Blokada sklopnih aparata u elektroenergetskom postrojenju

Pitinac, Leonardo

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

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:200:684198

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-21**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

Sveučilišni studij

BLOKADA SKLOPNIH APARATA U ELEKTROENERGETSKOM POSTROJENJU

Završni rad

Leonardo Pitinac

Osijek, 2023.

FERIT
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

Obrazac Z1P - Obrazac za ocjenu završnog rada na preddiplomskom sveučilišnom studiju

Osijek, 25.08.2023.

Odboru za završne i diplomske ispite

Prijedlog ocjene završnog rada na preddiplomskom sveučilišnom studiju

Ime i prezime Pristupnika:	Leonardo Pitinac
Studij, smjer:	Sveučilišni prijediplomski studij Elektrotehnika i informacijska tehnologija
Mat. br. Pristupnika, godina upisa:	4775, 23.09.2019.
OIB Pristupnika:	06233177482
Mentor:	izv. prof. dr. sc. Goran Knežević
Sumentor:	Doc.dr.sc. Ivica Petrović
Sumentor iz tvrtke:	
Naslov završnog rada:	Blokada sklopnih aparata u elektroenergetskom postrojenju
Znanstvena grana rada:	**Elektroenergetika (zn. polje elektrotehnika)**
Zadatak završnog rad:	U završnom radu potrebno je opisati svojstva blokade aparata u elektroenergetskom postrojenju. Nadalje, potrebno je navesti primjere blokada i uvjetovanih radnji u elektroenergetskom postrojenju. Također, na primjeru trafostanice potrebno je odabrati potrebne blokade i uvjetovane radnje pojedinih aparata.
Prijedlog ocjene završnog rada:	Izvrstan (5)
Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 3 bod/boda Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 3 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 3 bod/boda Razina samostalnosti: 3 razina
Datum prijedloga ocjene od strane mentora:	25.08.2023.
Datum potvrde ocjene od strane Odbora:	08.09.2023.

Potvrda mentora o predaji konačne verzije rada:	*Mentor elektronički potpisao predaju konačne verzije.*
	Datum:

FERIT
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA

Osijek, 08.09.2023.

Ime i prezime studenta:	Leonardo Pitinac
Studij:	Sveučilišni prijediplomski studij Elektrotehnika i informacijska tehnologija
Mat. br. studenta, godina upisa:	4775, 23.09.2019.
Turnitin podudaranje [%]:	2

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom**: Blokada sklopnih aparata u elektroenergetskom postrojenju**

izrađen pod vodstvom mentora izv. prof. dr. sc. Goran Knežević

i sumentora Doc.dr.sc. Ivica Petrović

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija.
Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

