

UNIVERZA V LJUBLJANI

Fakulteta za elektrotehniko

Igor Šalković

**AVTOMATIZACIJA BRIZGALNO-HLADILNE
LINIJE ZA IZDELAVO POLIZDELKOV GUMENIH
PLAŠČEV**

DIPLOMSKO DELO UNIVERZITETNEGA ŠTUDIJA

Mentor: doc. dr. Boštjan Murovec

Ljubljana, 2011

ZAHVALA

Zahvaljujem se doc. dr. Boštjanu Murovcu za strokovno vodstvo in pregled diplomskega dela.

Zahvaljujem se tudi zaposlenim v podjetju Savatech, d.o.o., še posebej dr. Marku Bratini in Petru Preložniku, za pomoč pri izpeljavi projekta. V času izdelovanja diplomske naloge sta mi dala veliko dragocenih nasvetov in znanj, ki sta jih pridobila z dolgoletnim delom v tej stroki.

Predvsem pa se zahvaljujem staršema za moralno in finančno podporo ter vzpodbude v celotnem času študija.

POVZETEK

Diplomska naloga temelji na prenovi in posodobitvi brizgalno-hladilne linije za izdelavo polizdelkov gumenih plaščev v podjetju Savatech, d.o.o.

Izvedli smo več izboljšav obstoječe linije in dodali precejšnje število novih elementov ter s tem dosegli zanesljivejše delovanje in proizvodnjo kakovostnejših izdelkov. Vgradnja skrčevalnega transporterja, optičnega čitalnika in nove metrske tehtnice omogoča natančnejše meritve pomembnih parametrov obloge in samodejno regulacijo delovanja brizgalnika, ki je pred prenovo potekala ročno. Delo operaterjev je olajšano s pomočjo samodejnega pomika navijalne enote, varnejše z dodatkom številnih varnostnih elementov in prijaznejše z uporabo novega grafičnega vmesnika. Izboljšano je hlajenje oblog in omogočeno je polaganje podprotektorja, kar sta bili že precej kritični zahtevi za normalno delovanje linije.

Naša primarna naloga je bila izvedba popravkov obstoječe programske opreme na programabilnem logičnem krmilniku, razvoj programske opreme novih elementov na brizgalno-hladilni liniji in izdelava novega grafičnega vmesnika.

Ključne besede: brizgalno-hladilna linija, guma, obloga, gumeni plašč, regulacija, programabilni logični krmilnik

ABSTRACT

The thesis is based on the renovation of the extrusion-cooling line for the production of the intermediate products of rubber tires in Savatech d.o.o.

Many improvements and new features were added to previous realization as they contributed to higher quality and reliability. The installation of shrinking transporter, scanner and new scales allows more precise measurements of important parameters and automatic extruder operation, which was previously realized manually. The work of the operators is easier with the winding unit's automatic movement, safer with the addition of many safety elements and simplified with the use of a new graphical user interface. We improved the cooling of the thread and enabled the placing of the underprotector, which were critical requirements for the normal operation of the production line.

Our primary task was to perform corrections to existing software on programmable logic controller, the development of software for new elements on extrusion-cooling line and creating a new graphical user interface.

Key words: extrusion-cooling line, rubber, thread, rubber tire, regulation, programmable logic controller

KAZALO VSEBINE

1.	UVOD	1
2.	GUMA	3
2.1	FIZIKALNE LASTNOSTI ELASTOMEROV	5
2.1.1	Viskoelastičnost	5
2.1.2	Viskoznost	6
2.2	FIZIKALNE LASTNOSTI GUME	6
2.2.1	Visoka prožnost	6
2.2.2	Lomne lastnosti	8
2.2.3	Viskoelastičnost	10
2.2.4	Električne lastnosti	10
3.	PROCES IZDELAVE PLAŠČEV	11
3.1	SESTAVLJANJE IN MEŠANJE ZMESI	11
3.2	BRIZGALNIK	13
3.2.1	Stanje pred prenovo	14
3.2.2	Pomanjkljivosti	16
3.3	HLADILNA LINIJA	17
3.3.1	Stanje pred prenovo	17
	Transportni trakovi	17
	Polaganje bočnic	19
	Tehtnica	22
	Barvno označevanje	22
	Randirna enota	23
	Hladilni sistem	23
	Sušilna enota	25
	Rezalna enota	25
	Navijalni enoti	26
	Varnost na liniji	28
3.3.2	Pomanjkljivosti	29
	Transportni trakovi	29
	Tehtnica	29
	Barvno označevanje	30

Hladilni sistem.....	30
Sušilna enota	30
Navijalni enoti.....	30
Grafični vmesnik	30
3.4 KONFEKCIJA.....	31
3.5 VULKANIZACIJA	32
4. PROGRAMSKA OPREMA.....	34
4.1 SIMATIC MANAGER	36
4.1.1 Sestavljanje strojne opreme.....	39
4.1.2 Načini programiranja	40
4.2 SIMATIC WINCC FLEXIBLE	43
5. PRENOVA LINIJE	46
5.1 BRIZGALNIK	49
5.2 TRANSPORT OBLOGE	53
5.2.1 Skrčevalni transporter	53
5.2.2 Servomotorja.....	53
5.2.3 Laserska merilnika	54
5.3 TEHTNICA.....	58
5.4 BARVNO OZNAČEVANJE	61
5.5 OPTIČNI ČITALNIK.....	61
5.6 POLAGANJE PODPROTEKTORJA	64
5.7 HLADILNI SISTEM.....	72
5.8 SUŠILNA ENOTA.....	77
5.9 NAVIJALNI ENOTI.....	79
5.10 OPERATERSKI PULT.....	81
5.11 VARNOST NA LINIJI.....	82
6. ZAKLJUČEK	84
7. LITERATURA	85

KAZALO SLIK

Slika 2.1: Kavčukovec	3
Slika 2.2: Vozelna morfologija kavčukov	4
Slika 2.3: Prožnostna sila mrežne verige v gumi	6
Slika 2.4: Odvisnost napetosti od deformacije gume za nateg in kompresijo	7
Slika 2.5: Načini trganja gume	9
Slika 2.6: Določanje energije loma s trganjem preizkušanca v obliki hlačnic	10
Slika 3.1: Bločna shema faz v procesu izdelave plaščev	11
Slika 3.2: Shema mešalnika	12
Slika 3.3: Shema brizgalnika	13
Slika 3.4: Brizgalnik	14
Slika 3.5: Shema brizgalno-hladilne linije pred prenovo	17
Slika 3.6: Shema plavajočega valjčka	18
Slika 3.7: Plavajoči valjček	18
Slika 3.8: Polaganje bočnic	19
Slika 3.9: Sistem CCD kamer	20
Slika 3.10: Postavitev belega vira svetlobe	21
Slika 3.11: Postavitev rdečega vira svetlobe	21
Slika 3.12: Plašči s položenimi barvnimi bočnicami	22
Slika 3.13: Barvno označevanje	23
Slika 3.14: Zgornji hladilni kanal	24
Slika 3.15: Sušilna enota	25
Slika 3.16: Rezanje oblog	26
Slika 3.17: Senzorji za tipanje zank navijalnih enot	27
Slika 3.18: Gobasto stikalo za izklop v sili	28
Slika 3.19: Surovec	31
Slika 3.20: Vulkanizacijska linija	33
Slika 3.21: Gumeni plašči	33
Slika 4.1: Krmilniška postaja Simatic S7-400	35
Slika 4.2: Komunikacijska kartica	36
Slika 4.3: MPI kabel	36
Slika 4.4: Hierarhična podoba projekta	37

Slika 4.5: Potek izvajanja programa	38
Slika 4.6: Upravljalnik strojne opreme	39
Slika 4.7: Primer programa v jeziku LAD	40
Slika 4.8: Primer programa v jeziku FBD	40
Slika 4.9: Primer programa v jeziku STL	41
Slika 4.10: Stalna enka in stalna ničla	42
Slika 4.11: Definiranje spremenljivk	44
Slika 4.12: Nastavitve povezav	45
Slika 5.1: Shema prenovljene brizgalno-hladilne linije	47
Slika 5.2: Vnos receptov	49
Slika 5.3: Popravek prenosa receptov	50
Slika 5.4: Glavno okno	51
Slika 5.5: Temperature con temperirne naprave	52
Slika 5.6: Krivulje temperatur con temperirne naprave	52
Slika 5.7: Laserski merilnik razdalje pred hladilnimi kanali	54
Slika 5.8: Branje analognih vrednosti	55
Slika 5.9: Izračun vrednosti za uravnavanje hitrosti dvižnega transporterja	56
Slika 5.10: Obrati pogonov na brizgalno-hladilni liniji	57
Slika 5.11: Tehtnica	58
Slika 5.12: Merilna celica	59
Slika 5.13: Izračun tolerančnih mej	60
Slika 5.14: Tehtnica	60
Slika 5.15: Presek obloge s pomembnimi parametri	61
Slika 5.16: Delovanje senzorja optičnega čitalnika	62
Slika 5.17: Delovanje optičnega čitalnika	62
Slika 5.18: Programska oprema OLP	63
Slika 5.19: Sistem za polaganje podprotektorja	65
Slika 5.20: CCD kamera	66
Slika 5.21: Infrardeči robni senzor	67
Slika 5.22: Delovanje infrardečega robnega senzorja	67
Slika 5.23: Ultrazvočna sonda	68
Slika 5.24: Laserski senzor	69
Slika 5.25: Dvig potisnega valja	71
Slika 5.26: Shema hladilnega sistema	72

Slika 5.27: Črpalke hladilne linije	73
Slika 5.28: Regulacija tlaka črpalke hladilne vode.....	74
Slika 5.29: Preverjanje pogojev za vklop črpalke hladilnega stolpa	75
Slika 5.30: Hladilni sistem	76
Slika 5.31: Frekvenčni pretvornik Altivar 61	77
Slika 5.32: Določanje frekvence ventilatorja	78
Slika 5.33: Navijalni enoti.....	79
Slika 5.34: Pomik prve navijalne enote iz linije.....	80
Slika 5.35: Navijalni napravi.....	80
Slika 5.36: Operatorski pult.....	81
Slika 5.37: Servisna stran	82
Slika 5.38: Obvestilo o napakah	83

KAZALO TABEL

Tabela 3.1: Lastnosti pogona polža	15
Tabela 3.2: Lastnosti pogona kalanderskega valja	15
Tabela 3.3: Lastnosti pogona rezalnega valja.....	15
Tabela 3.4: Lastnosti pogona transporterja za vračanje obreznin.....	16
Tabela 3.5: Lastnosti servomotorjev hladilne linije.....	19
Tabela 3.6: Lastnosti pogonov enote za polaganje bočnic.....	20
Tabela 3.7: Lastnosti servomotorjev navijalnih enot.....	27
Tabela 3.8: Lastnosti fotocelic navijalnih enot.....	27
Tabela 5.1: Lastnosti servomotorjev prvega sklopa transporterjev	53
Tabela 5.2: Lastnosti laserskih merilnikov razdalje pred hladilnimi kanali.....	54
Tabela 5.3: Lastnosti tehtnice	59
Tabela 5.4: Lastnosti merilnih celic	59
Tabela 5.5: Lastnosti optičnega čitalnika	63
Tabela 5.6: Lastnosti linijskih motorjev odvijalnih enot	65
Tabela 5.7: Lastnosti CCD kamere	66
Tabela 5.8: Lastnosti infrardečega robnega senzorja.....	67
Tabela 5.9: Lastnosti motorjev infrardečih robnih senzorjev	68
Tabela 5.10: Lastnosti ultrazvočnih sond.....	68
Tabela 5.11: Lastnosti laserskega senzorja	69
Tabela 5.12: Lastnosti črpalk hladne vode	73
Tabela 5.13: Lastnosti črpalk tople vode in hladilnega stolpa	73
Tabela 5.14: Lastnosti potopne črpalke	73
Tabela 5.15: Lastnosti ventilatorja sušilne enote.....	77

1. UVOD

Gumarstvo in z njim povezana industrija izdeluje in trži gumene izdelke, ki so v sodobnem življenju nepogrešljivi. Uporabljajo se na številnih področjih: pnevmatike v avtomobilski industriji, tesnilni profili in protipotresna ležišča v gradbeništvu, pogonski jermeni, transportni trakovi in tesnila v strojni industriji, ofsetne blazine v grafični industriji. Srečamo jih tudi v medicini, športu, gospodinjstvu, in povsod tam, kjer pridejo do izraza izjemne lastnosti gume. Guma je edina snov, ki jo je možno brez pretrga močno deformirati in ki se po razbremenitvi povrne v začetno stanje, zato je njen širok spekter uporabe več kot razumljiv.

Savatech, d.o.o. [1] je podjetje, ki proizvaja in trži gumeno-tehnične izdelke in pnevmatike, ki se prodajajo pod blagovno znamko Sava. Savatech, d.o.o. je hkrati nosilno podjetje in upravljajoče središče gumarske dejavnosti znotraj Poslovne skupine Sava. Gumarstvo je temelj, na katerem že od leta 1920 raste današnja Sava, in v njeni poslovni skupini ena od šestih dejavnosti, ki tvorijo trdno osnovo sodobne Save. Savatech, d.o.o. je razdeljena na šest programov: Elastomeri, Transportni trakovi, Profili, Print, Eko in Velo. Celoto zaključujejo poslovni servisi namenjeni podpori programom.

Program Velo [2] proizvaja in prodaja širok izbor plaščev za skuterje, motocikle, mopede in gokarte. Poleg naštetih ima v svoji ponudbi tudi mini moto plašče, plašče za štirikolesnike ter plašče za manjša industrijska in kmetijska vozila; vse s pripadajočimi zračnicami. Z neprestanimi inovacijami in uspešnim prodorom na trg oskrbujejo z njihovimi izdelki že skoraj vso Evropo, navzoči pa so tudi na trgih Severne, Srednje in Južne Amerike, Bližnjega in Daljnega Vzhoda, nekaterih afriških držav ter Avstralije.

V podjetju sodelujem kot del projektne skupine znotraj poslovnega servisa Plant inženiring [3]. Ukvarjamo se s projektiranjem in avtomatizacijo strojev in procesov ter izdelavo programov za računalniški nadzor nad delovanjem linij in procesnih sklopov. Poleg projektiranja in konstruiranja delov tehnološke opreme, skupaj z uporabniki in naročniki izbiramo najustreznejšo opremo tujih dobaviteljev, izvajamo posodobitve obstoječe opreme in zagotavljamo zanesljivo montažo ter zagon nove opreme v primerno urejenih proizvodnih prostorih.

Predmet diplomskega dela je prenova in posodobitev obstoječe brizgalno-hladilne linije za izdelavo polizdelkov za konfekcijo plaščev v programu Velo. Izvedena je celotna avtomatizacija s precejšnjim številom novih elementov, na koncu pa smo sistem tudi optimizirali.

2. GUMA

Glede na surovinsko sestavo in način izdelave obstaja veliko vrst gum z visoko prožnostjo kot skupno značilnostjo. Posamezne vrste imajo lahko tudi druge koristne značilnosti, kar povečuje območje uporabe. Nekatere imajo nizko električno in toplotno prevodnost ter so zato uporabljene v elektrotehniki in pri toplotnih izolacijah. Druge vrste gume imajo nizko plinsko prepustnost, kar je primerno za zračnice, žoge, razne gumene membrane in mehove. Nekatere se nadalje odlikujejo po odličnih kemijskih lastnostih, kot je odpornost proti oljem, raznim kemikalijam, ultravijoličnim žarkom in ozonu. Ob vsem tem in ob dejstvu, da je guma razmeroma lahka snov in relativno poceni, postane njena uporabnost v izdelkih za različne namene zelo široka.

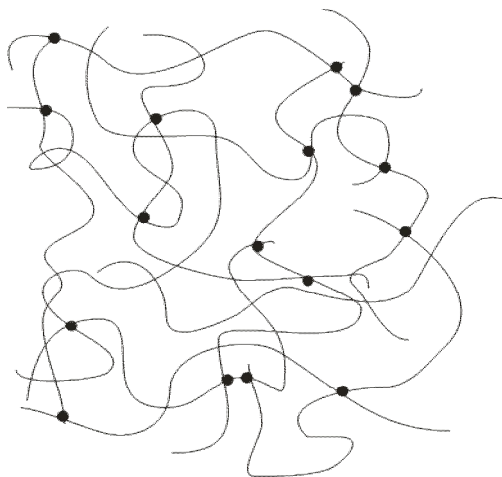
Guma ni prvobitna snov, temveč je večinoma že v obliki izdelka izdelana z določenimi tehnološkimi postopki iz različnih surovin, ki pogosto tudi same niso izvirne. Osnovna surovina je kavčuk [4, 6], ostalo so dodatki, ki imajo bodisi pri izdelavi gume ali njenih kasnejših lastnostih natančno določeno vlogo. Poleg naravnega kavčuka, ki se po posebnih postopkih pridobiva iz drevesnega soka kavčukovca (lat.: *hevea brasiliensis*) (Slika 2.1), obstaja še dolga vrsta sintetičnih kavčukov, dobljenih z različnimi kemičnimi postopki predelave naftnih derivatov, s skupnim nazivom polimerizacija [5, 7].



Slika 2.1: Kavčukovec

Kavčuki sami nimajo visoke prožnosti in so tudi toplotno neobstojni. Pri nizkih temperaturah so večinoma togi in žilavi, mnogi tudi v kristalnem stanju, z višanjem temperature pa se omehčajo in končno stečejo kot tekočine z visokimi viskoznostmi. Charles Goodyear je v 19. stoletju odkril, da naravni kavčuk pridobi visoko prožnost in postane toplotno stabilnejši, če se mu pri povišani temperaturi primeša žveplo. S tem postopkom, ki so ga poimenovali vulkanizacija [4, 5], kavčuk preide v gumo.

Polimeri [4, 5, 7] so ogromne molekule, sestavljene iz ponavljajočih se strukturnih enot, povezanih s kemijsko kovalentno vezjo. Za doseganje visoke prožnosti je potrebna zgradba snovi iz dolgih, gibkih, verigam podobnih in med seboj prepletenih molekul, ki v amorfem stanju nastopajo v obliki klobčičev (Slika 2.2), po možnosti s čim manj razvejanosti in velikih stranskih molekulskih skupin, ki bi lahko prispevale k molekulski okornosti. Polimerne snovi, ki imajo takšno zgradbo, torej kavčuki in posledično guma, so po analogiji dobile skupno ime elastomeri [4, 5].



Slika 2.2: Vozelna morfologija kavčukov

Poleg vulkanizacijskega sistema, torej dodatkov za pravilno in dovolj hitro premreževanje kavčukov, so najpogostejši dodatki ojačevalna polnila kot na primer saje, silika, kratka vlakna, v novejšem času razne gline z delci nano velikosti. Zaradi velikih specifičnih površin, ki jih imajo ta polnila, in učinkov zaradi površinske aktivnosti, ojačevalna polnila povečujejo prožnostne module in trdnost gume, obenem pa jo še dodatno toplotno stabilizirajo. Drugi pogosti dodatki, ki se vnašajo z mešanjem, so mehčala za olajšano predelavo in posebne lastnosti gume, razna ohranjevala, kot so antioksidanti in antiozonanti, barvila itd.

Za izdelke, ki morajo prenašati velike obremenitve, na primer pnevmatike, transportni trakovi in klinasti jermeni se uporabljajo tudi ojačevala v obliki ogrodič, ki jih ni možno dodajati z mešanjem, temveč s stiskanjem v stiskalnicah ali s kalandiranjem [6]. To so razni tekstilni ali jekleni kordi [5], tehnične tkanine, žice in razna vlakna, ki v izdelkih postanejo glavni nosilci bremen.

2.1 FIZIKALNE LASTNOSTI ELASTOMEROV

2.1.1 Visokoelastičnost

Zaradi svoje strukture so kavčuki in njihove zmesi visokoelastične snovi. Obenem imajo lastnosti trdnih snovi in kapljevin, torej prožnost in sposobnost tečenja. Prve prevladujejo pri nižjih, druge pa pri višjih temperaturah, prehod med oblikama pa je postopen in zvezen. Ker v kavčukih molekule niso medsebojno kovalentno povezane, temveč le s šibkimi medmolekulskimi vezmi, je povrnitev v začetno stanje možna le, če so deformacije majhne. Veja fizike, ki se ukvarja z deformacijami in tečenjem zlasti mehkih snovi, med katere spadajo polimeri in s tem elastomeri, je reologija [4]. Mejna primera snovi z linearno visokoelastičnim obnašanjem sta idealna trdna snov, za katero velja Hookov zakon (Enačba 2.1) in idealna viskozna kapljevina, za katero velja Newtonov zakon viskoznosti (Enačba 2.2). Linearni reološki enačbi stanja, ki opisujeta ti dve zakonitosti, sta naslednji:

$$\sigma = G \cdot \gamma, \quad (2.1)$$

$$\sigma = \eta \cdot \dot{\gamma}, \quad (2.2)$$

kjer je σ strižna napetost, γ in $\dot{\gamma} = d\gamma / dt$ sta strižna deformacija in strižna hitrost, G in η pa sta sorazmerna faktorja, ki sta neodvisna od deformacijskih pogojev in časa. Snovi, ki upoštevajo Hookeov zakon, se imenujejo idealno ali hookeovsko prožne; kapljevine, ki pa se ravnaajo po Newtonovem zakonu viskoznosti, se imenujejo newtonske.

2.1.2 Viskoznost

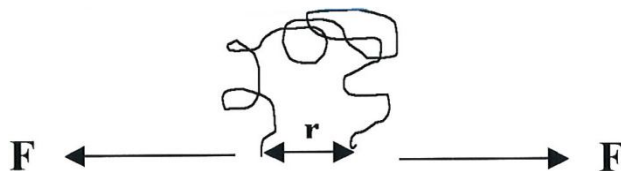
Kavčuki se večinoma predelujejo v talini pri povišani temperaturi, pri čemer so v skoraj vseh predelovalnih procesih, od mešanja, brizganja in kalandriranja do ukalupljenja strižno obremenjeni in zato tečejo. Tako je najpomembnejša značilnost kavčukov pri predelavi sposobnost tečenja njihovih talin, ki jo označuje viskoznost. Polimerne taline spadajo med nenewtonske kapljevine, saj je njihova viskoznost poleg strižne napetosti odvisna tudi od molske mase, temperature in tlaka.

2.2 FIZIKALNE LASTNOSTI GUME

S premreževanjem ali vulkanizacijo kavčukov in njihovih zmesi nastane guma. Pri tem kavčuk pridobi visoko prožnost, postane pa tudi toplotno stabilnejši. Čeprav nekatere visokoelastične lastnosti še ohrani, ne more več steči in se vede kot trdna snov.

2.2.1 Visoka prožnost

Najpomembnejša lastnost gume je visoka prožnost, torej sposobnost velikih deformacij (tudi do 1000 odstotkov) in povrnitve v začetno stanje po prenehanju delovanja zunanje sile. Visoka prožnost je posledica možnosti velikih razmikov koncev mrežnih verig iz toplotno-ravnovesne lege v nedeformiranem stanju. Prožnostna sila izvira iz lokalnega znižanja entropije zaradi večanja razdalje med konci verig (Slika 2.3) in posledičnega zmanjšanja števila možnih molekulskih konformacij. Po razbremenitvi raztegnjena mrežna veriga skoraj v trenutku skoči nazaj v ravnovesno stanje z obliko klobčiča, v katerem je entropija največja in prosta energija najmanjša.



Slika 2.3: Prožnostna sila mrežne verige v gumi

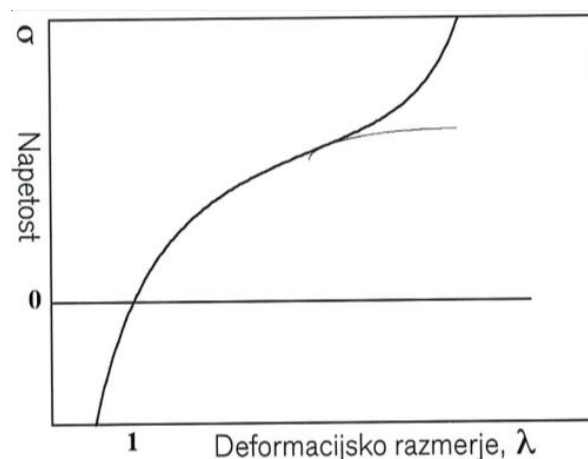
S statično mehaniko verigastih molekul je možno elastično silo F na sliki 2.3 izračunati v odvisnosti od razdalje koncev verig oz. raztezka r (Enačba 2.3):

$$F = \frac{3kT}{\langle r^2 \rangle_0} \cdot r, \quad (2.3)$$

kjer je $\langle r^2 \rangle_0$ povprečen kvadrat razdalje r v toplotnem ravnovesju in v nedeformiranem stanju, k pa je Boltzmannova konstanta. S seštetjem tovrstnih prispevkov vseh mrežnih verig v gumi iz statične teorije visoke prožnosti sledi reološka enačba stanja gume, ki ima za enosno deformacijo (raztezanje, kompresijo) naslednjo obliko:

$$\sigma = E\left(\lambda - \frac{1}{\lambda^2}\right)/3, \quad (2.4)$$

kjer je σ natezna ali kompresijska napetost, deformacijsko razmerje λ (končne dolžine l in začetne dolžine l_0) in E Youngov prožnostni modul. Funkcijska odvisnost (Enačba 2.4) je prikazana na sliki 2.4, pri čemer območje pri $\sigma > 0$ predstavlja raztezanje, območje pri $\sigma < 0$ pa kompresijo. Dvig krivulje pri velikih λ nastane zaradi usmerjanja mrežnih verig in morebitne deformacijske kristalizacije, vendar teorija visoke prožnosti in s tem enačba 2.4 tam ne velja več.



