Evaluacija izvedbenog plana i projektiranje zamjenskog upravljačkog sustava za bager EŠ 6/45

Stanojević, Željko

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:928498

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-30**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET

Diplomski sveučilišni studij Računarstvo, smjer Procesno računarstvo

EVALUACIJA IZVEDBENOG PLANA I PROJEKTIRANJE UPRAVLJAČKOG SUSTAVA ZA BAGER EŠ 6/45

Diplomski rad

Stanojević Željko

Osijek, 2019. godine

SADRŽAJ

1. Uvod 3

1.1. Uopćeno o bagerima tipa *"dragline"* 3

1.2. Elektro oprema i upravljački sustavi bagera *"dragline"* 5

2. Tehnički opis i potreba za modernizaciju pogona i upravljačke opreme bagera EŠ 6/456

2.1. Tehničko tehnološki zahtjevi modernizacije bagera EŠ 6/45 6

2.3. Specifični uslovi za modernizaciju glavnih pogona bagera 10

2.4. Opis postojećeg stanja opreme na bageru EŠ 6/45 11

3. Provedba modernizacije i nadogradnje sustava 16

3.1. Izbor opreme za nadogradnju i modernizaciju 16

3.2. Projektiranje i implementacija upravljačkog sustava 24

3.3. Vizualizacija procesa i projektiranje HMI sučelja 32

4. Testiranje funkcionalnosti i validacija sustava 37

4.1. Metodologije ispitivanja 37

4.2. Rezultati ispitivanja 41

5. Zaključak 51

6. GRAFIČKA DOKUMENTACIJA I PRILOZI 56

1. Uvod

1.1. Uopćeno o bagerima tipa *"dragline"*

Bageri tipa *„dragline"* su iz kategorije teške industrije i spadaju u najveće izgrađene mašine na planeti. Primjena ovih bagera je u građevinarstvu i rudarstvu. Ustaljeni naziv u rudarstvu *„dragline"* dolazi iz engleskog jezika zbog principa rada koji se opisuje korištenjem riječi „drag"- povući. Bager ima mogućnost da zbog svoje konstrukcije utovarnu korpu pomoću sajli „baci" daleko od svog stajališta i da istu povlačenjem napuni, te sustavom užadi podigne i istrese na željenu poziciju. Osnovni dijelovi *„dragline"* bagera su *„drag rope"* – uže kopanja, utovarna korpa, katarka, uže dizanja i pogonski motori. Ovisno od posla koji rade namjena im može biti za slijedeće radove:

- Iskopi na putovima
- Dubinska spuštanja pilota (osiguravajući stupovi)
- Izgradnja luka, uređenje obala
- Površinski rudarski kopovi
- Duboka iskopavanja ispod nivoa stajališta
- Podvodna iskopavanja

U građevinarstvu se koriste manji bageri i u manjem broju, dok je najznačajnija primjena ovih bagera u oblasti rudarstva, zbog njihove specifične konstrukcije i glomaznosti. Tako su neki od ovakvih bagera imali zapreminu radne korpe od 100 m^3.

Pored podjele po mjestu izvođenja radova, moguće je napraviti i podjelu po načinu transporta bagera. Tako imamo bagere:

- Bageri sa kotačima
- Bageri sa gusjenicama
- Bageri na kamionima, brodskim platformama (nemaju osobni transportni mehanizam)
- Koračajući bageri

Neki od najvećih napravljenih bagera tipa *„dragline“* su:

- BIG MUSCIE proizvođača „Central Ohio Coal Company“ (masa bagera 12200t, 22 kata visina, zapremina utovarne korpe 170 m^3
- EŠ 100/100 proizvođač „Uralmashplant“ (masa bagera 10300 t, zapremina utovarne korpe 100 m^3)

Slika 1.1. Prikaz veličine utovarne korpe

1.2. Elektro oprema i upravljački sustavi bagera *"dragline"*

Općenito danas se bageri, slični bageru EŠ 6/45, različitih proizvođača proizvode po sličnom konceptu, ali sa tehnološki naprednijom opremom. Tako su različite modernizacije i nove serije kao poboljšanje prvo primijenile zamjenu sustava upravljanja uzbudom naprednijim namjenskim regulatorima uzbude. U situacijama gdje nije bilo moguće, zbog velikih struja, primijeniti serijski proizvođene regulatore uzbude razvijene su aplikacije primjene standardnih DC regulatora koji rade u 2Q ili 4Q području kao regulatori uzbude. Jedan od primjera je primjena SINAMICS DCM DC konvertora *„Application SINAMICS DCM as field supply unit"*.

Možemo izdvojiti nekoliko pristupa u koncepcijama elektromotornih pogona:

1. Upotreba „sinkrone grupe" - Vard Leonardova grupa, model koji koristi sinkroni pogonski motor za generatore istosmjernog napona, podpodjela bi bila vezano za regulaciju napona pogonskih motora:
    a. Regulacija napona pobude pripadajućeg generatora u fiksnoj sprezi sa pogonskim motorom
    b. Regulacija napona pobude pripadajućeg motora u fiksnoj sprezi sa pogonskim generatorom
2. Upotreba statičke transformacije napona i statičkih DC pretvarača, sa podpodjelom:
    a. Regulacija napona pobude motora sa fiksnim naponom armature
    b. Regulacija napona armature sa fiksnom pobudom
3. Upotreba statičke transformacije napona i frekventnih regulatora sa AC motorima. Ovaj koncept je najmlađi i sve zastupljeniji kod vodećih proizvođača bagera ovog tipa.

Ovisno o konceptu koji je primijenjen ovisi i složenost upravljačkog sustava, ono što je zajedničko svim modernim upravljačkim sustavima jeste primjena PLC kontrolera i HMI panela u sprezi sa nekim od gore navedenih modela elektromotornih pogona.

2. Tehnički opis i potreba za modernizaciju pogona i upravljačke opreme bagera EŠ 6/45

2.1. Tehničko tehnološki zahtjevi modernizacije bagera EŠ 6/45

Ugrađena oprema na bageru pripada tehnologiji iz 50-tih godina prošlog stoljeća. Obzirom na stanje opreme i nemogućnost nabavke rezervnih dijelova, posebice na polju elektrotehničkih komponenti, zamjena većeg dijela elektroopreme jedino je racionalno rješenje koje će donijeti pouzdan rad bagera. Od modernizacije i rekonstrukcije se očekuje da se bager EŠ 6/45 funkcionalno u potpunosti osposobi primjenom novih tehnologija i rješenja iz oblasti automatizacije i elektromotornih pogona. Tako se umjesto postojeće zastarjele relejne tehnike za nadzor i upravljanje bagera treba izvršiti ugradnja suvremenog PLC-a, koji će vršiti upravljanje i nadzor nad svim elementima rada bagera EŠ 6/45 i koji će omogućiti povezivanje bagera sa SCADA sustavom u dispečerskom centru.

Tehnički zahtjevi za modernizaciju upravljačke kabine i pripadajuće opreme

Postojeća upravljačka kabina izrađena je od metalne konstrukcije koja je obložena metalnim limom, dok je unutrašnjost kabine izvedena od drvene konstrukcije i drvenih komponenti. Obzirom na starost kabine i dotrajalost drvenih dijelova nužno je kabinu u potpunosti rekonstruirati primjenom termo izoliranih panela.

Postojeća upravljačka oprema u kabini rukovaoca mora biti zamijenjena u potpunosti. Postojeće upravljačke pultove zamijeniti novim, sa novom upravljačkom opremom i primjenom HMI panela za bolji i kvalitetniji nadzor i upravljanje bagerom.

Upravljačke palice glavnih pogona umjesto palica za stepenasto upravljanje zamijeniti palicama sa kontinuiranim upravljanjem kako bi se dobila preciznija regulacija nad pogonima i smanjili utjecaji na mehaničke komponente.

Tehnički zahtjevi za modernizaciju upravljačke opreme

Upravljačka oprema u potpunosti treba biti zamijenjena. Koncept novog upravljačkog sustava treba biti baziran na distribuiranom PLC sustavu sa jednim glavnim PLC kontrolerom i određenim brojem distribuiranih kontrolera raspoređenih po funkcionalnim cjelinama i pogonima. Veza između glavnog PLC-a i distribuiranih jedinica treba biti otporna na magnetske smetnje, te je treba realizirati primjenom optičkih veza koje podržavaju PROFINET ili PROFIBUS komunikacijske protokole.

Program za upravljanje i nadzor nad radom bagera treba biti kreiran blokovski na način da svaka funkcionalna cjelina ili dio pogona bude neovisan potprogram koji komunicira sa ostalim potprogramima – funkcijskim cjelinama/pogonima bagera. Program mora sadržavati sve mjere za siguran i pouzdan rad bagera, za pokretanje pogona moraju biti ispunjeni svi sigurnosni uvjeti.

Tehnički zahtjevi za modernizaciju energetske opreme

Pogoni kopanja/koračanja, dizanja i kružnog kretanja biće pogonjeni starim pogonskim motorima preko DC regulatora bez sinkrone grupe i generatora sa pripadajućom regulacijom pobude i napona. Pogonske motore prije ugradnje nužno je remontirati, zamijeniti ležajeve, četkice i osvježiti izolaciju.

Pogoni uljnih pumpi biće zamijenjeni novim pumpnim agregatima komplet sa novim motorima.

Pogon dizanja katarke biće zadržan uz ugradnju novih instalacija i sklopne tehnike.

Svi sigurnosni i signalni uređaji biće zamijenjeni uređajima novije generacije.

Glavni energetski transformator 6/0,69 kV biće ugrađen umjesto sinkrone grupe i napojen preko novog jednoćelijskog 6 kV SN postrojenja. Sustav kliznih prstena nužno je remontirati.

Transformator kućne potrošnje biće transformacijskog odnosa 690/400 V i služit će za ostale motorne pogone. Posebno je potrebno ugraditi transformatore za galvansko odvajanje rasvjete i upravljačkih strujnih krugova.

Sva oprema biće smještena u nove odgovarajuće ormare od dva puta dekapiranog lima.

Svi kablovi treba da se ugrade novi.

2.2. Opći tehnički podaci za modernizaciju glavnih pogona bagera EŠ 6/45

Korisnik	EFT RUDNIK I TERMOELEKTRANA STANARI
Naziv rada	**MODERNIZACIJA BAGERA EŠ 6/45**
Nazivni naponi opreme	6000 , 690, 400, 230, 110 i 24 V, AC i DC
Instalirana snaga na 6000 V	**Energetski transformator 6/0,69 kVA 2000 kVA**
Instalirana snaga na 690 V	Pogonski motori kopanja/korač. 2 x 190 kW=380 kW
	Pogonski motori dizanja 2 x 190 kW=380 kW
	Pogonski motori kružnog kret. 2 x 100 kW=200 kW
	• **UKUPNO NA 690 V= 960 kW**
Instalirana snaga na 400 V	• Pogonski motori uljnih pumpi 3x4=12 kW
	• Pogonski motor dizanja katarke 30 kW
	• Pogonski motor kompresora 11 kW
	• Rasvjeta bagera 8 x 400+8x100 W=4 kW
	• Grijači ulja reduktora 3x3x2=18 kW
	• Opća potrošnja 20 kW
	UKUPNO NA 400 VAC P_{inst}=95 kW
Opća potrošnja i rasvjeta	• Regulatori uzbude
	• Grijanje elektropostrojenja i kabine
	• Signalni uređaji

- Servisne priključnice i slično

UKUPNO INSTALIRANO

Ukupno instalirano (690 V i 400 V) = 960+95 = 1055 kW

Faktor istovremenosti 0,8 pa je angažirana snaga 844 kW.

Tip predviđenih kablova	Gumeni rudarski kablovi tipa EpN 50y : • 4 x 120 mm^2 • 4 x 50 mm^2 • 5x2,5 mm^2 • 3x1,5 mm^2 • 4x1,5 mm2 • 5x1,5 mm^2 • 12x1,5 mm^2 • 24x1,5 mm^2
Materijal provodnika	Bakar (Cu)
Zaštita od opasnog napona dodira	Izoliranje, mehaničko zaprečivanje
Sustav mreže	IT (izolirano zvjezdište)

2.3. Specifični uslovi za modernizaciju glavnih pogona bagera

Glavni prekidači	• Izabrati glavne prekidače 690 i 400 V sa elektromotornim pogonima, podnaponskim špulama, odgovarajuće prekidne moći
Transformatori snage	• Izabrati uljne transformatore 6000/690 VAC i 6000/400 VAC sa izolacijom za rad sa ispravljačima i frekventnim regulatorima
Osigurači	• Na pozicijama gdje se koriste topljivi osigurači predvidjeti izolirana podnožja osigurače-rastavljače • Krugovi komandnog napona i pomoćni strujni krugovi trebaju biti štićeni automatskim osiguračima
Motorni pogoni	• Motorni pogoni kopanja/koračanja, dizanja i kružnog kretanja ostaju postojeći u konfiguraciji sa po dva DC motora na jednom reduktoru/pogonu • Izabrati odgovarajuće DC regulatore za pogone koji će zamijeniti generatore istosmjerne struje pogonjene sinkronim motorom. • Ostali pomoćni motorni pogoni biće 400 VAC (uljne pumpe, ventilatori, kompresor, ...
Zaštita elektromotornih pogona	• Pogonski motori štitite se integriranim zaštitama u DC regulatorima, a regulatori odgovarajućim brzim osiguračima namijenjenim za zaštitu elektroničkih sklopova i prekidačima u dolazu na DC regulator • Pogonske motore pomoćnih motora pojedinačno štititi termo magnetnim motornim zaštitnim prekidačima
Zaštita od opasnog napona dodira	• Predvidjeti zaštitu izoliranjem

	• Mehaničkim zaprečivanjem • Predvidjeti kontrolnike izolacije 690 V i 400 V na energetskim krugovima i 230 V na komandnom i pomoćnom naponu
Izbor opreme	• Prilikom izbora opreme voditi računa o unifikaciji sa opremom na drugim rudarskim strojevima i postrojenjima

2.4. Opis postojećeg stanja opreme na bageru EŠ 6/45

Bager *„dragline“* EŠ 6/45 je nabavljen kao polovan. Godina proizvodnje bagera je 1976, što značajno utiče na stanje zatečene opreme na bageru. Prije nabavke bager je više godina bio uskladišten na otvorenom prostoru na površinskom kopu na kom je završena eksploatacija. Nakon zaustavljanja bagera, nije urađeno konzerviranje opreme, a i samo fizičko osiguravanje bagera nije bilo adekvatno, te na bageru nedostaje sitnija oprema, bakarni kablovi i dijelovi pogonskih motora koji su bili dostupni. Zbog procjene da je strojarska oprema u dobrom stanju, opravdano je investiranje u modernizaciju elektro opreme i dovođenje bagera u funkcionalno stanje. Zatečeno stanje opreme je takvo da, osim pogonskih motora, u koje je također nužno uložiti određena sredstva, je nužno kompletno obnoviti elektro opremu. Kako je oprema stara više od 40 godina, nije moguće nabaviti zamjensku i uskladiti sa postojećom projektnom dokumentacijom. Iz navedenog najoptimalnije rješenje je da se izradi novi projekt koji bi definirao zadržavanje pogonskih motora, a ostatak opreme da se zamijeni tehnološki naprednijom opremom koja je dostupna na tržištu.

Sustav napajanja bagera EŠ 6/45

Stanje zatečene opreme je sljedeće:

Predviđeno je napajanje bagera naizmjeničnim naponom 6 kV gumenim rudarskim kablom EpN78 3x35+3x16 mm^2. Kabel je priključen preko sustava kliznih prstenova na 6 kV SN postrojene sa sklopka rastavljačem. Iz SN postrojenja napaja se transformator kućne potrošnje (koji nije zatečen na bageru) i preko 6 kV SN sklopnika upušta se sinkrona grupa sa pogonskim motorom koji pogoni generatore istosmjernog napona za pogone kopanja/koračanja, dizanja i kružnog kretanja. Sva tri generatora kruto su mehanički spregnuta na osovinu rotora sinkronog motora. Sa energetskog transformatora kućne potrošnje napajaju se ostali potrošači kao što su rasvjeta, pogoni uljnih pumpi, pogon dizanja katarke, kompresor, upravljačka oprema i slično.

Glavni pogoni sa istosmjernim motorima koji se napajaju sa pripadajućih generatora pogonjeni sinkronom grupom su sljedećih karakteristika:

- Pogon kopanja/koračanja 2x190 kW, 270 V, 760A, 740 o/min neovisna uzbuda 85VDC,
- Pogon dizanja 2x190 kW, 270 V, 760A, 740 o/min neovisna uzbuda 85V,
- Pogon kružnog kretanja 2x100 kW, 305 V, 360A, 750 o/min neovisna uzbuda 85V

Opis upravljačke kabine sa pripadajućom opremom

Upravljanje radom bagera vrši se preko komandnog pulta iz kabine rukovaoca, kabina je opremljena sa dva upravljačka pulta, na kojima se nalaze analogni mjerni uređaji, komandni tasteri i preklopke. Oprema je dotrajala i nužna je kompletna reparacija kabine sa ugradnjom novih tehnološki naprednijih uređaja za vizualizaciju rada bagera.

Slika 2.1. Izgled unutrašnjosti upravljačke kabine i komandnih pultova

Slika 2.2. Izgled unutrašnjosti upravljačkog ormara u upravljačkoj kabini

Izvršni upravljački elementi izvedeni su u relejnoj, sklopnoj i tranzistorskoj tehnici, kao što je prikazano na slikama 2. 1. i 2. 2.

Tehnološki koncept rada bagera i preduvjeti za modernizaciju

Bager EŠ 6/45 je neovisan stroj i njegov rad nije u blokadnom (ovisnom) radu sa transporterima. Iz navedenog razloga nema više režima rada.

Princip rada glavnih pogona ogleda se u stepenastoj regulaciji napona armature na pogonskim DC motorima regulacijom pobude na pripadajućem generatoru komandom zadatom sa elektromehaničke upravljačke palice iz kabine rukovaoca. Napon i uzbuda reguliraju se složenim sustavom sklopnih uređaja upravljanim u relejnoj i otporničkoj tehnici uz primjenu sklopova energetske elektronike. Ovakav vid regulacije ne primjenjuje se na novim strojevima i dugo vremena nije moguće nabaviti i servisirati ovakvu opremu jer je tehnološki zastarjela.

Bager tehnološki gledano ima tri funkcijske pogonske grupe:

- Pogon kopanja/ koračanja
- Pogon dizanja
- Pogon kružnog kretanja

Pogon kopanja/koračanja je jedna pogonska grupa, sa dva DC motora, koja se ovisno od izbora funkcije, pneumatsko mehaničkim prijenosnim sustavom, prenosi na pogon koračanja-transporta ili na pogon kopanja. Kada je bager u režimu koračanja pogoni kružnog kretanja i dizanja su onemogućeni zbog statičke stabilnosti bagera. Pogon kopanja preko sustava mehaničkih prijenosnika i užadi vrši horizontalno povlačenje užadi utovarne korpe. Pogon koračanja koristi se za pomijeranje bagera u prostoru.

Pogon dizanja je sustav pogonjen sa dva DC motora koji preko mehaničkog sustava i užadi vrši vertikalno povlačenje utovarne korpe.

Pogon kružnog kretanja preko sustava ozubljenog prstena i sustava kliznih prstenova za prijenos električne energije omogućava neometano kružno kretanje bagera u prostoru, a samim tim

kretanjem obavlja se i kretanje utovarne korpe na poziciju za uzimanje i istovar materijala. Kao i druge dvije grupe glavnih pogona pogon kružnog kretanja pogoni se sa dva DC motora.

Specifičnost kod sve tri grupe glavnih pogona je da su pogonjene sa po dva pogonska motora koja su mehanički spregnuta, sa tom razlikom da je pogon kružnog kretanja mehanički spregnut preko ozubljenog prstena dok su pogoni kopanja/koračanja i dizanja mehanički spregnuti na po jednom reduktoru sa dva pogonska vratila, dok su električki gledano pogonski motori vezani u seriju.

Obzirom na dosadašnja iskustva i tehnička rješenja koja se primjenjuju kod novih bagera ovog tipa, optimalno rješenje za modernizaciju je izbacivanje sinkronog pogonskog motora i pripadajuće sinkrone grupe sa generatorima (Vard Leonardova grupa) kao i pripadajućih budilica (malih generatora budilica za DC motore i generatore), tako i sustava otpornika i energetske elektronike za regulaciju napona i pobude sinkronog motora. Na ovaj način se eliminiraju sljedeći nepovoljni elementi:

1. Start sinkrone grupe koji zbog velike snage motora stvara udar na mrežu
2. Veliki broj četkica, četkodržača i rotirajućih dijelova na sinkronom motoru, generatorima glavnih pogonskih grupa i budilica.
3. Nemogućnost nabavke rezervnih dijelova i kvalitetnog održavanja pogonskih grupa.

Izbacivanje sinkrone grupe zahtijeva nabavku i ugradnju odgovarajućeg energetskog transformatora i odgovarajućih DC regulatora za istosmjerne pogone sa pripadajućom sklopnom tehnikom.

Ostale funkcije koje trebaju imati ulogu sigurnosnih i upravljačkih krugova trebaju se realizirati sa novim senzorima i elementima uz upotrebu PLC programibilnih kontrolera.

3. Provedba modernizacije i nadogradnje sustava

3.1. Izbor opreme za nadogradnju i modernizaciju

Izbor srednje naponske 6 kV i niskonaponske energetske opreme neće biti detaljno razmatran jer je predmet energetskog dijela projekta. Oprema će biti funkcijski pobrojana sa osnovnim karakteristikama i funkcijskim značajkama, dovoljnim za detaljnu razradu opreme upravljačkog sustava.

Izbor transformatora snage 6/0,69 kV

Transformatori snage zamjenjuju *Vard Leonardovu* sinkronu grupu koja se sastojala od pogonskog sinkronog motora nazivne snage 630 kW i tri generatora istosmjernog napona za glavne pogone. Definiranje snage glavnih transformatora sprovedeno je na osnovu instalirane snage bagera koja iznosi:

- Glavni pogonski motori 4x190+2x100=960 kW
- Transformator opće potrošnje 160 kVA

U normalnom radu, operacija koja iziskuje najviše snage je operacija koračanja sa kratkotrajnim preopterećenjima do 3 puta nazivne snage pogonskih motora što je 3x2x190=1140 kW. Pretpostavka da u tom trenutku ostali pogoni nisu u radu i da je transformator opće potrošnje opterećen sa 50%, ukupna angažirana snaga je 1140+160*0,5= 1220 kW.

U cilju osiguranja pogonske sigurnosti, unifikacije opreme sa već postojećom i osiguranja dovoljne termičke izdržljivosti transformatora u ljetnom periodu usvaja se ugradnja dva transformatora u paralelnom radu nazivne snage svaki po 1000 kVA. Dva transformatora su optimalno rješenje i zbog raspored tereta i balansa masa, s obzirom da su smješteni iznad prostora predviđenog za smještaj protiv tega (balasta masa). Prostor između transformatora je predviđen za prolaz servisnog krana.

Izabran je uljni hermetički zatvoren transformator nazivne snage 2 x 1000 kVA prijenosnog odnosa 6/0,69 kV sprežna grupa Dyn05. Opći podaci o transformatoru su slijedeći:

Tehnički podaci transformatora:

- Snaga transformatora S_{tr}= 1000 kVA
- Odnos transformacije N= 6/0,69 kV
- Sprežna grupa Dyn05
- Napon kratkog spoja U_k= 6%
- Ukupni gubici u bakru P_{cu}= 10 kW
- Izolacioni nivo primara 7,2 kV
- Ispitni napon primara 20 kV
- Izolacioni nivo od udarnog prenapona 60 kV
- Izolacioni nivo sekundara 1,1 kV
- Ispitni napon sekundara 10 kV
- Projektiran za nadmorske visine do 1000 mnm
- Dozvoljena temperatura ambijenta -25 do 40 stepeni C
- Ukupna težina transformatora 3330 kg
- Signali sa svakog transformatora koje koristi upravljački sustav:
    - *Temperatura transformatora u ALARM*
    - *Temperatura transformatora u ISKLJUČENJE*
    - *Nivo ulja ALARM*
    - *Pritisak ulja ALARM*

Izbor napojnog 6 kV kabela

Za veze između transformatora i rasklopnog postrojenja izabran je kabel tipa EpN78 3x25+3x10 mm^2, njegova nazivna struja je 137 A, dok je struja transformatora In=96 A. Za vezu od priključne kutije do sustava kliznih prstenova i od kliznih prstenova do rasklopnog postrojenja izabran je kabel tipa EpN78 3x50+3x16 mm^2, njegova nazivna struja je 210 A. Nominalna struja primara glavnih transformatora $2xI_T$= 2x96=192 A i nazivnu struju kućnog transformatora In=16A imamo da je ukupna struja In= 208A, što je manje od nazivne struje kabela. Očekivana struja s obzirom na nazivna opterećenja i preopterećenja u najnepovoljnijem slučaju u transportu bagera je do 0,7xIn=0,7x208=145,6A iz čega nazivna struja kabela In=210 A višestruko zadovoljava. Dužine napojnih kabela su kraće od 10 m.