SADRŽAJ

1. UVOD 1

1.1. Zadatak završnog rada 1

2. PREGLED LITERATURE 2

3. UPRAVLJANJE U ELEKTROENERGETSKOM POSTROJENJU 3

3.1. Mehanizmi upravljanja 3

3.2. Mjesta upravljanja 4

3.3. Komandni uređaji 5

4. BLOKADE SKLOPNIH APARATA 8

4.1. Koncepcija blokada 8

4.1.1. Operativno blokiranje 9

4.1.2. Blokade održavanja 9

4.2. Mehaničke blokade 10

4.2.1. Blokade ključevima 10

4.3. Električne blokade 11

5. PRIMJERI BLOKADA SKLOPNIH APARATA 13

5.1. Jednostruka sabirnica 13

5.2. Dvostruka sabirnica 14

5.3. Primjer blokada ključevima 15

5.4. Primjeri blokada TS Beli Manastir iz MC Osijek 16

6. PRIMJER IZ TRANSFORMATORSKE STANICE SL. BROD 2 19

6.1. Upravljanje i nadzor postrojenja 19

6.2. Blokade u postrojenju 20

6.3. Vodno polje 110 kV EVP ANDRIJEVCI 21

7. ZAKLJUČAK 27

LITERATURA 28

8. SAŽETAK 29

9. ABSTRACT 30

ŽIVOTOPIS **31**

PRILOZI **32**

1. UVOD

S rastućim zahtjevom za električnom energijom, pouzdanost opskrbe korisnika elektroenergetskog sustava je sve više potrebnija. Stalni porast zahtjevnijih kupaca električne energije poziva na sigurnost redovne isporuke, bez suvišnih prekida rada. Kvarovi u elektroenergetskim postrojenjima su gotovo neizbježni te je u cilju operatora taj kvar što prije ukloniti. Uz uređaje transformacije napona i ostalih sastavnica prijenosa, sklopni aparati su od velike važnosti u postrojenju za kontroliranje i preusmjeravanje energije. No, upravljanje opremom postrojenja uvodi dodatni potencijalni izvor neželjenog prekida isporuke korisniku te su zato implementirane sigurnosne mjere kojima je cilj to spriječiti. Otkad su izgrađena prva postrojenja, u njima su bile implementirane blokade pogrešnog upravljanja aparata. Blokade sklopnih aparata, kao sastavni dio vođenja postrojenja, nude rješenje za kompleksno povezanu strukturu uređaja postrojenja tako da sprječavaju neželjene upravljačke naloge. Njih je neophodno implementirati pri projektiranju postrojenja što je i određeno pravilnikom o tehničkim zahtjevima za elektroenergetska postrojenja nazivnih izmjeničnih napona iznad 1 kV. U ovom su završnom radu objašnjeni uređaji korišteni pri upravljanju aparata, opisane vrste blokada aparata i njihove implementacije u postrojenju i na primjerima polja prikazani različiti blokadni uvjeti upravljanja sklopnih aparata.

1.1. Zadatak završnog rada

U završnom radu potrebno je opisati svojstva blokade aparata u elektroenergetskom postrojenju. Nadalje, potrebno je navesti primjere blokada i uvjetovanih radnji u elektroenergetskom postrojenju. Također, na primjeru trafostanice potrebno je odabrati potrebne blokade i uvjetovane radnje pojedinih aparata.

2. PREGLED LITERATURE

U literaturi [1] autor objašnjava pomoćno napajanje rastavljača, gdje govori o blokiranju rastavljača, njihovoj izvedbi prema različitim principima. Autor iz članka časopisa [3] razmatra međusobno blokiranje sklopnih aparata u postrojenju i navodi da postoje dvije kategorije blokada, one za održavanje te blokade za operativne svrhe. U [4], autor knjige piše o različitim modelima upravljanja rastavljača te spominje tipove blokada rastavljača. Izvor [5] prikazuje različite sheme blokada aparata uz korištenje mehaničkih i električkih blokada. Literatura [6] opisuje blokade ključevima s primjerima blokada. Autori u [7] govore o korištenju inteligentnog sustava blokade rastavljača s digitalnom tehnologijom. Umjesto elektromagnetskih blokada, specijalna karakteristika sustava je korištenje senzora za sklapanje aparata koji su pouzdaniji, s manjom količinom kabela, za koji su istraživanjem autori zaključili kao nepouzdanim. Dokumentacija [9] daje uvid u strukturu postrojenja, što uključuje njegovo upravljanje i nadzor, opremu i tehnologiju korištenu u njemu te izvedbu blokada sklopnih aparata.

3. UPRAVLJANJE U ELEKTROENERGETSKOM POSTROJENJU

Upravljanje sklopnim aparatima u elektroenergetskim postrojenjima obuhvaća kontroliranje i davanje komandi promjene položaja različitih uređaja zaštite postrojenja. Komande i procedure se mijenjaju ovisno o vrsti sklopnog aparata, proizvođača aparata i namjene. Pravilnim upravljanjem sklopnih aparata zadani se dio postrojenja vraća u beznaponsko stanje ili stanje vođenja.

Prije upravljanja, potrebno je poznavati samu sklopnu opremu. To podrazumijeva znanje o rasporedu i funkcionalnosti aparata u postrojenju kao i raspoznavanje različitih aparata kao što su prekidači, rastavljači ili zaštitni releji. Uz poznavanje uređaja, neophodno je pratiti sigurnosne postupke kako bi se izbjegli neželjeni incidenti koji mogu, uz opremu, oštetiti tehničko osoblje. Operater opreme mora biti ovlašten i imati dozvole za upravljanje rasklopnog uređaja koje stječe obukom i dozvolom nadležnih.

