

ŠOLSKI CENTER VELENJE
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

DIPLOMSKA NALOGA

Velenje, november 2007

Janko ŠAUPERL

ŠOLSKI CENTER VELENJE
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA
Trg mladosti 3
3320 VELENJE

Naziv podjetja in naslov:
Radenska d.d.
Boračeva 37
9502 RADENCI

DIPLOMSKA NALOGA
V VIŠJEŠOLSKEM STROKOVNEM IZOBRAŽEVALNEM PROGRAMU
ELEKTRONIKA

**REKONSTRUKCIJA KRMILJA BATNEGA
KOMPRESORJA S PLC KRMILNIKOM**

Avtor: Janko ŠAUPERL

Mentor na šoli: Cveto FENDRE, univ. dipl. inž.

Mentor v podjetju: Tomaž ANTOLIČ, univ. dipl. inž.

Velenje, november 2007

ŠOLSKI CENTER VELENJE
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA
Trg mladosti 3, 3320 VELENJE

Številka diplomske naloge: 2/2007-o

Datum odobritve: 15.01.2007

SKLEP O ODOBRTVI NASLOVA IN TEME DIPLOMSKE NALOGE

Študijska komisija za višješolski izobraževalni program ELEKTRONIKA je obravnavala vlogo za odobritev naslova in teme diplomske naloge, ki jo je vložil kandidat:

JANKO ŠAUPERL, vpisan pod številko 12110035400, in odobrila naslov diplomske naloge:

REKONSTRUKCIJA KRMILJA BATNEGA KOMPRESORJA S PLC KRMILNIKOM

Tema diplomske naloge je povezana s predmetnim področjem KRMILNI IN REGULACIJSKI SISTEMI.

Kandidatu sta imenovana mentorja:

na šoli: CVETO FENDRE, UNIV. DIPL. INŽ.

in

v podjetju: TOMAŽ ANTOLIČ, UNIV. DIPL. INŽ.



Predsednica študijske komisije: mag. Irena Vodopivec

[Signature of Irena Vodopivec]

Ravnatelj VSŠ: mag. Milan Meža

[Signature of Milan Meža]

ZAHVALA

Za pomoč pri izdelavi diplomske naloge se za strokovno usmerjanje in nasvete zahvaljujem mentorju na šoli, **g. Cvetu FENDRETU**. Prav tako se zahvaljujem mentorju v podjetju, **g. Tomažu ANTOLIČU**, in sodelavcem, ki so mi pomagali pri izvajanju del. Zahvaljujem se tudi podjetju Radenska d.d. Radenci, ki mi je omogočilo izvedbo diplomske naloge. Nazadnje se moram zahvaliti tudi družini, ki mi je ves čas študija stala ob strani in me na tej poti podpirala.

POVZETEK

Razvoj moderne elektronske industrije nam ponuja vedno nove možnosti obnove obstoječih strojev, da bi izboljšali njihove lastnosti in s tem povečali njihove uporabne vrednosti. Na ta način je možno tudi stare, zastarele stroje obnoviti in jih tako dvigniti na trenuten nivo tehnike, da bi ohranjali konkurenčnost podjetja na tržišču. Zastareli stroji postanejo zaradi dragih rezervnih delov in potrebnega vzdrževanja hitro predragi in s tem neuporabni. Zaradi tega je v diplomski nalogi obdelan način, kako z uporabo moderne elektronske in komunikacijske tehnike na to odgovorimo in s tem bistveno izboljšamo naše konkurenčne prednosti.

To diplomsko delo obravnava zamenjavo krmilja batnega kompresorja, ki je prej delovalo v relejski tehniki, z modernim krmilnikom in frekvenčno regulacijo dvohitrostnega motorja. S tem bo odpravljena slabost starega krmilja, ki je v primeru majhne proizvodnje plina zahtevalo razbremenitev kompresorja ali ročni izklop. Možnost uporabe obstoječega večjega kompresorja pri nizki proizvodnji plina ni smiselna, ima namreč preveliko kapaciteto, deluje v polovično razbremenjenem režimu in troši preveč energije.

Po tukaj obdelani nadgradnji in dvigu krmilja batnega kompresorja na trenuten nivo tehnike dobi ta povsem novo uporabno vrednost, ki se kaže predvsem v nižji porabi energije, nižjih stroških vzdrževanja in potrebi po le občasni navzočnosti operaterja. V primeru okvare krmilnik preko nadzornega sistema samodejno pokliče operaterja na njegov mobilni telefon.

DIE ZUSAMMENFASSUNG

Die modernen Entwicklungen der heutigen Elektronikindustrie bieten ständig neue Möglichkeiten existierende Anlagen und ihre Verwendungsarten zu erneuern und ihr Einsatzgebiet zu erweitern. Auf diese Weise gelingt es auch vermeintlich veraltete Anlagen auf den Stand der Technik zu bringen und damit die Wettbewerbsfähigkeit einer Firma am Markt zu erhalten. Da alte Anlagen durch Ersatzteil- und Wartungsbedarf schnell teuer in ihrem Einsatz werden können, wurde in dieser Diplomarbeit überlegt wie durch den Einsatz moderner Elektronik- und Kommunikationstechnologie diese Fragestellung entscheidend verbessert werden kann.

Diese Diplomarbeit behandelt die Aufrüstung einer Kolbenkompressorsteuerung, die ursprünglich in Relais-technik ausgeführt war, auf Elektronik. Auch wurde der Nachteil der alten Steuerung beseitigt, die es erforderlich machte, dass bei Auftreten von Gasmangel bei den zwei vorgesehenen Geschwindigkeiten manuell Ventil geschaltet wurde um den Kompressor zu entlasten. Die auch mögliche Lösung einen vorhandenen größeren Kompressor zu verwenden musste verworfen werden, da ein solcher Kompressor bei niedrigen Produktionsspitzen eine zu hohe Kapazität zur Verfügung stellt und damit unnötig viel Energie verbraucht.

Nach der, durch diese Diplomarbeit erfolgten elektronischen Aufrüstung des Kompressorsystems auf den Stand der Technik erhält dieses einen völlig neuen Gebrauchswert, welcher sich in verringertem Energiebedarf, geringerem Instandhaltungsaufwand und damit geringeren Kosten und einer nur zeitweise notwendigen Überwachung dokumentiert, da bei Störungen die Steuerung automatisch den Operateur über das Mobiltelefon herbeiruft.

KAZALO VSEBINE

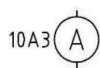
1	UVOD.....	1
1.1	Splošno	1
2	ZMOGLJIVOST KOMPRESORJEV	5
3	OPIS DELOVANJA KOMPRESORJA.....	6
4	TEHNIČNO POROČILO.....	7
4.1	Projektna naloga	7
4.2	Tehnično poročilo elektro instalacij	7
4.2.1	Zaščita pred udarom el. toka.....	7
4.2.2	Seznam in opis vgrajene opreme v razdelilcu	9
4.2.3	Predelava krmilja kompresorja.....	16
4.2.4	Programiranje krmilnika C7-621.....	18
4.3	Posluževanje kompresorja	22
5	ANALIZA DELOVANJA PO PREDELAVI	25
6	EKONOMSKI DEL	30
7	ZAKLJUČEK	33
8	VIRI IN LITERATURA.....	34
9	PRILOGE	35

Seznam slik:

Slika 1:	Ločilniki.....	2
Slika 2:	Zbiralni balon.....	2
Slika 3:	Mali batni kompresor.....	3
Slika 4:	Veliki batni kompresor.....	3
Slika 5:	Sušilnik in filter.....	3
Slika 6:	Hladilni agregat.....	3
Slika 7:	Končni zbiralnik.....	3
Slika 8:	Tehnološka shema.....	4
Slika 9:	Kompresor.....	6
Slika 10:	Krmilnik C7-621.....	13
Slika 11:	Frekvenčni pretvornik serije 650V.....	14
Slika 12:	Posluževalni panel frekvenčnega pretvornika.....	14
Slika 13:	Temperaturni pretvornik.....	16
Slika 14:	Notranjost razdelilca pred predelavo.....	17
Slika 15:	Notranjost razdelilca po predelavi.....	17
Slika 16:	Blok diagram poteka programa.....	19
Slika 17:	Krmilnik C7-621.....	22
Slika 18:	Prikaz posameznih slik prikazovalnika in skoki med njimi.....	24
Slika 19:	Prikaz na nadzornem sistemu Scada.....	24
Slika 20:	Merilniki proizvedenega plina.....	25
Slika 21:	Prikaz na merilnem računalniku.....	25
Slika 22:	Količine proizvedenega, poraba in trenutna hitrost velikega kompresorja.....	26
Slika 23:	Trenutna poraba velikega kompresorja v časovnem diagramu.....	26
Slika 24:	Količine proizvedenega, poraba in trenutna hitrost malega kompresorja.....	27
Slika 25:	Trenutna poraba malega kompresorja v časovnem diagramu.....	28

Seznam uporabljenih kratic in simbolov

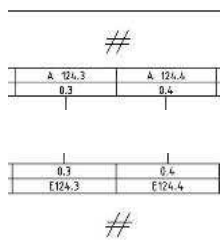
C7-621	----	krmilnik Siemens v kompaktni izvedbi
CPU	----	(central processing unit) centralna procesna enota
DME	----	motorsko zaščitno stikalo
MPI	----	večnamenski komunikacijski vmesnik krmilnika, namenjen programiranju krmilnika in vzpostavitvi mrežnih povezav
N	----	ničelni vodnik
PC	----	(Personal computer) osebni računalnik
Pe	----	zaščitni vodnik
PG	----	(Programmiergeraet) programirna naprava
PLC	----	prosto programibilni krmilnik
ProTool	----	programski paket za programiranje Siemensovih prikazovalnikov
RAM	----	(Random Access Memory) delovni spomin krmilnika, katerega vsebina se ob izklopu napajanja izgubi
ROM	----	(Read Only Memory) spomin krmilnika, ki se prebere ob vklopu napajanja
SMS	----	kratko sporočilo poslano preko GSM
STEP7	----	programski paket za programiranje Siemensovih krmilnikov



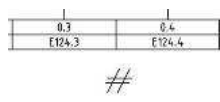
Merilnik toka



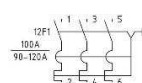
Števec delovnih ur



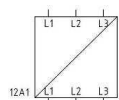
Digitalni izhod PLC



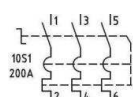
Digitalni vhod PLC



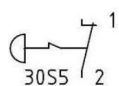
DME motorsko zaščitno stikalo



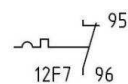
Frekvenčni pretvornik



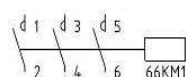
GS glavno stikalo z vgrajeno termično in kratkostično zaščito