Tip Type	Konstrukcija Construction nxS+nxS1	Maks. el. otpor na 20°C Max. electric resistance at 20°C	Pogonski kapacitet Operating capacity	Pogonski induktivitet Operating inductivity	Trajna struja na zraku Continuous current in air	Kabel namotan na bubanj Cable wound on drum		
						1. Sloj 1. Layer	2. Sloj 2. Layer	3. Sloj 3. Layer
	mm^2	Ohm/km	nF/km	mH/Km	A	A	A	A
EpN 78	3x16+3x10	1,24	0,30	0,369	103	75	57	48
	3x25+3x10	0,795	0,34	0,348	137	105	79	64
	3x35+3x10	0,565	0,39	0,328	170	125	96	77
	3x35+3x16	0,565	0,39	0,328	170	125	96	77
	3x50+3x16	0,393	0,44	0,311	210	160	125	100
	3x70+3x16	0,277	0,49	0,298	265	198	153	125
	3x95+3x16	0,210	0,55	0,290	315	240	183	145
	3x95+3x25	0,210	0,55	0,290	315	240	183	145
	3x120+3x16	0,164	0,62	0,279	370	280	215	170
	3x120+3x25	0,164	0,62	0,279	370	280	215	170
	3x150+3x25	0,132	0,67	0,271	425	320	245	201

Slika 3.1. Kataloška tablica dozvoljenih strujnih opterećenja kablova

Izbor motora kopanja/koračanja, dizanja i kružnog kretanja

Zadržani su postojeći DC motorni pogoni koji se sastoje od dva pogonska motora po pogonu koji su prilagođeni postojećem reduktoru. Karakteristike motora, su:

Pogon kopanja/koračanja:

- Istosmjerni motor poluzatvorene izvedbe tip: ДПЗ-82А; ООКЕТЗ „САТУРН“
- Nazivna snaga: 2x190 kW

- Nominalni napon Un=270 VDC
- Nominalna struja In= 760 A
- Uzbuda neovisna U=85VDC
- Nominalni broj obrtaja 740 $^{o}/_{min}$
- Tip izvedbe: B3 (IM 1003)
- Masa motora 3100 kg
- Hlađenje: forsirano

Pogon dizanja:

- Istosmjerni motor poluzatvorene izvedbe tip: ДПЗ-82А; ООКЕТЗ „САТУРН“
- Nazivna snaga: 2x190 kW
- Nominalni napon Un=270 VDC
- Nominalna struja In= 760 A
- Uzbuda neovisna U=85VDC
- Nominalni broj obrtaja 740 $^{o}/_{min}$
- Tip izvedbe: B3 (IM 1003)
- Masa motora 3100 kg
- Hlađenje: forsirano

Pogon kružnog kretanja:

- Istosmjerni motor poluzatvorene izvedbe tip: ДПВ-72; ООКЕТЗ „САТУРН“
- Nazivna snaga: 2x100 kW
- Nominalni napon Un=305 VDC
- Nominalna struja In= 360 A
- Uzbuda neovisna U=85 VDC

- Nominalni broj obrtaja 750 $^{o}/_{min}$
- Tip izvedbe: B5 (IM 4014)
- Masa motora 2125 kg
- Hlađenje: forsirano

Postojeći motori, s obzirom na godinu proizvodnje, nisu opremljeni senzorima za mjerenje temperature namota i ležajeva. Sa ciljem dobivanja povratne informacije o brzini pogona, nužno je ugraditi enkoder za mjerenje brzine na svaki od glavnih pogona.

Izbor DC regulatora za pogone kopanja/koračanja, dizanja i kružnog kretanja

Zbog izuzetno malo slobodnog prostora u postrojenju bagera i uvjeta za hlađenje elektro opreme bitno je voditi računa o veličini elektro postrojenja. U originalnoj izvedbi istosmjerni motori su bili u serijskoj vezi, isti koncept je zadržan i u novoj konfiguraciji. Glavni razlozi za zadržavanje serijske veze motora je činjenica da motori imaju nizak nazivni napon armature te bi za istu snagu bilo nužno angažirati mnogo veći DC regulator. U slučaju pojedinačnog napajanja bilo bi nužno ugraditi 6 regulatora istih gabarita, nešto manje nazivne snage, nego u slučaju sa serijskom vezom motora gdje je potrebno ugraditi po jedan regulator za dva motora. Serijskom vezom ostvaruje se značajna ušteda u prostoru i ukupna cijena regulatora je značajno manja.

Pogoni su regenerativni te je nužno izabrati 4Q DC regulatore. Regulatori trebaju biti opremljeni PROFINET ili PROFIBUS komunikacionim modulima za upravljanje i nadzor. Uzbuda može biti integrirana ili kao neovisni regulator pobude povezan odgovarajućom komunikacijom sa regulatorom, što ovisi o tipu izabranog regulatora i proizvođaču.

Prilikom izbora DC regulatora za pogon kopanja/koračanja i dizanja vođeno je računa o sljedećim značajkama:

- Nominalna struja regulatora, veća od 2*In nazivne struje motora In≥1500A
- Dozvoljeno strujno preopterećenje 2,5*In motora
- Dozvoljeno strujno preopterećenje regulatora od 150% In u trajanju od 60 s

- Nominalna snaga regulatora veća od zbira snage motora Sn≥ 380 kW
- Regenerativni 4Q
- Nazivni napon mreže Un = 690 VAC
- Izlazni DC napon 600 VDC
- Stepen zaštite IP21
- Komunikacione kartice PROFINET ili PROFIBUS
- Odgovarajuće dimenzije prilagođene prostoru i unifikacija pogona
- Zrakom hlađeni

Prilikom izbora DC regulatora za pogon kružnog kretanja vođeno je računa o slijedećim značajkama:

- Nominalna struja regulatora, veća od 2*In nazivne struje motora In≥720A
- Dozvoljeno strujno preopterećenje 2,5*In motora
- Dozvoljeno strujno preopterećenje regulatora od 150% In u trajanju od 60 s
- Nominalna snaga regulatora veća od snage motora Sn≥ 200 kW
- Regenerativni 4Q
- Nazivni napon mreže Un = 690 VAC
- Izlazni DC napon 600 VDC
- Komunikacione kartice PROFINET ili PROFIBUS
- Stepen zaštite IP21
- Odgovarajuće dimenzije prilagođene prostoru i buduća unifikacija pogona
- Zrakom hlađeni

Upravljanje radom i nadzor na radom bagera baziran je na distribuiranom PLC sustavu. Centralna jedinica CPU biće smještena u upravljačkom ormaru u kabini rukovaoca. Kabina rukovaoca je dovoljno prostrana, klimatizirana i sa najmanjim utjecajima prašine i okoline. Distribuirani moduli raspoređeni su u ormarima pripadajućih pogona i opće potrošnje. PLC je sa distribuiranim

modulima, zbog smanjenja utjecaja smetnji, povezan optičkim kablovima, PROFINET ili BROFIBUS komunikacijom. Sustav upravljanja prikazan je blok dijagramom u Prilogu 1.

Izbor PLC-a

PLC konfiguracija je izabrana u skladu sa iskazanim potrebama nakon definiranja svih ulaznih i izlaznih signala. Signali su opisani i pobrojani u listama signala koje su definirane kao Prilog 2. Ukupan broj signala raspoređen po distribuiranim modulima je:

- Digitalnih ulaza: 201
- Digitalnih izlaza: 83
- Analognih ulaza: 33 (I,U, Pt, …)
- Analognih izlaza: 0

Određeni broj ulaza i izlaza na PLC modulima ostaje kao rezerva, a pored instaliranih rezervi nužno je ostaviti do 30% prostora u razvodnim ormarima za naknadnu nadogradnju PLC-a i druge opreme.

Sklopovska konfiguracija prema Prilogu 1, sastoji se od slijedećih važnijih komponenti:

- ***Procesorski modul*** - SIMATIC S7-1500, CPU 1516-3 PN/DP, sa radnom memorijom 1 MB za programsku aplikaciju i 5 MB memorije za podatke, 2 switch porta PROFINET IRT, 1 port: PROFINET RT, 1 port: PROFIBUS, 10 ns vrijeme ciklusa, SIMATIC memorijska kartica obavezna.
- Distribuirani komunikacijski modul - 7 komada
- Panel za vizualizaciju (HMI) – 2 komada
- Numerički panel za DC regulator – 3 komada
- ***Modul digitalnih ulaza*** - SIMATIC S7-1500, modul digitalnih ulaza DI 32x24 V DC HF, 32 kanala u grupama po16; Kašnjenje ulaza 0.05..20 ms; dijagnostičke mogućnosti po kanalima.

- ***Modul digitalnih izlaza*** - SIMATIC S7-1500, modul digitalnih izlaza DQ 32x24 V DC/0.5 A HF; 32 kanala u grupama po 8; 4 A po grupi; jedno kanalna dijagnostika.

Detaljna specifikacija PLC konfiguracije dana je u tabeli u prilogu 6.

Konfiguracija upravljačkog pulta

Postojeći upravljački pultovi biće rekonstruirani, na način da se zadrži postojeća konstrukcija, a da se svi limovi zamijene novim, kao i kompletna upravljačka oprema. U odnosu na stare pultove, glavne značajke su što će pogon kružnog kretanja umjesto nožnih prekidača (pedala) biti upravljan pomoću upravljačke palice. Upravljačka palica će biti zajednička za pogone dizanja i kružnog kretanja na lijevom pultu, dok će upravljačka palica za pogon kopanja/koračanja biti smještena na desnom pultu. Nove upravljačke palice izabrane su i konfigurirane tako da upravljanje svim glavnim pogonima bude kontinuirano preko potenciometra 0-100% brzine motora, za razliku od originalne verzije sa stupnjevitim upravljanjem 1-2-3-4 (25%-50%-75%-100%) nazivne brzine motora. Konfiguracijski list upravljačkih palica dan je u prilogu 8 i 9.

Od ostalih značajki, bitno je naglasiti da će upravljački pultovi dobiti novi moderan dizajn, sa HMI panelima za vizualizaciju umjesto analognih pokazivača mjerenih veličina. Također, broj preklopki i indikacijskih svjetiljki će biti optimiziran sukladno potrebama obzirom da se koriste HMI paneli.

Pregled novo projektirane i postojeće opreme

Kao što se do sada iz tehničkog opisa dalo naslutiti, vrlo malo originalne opreme je zatečeno na bageru, a i veći dio zatečene opreme nije bio za dalju uporabu, u tablici 3.1. napravljen je pregled po funkcijskim cjelinama, šta je od fabričkih rješenja zadržano na bageru, a šta se ugrađuje kao potpuno novo.

	Fabrička konfiguracija	Postoji	Novo projektirana konfiguracija
1	Sustav kliznih prstenova 6 kV	DA	Remont postojećeg sustava
2	Kabelske veze 6 kV	NE	Nabavka novih kabelskih veza
3	Srednjeponsko 6 kV postrojenje	NE	Nabavka novog 6 kV SN postrojenja
4	Kućni transformator 6/0,4 kV, 160 kVA	NE	Nabavka novog kućnog transformatora
5	Sinkroni motor 6 kV, 560 kW, sa sustavom regulacije uzbude	NE	Nabavka i ugradnja transformatora 6/0,69 kV, 2x1000 kVA

6	Generator istosmjernog napona za pogon kopanja/koračanja sa pripadajućim sustavima uzbude generatora i motora	NE	Nabavka ormara sa DC 4Q regulatorom za pogon motora kopanja/koračanja, sa pripadajućom regulacijom uzbude motora, te sklopnom tehnikom
7	Generator istosmjernog napona za pogon dizanja sa pripadajućim sustavima uzbude generatora i motora	NE	Nabavka ormara sa DC 4Q regulatorom za pogon motora dizanja, sa pripadajućom regulacijom uzbude motora, te sklopnom tehnikom
8	Generator istosmjernog napona za pogon kružnog kretanja sa pripadajućim sustavima uzbude generatora i motora	NE	Nabavka ormara sa DC 4Q regulatorom za pogon motora kružnog kretanja sa pripadajućom regulacijom uzbude motora, te sklopnom tehnikom
9	Motori glavnih pogona, kopanja/koračanja, dizanja i kružnog kretanja	DA	Kapitalni remont motora, dogradnja enkodera za praćenje broja obrtaja, dogradnja novih ventilatora za prisilno hlađenje
10	Ormari pomoćnih sustava, rasvjeta, grijači, ventilatori…	NE	Nabavka i ugradnja kompletno novih razvodnih ormara pomoćnih sustava, rasvjete grijača, ventilatora…
11	Upravljačka kabina i upravljački pult	DA	Kabinu nužno kompletno rekonstruirati i obnoviti, zadržati postojeće gabarite. Upravljački pultovi novi sa novom upravljačkom opremom
12	Graničnik pogona dizanja	NE	Umjesto fabričkog rješenja sa mehaničkim kontaktima i navojnim vretenom implementirati enkoder
13	Ostala periferna oprema, rasvjeta, grijači, električne instalacije…	NE	Nabavka kompletno nove unutrašnje i vanjske rasvjete, izrada novih kabelskih instalacija…

Tablica 3.1. Pregled fabričke i novo projektirane opreme

3.2. Projektiranje i implementacija upravljačkog sustava

Nakon definiranja neophodnog upravljačkog sklopovlja (*hardwera*) koji treba da zadovolji potrebe u pogledu komunikacije, brzine obrade signala, te mogućnosti upravljanja i dovoljnih ulazno izlaznih kapaciteta može se pristupiti projektiranju upravljačkog sustava. Pod pojmom projektiranja upravljačkog sustava podrazumijeva se definiranje i implementacija programskih rješenja na izabranom sklopovlju, u našem slučaju PLC kao integrator sustava, komunikacione opreme, HMI sučelja, izvršnih regulatora pogona sa pripadajućim motorima, te senzorskih uređaja koji su u funkciji sigurnosnih i signalnih uređaja. Programeru se moraju dati jasne smjernice i zahtjevi, te

definirati šta su ulazi, a šta su očekivani izlazi i odzivi sustava ili dijela sustava na zadate ulaze, smjernice se daju kroz tehničko-tehnološke opise i logičke dijagrame pogona i funkcijskih sklopova. Logički dijagrami su kreirani tako da programeru olakšaju izradu programa za rad bagera. Kao i da olakšaju ispitivanje kod funkcijskih proba i u slučaju potrebe za otklanjanjem nedostataka u toku eksploatacije. Obzirom da su pogoni, uz manje izuzetke, neovisni o radu drugih pogona logički dijagrami i tehnološki zahtjevi će biti prikazani po funkcijskim cjelinama i pogonima.

Grafički simboli koji će se koristiti za izradu dijagrama toka dati su na slici 3.2.

start	početak
	ulaz podataka
	deklaracija varijabli i konstanti; postavljanje na početnu vrijednost; obrada podataka
	izlaz podataka
end	kraj
	spojna točka, radi lakšeg praćenja toka podataka obično se u spojnu točku upisuju brojevi koji su veze između različitih dijelova algoritma

Slika 3.2. Osnovni simboli dijagrama toka

Tehnološki zahtjevi i logički dijagrami općeg dijela i 6 kV razvoda

U ovom dijelu obrađeni su svi pogoni i stanja pogona koji su u funkciji servisnih radova ili preduvjet za rad glavnih pogona bagera. Dijagram prati tok napona napajanja i radnji do stanja pogon „spreman za rad“. Detalji su dati u PRILOGU 5.1. „ LOGIČKI DIJAGRAMI OPĆEG DIJELA I 6 kV RAZVODA“.

Po uključenju bagera pod napon, regularno stanje je da su 6 kV prekidač i NN prekidač kućnog transformatora uključeni, kao i pripadajući prekidači i osigurači besprekidnog napajanja (UPS). Ukoliko neki od prekidača nije uključen nužno je provjeriti stanje prekidača kako bi se dobio

komandni – upravljački napon. Navedeni prekidači i osigurači nemaju mogućnost daljinskog uključenja, te je posljedica njihovog isključenja djelovanje neke od pripadajućih zaštitnih funkcija ili namjernog – željenog isključenja iz nekog razloga. Ukoliko je na indikatoru prisutnosti napona dolazne 6 kV ćelije prisutna indikacija napona, a uključenje transformatora kućne potrošnje onemogućeno, nužno je provjeriti prisutnost indikacije prorade električnih zaštita na nekoj od 6 kV ćelija. Ručnim uključivanjem dolazne i ćelije kućnog transformatora, transformator kućne potrošnje bi trebao da je pod naponom, nakon čega se uključuju NN prekidači i osigurači za prosljeđivanje upravljačkog napona prema distribuiranim ormarima. Upravljački napon, kao ni transformator glavnih pogona neće biti moguće uključiti ako je prisuta aktivacija nekog od tipkala nužnih stopova.

Tek po deaktivaciji tipkala nužnih stopova, odsustva signala prisutnosti dima i potvrde da je temperatura okoline -25°C do +40°C tipkalom „RESET“ sa upravljačkog pulta moguće je resetirati sve prisutne greške i uključiti transformator glavnih pogona. U ovoj fazi uključivanja nakon dugotrajnih zastoja postoji mogućnost da zbog pražnjenja baterija neprekidnog napajanja bude nužna asistencija električara održavanja. Nakon osposobljavanja besprekidnog napajanja i napajanja upravljačke opreme, rukovaocu bi sve bitne informacije o prisutnim greškama i alarmima trebale biti dostupne na HMI panelu, uključujući i informacije o stanju 6 kV i NN prekidača i aktivnim proradama zaštita i nužnih stopova. Programer u ovom dijelu programa treba da pripremi u vidu *data blokova* sve relevantne informacije za prikaz na HMI panelima, koncepcijski najbolje odvojeni blokovi „opci_dio_HMI“; „opci_dio_alarm“; „opci_dio_greske“. Od informacija općeg dijela za prikaz treba obraditi sva dostupna mjerenja napona i struje transformatora na NN i SN strani, temperature okoline i informacije da su opći uvjeti ispunjeni za druge pogone.

Tehnološki zahtjevi i logički dijagram pogona kružnog kretanja

Logički dijagram pogona kružnog kretanja je zapravo nastavak ili jedna od grana dijagrama općeg dijela. U ovom dijelu koriste se opći uvjeti za rad pogona iz općeg dijela, uz neke specifičnosti pogona kružnog kretanja, kao što je na primjer položaj papuča i onemogućenje rada pogona koračanja kada radi pogon kružnog kretanja. Detalji su dati u PRILOGU 5.2.

Ako su uvjeti iz općeg dijela ispunjeni, tipkalom na upravljačkom pultu moguće je uključiti NN prekidač 690 VAC koji je smješten u signalno razvodnom ormaru kružnog kretanja (SRO-KR) i čijim uključenjem se napaja DC regulator pogona kružnog kretanja. Ukoliko je nakon uključenja NN prekidača nivo izolacije nizak doći će do prorade pripadajućeg kontrolnika izolacije koji treba

trenutno da isključi prekidač i pošalje na HMI informaciju *greška nivo izolacije kružno kretanje* ako je nivo izolacije ispod praga isključenja ili ako je nivo izolacije ispod praga alarm da proslijedi *alarm nivo izolacije kružno kretanje* na HMI panel rukovaocu bagera. Kontrolnik izolacije se podešava neovisno i daje informacije u digitalnom obliku kroz dva odvojena kontakta alarm i isključenje. Ukoliko je sa pogonom sve u redu, rukovalac bagera uključuje redom uljnu pumpu reduktora, klimu ormara, ventilatore za prisilno hlađenje motora, kontakter uzbude i kontakter armature. Pojava alarma sa zaštitnih uređaja nekog od nabrojanih pomoćnih pogona treba da isključi glavni prekidač, proslijedi informaciju na HMI i onemogući dalji rad do otklanjanja nedostataka. Ukoliko nema alarma i grešaka, prisutna je potvrda sa regulatora da je spreman za rad te papuče za transport su u položaju za rad (podignute), proslijediti informaciju na HMI *KR spreman za rad*, te omogućiti upravljanje upravljačkom palicom. Informacija sa upravljačke palice dolazi kao analogni signal sa potenciometra. Signal sa upravljačke palice je nužno programski obraditi za oba smjera i pretvoriti u signal koji će imati formu -100% 0% +100% i skalirati u formatu koji zahtijeva DC regulator obzirom da PLC i DC regulator komuniciraju putem telegrama. Upravljačka palica će pored potenciometra 0-4,7 kΩ imati i tri digitalna ulaza za informaciju o smjeru, „+“ , „-„ ili neutralni položaj „0“. Pomijeranjem upravljačke palice u željenom smjeru rotacije, PLC regulatoru šalje telegram sa start komandom i *set point-om* brzine. Regulator povratnim telegramom šalje informaciju o statusu regulatora, u povratnom telegramu treba integrirati minimalno sljedeće bitne informacije: brzina rotacije, struja armature, struja uzbude, temperatura regulatora, napon armature i uzbude, moment, kod prisutnog alarma. U toku rada pogona, ciklično se provjerava prisutnost uvjetnih alarma sa trenutnim zaustavljanjem pogona (smjer pogona, potvrde kontaktera, ispadi osigurača, temperature regulatora…) i ne uvjetnih alarma kod kojih je predviđeno zaustavljanje pogona sa odgodom (temperatura motora, temperatura ulja reduktora, alarmi regulatora…). Kao i za opći dio nužno je pripremiti blokove podataka za komunikaciju sa HMI i SCADA sustavom po istom principu.

Tehnološki zahtjevi i logički dijagram pogona dizanja

Pogon dizanja se zbog tehnologije rada bagera skoro uvijek koristi u kombinaciji sa pogonom kružnog kretanja, mada jedan drugom nisu uvjet. Sa aspekta tehnologije i logičkih dijagrama pogona dizanja slično kao i pogon kružnog kretanja predstavlja jednu od grana koje su odrađene kao potprogrami ili funkcionalni blokovi općeg dijela i uvjetovane spremnošću općeg dijela. Detalji su dati u PRILOGU 5.3. Ako su uvjeti iz općeg dijela ispunjeni, tipkalom na upravljačkom

pultu moguće je uključiti NN prekidač 690 VAC koji je smješten u signalno razvodnom ormaru pogona dizanja (SRO-DI) i čijim uključenjem se napaja DC regulator pogona dizanja. Ukoliko je nakon uključenja NN prekidača nivo izolacije nizak doći će do prorade pripadajućeg kontrolnika izolacije koji treba trenutno da isključi prekidač i pošalje na HMI informaciju *greška nivo izolacije pogon dizanja* ako je nivo izolacije ispod praga isključenja ili ako je nivo izolacije ispod praga alarm da proslijedi *alarm nivo izolacije pogon dizanja* na HMI panel rukovaocu bagera. Kontrolnik izolacije se podešava neovisno i daje informacije u digitalnom obliku kroz dva odvojena kontakta alarm i isključenje. Ukoliko je sa pogonom sve u redu, rukovalac bagera uključuje redom uljnu pumpu reduktora dizanja, klimu ormara, ventilatore za prisilno hlađenje motora dizanja, kontakter uzbude i kontakter armature. Pojava alarma sa zaštitnih uređaja nekog od nabrojanih pomoćnih pogona treba da isključi glavni prekidač, proslijedi informaciju na HMI i onemogući dalji rad pogona do otklanjanja nedostataka. Ukoliko nema alarma i grešaka, prisutna je potvrda sa regulatora da je spreman za rad te papuče za transport su u položaju za rad (podignute), proslijediti informaciju na HMI *DI spreman za rad*, te omogućiti upravljanje upravljačkom palicom. Informacija sa upravljačke palice dolazi kao analogni signal sa potenciometra. Signal sa upravljačke palice je nužno programski obraditi za oba smjera i pretvoriti u signal koji će imati formu -100% 0% +100% i skalirati u formatu koji zahtijeva DC regulator obzirom da PLC i DC regulator komuniciraju putem telegrama. Upravljačka palica će pored potenciometra 0-4,7 kΩ imati i tri digitalna ulaza za informaciju o smjeru, „+“ , „-„ ili neutralni položaj „0“. Pomijeranjem upravljačke palice u željenom smjeru rotacije, PLC regulatoru šalje telegram sa start komandom i set *point*-om brzine. Regulator povratnim telegramom šalje informaciju o statusu regulatora, u povratnom telegramu treba integrirati minimalno sljedeće bitne informacije: brzina rotacije, struja armature, struja uzbude, temperatura regulatora, napon armature i uzbude, moment, kod prisutnog alarma. U toku rada pogona, ciklično se provjerava prisutnost uvjetnih alarma sa trenutnim zaustavljanjem pogona (smjer pogona, potvrde kontaktera, ispadi osigurača, temperature regulatora…) i ne uvjetnih alarma kod kojih je predviđeno zaustavljanje pogona sa odgodom (temperatura motora, temperatura ulja reduktora, alarmi regulatora…). Kao i za opći dio nužno je pripremiti blokove podataka za komunikaciju sa HMI i SCADA sustavom po istom principu.Bitan uvjet je da pogon nije omogućen kada je omogućen pogon koračanja.