Slika 2.4: Odvisnost napetosti od deformacije gume za nateg in kompresijo

Deformacijsko razmerje $\lambda = l/l_0$ se lahko izrazi z relativno deformacijo $\varepsilon = (l - l_0)/l_0$ kot $\lambda = 1 + \varepsilon$. Če se za majhne deformacije, kjer je $\varepsilon \ll 1$, pri razvoju v vrsto desne strani enačbe 2.4 upošteva le linearni člen z ε , enačba preide v Hookeov zakon za nateg ali kompresijo $\sigma = E \cdot \varepsilon$. To pomeni, da je guma glede prožnosti podobna idealno prožni snovi le pri majhnih deformacijah.

Youngov prožnostni modul ima po teoriji visoke prožnosti naslednjo obliko (Enačba 2.5):

$$E = 3G = 3NkT, \quad (2.5)$$

kjer je G strižni modul in N gostota mrežnih verig v gumi, T temperatura in k Boltzmannova konstanta. Če je ϕ povprečna funkcionalnost mrežnih vezi, to je število verig, ki iz dane vezi izhajajo (običajno 4), potem sta gostota vezi ν in gostota verig N povezani kot $N = \nu\phi / 2$. Prožnostna modula gume E in G sta torej sorazmerna z gostoto mrežnih vezi.

V gumi so običajno prisotne tudi sekundarne vezi v obliki molekulskih vozlov, združb električnih dipolov v primeru polarnosti in vezi med kavčukovimi molekulami ter delci aktivnih polnil. Ker k prožnostnim modulom doprinašajo vse te vezi v enaki meri, so moduli sorazmerni z vsoto vseh nastopajočih vezi v gumi.

Enačba 2.5 govori tudi o sorazmernosti prožnostnih modulov s temperaturo. To je posledica termičnega gibanja molekul, ki je intenzivnejše pri višjih temperaturah.

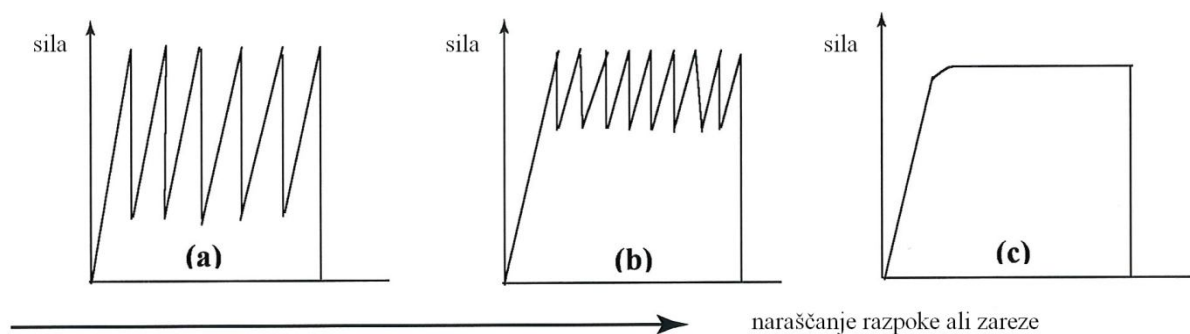
2.2.2 Lomne lastnosti

Poleg visoke prožnosti so za uporabo gumenih izdelkov osnovnega pomena tudi lomne lastnosti gume. V primeru mehničnega loma so to praviloma lastnosti pri zelo visokih ali kritičnih deformacijah, kjer snov ne vzdrži več nadaljnjih obremenitev in zato razpade. Pri elastomerih je ta razpad posledica trganja mrežnih in molekulskih vezi. Do razpada snovi zaradi uničenja omenjenih vezi, s skupnim nazivom degradacija, seveda prihaja tudi zaradi drugih vzrokov. Degradacija je lahko toplotna, kemična in radiacijska z UV, rentgenskimi ali gama žarki.

Lom elastomerov se najpogosteje odvija prek mehanizma širjenja razpok ali trganja. Pri uporabi gumenih izdelkov lahko razpoke, mikrorazpoke ali zareze nastanejo zaradi nepravilne uporabe ostrih predmetov, z udarci, z ujetjem zračnih mehurčkov ali tujkov itd. Če so kritični pogoji za lom preseženi, se takšne poškodbe pri nadaljnji uporabi širijo z mehanizmom trganja, kjer gre ob razpadanju vezi za izvlečevanje molekul iz mase, torej za notranje trenje.

Trganje se lahko odvija na različne načine (Slika 2.5):

- v velikih plazovih (a),
- v manjših plazovih (b),
- brez plazov (c).



Slika 2.5: Načini trganja gume

Značilna lomna količina je energija, potrebna za nastanek ali rast razpoke enote površine, z nazivom energija loma G_C , podane v J/m^2 . To energijo je možno določiti z merjenjem in na njeni osnovi postaviti kriterij loma.

Obstaja več kriterijev loma elastomerov, na primer doseganje kritične napetosti ali kritične deformacije. Vendar je ti dve količini težko definirati in še težje izmeriti v konici razpoke ali zareze, kjer se lom širi. Zato velja za najboljšega Griffithov energijski kriterij (Enačba 2.6), ki pravi, da do rasti razpoke ali zareze pride le, če je pri tem sprememba razlike dovedenega dela in uskladiščene prožnostne energije večja ali kvečjemu enaka energiji loma:

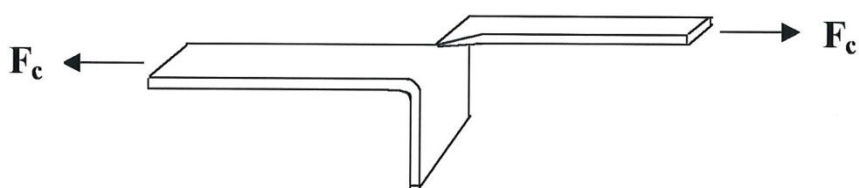
$$\frac{1}{b} \frac{\partial}{\partial a} (W - W_p) \geq G_C, \quad (2.6)$$

kjer je $W - W_p$ razlika dovedenega dela in prožnostne energije, ∂a povečanje dolžine razpoke ali zareze in b debelina preizkušanca.

Če se trganje izvaja na preizkušancu v obliki hlačnic, kot prikazuje slika 2.6, potem iz Griffithovega kriterija neposredno izhaja enačba za izračun energije loma G_C (Enačba 2.7):

$$G_C = 2F_C / b, \quad (2.7)$$

kjer je F_c kritična sila.



Slika 2.6: Določanje energije loma s trganjem preizkušanca v obliki hlačnic

Energija loma je odvisna tudi od hitrosti trganja in temperature, in sicer z naraščajočo hitrostjo narašča, z naraščajočo temperaturo pa pojema in obratno.

2.2.3 Viskoelastičnost

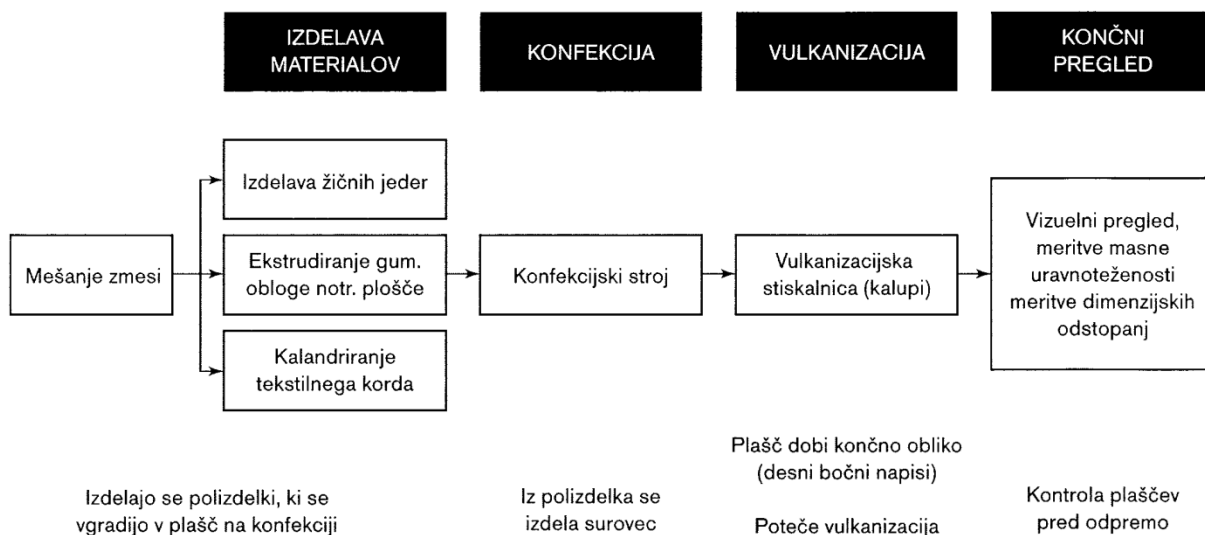
Čprav premreženi kavčuki ne morejo teči, ker to kovalentne vezi preprečujejo, guma, kljub visoki prožnosti, zaradi svoje molekulske strukture še vedno ohrani nekatere viskoelastične lastnosti. Glavni vzrok je notranje trenje, ki se sicer s premreženjem zmanjša, vendar določen del še vedno ostane. Ta del je odgovoren za nekatere značilne viskoelastične pojave, kot so segrevanje gume pri časovno odvisnem deformiranju, zaostala povratna informacija, dušenje nihanj, nepopolna odbojna prožnost, deformacijsko mehčanje itd.

2.2.4 Električne lastnosti

Elastomeri so v splošnem električni izolatorji, saj v njih ni pogojev za električno prevajanje. Prevajajo lahko le prek morebitnih prostih ionov in nečistoč. Specifične električne upornosti elastomerov, sicer odvisne še od temperature, so zato visoke, večinoma v območju od $10^{10} \Omega\text{cm}$ do $10^{15} \Omega\text{cm}$. Tudi prebojna električna poljska jakost, ki je odvisna od vlage in prisotnosti zraka, je razmeroma visoka, od 10^6 V/cm do 10^7 V/cm . Z dodatki, največkrat s posebnimi sajami, se specifična električna upornost elastomerov močno zmanjša, tudi do območja $100 \Omega\text{cm}$ ali manj.

3. PROCES IZDELAVE PLAŠČEV

V tem poglavju podajamo princip predelave kavčukovcev od sestavljanja in mešanja zmesi do končnih izdelkov t.i. gumenih plaščev (Slika 3.1).



Slika 3.1: Bločna shema faz v procesu izdelave plaščev

V prvem podpoglavju je na kratko opisan proces sestavljanja in mešanja zmesi kavčukovcev, ki poteka pred brizgalno-hladilno linijo. Nato je predstavljen pregled delovanja brizgalno-hladilne linije, ki je sestavljena iz brizgalnika proizvajalca Troester [13] in hladilne linije savske izdelave, pred prenovo. Linija je bila zgrajena leta 1987, leta 2002 pa je bila izvedena prva predelava z zamenjavo krmilja in vseh električnih inštalacij ter z določenimi mehanskimi predelavami za zagotavljanje ustreznih pogojev dela. Prikazane so tudi napake oz. pomanjkljivosti sedaj že nekoliko zastarele linije, zaradi katerih je prišlo do vnovične predelave. Na koncu sta opisani konfekcija in vulkanizacija.

3.1 SESTAVLJANJE IN MEŠANJE ZMESI

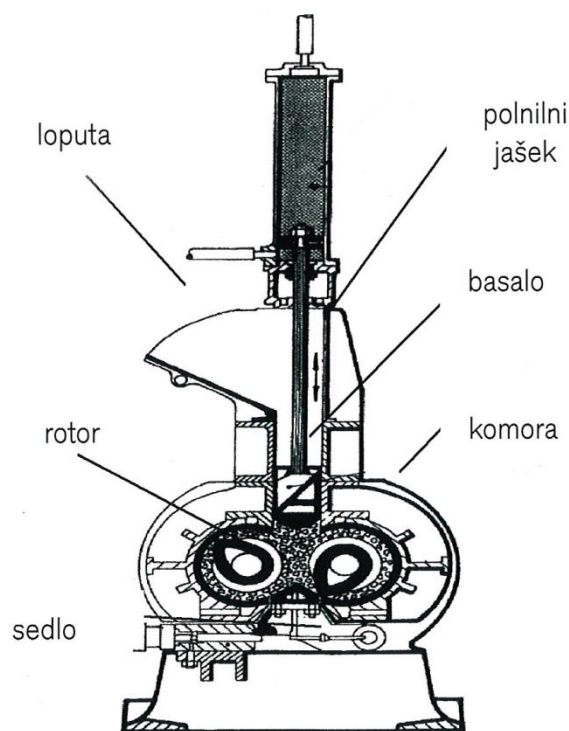
Sestavljanje in mešanje zmesi je prva in ena najkompleksnejših dejavnosti na področju gumarske tehnologije. Zahteva poznavanje lastnosti medsebojnega delovanja več tisoč vrst elastomerov, kemikalij in dodatkov. Ima ključni vpliv na vse sledeče procese predelave zmesi. Bistveno vpliva na lastnosti vulkanizatov in s tem na kakovost končnih izdelkov. Pri mešanju je potrebno dodatke vgraditi v kavčuk, jih razpršiti in čim bolj enakomerno homogenizirati.

Dandanes se mešanje izvaja skoraj izključno v šaržnih mešalnikih [6]. Delovanje le-teh je možno v celoti avtomatizirati, kar omogoča proizvodnjo zmesi s ponovljivo kakovostjo in visoko produktivnostjo.

Zahteve, ki jih mora izpolnjevati mešalnik:

- vsi dodatki morajo biti enakomerno razporejeni v zmesi,
- po začetni vgradnji, razbitju in disperziji, morajo biti vsi delci zmesi izpostavljeni enaki temperaturi in enakemu strigu, tako da sta disperzija in viskoznost enaka v vsej masi zmesi,
- vnos energije, ki je potreben za doseg zgornjih zahtev, mora biti dosežen pri temperaturi, ki je nižja od kritične temperature za konkretno zmes, saj nam le-ta ne sme vulkanizirati,
- poraba časa in energije morata biti minimalna,
- nadzorni sistem, ki krmili mešalnik in dozirne naprave, mora zagotavljati ponovljivost procesa.

Na sliki 3.2 je prikazan primer mešalnika.



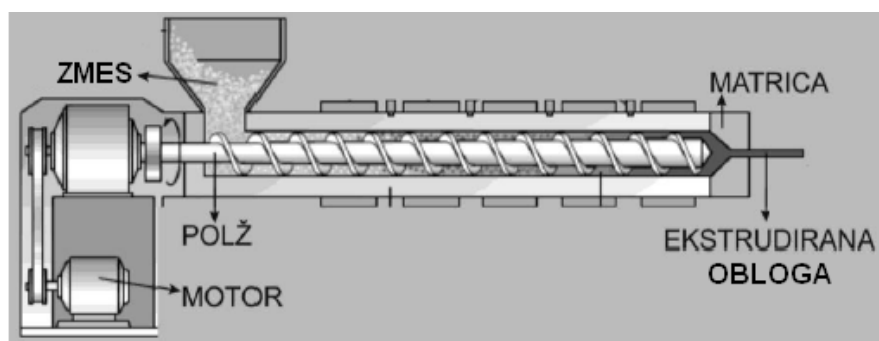
Slika 3.2: Shema mešalnika

Basalo mešalnika omogoča, da v začetni fazi mešalnega cikla sestavne dele zmesi skozi polnilni jašek potisnemo v komoro mešalnika. Za to so potrebne velike sile, saj so polnila in kemikalije v prašnati in granulirani obliki ter imajo visoke nasipne prostornine. Danes so basala krmiljena hidravlično, kar zagotavlja doseganje visokih in enakomernih tlakov. Pomemben mešalni parameter je faktor polnitve mešalnika, saj pove, kolikšen del prostornine mešalnika bo zapolnjen z zmesjo. S hitrostjo vrtljajev rotorja vplivamo na strižne napetosti. Večja hitrost pomeni višje strižne napetosti in s tem večji vnos energije in boljše mešanje. Vendar pa prevelika hitrost rotorjev povzroči prehiter dvig temperature in s tem znižanje viskoznosti zmesi. Rotorje poganjajo enosmerni motorji, kar omogoča spreminjanje vrtljajev med mešalnim ciklom.

3.2 BRIZGALNIK

Brizganje (ang.: extrusion) je izredno zahteven proces tako z vidika materialov kot konstrukcije in izdelave orodij, skozi katere se brizga kavčukova zmes in oblikuje v oblogo oz. brizganec, ki ga je potrebno še vulkanizirati.

Oblogo brizgamo v brizgalniku (Slika 3.3), katerega glavni sestavni del je polž z možnostjo segrevanja oz. hlajenja v več conah. Cilinder, v katerem se polž vrti, potiska zmes v glavo brizgalnika in skozi različne matrice lahko oblikuje več vrst oblog. Na tej poti doseže zmes želeno viskoznost za oblikovanje in ustvarja se pritisk, ki je potreben za potiskanje zmesi skozi matrico. Zaželeno je, da se pritisk poveča proti koncu polža, da se izognemo prezgodnjemu premreženju in vračanju zmesi nazaj.



Slika 3.3: Shema brizgalnika

3.2.1 Stanje pred prenovo

Sestavni deli brizgalnika so polž, kalanderski valj, rezalni valj, matrica in vračevalnik obreznin (Slika 3.4). Polž vleče in potiska zmes proti kalanderskemu valju, ki podaja zmes matrici in s pritiskom nanjo določa debelino brizgane obloge. Rezalni valj odreže odvečno širino obloge, katera preko vračevalnika obreznin potuje nazaj v polnilni jašek.



Slika 3.4: Brizgalnik

Hitrost kalanderskega valja je bila odvisna od hitrosti brizganja preko faktorja, katerega smo nastavili v receptih na operatorskem panelu oz. ga je operator spremenil preko tipk na glavnem operatorskem pultu. Prav tako so bili od hitrosti brizganja odvisni tudi vrtljaji polža, s tem da se je takoj ob vklopu brizgalnika poleg kalanderskega valja vklopil tudi polž. Vrtljaji polža so se regulirali v odvisnosti od masnega tlaka, ko je bil tlak večji od tolerance, katero smo nastavili preko operatorskega panela. Faktor, ki je vplival na vrtljaje polža, je bil odvisen od zmesi, ki smo jo izdelovali. Glede na kalanderski valj sta se preko korekcijskih faktorjev vrtela tudi rezalni valj in valj za vračanje obreznin.

Za pogon polža brizgalnika je uporabljen enosmerni motor [11] (Tabela 3.1), ki je priključen na enosmerni tiristorski regulator podjetja Siemens. Uporablja se dajalnik pulzov podjetja Baumer Hübner [14]. Na motor je vgrajen ventilator prisilnega hlajenja moči 2,2 kW.

proizvajalec	Troester
moč	163 kW
vrtljaji	1900 min ⁻¹
rotorska napetost	460 V DC
rotorski tok	375 A DC
napetost vzbujanja	400 V DC
tok vzbujanja	8 A DC

Tabela 3.1: Lastnosti pogona polža

Pogon kalanderskega in rezalnega valja prav tako vršita enosmerna motorja z lastnostmi, prikazanimi v tabelah 3.2 in 3.3. Oba uporabljata dajalnika pulzov podjetja Hübner in enosmerna tiristorska regulatorja podjetja Siemens. Na motor kalanderskega valja je vgrajen ventilator moči 0,09 kW, motor rezalnega valja pa ga ne potrebuje.

proizvajalec	Siemens
moč	17,5 kW
vrtljaji	1710 min ⁻¹
rotorska napetost	460 V DC
rotorski tok	44 A DC
napetost vzbujanja	400 V DC
tok vzbujanja	1,6 A DC

Tabela 3.2: Lastnosti pogona kalanderskega valja

proizvajalec	SEW Eurodrive
moč	0,47 kW
vrtljaji	2400 min ⁻¹
rotorska napetost	300 V DC
rotorski tok	2,2 A DC
napetost vzbujanja	400 V DC
tok vzbujanja	0,15 A DC

Tabela 3.3: Lastnosti pogona rezalnega valja

Za pogon transporterja za vračanje obreznin je uporabljen asinhronski motor [11] (Tabela 3.4). Pogon ima vgrajen dajalnik pulzov podjetja Siemens.

proizvajalec	SEW Eurodrive
moč	0,75 kW
vrtljaji	1680 min ⁻¹
rotorska napetost	320 V DC
rotorski tok	2,4 A DC
napetost vzbujanja	400 V DC
tok vzbujanja	0,27 A DC

Tabela 3.4: Lastnosti pogona transporterja za vračanje obreznin

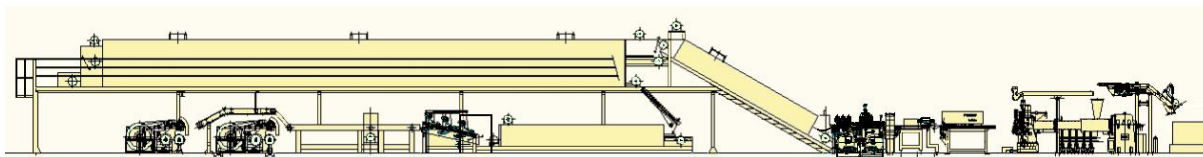
Gretje brizgalnika poteka preko temperirne naprave proizvajalca Vinprom [15], ki je razdeljena na pet con: polž, dva dela cilindra, brizgalna glava in kalanderski valj. Vsaka cona temperirne naprave ima vgrajen črpalko moči 0,75 kW, električni uporovni grelec moči 9 kW, elektromagnetni ventil za hladilno vodo in uporovno merilno sondo Pt 100, tako da se gretje in hlajenje v vsaki coni izvaja ločeno. Hlajenje posamičnih con je povezano s sistemom hlajenja hladilne linije. Brizgalna matrica uporablja električni uporovni grelec moči 1,5 kW.

3.2.2 Pomanjkljivosti

Hitrost vrtenja polža se je prilagajala, tako da se je stalno zagotavljal zeleni tlak. Takšen sistem brizganja ni zagotavljal konstantnih dimenzij obloge, če so se spreminjali parametri zmesi (viskoznost), kar pomeni da je lahko prihajalo do sprememb obloge pri enakem tlaku ob menjavi palete zmesi, ob dodajanju odvečnega materiala preko vračevalnika obreznin, ob dodajanju bul itd.

3.3 HLADILNA LINIJA

Bistvo hladilne linije je, da ohladi nabrizgane in zato vroče obloge, tako da so pripravljene na navijanje na bobne in nato odpošiljanje na konfekcijo. Shema brizgalno-hladilne linije pred prenovo je prikazana na sliki 3.5.



Slika 3.5: Shema brizgalno-hladilne linije pred prenovo

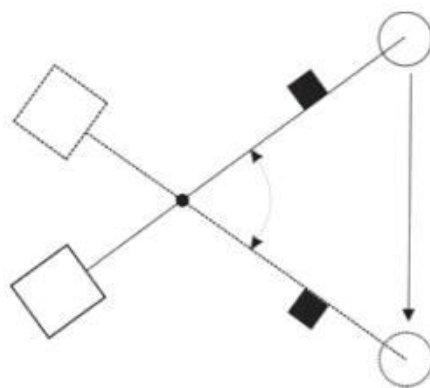
3.3.1 Stanje pred prenovo

Opisana je hladilna linija pred prenovo, torej stanje od časa zadnje prenove leta 2002 do novembra 2010. Hladilna linija je merila v dolžino 34,7 m in se je sestojila iz prevzemnega transporterja, sistema za polaganje bočnic, metrske tehtnice, randrirne enote, transporterja z barvnim označevanjem, treh hladilnih kanalov (dvižni transporter, zgornji in spodnji hladilni kanal), sušilne enote, rezalne enote ter dveh navijalnih enot.

