

3.8. Simulacija

Sekvenca za rukovanje koturovima na proizvodnoj liniji se primjenjuje u postrojenjima za obradu čelika, te zbog nedostatka takvih postrojenja u blizini tijekom izrade softvera, softver je testiran na simulatoru. Programski alat Siemens Simatic Step 7 ima implementiran simulator, te je simulacija izvršena upravo na tom simulatoru. Simulirani su senzori i enkoder (virtualni enkoder) jer je to jedino rješenje za ispravno testiranje softvera. Tijekom simulacije sustav se može nadzirati na više načina. Najosnovniji, ali vjerovano i najlošiji, način za nadziranje softvera je direktno nadziranje koje je omogućeno odlaskom u *Online mode* pregleda softvera. Ovaj način nam daje pravovremene informacije, ali njegov veliki nedostatak je što se ne može pratiti više stvari odjednom ako su one razdvojene u softveru. Kod velikih softvera nije primjenjiv, ali kod manjih softvera može poslužiti. Drugi način je praćenje putem tablice varijabli (*Variable table*). U tablicu s varijablama se mogu dodati sve varijable koje se žele promatrati unošenjem adrese ili imena (*symbol name*) željene varijable. Binarne varijable (Bool) su označene sa stanjima *True* i *False* koja su popraćena svjetlosnom signalizacijom (Slika 3.8.). Varijable realnog i cjelobrojnog tipa su ispisane s konkretnim brojem njihove trenutne vrijednosti. Sve se varijable mogu modificirati unutar tablice varijabli, čime se dobiva i uredna preglednost varijabli i mogućnost upravljanja varijablama.

	Address	Symbol	Display	Status value	Modify value
1	Real		DEC	8	5
2	Integer		DEC	0	
3	Bool 1		BOOL	true	
4	Bool 2		BOOL	false	
5					
6					
7					

Slika 3.8. Tablica varijabli sa osnovnim primjerima

Treći način nadziranja je pomoću SCADA-e (*Supervisory Control And Data Acquisition*) odnosno sustava za nadzorno upravljanje industrijskim procesima. Ovaj način nadzora posjeduje mogućnosti kao i tablica varijabli, ali ima jednu veliku prednost, a to je vizualizacija sustava. Dakle, uz mogućnost ispisa svih željenih varijabli, moguće je napraviti i vizualizaciju tijekom

procesa ili neke promjene u procesu, te dobiti najbližnju informaciju kako bi to zapravo izgledalo na stvarnom sustavu. Kao što je već spomenuto, zbog nemogućnosti provjere projektiranog algoritma sekvence na stvarnom postrojenju, napravljena je simulacija procesa, pa tako i simulacija senzora. Zbog važnosti senzora u ovom postrojenju, simulacija senzora je bitan dio softvera te je bitno da ona ispravno radi. Simulacija senzora je izvršena uz pomoć virtualnog enkodera, odnosno koordinata koje virtualni enkoder daje, pomoću tajmera te oni koji se simuliraju izravno od strane operatera. Senzori koji su simulirani pomoću koordinata su senzori koji očitavaju položaj transportnih kolica. Postoji osam senzora koji to rade (Tablica 3.2. potpoglavlje *Senzori*). Kada se ostvari određena pozicija, određeni senzori će se aktivirati (npr. na koordinatama $(0,0) \pm 10\text{mm}$ je aktivan senzor S1, odnosno senzor koji signalizira da su transportna kolica u početnom položaju). Svaki senzor pokriva jedan od osam ključnih položaja (početni položaj, prvo sedlo, položaj ispod drugog sedla, drugo sedlo, položaj ispod trećeg sedla, treće sedlo, položaj ispod odmotaća s vretenom te vreteno). Senzor simuliran tajmerom je senzor za prisutnost namota na vretenu, te je pomoću tajmera simuliran utovar i istovar namota na transportna kolica. Senzori simulirani od strane operatera su senzori za prisutnost namota na spremišnim sedlima. Operater modificira stanje senzora u logičku jedinicu kako bi se simulirala prisutnost namota.