Tehnološki zahtjevi i logički dijagram pogona kopanja/koračanja

Tehnološki gledano, pogon kopanja /koračanja, a samim tim i njegov logički dijagram, su specifični po tome što jedna pogonska grupa obavlja dvije različite funkcije. Pogonska grupa dva motora i jedan reduktor preko mehaničkog prijenosnika-spojnice, u jednom slučaju pogone bubanj za namotavanje sajle kopanja, a u drugom slučaju pogone osovinu sa ekscentrima i papučama za koračanje. Praktički mehaničkim preklopnicima na pultu rukovaoca se biraju mehanički izvršni uređaji kopanje ili koračanje ovisno od položaja pneumatski pogonjene mehaničke spojnice. Položaj spojnice detektira se preko induktivnih senzora i prosljeđuje u PLC. Sa aspekta upravljanja i sigurnosti bitno je zadovoljiti uvjet da drugi pogoni ne rade i nisu omogućeni kada je aktivna funkcija koračanja, jer bi se samim tim ugrozila stabilnost bagera. Drugi bitan parametar je drugačije angažiranje pogonske snage, te se prilikom izbora pogona praktički obavlja i izbor odgovarajućeg seta parametara regulatora. Detalji su dati dijagramom toka u PRILOGU 5.4. Kao i kod pogona dizanja i kružnog kretanja, ako su uvjeti iz općeg dijela ispunjeni, tipkalom na upravljačkom pultu moguće je uključiti NN prekidač 690 VAC koji je smješten u signalno razvodnom ormaru kopanja/koračanja (SRO-KK) i čijim uključenjem se napaja DC regulator pogona dizanja. Ukoliko je nakon uključenja NN prekidača nivo izolacije nizak doći će do prorade pripadajućeg kontrolnika izolacije koji treba trenutno da isključi prekidač i pošalje na HMI informaciju *greška nivo izolacije pogon kopanja koračanja* ako je nivo izolacije ispod praga isključenja ili ako je nivo izolacije ispod praga alarm da proslijedi *alarm nivo izolacije pogon kopanja/koračanja* na HMI panel rukovaocu bagera. Kontrolnik izolacije se podešava neovisno i daje informacije u digitalnom obliku kroz dva odvojena kontakta alarm i isključenje. Ukoliko je sa pogonom sve u redu, rukovalac bagera uključuje redom uljnu pumpu reduktora dizanja, klimu ormara, ventilatore za prisilno hlađenje motora dizanja, kontakter uzbude i kontakter armature. Pojava alarma sa zaštitnih uređaja nekog od nabrojanih pomoćnih pogona treba da isključi glavni prekidač, proslijedi informaciju na HMI i onemogući dalji rad pogona do otklanjanja nedostataka. U ovoj fazi rukovalac bagera zaokretnom tipkom na pultu bira funkciju pogona, kopanje ili koračanje. Zbog potrebe da se kratkim komandama pokretanja pogonskih motora pomogne uzubljivanju pneumatskih mehaničkih spojnica izbor funkcije pogona se bira tek nakon omogućavanja rada regulatora. Nakon obavljanja izbora funkcije pogona i dobivanja potvrde sa induktivnih senzora da su mehaničke spojnice na odgovarajućim pozicijama i da su papuče u poziciji za kopanje u koliko se radi sa pogonom kopanja i ukoliko nema alarma i grešaka, moguće je nastaviti sa radom kopanje ili koračanje ovisno od prethodnog izbora . Ovisno o izboru pogona i ako je prisutna potvrda sa

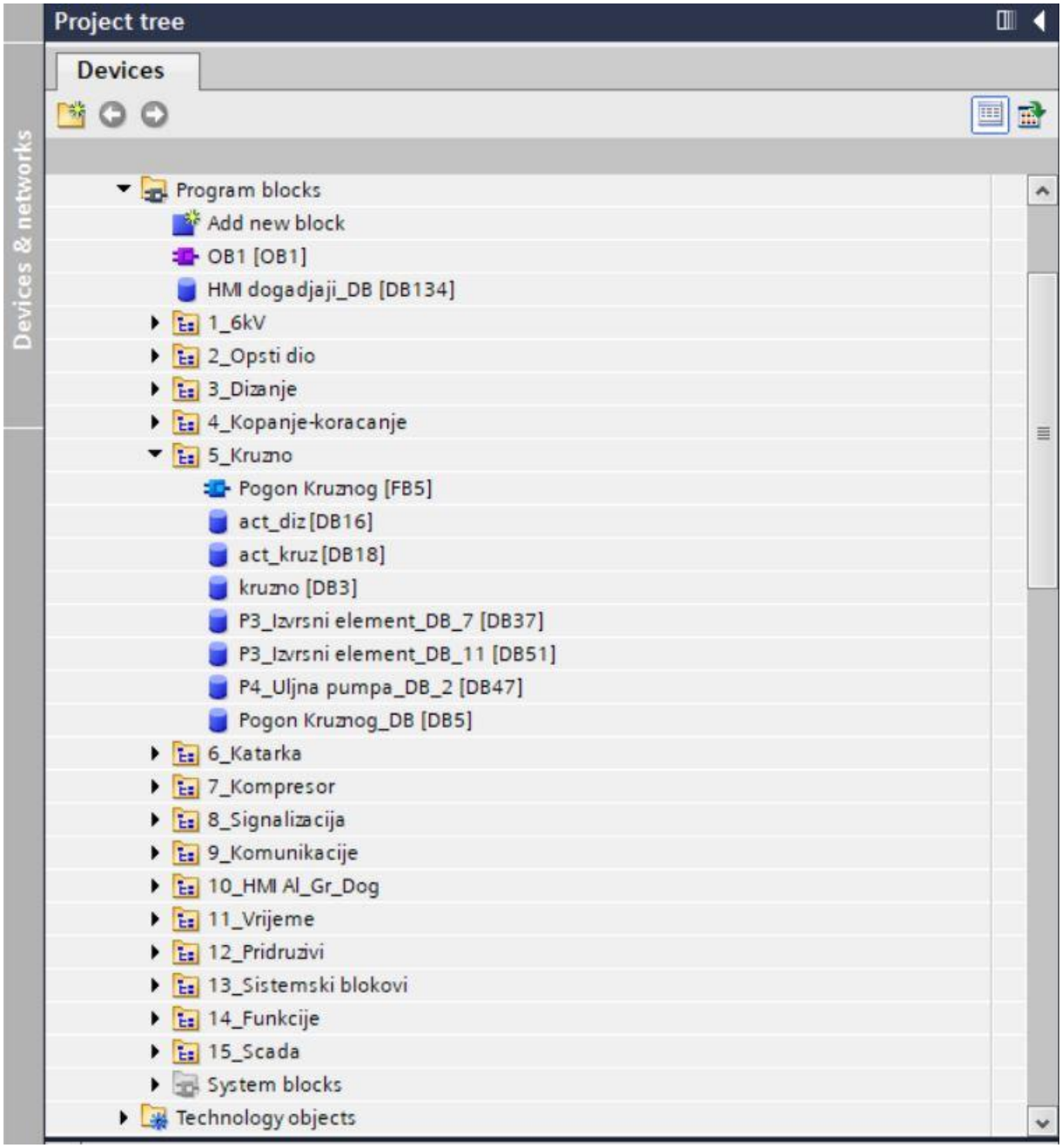
regulatora da je spreman za, proslijediti informaciju na HMI *KK spreman za rad*, te omogućiti upravljanje upravljačkom palicom. Informacija sa upravljačke palice dolazi kao analogni signal sa potenciometra. Signal sa upravljačke palice je nužno programski obraditi za oba smjera i pretvoriti u signal koji će imati formu -100% 0% +100% i skalirati u formatu koji zahtijeva DC regulator obzirom da PLC i DC regulator komuniciraju putem telegrama. Upravljačka palica će pored potenciometra 0-4,7 kΩ imati i tri digitalna ulaza za informaciju o smjeru, „+“ , „-„ ili neutralni položaj „0“. Pomijeranjem upravljačke palice u željenom smjeru rotacije, PLC regulatoru šalje telegram sa start komandom i set *point*-om brzine. Regulator povratnim telegramom šalje informaciju o statusu regulatora, u povratnom telegramu treba integrirati minimalno sljedeće bitne informacije: brzina rotacije, struja armature, struja uzbude, temperatura regulatora, napon armature i uzbude, moment, kod prisutnog alarma. U toku rada pogona, ciklično se provjerava prisutnost uvjetnih alarma sa trenutnim zaustavljanjem pogona (smjer pogona, potvrde pozicija mehaničkih spojnica, potvrde kontaktera, ispadi osigurača, temperature regulatora…) i ne uvjetnih alarma kod kojih je predviđeno zaustavljanje pogona sa odgodom (temperatura motora, temperatura ulja reduktora, alarmi regulatora…). Kao i za opći dio nužno je pripremiti blokove podataka za komunikaciju sa HMI i SCADA sustavom po istom principu.Bitan uvjet je da pogon nije omogućen kada je omogućen pogon koračanja.

Tehnološki zahtjevi i logički dijagram pogona katarke

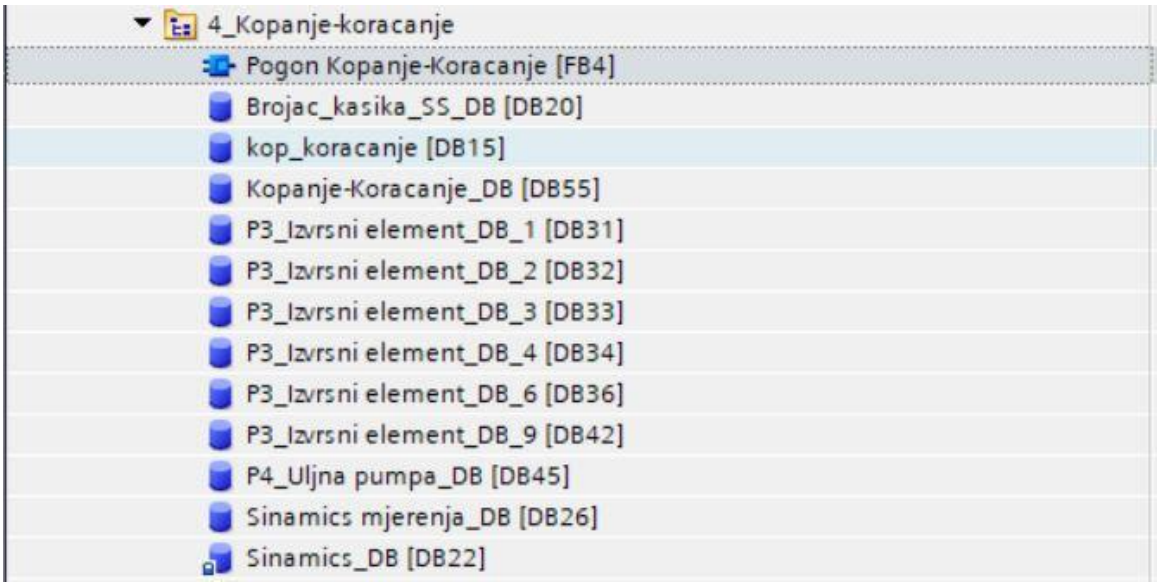
Pogon katarke je sam po sebi jednostavan, ali zbog utjecaja na stabilnost bagera ovaj pogon je iz općeg dijela izdvojen kao zasebna cjelina. Manipuliranje katarkom se obavlja samo kada je bager na stabilnoj i geometarski definiranoj podlozi, što je u odgovornosti rukovaoca i poslovođe. Osnovni uvjet je da su prekidači u ormarima svih glavnih pogona (kružno, dizanje, kopanje/koračanje) – isključeni. Aktiviranje tipkala dizanje blokira mogućnost aktiviranja tipkala spuštanje katarke i obratno. Pritiskom na tipkalo pogon je omogućen dok je tipkalo aktivirano, dok ne dostigne i aktivira senzor krajnjeg prekidača ili dok ne dođe do prorade neke od električnih zaštita. Detalji su dati dijagramom toka u PRILOGU 5.5

Organizacija PLC programa

Program PLC-a je organiziran blokovski po funkcionalnim cjelinama i glavnim pogonima. Kompletan program je uglavnom izrađen u leader (LAD) opciji, koja je sa aspekta održavanja i dijagnostike bliža poznavaocima klasične relejne automatike i izrade ožičenja ormara. Sa ciljem bolje organizacije i jednostavnosti programa, za određene operacije ili pogone koriste se tipski funkcijski blokovi (FB). Na slikama 3.3. i 3.4. prikazana je organizacija programa, a u prilogu broj 8 prikazan je funkcionalni blok (FB) za upravljanje regulatorima pogona kopanja koračanja.



Slika 3.3. Organizacija PLC programa



Slika 3.4. Organizacija dijela PLC programa kopanje / koračanja

3.3. Vizualizacija procesa i projektiranje HMI sučelja

Komandna kabina rukovaoca bagera sastoji se od lijevog i desnog upravljačkog pulta, a svaki je opremljen sa po jednim HMI panelom, dok SCADA sustav ima prikaz na jednom izabranom monitoru, pod uvjetom da je za prikaz izabran bager EŠ 6/45. Težnja je da zbog bolje komunikacije i izbjegavanja pogreški u komunikaciji između rukovaoca i dispečera izgled prozora sa informacijama na oba mjesta bude identičan. Takav pristup se dobro pokazao u praksi na drugim strojevima koji su već u radu. Upravljanje preko HMI panela nije predviđeno, već služe samo za prikaz stanja pogona i aktivnih alarma, razlog je habanje panela u uslovima visoke zaprljanosti okoline i teških uvjeta rada, iz prakse je poznato da se čak i tipke na pultu mijenjaju u remontu jednom godišnje. SCADA sustav je razvijen sa SIEMENS SIMATIC WinCC Professional V13

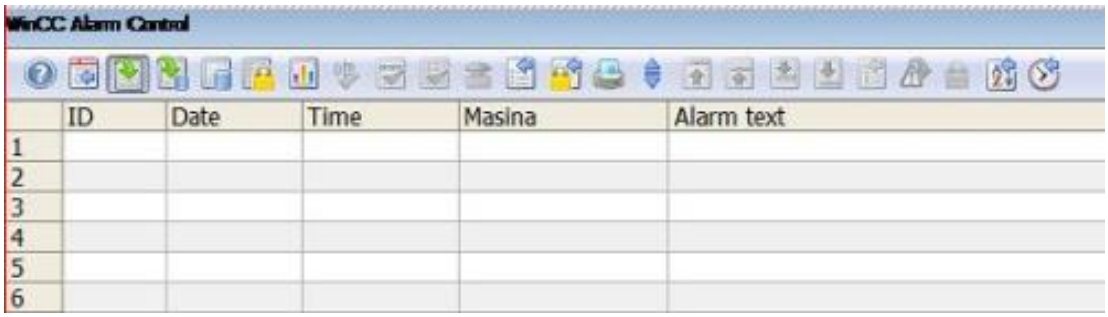
SP1 (TIA Portal), dok je na serveru podignuta na aplikaciji WinCC RT Professional. Prikaz osnovnih prozora HMI panela i SCADA sustava prikazan je u prilogu 4.

Lokalna vizualizacija i upravljanje

Predviđeno je da bager na svakom upravljačkom pultu ima po jedan HMI panel. Na panelima će se pratiti sve relevantne i bitne vrijednosti i parametri pogona. Predviđeno je da se u stanju mirovanja kroz prozore prolazi jednostavnim izbornikom u dnu prozora kao na slici 3.5. U radu je jedan panel predviđen da automatski prikazuje prozor pogona kojim se obavlja trenutačna radnja, dok je drugi panel predviđen da prikazuje status općih pogona i alarme.

Slika 3.5. Prikaz izbornika na HMI panelu

U *Prilogu 4.2. POČETNI HMI PROZOR RUKOVAOCA BAGERA*, prikazan je prvi prozor desnog HMI panela na kome će biti prikazivani opći podaci,aktivne greške i alarmi. Pojava greške ili alarma uvjetuje aktiviranje prozora prikazanog u *Prilogu 4.8. HMI ALARMI.* Na slici 3.6 prikazan je način ispisivanja alarma, zadnji zapisani alarm ima najniži redni broj, maksimalan broj alarma koji se mogu upisati je 1000. Iza rednog broja alarma slijedi ID alarma (identifikacija alarma koja se dodjeljuje prilikom definiranja), datum i vrijeme pojave alarma, mašina ili dio pogona na kojem se pojavio alarm i opisni tekst alarma. Alarm dok je aktivan osijenčen je crvenom bojom, nakon resetiranja pod novim rednim brojem isti alarm sa istim podacima upisuje se sa vremenom resetiranja i osijenčen je zelenom bojom, tako da imamo mogućnost praćenja vremena nastanka i vremena resetiranja alarma.



Slika 3.6. Prikaz alarma na HMI panelu

Alarmi su pripremljeni i obrađeni blokovima podataka u PLC-u na način da pojava prvog alarma blokira pojavu posljedičnih alarma i nepotrebno ispisivanje „lažnih“ alarma. Na slici 3.7 prikazano je definiranje alarma, gdje e određuje ID alarma, tekst alarma koji se ispisuje na HMI panelu, klasa alarma (klasa alarma u našem slučaju definira prikaz na HMI panelu crvena uvjetna-greška/kvar, žuta-upozorenje/alarm, zelena –resetiran alarm/greška), te dalje *triger tag, triger bit i triger address* koji su smjernica na izvor alarma/greške.

Discrete alarms | Analog alarms | Controller alarms | System events | Alarm class

Discrete alarms

ID	Alarm text	Alarm class	Trigger tag	Trigge...	Trigger address	HMI acknowl...	HMI...
4	Aktiviran prekidac NUZNO-STOP u el.	Errors	HMI_greska_1	3	%DB3002.DB...	<No tag>	0
5	Aktiviran prekidac NUZNO-STOP kod	Errors	HMI_greska_1	4	%DB3002.DB...	<No tag>	0
6	Aktiviran prekidac NUZNO-STOP kod	Errors	HMI_greska_1	5	%DB3002.DB...	<No tag>	0
7	Aktiviran prekidac NUZNO-STOP kod	Errors	HMI_greska_1	6	%DB3002.DB...	<No tag>	0
8	Aktiviran prekidac NUZNO-STOP kod	Errors	HMI_greska_1	7	%DB3002.DB...	<No tag>	0
9	Ispad DM-ova od upravljackog napoı	Errors	HMI_greska_2	0	%DB3002.DB...	<No tag>	0

Slika 3.7. Prikaz definiranja alarma

Realne vrijednosti varijabli za prikaz, nakon prilagodbi, skaliranja i slično smještaju se u podatkovne blokove, odakle se prema definiranom vremenu uzorkovanja pozivaju i pročitane vrijednosti ispisuju na HMI panelu u definirane prozore. Definiranje parametara konekcije, tipa varijable i adrese izvora (bloka podataka) definira se kroz *tag liste*, kako je slikovito prikazano na slici broj 3.8.

Tag3_PM5230 690V

Name	Data type	Connection	...	PL...	Address	Access mode	Acq...	Logged	...	Comment
Active Power A_690V	Real	HMI_Conne...	...	...	%DB1001.DBD108	<absolute acce...	...			123483
Active Power B_690V	Real	HMI_Connectio...	...	<...	%DB1001.DBD112	<absolute access>	1 s			123484
Active Power C_690V	Real	HMI_Connectio...	...	<...	%DB1001.DBD116	<absolute access>	1 s			123485
Active Power Total_690V	Real	HMI_Connectio...	...	<...	%DB1001.DBD120	<absolute access>	1 s			123486
Apparent Power A_690V	Real	HMI_Connectio...	...	<...	%DB1001.DBD140	<absolute access>	1 s			123491

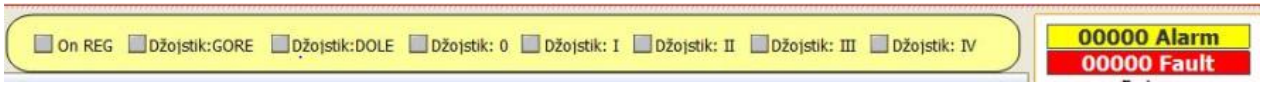
Slika 3.8. Definiranje Tag lista

Za naše uvjete, obzirom na dinamiku procesa vrijeme od 1 s je sasvim dovoljno za realnu sliku o stanju pogona i mjerenih posmatranih veličina.

Vrijednosti podataka u realnom obliku najinteresantnije su za prikaz parametara pogona, detaljan izgled prozora svakog pogona dat je u prilozima 4.4., 4.5 i 4.6. Na slici 3.9 detaljnije je prikazano definiranje legende krivulja koje se prikazuju u trendovima prozora, svi dijagrami su prikazani u procentima jer je to za rukovaoce razumljivije, a razlikuju se po bojama.

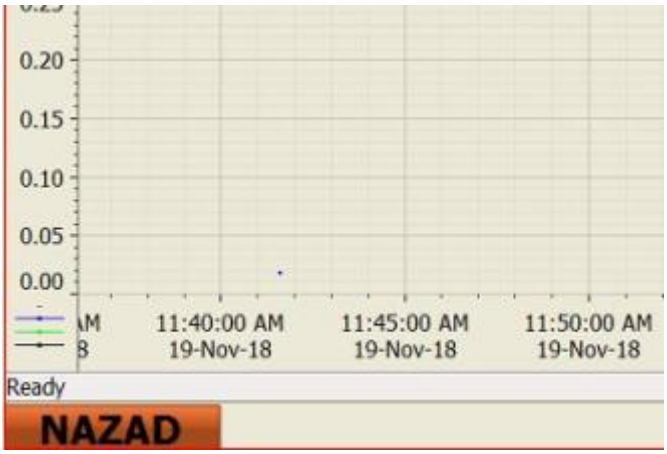
Slika 3.9. Definiranje legende dijagrama HMI panela

Definiranje legende dijagrama nalazi se u gornjem lijevom kutu HMI prozora za pripadajući pogon. U nastavku na desnu stranu do kraja prozora, kao što je prikazano na slici 3.10., vidljivi su statusi položaja upravljačke palice i skroz u desnom gornjem kutu prikaz koda alarma ili greške.



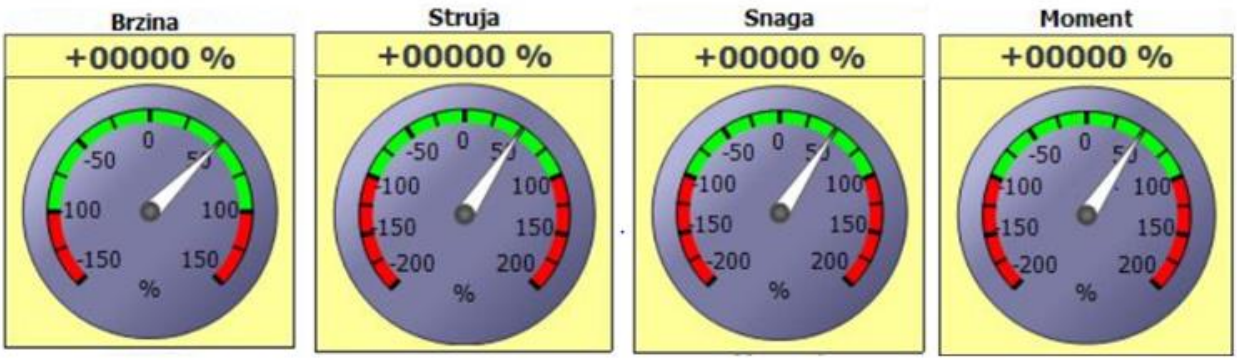
Slika 3.10. Statusi zadatih komandi na aktivnom prozoru

Najveći dio prozora pojedinačnih pogona zauzima trend dijagram prikazivanih veličina, bitan je iz razloga praćenja kontinuiteta rada, kao i naknadne analize događaja pogona. Kao što je vidljivo na slici 3.11. okomito (Y osa) je prikazana vrijednost mjerene veličine, a po X osi je vremenska osa praćene veličine.



Slika 3.11. Trend dijagrami

U donjem lijevom kutu je tipkalo za povratak na početnu stranicu HMI prikaza. I uz krajnju desnu stranu HMI prozora prikazane su digitalne zamjene za analogne mjerne instrumente za prikaz trenutnih vrijednosti (slika 3.12.), ovo pored trendova možda nije bilo ni neophodno, ali zbog lakše prilagodbe „starih“ rukovaoca na nove tehnologije često je neophodno napraviti i određene ustupke.



Slika 3.12. Prikaz trenutnih mjerenih vrijednosti

Daljinski nadzor nad radom bagera

Daljinski nadzor nad radom bagera ostvaren je posredstvom bežične komunikacije sa udaljenim dispečerskim centrom i postojećim SCADA sustavom. Komunikacija bagera sa dispečerskim centrom ostvarena je djelomično kroz WiFi mrežu, a djelomično kroz optičku mrežu.Nedostatak komunikacije zbog kvara ili iz drugih razloga, ne uvjetuje prekid rada bagera. Iz sigurnosnih i praktičnih razloga nije predviđeno bilo kakvo daljinsko upravljanje bagerom. SCADA služi da bi se na serverima u dužem vremenskom periodu sačuvali parametri rada bagera, koji se mogu iskoristiti kod analiza za održavanje, dijagnostiku i slične aktivnosti, kreiranje dnevnih izvještaja rada i efikasnosti bagera. Izgled SCADA prozora uz sitnije modifikacije identičan je prozorima na HMI panelu rukovaoca zbog bolje komunikacije između rukovaoca, dispečera i osoba iz održavanja kod dijagnostika kvara i razmjene informacija o radu bagera.