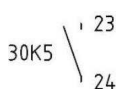
Varnostna izklopna gobica



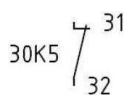
Krmilni kontakt DME zaščitnega stikala



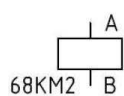
Močnostni motorski rele



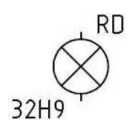
Delovni kontakt releja



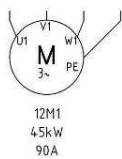
Miri kontakt releja



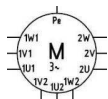
Tuljava releja



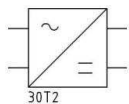
Signalna lučka



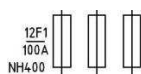
3-fazni motor



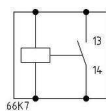
3-fazni dvohitrostni motor



Napajalnik



NV-varovalke



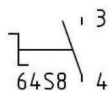
Rele za izmenjavo signalov



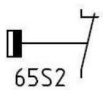
Priklopna sponka



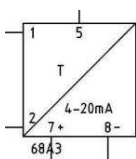
Izbirno stikalo



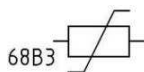
Vkllopno stikalo



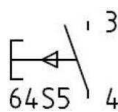
Termično stikalo



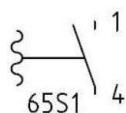
Pretvornik Pt100 – tokovna zanka



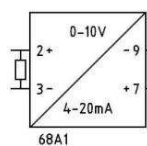
Temperaturno tipalo



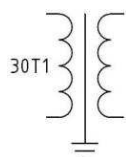
Vkllopna tipka



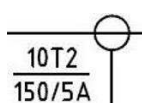
Tlačno stikalo



Pretvornik napetost – tokovna zanka



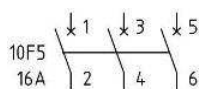
Ločilni transformator



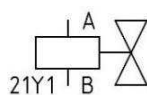
Tokovni transformator



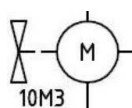
Avtomatska varovalka



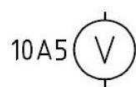
3-polna avtomatska varovalka



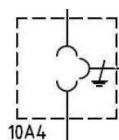
Pnevmatski ventil



Enofazni motor



Merilnik napetosti



Priključna vtičnica

1 UVOD

Radenska je svetovno poznano podjetje z blagovno znamko, znakom TRI SRCA, ki ekološko neoporečna bogastva narave spreminja v tržno zanimive in kakovostne proizvode in storitve, s katerimi zadovoljuje potrebe potrošnikov.

Razvoj podjetja Radenska se je začel leta 1869, ko je dr. Karel Henn, lastnik zemljišča, napolnil prve steklenice z mineralno vodo. Dobrih 50 let kasneje (leta 1919) je bila mineralna voda priznana kot zdravilna, od leta 1936 pa se zanjo uporablja simbol treh rdečih src. Blagovna znamka Radenska Tri srca sodi med najstarejše v Sloveniji, zaradi dobre prepoznavnosti na trgu pa je prenesena tudi v logotip Radenske.

1.1 Splošno

Postopek polnjenja mineralne vode je sestavljen iz več faz:

- črpanja mineralne vode
- ločevanja plina CO₂ od vode
- mešanja in filtriranja mineralne vode
- priprave mineralne vode za polnjenje, ponovnega mešanja plina CO₂
- polnjenja mineralne vode

Mineralna voda, bogata z plinom CO₂, se črpa iz vrtin in po cevovodu vodi do priprave mineralne vode. Ločevanje plina poteka s pomočjo ločilnikov. V ločilniku se plin loči in ostane v posodi zgoraj, voda pa na spodnji strani odteče naprej v zbiralnike.



Slika 1: Ločilniki

Plin iz ločilnikov po cevovodu potuje v plinarno, kjer se zbira v zbirnem balonu.



Slika 2: Zbiralni balon

Balon se, glede na količino plina, napihuje. Količino plina merimo s škripcem in ultrazvočnim merilnikom. Eden izmed batnih kompresorjev plin iz balona stisne na tlak 15 barov.



Slika 3: Mali batni kompresor



Slika 4: Veliki batni kompresor

Stisnjen plin potuje do sušilnika in filtra. Na koncu verige temperaturni izmenjevalnik posušen plin ohladi na $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ta se utekočini (kondenzira) in odteče v končni zbiralnik.



Slika 5: Sušilnik in filter

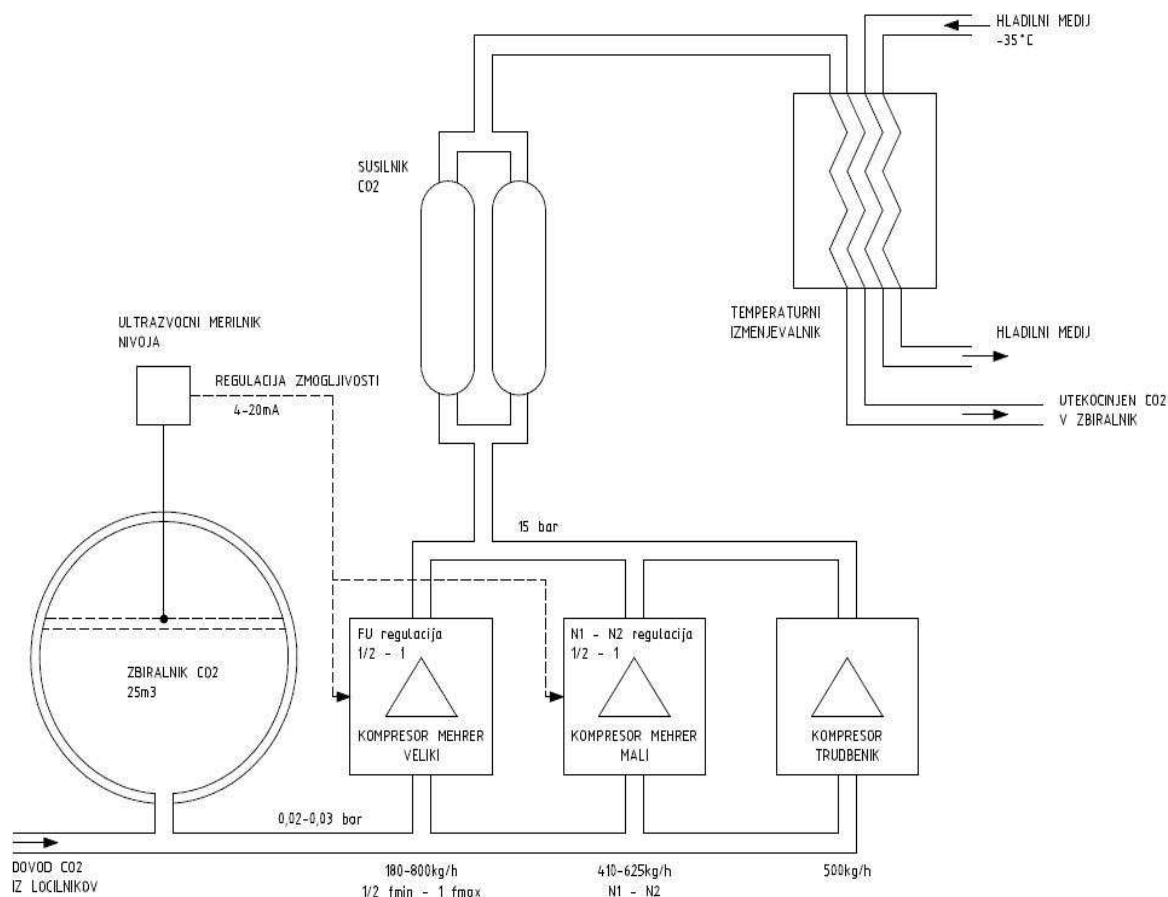


Slika 6: Hladilni agregat



Slika 7: Končni zbiralnik

Tehnološka shema obstoječega sistema pridobivanja tekočega plina CO₂ je prikazana na sliki 8, kjer je prikazan tudi mali kompresor Mehrer, ki je predmet moje predelave.



Slika 8: Tehnološka shema

2 ZMOGLJIVOST KOMPRESORJEV

Regulacija zmogljivosti je zamišljena tako, da vedno deluje le en kompresor v odvisnosti od količine proizvedenega plina. Preklop med kompresorji je izveden ročno in je odvisen od števila vključenih vrtin.

Kompresor Trudbenik služi kot rezerva in se vključi le v primeru okvare in ob vzdrževalnih posegih na ostalih dveh kompresorjih.

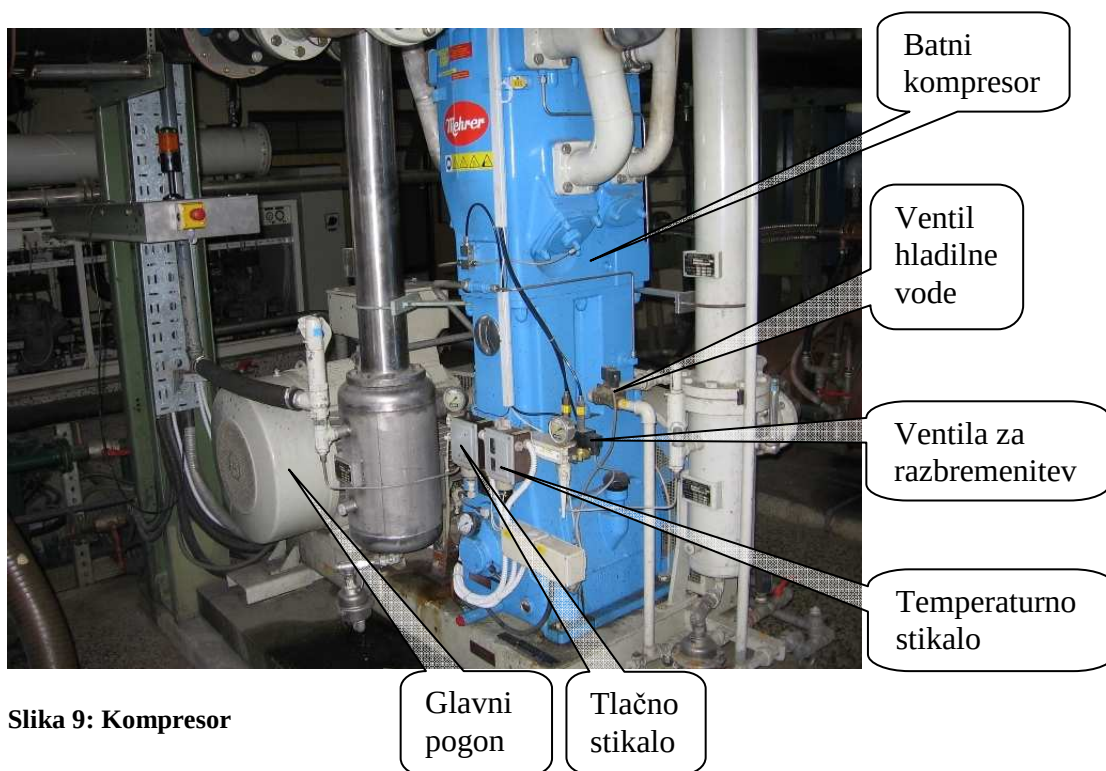
Veliki Mehrer ima predvideno zvezno zmogljivost delovanja od 180 kg/h do 800 kg/h. Pri zmogljivosti 450 kg/h preklopi na polovično delovanje ventilov, kar pa je ob daljšem delovanju v tem režimu neracionalno. Obraba mehanskih delov in poraba energije se v tem režimu delovanja ne zmanjša na polovico.