3.9. SCADA

SCADA-e (*Supervisory Control And Data Acquisition*) predstavlja računalni sustav za nadzorno upravljanje industrijskim sustavima. Kada se govori o SCADA-i često se može čuti termin HMI (*Human machine interface*), koji je podsustav SCADA-e. HMI nudi nešto skromnije mogućnosti od SCADA-e. Noviji programski alati za programiranje PLC-ova (TIA Portal) imaju objedinjen SCADA sustav zajedno sa Simaticom, ali na korištenom programskom alatu pri izradi softvera to nije slučaj pa se SCADA izrađuje u odvojenom programu koji se zove WinCC. Simatic WinCC je Siemesov SCADA sustav. Ovaj sustav se koristi za nadzor i upravljanje fizičkih procesa koji se odvijaju u industriji i infrastrukturi u velikom opsegu i na velikim udaljenostima. WinCC omogućuje vizualizaciju procesa za upravljanje transportnim kolicima, te upravljanje istim procesom. Pomoću ovog programa moguće je napraviti i animaciju kretanja kolica, tako da se mogu dobiti točne i pravovremene informacije o položaju transportnih kolica. Može se reći da se ovim alatima može vjerodostojno simulirati sustav transportnih kolica. WinCC se ne koristi samo pri simulaciji, nego i na stvarnim postrojenjima, te je, uglavnom, glavni alat za upravljanje procesa, a zasigurno glavni dio za nadzor procesa. Prednost SCADA sustava je ta što operater ne mora fizički ni vidjeti stroj s kojim radi, a ima vjerodostojne podatke o stroju.

3.10. Komunikacija između SCADA-e i softvera

Komunikacija između SCADA-e i softvera je vrlo bitan dio procesa. Ukoliko postoje greške pri uspostavljanju komunikacije ili u samoj komunikaciji to može dovesti do teških posljedica. Prilikom uspostavljanja komunikacije u WinCC-u se postavlja IP adresa PLC-a s kojim treba komunicirati ili u slučaju simulacije, adresa simulatora. Idući korak je izrada vizualizacije sustava, te nakon toga povezivanje željenih objekata unutar vizualizacije putem tagova s adresama varijabli koje su zapisane u Data block-ove u softveru. Data block je posebna vrsta bloka u softveru koja omogućuje stvaranje novih varijabli, imenovanje varijabli, odabir kojeg tipa će varijable biti, dodjeljivanje početnog stanja varijabli te komentiranje varijabli. Data block sam generira adrese varijabli tako što dodjeli varijabli sljedeću slobodnu adresu. Nakon što su svi željeni objekti povezani s adresama iz softvera, sustav je spreman za rad. (Primjer: U WinCC- u je određeni objekt (npr. Krug) povezan sa stanjem senzora za prisutnost namota na prvom sedlu i ako je postavljeno da objekt promjeni boju u zelenu ako je senzor u logičkoj jedinici, u trenutku kada senzor pređe u logičku jedinicu, taj objekt će promijeniti boju u zelenu.) Također je moguće napraviti ispis stanja realnih varijabli unutar vizualizacije, postaviti tipkala itd.

4. POSTIGNUTI REZULTATI

Transportna kolica su važan dio postrojenja obrade čelika. Transport namota na procesne linije uvelike ubrzava i olakšava proces i zbog toga je bitno da sekvenca ispravno i optimalno radi. Postignuti rezultat je taj da je izrađena sekvenca koja uz transport namota do odmotiča, također ima i mogućnost sortiranja namota na skladišnim sedlima, proces je brži i nema praznog hoda u vremenu kada pogon obrađuje dostavljeni namot. Sekvenca, testirana u simulaciji, pokazuje odlične rezultate i izvršava sve zahtjeve pravovremeno i učinkovito. Iako je testirana samo na simulatoru, uz blage preinake u softveru, može se primijeniti na stvarnom sustavu za rukovanje transportnim kolicima. Među postignutim rezultatima treba spomenuti i izradu virtualnog enkodera koji je najvažniji dio što se tiče simulacije sustava i bez njega simulacija ne bi bila ni približno realistična koliko je to s virtualnim enkoderom. Također, sekvenca se pravilno ponaša kada je riječ o preduvjetima (permissives) kod pokretanja, što znači da je sigurna za rad, kako za ljude tako i za strojeve.