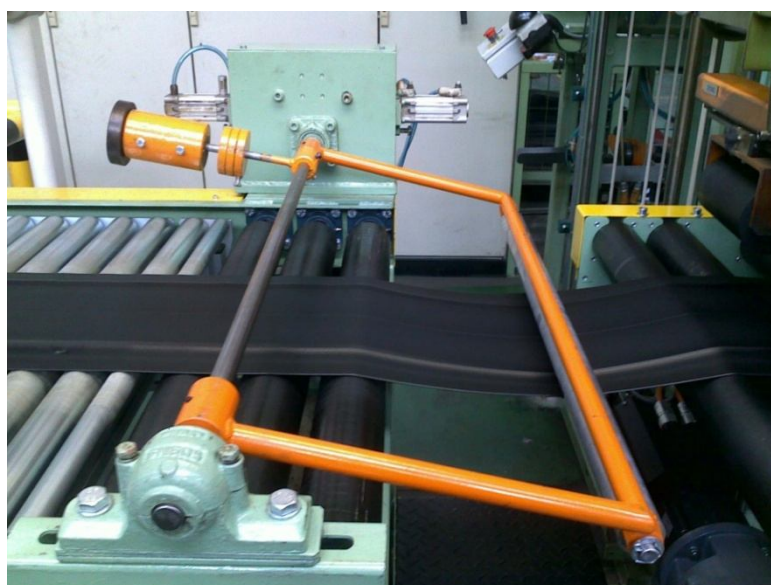
Transportni trakovi

Linija je bila sestavljena iz šestih ločenih transportnih trakov. Prevzemni transporter in transporter označevalne enote sta bila gnana z enim motorjem, med tem ko so bili posamezni deli hladilnih enot gnani ločeno. Transporter sušilne enote, transporter rezalne enote in premostitveni transporter je prav tako poganjal skupen pogon. Hitrost linije je bila določena s faktorji hitrosti, ki so se nanašali na kalanderski in rezalni valj brizgalnika, torej je bila hitrost linije odvisna od hitrosti delovanja brizgalnika. Z ustreznimi faktorji hitrosti, od 80 % do 120 %, se je regulirala hitrost prvega sklopa transporterjev glede na obodno hitrost rezalnega valja. Prav tako se je s temi faktorji izvajala korekcija ustrezne dimenzije obloge, kar pomeni, da je operater vsake toliko časa ročno pomeril dimenzije obloge ter glede na odstopanja spremenil omenjene faktorje hitrosti na operatorskem pultu. Če je bila obloga npr. preširoka, je bilo potrebno povečati hitrost kalanderskega valja, s tem pa tudi rezalnega valja in celotne linije. Če pa je bila obloga npr. predebela, je bilo potrebno primakniti kalanderski valj in jo s tem stanjšati. V receptih je bila sicer nastavljena nominalna vrednost, katero pa je bilo skoraj vedno potrebno malo prilagoditi.

Sinhronizacija prehodov med posameznimi ločeno gnanimi enotami je izvedena s plavajočimi valjčki (Slika 3.6). Plavajoči valjček meri povos materiala in s tem krmili hitrost naslednjega transporterja. Če je plavajoči valjček v spodnji legi, se motorju hitrost poveča, če pa je v zgornji legi, se mu hitrost zmanjša. Tipanje plavajočega valjčka je izvedeno s pomočjo analogne merilne sonde proizvajalca Balluff [16]. Ker pri proizvodnem procesu brizgamo obloge različnih dimenzij, boljšo prilagoditev napetja zagotavlja regulacija pnevmatskih protiuteži na vsakem plavajočem valjčku (Slika 3.7). Spremenjena hitrost motorja se prenese na vse naslednje motorje, hkrati pa se pri vsakem upošteva lega pripadajočega valjčka. Regulacija je narejena, tako da je pri spremembi želene hitrosti izvedeno postopno poviševanje oz. zniževanje hitrosti linije, ki je sinhronizirano s hitrostjo brizgalnika. Pri zagonu linije se plavajoči valjčki samodejno postavijo v zgornjo lego, tako da operaterju omogočajo lažje napeljevanje obloge skozi celotno linijo.



Slika 3.6: Shema plavajočega valjčka



Slika 3.7: Plavajoči valjček

Zgoraj omenjeni pogoni so izmenični servomotorji [11] podjetja Rexroth Indramat [17] (Tabela 3.5) z ustreznimi servo regulatorji istega proizvajalca. Servomotorji so priključeni preko ustreznih reduktorjev podjetja Stöber [18].

proizvajalec	Rexroth Indramat
trajni moment	28 Nm
največji moment	102 Nm
vrtljaji	2500 min ⁻¹
napajalna napetost	3x400 V AC

Tabela 3.5: Lastnosti servomotorjev hladilne linije

Polaganje bočnic

Bočnice imajo dve različni vlogi. Služijo dodatni ojačitvi stranskih robov plaščev, pri čemer so bočnice ojačene z močnimi tekstilnimi nitmi. Bočnice pa so tudi tanki sloji obarvane kavčukove zmesi in služijo le kot lepotni dodatek plaščev.

Sistem za polaganje bočnic (Slika 3.8) se nahaja nad prvim sklopom transporterjev. Sistem je samostojen in krmiljen preko lastnega Siemensovega krmilnika Simatic S7-200, neodvisno od brizgalno-hladilne linije. Nameščen je bil leta 2007 in je do danes ostal nespremenjen.



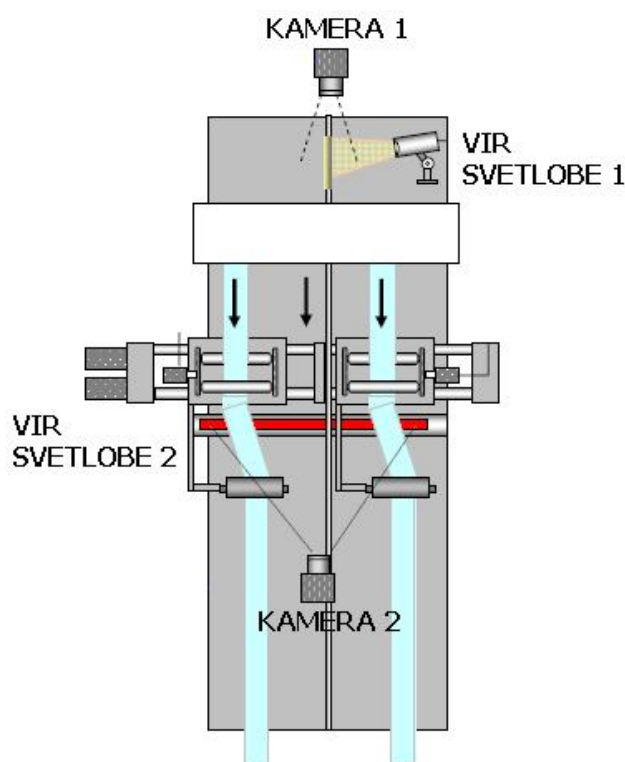
Slika 3.8: Polaganje bočnic

Sistem je dvojen, saj pride po ena bočnica na vsako stran obloge. Sestavljen je iz dveh navijalnih in odvijalnih enot, dveh kompenzatorjev, polagalne enote s centrirnimi valjčki in dveh likalnih valjčkov. Odvijalni enoti odvijata bočnice, ki so zaščitene s folijo, katero med odvijanjem navijamo na ločen kolut. Odvijalno in navijalno enoto skupaj poganja isti asinhronski motor proizvajalca Lenze [19] (Tabela 3.6), ki se vrti neodvisno od hitrosti brizganja brizgalnika. Kompenzator služi nemotenemu izvajanju naloge, čeprav ni sinhronizacije med sistemom za polaganje bočnic in brizgalno-hladilno linijo.

proizvajalec	Lenze
moč	0,25 kW
rtljaji	1370 min ⁻¹
napajalna napetost	3x400 V AC
napajalni tok	0,82 A AC

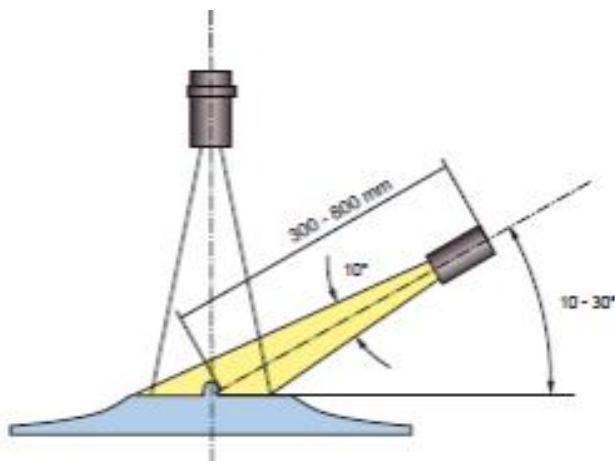
Tabela 3.6: Lastnosti pogonov enote za polaganje bočnic

Pri centriranju oz. natančnem polaganju bočnic je v pomoč sklop dveh CCD kamer [12] s pripadajočima viroma svetlobe (Slika 3.9). Prva kamera preverja pozicijo same obloge, druga kamera pa skrbi za pravilno namestitvev obeh bočnic.

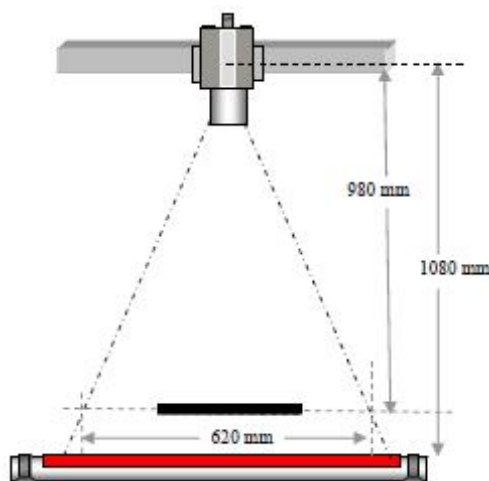


Slika 3.9: Sistem CCD kamer

CCD kamera s svetlobno občutljivim detektorjem zaznava spremembe kontrasta na materialu. Uporabljamo dve vrsti virov svetlobe, kot je razvidno s slike 3.9. Pri uporabi LED diod bele barve, sta vir svetlobe in kamera na isti strani materiala. Kamera s pomočjo odboja svetlobe zazna svetlobo in sence ter s tem obliko in položaj obloge in obeh bočnic (Slika 3.10). Pri uporabi podolgovatega vira svetlobe rdeče barve s 64. LED diodami, je le-ta postavljen za oz. pod materialom, glede na postavitev kamere. V tem primeru so pri netransparentnih materialih vidni le njihovi robovi (Slika 3.11).



Slika 3.10: Postavitev belega vira svetlobe



Slika 3.11: Postavitev rdečega vira svetlobe

Končni produkt so plašči z obarvanim stranskim robom (Slika 3.12).



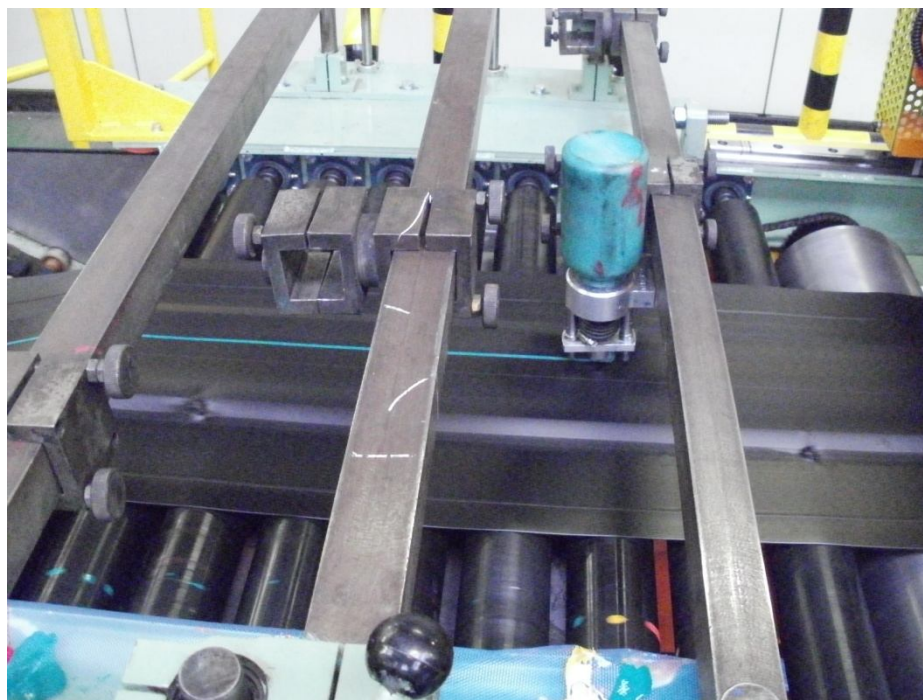
Slika 3.12: Plašči s položenimi barvnimi bočnicami

Tehtnica

Tehtnica zagotavlja merjenje metrske mase obloge, s čimer se kontrolira kakovost izdelka. V primeru odstopanja mase obloge izven tolerančnih mej, se sproži signalizacija napake, ki operaterja podviza k preverbi ustreznosti parametrov in zmesi. Tehtnica je bila sestavljena iz masivnega ogrodja s pritrjenimi osmimi merilnimi celicami. Tehtana obloga je potovala preko valjčnega transporterja s 13. prosto vrtečimi se valjčki, ki so bili na obeh straneh vloženi v okvir. Sila se je prenašala preko okvirja na merilne celice. Povezava z glavnim krmilnikom se je vršila preko povezave Profibus.

Barvno označevanje

Barvno označevanje je izvedeno zaradi ločevanja posameznih oblog oz. polizdelkov in zaradi določevanja ustreznosti izdelka (Slika 3.13). V primeru dobrega izdelka se označevanje izvaja, v primeru izdelka izven mej toleranc pa se konzole označevalne enote samodejno dvignejo in ne označujejo izdelka. S tem je na konfekcijski liniji omogočeno izločevanje neustreznih oblog.



Slika 3.13: Barvno označevanje

Randrirna enota

Naprava omogoča randriranje oblog. Glavni del predstavlja pritiski valj, ki ga dvigamo in spuščamo s pomočjo pnevmatskega cilindra. S pripadajočim regulatorjem tlaka povečujemo oz. zmanjšujemo pritisk valja na oblogo, ki je s tem stisnjena ob spodnji narebričen valj. Na ta način iz obloge iztisnemo morebitne zračne mehurčke, ki nastanejo pri brizganju.

Hladilni sistem

Hlajenje v hladilnih kanalih je izvedeno z obojestranskim brizganjem z vodo, ki oblogo ohladi na približno 30 °C. Za hlajenje se kot medij uporabljata hladna in topla voda, ki se shranjujeta v dvoprekatnem podtalnem rezervoarju prostornine 40 m³. Za kontrolo temperature vode je nameščen merilni sistem s tipaloma Pt 100. Toplo vodo potrebujemo za hlajenje obloge na dviznem transporterju zaradi stopenjske prilagoditve temperature, da ne pride do temperaturnega šoka, saj temperatura obloge pred hladilnimi kanali znaša od 90 °C do 120 °C. Hladno vodo pa potrebujemo za hlajenje v zgornjem in spodnjem hladilnem kanalu, kjer oblogo ohladimo na zeleno temperaturo, ter za hlajenje con temperirne naprave brizgalnika. Voda se na oblogi segreje in odteče v podtalni rezervoar. Zgornji hladilni kanal prikazuje slika 3.14.

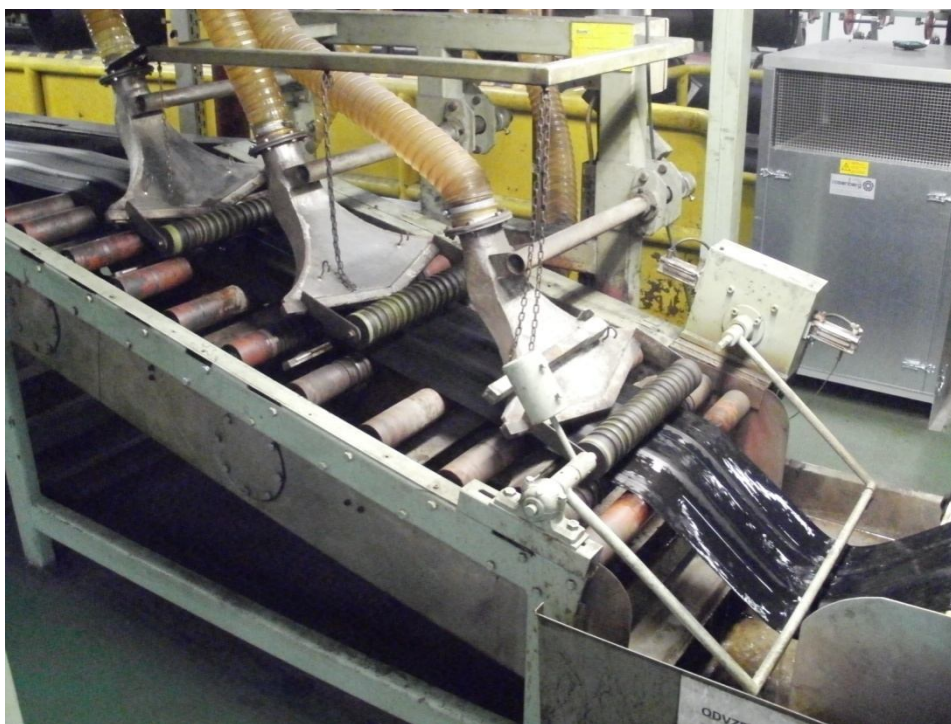


Slika 3.14: Zgornji hladilni kanal

Dovodu tople vode iz rezervoarja v hladilni stolp proizvajalca TIM Laško [20], ki je nameščen na strehi proizvodne hale, sta bili namenjeni centrifugalni črpalki moči 5,5 kW. Pogoji za vklop črpalk je dvig temperature tople vode nad 26 °C, izklopi pa se ob padcu temperature pod 23 °C. Na hladilnem stolpu je zaradi pospeševanja hlajenja nameščen ventilator moči 2,2 kW, ki se vklaplja in izklaplja skupaj s črpalko. Ustvarjanju ustreznega tlaka hladilne vode na brizgalnih šobah za toplo in hladno vodo, sta bila namenjena dva sistema dveh centrifugalnih črpalk moči 5,5 kW, ki so črpale vodo iz podtalnega rezervoarja. Praznjenju bazena hladilne vode pa sta bili namenjeni centrifugalni črpalki moči 7,5 kW. Črpalke so tlačno regulirane. Pri vseh štirih sistemih črpalk je ena od črpalk obratovala, druga pa je bila v rezervi. V primeru izpada ene črpalke, se je samodejno vklopila druga. Pred vklopom izbrane črpalke se je predhodno za 60 sekund odprl ventil dovoda mehke vode, kar je služilo za zalivanje črpalk. Krmiljenje črpalk je bilo izvedeno, tako da sta črpalke obratovali izmenično, torej je potekala zamenjava črpalk po določenem številu obratovalnih ur.

Sušilna enota

Sušilna enota je postavljena na konec hladilnih kanalov. Sušenje ohlajene in mokre obloge je izvedeno z izpihom zraka skozi trojni zaporedni zgornji in spodnji razpihovalni šobi (Slika 3.15). Valjni transporter je, zaradi gravitacijskega učinka pri razpihovanju obloge, postavljen rahlo poševno. Zrak, ki spiha kapljice s površja obloge, mora biti hladen, saj se v primeru toplega, voda in vodne primesi posušijo na površini obloge. Ob liniji je bil postavljen ventilator moči 7,5 kW s protihrupno zaščito.



Slika 3.15: Sušilna enota

Rezalna enota

Rezalna enota je sestavljena iz tračnega transporterja in rezalnika. Omenjeni transporter vrši transport obloge od sušilne enote preko rezalnika do prve navijalne naprave ali do premostitvenega tračnega transporterja, ki oblogo pelje do druge navijalne enote. Po doseženi predpisani dolžini obloge je izveden odrez obloge (Slika 3.16), navijalec pa napelje material na drugo navijalno enoto. Rezanje poteka samodejno glede na vnos v receptu. Izvaja se z gretim ploščatim nožem, ki s pritiskom na podporni valj odreže oblogo. Nož je gnan z istim pogonom kot tračni transporter preko verižno-zobniškega prenosa in elektromagnetne sklopke. Z ustreznim stikalom in elektromagnetno zavoro je zagotovljeno, da nož naredi le en

vrtljaj in odreže oblogo. Med rezom je potrebno tračni transporter za del sekunde ustaviti, da ne pride do gubljanja materiala. Pred vsakim rezom se izvede klic operaterja z vizualnim in zvočnim opozorilom. Nož je zaščiten z zaščitno mrežo, tako da je onemogočeno poseganje v nevarno območje.



Slika 3.16: Rezanje oblog

Navijalni enoti

Zaradi omogočanja kontinuiranega procesa brizganja se obloge navijajo izmenično na dveh navijalnih enotah. Brizganje se mora izvajati neprekinjeno, saj ob zaustavitvi pride do sprememb na materialu in je zaradi tega le-ta neustrezen. Vpetje bobna, na katerega se navija obloga, se izvaja z vpenjalnimi glavami. Ko je obloga navita, je boben potrebno dvigniti in odpeti iz vpenjalnih glav, kar je izvedeno s podpornima valjema in pnevmatskim cilindrom. Ker je oblogo potrebno med transportom na konfekcijsko linijo zaščititi, se na navijalni enoti boben navija skupaj z ovojnim blagom, ki se odvija z lastnega bobna na odvijalnem mestu tik pred navijalnim bobnom. Operater navijalne enote napelje material na drugo navijalno enoto, navit boben odkotali na zlagalno mesto in na navijalno enoto namesti prazen boben. Prva navijalna enota je bila zaradi dostopnosti gibljiva preko ročno vodenega vozička po talnih tirnicah. Med navijalnima enotama oz. nad prvo navijalno enoto se nahaja premostitveni

tračni transporter, ki omogoča izmenično uporabo navijalnih enot in s tem kontinuiran potek tehnološkega procesa.

Navijalni enoti poganjata servomotorja podjetja Rexroth Indramat [17] (Tabela 3.7), ki sta priključena na servo regulatorja istega proizvajalca. Uporabljata reduktorja proizvajalca Stoeber. Regulacija pogona se izvaja s tipanjem obloge v kompenzacijski zanki. Tipanje zanke obloge je na vsaki navijalni napravi izvedeno z uporabo štirih fotocelic (Slika 3.17, Tabela 3.8) na različnih višinah s pripadajočimi odsevnimi telesi. Zaradi zagotovitve konstantne napetosti ovojnega blaga je na obeh enotah nameščena pnevmatska zavora. Premostitveni transporter nima lastnega pogona, ampak ga preko verižno-zobniškega prenosa poganja isti motor.

proizvajalec	Rexroth Indramat
trajni moment	12 Nm
največji moment	37,2 Nm
vrtljaji	3000 min ⁻¹
napajalna napetost	3x400 V AC

Tabela 3.7: Lastnosti servomotorjev navijalnih enot



Slika 3.17: Senzorji za tipanje zank navijalnih enot

proizvajalec	Sick
tip	WL18-3P430
območje merjenja	0 m – 7 m
čas odzivnosti	500 μs
napajalna napetost	24 V DC

Tabela 3.8: Lastnosti fotocelic navijalnih enot

Varnost na liniji

Celotna linija je opremljena z več gobastimi stikali za izklop v sili (Slika 3.18), ki se ročno pritisnejo v primeru nevarnosti. Na zgornjem delu hladilne linije se vzdolž hladilnega kanala uporablja potezna varnostna vrstica s funkcijo izklopa v sili. Izklop v sili pomeni izklop vseh motornih pogonov in pomikov na liniji, izklopi se tudi vir energije posameznim ventilom. Prav tako se na prehodu iz dviznega transporterja na zgornji del hladilne linije nahaja posebno varovalo, ki izklopi pogone linije v primeru, če se obloga zatakne in ne potuje pravilno po transporterjih.



Slika 3.18: Gobasto stikalo za izklop v sili

Rezalni nož je zavarovan z zaščitno mrežo, aktiviranje oz. dvig le-te izvede takojšnji dvig noža, preostanek linije pa deluje brez sprememb. Vse rezalne naprave morajo vedno biti vezane, tako da se ob prekinitvi bodisi z izklopom v sili bodisi z izpadom iz omrežja, rezalna naprava dvigne v začetni položaj.

Vse varnostne naprave so na krmilnik povezane preko posebnih varnostnih modulov, ki temeljijo na relejski osnovi in ustrezajo določenim varnostnim standardom. Varnostni moduli ob zagonu preverijo pravilno delovanje vseh svojih kontaktov. Kot alternativo lahko uporabimo certificirane varnostne krmilnike, vendar so precej dražji in za naše razmere nepotrebni. Gobasto stikalo oddaja tri signale. En signal nam sporoča lokacijo omenjenega stikala, dva identična pa sta povezana na varnostni modul, s čimer močno zmanjšamo možnost nepravilnega delovanja. Po aktivaciji katerega koli varnostnega stikala, je le-tega potrebno ročno dezaktivirati, šele potem je možen ponovni vklop linije oz. določene enote. Poleg tega moramo programsko urediti pogoje za ponoven zagon po prekinitvah delovanja.

Napajanja, raznorazne dušilke pogonov in druge nevarne komponente v stikalnih omarah so dodatno zavarovane s prosojnimi plastičnimi ploščami, ki ščitijo pred električnim udarom. Prav tako so vse omare vedno zaklenjene, da ne bi prišlo do nepooblaščenega dostopa.

Če pride do napak oz. motenj na liniji, se na zaslonu na operatorskem pultu izpiše vrsta napake ali motnje in se, glede na stopnjo nevarnosti, sprožita vizualna in zvočna signalizacija.

3.3.2 Pomanjkljivosti

Transportni trakovi

V primerih večjega pretegovanja pri brizganju je prihajalo do večjih skrčkov v prehodu obloge skozi hladilno linijo, kar je pomenilo, da je dimenzija obloge po izbrizgu odstopala od dimenzije obloge pred navijanjem.

Naslednja težava je bila povezana s prvim plavajočim valjčkom, ki se je nahajal med sistemom za barvno označevanje in dvižnim transporterjem. Plavajoči valjček je služil regulaciji hitrosti dvižnega transporterja, obenem pa je z lokom obloge preprečeval zlivanje hladilne vode iz dvižnega transporterja na preostali del linije. Barva je sicer izredno hitro sušljiva, a vendar se je plavajoči valjček nahajal le en meter od mesta barvanja, zato je bil vedno zapackan in je posledično pušchal barvo na oblogi. Prav tako so obstajale težave z regulacijo omenjenega plavajočega valjčka, saj je na čase zategoval oblogo in s tem spremenil dimenzijo le-te.