Mali Mehrer je bil izdelan za dve nazivni zmogljivosti 410 kg/h in 625 kg/h. Izbira zmogljivosti je izvedena ročno.

Glede na to, da veliki kompresor pri zmogljivosti nad 450 kg/h deluje pod polno obremenitvijo sem se odločil, da malemu Mehrerju dodelam zvezno regulacijo v področju do 450 kg/h.

3 OPIS DELOVANJA KOMPRESORJA

Kompresor ima dva motorna pogona. Glavni pogon je izveden z dvohitrobnim motorjem moči 45/66 kW. Drugi motor poganja črpalko mazanja kompresorske glave in mora delovati ves čas obratovanja kompresorja. Delovanje je kontrolirano s pomočjo tlačnega senzorja, ki ob prekoračitvi nastavljenega tlaka stanje signalizira krmilju. Glava kompresorja se ob delovanju segreva in mora biti ustrezno hlajena. To je izvedeno s pomočjo ločenega hladilnega sistema, ki s hladilno vodo kroži skozi kompresor. Na kompresorju je montiran ventil za hladilno vodo, ki mora biti ves čas delovanja odprt. Temperatura glave kompresorja je kontrolirana s pomočjo temperaturnega senzorja, ki v primeru prekoračitve temperature to posreduje krmilju. Kompresor ima montirana še dva krmilna ventila, s pomočjo katerih lahko kompresor deluje razbremenjeno. Tako deluje med zagonom in zaustavitvijo ter takrat, ko nivo v zbiralnem balonu pade pod 20 %.



Slika 9: Kompresor

4 TEHNIČNO POROČILO

4.1 Projektna naloga

Sistem merjenja količine plina v balonu, in posredno regulacija zmogljivosti kompresorja, je bil dograjen ob montaži velikega kompresorja. Zaradi znižanja stroškov predelave ta sistem uporabimo tudi za regulacijo zmogljivosti malega kompresorja. V razdelilec velikega kompresorja dogradimo ločilni ojačevalnik, ki na svojem izhodu daje tokovno zanko 4–20 mA, in ga priključimo na analogni vhod krmilnika. Za regulacijo zmogljivosti dvohitrostnega pogona dogradimo frekvenčni pretvornik SSD DRIVES serija 650V, moči 45 kW. Za krmiljenje uporabimo kompaktni Siemens PLC-krmilnik C7-621 z integriranim prikazovalnikom tekstov, integriranimi digitalnimi in analognimi vhodi ter izhodi. Ostali elektro material, v kolikor ustreza novim zahtevam, uporabimo iz obstoječega razdelilca, nov pa po možnosti iz zaloge skladišča rezervnih delov. Dodatno dogradimo merjenje temperature glavnega pogona in glave kompresorja. Uporabimo staro razdelilno omaro, ki je v sklopu ostalih razdelilcev, kar omejuje prostor za novo opremo. Krmilne tipke in stikala so montirana na vrata razdelilca, kar je potrebno upoštevati pri izgradnji. Na vrata dogradimo tudi krmilnik C7-621.

4.2 Tehnično poročilo elektro instalacij

4.2.1 Zaščita pred udarom el. toka

Zaščita pred udarom električnega toka je trenutni, samodejni izklop okvarjenega tokokroga v TN-S sistemu instalacije.

Kot zaščita pred električnim udarom so predvidenih več zaščitnih ukrepov.

4.2.1.1 Zaščita pred neposrednim dotikom

Njen osnovni namen je preprečiti neposredni stik z deli naprave, ki so pod napetostjo. Vgrajena električna oprema mora zadostiti zahtevam tehničnih ukrepov pred neposrednim dotikom N.B2.742. Zaščito pred neposrednim dotikom zagotovimo z zaščito delov pod napetostjo z izolacijo, uporabo okovov in pregrad ter z montažo zunaj dosega rok.

4.2.1.2 Zaščita pred posrednim dotikom

Zaščita mora biti v skladu z N.B2.741. Za učinkovito delovanje zaščitnega ukrepa je uporabljena zaščita s samodejnim odklopom napajanja. Vsi izpostavljeni prevodni deli so medsebojno povezani s pomočjo zaščitnega vodnika na ozemljilo. Za zaščitni vodnik je uporabljen bakreni vodnik minimalnega preseka 35 mm^2 . Izenačitve ustrezajo vsem porabnikom. Izvedena je glavna in dodatna izenačitev potencialov. V krmilnem tokokrogu je uporabljen IT-sistem zaščite in uporabljena varnostna nizka krmilna napetost (SELV).

4.2.1.3 Zaščita s samodejnim odklopom napajanja

Zaščitni ukrep s samodejnim odklopom napajanja mora v primeru okvare preprečiti vzdrževanje napetosti dotika v takšnem trajanju, da bi lahko postalo nevarno. Zaščitna naprava samodejno odklopi napajanje tistega dela instalacije, ki ga ta naprava ščiti. Zato so tako zaščitna naprava kot tudi vodniki v instalaciji izbrani tako, da se samodejni odklop izvrši v ustreznem času, če se na katerem koli delu instalacije ali v sami napravi pojavi kratek stik med faznim in zaščitnim vodnikom ali izpostavljenimi deli. Ta zahteva je izpolnjena, ko je izpolnjen pogoj:

$$Z_s * I_a \leq U_o$$

Kjer pomeni:

(4.1)

Z_s - impedanca okvarne zanke

I_a - tok delovne naprave za samodejni odklop napajanja v predpisanem času

U_o - nazivna fazna napetost

Ne glede na pričakovano napetost dotika se dovoljuje odklopni čas, ki ne preseže 5 sek.

4.2.1.4 Dodatno izenačevanje potencialov

Dodatno izenačevanje potencialov obsega vse hkrati dostopne izpostavljene prevodne dele opreme in tuje prevodne dele. Sistem za izenačevanje je povezan z zaščitnimi vodniki celotne opreme, vključno z vtičnicami. Kjer sumimo v učinkovitost dodatnega izenačevanja potencialov, je treba potrditi pogoj, da je upornost med hkrati izpostavljenimi prevodnimi deli in tujimi prevodnimi deli:

$$R \leq \frac{50}{I_a} \quad (4.2)$$

Pri čemer je I_a tok, ki zagotavlja delovanje zaščitne naprave.

Na glavni vodnik za izenačenje potencialov je povezano:

- glavni zaščitni vodnik
- glavni zbiralni ozemljitveni vod
- kovinski deli vseh cevnih razvodov
- kovinski deli klimatskih razvodov
- kovinski elementi objekta in večje opreme
- strelovodna napeljava

4.2.2 Seznam in opis vgrajene opreme v razdelilcu

Glede na namembnost in zahtevnost sem vso opremo vgradil v obstoječo razdelilno omaro. Iz široke palete različne opreme sem izbral priznane proizvajalce, pri čemer sem upošteval tudi zalogo iz skladišča rezervnih delov.

SIEMENS

1	CPU C7-621		6ES7621-1AD02-0AE3
1	SITOP napajalnik	24 VDC, 5A	6EP1333-2AA00
1	Motorsko zaščitno stikalo	1-1,6 A	3VU1300-1MG00
2	Močnostni odklopnik	4 kW	3TF2010-0BB4
1	Dodatni kontakti		3TX4422-2A
1	Močnostni odklopnik	75 kW, 230 V, 50 Hz	3RT1055-6AP36

MOELLER

1	Ohišje rumeno z gobasto tipko		M22/PV/KC02/IY
1	Oznaka STOP oglata		M22-XBK1
1	Oznaka STOP okrogla		M22-XZK-GB99
1	Tipka gobasta STOP		M22-PV
20	Nosilec kontaktov		M22-A
20	Kontakt delovni		M22-K10
3	Kontakt mirni		M22-K01
2	Stikalo	0-1	M22-WKV
1	Tipka rdeča	O	M22-DR X0
1	Tipka svetleča zelena		M22-WLK3-G
2	Kontakt LED rdeč		M22-LED-R
2	Kontakt LED zelen		M22-LED-G
1	Osnovni modul semaforja		SL-B
1	Semafor bliskavka, oranžen		SL-FL24-Y
1	Nosilno podnožje		SL-F100
1	Pritrditev		SL-FW
1	Motorsko zaščitno stikalo	125 A	NZM6-125
1	Pomožni kontakt		NHI22-NZM4/6
1	Močnostni odklopnik	45 kW, 230 V, 50 Hz	DIL3AM

RITTAL

1	Ventilator		SK3323.100
---	------------	--	------------

1 Ventilacijska mrežica SK3323.200

SSD-drives

1 Frekvenčni pretvornik 650VE-0450-400-3-45kW
 1 RFI-filter EMC 3ph AC 124A No.: CO465515U105

ELPRO

2 Temperaturno tipalo Pt100 U740 2000/50

SCHRACK

1 Stikalo varovalno NV00 M8 3-PKOS IS505222
 1 Glavno stikalo MC2, 200 A, 25 kA MC220131
 1 Ročka s sklopko Ru – Rd MC290180
 1 Podaljšek osi za 400 mm MC191232
 1 Temperaturni regulator 0 – 60° C KTS 011 IU008566
 1 Tokovni transformator 150/5 A TAR3D MG954015
 1 Števec obratovalnih ur 230 VAC BZ326413

WEIDMÜLLER

3 Sponka 70 WDU 70N
 6 Sponka 50 WDU 50N
 6 Mostiček dvopolni WQV 50N/2
 57 Sponka 2,5 WDU 2,5
 3 Zaključek sponk EW 35
 2 Pretvornik Pt100 0–100 °C/4–20 mA WTS4 PT100/2 C
 5 Oznaka za sponke DEK5FW 1-50

ABB

1 Vtičnica 230V 16A

MURR ELEKTRONIK

7 Rele miniaturni RMMDE 24 VDC št.: 516014

ELMA

1	Transformator	400/230 V	500 VA
---	---------------	-----------	--------

ISKRA

2	Varovalka	C4A	1-polna
1	Varovalka	C10A	1-polna
1	V- meter	500 VAC	
1	A- meter	5 A	
1	Skala A- metra	150/5 A	

ETI

1	Varovalka	C10A	3 polna
---	-----------	------	---------

STEINBERGER

35 m	Kabel Ölflex	4x0,75 mm ²	JZ-CY
35 m	Kabel Ölflex	7x0,75 mm ²	JZ
110 m	Kabel Ölflex	12x0,75 mm ²	JZ
35 m	Kabel Ölflex	4x1,5 mm ²	JZ

OSTALO

1	Razdelilna omarica	PVC	150x200x100
2	Razdelilna omarica	PVC	80x120x50
1	Razdelilna omara kovinska		400x1000x400
1	Razdelilna omara kovinska		400x2000x400

4.2.2.1 Krmilnik Siemens Simatic S7-621

Krmilnik C7-621 izhaja iz Siemensove S7-300 CPU serije krmilnikov. Je kompaktne izvedbe in ima združene funkcije krmilnika in operacijskega panela OP-1 v istem ohišju. Na sebi ima integrirane digitalne ter analogne vhode in izhode.