Testiranje softvera na HMI-u (*Human machine interface*)

Kao što je već spomenuto, rad softvera nije testiran u stvarnom pogonu. Softver je testiran preko HMI programa u okviru Siemensove SCADA-e WinCC. Tijekom izrade HMI-a, dodane su sve komponente koje bi korisniku sučelja olakšale upravljanje sustavom i koje bi pružile sve potrebne povratne informacije kako bi korisnik pravovremeno i ispravno mogao reagirati na moguće neželjene događaje, te kako bi imao što potpuniji nadzor nad sustavom. Izgled sučelja HMI-a vidljiv je na slici 4.1.

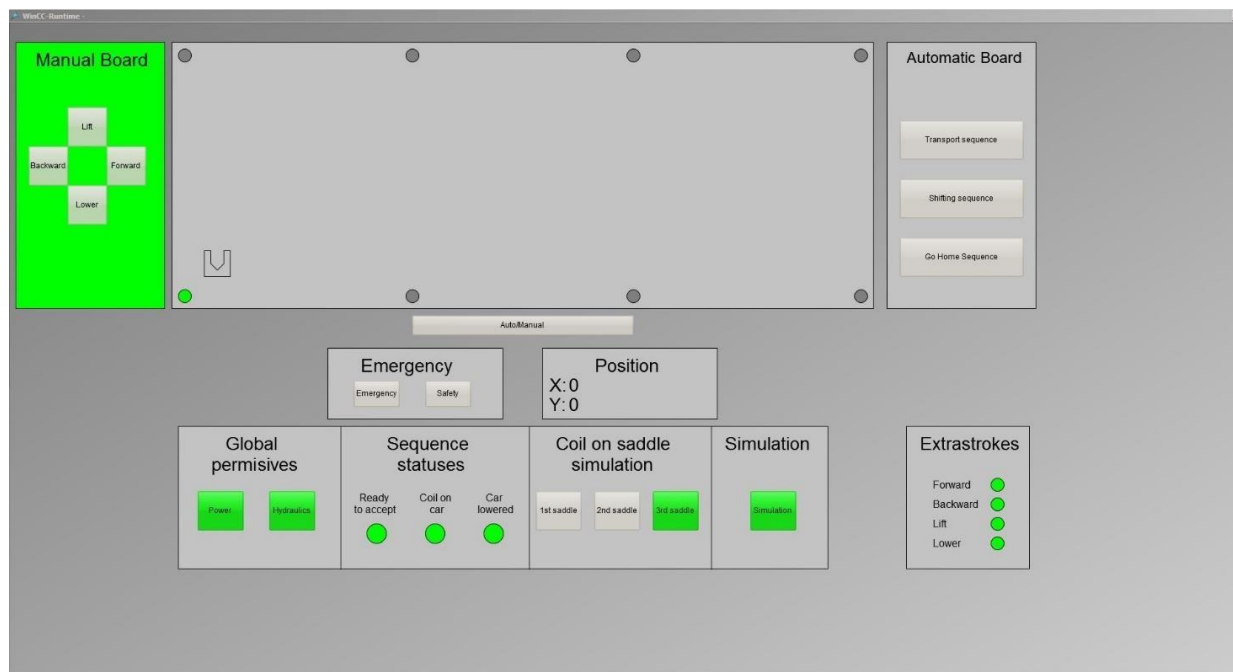
Sučelje HMI-a se sastoji od sljedećih dijelova (Slika 4.1.):

- 1) Ploča za ručno upravljanje (*Manual board*)
- 2) Ploča za automatsko upravljanje (*Automatic board*)
- 3) Dio sučelja za aktivaciju alarma (*Emergency*)
- 4) Dio sučelja sa ispisom položaja kolica (*Position*)
- 5) Dio za aktivaciju globalnih preduvjeta (*Global permissives*)
- 6) Dio za uvid u stanje sustava (*Sequence status*)
- 7) Dio za simulaciju namota na sedlima (*Coil on saddle simulation*)
- 8) Dio za aktivaciju simulacije (*Simulation*)

9) Dio za prikaz neželjenih krajnjih pozicija kolica (*Extrastrokes*)