4. Testiranje funkcionalnosti i validacija sustava

U fazi izvođenja revitalizacije opreme bagera, kao i nakon izvršene revitalizacije bagera, nužno je izvesti određena testiranja i funkcionalne probe kako bi sustav dokazao svoju punu funkcionalnost i sigurnost za upotrebu. U fazi izrade programa moguće je i potrebno izvršiti funkcionalno ispitivanje dijelova programa, funkcijskih blokova pomoću integriranih simulatora u razvojnim aplikacijama. Druga faza ispitivanja i testiranja treba biti izvedena u fazi izrade upravljačkih ormara, počev od ispitivanja kvaliteta radova i ožičenja, podešenosti raznih elektronskih i relejnih uređaja koji se nalaze u upravljačkim i razvodnim ormarima, do ispitivanja pod naponom i simulacijom funkcionalnosti ormara do nivoa koji je to moguće.

Treća i najznačajnija faza ispitivanja obavlja se u realnim uvjetima, koja obuhvata ispitivanja u bez naponskom stanju:

- Provjera ožičenja
- Provjera podešenosti senzora (pozicija, udaljenost, funkcionalnost)

I u energiziranom stanju pod naponom:

- Kontrola naponskih sabirnica i kvaliteta prisutnog napona
- Kontrola i ispitivanje djelovanja isklopnih i sigurnosnih strujnih krugova
- Simulacija realnih stanja i ispitivanje djelovanja zaštita

4.1. Metodologije ispitivanja

Metodologije ispitivanja promatramo ovisno o mjestu i načinu provođenja testiranja, te alatima koji su upotrijebljeni za testiranje. Po lokaciji obavljanja testiranja možemo reći da će se provesti radionička ispitivanja i testiranja i ispitivanja i testiranja na terenu u realnim uvjetima.

Radionička ispitivanja i testiranja će obuhvatiti sljedeće vrste testiranja:

- Testiranja programske i aplikacije za vizualizaciju na simulatorima razvojnih aplikacija. Od ovih testiranja očekuje se da se kroz programska forsiranja ulaza izlaza i analognih signala dobiju odgovarajući odzivi izlaznih veličina i reakcija sustava.
- Ispitivanje ožičenja upravljačkih ormara u bez naponskom stanju. Od ovih testiranja se očekuje kontrola kvalitete izvedenih elektromontažnih radova, otklanjanje eventualnih nedostataka, usklađivanje sa tehničkom dokumentacijom i kontrola kvalitete tehničke dokumentacije. Testiranje podrazumijeva i ispitivanje otpora izolacije strujnih krugova, kako bi se spriječili kratki spojevi zbog grešaka u ožičenju. Nakon izvršenih testiranja pravi se zapisnik o obavljenom ispitivanju, te se može pristupiti ispitivanju pod naponom.
- Ispitivanje upravljačkih ormara pod naponom. Idealno bi bilo kada bi se ova vrsta ispitivanja mogla izvesti na kompletnoj opremi uključujući i energetske komponente transformatore i motore. Obzirom da je nerealno očekivati radioničke mogućnosti u pogledu raspoloživih naponskih nivoa, kao i raspoložive snage, najčešće se ova ispitivanja obave na nivou funkcionalnog ispitivanja upravljačkih napona i krugova. Upravljački napon se od tačke napajanja prosljeđuje prema napajanim uređajima i kontrolira ispravnost i očekivano opterećenje. Tijekom ovih ispitivanja provjerava se usklađenost komunikacijske opreme, i podešavanje komunikacijskih parametara na upravljačkoj opremi i izvršnim i senzorskim uređajima. Izuzetno je bitno da svi uređaji koji su u sklopu sustava, a koriste neki od predviđenih vidova komunikacije (PROFINET, BROFIBUS, ETHERNET, MODBUS), uspostave očekivanu kvalitetu komunikacije sa centralnim procesorom PLC kontrolera. Nakon što su svi uređaji napojeni i uspostavili međusobnu komunikaciju pristupa se simulaciji ulaza i izlaza sustava te prate rezultati. U ovom ispitivanju i testiranju realno je da se ispitaju svi digitalni ulazi i izlazi, te da se prati odziv sustava i očekivani rezultati vizualizacije. Prije ispitivanja uobičajeno je da se pripreme kontrolne liste ispitivanja, koje definiraju redoslijed, tip i poziciju ulaza ili mjesta ispitivanja (definirano tehnikom dokumentacijom), te očekivanu reakciju sustava (na primjer: uključenje prekidača nakon pritiska nekog tipkala, ispisivanje alarma na HMI panelu nakon aktiviranja motorne zaštite i slično)

Ispitivanja i testiranja na terenu su složenija jer se sprovode u realnim uvjetima i sa realnim parametrima pogona. Ova testiranja i ispitivanja će obuhvatiti sljedeće vrste testiranja:

- Prvu fazu ispitivanja na terenu predstavljaju vizualne kontrole montirane opreme, položenih kabela, kvalitete spojeva električnih veza, sukladnost izvedenih elektromontažnih radova sa

tehničkom dokumentacijom i na posljetku bez naponska ispitivanja električnih veza omskim ispitivanjem.

- Sljedeća faza podrazumijeva stavljanje opreme, instalacija i uređaja pod napon. Puštanje opreme pod napon izvodi se u koracima, od izvora napajanja prema krajnjim potrošačima uz kontroliranje i testiranje dostupnih zaštitnih funkcija. Prvo se uključuje oprema za napajanje (transformatori i sabirnički sustavi), zatim upravljačka i komunikaciona oprema, te na kraju izvršni pogonski uređaji. Prije uključenja prekidača, osigurača, motornih zaštita i slično, kontrolira se podešenost električnih zaštita uređaja koji se uključuje. U našem slučaju odvojeni su energetski transformatori za glavne pogone i transformator kućne potrošnje, što olakšava puštanje pod napon prvo upravljačke i komunikacione opreme, te sigurnosnih uređaja. Nakon puštanja pod napon upravljačke opreme nužno je simulacijom i promjenom stanja izvršnih elemenata, senzora i slično provjeriti sve digitalne ulaze i izlaze, da li njihove reference polaze i završavaju na opremi kako je definirano tehničkom dokumentacijom, te da li je odziv na pobudu digitalnih izlaza očekivan. Provjeravaju se i očitavanja analognih ulaza i kontroliraju vjerodostojnosti očitanih vrijednosti, na primjer Pt100 sonde. Nakon što su svi uređaji pod naponom i izvršena provjera podešenosti, kao i provjera svih komunikacija, može se pristupiti sljedećoj fazi ispitivanja i testiranja.
- Zadnja faza testiranja podrazumijeva funkcionalno ispitivanje opreme i kompletnog bagera u realnim radnim uvjetima. Ujedno ova faza predstavlja i najzahtjevniju fazu ispitivanja i testiranja, jer pored ispitivanja i testiranja nužno je otkloniti sve nedostatke i izvršiti optimiziranje sustava i programskih podešavanja opreme kako bi oprema radila što bolje uz najveću efikasnost bagera, a da zadovolji sve sigurnosne aspekte po opremu i ljude. Posebna pozornost treba da se obrati na ispitivanje sigurnosnih uređaja, te su kao takvi izdvojeni i posebno detaljnije opisani u nastavku teksta.

Testiranje i funkcionalno ispitivanje sigurnosnih uređaja

Prije nego li se pristupi probama pogona nužno je funkcionalno provjeriti djelovanje svih sigurnosnih uređaja i reakciju isklopnih uređaja na aktiviranje sigurnosnih elemenata. U praksi se kreira lista sigurnosnih uređaja, koja sadrži oznake i reference iz projekta, podešenost vrijednosti, željena funkcija na određeni sklop. Na terenu se obavlja simulacija prorade uređaja, forsiranim aktiviranjem ili generiranjem signala upotrebnom procesnih kalibratora. U pripremljenu listu se evidentiraju zatečena stanja i efekti tj. rezultati ispitivanja i eventualne napomene.

Uređaj ograničenje visine dizanja i izmotavanja sajle

Ovaj sigurnosni uređaj ima značajnu ulogu obzirom da nekontrolirano izmotavanje sajle sa bubnja ili u drugoj varijanti povlačenje sajli na koturaču na katarci bagera može dovesti do lomljenja katarke i može utjecati na stabilnost bagera. U osnovnoj varijanti, ovaj uređaj na bageru je bio realiziran primjenom robusnog vretenastog prijenosnika sa mogućnošću podešavanja mikro prekidača koje je aktivirao reper koji se kreće po navojnom vretenu. Novi uređaj za ograničenje visine dizanje utovarne korpe i izmotavanja sajle dizanja biće realiziran upotrebom „multiturn“ enkodera. Enkoder je kruto vezan elastičnom spojkom sa dobošem za namotavanje sajle. Informacija sa enkodera, koji je povezan sa PLC-om se obrađuje programski, bitno je nakon svake intervencije, zamjene sajle i slično, da se postavi „nulti položaj“ tj. da se utovarna korpa spusti na tlo i sajla izmota te se ta informacija postavi kao 0 enkodera. Sljedeći prag je kada se utovarna korpa približi na 5 m od vrha katarke „Pred isključenje pogona dizanja“, koji daje zvučni i svjetlosni alarm rukovaocu da je utovarna korpa blizu krajnjeg položaja i automatski smanjuje zadatu brzinu dizanja na 25% od nazivne. Nakon čega je signal za „isključenje pogona dizanja“ na visini utovarne korpe od 2 m do katarke. Pojavom signala „isključenje pogona dizanja“, referenca za brzinu pogona dizanja se postavlja na nulu i daje nalog prekidaču za isklop regulatora pogona dizanja. Uključenje regulatora dizanja moguće je istovremenim pritiskom tipkala za premoštenje graničnika dizanja i tastera za uklop prekidača regulatora dizanja, nakon čega je dozvoljena samo komanda za spuštanje utovarne korpe istovremenim zadavanjem komande za spuštanje utovarne korpe i aktiviranjem tipkala za premoštenje graničnika dizanja. Funkcionalnost ovog uređaja se može provjeriti prvo bez pogona, zatim sa pogonom bez sajle i na kraju sa sajlom u radnim uvjetima Pored toga što ima sigurnosnu funkciju daje i informacije o kretanju utovarne korpe po Y-osi u realnom vremenu.

Uređaj za osiguranje papuča koračanja

Još jedan od važnijih sigurnosnih uređaja za stabilnost bagera, njegova uloga je da spriječi neželjeno aktiviranje ili radnju pogonom kružnog kretanja i kopanja ili pogonom koračanja ukoliko papuče nisu u odgovarajućem položaju za određenu operaciju. Uređaj za osiguranje položaja papuča i osovine pogona koračanja bio je realiziran primjenom robusnog kontaktnog mikro

prekidača sa NO kontaktom. Novi uređaj je realiziran primjenom induktivnog PNP senzora osjetljivosti do 18 mm. Ukoliko je prisutan signal sa ovog senzora papuče su u podignutom položaju i moguće je izvršiti prebacivanje spojke kopanja u položaj za kopanje i vraćanje spojke koračanja iz položaja za koračanje u neutralni položaj. Informacije o položaju spojki kopanja i koračanja uzete su sa induktivnim senzorima PNP tipa. Programskom logikom obrađena je ovisnost položaja ovih mikro prekidača i mogućnost obavljanja operacije kopanja ili koračanja, izbor režima obavlja se izborom operacije tipkom na komandnom pultu, „kopanje“ ili „koračanje“, a sve je popraćeno svjetlosnom ili informacijom na HMI panelu.

Uređaj za osiguranje pozicije katarke

Pozicija katarke osigurava se induktivnim senzorom. Isti je montiran na klizač, po kom se pomijera nakon podešavanja položaja katarke. U slučaju gubitka informacije sa senzora nužno provjeriti ispravnost senzora i instalacije i potvrditi da nije došlo do vertikalnog pomijeranja katarke od zadanog položaja.

Ostali sigurnosni uređaji

Sustavno se testiraju i ispituju sve električne zaštite, djelovanje termičkih releja, osigurača, kontrolnika izolacije, mikro prekidači, senzori, tlačne sklopke, tipkala nužnih stopova,… Ispitivanje prati djelovanje na druge uređaje, kao i kontrola pojave odgovarajućih alarma na HMI panelima i drugoj signalnoj opremi.

4.2. Rezultati ispitivanja

Obzirom da je projekt revitalizacije bagera trenutačno u fazi nabavke opreme i obzirom na obim planiranih strojarskih radova i rokove isporuke opreme, ozbiljnija testiranja na bageru neće biti moguće obaviti prije druge polovine 2020 godine, u ovom dijelu rada biće dati samo neki aspekti očekivanih rezultata i korelacije sa sličnim pogonima na drugom manjem bageru u rudniku lignita Stanari.

Rezultati ispitivanja treba da dokažu da su izbor i performanse opreme zadovoljili očekivanja i postavljene ciljeve revitalizacije, te da su tehnološke značajke bagera jednake ili bolje nego prije

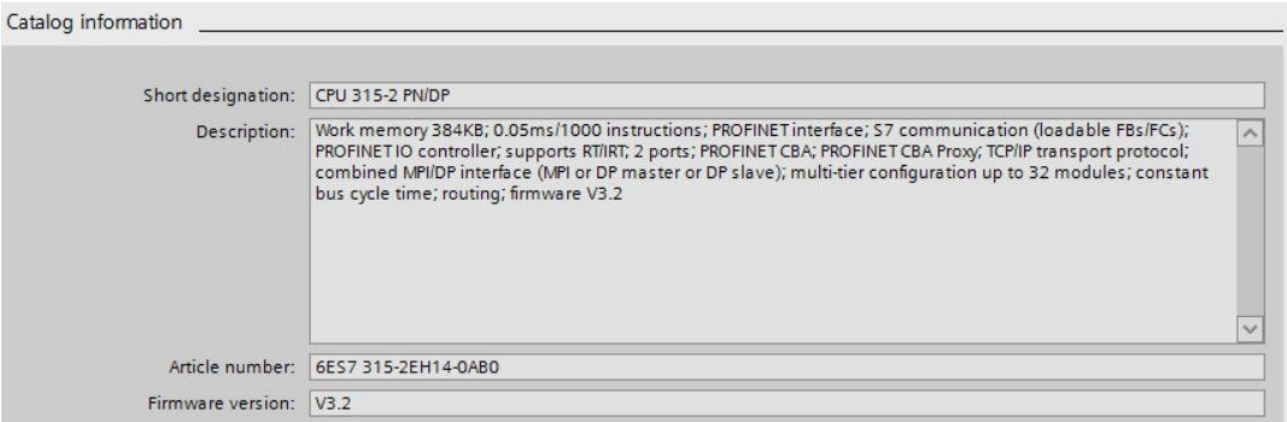
revitalizacije bagera. Pokazatelji mogu biti kvantitativni ili kvalitativni, kada govorimo o kvantitativnim onda se može promatrati raspoloživo vrijeme rada bagera i kapacitet bagera, kvalitativni pokazatelji bi bili učestalost zastoja, pouzdanost rada bagera, troškovi održavanja…

Funkcionalno gledano sa strane elektro opreme imamo dvije cjeline za promatranje i to:

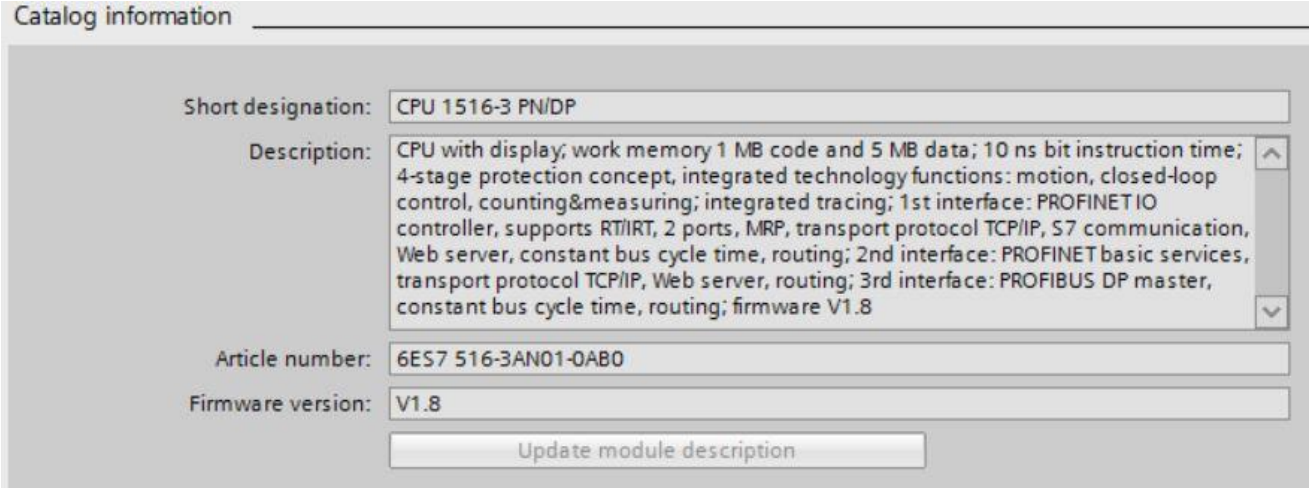
- Upravljačka oprema sa pripadajućim podsustavima
- Glavni pogoni sa pripadajućim podsustavima

Rezultati ispitivanja upravljačke opreme

Rezultati ispitivanja upravljačke opreme vidljivi su dijelom iz ispitivanja i testiranja, a dijelom iz eksploatacije bagera kroz duži vremenski period. U odnosu na sličan bager EŠ 5/45 koji je revitaliziran po sličnom principu upravljačka oprema bi trebala biti u istoj klasi pouzdanosti, obzirom da je na bageru EŠ 5/45 upravljački sustav baziran na PLC-u S7-300, koji ima dosta skromnije mogućnosti od PLC-a S7-1500 koji je predviđen za bager EŠ6/45. Činjenica je da je S7-300 dokazan u praksi i ima izuzetno visok stupanj pouzdanosti, dok je S7-1500 relativno novije generacije i tek treba da dokaže svoju kvalitetu i dugotrajnost. Bager EŠ 6/45 ima predviđen značajno veći stupanj integracije sa daljinskim dispečerskim centrom, kao i značajno veći broj informacija koje se obrađuju i prikazuju kod rukovaoca bagera i na SCADA sustavu, te zahtijeva i bolje performanse sklopovlja. Usporedbe radi, uzete su karakteristike PLC-a sa manjeg bagera EŠ 5/45, slika 4.1. i sličnog PLC-a (sa pogonskog transportera VT) kakav će biti ugrađen na EŠ 6/45 slika 4.2. vidljivo je da su radne memorije i brzine izvršavanja instrukcija višestruko u korist novijeg PLC-a.



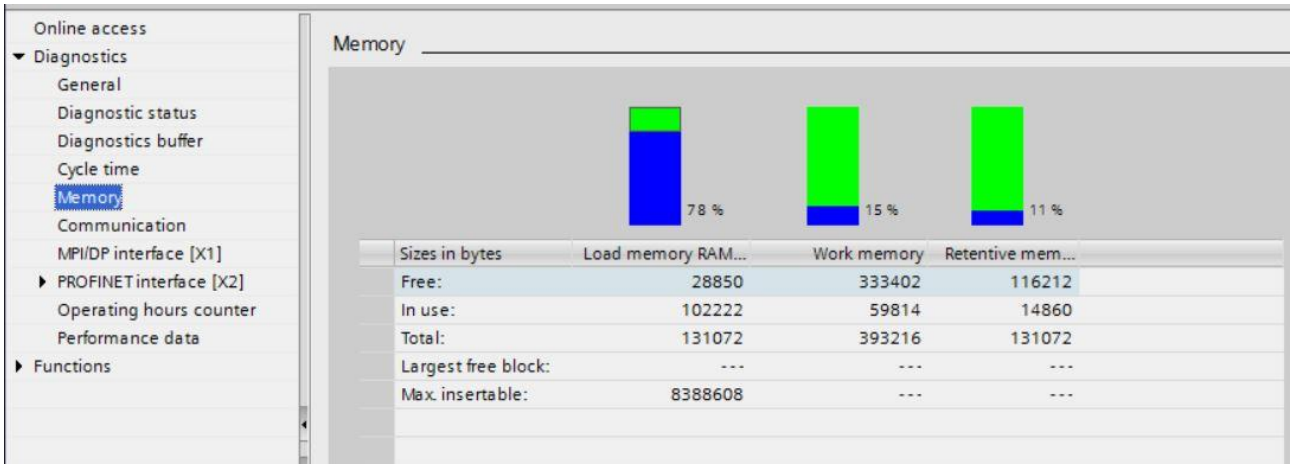
Slika 4.1. Karakteristike PLC_EŠ 5_45_S7-315



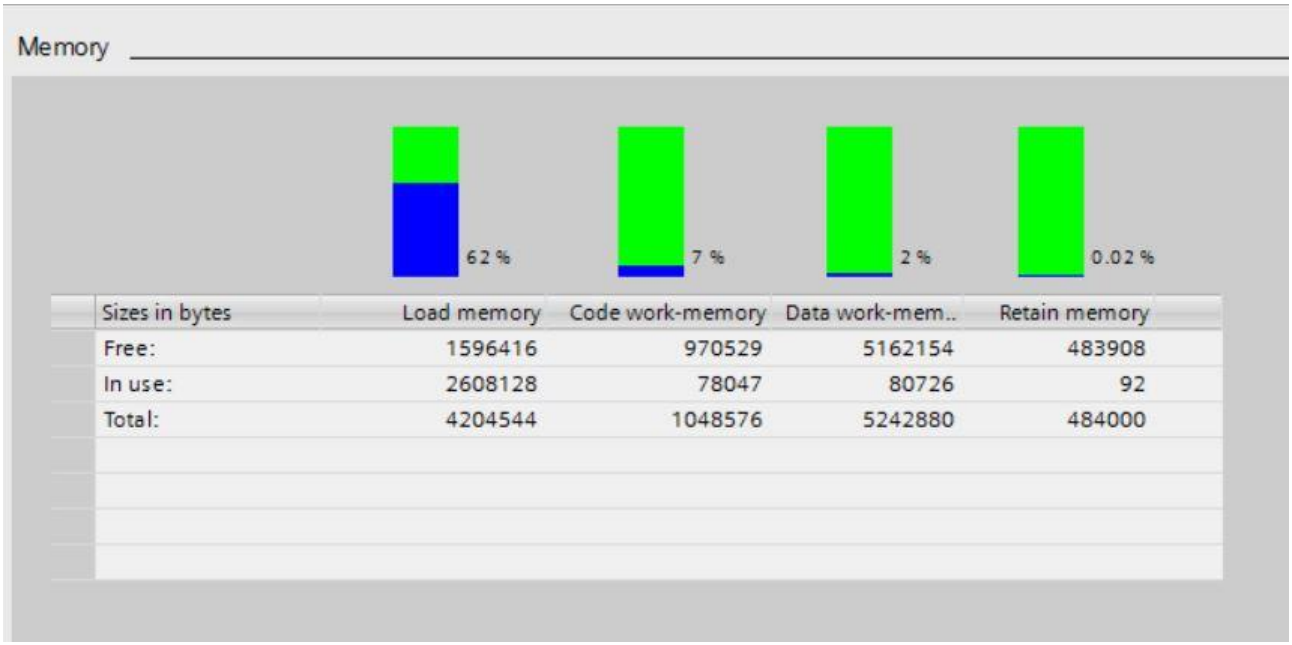
Slika 4.2.Karakteristike PLC_VT_S7-1516

Bit usporedbe ova dva PLC-a je praktična kontrola izbora PLC-a, obzirom da se teži unifikaciji opreme zbog održavanja i činjenici da pogonska stanica ima više IO čvorova (oko 15) i 5 frekventnih regulatora, što je značajno više u odnosu na broj IO čvorova na bageru EŠ 6/45.

Nakon pokretanja bagera, u radu je nužno izvršiti kontrolu zauzetosti memorijskih prostora u PLC-u, na slici 4.3 prikazano je angažiranje memorije PLC-a S7-315 na bageru EŠ 5/45, dok je na slici 4.4 prikazano angažiranje memorije PLC-a na pogonskoj stanici koja je ekvivalent bageru EŠ 6/45. Sa slika 4.3 i 4.4 vidljivo je da je odnos memorija višestruko veći kod S7-1516, ali isto tako aplikacija koja je pokrenuta na S7-1500 uzima daleko više memorije, obzirom na složenost bagera EŠ 6-45 očekivati je približno sličan nivo zauzetosti memorijskih prostora.