Tehnični podatki

Napajanje.....DC 24 V (20,4...30,2V)

Poraba.....1000 mA max.

Display C7-621.....LC-Display 2x20 znakov
5 mm višina znakov

Tipkovnica.....Folijska, 23 tipk

Povezave.....P-Bus ter MPI

Integrirani vhodi in izhodi.....16 digitalnih vhodov

16 digitalnih izhodov

4 analogni vhodi, 1 analogni izhod

Flash spomin.....128 KB (OP)

Standardi in regulative.....DIN EN 61131-2

Emisija in imunost na motnje...EN 55022

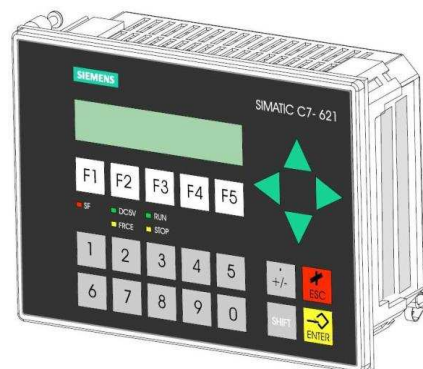
Zaščita na prah in vodo.....Sprednja stran IP 65 po IEC 529,

Ohišje krmilnika IP 20 po IEC 529

Temperatura okolice.....0 do 50 °C

Teža.....1350 g

Dimenzije.....168x120x70 mm



Slika 10: Krmilnik C7-621

V krmilnik je predprogramiran le operacijski sistem, ki organizira vse funkcije in poteke C7-CPU, ki pa niso povezani s krmilnimi funkcijami. Krmilne funkcije je potrebno krmilniku programirati s programskim orodjem STEP7, krmilnemu pultu pa s programskim orodjem ProTool. Instaliramo ju na programirno napravo PG ali na osebni računalnik PC. S krmilnikom se povežemo s pomočjo MPI-povezave. Krmilnik lahko nadomesti releje, časovnike, regulatorje, zaščitne elemente. Spremembe lahko naredimo

enostavno s programirno napravo. Tako ne izgubljam časa, ki je sicer potreben za fizične povezave.

4.2.2.2 Frekvenčni pretvornik

Za uporabo frekvenčnega pretvornika podjetja SSD-drives sem se odločil zaradi njegovih dimenzij in zaradi tega, ker je pretvornik iz iste serije uporabljen tudi pri velikem kompresorju. Prav tako je tudi cenovno ugoden in nudi vse možnosti nastavitvev, ki jih pri pogonu kompresorja potrebujemo. Motor bo priklopljen pri mali hitrosti, zato sem se odločil za pretvornik moči 45 kW.



Slika 11: Frekvenčni pretvorniki iz serije 650V

Pretvornik ima na sebi tudi posluževalni panel, s pomočjo katerega se da pretvorniku nastaviti želene nastavitve, prav tako pa je s pomočjo panela možno ročno delovanje pogona, kar lahko pride prav v času testiranja. Na prikazovalniku se prikazuje režim delovanja pogona, trenutna hitrost, trenutni tok skozi navitje in v primeru opozorila ali napake besedilo. Prikazovalnik

potrebujemo tudi v času nastavitvev frekvenčnika, kadar nam prikazuje trenutne in želene vrednosti. V mojem primeru uporabe frekvenčnika gre za zelo enostaven način regulacije, kjer od mnogih njegovih funkcij potrebujem: počasen zagon pogona po linearni rampi; spreminjanje želene izhodne frekvence preko analognega vhoda; da pri izklopu pusti motorju, da se prosto



Slika 12: Posluževalni panel frekvenčnega pretvornika

izteče; potrebna je tudi možnost izločitve določene izhodne frekvence, zaradi pojavljanja lastnih resonanc kompresorja; potrebujem tudi analogni izhod, ki mi posreduje trenutno

izhodno frekvenco, za obdelavo v krmilniku; imeti mora vse potrebne zaščite, ki obvarujejo motor pred preobremenitvijo in pregretjem. Vse te našete lastnosti frekvenčnik ima in je za uporabo v moji aplikaciji primeren.

Tehnični podatki

Napajanje.....	tri faze, 380-460 VAC, 50-60 Hz
Priklopna moč pogona.....	45 kW (max)
Izhodni tok.....	87 A (max)
Vhodni tok.....	95 A
Pred varovalka.....	100 A
Temperatura okolice.....	0–50 °C
Izhodna frekvenca.....	0–240 Hz
Dopustna obremenitev.....	do 150 %
Integrirani vhodi in izhodi.....	5 digitalnih vhodov 2 digitalna izhoda (relejski in tranzistorski) 2 analogna vhoda, 1 analogni izhod
Zaščita na prah in vodo.....	IP 20
Dimenzije.....	668x257x312 mm

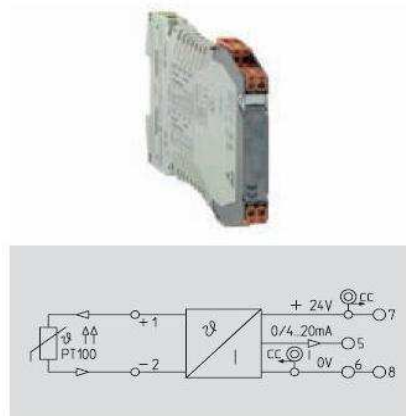
4.2.2.3 Merjenje temperature

Glavni pogon kompresorja nima vgrajene temperaturne zaščite in je tako odvisen od delovanja zaščit v elektro razdelilcu. Do sedaj je deloval vedno pri nazivni hitrosti, na katero je bil dimenzioniran tudi njegov hladilni ventilator, ki je nameščen na rotorski osi pogona. S pomočjo frekvenčnega pretvornika se bo hitrost pogona spreminjala od 20 Hz do 60 Hz, kar pomeni, da hlajenje ne bo več delovalo optimalno. Ker vplivanje na hladilni sistem ni možno brez večjega posega v mehaniko pogona, je nujno vsaj kontrolirati njegovo temperaturo in v primeru pregretja pogon zaustaviti. Krmilnik ima kar štiri analogne vhode, zato je najlažje uporabiti kombinacijo temperaturnega tipala, pretvornika na tokovno zanko in krmilnika, v katerem so programirane zaščitne funkcije. Odločil sem se za površinsko uporovno tipalo, nameščeno v aluminijastem ohišju proizvajalca Elpro. Tipalo ima vgrajeno temperaturni senzor Pt100 in je predvideno za montažo z lepljenjem

ali vijčenjem. Pri pogonu je najlažje izvrtati dve luknji v hladilno rebro, zato je tak način montaže in uporabe zame najprimernejši.

Krmilnik nima možnosti direktnega priklopa temperaturnega tipala, zato je potrebno dograditi tudi pretvornik. Odločil sem se za pretvornik podjetja Weidmüller, ki ima dvožilni vhod predviden za tipalo Pt100 in analogen izhod 4–20 mA. Dvožilna priključitev temperaturnega tipala bo zaradi dolžine kabla od razdelilca do senzorja v mojo meritev prinesla določeno napako, vendar v mojem primeru natančnost meritve ni nujno potrebna. Na prikazovalniku imam sicer predviden tudi prikaz izmerjene temperature, zato bom odstopanje izmerjene temperature glede na dejansko pri obdelavi v krmilniku odštel in s tem natančnost meritve popravil. Pretvornik za svoje delovanje potrebuje napajanje 24 VDC.

PT100/2 0(4)...20 mA



Slika 13: Temperaturni pretvornik

4.2.2.4 Ostali vgrajeni elementi

Vseh ostalih elementov, uporabljenih pri predelavi, ne bom posebej opisoval, ker gre za standardne elemente, ki so bili izbrani glede na nazivno moč in nazivni tok. Tu imam v mislih predvsem močnostne odklopnike, motorske zaščite, varovalke, priključne sponke in ostalo, razvidno iz seznama vgrajene opreme.

4.2.3 Predelava krmilja kompresorja

Za predelavo kompresorja sem moral najprej izdelati nov elektro načrt. Za samo risanje sem uporabil programski paket AutoCAD R14, osnovni paket. Program ni najbolj primeren za risanje elektro dokumentacije, kajti ne vsebuje nobenih dodatnih avtomatskih dodatkov, kot jih nekateri drugi programi, namenjeni prav temu. Tu je potrebno vse označbe, liste uporabljenih elementov, liste sponk, številčenje strani, izvesti ročno. Pri izdelavi novega elektro načrta sem se izognil risanju enopolne sheme, raje sem risal v

razvitem načinu, kjer so vse povezave natančno določene. Osebi, ki po tako izdelani dokumentaciji, veže razdelilno omaro, ni treba poznati delovanja posameznih vgrajenih elementov, ampak mora le razpoznati posamezne priključne sponke in s čim so povezane. V dokumentaciji je tudi natančno določena razporeditev elementov v razdelilcu, dimenzije kanalov za ožičenje med elementi, preseki in barve ožičenja. Posebnost, ki sem jo pri izdelavi moral upoštevati, je krmilnik C7-621 in njegovo napajanje. Krmilnik ima namreč le ene napajalne sponke, ki so namenjene napajanju samega krmilnika, prav tako pa tudi njegovih vhodov in izhodov. Tako ni možno ločeno napajanje izhodnega modula, ki bi ga izklopil v primeru zaustavitve v sili. To sem moral storiti z dodanimi zunanjimi elementi. Elektro načrt je diplomski nalogi priložen, kot **Priloga 1**.



Slika 14: Notranjost razdelilca pred predelavo



Slika 15: Notranjost razdelilca po predelavi

Notranjost razdelilca je bilo potrebno v celoti demontirati in ponovno sestaviti po novi dokumentaciji. Na samem kompresorju nekaj večje predelave niso bile potrebne. Dodana je le ena razdelilna omarica R68A in večžilni oplaščeni kabel do nje. Vanjo sta priključeni dve dodani temperaturni tipali, ki merita temperaturo glavnega pogona kompresorja in

temperaturo kompresorske glave. Prav tako je dodana varnostna gobica, s pomočjo katere lahko v nujnem primeru zaustavimo delovanje kompresorja - prej je bila montirana le na razdelilni omari, ki je oddaljena od kompresorja 25 m - ter oranžna bliskavka, ki 10 sekund pred vklopom glavnega pogona kompresorja z bliskanjem opozarja na zagon. Bliskavko bi sicer lahko tudi izpustil, kajti posluževalec ima ob vklopu kompresorja pregled nad kompresorjem, vendar obstaja možnost nadgradnje sistema, ko bi se lahko preklon delovanja med velikim in malim kompresorjem izvedel avtomatsko glede na količino plina, takrat pa bi se kompresor lahko zagnal tudi samodejno, na to pa bliskavka mora opozarjati.