10) Dio za izmjenu ručnog i automatskog načina rada

11) Dio koji prikazuje poziciju kolica u sustavu



Slika 4.1. HMI sučelje softvera za upravljanje transportnim kolicima

Objašnjenje rada HMI-a

Nakon pokretanja sustava potrebno je simulirati uključenje i simulirati preduvjet da je hidraulika ispravna pritiskom na tipke *Power* i *Hydraulics*. Potom je potrebno aktivirati simulaciju pritiskom na tipku *Simulation*. Sustav neće raditi bez aktivacije simulacije jer ona odvaja funkcije softvera koje su namijenjene simulaciji od onih koje su namijenjene stvarnom sustavu. Zatim se bira način rada sustava (ručni ili automatski) pritiskom na tipku *Auto/Manual* (sustav je početno postavljen u ručni način rada. Ukoliko je aktivan ručni način rada, u sučelju će kućica *Manual Board* sjati zelenom bojom, a ukoliko je aktivan automatski način rada isto će se dogoditi sa kućicom *Automatic Board*. Na ploči za ručno upravljanje se nalaze četiri tipke za kretanje u četiri osnovna smjera (naprijed, natrag, gore i dolje). Pritiskom na određenu tipku poslati će se zahtjev za određenu radnju. Ukoliko su preduvjeti za tu radnju ostvareni, tipka će promijeniti boju u zelenu, što znači da se ostvaruje kretanje. Ukoliko tipka ne promjeni boju, preduvjeti nisu ostvareni i neće se dogoditi kretanje. U automatskom načinu rada, odnosno na ploči za automatsko upravljanje, postoje tri tipke za aktivaciju jedne od tri sekvence. Za rad transportne i sekvence za sortiranje potrebno je aktivirati simulaciju jednog od tri senzora da se

namot nalazi na jednom od tri sedla (moguće je uključiti i više senzora od jednom). Pritiskom na tipku se pokreće sekvenca, ako su preduvjeti ostvareni, te tipka mijenja boju u zelenu sve dok je sekvenca aktivna. Prelaskom iz automatskog u ručni način rada se prekida rad sekvenci. Ukoliko je potrebno, moguće je aktivirati alarm sustava pritiskom na tipku *Emergency* koja blokira rad sustava. Prekid blokade, kada se ustanovi siguran nastavak rada moguće je učiniti pritiskom na tipku *Safety*. Dijelovi sustava *Extrastroke i Sequence Statuses* služe za prikaz stanja određenih dijelova sustava i u ovim dijelovima sustava nije moguće izvršavati nikakvo upravljanje.

5. ZAKLJUČAK

Sekvenca za rukovanje koturovima je vrlo važan dio postrojenja. Ona osigurava kontinuiran rad i pravovremeno opskrbljivanje procesnog dijela sustava sa sirovinom za obradu. Vrlo je važno da ova sekvenca radi ispravno i pravovremeno, u suprotnom štete mogu biti velike i opasne za radnike u postrojenju. Iako je sekvenca za rukovanje koturovima na proizvodnoj liniji testirana samo na simulatoru, može se primijeniti na stvarnom postrojenju uz blage preinake unutar softvera. Sekvenca, testirana na simulatoru pomoću HMI-a (*Human machine interface*), pokazuje vrlo dobre rezultate. Sustav, kada bi se primijenio u postrojenju, bi bio vrlo lako upravljiv te siguran za rad. Transportna kolica se mogu upravljati u ručnom načinu rada u kojem operater ipak treba malo više pažnje obratiti na svoje akcije, te u automatskom načinu rada gdje su kretnje, kao i zaštita, potpuno automatizirane. Softver se sastoji od tri sekvence: transportne sekvence (sekvenca koja transportira namot od skladišnog sedla do vretena), sekvence za sortiranje (sekvenca koja slaže namote da budu što bliže vretenu), te sekvence za povratak transportnih kolica u početni položaj. Kako softver nije primijenjen na stvarnom postrojenju, simulacija uvjeta je bila nužna za provjeru rada softvera. Simulacija virtualnog enkodera, koji je simulirao promjenu položaja transportnih kolica), simulacija preduvjeta, simulacija rada senzora su neke od izvršenih simulacija kako bi provjera bila ostvariva. Zbog potrebe za simulacijom raznih dijelova procesa, softver je znatno dobio na veličini koja bi bila uvelike manja kada bi postojala mogućnost korištenja stvarnih komponenti (enkoder, senzori).