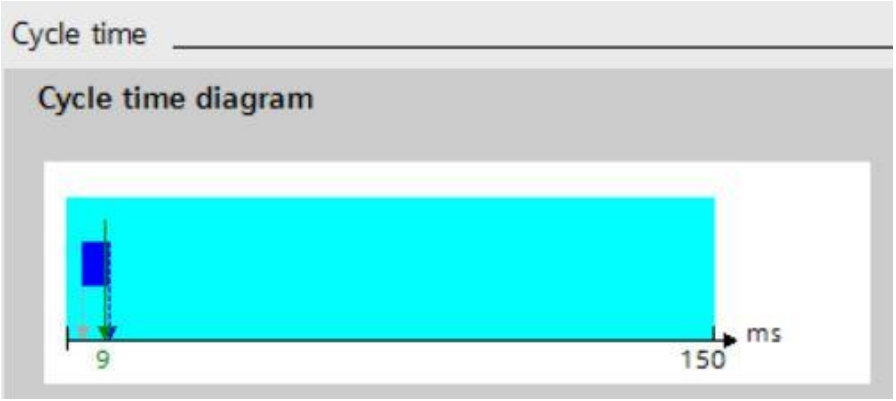
Slika 4.3.Angažiranje memorije S7-300_ES_5_45



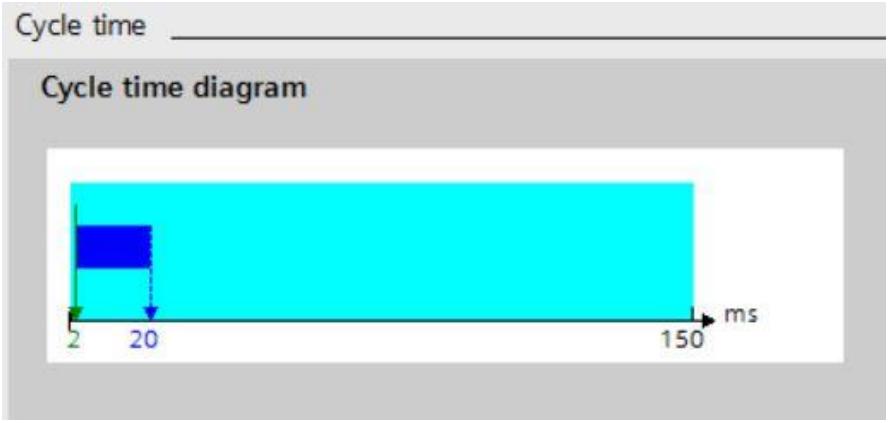
Sizes in bytes	Load memory	Code work-memory	Data work-mem..	Retain memory
Free:	1596416	970529	5162154	483908
In use:	2608128	78047	80726	92
Total:	4204544	1048576	5242880	484000

Slika 4.4.Angažiranje memorije S7-1500_VT

Kod ispitivanja performansi bagera i upravljačke opreme treba obratiti pažnju na popunjenost memorijskih kapaciteta, uvijek postoji mogućnost da greške u programu mogu prouzročiti nepotrebno angažiranje memorije, pa čak i zagušenje. Pored memorijskog prostora važno je obratiti pozornost i na vrijeme trajanja ciklusa izvršavanja programa, vrijeme trajanja ciklusa u našem slučaju uvjetno rečeno nije kritično, ali beskonačne petlje bi mogle napraviti problem. Na slikama 4.5 i 4.6 prikazana je komparacija ciklusa na bageru EŠ-5/45 i transporteru VT.

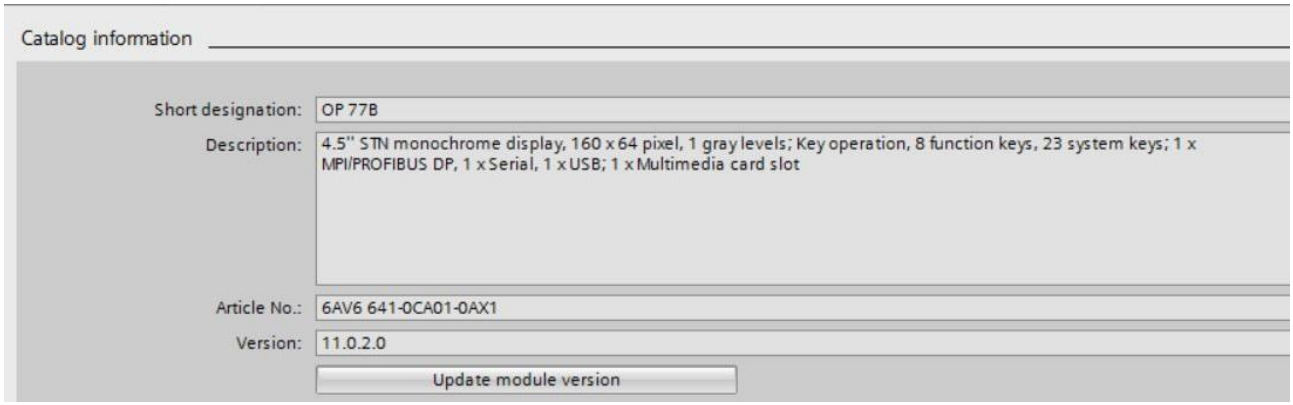


Slika4.5. Ciklus programa PLC ES 5_45

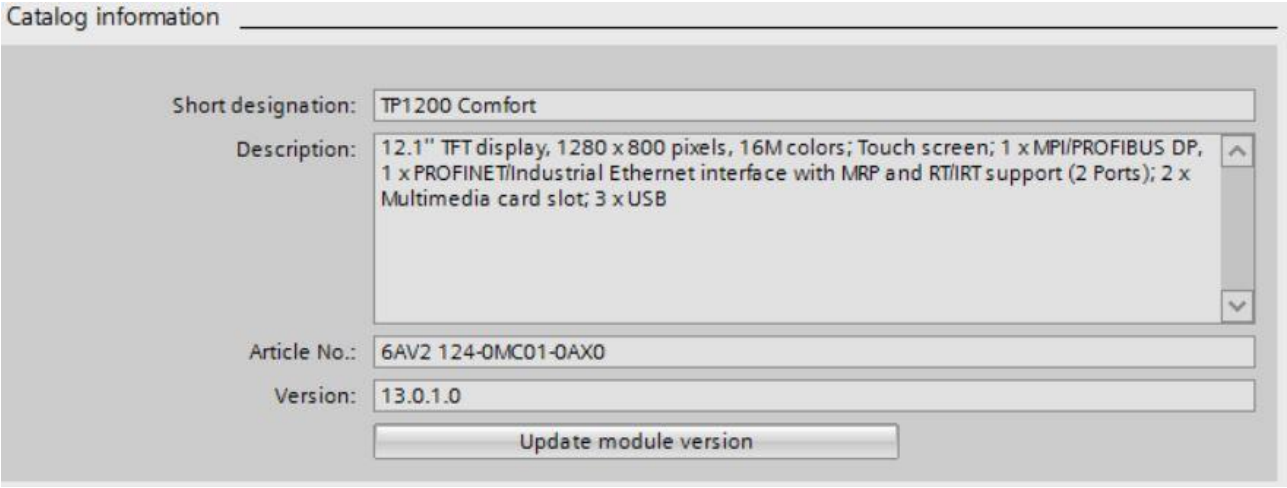


Slika4.6. Ciklus programa PLC_VT

Sa slika možemo zaključiti da je vrijeme izvršavanja programa zadovoljavajuće, plavom bojom je označeno maksimalno potrebno vrijeme, ovisno o potprogramu koji se u nekom trenutku izvršava, dok je u trenutku promatranja ciklus trajao 9 ms na bageru EŠ 5/45 i 2 ms na transporteru VT. Evidentno je da i pored značajno boljih performansi PLC-a novije generacije u pojedinim vremenskim intervalima vrijeme ciklusa iznosi 20 ms. Sličnu situaciju očekivati je i na bageru EŠ 6/45, razlozi su komunikacija sa SCADA serverom, razmjena daleko više informacija sa HMI panelom, složeniji potprogrami za obradu alarma… Usporedbe radi, količina informacija koja se razmjenjuje između PLC-a i HMI panela na bageru EŠ 5/45 i PLC-a VT sa HMI VT direktno je u svezi sa mogućnostima panela. OP77B je panel skromnih mogućnosti, monokromatski displej, sa skromnim komunikacijskim mogućnostima, nasuprot TP 1200 *comfort* panela, koji ima daleko veći displej u boji, osjetljiv na dodir, te daleko veće komunikacijske mogućnosti, a samim tim je logično i očekivati prikaz daleko većeg broja podataka i informacija na panelu

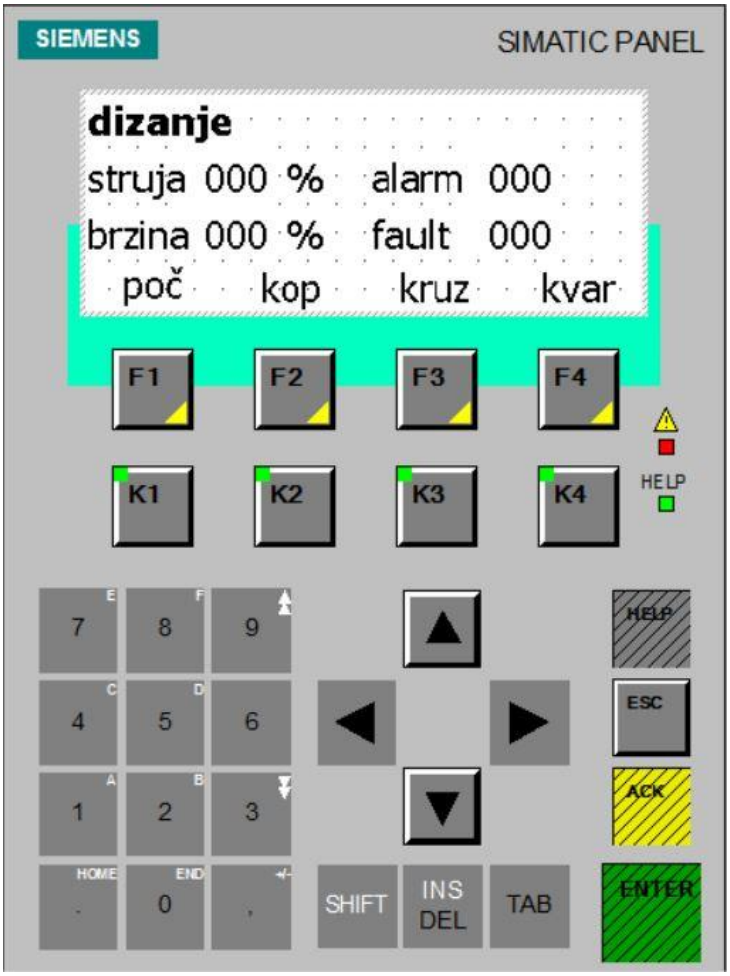


Slika 4.7.Karakteristike HMIE_S_5_45



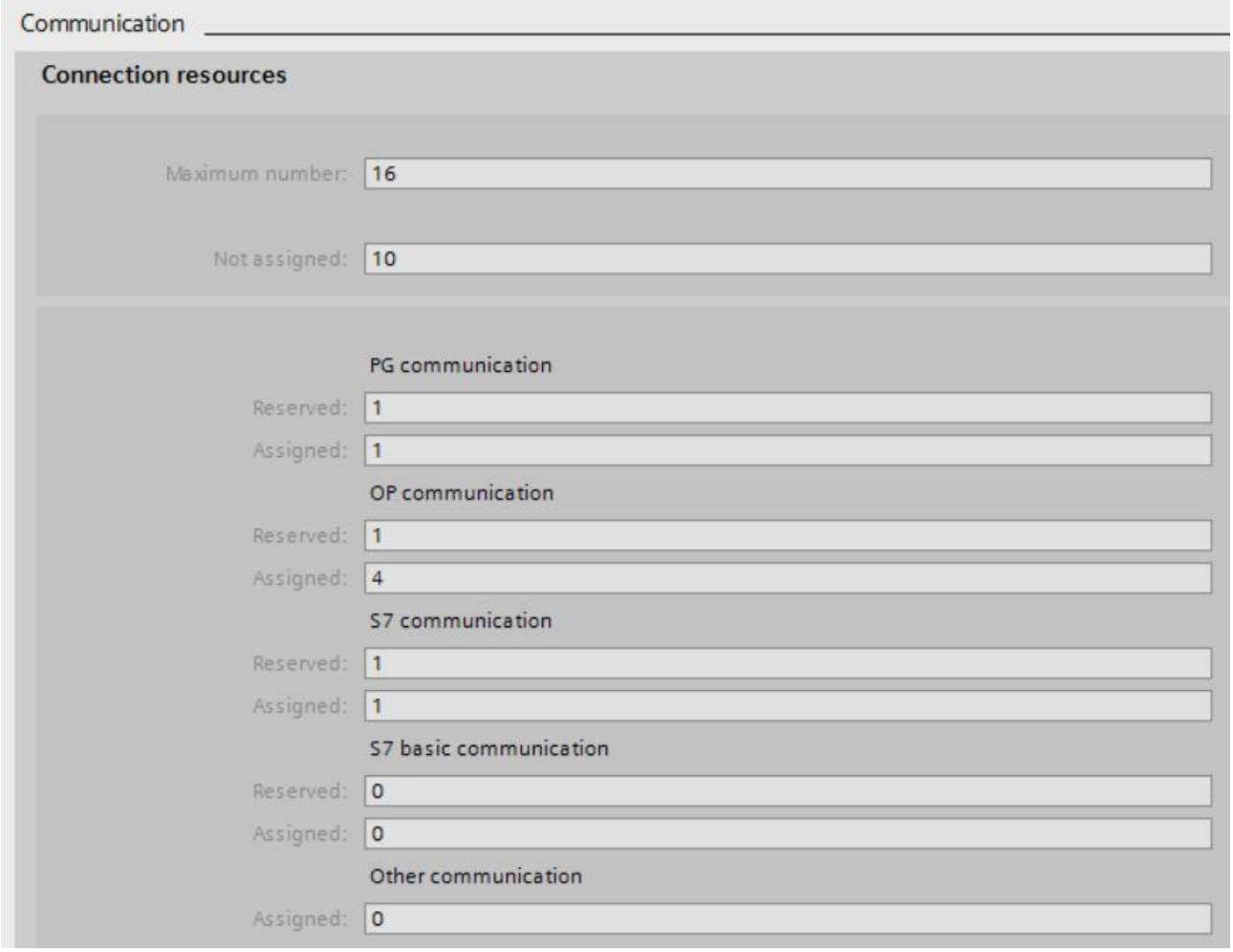
Slika 4.8.Karakteristike HMI_VT

Na slici 4.9. prikazan je izgled HMI panela bagera EŠ 5/45, prozor za pogon dizanja, te se može napraviti usporedba u odnosu na Prilog 4.5 prikaz prozora pogona dizanja.



Slika 4.9.Panel EŠ 5_45_dizanje

Svaki PLC ima ograničene komunikacijske resurse u pogledu broja i tipova konekcija koje može podržati. Na ovo više treba obratiti pažnju kod izbora PLC-a, ali isto tako greške kod kreiranja komunikacijskih konekcija mogu prouzročiti probleme, te mogu biti uzročnik nepravilnog rada ili problema u radu. Na slici 4.10. prikazan je jedan preglednik raspoloživih i iskorištenih komunikacijskih resursa.



Slika 4.10. Komunikacijski resursi

U dijagnostici PLC-a postoje i drugi korisni podaci koji mogu pomoći kod analize rada, kao što su *buffer*-i grešaka, statistike komunikacije…

Upravljačka oprema može raditi dobro ili bolje, uz određena optimiziranja programa.

Rezultati ispitivanja električnih pogona

Pogonske grupe sastavljene od tiristorskih regulatora, istosmjernih motora, sustava uzbude i pratećih mjernih i senzorskih elemenata u pravilu pretrpe najveći broj izmjena podešavanja parametara u sklopu funkcionalnih proba i adaptiranja radnoj sredini i uvjetima rada. Rezultati ispitivanja treba da dokažu da su ispunjeni uvjeti integriranja tehnoloških zahtjeva koji moraju biti ispunjeni i tehničkih zahtjeva koje oprema dozvoljava. Jednostavnije rečeno, postignuti su postavljeni ili bolji rezultati rada bagera u optimalnim ili graničnim uvjetima za koje je oprema projektirana. Za bager EŠ 6/45 ciklusi rada su slični kao i za bager 5/45 na kom se mogu izvršiti mjerenja, s tom razlikom da bager EŠ 6/45 ima veći projektirani kapacitet obzirom da mu je utovarna korpa veća za 1 m^3 od bagera EŠ 5/45. U tehnološkim stručnim krugovima postoji teorija da je bager EŠ 6/45 zapravo bager na kom su otklonjeni svi nedostatci prototip serije bagera EŠ 5/45. Prema tvrdnjama da bi bager EŠ 5/45 mogao raditi zamijenjena je utovarna korpa manjom i bager je opet radio u graničnim uvjetima, što je potvrdila i revitalizacija bagera EŠ 5/45 u rudniku Stanari, kada se uz projektirani transformator morao dograditi još jedan za rad u paraleli, a kasnije i DC regulator zbog pregrijavanja morao je biti zamijenjen većim, i ako to nije imalo tehničkog smisla u odnosu na snagu instaliranih pogona. Praktično je bager EŠ 6/45 dobio punu snagu i ušao u željene i projektirane parametre kada je na bager na EŠ 5/45 dograđen još po jedan pogonski motor istih karakteristika na svaki glavni pogon, dok se snaga sinkrone pogonske grupe nije značajno mijenjala.

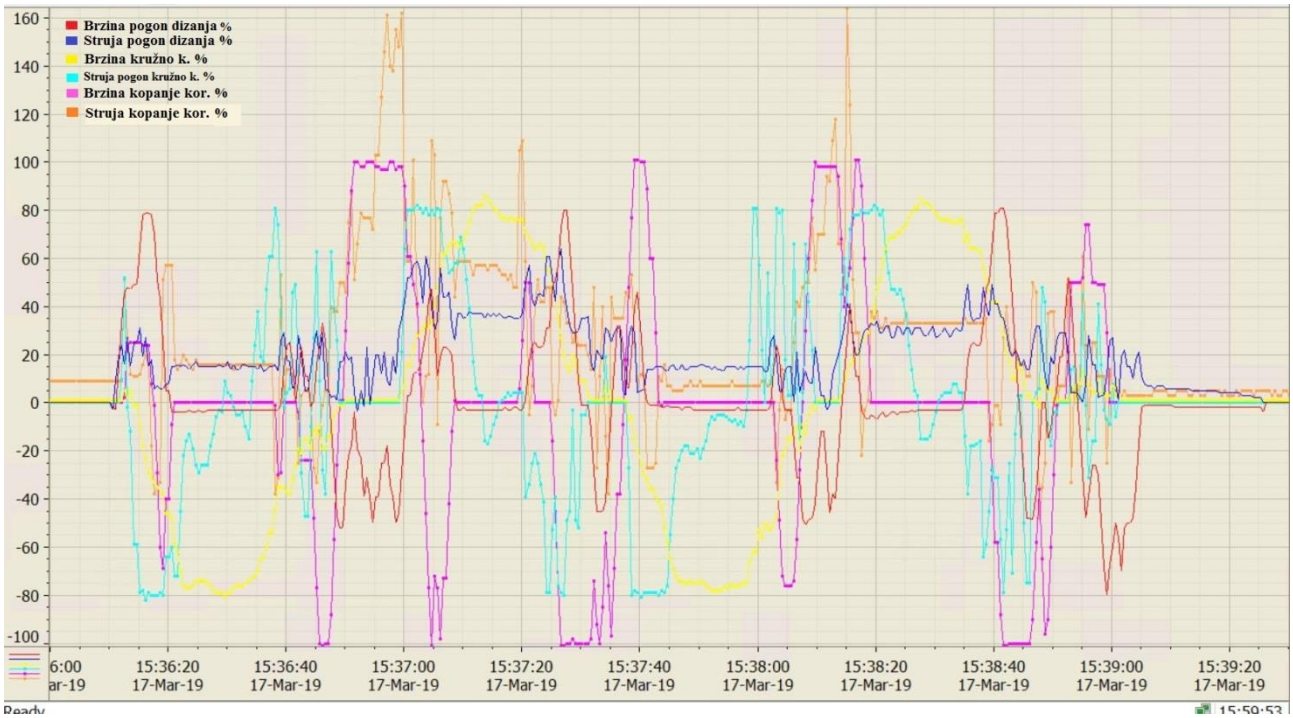
Ciklus rada bagera treba da bude takav da bager u 60s, iz najnepovoljnije pozicije od 180^0 i sa maksimalne dozvoljene dubine obavi slijedeće radnje:

- Zakopavanje i punjenje utovarne korpe
- Dizanje utovarne korpe
- Kružnu radnju do pozicije istovara
- Istovar utovarne korpe
- Vraćanje utovarne korpe i pozicioniranje za novo zakopavanje

U svim ovim radnjama, pogonski motori i DC regulatori treba da ostanu u granicama projektiranih opterećenja i parametara.

Pored operacije kopanja, bager ima i zahtjevnu funkciju transporta, koja zahtijeva značajno veći angažman snage na pogonskim motorima kopanja/koračanja, kada se radi o usponu bager EŠ 5/45

angažira i do 300% nazivne snage motora, kod bagera EŠ 6/45 to ne bi trebao biti slučaj, jer ukupna masa bagera nije značajno veća (oko 10 %), od bagera EŠ 5/45, dok je instalirana snaga pogonskih motora dvostruko veća. Iz svega gore navedenog očekivani rezultati opterećenja i ponašanja pogona trebaju biti povoljniji na bageru EŠ 6/45 od bagera EŠ 5/45, naravno opterećenja treba promatrati u procentualnom odnosu instalirana/angažirana snaga. Na slici 4.11 prikazan je dijagram opterećenja i brzina pogona bagera EŠ 5/45 u trajanju od dva ciklusa kopanja za najnepovoljniji slučaj.



Slika 4.11. Dijagram ciklusa kopanja EŠ 5/45

Sa slike vidimo da je bager odradio dva ciklusa zakopavanja, prvi ciklus zakopavanja započeo je oko 15:36:50, maksimalna struja pogona kopanja iznosila je oko 160% nazivne struje motora oko 15:37:00 i kasnije oko 15:38:20. Struje pogona kružnog kretanja su dostizale oko 80% nazivne struje motora, rukovaoc na kružnom kretanju nije koristio punu brzinu, već samo 80% brzine te je ciklus trajao nešto duže od teoretskog. Također ostvarena brzina dizanja je oko 80%, dok je maksimalno opterećenje bilo oko 60%. Prednost kod bagera EŠ 6/45 biće i kontinuirano upravljanje pogonima sa regulacijom od 0-100%, dok bager EŠ 5/45 ima stupnjevitu regulaciju.

Na slici 4.12. Prikazan je i drugi bitan slučaj za promatranje, a to je rad pogona koračanja, bager je napravio dva koraka, pa još dva da se vrati na poziciju gdje je bio, sva četiri koraka pogonski motor se vrti u istom smjeru, ali se gornja gradnja bagera okreće za 180^0 prije povratka tj. nakon prva dva koraka. Narančasta boja na dijagramu predstavlja struju, za podizanje bagera angažira se 200% nazivne struje motora i dostiže brzina od oko 90%, dok se bager spušta u prvom stupnju sa oko

25% brzine i maksimalna struja koja je dostignuta je oko 100%, motor prilikom spuštanja bagera radi u generatorskom režimu, te kroz regulator vraća struju u mrežu (vidljivo je da su struje suprotnih smjerova -200% i 100%).

Slika 4.12. Dijagram opterećenja koračanje

Očekivanja su da dijagrami struja, promatrano u % od nazivne struje ukupno instaliranih pogona, budu značajno povoljniji.

5. Zaključak

Tehničko rješenje se temelji na bazi ranijih iskustava sa revitalizacijama slične opreme i u eksploataciji revitaliziranog sličnog manjeg bagera EŠ 5/45, s tim da ovo tehničko rješenje treba da eliminira nedostatke uočene u ranijim revitalizacijama bagera EŠ 5/45, koji se temelji na sličnom konceptu. Osnovni problemi na bageru EŠ 5/45 su bili na neadekvatnom dimenzioniranju energetske opreme i problemi koji su iz istog proizišli. Također napravljen je napredak u odnosu na ranije rješenje koje je koncipirano na bazi PLC-a serije S7-300, koji je programiran u STEP 7 v5.4. , te nije bio povezan sa udaljenim dispečerskim centrom. Od problema moguće je očekivati poteškoće u optimizaciji serijske veze dva DC motora po pogonskoj grupi i regulaciji uzbude kako bi se oba pogonska motora ravnomjerno opteretila. Napredak treba biti ostvaren i kroz veći broj dostupnih informacija o stanju pogona na većim HMI panelima, kao i na arhiviranju informacija o stanju pogona na centralnom serveru, što bi za rezultat trebalo utjecati na bolje preventivno održavanje opreme.

Problemi sa pregrijavanjem sličnih pogona u periodu visokih ljetnih vrućina trebali bi biti eliminirani upravo izborom regulatora i serijskom vezom motora kako bi se iz regulatora izvukao maksimum raspoložive struje, a da pri tom ne rade u graničnom području. Prednosti će se ogledati i kroz mogućnosti daljinske kontrole i dijagnostike u realnom vremenu, što će značajno povećati kvalitetu optimiziranja pogona obzirom da se radni uvjeti značajno mijenjaju u vremenu eksploatacije.