Težavno je bilo tudi ročno merjenje dimenzij oblog, saj je bilo precej nenatančno in neredno.

Tehtnica

Obstoječa tehtnica ni delovala zadovoljivo. Glavna težava je bila v počasnem naraščanju mase pri spremembah na oblogi in v pogosti odpovedi merilnih celic.

Barvno označevanje

Sistem, ki samodejno dviga konzole z barvami, ni deloval, saj ni prejemal pravih podatkov od tehnice.

Hladilni sistem

V hladilnem sistemu potrebujemo mehko vodo zaradi izogibanja težav z vodnim kamnom. Dobimo jo s kemično obdelavo, kar vodi zniža pH vrednost in jo zato naredi precej zajedljivo. Obstoječi razvodi in ventili so bili zaradi starosti in medija že zelo dotrajani in so bili potrebni nenehnih popravil. Prav tako ni bilo tipanja zalitosti črpalk, zato je velikokrat zaradi suhega delovanja le-teh, prišlo do pregretja črpalk in uničenja tesnil. Zagoni črpanja vode iz rezervoarja so bili zaradi izrabljenosti črpalk in dotrajanosti cevi zelo težavni, kar je privedlo do tega, da so črpalke obratovale ves čas in njihovo izklapljanje med krajšimi zaustavitvami sploh ni bilo možno.

Sušilna enota

Obstoječi sistem ni zagotavljal ustreznega sušenja obloge. Obloga je bila po prehodu iz sušilne enote še vedno mokra, na površini so se zbirale drobne vodne kapljice. Ustrezno sušenje je tudi pogoj za večanje hitrosti brizganja, saj je bilo pri večjih hitrostih sušenje še slabše.

Navijalni enoti

Pomik prve navijalne enote se je ob menjavi bobna izvajal ročno, kar je bilo precej naporno opravilo.

Grafični vmesnik

Grafični vmesnik je narejen z že zastarelim grafičnim orodjem ProTool, kar otežuje poseganja vanj. Prav tako je precej pomanjkljiv in nepregleden zaradi številnih dodatkov skozi leta.

3.4 KONFEKCIJA

Osnovna definicija besede konfekcija v gumarstvu pomeni sestavljanje, oblikovanje več različnih polizdelkov v enovit kos, zopet polizdelek, največkrat imenovan surovec [5] (Slika 3.19).



Slika 3.19: Surovec

Glavni polizdelki, ki se vgradijo v surovec pri postopku konfekcije so:

- gumirana žična jedra,
- notranja tesnilna plošča,
- diagonalno rezan tekstilni kord [5],
- tekalna obloga,
- bočnice,
- dodatne ojačitve.

Glavne značilnosti konfekcije so:

- zahtevana določena konfekcijska lepljivost pri sestavljanju polizdelkov,
- ujet zrak med polizdelki je največji sovražnik,
- kljub uvajanju naprednih tehnologij in vse večje avtomatizacije, velja konfekcija še vedno za najbolj intenzivno fazo pri izdelavi gumenih izdelkov, zato morajo biti delavci dobro usposobljeni.

3.5 VULKANIZACIJA

Proces vulkanizacije je najpomembnejša kemijska reakcija v gumarstvu. V procesu vulkanizacije kavčuk zaradi kemijske reakcije pod vplivom temperature, časa in tlaka postane odporen proti kemijskim in mehanskim vplivom – končni rezultat vulkanizacije je stabilen material, ki ga imenujemo vulkanizat oz. v vsakdanjem življenju guma.

Ločimo različne načine vulkanizacije glede na:

- tlak (normalen ali povišan), ki deluje na surovo zmes med vulkanizacijo,
- to ali gre za kontinuiran (vulkanizacija poteka na isti liniji kot brizganje) ali diskontinuiran (brizgalna in vulkanizacijska linija sta ločeni) način proizvodnje.

Predhodno brizgane in sestavljene surovce vsakega posebej segrevamo v kotlih pri 190 °C (Slika 3.20). V kotlih so nameščeni različni kalupi glede na zahtevan profil gume. Ko je surovec vstavljen v kalup, se kotel zapre, z notranje strani pa poseben plašč pritisne surovec ob kalup pri pritisku 14 barov. Na ta način s pomočjo vulkanizacije spremenimo surovce v končne izdelke (Slika 3.21), katere je potrebno ohladiti in na njih izvesti končni pregled. Izdelek se vizualno pregleda, izvedejo se meritve masne uravnovešenosti in dimenzijskih odstopanj.



Slika 3.20: Vulkanizacijska linija



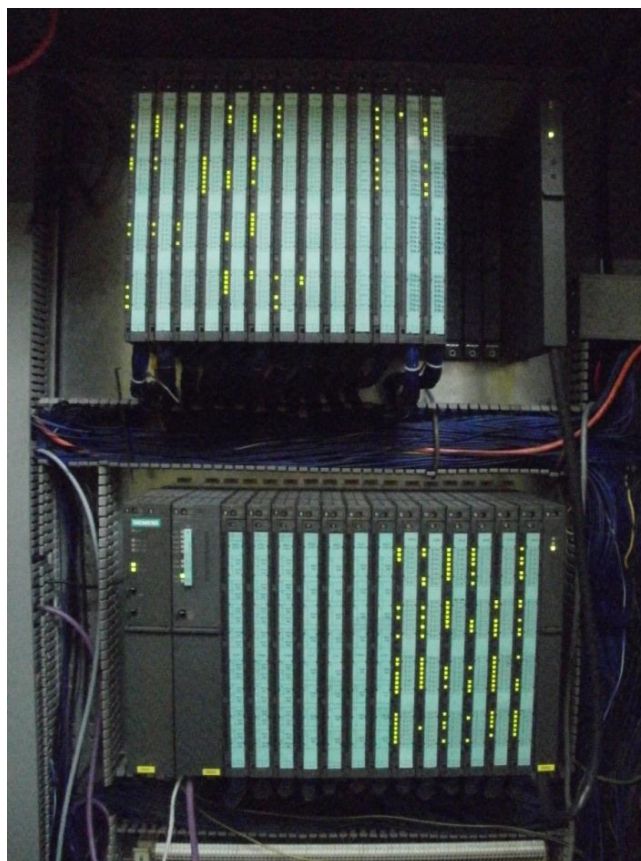
Slika 3.21: Gumeni plašči

4. PROGRAMSKA OPREMA

V okviru diplomske naloge smo naredili kar nekaj popravkov obstoječega programa, dodali precej novih blokov programa in naredili nov grafični vmesnik. V tem poglavju je predstavljena programska oprema, s čimer je omogočeno lažje razumevanje sledečega poglavja o prenovi brizgalno-hladilne linije.

Pri projektu smo uporabili programabilni logični krmilnik (ang.: programmable logic controller, PLC) podjetja Siemens [10], in sicer krmilniško postajo serije Simatic S7-400 s procesorsko enoto CPU 414-3 PN/DP, 24 V napajalnikom in 26. vhodno-izhodnimi karticami (Slika 4.1). Uporabili smo tri kartice s 16. analognimi vhodi, štiri kartice z osmimi analognimi izhodi, 10 kartic z 32. digitalnimi vhodi in devet kartic z 32. digitalnimi izhodi, kar nanese nekaj manj kot 600 vhodov in izhodov. Naštete komponente so vgrajene v podnožje (ang.: rack), ki podpira 18 mest (ang.: slot), ker pa le-teh potrebujemo bistveno več, smo dodali še eno podnožje in dve razširitveni kartici. Dobljena izvedba je zelo praktična in modularna, saj lahko po potrebi dodamo novo komponento. Programabilni logični krmilnik z vsemi komponentami se nahaja v eni od sedmih stikalnih omar na brizgalno-hladilni liniji. V njih se nahajajo tudi dovod glavnega napajanja, napajalniki, frekvenčni pretvorniki, regulatorji servomotorjev in enosmernih motorjev, dušilke za pogone, pogonska zaščitna stikala, elektromagnetna stikala oz. releji, varovalke, mrežni usmernik itd.

Prenovljena brizgalno-hladilna linija je precej velik sistem s številnimi električnimi napravami, katerih skupna priključna moč znaša 422 kW oz. 729,6 A priključnega toka.



Slika 4.1: Krmilniška postaja Simatic S7-400

Za razvoj programske kode in konfiguracijo krmilnikov Simatic S7-300 in Simatic S7-400, se uporablja programski paket Simatic STEP 7 [8, 9]. Osnova programskega paketa, ki se uporablja za delo s projekti, je Simatic Manager v5.5 SP5, ki vsebuje vrsto orodij, za izdelavo programov krmiljenja in regulacije procesov.

Nadzorno ploščo smo nadomestili z osebnim računalnikom in industrijskim monitorjem. Grafični vmesnik smo konfigurirali s pomočjo Simatic WinCC Flexible 2008 [10]. Le-ta nam omogoča izvoz v Simatic Manager in s tem združitev celotnega projekta v enem programskem orodju.

Komunikacije med krmilnikom, vmesniškim osebnim računalnikom in programirno napravo oz. prenosnim računalnikom vršimo preko Ethernetne povezave v kombinaciji s protokolom TCP/IP. Za komunikacijo med krmilnikom in programirno napravo, lahko poleg Etherneta uporabljamo tudi komunikacijsko kartico Siemens CP5511/Profibus PCMCIA (Slika 4.2), s katero se preko kabla MPI (Slika 4.3) priključimo na krmilnik. MPI je večtočkovno serijsko vodilo, ki tako kot Profibus bazira na standardu EIA-485.



Slika 4.2: Komunikacijska kartica



Slika 4.3: MPI kabel

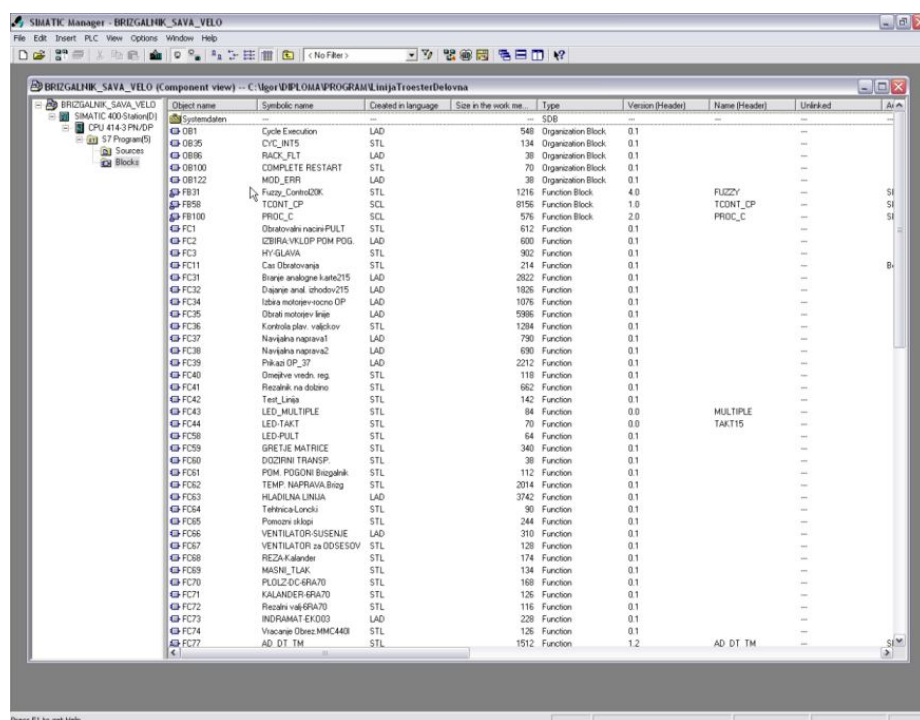
4.1 SIMATIC MANAGER

Razvojno okolje Simatic Manager je osnovno orodje v programskem paketu STEP 7 in je sestavljeno iz večjega števila aplikacij, ki vsaka zase opravlja določeno funkcijo:

- sestavljanje in konfiguracija strojne opreme,
- konfiguracija omrežnih povezav MPI, Profibus in Ethernet,
- spremljanje delovanja programa v živo (ang.: online),
- programiranje s pomočjo različnih metod oz. jezikov: LAD, FBD in STL,
- simulacija.

Vsi podatki se nahajajo v drevesni strukturi projekta. Programska koda se nahaja v blokih, ki jim priredimo imena glede na funkcijo, ki jo opravljajo (Slika 4.4). Ločimo sedem vrst blokov:

- organizacijski bloki (OB),
- funkcijski bloki (FB),
- funkcije (FC),
- podatkovni bloki (DB),
- sistemski bloki (SFB),
- sistemski funkcijski bloki (SFC),
- sistemski podatkovni bloki (SDB).



Slika 4.4: Hierarhična podoba projekta

Organizacijski bloki (OB) definirajo strukturo uporabniškega programa in omogočajo določevanje prioritet blokom. Blok z višjo prioriteto prekine izvajanje bloka z nižjo prioriteto. Prav tako preko različnih organizacijskih blokov določamo, kateri deli programa se bodo zagnali npr. ob zagonu sistema, kateri skozi normalni cikel, kateri ob morebitnih prekinitvah in napakah itd. Organizacijski bloki se izvajajo ciklično.

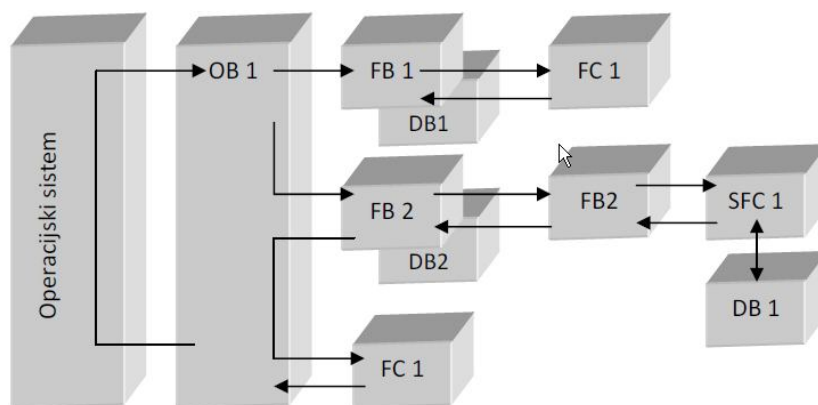
Funkcijski bloki (FB) vsebujejo funkcije in imajo rezerviran del pomnilnika za shranjevanje lokalnih spremenljivk do naslednjega klicanja bloka. Uporabljajo statične podatke, imajo dodeljen podatkovni blok (DB) in so primerni za programiranje kompleksnih, pogosto uporabljenih funkcij. Funkcijski bloki se izvajajo takrat, ko so priklicani.

Funkcije (FC) so praktično identične funkcijskim blokom z eno poglavitno razliko, in sicer nimajo rezerviranega dela pomnilnika oz. lastnega podatkovnega bloka (DB), zato so primerne za funkcije, ki ne potrebujejo ohranjanja podatkov med klici bloka.

Podatkovni bloki (DB) služijo za shranjevanje uporabniških podatkov, ki so na voljo vsem delom programa.

Sistemske bloke (SFB, SFC, SDB) so že napisane programske funkcije, ki so priložene programskemu paketu. Ti bloki so sestavni del operacijskega sistema in ne uporabljajo pomnilnika. Bloke lahko uporabnik uporablja v svojem aplikativnem programu, ne more pa vanje pisati programske kode.

Primer izvajanja programa prikazuje slika 4.5.

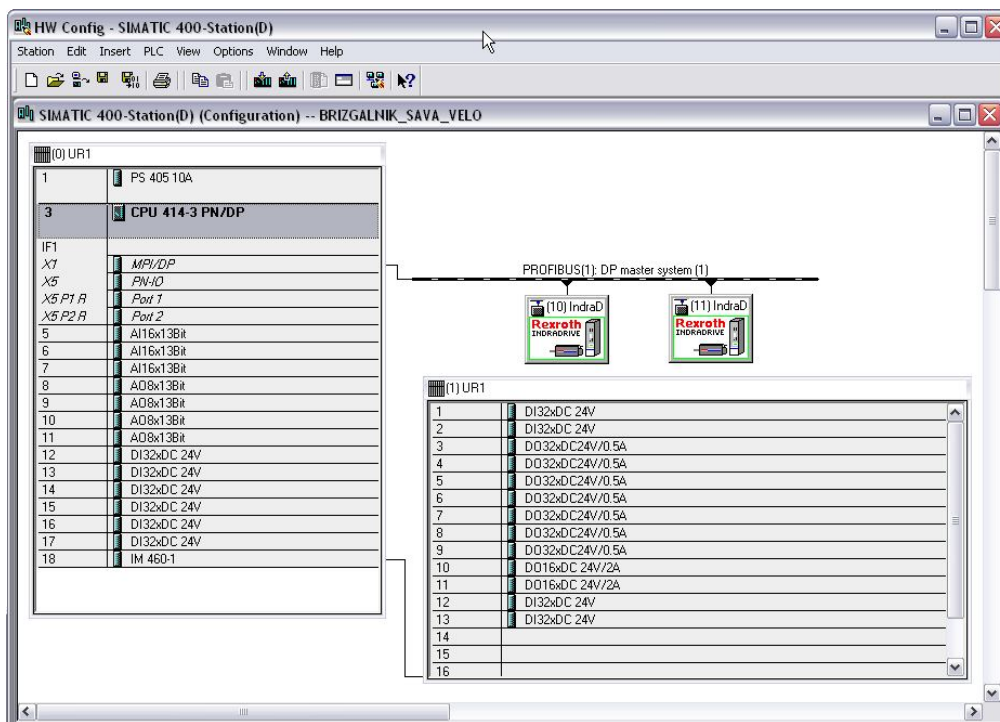


Slika 4.5: Potek izvajanja programa

Simatic Manager omogoča tudi shranjevanje večkrat uporabljenih programskih delov v programsko knjižnico (ang.: library), s čimer je omogočena njihova kasnejša ponovna uporaba v drugih projektih.

4.1.1 Sestavljanje strojne opreme

Simatic Manager vsebuje orodje Upravljalnik strojne opreme (ang.: Hardware config), s katerim sestavljamo komponente strojne opreme, ki jo uporabljamo v projektu (Slika 4.6).



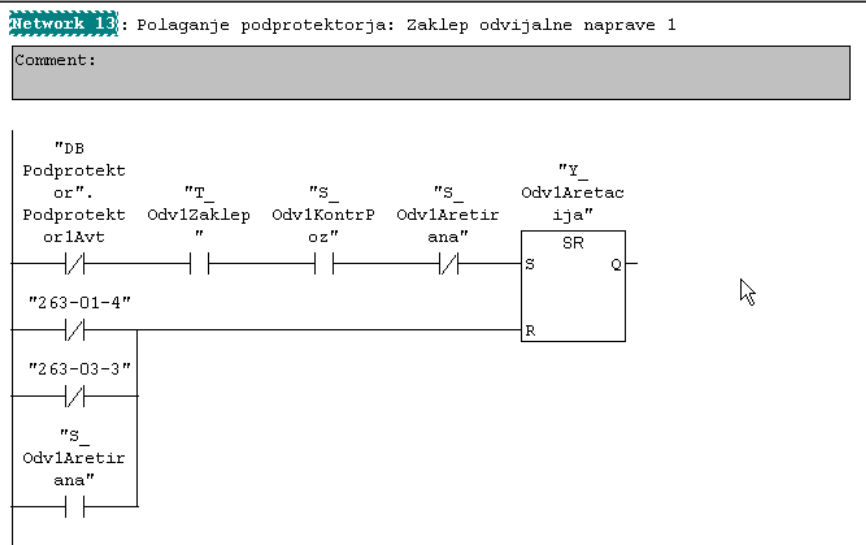
Slika 4.6: Upravljalnik strojne opreme

V programu določimo, na katerem mestu se nahaja posamezna kartica. Določimo naslove vhodov in izhodov, parametre posameznim karticam, komunikacijske protokole in hitrosti prenosa podatkov. Kartice vstavimo v podnožje v natanko takim zaporedju, kot so v dejanskem sistemu. Pri analognih karticah moramo določiti tudi analogni signal, ki ga želimo spremljati, to je napetost ali tok (0 V do 10 V ali 4 mA do 20 mA).

4.1.2 Načini programiranja

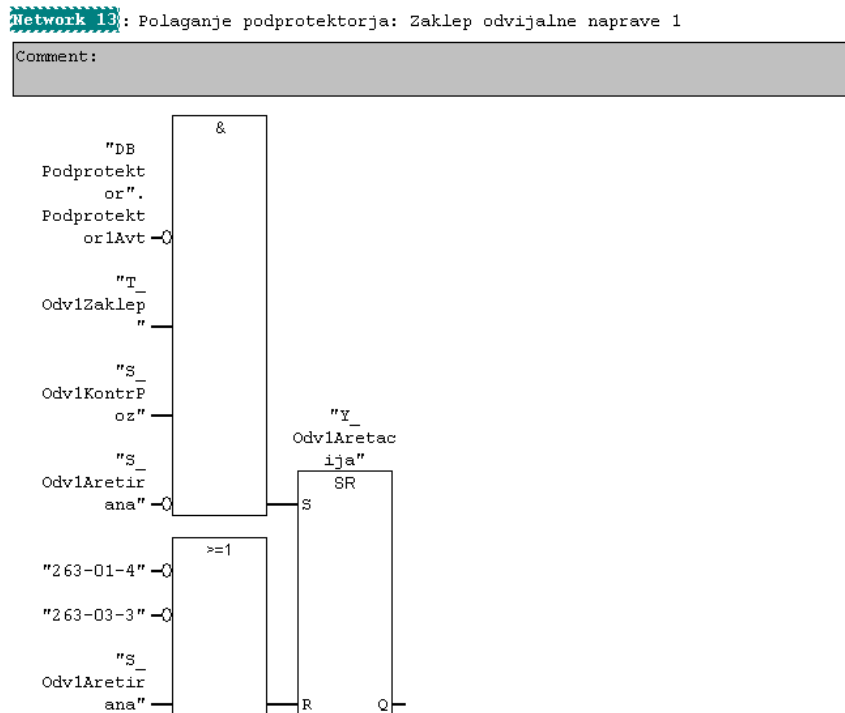
V Simatic Managerju izbiramo med že prej omenjenimi tremi jeziki programiranja:

- lestvični diagram (ang.: Ladder logic diagram, LAD) (Slika 4.7),



Slika 4.7: Primer programa v jeziku LAD

- funkcijsko bločni diagram (ang.: Function block diagram, FBD) (Slika 4.8),



Slika 4.8: Primer programa v jeziku FBD

- seznam ukazov (ang.: Statement list, STL) (Slika 4.9).

Network 13: Polaganje podprotektorja: Zaklep odvijalne naprave 1

Comment:

```

AN      "DB Podprotektor".Podprotektor1Avt
A       "T_OdvlZaklep"
A       "S_OdvlKontrPoz"
AN      "S_OdvlAretirana"
S       "Y_OdvlAretacija"
A {
  ON     "263-01-4"
  ON     "263-03-3"
  O      "S_OdvlAretirana"
}
R       "Y_OdvlAretacija"
NOP     0

```

Slika 4.9: Primer programa v jeziku STL

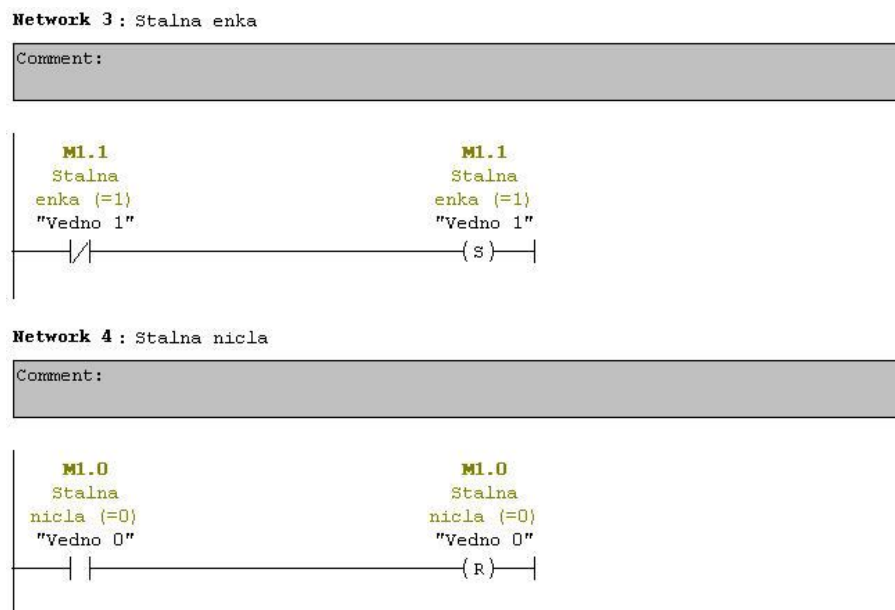
Pri lestvičnem diagramu, ki je podoben stikalnemu načrtu, so ukazi predstavljeni s simboli, ki izhajajo iz stikalne tehnike. Glavna elementa sta delovno in mirovno stikalo, torej logična 1 in logična 0, seveda pa v program vstavljamo tudi druge funkcije, napisane ravno tako v lestvičnem diagramu ali pa v kakem drugem jeziku. Metoda je precej enostavna za učenje, njena najpomembnejša lastnost pa je izredna preglednost, ki omogoča hitro in razumljivo uporabo programa tudi, če niste njegov avtor.