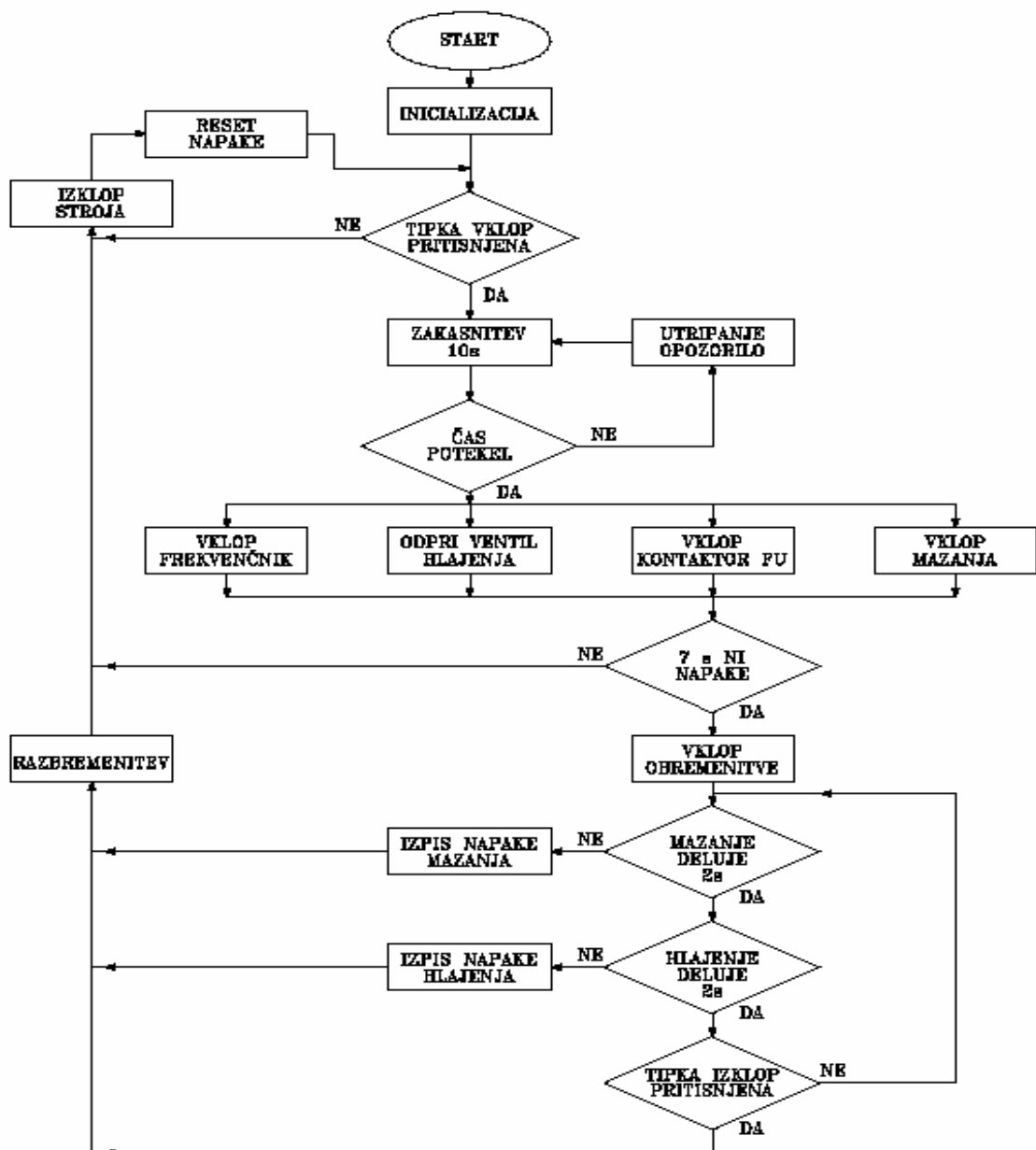
4.2.4 Programiranje krmilnika C7-621

Krmilnik ob nakupu vsebuje le svoj operacijski sistem, za delovanje v moji aplikaciji pa ga je potrebno oživetiti, napisati program zanj. Za to sem potreboval programirno napravo PG, ki ima instalirana programska paketa STEP7 in ProTool. Da sem sploh lahko pristopil k pisanju programa, sem vzpostavil stik s konstruktorjem kompresorja podjetja Mehrer, ki mi je poslal vse mehanske zahteve za delovanje kompresorja. Po teh navodilih sem določil, kakšen mora biti časovni potek vklopa, delovanja in izklopa kompresorja, da ne pride do mehanskih okvar, ki bi bile posledica nepravilnega krmiljenja kompresorja.

Nato sem se seznanil z funkcijami, ki jih ima vgrajene krmilnik C7-621, ki spada sicer med krmilnike serije S7-300, vendar ima kar nekaj omejitev. Zame najpomembnejša omejitev je bila nastavitev remanence, ki jo pri tem krmilniku lahko dodeliš le dvema podatkovnima blokoma. To zame pomeni, da moram vse vrednosti, za katere želim, da si jih krmilnik zapomni tudi po izklopu napajanja, vpisovati v ta dva podatkovna bloka. Program k sreči ni zelo obširen, tako tudi ne problematičen, potrebno ga je le upoštevati. Krmilnik ima še eno značilnost: ob vklopu napajanja se program, ki se izvaja, v njem vedno naloži iz spominske lokacije ROM. Ko pa krmilnik programiramo, program pišemo v lokacijo RAM. To pomeni, da moramo ob zaključku programiranja vedno zagnati funkcijo prepisa programa iz lokacije RAM v ROM, drugače krmilnik naše spremembe ob izklopu napajanja pozabi. Prav tako moramo v tem primeru paziti na naše podatke, ki jim je določena remanenca v podatkovnem bloku. Odločil sem se, da bom v programu dodal kar nekaj števec delovnih ur. Najlažje mi je to storiti s pomočjo takta 1 sekunde in potem

šteti. Odločil sem se za štetje, koliko časa je vklopljeno glavno stikalo kompresorja, koliko časa kompresor deluje in koliko časa ima kompresor še do potrebnega servisa, ki je vezan na delovne ure. Vse te vrednosti bi se ob prepisu RAM v ROM izgubile, če jih ročno ne popravimo v podatkovnem bloku.

Ob upoštevanju navedenih zahtev je nastal naslednji blokovski diagram, ki prikazuje potek programa:



Slika 16: Blok diagram poteka programa

Iz diagrama se vidi, da je zasnovan tako, da se po vklopu napajanja program najprej inicializira. V programu to pomeni, da se zažene funkcijski blok OB100, v katerem so vpisani ukazi resetiranja merkerjev, ki bi lahko sprožili samodejen zagon stroja. Po inicializaciji se začne program izvajati v programskem bloku OB1, v katerem so vpisani le skoki na posamezne funkcijske bloke. Vsebina posameznih blokov je v Radenski okvirno dogovorjena, tako da vsak programer ob branju programa ve, kje se kaj nahaja. Tako sem jaz uporabil pri programu kompresorja sedem programskih in en podatkovni blok:

- FC1, kjer je definirano stanje logične nule in enke ter pripravljeni takti za utripajoče lučke, ki služijo za različne signalizacije;
- FC2, zbirka napak, ki se lahko pojavijo pred ali po vklopu stroja, njihova signalizacija v obliki signalne lučke in klicanje slike tekstovnega prikazovalnika, da se želeni tekst dejansko ob prisotnosti napake tudi prikaže;
- FC3, vklop stroja, tu se dejansko izvede vklop stroja po zgoraj navedenem blok diagramu. Vsebovani so vsi časovni zamiki, ki so potrebni za pravilen zagon, delovanje in izklop kompresorja;
- FC4, izmenjava signalov, tu so določeni signali, ki služijo signaliziranju stanja nadzornemu sistemu, o delovanju in prisotnosti morebitne napake kompresorja;
- FC5, delovne ure, tu se vršijo vsi preračuni v zvezi z delovnimi urami delovanja kompresorja;
- FC10, analogni vhodi, tu se vrši branje analognih vhodov nivoja v balonu, temperatur motorja in kompresorske glave ter dejanske hitrosti glavnega pogona kompresorja. Prebrane vrednosti se z uporabo matematičnih funkcij preračunajo v uporabniku prijazne vrednosti;
- FC11, analogni izhod, preračunan nivo v zbiralnem balonu, se tu s pomočjo matematičnih funkcij preračuna v želeno hitrost za frekvenčni regulator. Tu je določena tudi najnižja hitrost, pod katero regulacija pogona ne spusti;
- DB10, je podatkovni blok, v katerega se shranjujejo vrednosti števecv.

Pri pisanju programa sem uporabljal dva načina programiranja, ki ju nudi programski paket STEP7. Pri logičnih funkcijah, časovnikih in primerjavah sem se posluževal funkcijskega načina programiranja. To omogoča risanje logičnih vrat, časovnikov, logičnih spominov in ostalega. Ta način programiranja je običajno elektronikom bolj prijazen, tudi iskanje napak

je običajno hitrejša, ima pa kar nekaj slabosti. Kar nekaj funkcij se z njim ne da izvesti, zaseda pa nekaj več prostora v programskem delu spomina krmilnika.

Pri uporabi matematičnih funkcij, pri izračunih delovnih ur ter pri delu z analognimi vhodi in izhodi sem uporabil AWL način programiranja, kjer se ukazi pišejo v vrsticah. Tu se lahko uporabijo tudi pogojni in absolutni skoki med posameznimi deli programa, kar pri takem načinu programiranja pride zelo prav.

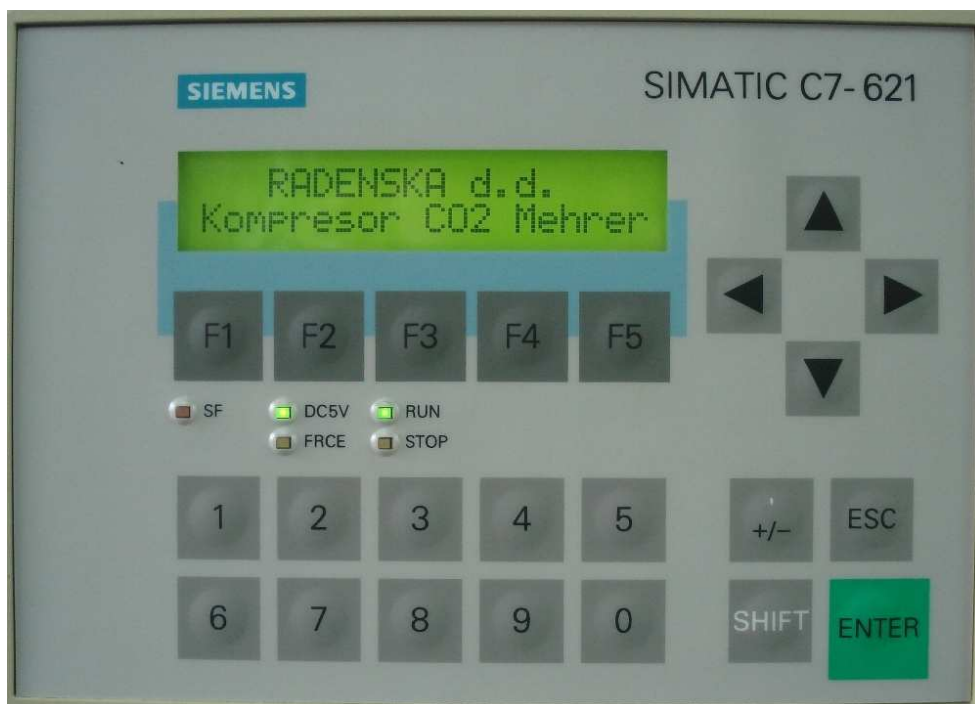
Izpis programa je dodan v **Prilogi 2**.