6. LITERATURA

1. Entry zone.docx , Danieli Systec, 2019.
2. Process zone.docx , Danieli Systec, 2019.
3. Exit zone.docx , Danieli Systec, 2019.
4. Tension Diagram.pdf , Danieli Systec, 2018.
5. TATA LL11 Functional Description.pdf, Danieli Systec 2018.
6. Stationary equipment, Danieli Systec, 2019.
7. Coil motion equipment, Danieli Systec, 2019.
8. Coil handling overview, Danieli Systec, 2019.
9. Aktuator, dostupno na URL: <https://hr.wikipedia.org/wiki/Aktuator>, rujan 2019. godine.
10. SCADA, dostupno na URL: <https://hr.wikipedia.org/wiki/SCADA>, rujan 2019. godine.

7. SAŽETAK

Sekvenca za rukovanje koturovima na proizvodnoj liniji je softver koji se sastoji od tri sekvence: transportne sekvence, sekvence za sortiranje te sekvence za povratak transportnih kolica u početni položaj. Transportna sekvenca i sekvenca za sortiranje imaju interakciju s namotima, dok sekvenca za povratak transportnih kolica u početni položaj nema. Transportna kolica mogu raditi u dva načina: ručnom i automatskom. U ručnom načinu rada operater može po želji pomjerati kolica u četiri smjera: naprijed, natrag, gore i dolje. Softver nije testiran na stvarnom postrojenju, nego je testiran simuliranjem senzora i preduvjeta. Sve su promjene vidljive na HMI-u (*Human machine interface*). Softver, tijekom faze testiranja, pokazuje vrlo dobre rezultate, te se može primijeniti na stvarni proces uz blage preinake unutar softverske logike. Softver ima niz zaštita koje bi omogućile siguran rad operaterima unutar postrojenja.

Ključne riječi: Sekvenca, transportna kolica, namot, preduvjeti, HMI, senzor, virtualni enkoder, Simatic S7.

8. COIL HANDLING SEQUENCE

Abstract

Coil handling sequence is software made from three sequences: transport sequence, shifting sequence and sequence for returning transport car in starting position. Transport sequence and shifting sequence have direct interaction with coil, while sequence for returning transport car in starting position does not have. Transport car can operate in two modes: manual and automatic. In manual mode, the operator can move transport car in four directions: forward, backward, up and down. The software was not tested in real plant, but it was tested by simulation of sensors and permissives (precondition). Changes are visible with the use of HMI (Human machine interface). Software, during the test phase, shows very good results and it can be applied in a real plant with slight modifications of software logic. The software has series of protection that enable safe work for operator in the plant.

Keywords: Sequence, transport car, coil, permissive, HMI, sensor, virtual encoder, Simatic S7.

9. ŽIVOTOPIS

Stjepan Zlatarević rođen je 07. siječnja 1997. godine u Slavonskom Brodu. Godine 2011. završava osnovnu školu u Orašju, Bosna i Hercegovina. Iste godine upisuje opću Gimnaziju u Županji koju završava 2015. godine uz položene maturalne ispite iz Hrvatskog i Njemačkog jezika, matematike i fizike. Iste godine upisuje stručni studij elektrotehnike, smjer Automatika na Elektrotehničkom fakultetu Osijek (danas Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku). Stručnu praksu odradio je u tvrtci Danieli Systec u Osijeku. Posjeduje znanje rada u alatima poput Siemens Simatic S7, Siemens TIA Portal, WinCC, DraftSight, AutoCAD, MATLAB, Arduino Ide, Photoshop itd. Općenito je informatički pismen, te posjeduje raznolika znanja o računalnom svijetu, kako o softveru tako i o hardveru. Zna se služiti programskim jezicima C/C++, Python i VHDL. Vrlo dobro poznaje Engleski jezik te se zna njime služiti u svim aspektima. Dobro poznaje Njemački jezik. Ima višemjesečno radno iskustvo u prehranbenom lancu McDondald's.

10. PRILOZI

Prilog softvera sekvence za rukovanje koturovima na proizvodnoj liniji i vizualizacija procesa u programu WinCC nalaze se na kompaktnom disku koji se nalazi sa završnim radom u knjižnici fakulteta.