Funkcijsko bločni diagram je grafični programski jezik, ki uporablja logične bloke Boolove algebre. Uporablja se za realizacijo kompleksnejših funkcij, ki so lahko predstavljene direktno z logičnimi bloki. Programiranje z logičnimi bloki je enostavno in razumljivo, je pa manj pregledno kot lestvični diagram. Ravno tako kot lestvični diagram, tudi ta metoda ni primerna za programiranje računskih operacij in zahtevnejše obdelave digitalnih vrednosti.

Pri seznamu ukazov, le-te vnašamo v pisni obliki. Je zelo podoben zbirnemu jeziku in je sestavljen iz vrste mnemoničnih ukazov, to so ukazi za izvajanje. Jezik je kos vsakršnim zahtevnejšim operacijam, težava pa je v precejšnji nepreglednosti pri obsežnejšem programu, še posebej, če uporabnik ne dopolnjuje programa s komentarji.

Programsko kodo v vseh primerih vpisujemo v mreže (ang.: network). Smiselno je, da kodo razdelimo na čim več mrež in s tem omogočimo večjo preglednost.

V pomoč pri programiranju sta enostavni funkciji stalne logične enke in stalne logične ničle (Slika 4.10). Brez večjega poseganja v program lahko kakšen del programa prisilno izvajamo ne glede na izpolnjene pogoje ali pa ga izločimo iz delovanja.



Slika 4.10: Stalna enka in stalna ničla

V okviru diplomske naloge smo napisali precej novih blokov programa, naredili pa smo tudi kar nekaj popravkov obstoječega programa. Pred začetkom pisanja novega dela programa, se moramo sestati s projektantom, s katerim skupaj popišemo vse vhode in izhode novega dela sistema ter si razjasnimo, kakšno mora biti pravilno delovanje celotnega sistema. Nadgradnja obstoječega programa je precej težka naloga, saj smo se primorani prilagajati logiki prejšnjega programerja. Še več težav smo imeli, ker je bila zadeva napisana v obliki seznama ukazov. Z vodjo avtomatizacije smo potrebovali en teden priprav, da smo razumeli delovanje delov programa, ki so bili potrebni sprememb.

Ne glede na to, kateri programski jezik uporabljamo, moramo vedno najprej definirati vse spremenljivke oz. oznake, katere uporabljamo v programu. Definiramo jih v orodju Urejevalnik simbolov (ang.: Symbol editor). Spremenljivkam določimo ime, lokacijo, tip (bool, byte, real, word, integer, itd.) in nazadnje dopišemo tudi komentar oz. razlago spremenljivke.

4.2 SIMATIC WINCC FLEXIBLE

Grafični vmesnik je pomagalo, ki operaterju omogoča stik z avtomatiziranim sistemom. Komunikacija poteka v obe smeri, saj preko vnosnih polj in tipk vplivamo na delovanje linije, preko prikazanih shem delovanja in drugih diagnostičnih orodij pa prejemamo informacijo o dogajanju na liniji. Za izdelavo vmesnikov (ang.: human machine interface, HMI) med procesom in človekom, se uporablja Siemensov program Simatic WinCC Flexible 2008. Program nam omogoča spreminjanje ključnih parametrov, aktiviranje operacij znotraj sistema, izbiro režimov delovanja, izdelovanje receptov, prikazovanje in arhiviranje napak in alarmov itd.

Projekt običajno začnemo z osnovno stranjo, kjer izdelamo shematski prikaz celotnega sistema ali najpomembnejšega dela in bližnjice na posamezne podsklope sistema. Le-te natančneje razdelamo v podstraneh, kjer prikažemo tudi parametre, ki so potrebni za nadzor procesa. Izdelamo lahko tudi strani, kjer se nahajajo pomembni parametri stroja, vse skupaj pa z geslom zaščitimo pred nepooblaščenimi posegi. Prav tako si lahko izdelamo razna diagnostična orodja, ki nam pomagajo pri odpravljanju napak. Program ima v naboru veliko število osnovnih gradnikov, s katerimi si pomagamo pri izdelavi grafičnega vmesnika. Objektom določimo številne lastnosti, kot so izgled, dimenzija, vidnost, premikanje v določenem območju, itd. Objekti lahko, ob določenih vrednostih izbranih spremenljivk, z nekimi spremembami signalizirajo različna stanja.

Spremenljivke, ki jih želimo prikazati, vpišemo v tabelo Oznake (ang.: Tags) (Slika 4.11) in obenem pazimo, da so naslovi spremenljivk v projektu identični tistim, ki se nahajajo v krmilniku.

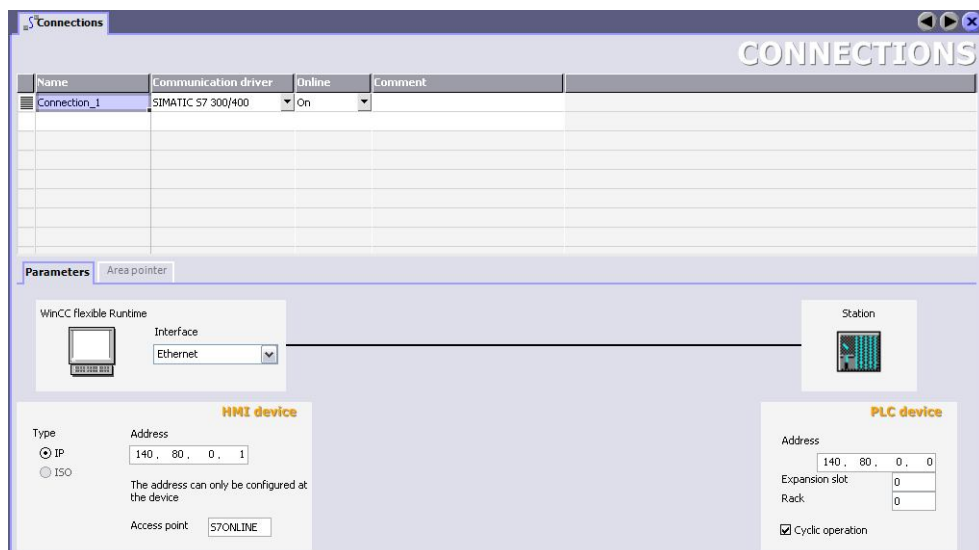
Name	Connection	Data type	Address	Array elements	Acquisition cycle	Comment
V_lega_pl_valj1	Connection_1	Real	DB 11 DBD 356	1	1 s	
V_lega_pl_valj2	Connection_1	Real	DB 11 DBD 360	1	1 s	
V_lega_pl_valj3	Connection_1	Real	DB 11 DBD 364	1	1 s	
V_lega_pl_valj4	Connection_1	Real	DB 11 DBD 368	1	1 s	
V_lega_pl_valj5	Connection_1	Real	DB 11 DBD 372	1	1 s	
V_lega_traku1	Connection_1	Int	DB 10 DBW 6	1	500 ms	
V_lega_traku2	Connection_1	Int	DB 10 DBW 8	1	500 ms	
V_lega_valj1	Connection_1	Real	DB 10 DBD 56	1	500 ms	
V_lega_valj2	Connection_1	Real	DB 10 DBD 60	1	500 ms	
V_lega_valj3	Connection_1	Real	DB 10 DBD 64	1	500 ms	
V_lega_valj4	Connection_1	Real	DB 10 DBD 68	1	500 ms	
V_lega_valj5	Connection_1	Real	DB 10 DBD 72	1	500 ms	
V_matrica	Connection_1	StringChar	DB 11 DBB 96	1	1 s	
V_matrica_utr	Connection_1	Bool	DB 12 DBX 124.3	1	1 s	
V_matrica1	Connection_1	StringChar	DB 13 DBB 96	1	1 s	
V_max_dov_tlak	Connection_1	Real	DB 11 DBD 768	1	1 s	
V_mot1	Connection_1	Bool	DB 10 DBX 5.3	1	1 s	
V_mot2	Connection_1	Bool	DB 10 DBX 5.4	1	1 s	
V_motor_11	Connection_1	Bool	DB 83 DBX 28.2	1	1 s	
V_motor11INT	Connection_1	Int	DB 83 DBW 28	1	1 s	
V_navijalec1	Connection_1	Bool	DB 10 DBX 1.7	1	500 ms	
V_naziv	Connection_1	StringChar	DB 11 DBB 0	1	1 s	
V_naziv_stari	Connection_1	StringChar	DB 11 DBB 56	1	1 s	
V_naziv1	Connection_1	StringChar	DB 13 DBB 0	1	1 s	
V_obrati_polza	Connection_1	Real	DB 20 DBD 294	1	1 s	
V_obrem_pl_valjcka	Connection_1	Real	DB 11 DBD 332	1	1 s	
V_obrem_pl_valjcka1	Connection_1	Real	DB 13 DBD 332	1	1 s	
V_odp_glava	Connection_1	Bool	I 11.4	1	1 s	
V_polnjenje_bazena	Connection_1	Bool	DB 86 DBX 68.0	1	1 s	
V_polnjenje_bazena_indikator	Connection_1	Bool	Q 19.5	1	1 s	

Slika 4.11: Definiranje spremenljivk

Pri načrtovanju moramo biti pazljivi na preglednost strukture in število vpisnih in prikaznih polj, saj se z večanjem števila oken, polj in morebitnih zapletenih povezav med njimi, zmanjšuje preglednost nad podatki.

Izdelan projekt lahko preizkusimo že na osebnem računalniku s pomočjo simulatorja, ki nam močno pomaga pri odkrivanju napak od samega začetka.

Nazadnje moramo zagotoviti ustrezno komunikacijo med krmilnikom in operatorskim panelom oz. vmesniškim osebnim računalnikom (Slika 4.12). Med najpomembnejšimi parametri so naslovi enot, vrsta povezave (MPI/DP ali Ethernet) in njena hitrost, ko gre za MPI/DP. Dokončan projekt nato enostavno prenesemo na vmesniški osebni računalnik.

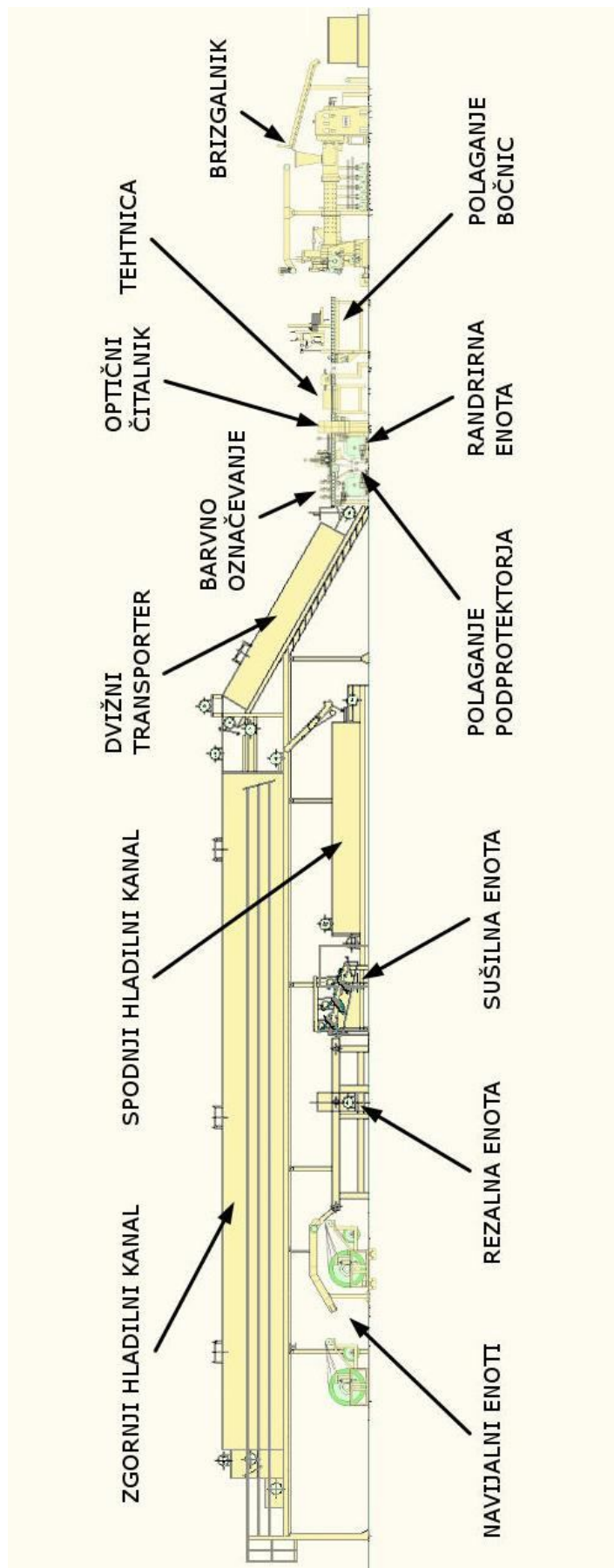


Slika 4.12: Nastavitve povezav

5. PRENOVA LINIJE

Na predhodno opisani brizgalno-hladilni liniji je bilo izvedenih mnogo izboljšav in novosti. Prenova linije je potekala približno tri mesece, največ dela pa je bilo skoncentriranega v času kolektivnega dopusta, od 20.12.2010 do 2.1.2011, saj je le ta čas možen za poseganja v linijo, ki zahtevajo njeno popolno zaustavitev. Ostale popravke smo delali v času obratovanja. Načrtovanje oz. projektiranje se je pričelo že eno leto pred izvedbo. V vmesnem obdobju pa so potekala številna naročila uporabljenih izdelkov kot tudi druge raznovrstne priprave na montažo in zagon linije. Shemo prenovljene hladilno-brizgalne linije prikazuje slika 5.1.

Naredili smo kar nekaj popravkov obstoječega programa krmilnika in tudi precej novih blokov programa zaradi dodajanja novih elementov v linijo. Izjemi sta regulacija brizgalnika in optičnega čitalnika, za delovanje katerih so morali, zaradi pomanjkanja časa, poskrbeti sodelavci. Prav tako smo naredili nov grafični vmesnik, s katerim smo imeli veliko dela, saj dodatnih zahtev s strani operaterjev in njihovih vodij ni manjkalo.



Slika 5.1: Shema prenovljene brizgalno-hladilne linije

Zagon linije je zelo kompleksen, zato se ga moramo lotiti s predhodnim načrtovanjem, potrpežljivostjo in predvsem z veliko previdnosti. Najprej izmerimo zahtevane vrednosti napetosti, ki potujejo do stikalne omare (400 V, 230 V in 24 V). Nato preverimo pravilno delovanje vseh varnostnih modulov. Stikalne omare je potrebno napajati brez moči, torej le s 24 V napetosti, da lahko preverimo delovanje krmilnika in vseh njegovih vhodov. Na tem mestu preverimo vse elemente, ki na svojih izhodih dajo digitalni signal, torej pošiljanje signalov senzorjev, varnostnih naprav, operatorskega pulta, tipk na liniji, končnih stikal itd. Sledi spremljanje delovanja stikal digitalnih izhodov.

V naslednjem koraku preverjamo delovanje analognih vhodov. Vključiti moramo določen blok programa, ki skrbi za pretvorbo analogno-digitalnih vrednosti. Nadalje preverimo delovanje pogonov, zavor, ventilov, signalnih naprav, skratka analognih izhodnih elementov krmilnika, kar zahteva priklop moči v sistem. V sistem po vrsti dodajamo varovalke in po istem vrstnem redu preko relejev vklapljammo izhodne elemente, s tem da večina potrebuje postavljene določene pogoje, kot je delovanje kake druge naprave, itd. To pomeni, da moramo imeti naenkrat vklopljenih več izhodov brez delujočega programa krmilnika v ozadju. Potrebno je paziti, kaj vklapljammo, saj ni programskih varnostnih zaščit in zato lahko tvegamo poškodbe. Siemensovi krmilniki omogočajo nastavljanje vrednosti izhodov preko tabel spremenljivk (ang.: variable table, VAT), kar nam precej olajša delo. Zagon pogonov zahteva dodatno pazljivost, saj ne moremo vedeti v katero stran se bo pogon zavrtel. Prva oseba opazuje smer vrtenja motorskega ventilatorja. Med tem druga oseba z izvijačem za delček sekunde sklopi potrebno stikalo, saj preko krmilnika ne bi dosegli dovolj hitre odzivnosti v primeru vrtenja v napačno smer.

Naslednji korak predstavlja nastavitve parametrov frekvenčnih pretvornikov, regulatorjev servomotorjev in enosmernih motorjev.

Šele nato sledi preverjanje delovanja programa v ročnem režimu. V glavnem organizacijskem bloku pred vse funkcijske bloke vstavimo stalno logično ničlo, nato pa eno po eno brišemo in s tem vklapljammo pogon za pogonom, enoto za enoto in sproti odpravljamo morebitne napake.

Nazadnje pa preizkusimo delovanje programa v samodejnem načinu, kar vzame precej časa, saj so vedno prisotne napake. V času zagona ne sme biti nikogar blizu linije, da ne pride do poškodb. Zagon je v primeru brizgalno-hladilne linije trajal 5 dni.

5.1 BRIZGALNIK

Fizičnih sprememb se na brizgalniku ni izvajalo, ampak se je spremenil princip brizganja. Na osnovi pridobljenih informacij s strani podjetja Troester [13] in izkušenj z brizganjem v programu Profili, je izvedeno brizganje s konstantnimi vrtljaji polža in ne več preko želenega tlaka brizganja. Obloga je bolj konstantna kljub menjavi palet kavčukovca in različnim dodajanjem pri doziranju brizgalnika. Dejanski vrtljaji polža se samodejno prilagodijo želenim vrtljajem, ki so za posamezno vrsto obloge podani v receptu.

Izdelovanje receptov je zelo pomemben del programa (Slika 5.2). Recepti so potrebni pri linijah, ki izdelujejo več različnih izdelkov. Vsebujejo prilagojene parametre delovanja linije za vsak izdelek, v našem primeru oblogo. Vrednosti v receptih se vnašajo ročno preko industrijskega monitorja na sami liniji in se shranjujejo v osebni računalnik, nato pa se enostavno nalagajo na krmilnik. Potrebno je poskrbeti za varnostne kopije, saj ima v našem primeru vsaka obloga 42 spremenljivih parametrov, obstaja pa nekaj čez 200 tipov oblog. Prav tako je potrebno zaščititi dostop do vnosa receptov z ustreznimi uporabniškimi imeni in gesli, običajnim operaterjem pa omogočiti zgolj izbiro receptov.

Sawa **BRIZGALNO - HLADILNA LINIJA** 2/16/2011 9:48 AM

VNOS RECEPTOV **Aktiven recept: #####**

Recept: Stevilka:

Shranjevanje podatkov: Stevilka:

Ime vnosa	Vrednost
Matrica	5422 BR 18
Dolžina [m]	140.0
Zeleni tlak zmesi [bar]	220.0
Zelena hitrost brizganja [m/min]	22.0
Obrati polža [obr/min]	105
Faktor vrtlj. polža glede na hitr.brizg.	102
Fak.hitr.kal.valja glede na hitr.brizg.	98
Fak.hitr.rezalnega valja glede na kal.v.	100
Faktor hitr.linije glede na rezalni valj	99
Obremenitev plavajočega valjčka 1 [bar]	1.4
Tipanje zanke - režim del. (vkl / izkl)	1
Globina zanke(vred.od ravne linije) [mm]	310.0
Zelena teža obloge [g]	1320

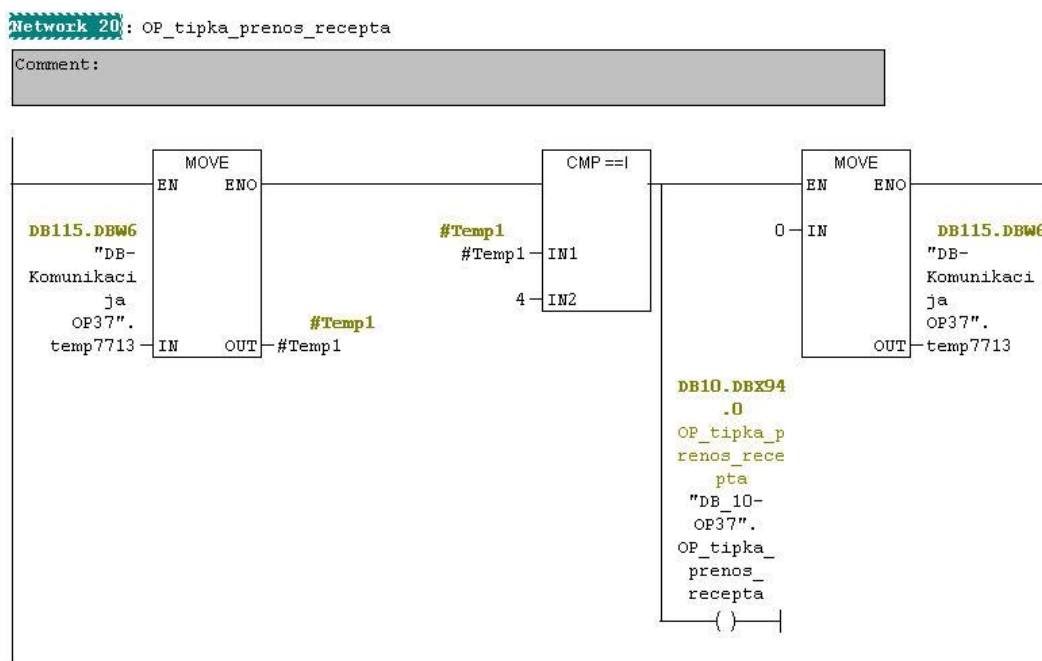
Ready

#####

GLAVNO OKNO **SERVISNA STRAN** **RECEPTI prejšnji pogled** **IZBIRA RECEPTOV** **UVOZ RECEPTOV** **IZVOZ RECEPTOV** **NAZAJ**

Slika 5.2: Vnos receptov

Naleteli smo na težave pri nalaganju receptov v krmilnik, saj WinCC in novejša verzija Step 7 nista najbolje sinhronizirana v točki prenašanja receptov. Prenašali smo lahko le po en recept, saj se zlog (ang.: byte), odgovoren za prenos podatkov, ni postavljaj na zahtevane vrednosti. Naredili smo programski popravek (Slika 5.3), kjer primerjamo vrednost komunikacijskega zloga z zahtevano vrednostjo »4«, ki pomeni, da je bila aktivirana tipka za prenos informacije z uporabniškega vmesnika. Ko je vrednost dosežena, se izhod primerjalnega bloka postavi na logično enko in s tem omogoči nadaljnje izvajanje programa. Sprožimo prenos, takoj za tem pa postavimo zgoraj omenjeni zlog na vrednost »0«, kar omogoči pošiljanje novega recepta. Programski popravek uporabljamo tudi v drugih projektih.



Slika 5.3: Popravek prenosa receptov

Na sliki 5.4 vidimo izgled začetne oz. glavne strani grafičnega vmesnika, kjer so zbrani vsi ključni podatki o brizgalno-hladilni liniji, kot so hitrosti motorjev brizgalnika in motorja skrčevalnega transporterja ter njihove obremenitve, tlak in temperatura zmesi ter seveda osnovni podatki o trenutnem tipu obloge. Prav tako obstaja tipka, preko katere lahko še vedno vklopimo brizganje preko zelenega tlaka zmesi.