Krmilnik ima na sebi tudi prikazovalnik tekstov in 23 tipk. Za programiranje tega dela krmilnika se uporablja programski paket ProTool. Na vratih razdelilca so že bile montirane tipke in signalne lučke za posluževanje kompresorja, zato sem jih uporabil v ta namen tudi jaz. Tako imajo tipke, ki so integrirane na krmilniku, le funkcijo skokov med posameznimi slikami glede na želeni prikaz. Edino v primeru prisotnosti napake na kompresorju se ta samostojno prikaže na prikazovalniku. Tu ima programski paket za to predvideni dve možnosti prikaza napak, in sicer kot funkcijo delovanja (Betriebsmeldungen) in kot prikaz napak (Störungen). Za ta prikaz sem jaz raje uporabil prvo možnost prikaza zaradi tega, ker na ta prikaz lahko pri pisanju programa vplivam, kdaj naj se prikaže in kdaj naj izgine. Pri prikazu napak je brisanje napake potrebno opraviti ročno s pritiskom na tipko prikazovalnika, kar mi ni ustrezalo, kajti tipka reset je postavljena na vratih. Dvojno brisanje, enkrat napake v programu krmilnika in drugič na prikazovalniku tekstov je nepotrebno.

Prikazovalnik sem pripravil tako, da ima dve sliki s svojimi podstranmi. Prva slika, ki je tudi osnovna, prikazuje naziv podjetja in naziv stroja; z listanjem navzdol pa pridemo do nivoja v zbiralnem balonu in hitrosti glavnega pogona, do izmerjenih vrednosti temperatur ter do sistemskih funkcij prikazovalnika, ki so pa s strani proizvajalca krmilnika že predpripravljene, le uporabiti jih je treba. Preko druge slike se pride do prikaza, v katerem obratovalnem režimu je kompresor in do vseh vgrajenih števec delovnih ur. Obstaja tudi tretja slika, ki prikazuje prisotnost napak, do nje pa posluževalec nima direktnega dostopa, ampak se prikaže samodejno, ko je napaka dejansko prisotna.

4.3 Posluževanje kompresorja

Po vklopu napajanja se prikazovalnik krmilnika postavi na osnovno sliko, v primeru prisotnosti napake nam le-to izpiše.



Slika 17: Krmilnik C7-621

Vklopi se tudi signalna lučka Vklop krmilja 32H9. Če se lučka ne vklopi, pomeni, da je izvrgla ena izmed varovalk v razdelilni omari ali pa je aktivirana ena izmed dveh varnostnih gobastih tipk 30S5 ali 30S5/1.

Kompresor vklopimo s pritiskom na tipko Vklop 64S5, v kateri se vklopi tudi signalna lučka 66H3. Krmilnik začne odštrevati čas 10 sekund, v tem času utripa bliskavka 66H6. Takoj se vklopi tudi oljna črpalka 13M1 in odpre ventil hladilne vode 21Y3. Čez dve sekundi se vklopi tudi močnostni rele za frekvenčnim pretvornikom 20KM1. Po preteku 10 sekund bliskavka ugasne, frekvenčni pretvornik pa dobi signal za zagon glavnega pogona kompresorja 12M4. Pogon se zažene po rampi, ki je nastavljena na 10 sekund, proti željeni hitrosti. Po ponovnem preteku 10 sekund se vklopita še ventila Obremenitev kompresorja 21Y1 in 21Y2 in signalna lučka Obremenitev 67H5. Zagon je tako končan, kompresor deluje, hitrost motorja pa je odvisna od nivoja v zbiralnem balonu. Višji je nivo, večja je

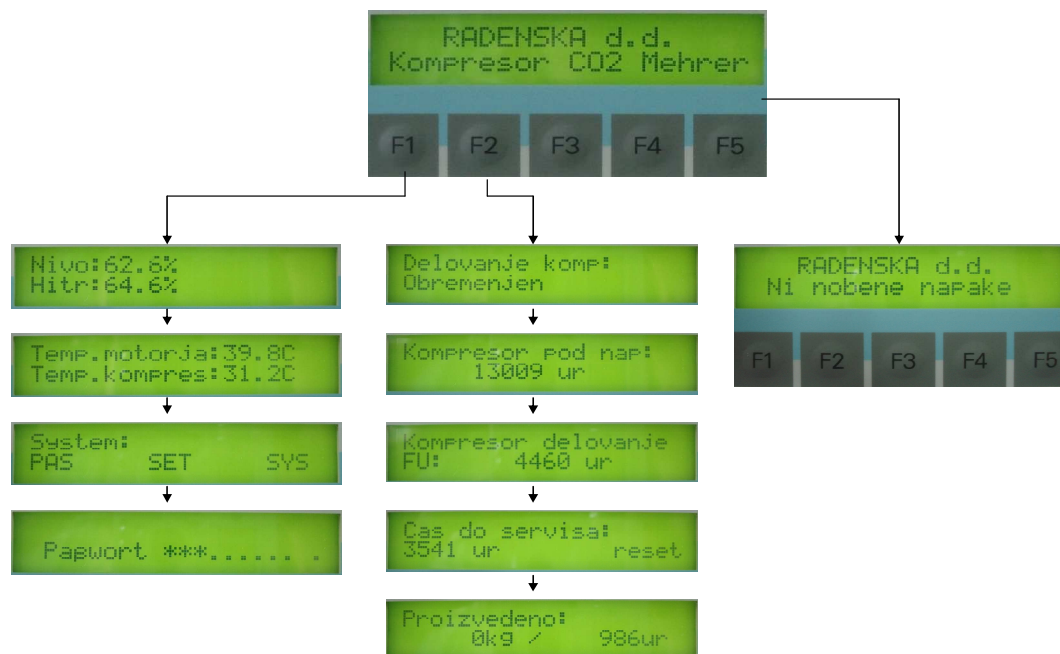
hitrost. Želena hitrost je v krmilniku preračunana tako, da frekvenčni pretvornik doseže maksimalno hitrost pri 90 % polnosti balona. Torej deluje regulacijska zanka po PI-sistemu regulacije. Hitrost kompresorja in nivo v balonu se pri neki vrednosti, če je dovod plina konstanten, ujameta. Če nivo plina v balonu preseže vrednost 90 % in to traja več kot 2 minuti, krmilnik javi nadzornemu sistemu, da je na zgornji meji njegove kapacitete in da je potreben preklop na zmogljivejši kompresor. Delovanja kompresorja to ne zaustavi. Če nivo v balonu doseže 20 % polnosti ali manj, se izklopita ventila za obremenitev kompresorja, kompresor deluje v razbremenjenem stanju, pogoji za ponovno obremenitev se vzpostavijo 10 sekund po preseganju nivoja 20 % v balonu. Kompresor se ne zaustavi.

Ves čas delovanja kompresorja se izvajajo zaščitne funkcije kontrole stop gobice, prisotnosti napajanja 24 VDC, termične napake zaščite pogona kompresorja ali oljne črpalke, kontrola tlaka olja, vseh treh temperatur, termostat in analogni meritvi ter polnost končnega rezervoarja. Katera koli od teh napak delovanje kompresorja v trenutku zaustavi. Edino, kar lahko ostane vklopljeno, je ventil hladilne vode v primeru, da je bila izključitev izvedena zaradi prekoračitve temperature hladilne glave kompresorja. To je bilo nujno, kajti v veji hladilne vode je tudi fino sito, ki se sčasoma zamaši in ga je potrebno očistiti. Kompresorska glava ima veliko maso in se samostojno zelo počasi ohlaja. Da bi skrajšali ta čas, je bilo potrebno pustiti ventil hladilne vode odprt, vendar le do temperature, ko ta ni več določena kot pregrevanje, torej ko ni več prisotne napake zaradi temperature.

Normalna zaustavitev kompresorja se izvede s pritiskom na tipko Izklop 64S6. Lučki 66H3 in 67H5 ugasneta, ventila za obremenitev kompresorja se izklopita, oljna črpalka se izklopi, frekvenčni pretvornik izgubi signal za zagon motorja. Frekvenčnik je nastavljen tako, da v tem primeru izpusti motor, da se prosto izteče. Ventil hladilne vode se izklopi po 20 sekundah.

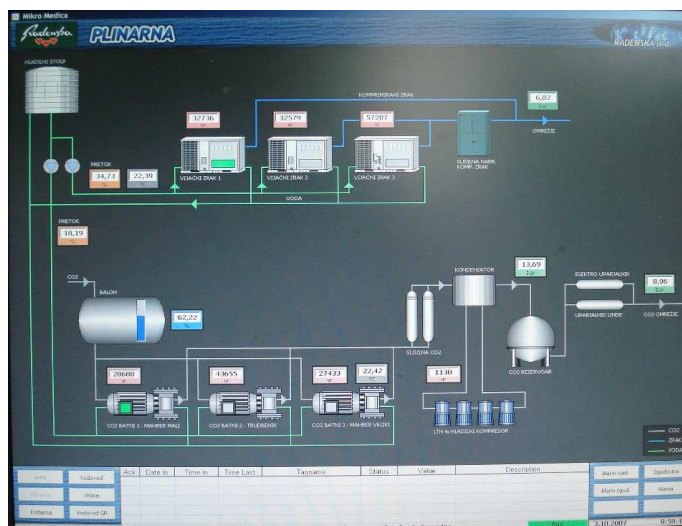
Na prikazovalniku tekstov je možno odčitati trenutni nivo v balonu, trenutno hitrost kompresorja, trenutne temperature glave kompresorja in glavnega pogona, preko sistemskih funkcij se da pogledati stanje digitalnih vhodov in izhodov. Videti se da trenutni režim delovanja kompresorja, stanje delovnih ur kompresorja in resetiranje števca, ki signalizira potrebo po servisu. Prav tako je dodan števec, s pomočjo katerega si lahko na hitro odčitamo čas delovanja in proizvedeno količino plina v tem času. Ta prikaz je namenjen bolj meni in mi je v času testiranja prišel zelo prav.