Od upravljačke opreme izabrana je kvalitetna dostupna oprema i tehnička rješenja sa optičkim komunikacijama koja su najmanje podložna elektromagnetskim smetnjama.

Literatura

(1) Automatska regulacija, Dr.ing. Tugomir Šurina, Školska Knjiga Zagreb, 1987.

(2) SIMATIC S7 TIA programming 2 ST-PRO2, Version V5.9.1, Siemens

(3) SIMATIC S7 ST-BWINCCS, Siemens

(4) Industrial Communication Tehnical Introduction 1/2 &2/2, Siemens

(5) Tehnička dokumentacija bagera EŠ 6/45

(6) Identifikacija Procesa – Predavanja, prof.dr.sc. Nedeljko Perić, Doc.dr..sc. Ivan Petrović, FER Zagreb, 2002

Sažetak / Abstract

Naslov: EVALUACIJA IZVEDBENOG PLANA I PROJEKTIRANJE UPRAVLJAČKOG SUSTAVA ZA BAGER EŠ 6/45

Ključne riječi: Bager EŠ, Ward Leonardova grupa, DC pogon, DC regulator, Upravljački sustav.

Osnovni problem koji je obrađen kroz diplomski rad temelji se na kompletnoj zamjeni upravljačke opreme bagera EŠ 6/45. Razlozi zamjene opreme su nepostojanje originalne opreme u bageru prouzrokovane dugotrajnim stajanjem bagera, kao i nemogućnošću nabavke nove opreme zbog tehnološke zastarjelosti. Definirani su ciljevi koje oprema treba da zadovolji, a da se pri tome koriste komponente dostupne na tržištu. Cilj je također bio i unifikacija i uklapanje bagera u postojeći sustav daljinskog nadzora i rezervnih dijelova rudnika na kom bager treba da radi. Rezultat diplomskog rada je u kategoriji baznog projekta i može poslužiti kao podloga za detaljnu razradu elektro dijela dokumentacije.

Title: EVALUATION OF THE EXECUTIVE PLAN AND DESIGN OF THE INSTRUMENTATION AND CONTROL SYSTEM FOR „DRAG LINE“ EXCAVATOR ES 6/45

Key words: Drag line excavator, Ward Leonard drive system**,** DC drive**,** DC regulator, Control system.

The main problem that is processed through the thesis is based on the complete replacement of the control equipment for excavator ES 6/45. The reasons for replacement of equipment are the lack of original equipment caused with long-standing excavator, as well as the inability to purchase newreplacement equipment due to technological obsolescence. The goals that equipment needs to meet are defined, using the equipment available on the market. The aim was also to unify and integrate drag line excavator into an existing system of remote monitoring and spare parts in storage of mine with existing machines. The result of the graduate thesis is in the category of base project and can serve as a basis for detailed elaboration of the electrical part of the documentation.

Životopis

Stanojević Željko, rođen u Tesliću 14.09.1979 nastanjen na adresi Svetog Save 57A/9, Doboj, Bosna i Hercegovina. Kontakt podaci +387 65/885-045 ili +387 65/915-194.

Uža obitelj supruga i tri kćerke.

Nakon završene osnovne škole nastavio školovanje u periodu od 1994-1998 u Srednja elektrotehnička škola, Nikola Tesla, Teslić, smjer Elektrotehničar energetike. Nakon završene srednje škole, 1998 godine polaže prijemni ispit na Višoj Tehničkoj Školi Doboj, nakon čega odlazi na obavezno odsluženje vojnog roka. Po povratku nastavlja studije i završava studijski program u roku, u periodu 1999-2002, na Viša tehnička škola Doboj, Doboj, inženjer elektrotehnike, smjer automatika i elektronika, VI stepen stručne spreme. Odmah nakon završenih studija u listopadu 2002 zapošljava se u Hemijska industrija „Destilacija“ AD Teslić, na radnom mjestu VŠ inženjer mjerno –regulacione grupe, gdje odrađuje pripravnički staž, te izvjesno vrijeme radi na poslovima održavanja mjerno regulacione opreme. Zbog loših materijalnih i tehničkih uvjeta, kao i želje za novim saznanjima i napredovanjima krajem 2003 prelazi u drugu tvrtku „Eling inženjering“ d.o.o Teslić. Započinje rad kao projekt menadžer, ali ubrzo napreduje na mjesto „Rukovodilac sektora elektroenergetike. U Elingu stječe nova iskustva na poslovima vođenja izvođačkih projekata NN i SN mreža, električnih instalacija i trafostanica i izrada projektne dokumentacije, te prva ozbiljnija iskustva na polju automatizacije kroz realizaciju nekoliko projekata elektro faza izvođačkih radova na objektima malih hidroelektrana. Iskustva o sustavima upravljanja malim hidroelektranama primjenjuje nakon odlaska iz Eling-a kroz honorarni rad i konzultantske usluge na održavanju malih hidroelektrana. Početkom 2006 godine iz Eling-a prelazi u novu ambicioznu tvrtku EFT Rudnik i Termoelektrana Stanari. U EFT Rudnik i Termoelektrana Stanari radi na radnom mjestu „elektroinženjer tehnolog elektroodržavanja“ te obavlja poslove pripreme i realizacije preventivnog i tekućeg održavanja rudarske elektro opreme, strojeva, transformatorskih stanica i energetskih razvoda. Krajem 2006 godine upisuje drugi ciklus studija na Saobraćajno tehničkom fakultetu Doboj, Doboj, te pod kraj 2008 godine stiče zvanje diplomirani inženjer elektrotehnike, smjer elektronika i automatika, 180 ECTS. Krajem 2007 godine napreduje sa pozicije el.inženjera tehnologa održavanja na poziciju Tehnički rukovodilac elektro održavanja, gdje radi do današnjeg dana. Na novoj radnoj poziciji,stječe iskustva u rukovođenju poslovima remontnog, preventivnog i tekućeg održavanja. Učešće u izradi tehničkih specifikacija i tendera za nabavku nove rudarske opreme, učešće u izradi tehničke dokumentacije i planova za proširenje kapaciteta rudnika. Učešće u izradi tehničke dokumentacije, nabavke opreme i revitalizacije rudarskih strojeva i izrade nove

rudarske opreme u sopstvenoj režiji održavanja (najznačajniji: revitalizacija elektro opreme i zamjena upravljačke opreme na rotornom bageru C-700, pretovarnoj traci i odlagaču te pogonskim stanicama tračnih transportera, izrada SCADA sustava za rudnik, …). 2009 godine upisuje Elektrotehnički fakultet Osijek, Osijek, smjer procesno računarstvo. Od 2010 godine uzima aktivno učešće u pripremama za izgradnju Termoelektrane Stanari snage 300 MW, što će se značajno odraziti na ranije upisane studije. Neka od najznačajnijih iskustava koja su ostvarena učešćem u projektu priprema i izgradnje Termoelektrane Stanari su učešće u pripremi tenderske dokumentacije za izgradnju Termoelektrane Stanari snage 300 MW i prateće opreme za drobljenje i transport uglja. Vođenje elektro dijela projekta nabavke i montaže opreme za drobljenje i transport uglja. Nadzor nad montažom i puštanje u rad opreme za drobljenje, deponiranje i transport uglja unutar TE Stanari. Vođenje elektro projekata modernizacije pogona za istovar i fluidiziranje pepela, frekventna regulacija tercijarnih drobilica, sustav snabdijevanja TE sirovom vodom… Nakon puštanja TE u rad 2015 godine, pored ranijih zaduženja za rudarsku opremu dobiva u nadležnost i novoizgrađeni sustavi snabdijevanja TE vodom, sustavi drobljenja i transporta uglja do TE, te sekundarno i tercijarno drobljenje uglja unutar TE sa pripadajućom deponijom uglja i tračnim transporterima, kao i sustav istovara i transporta pepela iz TE. Nad spomenutim novim sustavima uspostavlja sustav vođenja tehničke dokumentacije, planove preventivnog i remontnog održavanja, kao i prijedloge za modernizacije dijelova sustava koji su se pokazali kao neefikasni i nepouzdani. Kroz cijeli radni vijek bavi se povremenim honorarnim poslovima na projektiranju i održavanju sustava upravljačke opreme alatnih strojeva, malih hidroelektrana i slično. Tokom radnog vijeka posjećivao više sajmova tehnike, pohađao neke od specijalističkih tečajeva za SIMATIC PLC-ove, SCADA WINCC i frekventne regulatore u SIEMENS trening centrima. Dobro ovladao korištenjem Office programskih paketa, administriranje računarskih mreža na nižem nivou, optičke komunikacije,…

6. GRAFIČKA DOKUMENTACIJA I PRILOZI

PRILOG 1. BLOK DIJAGRAM SUSTAVA UPRAVLJANJA

PRILOG 2. LISTE SIGNALA

- PRILOG 2.1. LISTA SIGNALA-OPĆI DIO
- PRILOG 2.2. LISTA SIGNALA-6kV RAZVOD
- PRILOG 2.3. LISTA SIGNALA-KATARKA
- PRILOG 2.4. LISTA SIGNALA-KRUŽNO
- PRILOG 2.5. LISTA SIGNALA-KOPANJE-KORAČANJE
- PRILOG 2.6. LISTA SIGNALA-DIZANJE

PRILOG 3. JEDNOPOLNA SHEMA BAGERA

PRILOG 4. IZGLED UPRAVLJAČKIH PROZORA HMI i SCADA SUSTAVA

- PRILOG 4.1. POČETNI PROZOR SCADA SUSTAVA
- PRILOG 4.2. POČETNI HMI PROZOR RUKOVAOCA BAGERA
- PRILOG 4.3. HMI MJERENJA 690V I OPĆI DIO
- PRILOG 4.4. POGON KOPANJA KORAČANJA
- PRILOG 4.5. POGON DIZANJA
- PRILOG 4.6. POGON KRUŽNOG KRETANJA
- PRILOG 4.7. KLIMATIZACIJA ORMARA
- PRILOG 4.8. HMI ALARMI

PRILOG 5. LOGIČKI DIJAGRAMI TOKA PROGRAMA

PRILOG 5.1. LOGIČKI DIJAGRAMI OPĆEG DIJELA I 6 kV RAZVODA

PRILOG 5.2. LOGIČKI DIJAGRAMI POGONA KRUŽNOG KRETANJA

PRILOG 5.3. LOGIČKI DIJAGRAMI POGONA DIZANJA

PRILOG 5.4. LOGIČKI DIJAGRAMI POGONA KOPANJA/KORAČANJA

PRILOG 5.5. LOGIČKI DIJAGRAMI POGONA KATARKE

PRILOG 6. SPECIFIKACIJA PLC-A I PRATEĆE OPREME

PRILOG 7. FUNKC. BLOK PLC PROGRAMA POGONA KOPANJA KORAČANJA

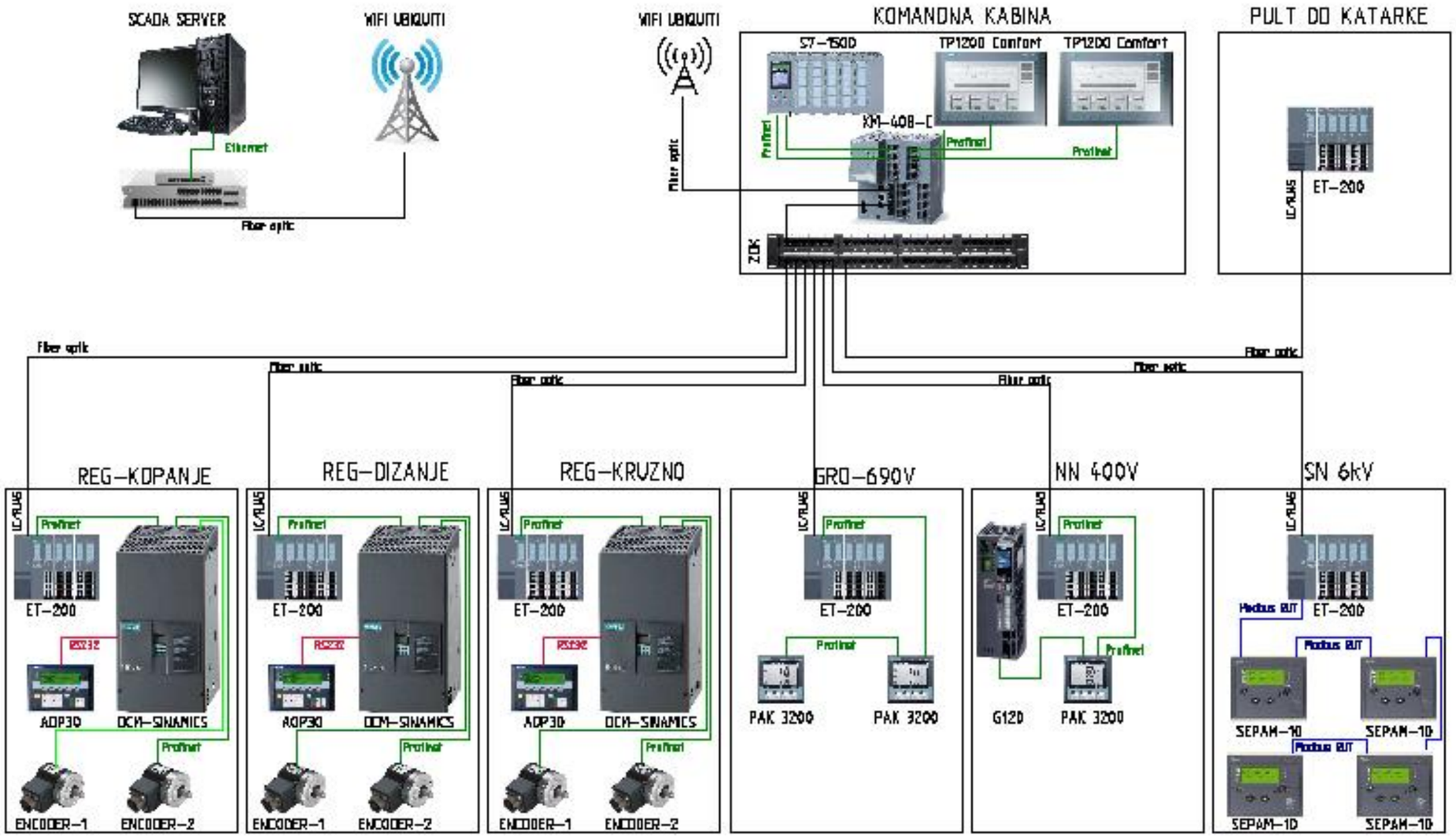
PRILOG 8. UPRAVLJAČKA PALICA POGONA KOPANJE KORAČANJE

PRILOG 9. UPRAVLJAČKA PALICA POGONA KRUŽNO K. DIZANJE

PRILOG 10.1 DCM_2000A_DIZANJE_KOPANJE_KORAČANJE

PRILOG 10.2 DCM_800A_KRUŽNO KRETANJE

PRILOG 1. BLOK DIJAGRAM SUSTAVA UPRAVLJANJA


SCADA SERVER
Ethernet
Fiber optic
WIFI UBIQUITI
WIFI UBIQUITI
Fiber optic
KOMANDNA KABINA
S7-1500
TP1200 Comfort
TP1200 Comfort
XM-408-C
Profinet
Profinet
Profinet
ZOK
PULT DO KATARKE
ET-200
IC/RJ45
Fiber optic
Fiber optic
Fiber optic
Fiber optic
Fiber optic
Fiber optic
REG-KOPANJE
REG-DIZANJE
REG-KRUZNO
GRO-690V
NN 400V
SN 6kV
IC/RJ45
Profinet
ET-200
RS232
ADP30
DCM-SINAMICS
ENCODER-1
ENCODER-2
PAK 3200
G120
Modbus RUT
SEPAM-10

PRILOG 2. LISTE SIGNALA

PRILOG 2.1-O P Ć I N N D I O

RB	PLC ULAZ-IZLAZI	TIP SIGNALA	ORMAR
	Pult		
1	Uklop GP 690V	DI	SRO-NN
2	Isklop GP690V	DI	SRO-NN
3	Reset greške	DI	SRO-NN
4	Reset zvučne signalizacije	DI	SRO-NN
5	Test sijalica	DI	SRO-NN
6	Radna rasvjeta	DI	SRO-NN
7	Prisutan napon 24VDC	DI	SRO-NN
8	Sirena upozorenja	DI	SRO-NN
9	6kV razvod kvar (signalizacija)	DQ	SRO-NN
10	GP on 690V (signalizacija)	DQ	SRO-NN
11	Upravljački napon 230V on (signalizacija)	DQ	SRO-NN
12	Mrežni napon prisutan (signalizacija)	DQ	SRO-NN
13	PLC OK (signalizacija)	DQ	SRO-NN
14	Sirena upozorenja	DQ	SRO-NN
15	Zujalica kvara	DQ	SRO-NN
	SRO-NN		
16	GP 690V on	DI	SRO-NN
17	GP 690V off	DI	SRO-NN
18	Mrežni napon on	DI	SRO-NN
19	Komandni napon on	DI	SRO-NN
20	Ispad prekidača za napajanje transformatora 690/400V	DI	SRO-NN
21	Ispad osigurača za napajanje UPS-a	DI	SRO-NN
22	Ispad prekidača 400V za napajanje ROSN	DI	SRO-NN
23	Ispad prekidača 400V za napajanje SRO-DI	DI	SRO-NN
24	Ispad prekidača 400V za napajanje SRO-KK	DI	SRO-NN
25	Ispad prekidača 400V za napajanje SRO-KR	DI	SRO-NN
26	Ispad prekidača 400V za napajanje SRO-PU	DI	SRO-NN
27	Ispad prekidača 400V za napajanje SRO-KA	DI	SRO-NN
28	Ispad prekidača 400V za napajanje Rezerve-1	DI	SRO-NN
29	Ispad prekidača 400V za napajanje Rezerve-2	DI	SRO-NN
30	Kontrolnik izolacije 690V	DI	SRO-NN
31	Kontrolnik izolacije 400V	DI	SRO-NN
32	Kontrolnik izolacije 230V	DI	SRO-NN
33	Rele redosleda faza 690V	DI	SRO-NN
34	Ispad DM-a upravljačkog napona 230V prije kom napona	DI	SRO-NN
35	Ispad DM-a upravljačkog napona 230V posle kom napona	DI	SRO-NN
36	Ispad osigurača UPS-a za napajanje ormara	DI	SRO-NN

37	Ispad osigurača UPS-a za IT mrežu	DI	SRO-NN
38	Ispad osigurača UPS-a za napajanje radio stanice	DI	SRO-NN
39	Nužno stop komandna kabina	DI	SRO-NN
40	Nužno stop pult katarke	DI	SRO-NN
41	Nužno stop zadnja strana EŠ-a	DI	SRO-NN
42	Nužno stop lijeva strana EŠ-a	DI	SRO-NN
43	Nužno stop desna strana EŠ-a	DI	SRO-NN
44	Nužno stop na ROSN ormaru	DI	SRO-NN
45	Nužno stop na SRO-NN ormaru	DI	SRO-NN
46	Nužno stop na SRO-DI ormaru	DI	SRO-NN
47	Nužno stop na SRO-KK ormaru	DI	SRO-NN
48	Nužno stop na SRO-KR ormaru	DI	SRO-NN
49	Rad kompresora	DI	SRO-NN
50	Kvar kompresora	DI	SRO-NN
51	Visoka temperatura transformatora 400V	DI	SRO-NN
52	Detekcija dima u EŠ-u	DI	SRO-NN
53	Detekcija dima u kblovskom kanalu	DI	SRO-NN
54	Prisutan napon 24VDC	DI	SRO-NN
55	Mjerenje pritiska	AI 4-20mA	SRO-NN
56	Mjerenje unutrašnje temperature	AI PT-100	SRO-NN
57	Mjerenje temperature okoline	AI PT-100	SRO-NN
58	Uklop GP 690V	DQ	SRO-NN
59	Isklop GP690V	DQ	SRO-NN
60	Uključenje-isključenje komandnog napona 230V	DQ	SRO-NN
61	Uključenje radne rasvjete-1	DQ	SRO-NN
62	Uključenje radne rasvjete-2	DQ	SRO-NN
63	Uključenje radne rasvjete-3	DQ	SRO-NN
64	Rele reseta greske	DQ	SRO-NN
65	Rezerva-1	DQ	SRO-NN
66	Rezerva-2	DQ	SRO-NN
67	Rezerva-3	DQ	SRO-NN

PRILOG 2.2- 6 kV S N R A Z V O D

RB	PLC ULAZ-IZLAZI	TIP SIGNALA	ORMAR
	ROSN		
1	Prisutan napon 110VDC	DI	SRO-NN
2	Vrata trafopolja otvorena	DI	SRO-NN
3	Ispad osigurača 12VDC	DI	SRO-NN
4	Ispad osigurača za napajanje 6kV ćelije-1	DI	SRO-NN
5	Ispad osigurača za napajanje 6kV ćelije-2	DI	SRO-NN
6	Ispad osigurača za napajanje 6kV ćelije-3	DI	SRO-NN
7	Ispad osigurača za napajanje 6kV ćelije-4	DI	SRO-NN
8	Prisutan napon 24VDC	DI	SRO-NN
9	Reset greške	DI	SRO-NN
10	Daljinsko upravljanje	DI	SRO-NN
11	Test sijalica	DI	SRO-NN
12	Uklop prekidača-Q1	DI	SRO-NN
13	Uklop prekidača-Q2	DI	SRO-NN
14	Uklop prekidača-Q3	DI	SRO-NN
15	Uklop prekidača-Q4	DI	SRO-NN
16	Isklop prekidača-Q1	DI	SRO-NN
17	Isklop prekidača-Q2	DI	SRO-NN
18	Isklop prekidača-Q3	DI	SRO-NN
19	Isklop prekidača-Q4	DI	SRO-NN
20	Prekidač-Q1 uključen	DI	SRO-NN
21	Prekidač-Q2 uključen	DI	SRO-NN
22	Prekidač-Q3 uključen	DI	SRO-NN
23	Prekidač-Q4 uključen	DI	SRO-NN
24	Prekidač-Q1 isključen	DI	SRO-NN
25	Prekidač-Q2 isključen	DI	SRO-NN
26	Prekidač-Q3 isključen	DI	SRO-NN
27	Prekidač-Q4 isključen	DI	SRO-NN
28	Prekidač Q1 uzemljen	DI	SRO-NN
29	Prekidač Q2 uzemljen	DI	SRO-NN
30	Prekidač Q3 uzemljen	DI	SRO-NN
31	Prekidač Q4 uzemljen	DI	SRO-NN
32	Zaštitni relej prekidača Q1 greška	DI	SRO-NN
33	Zaštitni relej prekidača Q2 greška	DI	SRO-NN
34	Zaštitni relej prekidača Q3 greška	DI	SRO-NN
35	Zaštitni relej prekidača Q4 greška	DI	SRO-NN
36	Prekidač Q1 prorada zaštite	DI	SRO-NN
37	Prekidač Q2 prorada zaštite	DI	SRO-NN
38	Prekidač Q3 prorada zaštite	DI	SRO-NN

39	Prekidač Q4 prorada zaštite	DI	SRO-NN
40	Visoka temperatura transformatora T1 alarm	DI	SRO-NN
41	Visoka temperatura transformatora T2 alarm	DI	SRO-NN
42	Visoka temperatura transformatora T3 alarm	DI	SRO-NN
43	Visoka temperatura transformatora T1 isklop	DI	SRO-NN
44	Visoka temperatura transformatora T2 isklop	DI	SRO-NN
45	Visoka temperatura transformatora T3 isklop	DI	SRO-NN
46	Visok pritisak transformatora T1 alarm	DI	SRO-NN
47	Visok pritisak transformatora T2 alarm	DI	SRO-NN
48	Visok pritisak transformatora T3 alarm	DI	SRO-NN
49	Visok pritisak transformatora T1 isklop	DI	SRO-NN
50	Visok pritisak transformatora T2 isklop	DI	SRO-NN
51	Visok pritisak transformatora T3 isklop	DI	SRO-NN
52	Uklop prekidača Q1	DQ	SRO-NN
53	Uklop prekidača Q2	DQ	SRO-NN
54	Uklop prekidača Q3	DQ	SRO-NN
55	Uklop prekidača Q4	DQ	SRO-NN
56	Uklop prekidača Q5	DQ	SRO-NN
57	Isklop prekidaca Q1	DQ	SRO-NN
58	Isklop prekidaca Q2	DQ	SRO-NN
59	Isklop prekidaca Q3	DQ	SRO-NN
60	Isklop prekidaca Q4	DQ	SRO-NN
61	Isklop prekidaca Q5	DQ	SRO-NN
62	Prekidač Q1 uključen (signalizacija)	DQ	SRO-NN
63	Prekidač Q2 uključen (signalizacija)	DQ	SRO-NN
64	Prekidač Q3 uključen (signalizacija)	DQ	SRO-NN
65	Prekidač Q4 uključen (signalizacija)	DQ	SRO-NN
66	Prekidač Q5 uključen (signalizacija)	DQ	SRO-NN
67	Prekidač Q1 isključen (signalizacija)	DQ	SRO-NN
68	Prekidač Q2 isključen (signalizacija)	DQ	SRO-NN
69	Prekidač Q3 isključen (signalizacija)	DQ	SRO-NN
70	Prekidač Q4 isključen (signalizacija)	DQ	SRO-NN
71	Prekidač Q5 isključen (signalizacija)	DQ	SRO-NN
72	Prekidač Q1 uzemljen (signalizacija)	DQ	SRO-NN
73	Prekidač Q2 uzemljen (signalizacija)	DQ	SRO-NN
74	Prekidač Q3 uzemljen (signalizacija)	DQ	SRO-NN
75	Prekidač Q4 uzemljen (signalizacija)	DQ	SRO-NN
76	Prekidač Q5 uzemljen (signalizacija)	DQ	SRO-NN
77	Zbirna greska zaštitnih releja (signalizacija)	DQ	SRO-NN
78	Zbirna prorada zaštite (signalizacija)	DQ	SRO-NN
79	PLC u radu (signalizacija)	DQ	SRO-NN
80	Daljinsko upravljanje (signalizacija)	DQ	SRO-NN
81	Lokalno upravljanje (signalizacija)	DQ	SRO-NN
82	Vrata trafopolja otvorena (signalizacija)	DQ	SRO-NN