Sawa **BRIZGALNO - HLADILNA LINIJA** 2/16/2011 2:09 PM

IZDELOVALNA DIMENZIJA

Sifra: 515335
Naziv: FR 203/43-0000 RED 02
Zmes: X34-98 L

Stevilo bobnov / rolic: 4
Skupna dolžina: 160.0

STARA DIMENZIJA

Naziv: AGT 311/33-0001 SPORT
Skupna dolžina: 300.0

Tlak zmesi: zeleni 80.0 bar
dejanski 78.6 bar

Temperatura zmesi: 129 °C
Hitrost brizganja: 15.0 m/min
F.hitrosti.vrac.obrez.: 100 %

Vrtljaji polza: 30 min⁻¹

REGULACIJA PREKO TLAKA VKLOP / IZKLOP

POLZ

	DEJANSKO	FAKTOR
Vrtljaji (min ⁻¹):	30	130
Tok:	57 %	

KALANDERSKI VALJ

	DEJANSKO	FAKTOR
	10	100
Tok:	14 %	

REZALNI VALJ

	DEJANSKO	FAKTOR
	10	103
Tok:	18 %	

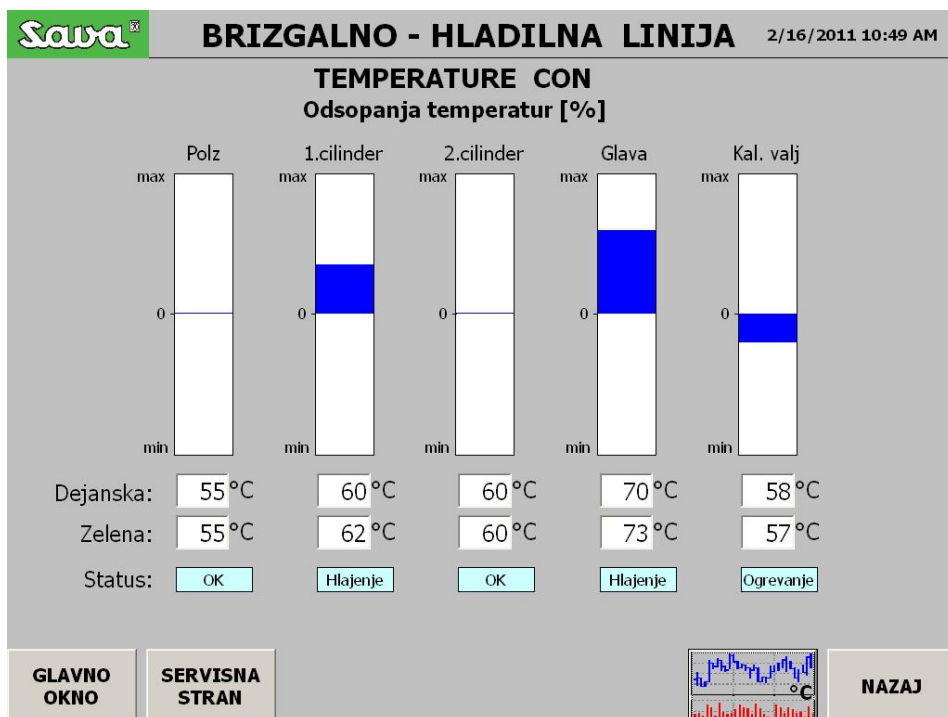
LINIJA - M1

	DEJANSKO	FAKTOR
	10	105
Tok:		

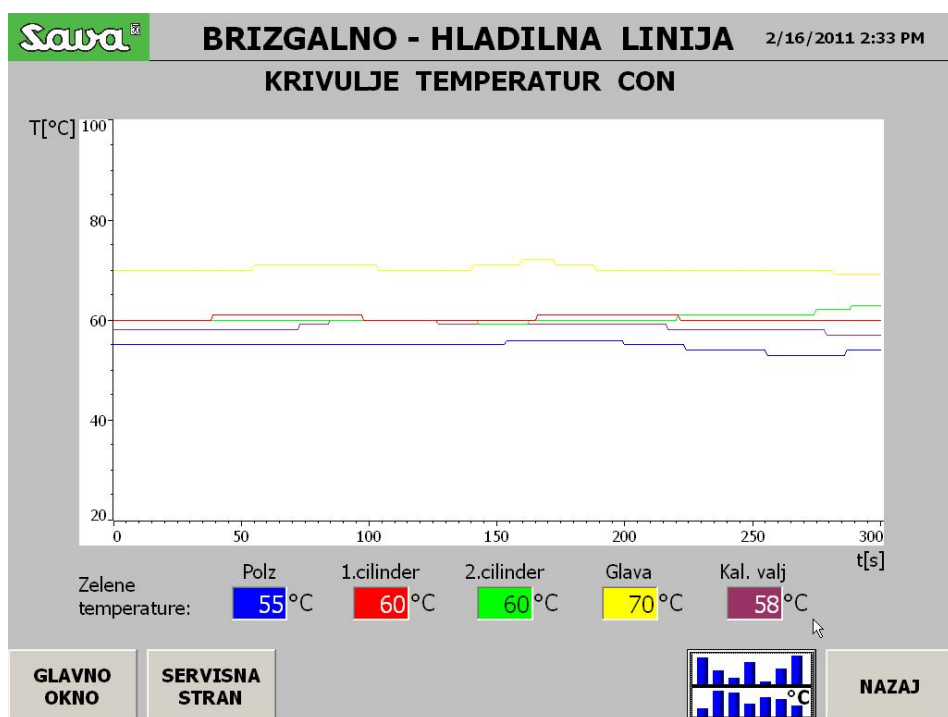
DIMENZIJE BRIZGANCA **BRIZGALNA GLAVA** **TEMP. CON** **SERVISNA STRAN** **RECEPTI** **IZBIRA RECEPTOV** **TEHTNICA**

Slika 5.4: Glavno okno

Vgradili smo kontrolo temperirne naprave brizgalnika v obliki stolpčnega prikazovalnika trenutnih vrednosti temperatur in statusa con temperirne naprave (Slika 5.5) ter v obliki prikazovalnika krivulj temperatur, ki prikazuje stanje temperatur v določenem času (Slika 5.6).



Slika 5.5: Temperature con temperirne naprave



Slika 5.6: Krivulje temperatur con temperirne naprave

5.2 TRANSPORT OBLOGE

Zaradi dodajanja novih elementov na liniji je prišlo do pomanjkanja prostora in posledično do več sprememb in premikov delov obstoječe linije.

5.2.1 Skrčevalni transporter

Skrčevalni transporter je namenjen sproščanju notranjih napetosti v oblogi po brizganju in posledično skrčevanju obloge. Postavljen je na začetku linije takoj za brizgalnikom, služi pa tudi za polaganje bočnic. S tem se zagotovi kar najmanjša sprememba dimenzije obloge pri prehodu skozi hladilno linijo, kar pomeni, da parametri obloge za skrčevalnim transporterjem omogočajo pravilno regulacijo delovanja brizgalnika.

Skrčevalni transporter meri v dolžino 1,5 m, njegov faktor krčenja je 10 %. Sestavljen je iz 20. valjev, od katerih je 18 različnih, s premeri od 80 mm do 88 mm, povezanih preko verižno-zobniškega prenosa.

5.2.2 Servomotorja

Zaradi dodanega skrčevalnega transporterja, prevzemni transporter in valjni transporter označevalne enote nista več gnana z enim pogonom. Obstoječi servomotor smo odstranili in vgradili dva nova servomotorja podjetja Rexroth Indramat [17] (Tabela 5.1) s pripadajočima servo regulatorjema istega podjetja, tako da ima sedaj vsak transporter svoj pogon. Poskrbeli smo za pravilen prenos podatkov preko Profibusa iz servo regulatorja v krmilnik ter namestitvev pogonov v program, z delovanjem samega regulatorja so se ukvarjali sodelavci.

proizvajalec	Rexroth Indramat
trajni moment	9 Nm
največji moment	29 Nm
vrtljaji	3500 min ⁻¹
napajalna napetost	3x400 V AC

Tabela 5.1: Lastnosti servomotorjev prvega sklopa transporterjev

Obstoječi plavajoči valjček je prestavljen iz prehoda med valjčnim transporterjem za barvno označevanje in dvižnim transporterjem med skrčevalni transporter in valjčni transporter za barvno označevanje ter skrbi za regulacijo hitrosti drugega servomotorja.

5.2.3 Laserska merilnika

Zaradi težav s plavajočim valjčkom med transporterjem barvnega označevanja in dvižnim transporterjem, smo namesto plavajočega valjčka namestili dva reflektivno neodvisna laserska merilnika razdalje proizvajalca Leuze [21] (Slika 5.7), katerih lastnosti so napisane v tabeli 5.2.



Slika 5.7: Laserski merilnik razdalje pred hladilnimi kanali

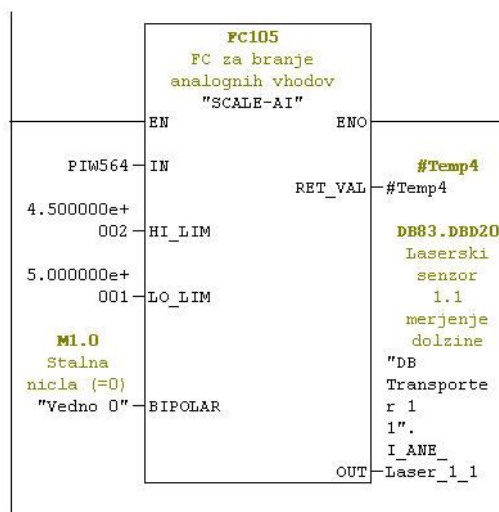
proizvajalec	Leuze
tip	ODSL9/66-450-S12
območje merjenja	50 mm – 450 mm
čas odzivnosti	≤6 ms
napajalna napetost	24 V DC

Tabela 5.2: Lastnosti laserskih merilnikov razdalje pred hladilnimi kanali

Za odčitavanje vrednosti laserskih merilnikov razdalje uporabimo funkcijski blok za branje analognih vrednosti (Slika 5.8), ki prebere vrednost z vhodne analogne kartice na krmilniku, na katerega je povezan omenjeni merilnik. Glede na območje delovanja merilnika izberemo spodnjo in zgornjo mejo (od 50 mm do 450 mm), ki sta ekvivalentni izhodu merilnika od 4 mA do 20 mA. Funkcijski blok z uporabo omenjenih podatkov spremeni analogno vrednost v digitalno vrednost, s katero nadalje operiramo.

Network 2 : BRANJE LASERSKI MERILNIK DESNO

Optimalno delovanje: 200 mm - 350 mm
SICK: 100 mm - 600 mm
Leuze: 50 mm - 450 mm

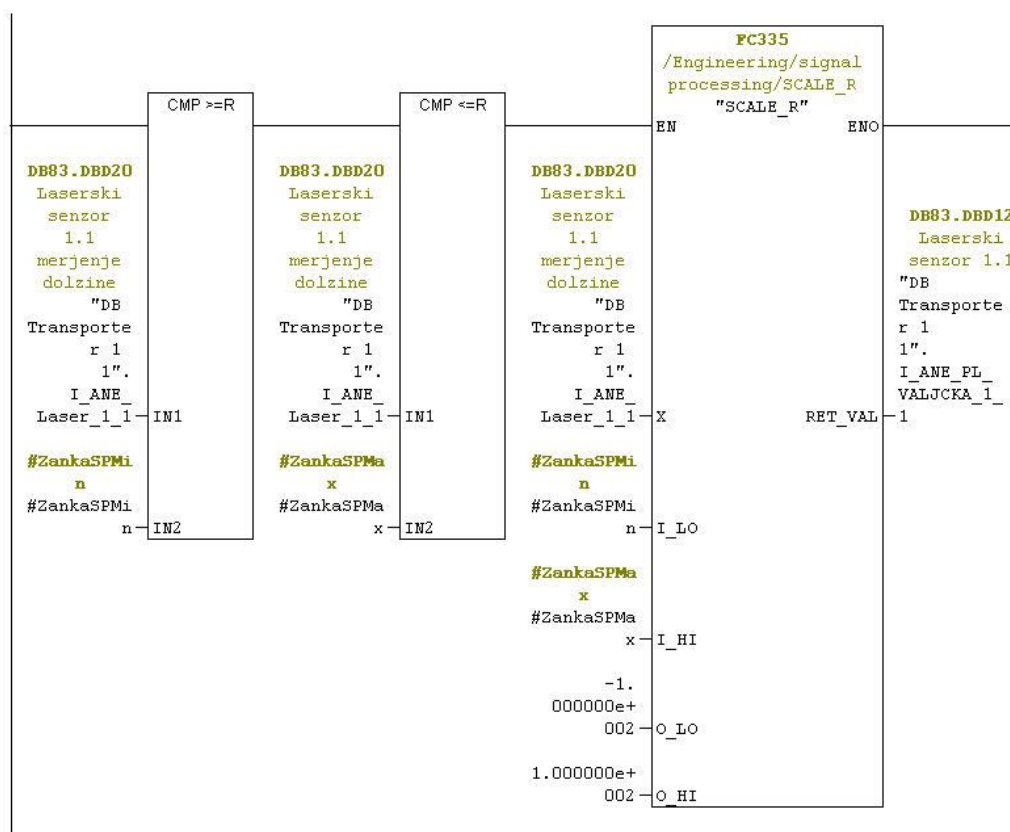


Slika 5.8: Branje analognih vrednosti

Najprej iz recepta preberemo želeno pozicijo zanke. Vrednosti dodamo in odštejemo 100 mm in tako dobimo zahtevani mejni vrednosti pozicije zanke. V delu programa na sliki 5.9 preverimo, če se dejanska pozicija zanke nahaja v zahtevanem delovnem območju. Nato uporabimo blok za skaliranje vrednosti, ki nam glede na odmik dejanske pozicije od želene, vrne linearno vrednost v določenih mejah. Računamo povprečje dobljenih vrednosti obeh merilnikov in z dobljenim rezultatom uravnavamo hitrost dviznega transporterja. Če se dejanska pozicija zanke ne nahaja v zahtevanem območju, prej omenjeno dobljeno vrednost zmanjšamo ali povečamo za določen faktor, odvisno od tega v katero smer pozicija presega zahtevano.

Network 8 : Plavajoči valjček (laser) v delovnem območju

Comment:



Slika 5.9: Izračun vrednosti za uravnavanje hitrosti dvižnega transporterja

Obloga je mat črne barve in ravne podlage, zato si nismo mislili, da bo pri uporabi laserskih merilnikov, prišlo do kakršnihkoli težav. Najprej smo uporabili laserska merilnika proizvajalca Sick [22] z območjem merjenja do enega metra. Ugotovili smo, da pride do težav z odbojem in prejemom svetlobe v laserskih enotah, ko točki dotika laserskega žarka z oblogo občasno prekrije voda. Na vodni površini se laserski žarek razprši in zato ne prikazuje nikakršne vrednosti, kar si regulator razlaga, kot da gre za neskončno razdaljo, s tem pa pride do izredne pohitritve sistema in posledičnega zategovanja obloge. V program smo dodali parameter, kjer smo spremenili vrednost razdalje, ko senzor signala ne zazna, na neko normalno vrednost. To je bila le začasna rešitev, saj se nemalokrat zgodi, da je stičišče laserskega žarka in obloge več sekund prekrito z vodo. Poizkusili smo z laserskima merilnikoma proizvajalca Sick [22] z območjem merjenja do desetih metrov, saj smo predvidevali, da bo močnejši vir svetlobe imel manj težav z omenjeno problematiko. Navsezadnje smo se odločili za precej dražja merilnika proizvajalca Leuze [21], ki prikazujeta korektne vrednosti v vseh okoliščinah.

Za preverjanje pravilnosti delovanja brizgalno-hladilne linije, potrebujemo podatke o delovanju pogonov celotne linije, zbrane na enem mestu, kar nam omogoča uporabniško okno na sliki 5.10.

Sava

BRIZGALNO - HLADILNA LINIJA

2/16/2011 11:01 AM

OBRATI MOTORJEV NA LINIJI

Vracalec obreznin ZELEN0: 0	Kalander ZELEN0: 0 DEJANSKO: 0	
Polz ZELEN0: 0 DEJANSKO: 0	Rezalni valj ZELEN0: 0 DEJANSKO: 0	

Linija M1 ZELEN0: 0 DEJANSKO: 0	Linija M3 ZELEN0: 0 DEJANSKO: 0	Linija M6 ZELEN0: 0 DEJANSKO: 0
Linija M11 ZELEN0: 0 DEJANSKO: 0	Linija M4 ZELEN0: 0 DEJANSKO: 0	Navijalna naprava 1 ZELEN0: 0 DEJANSKO: 0
Linija M2 ZELEN0: 0 DEJANSKO: 0	Linija M5 ZELEN0: 0 DEJANSKO: 0	Navijalna naprava 2 ZELEN0: 0 DEJANSKO: 0

GLAVNO OKNO

SERVISNA STRAN

NAZAJ

Slika 5.10: Obrati pogonov na brizgalno-hladilni liniji

5.3 TEHTNICA

Prejšnja tehtnica metrske mase je zamenjana z novo tehtnico (Slika 5.11, Tabela 5.3), ki je sestavljena iz masivnega ogrodja in merilnega sistema s štirimi merilnimi celicami proizvajalca Tedeo-Huntleigh [23] (Slika 5.12, Tabela 5.4). Tehtana obloga potuje preko valjčnega transporterja z devetimi prosto vrtečimi se valjčki, ki so na obeh straneh vloženi v okvir. Sila se prenaša preko okvirja na merilne celice. Merilni sistem so naredili na sedežu podjetja Konštrukta [24] na Slovaškem, preko istega podjetja pa smo naročili tudi krmilnik Smart [25] proizvajalca Penko [26], na katerega so povezane merilne celice. Dolžina tehtnice je skrajšana z 1 m na 0,5 m zaradi že prej omenjenega primanjkljaja prostora. Do spremembe je prišlo tudi pri povezavi z glavnim krmilnikom, ki se sedaj vrši preko Ethernet povezave.



Slika 5.11: Tehtnica

proizvajalec	Konštrukta
območje merjenja	0 kg – 20 kg
absolutna negotovost	$\pm 0,003$ kg

Tabela 5.3: Lastnosti tehtnice

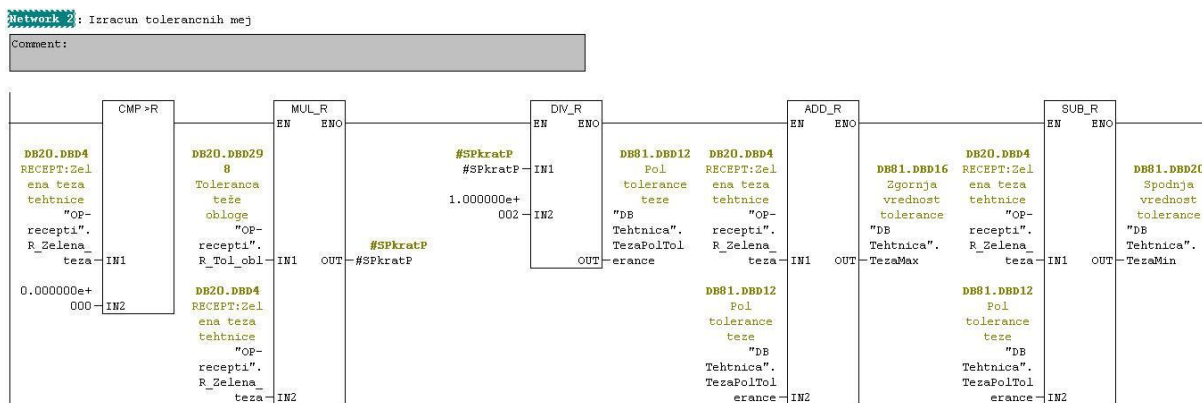


Slika 5.12: Merilna celica

proizvajalec	Tedea-Huntleigh
tip	355 C3
območje merjenja	5 kg – 500 kg
nazivni izhod	2,0 mV/V
relativna napaka nazivnega izhoda	$\pm 0,1$ %

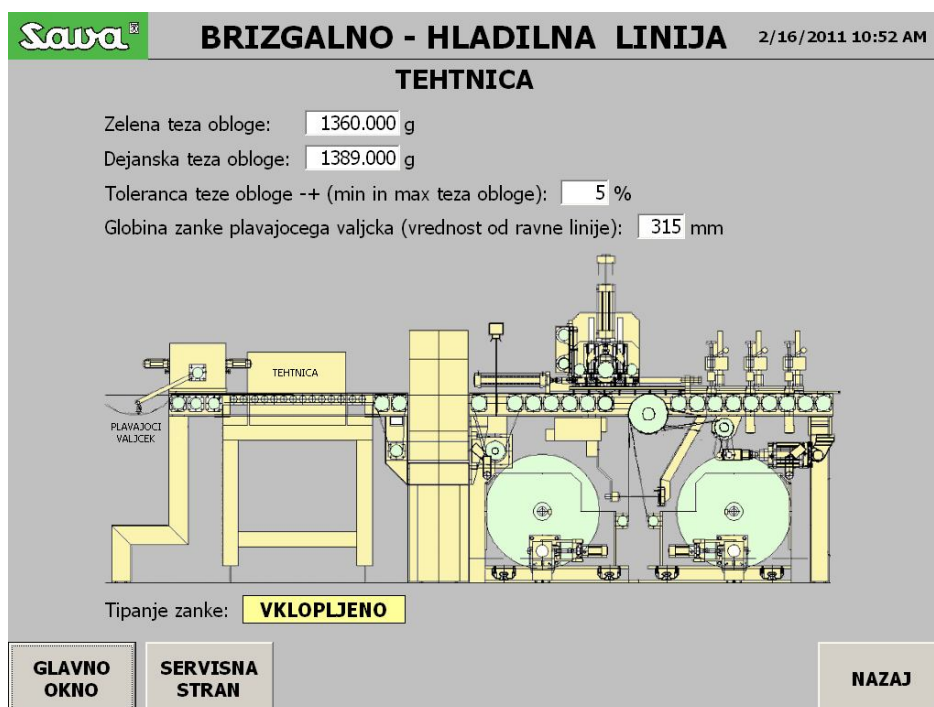
Tabela 5.4: Lastnosti merilnih celic

Tehtnica meri maso obloge in jo primerja s tolerančnima mejama. Kadar teža odstopa od dovoljene, se sproži vizualna signalizacija, ki operaterja podviza k preverbi ustreznosti parametrov in zmesi. Slika 5.13 prikazuje del programa za izračun tolerančnih mej tehtane obloge. Najprej preverimo, da ni prišlo do napak pri vnosu receptov in je želena masa obloge večja od nič. Zmnožimo želeno maso obloge in vneseno toleranco mase obloge podano v odstotkih ter ju v naslednjem koraku delimo s 100, da dobimo vrednost brez odstotkov. Dobljeno vrednost prištejemo in odštejemo od želene mase obloge ter tako dobimo zgornjo in spodnjo tolerančno mejo.



Slika 5.13: Izračun tolerancijskih mej

Pravilno delovanje tehtnice nam sporoča tridelna opozorilna signalizacija nad tehtnico. V primeru mase znotraj tolerancijskih mej sveti srednja zelena luč, v primerih prenizke ali previsoke mase obloge pa sveti spodnja oz. zgornja rdeča luč. Delovanje lahko dodatno spremljamo preko grafičnega vmesnika (Slika 5.14).



Slika 5.14: Tehtnica

5.4 BARVNO OZNAČEVANJE

Enota za barvno označevanje je zaradi pomanjkanja prostora primaknjena bližje k dvignemu transporterju. Kot najpomembneje pa deluje samodejni sistem dviganja konzol z barvami ob neustreznih dimenzijah obloge. Informacije o ustreznosti izdelka sprejema od tehtnice in skenerja.

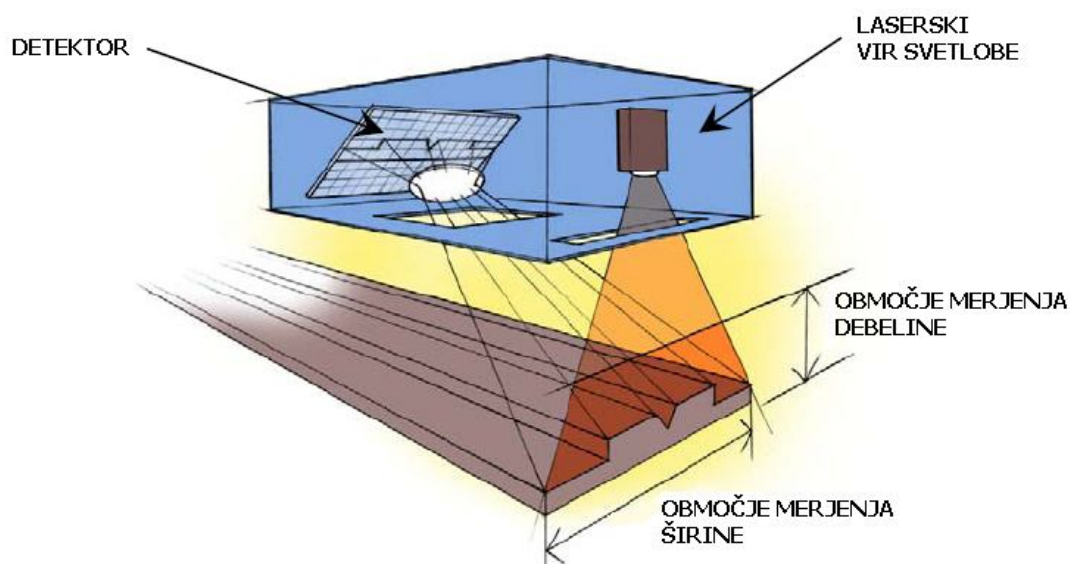
5.5 OPTIČNI ČITALNIK

Optični čitalnik (ang.: scanner) meri presek premikajoče se obloge. Meritev obloge se primerja z zelenimi vrednostmi in dopustnimi mejami odstopanj. Pomembni parametri obloge (Slika 5.15) so debeline krone [5] in bočnice, širina krone, širina obloge, odvečni material predstavlja širina rezanja, pomembna pa je tudi ustrezna teža, za katero poskrbi že omenjena metrska tehtnica.

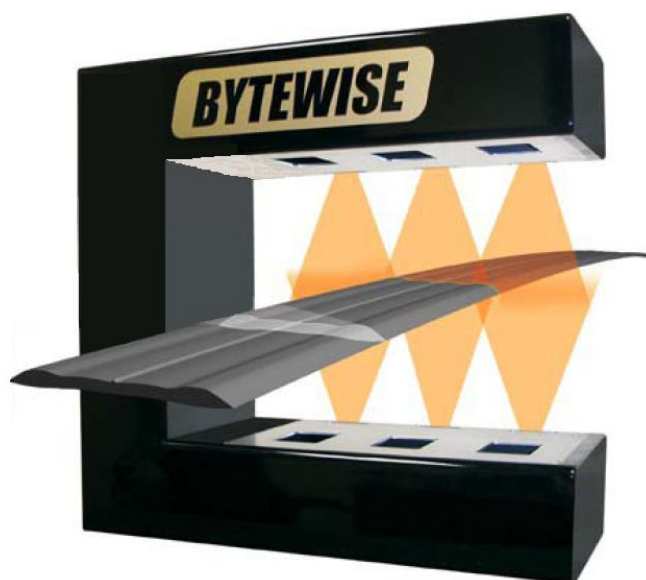


Slika 5.15: Presek obloge s pomembnimi parametri

Sistem uporablja senzorje, katere sestavljata laserski vir svetlobe in detektor z visoko resolucijo (Slika 5.16), ki odčita linijsko svetlobo. Senzorji so združeni v celovit sistem, ki je umerjen in preizkušen v podjetju Bytewise [27]. Sistem lahko vsebuje različno število senzorjev glede na potrebe v proizvodnji. Naš sistem ima vgrajenih osem senzorjev, ki nam omogočajo območje širine merjenja do 600 mm. Senzorji so nameščeni v okvir oblike črke »C«, tako da merijo oblogo z zgornje in s spodnje strani, kot je razvidno s slike 5.17. Okvir omogoča montažo, poravnavo in varovanje senzorjev pred okolico.