Skoki med posameznimi slikami na prikazovalniku so prikazani na sliki 18:



Slika 18: Prikaz posameznih slik prikazovalnika in skoki med njimi

Program krmilnika je pripravljen tako, da je potrebno kompresor le vklopiti, potem pa kompresor samodejno nadzira svoje delovanje. Stalna prisotnost posluževalca ni potrebna, dovolj je le občasna kontrola. V primeru samodejne zaustavitve ali prisotnosti napake, ki ne izvede zaustavitve, se to stanje preko nadzornega sistema signalizira operaterju. V primeru da posluževalec ni na svojem delovnem mestu, mu po preteku določenega časa sistem pošlje SMS sporočilo na njegov prenosni telefon.



Slika 19: Prikaz na nadzornem sistemi Scada

5 ANALIZA DELOVANJA PO PREDELAVI

Predelava kompresorja je bila izvršena na začetku tega leta. Izkazalo se je, da kompresorja prej ni bilo možno uporabljati, po tej predelavi pa se uporablja enako kot veliki kompresor. Da ne bi ostalo le pri besedah, sem na sistemu obeh kompresorjev opravil tudi meritve. Za to sem uporabil merilni sistem za merjenje proizvodnje plina proizvajalca Endress Hauser.



Slika 20: Merilniki proizvedenega plina

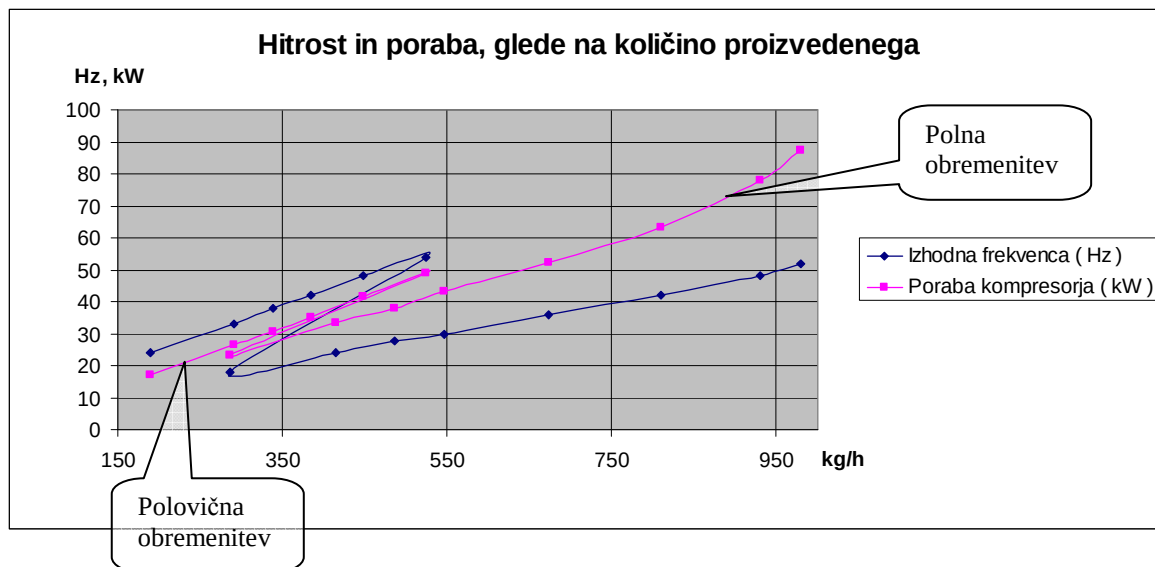


Slika 21: Prikaz na merilnem računalniku

Sestavljen je iz merilnika trenutnega pretoka, merilnika tlaka in merilnika temperature. Vsi trije merilniki so povezani na merilni računalnik, ki iz posameznih meritev preračuna vrednosti na proizvedene kilograme plina. Prikazuje nam trenutni masni pretok in pa masno vsoto proizvedene količine plina.

Električne veličine sem meril z mrežnim analizatorjem Circutor AR5, ki deluje kot snemalnik. Nastavimo ga na želene meritve in pustimo priključenega v napajalni veji. Po končanih meritvah rezultate s pomočjo računalnika iz njega prenesemo in nadalje ovrednotimo.

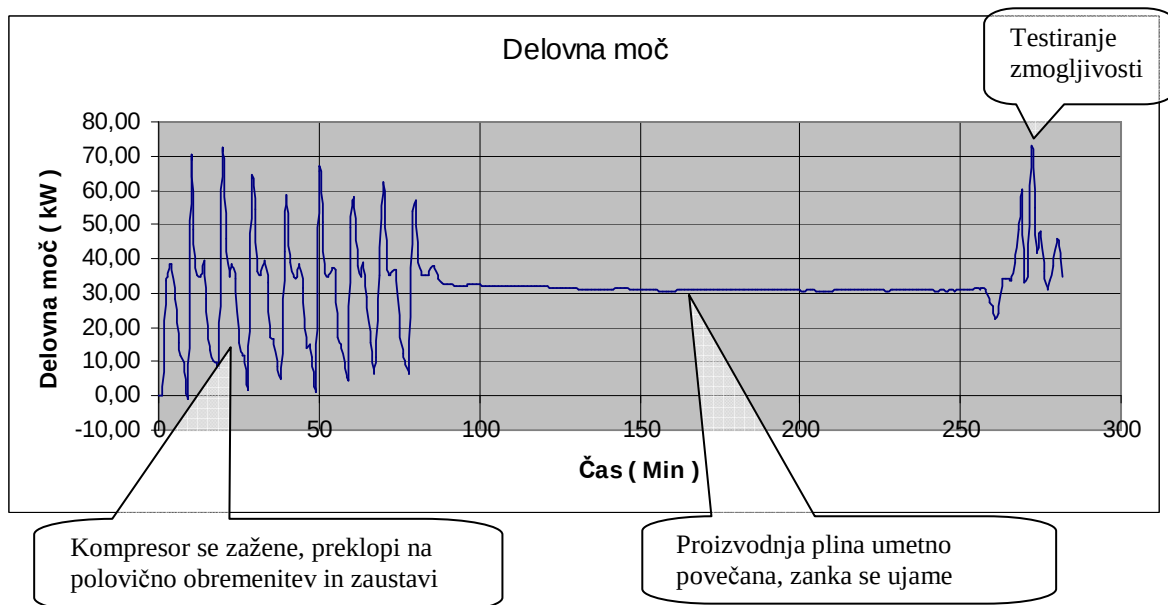
Najprej sem opravil meritve na velikem kompresorju. Zanimale so me proizvedene količine glede na hitrost pogona in porabljeno energijo. Dobil sem naslednji diagram:



Slika 22: Količine proizvedenega, poraba in trenutna hitrost velikega kompresorja

Diagram ima obliko črke z, kjer prvi del predstavlja hitrost in porabo pri polovični obremenitvi kompresorja, drugi del pa pri polni obremenitvi kompresorja. Iz diagrama se jasno vidi, da pri enaki količini proizvedenega plina kompresor porabi več energije, če deluje pri polovični obremenitvi. V točki 500 kg/h pri polovični obremenitvi, je poraba 49 kW, pri polni obremenitvi pa 41 kW. Iz tega se vidi, da je optimalno delovanje zagotovljeno, ko kompresor deluje pod polno obremenitvijo.

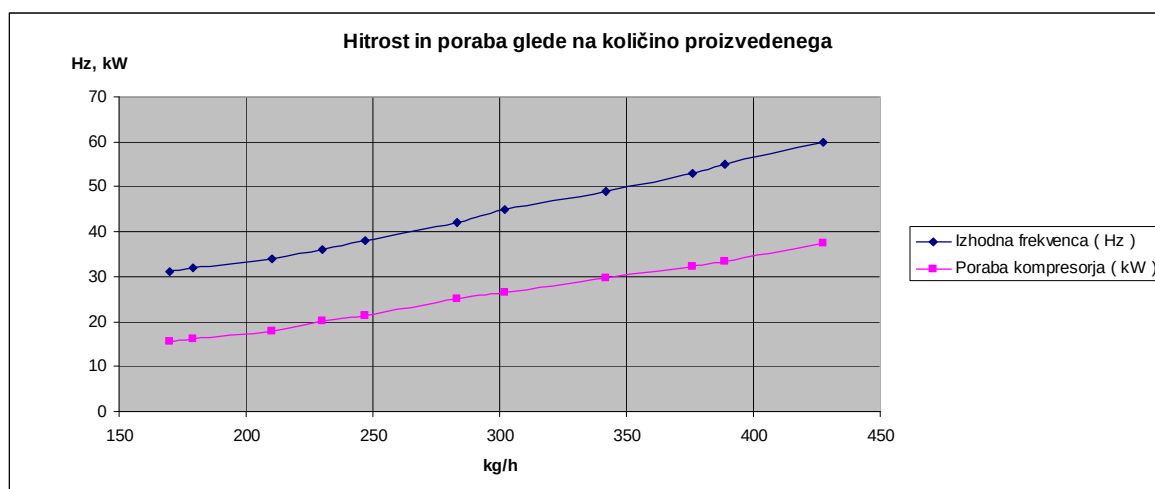
Zanimiva je tudi meritev porabe kompresorja v daljšem časovnem razdobju.



Slika 23: Trenutna poraba velikega kompresorja v časovnem diagramu

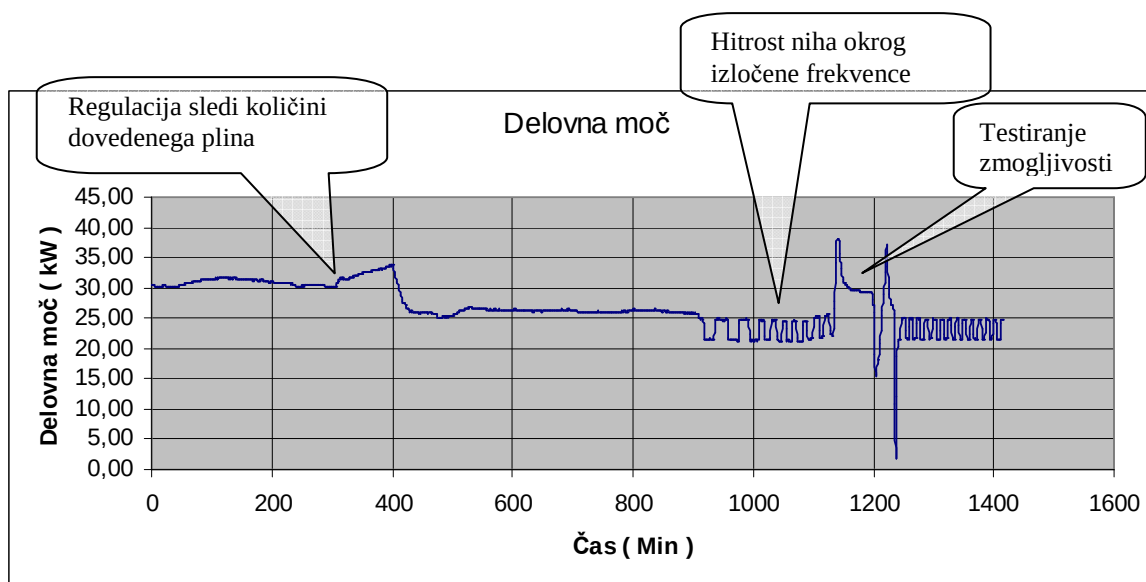
Iz tega diagrama se vidi, kašno je delovanje kompresorja pri zmanjšani proizvodnji plina. To je del, ki ga sedaj pokrivamo z malim kompresorjem. Načrtovalci in programerji so krmiljenje izvedli tako, da kompresor čaka, da se balon dovolj napolni in šele potem kompresor začne komprimirati plin. Ker je dovod plina majhen se balon hitro prazni. Ta del se lepo vidi v prvih minutah delovanja kompresorja. Kompresor se zažene na polno obremenitev, vmes preklopi na polovično obremenitev in na koncu v celoti razbremeni. Ko se balon dovolj napolni, se vse skupaj ponovi. Ker je tako delovanje zelo neprimerno in moteče, je operator spustil del že stisnjenega plina nazaj v balon. To delovanje je razvidno iz diagrama od 100. minute do 250. minute. Po tem času sem začel s testiranjem kapacitete, kar se tudi vidi iz čudne oblike krivulje porabe energije.