PRILOG 2.3-POGON DIZANJA KATARKE

RB	***PLC ULAZ-IZLAZI***	***TIP SIGNALA***	***ORMAR***
	Pult kabina		
1	Uključenje-Isključenje regulatora	DI	PULT
	Istureni pult		
2	Komanda spuštanja katarke	DI	PULT
3	Komanda dizanje katarke	DI	PULT
4	Komanda zvučna signalizacija	DI	PULT
5	Prisutan napon 24VDC	DI	PULT
6	Reset greške	DI	PULT
7	Regulator uključen	DI	PULT
8	Uključenje sirene	DQ	PULT
9	Kvar pogona	DQ	PULT
10	Pogon spreman	DQ	PULT
11	Alarm regulatora (signalizacija)	DQ	PULT
	SRO-NN	DI	SRO-NN
12	Potvrda uključenja mrežnog kontaktera regulatora	DI	SRO-NN

PRILOG 2.4-POGON KRUŽNOG KRETANJA

RB	PLC ULAZ-IZLAZI	TIP SIGNALA	ORMAR
	Pult		
1	Kočnica kružno	DI	PULT
2	Uključenje regulatora	DI	PULT
3	Isključenje regulatora	DI	PULT
4	Džojstk nulti položaj	DI	PULT
5	Džojstk komanda naprijed	DI	PULT
6	Džojstk komanda nazad	DI	PULT
7	Džojstik zadavanje brzine (potenciometar)	AI 4-20mA	PULT
8	Regulator uključen (signalizacija)	DQ	PULT
9	Alarm regulatora (signalizacija)	DQ	PULT
	SRO-KR		
10	Ispad osigurača za napajanje armature	DI	SRO-DI
11	Ispad osigurača za napajanje pobude M1	DI	SRO-DI
12	Ispad osigurača za napajanje pobude M2	DI	SRO-DI
13	Potvrda uključenja kontaktera armature	DI	SRO-DI
14	Potvrda uključenja kontaktera pobude pogona M1	DI	SRO-DI
15	Potvrda uključenja kontaktera pobude pogona M2	DI	SRO-DI
16	Potvrda rada ventilatora pogona-M1 i M2	DI	SRO-DI
17	Potvrda rada uljne pumpe	DI	SRO-DI
18	Protok ulja reduktora OK	DI	SRO-DI
19	Zaprljan filter ulja reduktora	DI	SRO-DI
20	Potvrda djelovanja kočnice kružnog	DI	SRO-DI
21	Ispad DM-a uljne pumpe	DI	SRO-DI
22	Ispad DM-a ventilatora pogona M1	DI	SRO-DI
23	Ispad DM-a ventilatora pogona M2	DI	SRO-DI
24	Ispad DM-a za napajanje klime ormara	DI	SRO-DI
25	Ispad DM-a ventilatora ormara	DI	SRO-DI
26	Prisutan napon 24VDC u SRO-DI	DQ	SRO-DI
27	Uključenje- kočnice	DQ	SRO-DI
28	Uključenje kontaktera armature	DQ	SRO-DI
29	Uključenje kontaktera pobude	DQ	SRO-DI
30	Uključenje ventilatora M1 i M2	DQ	SRO-DI
31	Enkoder za regulator	Profinet	SRO-DI
32	Enkoder za mjerenje ugla (pozicija)	Profinet	SRO-DI
33	Ispad osigurača upravljačkog napona 230V prije komandnog napona	DI	SRO-NN
34	Ispad osigurača upravljačkog napona 230V posle komandnog napona	DI	SRO-NN

35	Ispad osigurača od UPS-a	DI	SRO-NN
36	Ispad osigurača grijača reduktora	DI	SRO-NN
37	Ispad osigurača el.magnetnih ventila	DI	SRO-NN
38	Mjerenje temperature ulja reduktora	AI Pt-100	SRO-NN
39	Mjerenje temperature ležaja-1 M1	AI Pt-100	SRO-NN
40	Mjerenje temperature ležaja-1 M2	AI Pt-100	SRO-NN
41	Mjerenje temperature ležaja-2 M1	AI Pt-100	SRO-NN
42	Mjerenje temperature ležaja-2 M2	AI Pt-100	SRO-NN
43	Mjerenje temparature ormara	AI Pt-100	SRO-NN
44	Visoka temperatura namotaja M1-alarm	AI PTC	SRO-NN
45	Visoka temperatura namotaja M2-alarm	AI PTC	SRO-NN
46	Visoka temperatura namotaja M1-isključenje	AI PTC	SRO-NN
47	Visoka temperatura namotaja M2-isključenje	DQ	SRO-NN
48	Uključenje uljne pumpe reduktora	DQ	SRO-NN
49	Uključenje grijača reduktora	DQ	SRO-NN

PRILOG 2.5-POGON KOPANJE-KORAČANJE

RB	PLC ULAZ-IZLAZI	TIP SIGNALA	ORMAR
	Pult		
1	Izbor rada KOPANJE	DI	PULT
2	Izbor rada KORAČANJE	DI	PULT
3	Kočnica kopanja	DI	PULT
4	Uključenje regulatora	DI	PULT
5	Isključenje regulatora	DI	PULT
6	Upozorenje (truba)	DI	PULT
7	Otkoči bubanj kopanja	DI	PULT
8	Zakoči bubanj kopanja	DI	PULT
9	Džojstk nulti položaj	DI	PULT
10	Džojstk komanda smjer I	DI	PULT
11	Džojstk komanda smjer II	DI	PULT
12	Džojstik zadavanje brzine (potenciometar)	AI 4-20mA	PULT
13	Brojač kašika (manujelni)	DQ	PULT
14	Regulator uključen (signalizacija)	DQ	PULT
15	Alarm regulatora (signalizacija)	DQ	PULT
	SRO-KK		
16	Ispad osigurača za napajanje armature	DI	SRO-DI
17	Ispad osigurača za napajanje pobude M1	DI	SRO-DI
18	Ispad osigurača za napajanje pobude M2	DI	SRO-DI
19	Potvrda uključenja kontaktera armature	DI	SRO-DI
20	Potvrda uključenja kontaktera pobude pogona M1	DI	SRO-DI
21	Potvrda uključenja kontaktera pobude pogona M2	DI	SRO-DI
22	Potvrda rada ventilatora pogona-M1 i M2	DI	SRO-DI
23	Potvrda rada uljne pumpe	DI	SRO-DI
24	Protok ulja reduktora OK	DI	SRO-DI
25	Zaprljan filter ulja reduktora	DI	SRO-DI
26	Potvrda djelovanja kočnice kopamja	DI	SRO-DI
27	Potvrda djelovanja kočnice bubnja	DI	SRO-DI
28	Potvrda djelovanja kočnice koračanja	DI	SRO-DI
29	Potvrda djelovanja kvačla kopamja	DI	SRO-DI
30	Potvrda djelovanja kvačla koračanja	DI	SRO-DI
31	Papuča dignuta	DI	SRO-DI
32	Kvačlo kopanja	DI	SRO-DI
33	Kvačlo koračanja	DI	SRO-DI
34	Ispad DM-a uljne pumpe	DI	SRO-DI
35	Ispad DM-a ventilatora pogona M1	DI	SRO-DI
36	Ispad DM-a ventilatora pogona M2	DI	SRO-DI

37	Ispad DM-a za napajanje klime ormara	DI	SRO-DI
38	Ispad DM-a ventilatora ormara	DI	SRO-DI
39	Prisutan napon 24VDC u SRO-DI	DQ	SRO-DI
40	Uključenje- kočnice	DQ	SRO-DI
41	Uključenje kontaktera armature	DQ	SRO-DI
42	Uključenje kontaktera pobude	DQ	SRO-DI
43	Uključenje ventilatora M1 i M2	DQ	SRO-DI
44	Enkoder za regulator	Profinet	SRO-DI
45	Enkoder za granicnik	Profinet	SRO-DI
46	Ispad osigurača upravljačkog napona 230V prije komandnog napona	DI	SRO-NN
47	Ispad osigurača upravljačkog napona 230V posle komandnog napona	DI	SRO-NN
48	Ispad osigurača od UPS-a	DI	SRO-NN
49	Ispad osigurača el.magnetnih ventila	DI	SRO-NN
50	Ispad osigurača grijača reduktora	DI	SRO-NN
51	Rad klime	DI	SRO-NN
52	Kvar klime	DI	SRO-NN
53	Mjerenje temperature ulja reduktora	AI Pt-100	SRO-NN
54	Mjerenje temperature ležaja-1 M1	AI Pt-100	SRO-NN
55	Mjerenje temperature ležaja-1 M2	AI Pt-100	SRO-NN
56	Mjerenje temperature ležaja-2 M1	AI Pt-100	SRO-NN
57	Mjerenje temperature ležaja-2 M2	AI Pt-100	SRO-NN
58	Mjerenje temperature ormara	AI Pt-100	SRO-NN
59	Visoka temperatura namotaja M1-alarm	AI PTC	SRO-NN
60	Visoka temperatura namotaja M2-alarm	AI PTC	SRO-NN
61	Visoka temperatura namotaja M1-isključenje	AI PTC	SRO-NN
62	Visoka temperatura namotaja M2-isključenje	DQ	SRO-NN
63	Uključenje uljne pumpe reduktora	DQ	SRO-NN
64	Uključenje grijača reduktora	DQ	SRO-NN

PRILOG 2.6-POGON DIZANJA

RB	PLC ULAZ-IZLAZI	TIP SIGNALA	ORMAR
	Pult		
1	Kočnica dizanja	DI	PULT
2	Uključenje regulatora	DI	PULT
3	Isključenje regulatora	DI	PULT
4	Džojstk nulti položaj	DI	PULT
5	Džojstk komanda smjer I	DI	PULT
6	Džojstk komanda smjer II	DI	PULT
7	Džojstik zadavanje brzine (potenciometar)	AI 4-20mA	PULT
8	Regulator uključen (signalizacija)	DQ	PULT
9	Alarm regulatora (signalizacija)	DQ	PULT
	SRO-DI		
10	Ispad osigurača za napajanje armature	DI	SRO-DI
11	Ispad osigurača za napajanje pobude M1	DI	SRO-DI
12	Ispad osigurača za napajanje pobude M2	DI	SRO-DI
13	Potvrda uključenja kontaktera armature	DI	SRO-DI
14	Potvrda uključenja kontaktera pobude pogona M1	DI	SRO-DI
15	Potvrda uključenja kontaktera pobude pogona M2	DI	SRO-DI
16	Potvrda rada ventilatora pogona-M1	DI	SRO-DI
17	Potvrda rada ventilatora pogona-M2	DI	SRO-DI
18	Potvrda rada uljne pumpe	DI	SRO-DI
19	Protok ulja reduktora OK	DI	SRO-DI
20	Zaprljan filter ulja reduktora	DI	SRO-DI
21	Potvrda djelovanja kočnice-1 dizanja	DI	SRO-DI
22	Ispad DM-a uljne pumpe	DI	SRO-DI
23	Ispad DM-a ventilatora pogona M1 i M2	DI	SRO-DI
24	Prisutan napon 24VDC u SRO-DI	DQ	SRO-DI
25	Uključenje- kočnice	DQ	SRO-DI
26	Uključenje kontaktera armature	DQ	SRO-DI
27	Uključenje kontaktera pobude	DQ	SRO-DI
28	Uključenje ventilatora M1 i M2	DQ	SRO-DI
29	Enkoder za regulator	Profinet	SRO-DI
30	Enkoder za granicnik	Profinet	SRO-DI
31	Ispad osigurača upravljačkog napona 230V prije komandnog napona	DI	SRO-NN
32	Ispad osigurača upravljačkog napona 230V posle komandnog napona	DI	SRO-NN
33	Ispad osigurača UPS-a	DI	SRO-NN
34	Ispad osigurača el.magnetnih ventila	DI	SRO-NN

35	Ispad osigurača grijača reduktora	DI	SRO-NN
36	Rad klime	DI	SRO-NN
37	Kvar klime	DI	SRO-NN
38	Mjerenje temperature ulja reduktora	AI Pt-100	SRO-NN
39	Mjerenje temperature ležaja-1 M1	AI Pt-100	SRO-NN
40	Mjerenje temperature ležaja-1 M2	AI Pt-100	SRO-NN
41	Mjerenje temperature ležaja-2 M1	AI Pt-100	SRO-NN
42	Mjerenje temperature ležaja-2 M2	AI Pt-100	SRO-NN
43	Mjerenje temperature ormara	AI Pt-100	SRO-NN
44	Visoka temperatura namotaja M1-alarm	AI PTC	SRO-NN
45	Visoka temperatura namotaja M2-alarm	AI PTC	SRO-NN
46	Visoka temperatura namotaja M1-isključenje	AI PTC	SRO-NN
47	Visoka temperatura namotaja M2-isključenje	DQ	SRO-NN
48	Uključenje uljne pumpe reduktora	DQ	SRO-NN
49	Uključenje grijača reduktora	DQ	SRO-NN

PRILOG 3. JEDNOPOLNA ŠEMA

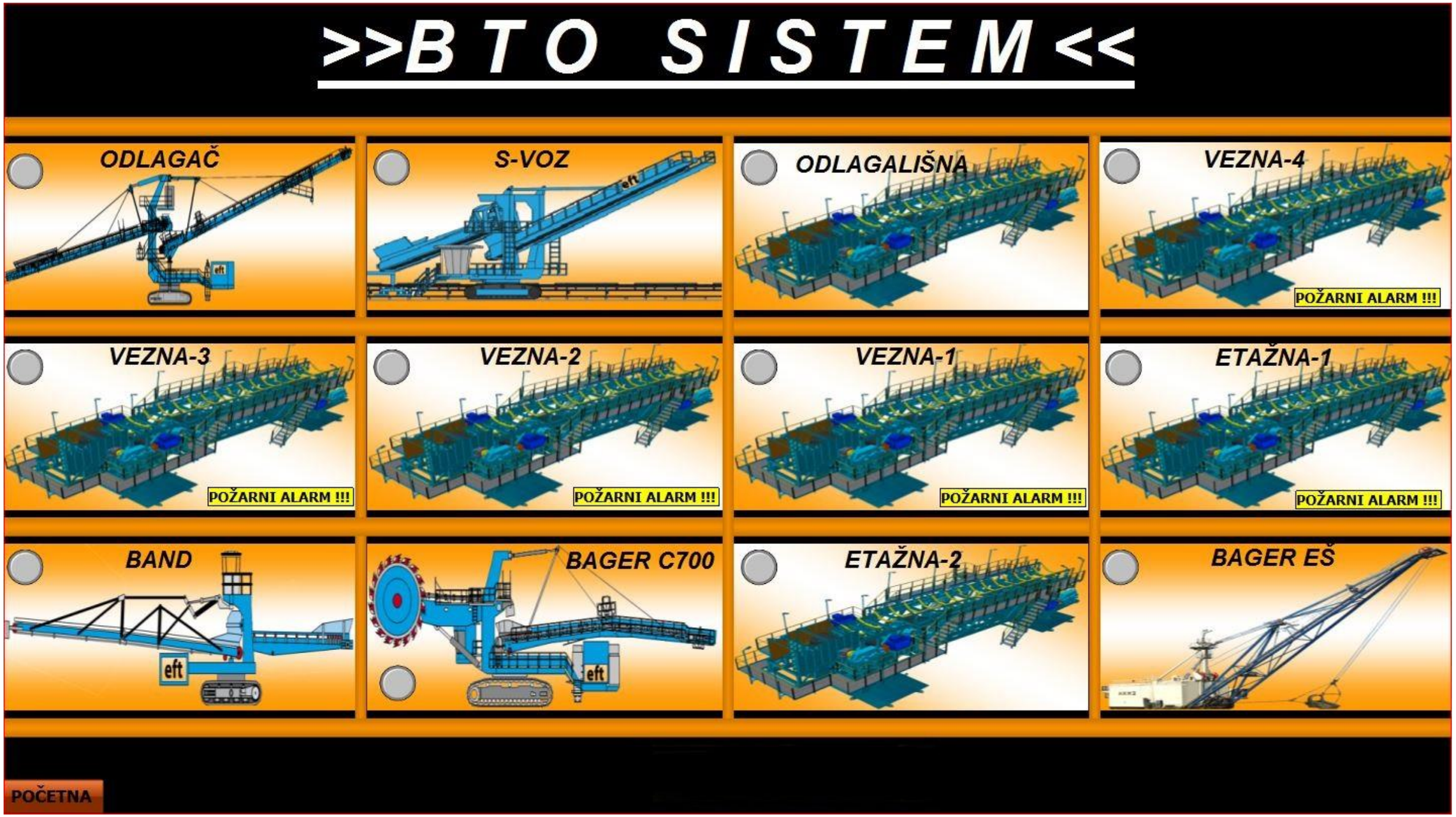
prilozi iz dokumenta V3\ostali prilozi\PRILOG 3 JEDNOPOLNA SHEMA.pdf

LIST-1

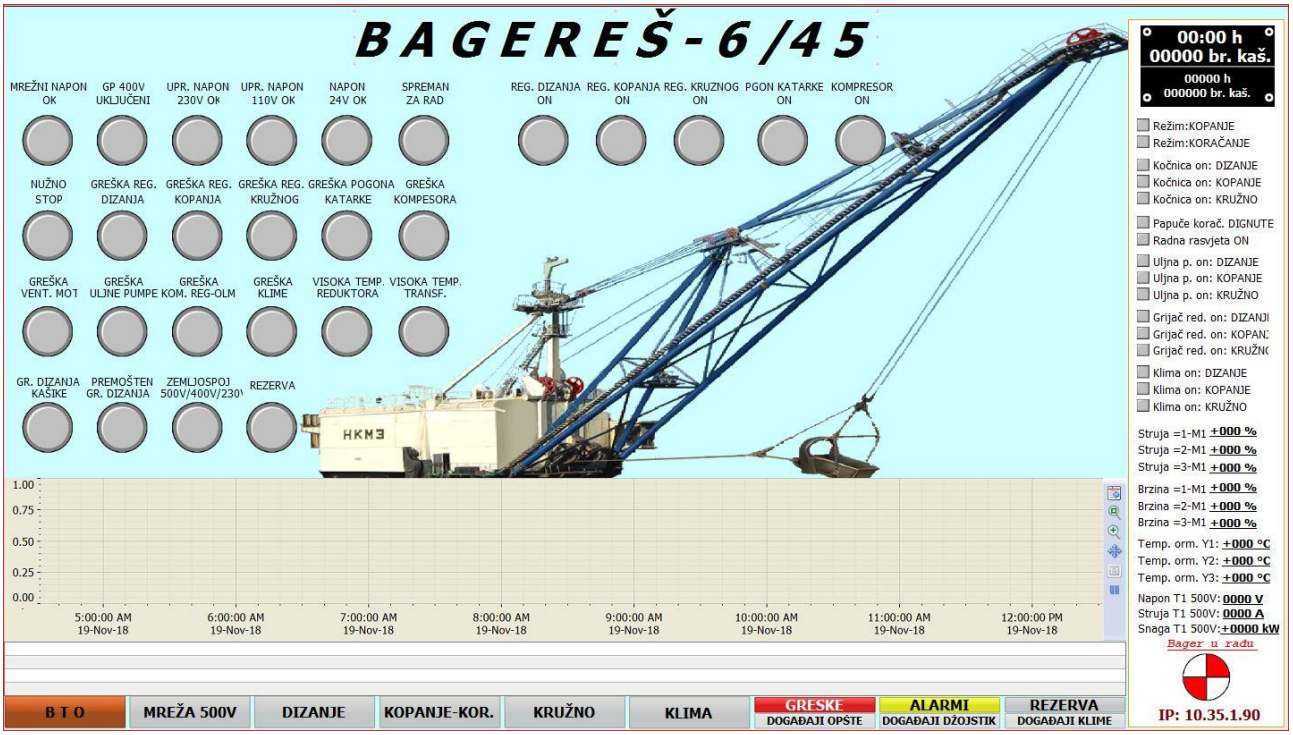
LIST-2

LIST-3

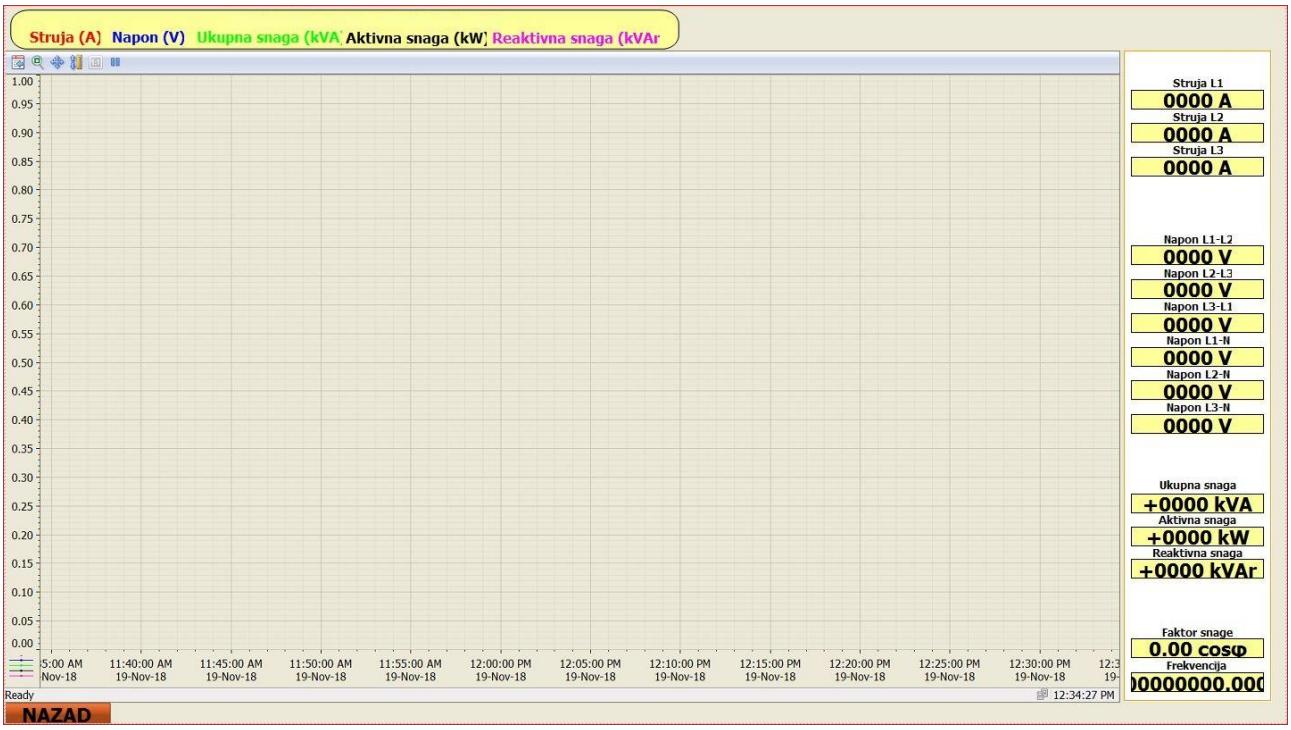
PRILOG 4.1. POČETNI PROZOR SCADA SUSTAVA


>>B T O S I S T E M<<
ODLAGAČ
S-VOZ
ODLAGALIŠNA
VEZNA-4
POŽARNI ALARM !!!
VEZNA-3
POŽARNI ALARM !!!
VEZNA-2
POŽARNI ALARM !!!
VEZNA-1
POŽARNI ALARM !!!
ETAŽNA-1
POŽARNI ALARM !!!
BAND
eft
BAGER C700
eft
ETAŽNA-2
BAGER EŠ
POČETNA