Slika 5.16: Delovanje senzorja optičnega čitalnika



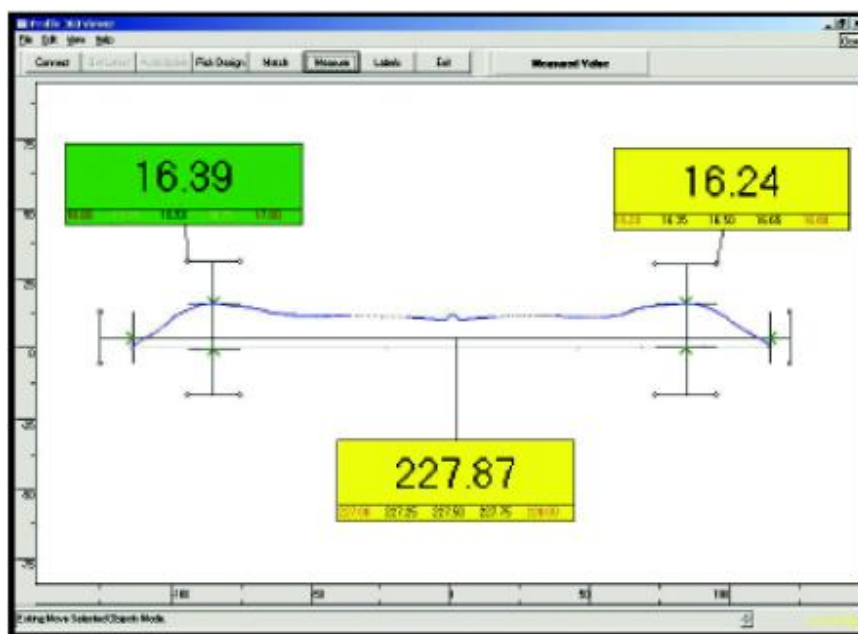
Slika 5.17: Delovanje optičnega čitalnika

Sistem obloge ne meri od roba do roba, temveč omogoča hkratno merjenje celotne obloge, kar je precej bolj natančno, prav tako pa zaradi tega sistem nima gibljivih delov, s čimer pridobi na robustnosti. Lastnosti optičnega čitalnika so podane v tabeli 5.5.

proizvajalec	Bytewise
tip	OLP R8
ločljivost	0,001 mm
območje širine	600 mm
absolutna negotovost širine	$\pm 0,30$ mm
območje debeline	75 mm
absolutna negotovost debeline	$\pm 0,075$ mm
frekvenca zajemanja	7,5 Hz

Tabela 5.5: Lastnosti optičnega čitalnika

Sistem je povezan na lasten osebni računalnik z LCD monitorjem, z njega pa na glavni krmilnik preko Ethernet povezave. Na osebni računalniku je nameščena programska oprema OLP (Slika 5.18), ki nam omogoča zajem podatkov v realnem času, shranjevanje podatkov, prikazovanje podatkov, analiz in slik preseka oblog.



Slika 5.18: Programska oprema OLP

Glede na izmerjene podatke o dimenzijah sistem povratno znančno regulira hitrost linije, tako da ročno merjenje in spreminjanje parametrov hitrosti nista več potrebna. Še vedno pa je potrebno ročno nastavljanje debeline obloge s primikom oz. odmikom kalendarskega valja brizgalnika. Debelino obloge merimo z optičnim čitalnikom, za enkrat pa še ne dobivamo podatka o poziciji kalendarskega valja.

5.6 POLAGANJE PODPROTEKTORJA

Nekateri tipi obloge so iz materiala, ki ni dovolj lepljiv, da bi lahko na konfekciji učinkovito sestavili surovec. V tem primeru na spodnjo stran obloge položimo zelo lepljiv dodaten sloj, debeline le nekaj desetink milimetra, imenovan podprotektor. Sprva naj bi ga dodatno navijali kot vmesno plast kar na konfekcijskem stroju, kar pa je praktično nemogoče ravno zaradi tankosti in lepljivosti. Nastanejo gubice zaradi neenakomernih napetosti polaganja in zaradi tega je potrebno celoten plašč izločiti na izmet. Prav tako mora biti podprotektor zaradi določenih sestavin spojen z oblogo, ko je ta še vroča. Zaradi omenjenih lastnosti je edina možnost, da se podprotektor polaga na brizgalno-hladilni liniji.

Sistem se ne uporablja le za polaganje podprotektorja. Nekatere vrste obloge pri navijanju z ovojnim blagom na navijalnih enotah izgubijo na lepljivosti. Sistem za polaganje podprotektorja omogoča polaganje plastične zaščitne folije pod oblogo in s tem ohranitev lepljivosti, ne glede na kasnejše navijanje z ovojnim blagom.

Sistem za polaganje podprotektorja (Slika 5.19) vsebuje dve odvijalni enoti, ki sta zadolženi za kontinuirano polaganje materiala. Odvijalni enoti nimata pogona, imata pa vgrajeni pnevmatski zavori, ki skrbita za enakomerno odvijanje. Obe enoti sta postavljeni na vozičkih na linearnih vodilih in sta gnani vsaka s svojim enosmernim linearnim motorjem proizvajalca Erhardt+Leimer [28] (Tabela 5.6). Nad valjčnim transporterjem je postavljen lamelni oz. potisni valj, ki ima tri načine delovanja. V primeru randriranja se samodejno postavi nad randrirni valj, v primeru navijanja podprotektorja se postavi nad napenjalni valj, v primeru običajnega delovanja pa ostane dvignjen nad randrirnim valjem in ne opravlja nobene funkcije. Eden glavnih elementov je ravno premikajoč napenjalni valj, ki skrbi za enakomerno napetost polaganja. Pomik potisnega in napenjalnega valja je voden preko pnevmatskih cilindrov.



Slika 5.19: Sistem za polaganje podprotektorja

proizvajalec	Erhardt+Leimer
tip	AG 257
nominalna sila pozicioniranja	2500 N
nominalna hitrost pozicioniranja	10 mm/s
natančnost pozicioniranja	$\leq \pm 0,2$ mm
napetost vzbujanja	24 V DC
tok vzbujanja	2,9 A DC

Tabela 5.6: Lastnosti linijskih motorjev odvijalnih enot

Vzpostavljeni sta dve zaznavalni mreži, ki skrbita za precizno polaganje podprotektorja ali zaščitne folije. Prvo mrežo sestavljata podolgovat vir rdeče svetlobe s 64. LED diodami in CCD kamera proizvajalca Erhardt+Leimer [28] (Slika 5.20, Tabela 5.7), ki zaznava položaj obloge na valjčnem transporterju. Za procesiranje signala kamere, poskrbi ločen računalniški sistem.



Slika 5.20: CCD kamera

proizvajalec	Erhardt+Leimer
tip	OL 8150
spektralna širina	400 nm – 1000 nm
resolucija	41200 slikovnih elementov
frekvenca zajemanja	3 kHz
napajalna napetost	24 V DC

Tabela 5.7: Lastnosti CCD kamere

Drugo mrežo sestavlja sredinska konzola z dvema pomičnima infrardečima robnima senzorjema podjetja Erhardt+Leimer [28] (Slika 5.21, Tabela 5.8), ki iščeta robova in s tem pozicijo podprotektorja, ki se odvija z odvijalnih enot. Njuno delovanje prikazuje slika 5.22. Oddajnik in prejemnik se nahajata v istem ohišju, na nasprotni strani merjenega objekta pa se nahaja odsevno telo. Oddajnik generira paralelno infrardečo LED svetlobo, ki se odbija od odbojnega telesa, nato pa ga prebere prejemnik s CCD senzorjem. Mikroprocesor oceni signal in pošlje dejansko pozicijo krmilniku. Senzorja sta gnana z enosmernima linearnima motorjema (Tabela 5.9).

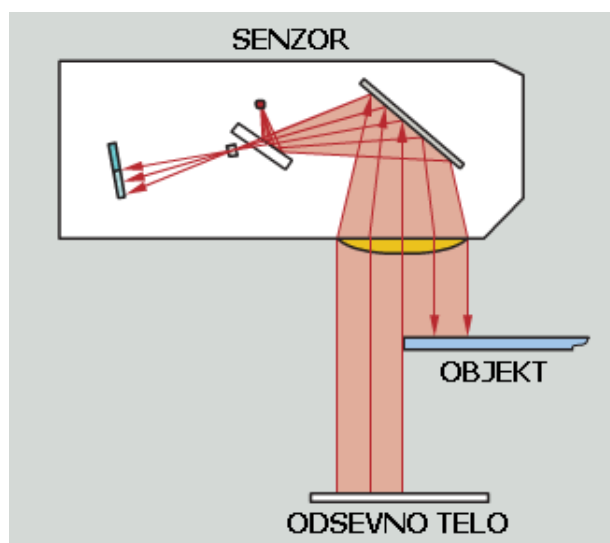
Obe zaznavni mreži sta sinhronizirani, tako da s pomočjo podatkov iz pomičnih infrardečih senzorjev skrbita za centriranje odvijalnih enot glede na položaj obloge na valjčnem transporterju.



Slika 5.21: Infrardeči robni senzor

proizvajalec	Erhardt+Leimer
tip	FR 5001
območje merjenja	± 10 mm
ločljivost	0,02 mm
frekvenca skeniranja	200 Hz
napajalna napetost	24 V DC

Tabela 5.8: Lastnosti infrardečega robnega senzorja



Slika 5.22: Delovanje infrardečega robnega senzorja

proizvajalec	Erhardt+Leimer
tip	VS 4535
največji moment	2 Nm
nominalna sila pozicioniranja	50 N
nominalna hitrost pozicioniranja	70 mm/s
natančnost pozicioniranja	$\leq \pm 0,1$ mm
napajalna napetost	24 V DC
napajalni tok	0,9 A DC

Tabela 5.9: Lastnosti motorjev infrardečih robnih senzorjev

Nad obema odvijalnima enotama se nahajata ultrazvočni sondi proizvajalca Pepperl+Fuchs [29] (Slika 5.23, Tabela 5.10), ki zaznavata debelino materiala na odvijalnem kolutu, tako da preko napenjalnega velja reguliramo enakomerno napetost polaganja. Poleg tega z zvočno signalizacijo sporočita, kdaj se bliža konec materiala in s tem obvestita operaterja, naj zamenja odvijalni enoti. Med odvijalnima enotama in valjčnim transporterjem je montiran refleksno neodvisen laserski senzor proizvajalca Sick [22] (Slika 5.24, Tabela 5.11), ki služi dodatnemu preverjanju prisotnosti materiala.



Slika 5.23: Ultrazvočna sonda

proizvajalec	Pepperl+Fuchs
tip	UB800-F12-I-V15
območje merjenja	30 – 800 mm
čas odzivnosti	100 ms
napajalna napetost	24 V DC

Tabela 5.10: Lastnosti ultrazvočnih sond



Slika 5.24: Laserski senzor

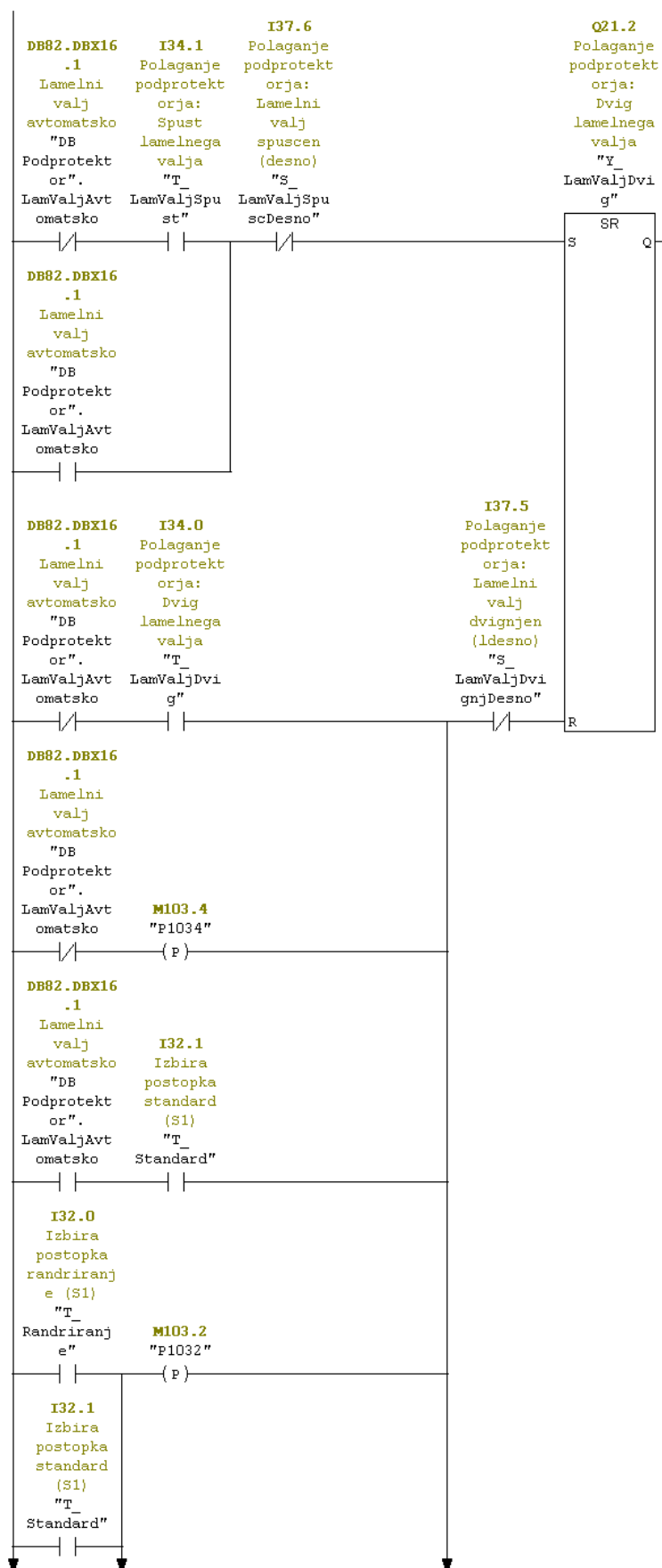
proizvajalec	Sick
tip	WTB27-3P2461S24
območje merjenja	100 – 2000 mm
čas odzivnosti	1,5 ms
napajalna napetost	24 V DC

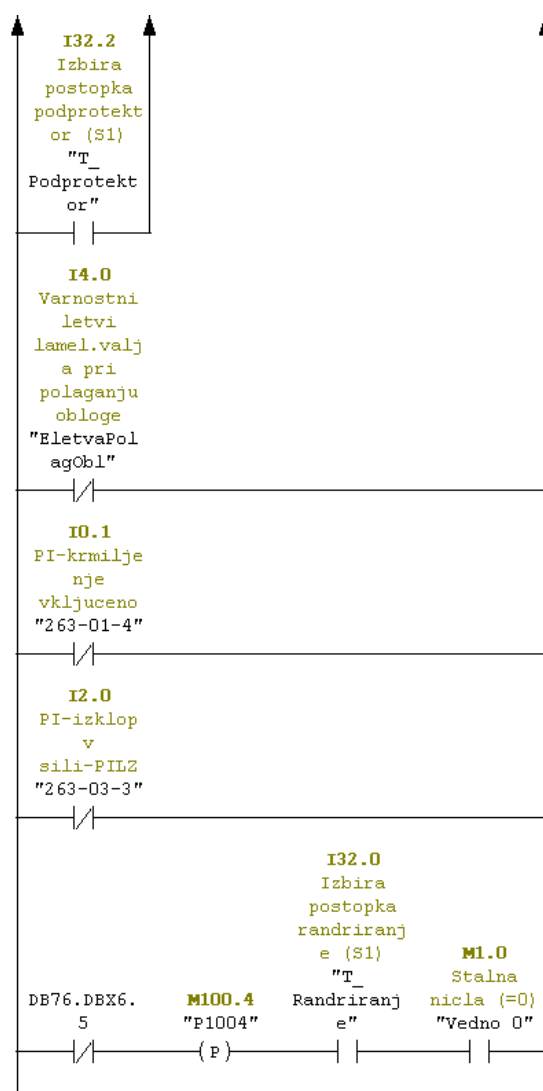
Tabela 5.11: Lastnosti laserskega senzorja

Slika 5.25 prikazuje del programa za dvig potisnega valja. Uporabili smo set-reset flip-flop, ki je spominski element, ki zadrži logično enko vhoda »S«, četudi vrednost le-tega pade na logično ničlo. Flip-flop da na izhodu logično ničlo v trenutku, ko se postavi vhod »R« na logično enko. V primeru da sta oba vhoda postavljena, je logično stanje flip-flopa logična ničla. Zaradi obratne nastavitve ventila se potisni valj dviga, kadar je flip-flop v stanju logične ničle, saj moramo upoštevati varnostne pogoje, ki zahtevajo, da se v stanju brez napetostni potisni valj dvigne. Zato smo na vhod »S« pripeljali pogoje za spust potisnega valja, na vhod »R« pa dvižne in varnostne pogoje.

Network 54 : Dvig lamelnega valja

Comment:



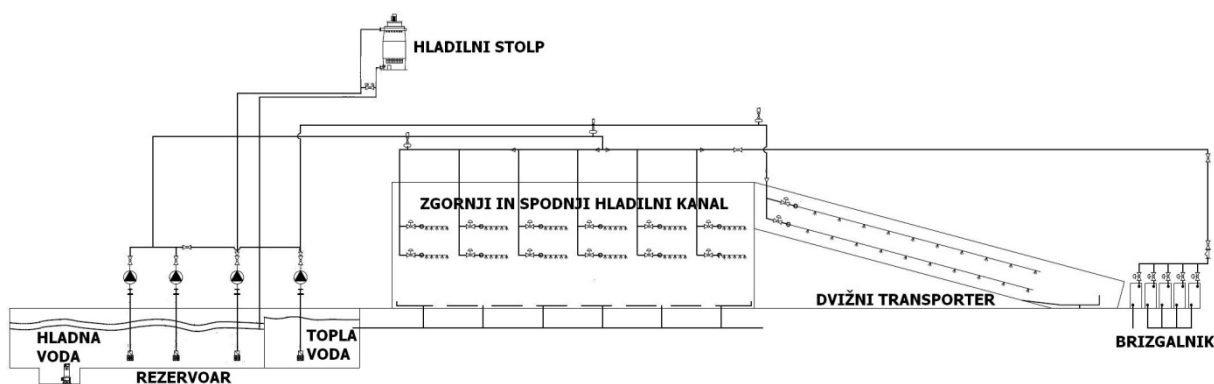


Slika 5.25: Dvig potisnega valja

Pri zagonu smo imeli precej težav z vzpostavitvijo sistema. Že samo fizično nameščanje CCD kamere zahteva precej truda in preciznosti, saj je zadeva zelo občutljiva in zahteva izredno natančno namestitvev. Problem je predstavljalo tudi odsevno telo druge zaznavalne mreže, ki je bilo sicer precej natančno sestavljeno iz treh delov, a je že minimalna prekinitev v stiku med dvema deloma vplivala na zaznavanje občutljivih infrardečih robnih senzorjev ločljivosti 0,02 mm. Naročili smo novo odsevno telo, ki deluje v skladu z zahtevami. Še večje težave so nastopile pri umerjanju druge zaznavalne mreže, kjer je bila problematična sinhronizacija pomika in zaznavanja infrardečih robnih senzorjev. Imeli smo precejšnjo srečo, saj je bil ravno takrat pri nas strokovnjak iz podjetja Erhardt+Leimer [28]. Skupaj smo, kljub njegovemu znanju, potrebovali dva dni, da smo dosegli optimalno delovanje.

5.7 HLADILNI SISTEM

Shema prenovljenega hladilnega sistema prikazuje slika 5.26.



Slika 5.26: Shema hladilnega sistema

Z rekonstrukcijo hladilnega sistema so nameščene nove črpalke proizvajalca Grundfos [30] (Slika 5.27), in sicer dve izmenični na sistemu dovoda hladne vode (Tabela 5.12) ter po ena na sistemu tople vode in hladilnega stolpa (Tabela 5.13). Dodana je tudi nova potopna črpalka za črpanje umazane vode (Tabela 5.14). Črpalke imajo na motorju vgrajen frekvenčni regulator. Prav tako imajo tipanje zalitosti in so samostojno regulirane na osnovi konstantnega tlaka preko zunanjega tlačnega senzorja, kar pomeni večjo fleksibilnost sistema in enostaven odziv sistema na zaprtje posamezne veje. S tem je vzpostavljena možnost vklopov in izklopov črpalke glede na delovanje linije. Izklop ob daljši zaustavitvi se izvede s tipko na operatorskem pultu ali samodejno ob nedelovanju linije več kot 15 minut, zagon črpalke pa se izvede z vklopom linije.



Slika 5.27: Črpalke hladilne linije

proizvajalec	Grundfos
moč	7,5 kW
največji pretok	50 m ³ /h
najvišja višina	30 m
napajalna napetost	3x400 V AC

Tabela 5.12: Lastnosti črpalok hladne vode

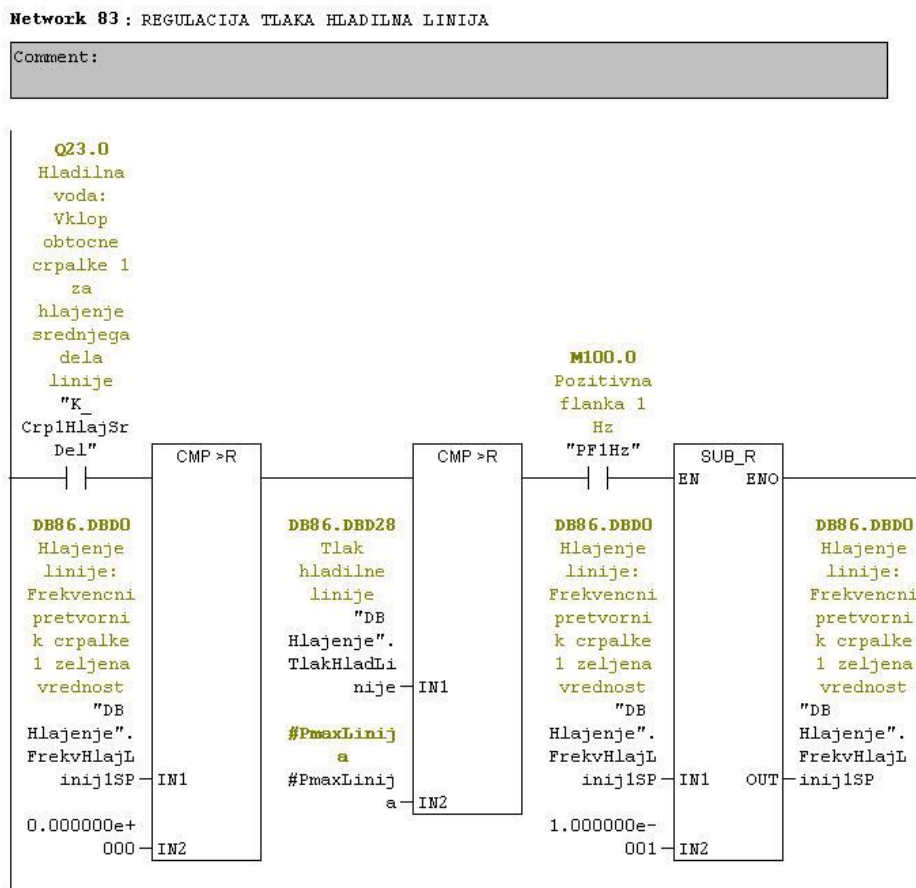
proizvajalec	Grundfos
moč	3,0 kW
največji pretok	15 m ³ /h
najvišja višina	30 m
napajalna napetost	3x400 V AC

Tabela 5.13: Lastnosti črpalok tople vode in hladilnega stolpa

proizvajalec	Grundfos
moč	2,5 kW
največji pretok	12 m ³ /h
najvišja višina	3 m
napajalna napetost	3x400 V AC

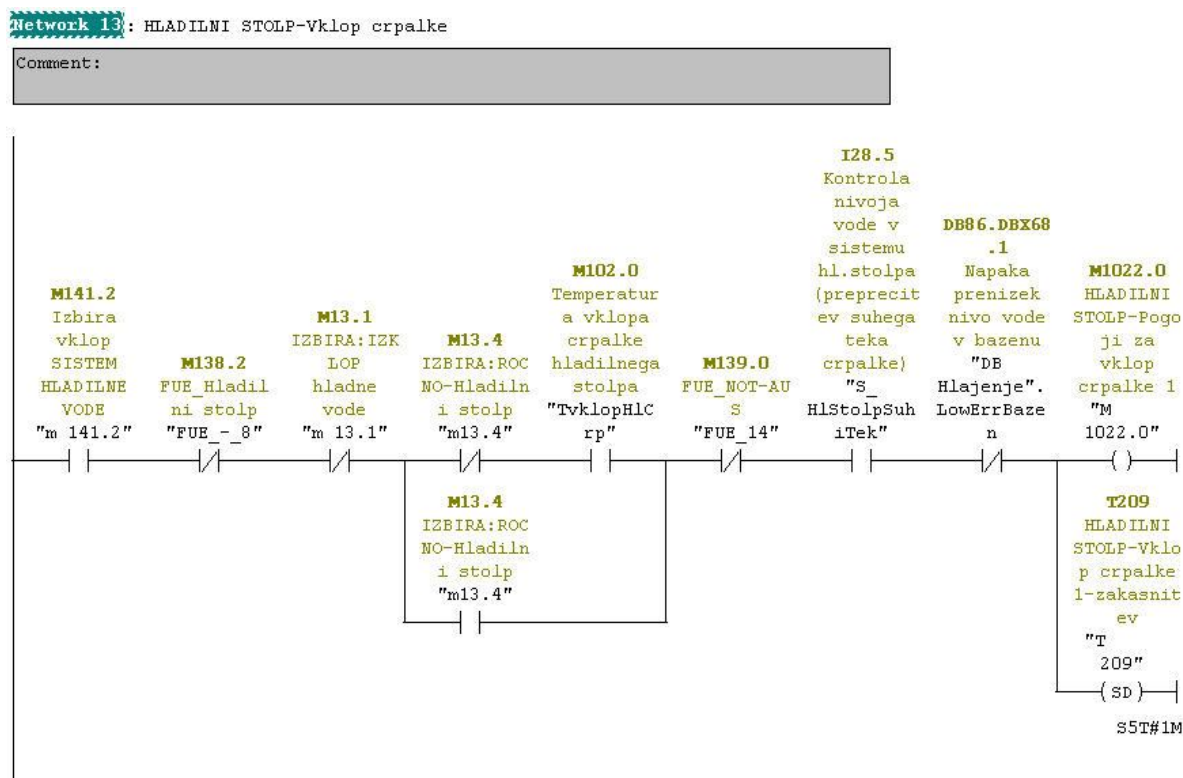
Tabela 5.14: Lastnosti potopne črpalke

Regulacija vseh črpalk je narejena po enakem principu. Za odčitavanje dejanskega tlaka uporabimo funkcijski blok za branje analognih vrednosti, ki prebere vrednost z vhodne analogne kartice na krmilniku na katero je povezan tlačni senzor. Onemogočimo vrednost želenega tlaka izven absolutnih meja (0 bar in 6 bar), tako da v dotičnem primeru namesto dejanske želene vrednosti vpišemo njeno mejo. Določimo še spodnjo in zgornjo mejo odstopanja pri katerem začnemo regulirati. Glede na to ali je dejanska vrednost tlaka manjša oz. večja od meje odstopanja, vsako sekundo povečamo oz. zmanjšamo želeno vrednost tlaka frekvenčnega pretvornika za 0,1 bar, dokler ne pridemo znotraj mej odstopanj. Želeno vrednost tlaka frekvenčnega pretvornika spremenimo v analogno vrednost s pomočjo funkcijskega bloka za postavljanje analognih vrednosti in jo pošljemo preko analogne izhodne kartice na krmilniku do frekvenčnega pretvornika. Slika 5.28 prikazuje regulacijo tlaka prve črpalke hladne vode okoli zgornje meje odstopanja.