Enake meritve sem opravil še na malem kompresorju.



Slika 24: Količine proizvedenega, poraba in trenutna hitrost malega kompresorja

Iz diagrama se vidi, da je poraba kompresorja linearno odvisna od proizvedene količine plina. Pri 427 kg/h je trenutna poraba 37,4 kW, pri 210 kg/h pa 18 kW, kar je zelo blizu polovice. To pomeni, da kompresor v celotnem področju regulacije vedno deluje optimalno.



Slika 25: Trenutna poraba malega kompresorja v časovnem diagramu

Iz diagrama trenutne porabe na daljše časovno obdobje se vidi, da se poraba le malo spreminja, to pomeni da se regulacija hitrosti lepo ujame z dovajano količino plina. V času okrog 1000. minute in na koncu se pojavijo stopnice, ki pa so prisotne zaradi izločitve ene izmed frekvenc frekvenčnega pretvornika. To je frekvenca 40 Hz, pasovne širine 4 Hz. V tem območju ima kompresor najmočnejšo resonanco, tresenje kompresorja se pri tej frekvenci zelo poveča, zato sem se odločil, da to frekvenco izločim, preskočim. V času okrog 1200. minute sem izvajal testiranje kapacitete, zato pride v tem delu do večjih sprememb porabe. Kasneje se je regulacija zopet ujela s skoki med 38 Hz in 42 Hz.

Iz meritev sem izračunal še povprečno porabo kompresorja. Za veliki kompresor, kjer so meritve trajale 5 ur in ker je večino časa bil odprt ventil za dodatno dovajanje plina v balon, je bila povprečna poraba 93,001 kWh na 1000 kg proizvedenega plina. Za mali kompresor, kjer so meritve trajale 25 ur, sem izračunal povprečno porabo 89,4 kWh na 1000 kg proizvedenega plina. To pomeni, da mali kompresor porabi 3,6 kWh manj energije na 1000 kg proizvedenega plina kot veliki, pri tem smo veliki kompresor umetno držali v boljšem režimu delovanja brez velikih sprememb hitrosti, ki se pri manjši količini proizvedenega plina pojavljajo.

Prav tako sem ugotovil, da mali kompresor deluje optimalno v področju od 170 kg/h do 425 kg/h proizvedenega plina, veliki kompresor pa v področju od 300 kg/h do 980 kg/h (polna obremenitev). Področji se lepo prekrivata, zato je smiselna uporaba malega

kompresorja vse do njegove maksimalne kapacitete, šele pri večji proizvodnji pa preklop na veliki kompresor, ki pa bo takrat prav tako deloval v optimalnem režimu.

6 EKONOMSKI DEL

Seznam vgrajene opreme s cenami

Naziv	Kosov	Vir	Cena, kos	Skupna cena
CPU C7-621	1	Nabava	1031	1031
SITOP-napajalnik	1	Nabava	110	110
Motorsko zaščitno stikalo	1	Zaloga	24	24
Močnostni odklopnik	2	Zaloga	29	58
Dodatni kontakti	1	Zaloga	42	42
Močnostni odklopnik	1	Zaloga	4	4
Ohišje rumeno z gobasto tipko	1	Zaloga	25	25
Oznaka STOP oglata	1	Zaloga	3	3
Oznaka STOP okrogla	1	Zaloga	3	3
Tipka gobasta STOP	1	Zaloga	12	12
Nosilec kontaktov	20	Zaloga	1	20
Kontakt delovni	20	Zaloga	2	40
Kontakt mirni	3	Zaloga	2	6
Stikalo 0-1	2	Zaloga	7	14
Tipka rdeča O	1	Zaloga	3	3
Tipka svetleča, zelena	1	Zaloga	5	5
Kontakt LED, rdeč	2	Zaloga	4	8
Kontakt LED, zelen	2	Zaloga	4	8
Osnovni modul semaforja	1	Nabava	16	16
Semafor bliskavka, oranžen	1	Nabava	103	103
Nosilno podnožje	1	Nabava	21	21
Pritrditev	1	Nabava	9	9
Motorsko zaščitno stikalo	1	Zaloga	45	45
Pomožni kontakt	1	Zaloga	9	9
Močnostni odklopnik	1	Zaloga	72	72
Ventilator	1	Zaloga	90	90
Ventilacijska mrežica	1	Zaloga	18	18

Frekvenčni pretvornik	1	Nabava	3034	3034
RFI filter	1	Nabava	279	279
Temperaturno tipalo Pt100	2	Nabava	65	130
Stikalo varovalno	1	Nabava	21	21
Glavno stikalo	1	Nabava	230	230
Ročka s sklopko	1	Nabava	27	27
Podaljšek osi za 400 mm	1	Nabava	2	2
Temperaturni regulator	1	Zaloga	11	11
Tokovni transformator	1	Nabava	9	9
Števec obratovalnih ur	1	Obstoječ	0	0
Sponka 70	3	Nabava	11	11
Sponka 50	6	Nabava	8	8
Mostiček dvopolni	6	Nabava	3	3
Sponka 2,5	57	Zaloga	0,5	28
Zaključek sponk	3	Zaloga	0,3	1
Pretvornik Pt100	2	Nabava	89	178
Oznaka za sponke	5	Zaloga	1	5
Vtičnica 230V 16A	1	Zaloga	9	9
Rele miniaturni	7	Zaloga	22	154
Transformator	1	Obstoječ	0	0
Varovalka	2	Zaloga	2	4
Varovalka	1	Zaloga	2	2
V-meter	1	Obstoječ	0	0
A-meter	1	Obstoječ	0	0
Skala A-metra	1	Obstoječ	0	0
Varovalka	1	Zaloga	2	2
Kabel Ölflex 4x0,75 mm ²	35 m	Zaloga	0,26	9
Kabel Ölflex 7x0,75 mm ²	35 m	Zaloga	0,53	18
Kabel Ölflex 12x0,75 mm ²	110 m	Zaloga	1	110
Kabel Ölflex 4x1,5 mm ²	35 m	Zaloga	0,54	19
Razdelilna omarica PVC	1	Zaloga	3	3

Razdelilna omarica PVC	2	Obstoječa	0	0
Razdelilna omara kovinska	1	Obstoječa	0	0
Razdelilna omara kovinska	1	Obstoječa	0	0
			Skupno:	6106 €

Cene in zneski so po dejanski nabavi materiala. Nisem ovrednotil edino, kar sem uspel uporabiti iz obstoječega, starega razdelilca. Strošek materiala, potrebnega za predelavo, je tako znašal 6106 €.

7 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi je obdelana predelava batnega kompresorja, ki se je dejansko tudi izvedla. Naloga zajema vse faze predelave, od izdelave elektro dokumentacije, naročila materiala, do same predelave in pisanja programa za krmilnik, na koncu pa zagon in opravljanje meritev. Kompresor je avtomatiziran do te mere, da ni več potrebe po stalni prisotnosti operaterja, v primeru okvare sistem nadzora operaterju pošlje sporočilo o okvari. Kompresor je tako pridobil na uporabni vrednosti, po predelavi se ga dejansko uporablja, prej le v primeru nuje in okvare velikega kompresorja. Poraba energije glede na proizvedeno količino je manjša kot pri velikem kompresorju, vzdrževalni stroški malega kompresorja so bistveno manjši kot pri velikem kompresorju. Glede porabe energije sem ugotovil, da veliki kompresor vseeno ne troši veliko več energije kot mali kompresor, le pri nizki kapaciteti obratovanja njegovo krmiljenje ni izvedeno optimalno. To bi se dalo spremeniti z drugačnim programom, težava je namreč v tem, da je proizvajalec kompresorja Mehrer program zaklenil v krmilnik, nam pa ni posredoval izpisa programa. Tako ni možna sprememba le dela programa, ampak ga je potrebno v celoti napisati na novo.

8 VIRI IN LITERATURA

Ravnikar Ivan: Električne inštalacije , Tehniška založba Slovenije, Ljubljana 1997

Friedrich, Priročnik za elektrotehniko in elektroniko, Tehniška založba Slovenije, Ljubljana 1995

Navodila za kompresor TZW70, tehnično navodilo proizvajalca Mehrer
Betriebsanleitung_TZW_70.pdf (email 18.04.2006)

Navodilo za delovanje z frekvenčnikom, tehnično navodilo proizvajalca Mehrer
Muster_FU_14.5.7.29-0103.doc (email 18.04.2006)

Medmrežje:

1. Tehnični podatki temperaturnega pretvornika,
http://www.elektrospoji.si/uploads/menu_download/file_107_4_6_opt.pdf (31.01.2007)
2. Tehnični podatki temperaturnega tipala,
<http://www.elpro.si/TIPALA/index.html> (31.01.2007)
3. Tehnični podatki krmilnika C7-621,
<http://support.automation.siemens.com/WW/view/de/1140724> (30.01.2007)
4. Tehnični podatki krmilnika C7-621,
<http://support.automation.siemens.com/WW/view/de/1136211> (30.01.2007)
5. Tehnični podatki frekvenčnega pretvornika,
<http://www.ssddrives.com/usa/doc/HA470679U200.pdf> (26.02.2007)
6. Tehnični podatki frekvenčnega pretvornika,
<http://www.ssddrives.com/usa/doc/Ha466358.pdf> (26.02.2007)
7. Tehnični podatki frekvenčnega pretvornika,
<http://www.ssddrives.com/usa/doc/Ha466358u.pdf> (26.02.2007)

9 PRILOGE

1. Elektro dokumentacija
2. Program krmilnika C7-621

Izjava avtorja diplomske naloge

Podpisani Janko ŠAUPERL, diplomant VSŠ Velenje, program ELEKTRONIKA, izjavljam, da sem diplomsko nalogo pripravil samostojno pod vodstvom mentorjev v podjetju in na šoli ter po virih, ki so navedeni v bibliografiji diplomske naloge.

Podpis:

Velenje, dne 13.11.2007

Priloga 1: Elektro dokumentacija

Priloga 2: Program krmilnika C7-621