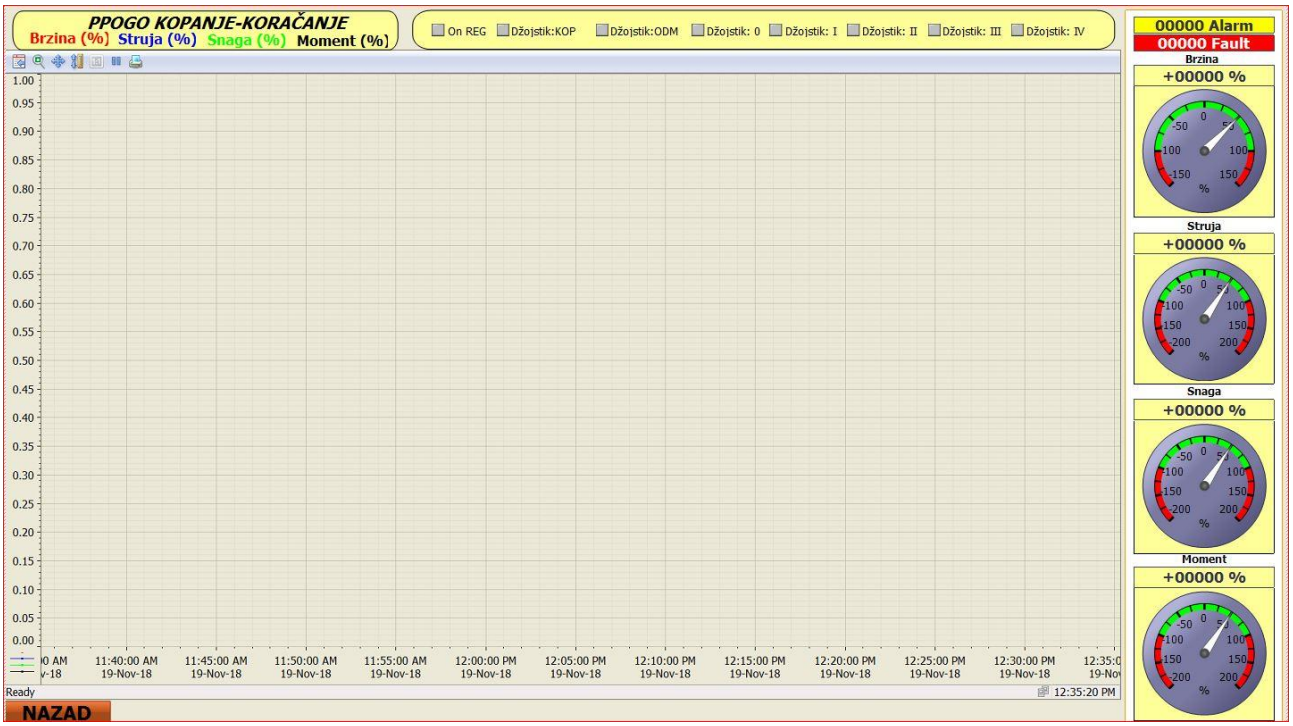
PRILOG 4.2. POČETNI HMI PROZOR RUKOVAOCA BAGERA


BAGEREŠ-6/45
MREŽNI NAPON OK
GP 400V UKLJUČENI
UPR. NAPON 230V OK
UPR. NAPON 110V OK
NAPON 24V OK
SPREMAN ZA RAD
REG. DIZANJA ON
REG. KOPANJA ON
REG. KRUZNOG ON
PGON KATARKE ON
KOMPRESOR ON
NUŽNO STOP
GREŠKA REG. DIZANJA
GREŠKA REG. KOPANJA
GREŠKA REG. KRUŽNOG
GREŠKA POGONA KATARKE
GREŠKA KOMPESORA
GREŠKA VENT. MOT
GREŠKA ULJNE PUMPE
GREŠKA KOM. REG-OLM
GREŠKA KLIME
VISOKA TEMP. REDUKTORA
VISOKA TEMP. TRANSF.
GR. DIZANJA KAŠIKE
PREMOŠTEN GR. DIZANJA
ZEMLJOSPOJ 500V/400V/230V
REZERVA
HKM3
00:00 h
00000 br. kaš.
00000 h
000000 br. kaš.
Režim:KOPANJE
Režim:KORAČANJE
Kočnica on: DIZANJE
Kočnica on: KOPANJE
Kočnica on: KRUŽNO
Papuče korač. DIGNUTE
Radna rasvjeta ON
Uljna p. on: DIZANJE
Uljna p. on: KOPANJE
Uljna p. on: KRUŽNO
Grijač red. on: DIZANJI
Grijač red. on: KOPANJ
Grijač red. on: KRUŽNO
Klima on: DIZANJE
Klima on: KOPANJE
Klima on: KRUŽNO
Struja =1-M1 +000 %
Struja =2-M1 +000 %
Struja =3-M1 +000 %
Brzina =1-M1 +000 %
Brzina =2-M1 +000 %
Brzina =3-M1 +000 %
Temp. orm. Y1: +000 °C
Temp. orm. Y2: +000 °C
Temp. orm. Y3: +000 °C
Napon T1 500V: 0000 V
Struja T1 500V: 0000 A
Snaga T1 500V: +0000 kW
Bager u radu
1.00
0.75
0.50
0.25
0.00
5:00:00 AM 19-Nov-18
6:00:00 AM 19-Nov-18
7:00:00 AM 19-Nov-18
8:00:00 AM 19-Nov-18
9:00:00 AM 19-Nov-18
10:00:00 AM 19-Nov-18
11:00:00 AM 19-Nov-18
12:00:00 PM 19-Nov-18
B T O
MREŽA 500V
DIZANJE
KOPANJE-KOR.
KRUŽNO
KLIMA
GREŠKE
DOGAĐAJI OPŠTE
ALARMI
DOGAĐAJI DŽOJSTIK
REZERVA
DOGAĐAJI KLIME
IP: 10.35.1.90

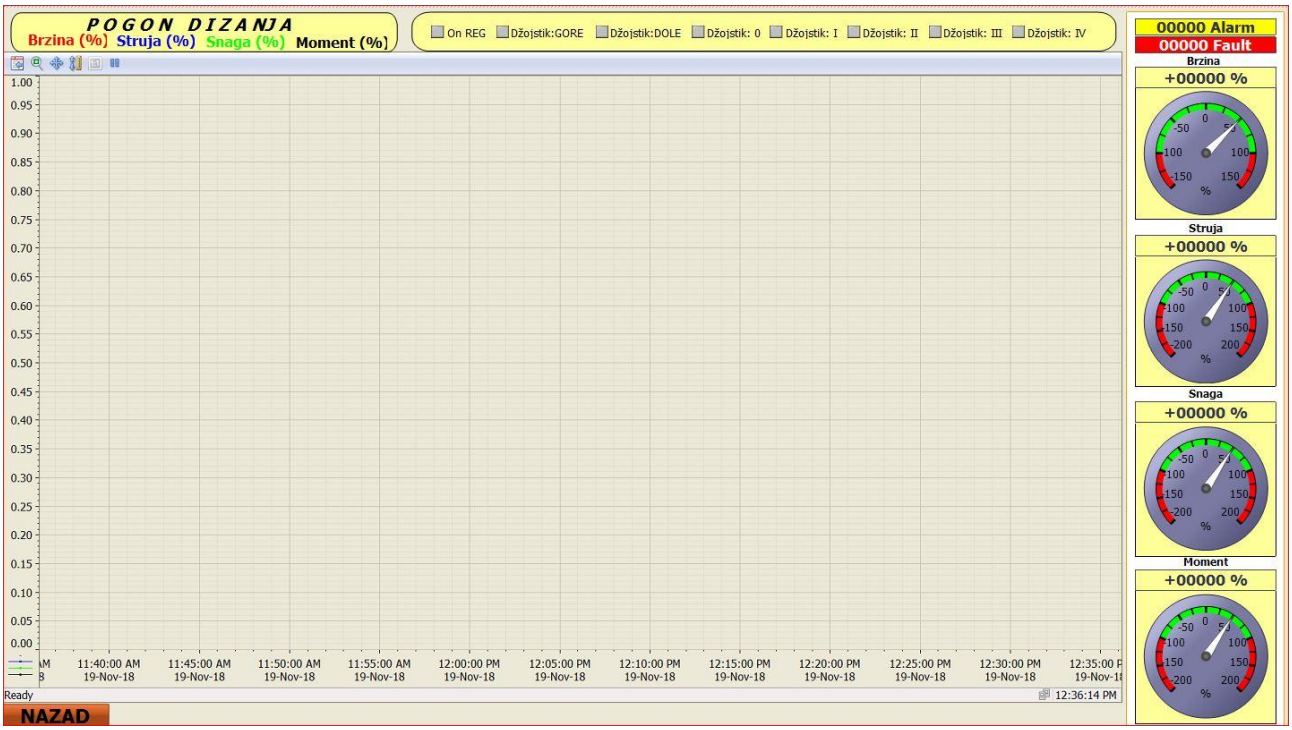
PRILOG 4.3. HMI MJERENJA 690V I OPĆI DIO


Struja (A) Napon (V) Ukupna snaga (kVA) Aktivna snaga (kW) Reaktivna snaga (kVAr
1.00
0.95
0.90
0.85
0.80
0.75
0.70
0.65
0.60
0.55
0.50
0.45
0.40
0.35
0.30
0.25
0.20
0.15
0.10
0.05
0.00
11:40:00 AM 19-Nov-18
11:45:00 AM 19-Nov-18
11:50:00 AM 19-Nov-18
11:55:00 AM 19-Nov-18
12:00:00 PM 19-Nov-18
12:05:00 PM 19-Nov-18
12:10:00 PM 19-Nov-18
12:15:00 PM 19-Nov-18
12:20:00 PM 19-Nov-18
12:25:00 PM 19-Nov-18
12:30:00 PM 19-Nov-18
Ready
12:34:27 PM
NAZAD
Struja L1
0000 A
Struja L2
0000 A
Struja L3
0000 A
Napon L1-L2
0000 V
Napon L2-L3
0000 V
Napon L3-L1
0000 V
Napon L1-N
0000 V
Napon L2-N
0000 V
Napon L3-N
0000 V
Ukupna snaga
+0000 kVA
Aktivna snaga
+0000 kW
Reaktivna snaga
+0000 kVAr
Faktor snage
0.00 cosΦ
Frekvencija

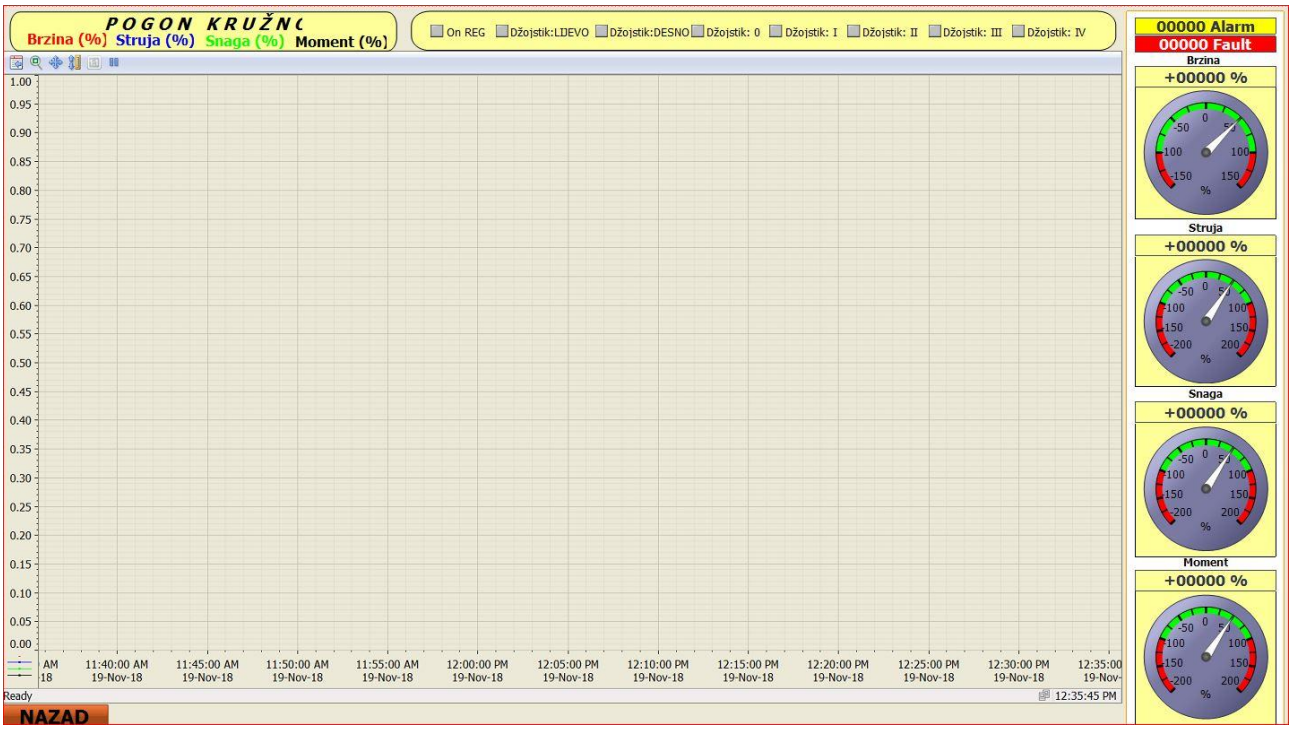
PRILOG 4.4. POGON KOPANJA KORAČANJA


PPOGO KOPANJE-KORAČANJE
Brzina (%) Struja (%) Snaga (%) Moment (%)
On REG
Džojstik:KOP
Džojstik:ODM
Džojstik: 0
Džojstik: I
Džojstik: II
Džojstik: III
Džojstik: IV
00000 Alarm
00000 Fault
Brzina
+00000 %
Struja
+00000 %
Snaga
+00000 %
Moment
+00000 %
Ready
12:35:20 PM
NAZAD

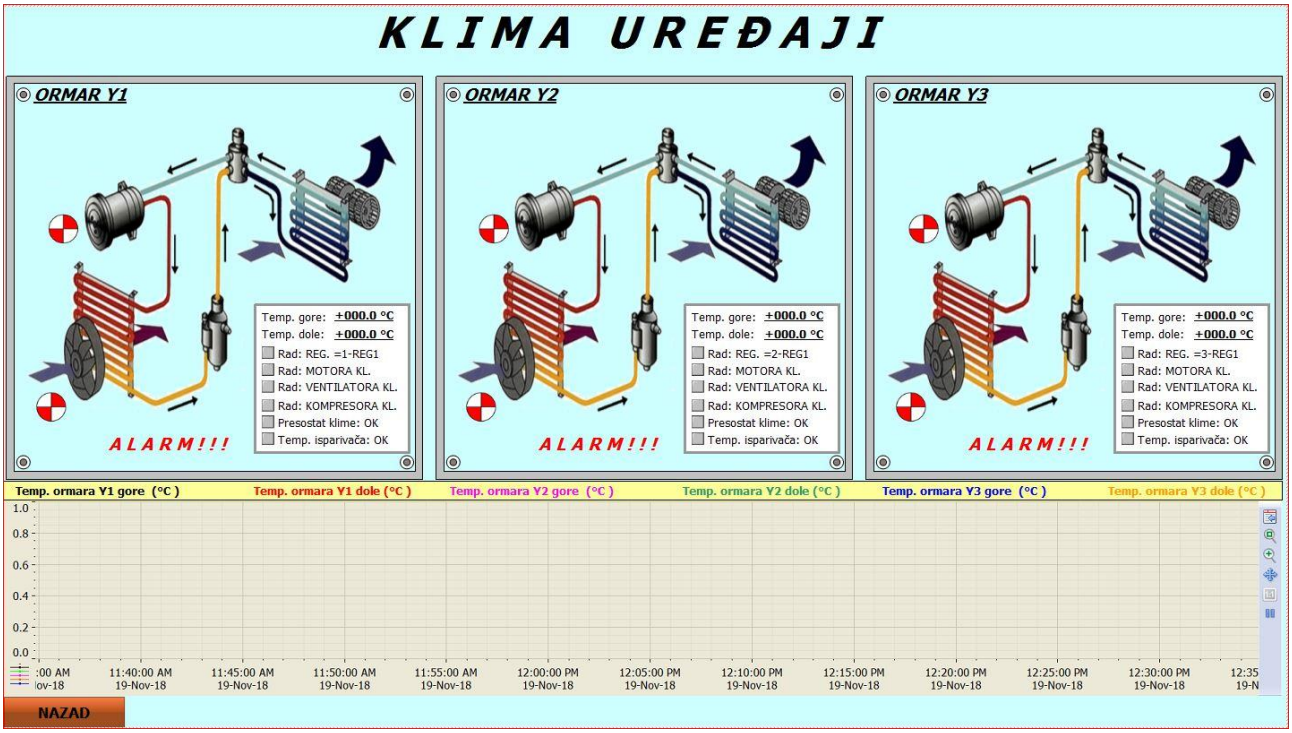
PRILOG 4.5. POGON DIZANJA


POGON DIZANJA
Brzina (%) Struja (%) Snaga (%) Moment (%)
On REG
Džojstik:GORE
Džojstik:DOLE
Džojstik: 0
Džojstik: I
Džojstik: II
Džojstik: III
Džojstik: IV
00000 Alarm
00000 Fault
Brzina
+00000 %
Struja
+00000 %
Snaga
+00000 %
Moment
+00000 %
Ready
12:36:14 PM
NAZAD

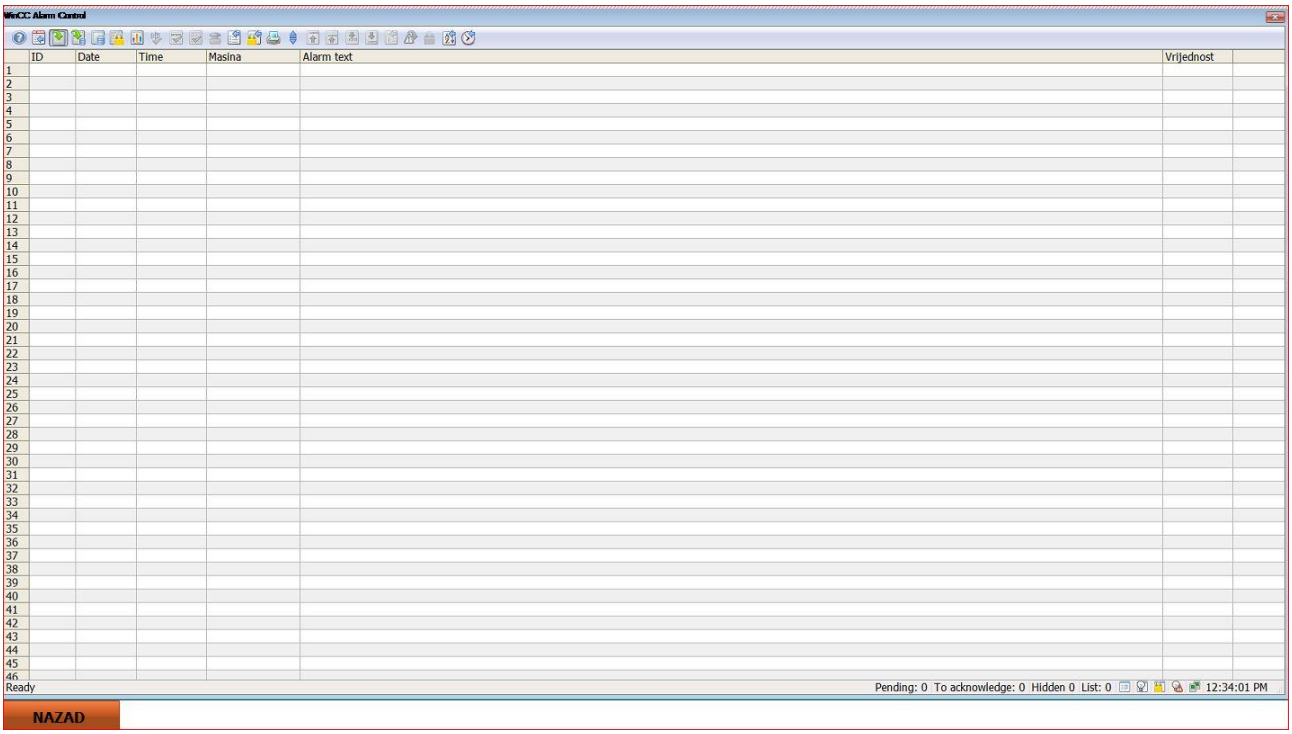
PRILOG 4.6. POGON KRUŽNOG KRETANJA


POGON KRUŽNI
Brzina (%) Struja (%) Snaga (%) Moment (%)
On REG
Džojstik:LIJEVO
Džojstik:DESNO
Džojstik: 0
Džojstik: I
Džojstik: II
Džojstik: III
Džojstik: IV
00000 Alarm
00000 Fault
Brzina
+00000 %
Struja
+00000 %
Snaga
+00000 %
Moment
+00000 %
Ready
12:35:45 PM
NAZAD

PRILOG 4.7. KLIMATIZACIJA ORMARA


KLIMA UREĐAJI
ORMAR Y1
Temp. gore: +000.0 °C
Temp. dole: +000.0 °C
Rad: REG. =1-REG1
Rad: MOTORA KL.
Rad: VENTILATORA KL.
Rad: KOMPRESORA KL.
Presostat klime: OK
Temp. isparivača: OK
ALARM!!!
ORMAR Y2
Temp. gore: +000.0 °C
Temp. dole: +000.0 °C
Rad: REG. =2-REG1
Rad: MOTORA KL.
Rad: VENTILATORA KL.
Rad: KOMPRESORA KL.
Presostat klime: OK
Temp. isparivača: OK
ALARM!!!
ORMAR Y3
Temp. gore: +000.0 °C
Temp. dole: +000.0 °C
Rad: REG. =3-REG1
Rad: MOTORA KL.
Rad: VENTILATORA KL.
Rad: KOMPRESORA KL.
Presostat klime: OK
Temp. isparivača: OK
ALARM!!!
Temp. ormara Y1 gore (°C)
Temp. ormara Y1 dole (°C)
Temp. ormara Y2 gore (°C)
Temp. ormara Y2 dole (°C)
Temp. ormara Y3 gore (°C)
Temp. ormara Y3 dole (°C)
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
11:40:00 AM 19-Nov-18
11:45:00 AM 19-Nov-18
11:50:00 AM 19-Nov-18
11:55:00 AM 19-Nov-18
12:00:00 PM 19-Nov-18
12:05:00 PM 19-Nov-18
12:10:00 PM 19-Nov-18
12:15:00 PM 19-Nov-18
12:20:00 PM 19-Nov-18
12:25:00 PM 19-Nov-18
12:30:00 PM 19-Nov-18
NAZAD

PRILOG 4.8. HMI ALARMI


WinCC Alarm Control
ID
Date
Time
Masina
Alarm text
Vrijednost
Ready
Pending: 0 To acknowledge: 0 Hidden 0 List: 0
12:34:01 PM
NAZAD

PRILOG 5.1. LOGIČKI DIJAGRAMI OPĆEG DIJELA I 6 kV RAZVODA

prilozi iz dokumenta V3\ostali prilozi\Prilog 5.1 Dijagram toka OPCI DIO I 6 kV.pdf

PRILOG 5.2. LOGIČKI DIJAGRAMI POGONA KRUŽNOG KRETANJA

prilozi iz dokumenta V3\ostali prilozi\Prilog 5.2 Dijagram toka pogon KRUZNO KRETANJE.pdf

PRILOG 5.3. LOGIČKI DIJAGRAMI POGONA DIZANJA

prilozi iz dokumenta V3\ostali prilozi\Prilog 5.3 Dijagram toka pogon DIZANJE.pdf

PRILOG 5.4. LOGIČKI DIJAGRAMI POGONA KOPANJA/KORAČANJA

prilozi iz dokumenta V2\Prilog 5.4 Dijagram toka pogon KOPANJE KORACANJE.pdf

PRILOG 5.5. LOGIČKI DIJAGRAMI POGONA KATARKE

prilozi iz dokumenta V3\ostali prilozi\Prilog 5.5 Dijagram toka pogon KATARKE.pdf

PRILOG 6. SPECIFIKACIJA PLC-A I PRATEĆE OPREME

LIST 1

prilozi iz dokumenta V3\ostali prilozi\PRILOG 6 PLC Specifikacija za ES6_45.pdf

LIST 2

PRILOG 7. FUNKC. BLOK PLC PROGRAMA POGONA KOPANJA KORAČANJA

prilozi iz dokumenta V3\ostali prilozi\PRILOG 7_FB_Pogon Kopanje-Koracanje_PLC.pdf

PRILOG 8. UPRAVLJAČKA PALICA POGONA KOPANJE KORAČANJE

prilozi iz dokumenta V3\ostali prilozi\PRILOG 8 Upravljačka palica kopanje koracanje.pdf

PRILOG 9. UPRAVLJAČKA PALICA POGONA KRUŽNO K. DIZANJE

prilozi iz dokumenta V3\ostali prilozi\PRILOG 9 Upravljačka palica KK i dizanje.pdf

PRILOG 10.1 DCM_2000A_DIZANJE_KOPANJE_KORAČANJE

prilozi iz dokumenta V3\PRILOG 10 DCM TEHNIČKE specifikacije\PRILOG 10.1 DCM_2000A_DIZANJE_KOPANJ_KORACANJE.XLSX

PRILOG 10.2 DCM_800A_KRUŽNO KRETANJE

prilozi iz dokumenta V3\PRILOG 10 DCM TEHNIČKE specifikacije\PRILOG 10.2 DCM_800A_KRUZNO KRETANJE.XLSX