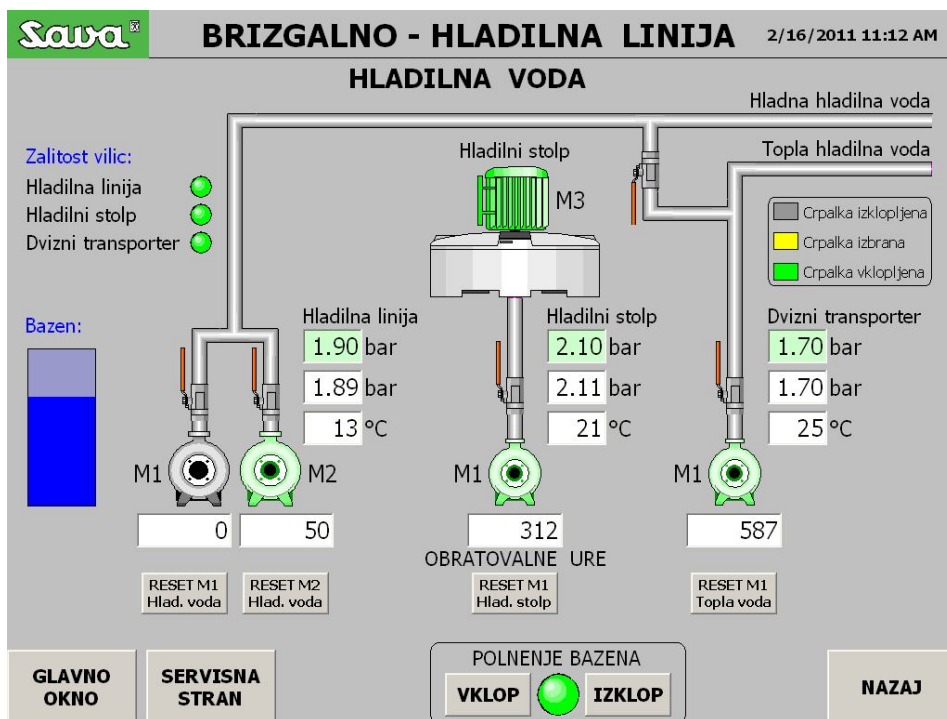
Slika 5.28: Regulacija tlaka črpalke hladilne vode

Slika 5.29 prikazuje del programa, ki služi preverjanju pogojev za vklop črpalke hladilnega stolpa. Potrebno je izpolniti vrsto pogojev, kot so preverba možnih napak na sistemu, aktivacija določenih tipk, ustrezna temperatura medija, zadostna količina vode v rezervoarju, tipanje zalitosti črpalke, itd. Ko je vsem pogojem zadoščeno, se po izteku ene minute izvede dejanski zagon črpalke.



Slika 5.29: Preverjanje pogojev za vklop črpalke hladilnega stolpa

Delovanje osnovnih funkcij hladilnega sistema je prikazano na grafičnem vmesniku (Slika 5.30). V omenjenem oknu lahko določamo želeni tlak posameznega podsistema ter gledamo dejanski tlak in temperaturo preko senzorjev, nameščenih na izstopu medija iz črpalke. Na istem mestu preverjamo tudi zalitost črpalke. Pomembna je količina vode v podtalnem rezervoarju. Če pade nivo vode pod 10 %, se vklopi opozorilo, sistem pa začne samodejno polniti rezervoar z vodo iz vodovoda. V shemi hladilnega sistema je označeno delovanje posameznih črpalke in ventilatorja v hladilnem stolpu, beleži pa se tudi število obratovnih ur posamezne črpalke, kar še posebej pride do izraza pri izmenjajočih se črpalkah hladne vode.



Slika 5.30: Hladilni sistem

Celotna dolžina hlajenja z vodo znaša 48 m, poraba hladilne vode pa dobrih 500 l/min pri tlaku treh barov.

Stari cevovodi so zamenjani z novimi iz nerjavečega materiala rostfrei, zamenjano pa je tudi precejšnje število dotrajanih ventilov.

5.8 SUŠILNA ENOTA

Za izboljšanje sušenja smo zagotovili večjo hitrost pretoka zraka z novim radialnim ventilatorjem proizvajalca Rosenberg Klima [31] (Tabela 5.15), ki je opremljen s protihrupno zaščito. Vgradili in nastavili smo tudi nov frekvenčni pretvornik Altivar 61 [32] proizvajalca Schneider [33] (Slika 5.31), ki omogoča višanje frekvence ventilatorja do 105 Hz. Večja hitrost pretoka zraka je pogoj, da zrak odnese vodne kapljice s površine obloge. Sušenje s toplim zrakom ni ustrezno, saj s tem vodo in vodne primesi posušimo na površini ter tako površino kontaminiramo.

proizvajalec	Rosenberg Klima
moč	15,0 kW
tok	32 A
vrtljaji	6250 min ⁻¹
največji pretok	50 m ³ /min
napajalna napetost	3x400 V AC

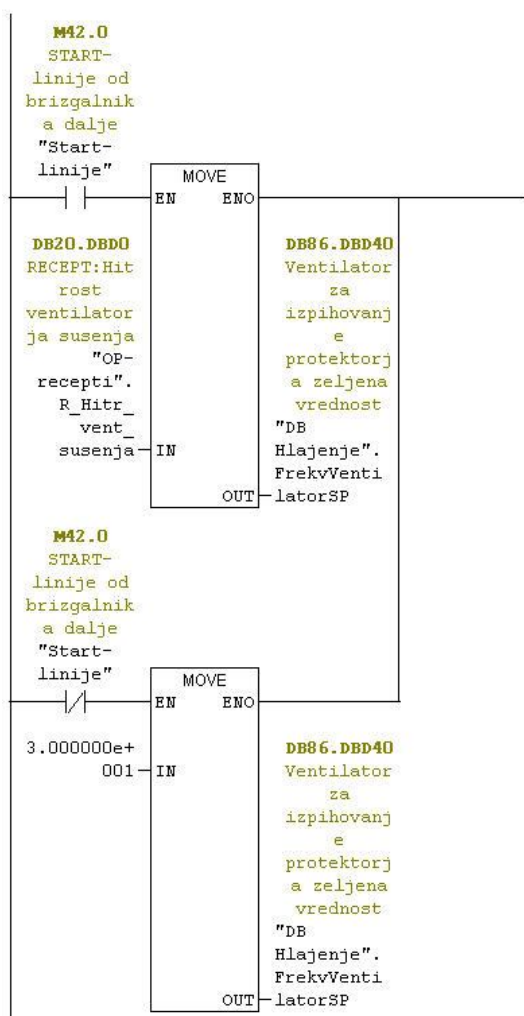
Tabela 5.15: Lastnosti ventilatorja sušilne enote



Slika 5.31: Frekvenčni pretvornik Altivar 61

Network 7: Hitrost ventilatorja

Comment:



Slika 5.32: Določanje frekvence ventilatorja

5.9 NAVIJALNI ENOTI

Navijalcu smo omogočili enostaven pomik prve navijalne enote iz linije in nazaj v linijo s pritiskom na ustrezno tipko. Pomik navijalne enote izvaja pnevmatski cilinder, ki je krmiljen z elektromagnetnim pnevmatskim ventilom. Varovanje ob pomiku je izvedeno z varnostnim gumenim odbojnikom, ki v primeru dotika zaustavi pomik, ne povzroči pa zaustavitve celotne linije. Slika 5.33 prikazuje prenovljen sistem prve navijalne naprave.

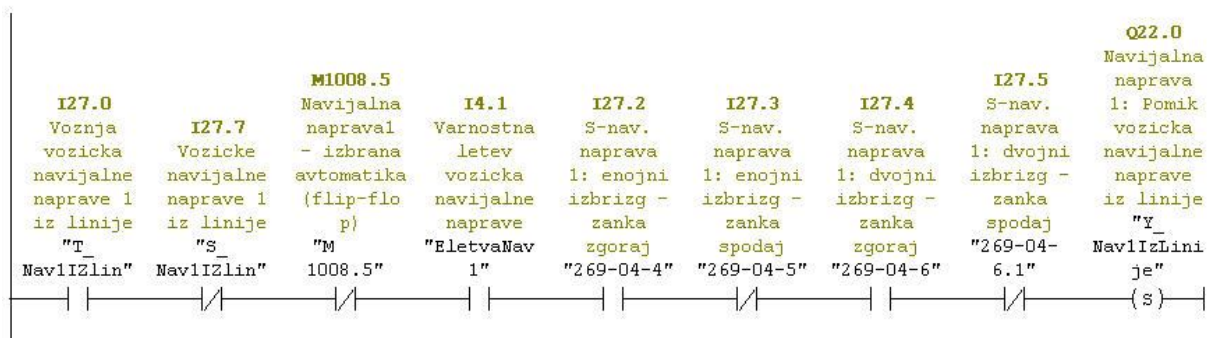


Slika 5.33: Navijalni enoti

Na sliki 5.34 vidimo del programa, ki izvaja pomik prve navijalne enote iz linije. Tako za izvajanje pomika, kot tudi za prekinitev obstaja vrsta pogojev, ki skrbijo za varno delovanje enote.

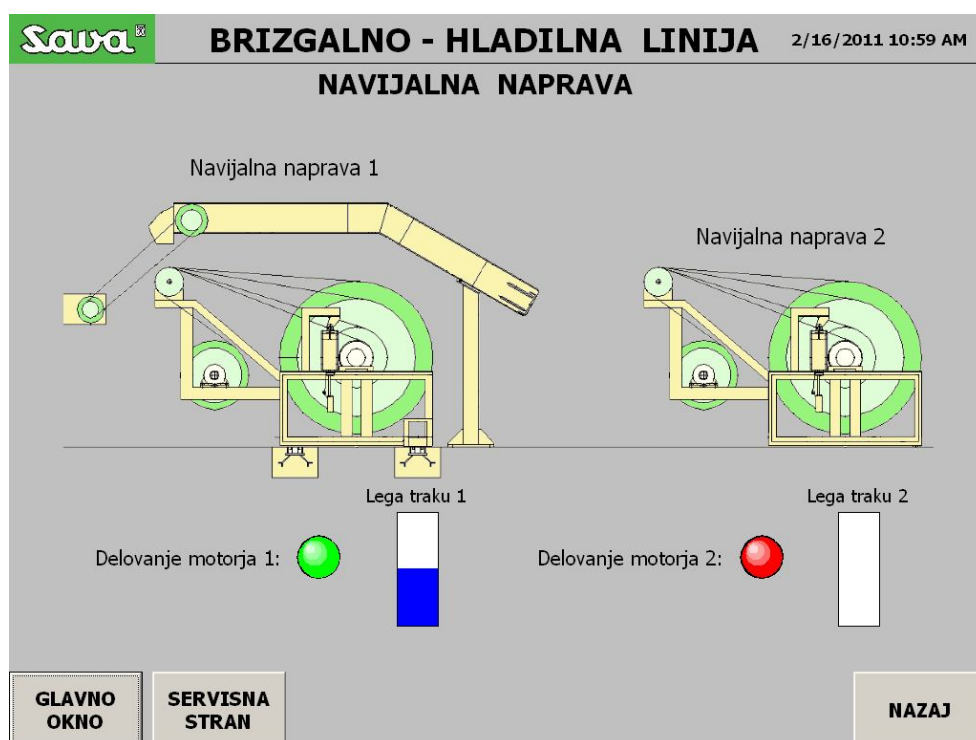
Network 22: Navijalna naprava 1: Pomik vozicka navijalne naprave iz linije

Comment:



Slika 5.34: Pomik prve navijalne enote iz linije

Grafični vmesnik nam prikazuje, katera navijalna enota je trenutno v obratovanju in če je vse v redu s tipanjem zanke obloge dotične enote (Slika 5.35).



Slika 5.35: Navijalni napravi

5.10 OPERATERSKI PULT

Na operatorskem pultu se nahajajo tipke, stikala in signalne lučke, potrebne za zagon in upravljanje z brizgalno-hladilno linijo (Slika 5.36).



Slika 5.36: Operatorski pult

Obstoječi na dotik občutljiv operatorski panel smo zamenjali z osebnim računalnikom, industrijskim monitorjem proizvajalca Advantech [34], pritrjeno tipkovnico in računalniško miško. Nismo se odločili za različico, ki je občutljiva na dotik, saj so pogoji za delo v hali precej težki, zaradi česar pogosto pride do številnih poškodb opreme. Omenjen sistem je mnogo cenejši, poleg tega pa v primeru okvare tipkovnice, miške ali monitorja, le-te lahko zamenjamo v nekaj trenutkih.

Komunikacijo med krmilnikom in operatorskim panelom smo prej vršili preko povezave Profibus, sedaj pa komunikacija krmilnika z vmesniškim osebnim računalnikom poteka preko Ethernet povezave. Tudi povezave krmilnika na globalno omrežje prej ni bilo, zato se je bilo ob kakršnemkoli posegu v sistem potrebno s prenosnim računalnikom odpraviti v proizvodno halo do stikalne omare. Sedaj lahko spreminjamo tako program krmilnika kot grafični vmesnik iz pisarne.

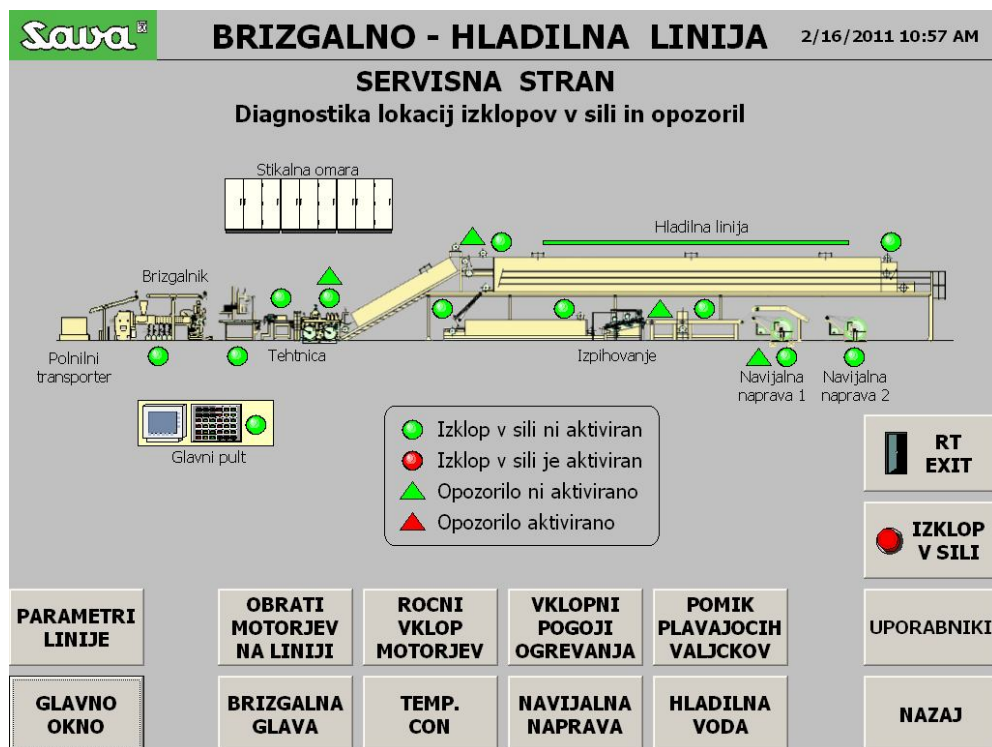
5.11 VARNOST NA LINIJI

Zaradi sprememb na liniji smo dodali pet novih stikal za izklop v sili in tri varnostne gumene odbojnike, ki za spremembo od stikal za izklop v sili, služijo zaustavitvi določene enote in ne celotnemu izklopu linije. Dva gumena odbojnika smo dodali na vsako stran pritisnega valja, enega pa na prvo navijalno napravo.

Prestavili smo nosilni steber zgornjega dela hladilne linije pri prvi navijalni napravi, saj je zaradi avtomatičnega pomika naprave pri menjavi bobna obstajala nevarnost stisnjenja navijalca.

Prav tako je bilo dodanih nekaj zaščitnih ograd in verig za preprečitev dostopa do nevarnih območij linije.

V novem grafičnem vmesniku je okno servisna stran zaščiteno z geslom in omogoča dostop do vseh preostalih funkcij grafičnega vmesnika (Slika 5.37). Poleg tega prikazuje diagnostiko aktiviranih izklopov v sili in drugih varnostnih stikal.



Slika 5.37: Servisna stran

Zelo pomembna zadeva so obvestila o napakah na liniji, katera se na zaslonu prikažejo v trenutku, ko do omenjenih napak pride (Slika 5.38). Obvestilo o napakah ima prioriteto pred ostalimi funkcijami grafičnega vmesnika in se pomanjša v utripajoč opozorilni trikotnik šele po potrditvi operaterja. V primeru resnejše napake se delovanje linije ustavi, obvestilo pa se ne umakne, dokler napaka ni odpravljena. V program smo do sedaj vpisali 109 možnih napak, verjetno pa jih bo do konca obdobja testiranja linije dodanih še več.



Slika 5.38: Obvestilo o napakah

6. ZAKLJUČEK

Cilj diplomske naloge je prenova in posodobitev brizgalno-hladilne linije za izdelavo polizdelkov gumenih plaščev v podjetju Savatech, d.o.o. Izvedli smo več izboljšav obstoječe linije in dodali precejšnje število novih elementov ter s tem dosegli zanesljivejše delovanje in proizvodnjo kakovostnejših izdelkov. Vgradnja skrčevalnega transporterja, optičnega čitalnika in nove metrske tehtnice omogoča natančnejše meritve pomembnih parametrov obloge in s tem tudi izboljšano regulacijo delovanja brizgalnika. Delo operaterjev je olajšano s pomočjo samodejnega pomika navijalne enote, varnejše z dodatkom številnih varnostnih elementov in prijaznejše z uporabo novega grafičnega vmesnika. Izboljšano je hlajenje oblog in omogočeno je polaganje podprotektorja, kar sta bili že precej kritični zahtevi za normalno delovanje linije.

V kratkem bo dodana merilna letev za merjenje preseka matrice in pozicije kalendarskega valja, s čimer bomo omogočili samodejno regulacijo debelin oblog. S tem korakom bomo dosegli popolnoma samostojno delovanje brizgalnika.

Krmilnik je povezan v omrežje, kar nam omogoča dostop do pregledovanja in upravljanja z brizgalno-hladilno linijo na daljavo. S tem pa je omogočena še pomembnejša povezava linije v centralni nadzorni sistem, ki je naš naslednji projekt za prihodnost.

7. LITERATURA

- [1] SAVATECH, <http://www.savatech.si/pdf/SAVATECH.pdf>
- [2] SAVATECH – VELO, <http://www.savatech.si/pdf/PLASCI-SLO.pdf>
- [3] SAVATECH – PLANT INŽENIRING,
<http://www.savatech.si/projektiranje-in-ineniring.html>
- [4] J. E. Mark, B. Erman, F. R. Eirich, *The science and technology of rubber, third edition*, Elsevier Academic Press, 2005
- [5] Terezija Leben-Pivk, *Gumarski slovar: Trijezični razlagalni slovar gumarskega izrazja*, Sava Kranj, 1995
- [6] S. Bedenk, B. Ahčin, *Izobraževalni gradivo s področja gumarstva: Procesi predelave*, Savatech, 2008
- [7] F. W. Billmeyer, *Textbook of polymer science*, John Wiley & Sons, 1984
- [8] C. T. Jones, *STEP7 in 7 Steps*, 2006
- [9] Hans Berger, *Automating with SIMATIC*, Schtiel, 2008
- [10] SIEMENS AUTOMATION, <http://www.automation.siemens.com>
- [11] Rihard Karba, *Gradniki sistemov vodenja*, Založba FE, 1994
- [12] CCD KAMERA,
http://www.globalspec.com/industrial-directory/principle_of_ccd_camera
- [13] TROESTOR, <http://www.troester.de>
- [14] BAUMER HÜBNER, <http://www.baumerhuebner.com>
- [15] VINPROM, <http://www.vinprom.si>
- [16] BALLUFF, <http://www.balluff.com/Balluff>
- [17] REXROTH INDRAMAT, <http://www.boschrexroth.com/corporate/en/index.jsp>
- [18] STÖBER, <http://www.stoeber.de>
- [19] LENZE, <http://www.lenze.de>
- [20] TIM LAŠKO, <http://www.fragmat.si/slo/index.htm>
- [21] LEUZE, <http://www.leuze.com>
- [22] SICK, <http://www.sick.si>
- [23] TEDEA-HUNTLEIGH, <http://www.vishaypg.com/load-cells>
- [24] KONŠTRUKTA, <http://www.kotaind.sk/en/index.php>
- [25] SMART, <http://www.penko.com/db/leaflets/seq/Smart.pdf>
- [26] PENKO, <http://www.penko.com>

- [27] BYTEWISE, *<http://www.byteWISE.com>*
- [28] ERHARDT+LEIMER, *<http://www.erhardt-leimer.com>*
- [29] PEPPERL+FUCHS, *<http://www.pepperl-fuchs.com>*
- [30] GRUNDFOS, *<http://www.grundfos.si>*
- [31] ROSENBERG KLIMA, *<http://www.rosenberg-klima.si/osnova.html>*
- [32] ALTIVAR 61,
http://www.schneider-electric.com/sites/corporate/en/products-services/automation_and_control/altivar_61.xml
- [33] SCHNEIDER, *<http://www.schneider-electric.com>*
- [34] ADVANTECH, *<http://www.advantech.com>*

IZJAVA

Izjavljam, da sem diplomsko delo izdelal samostojno pod vodstvom mentorja doc. dr. Boštjana Murovca, univ. dipl. inž. el. Izkazano pomoč drugih sodelavcev sem v celoti navedel v zahvali.

Kranj, marec 2011

Igor Šalković