Ovisno o uređaju, ovlaštena osoba daje naloge za promjenu sklopnog položaja aparata koji dalje ovise o specifičnim procedurama komandnom uređaja. Neki od naloga su:

- upravljanje prekidačima – nalog koji omogućuje otvaranje i zatvaranje prekidača koji uklapaju i isklapaju određeni dio sustava ili izoliraju kvar,
- upravljanje rastavljačima i njihovim uzemljenjem – vizualna mjera odvajanja dijela postrojenja od napona koja nudi sigurnost osoblju provedbe održavanja i servisa,
- postavljanje i promjene parametara sigurnosnih releja.

3.1. Mehanizmi upravljanja

Upravljanje može biti provedeno ručnim mehanizmom, elektrotehnički, uljnohidraulički i pneumatski [10]. Ručni mehanizam se uglavnom koristi kod sklapanja rastavljača i njihovih uzemljenja. To zahtijeva da osoblje ručno provede komandu putem mehanički povezanog sustava poluge i noževa rasklopnog uređaja. Elektrotehnički mehanizam koristi sekundarne strujne krugove ili pomoćno napajanje preko kojeg se šalju električni signali od mjesta komande do sklopnog aparata. Nalozi mogu biti poslani preko kontrolnih panela i uređaja ili zaštitnih uređaja poput releja koji prepoznaju poremećaj te djeluju na kontakte rasklopnog uređaja. Uljnohidraulički mehanizam se koristi kod visokonaponskih sklopnih aparata koristeći hidraulički pritisak na ulje koje rasklapa jakom snagom. Slično hidrauličkom mehanizmu, pneumatski mehanizam pumpa komprimirani zrak ili plin cijevima [1]. Koristi se za sklopke srednjeg napona do 15 kV i u postrojenjima gdje već postoje uređaji za komprimirani zrak potreban za pokretanje prekidača [2].

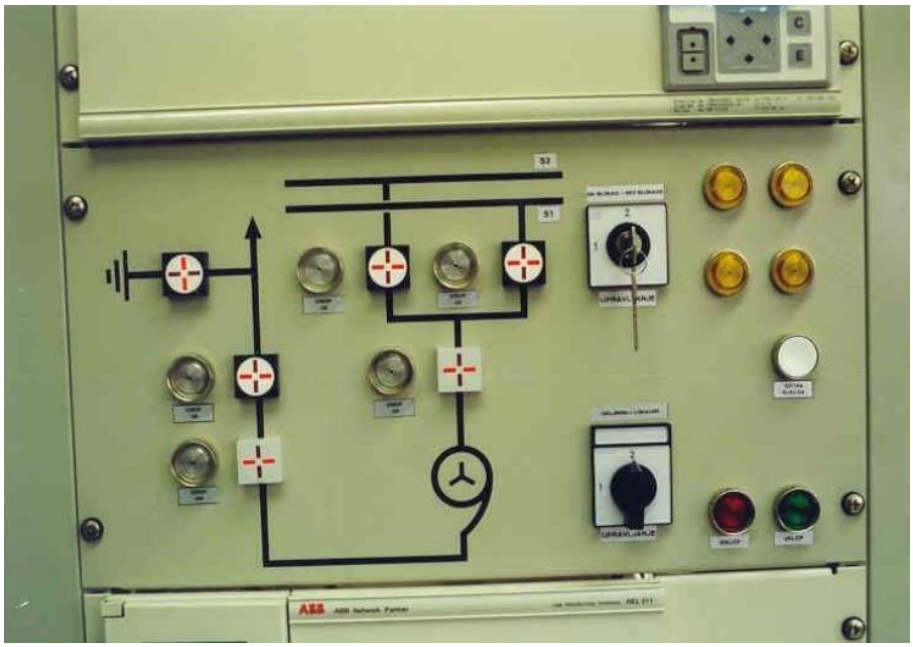
3.2. Mjesta upravljanja

Ovisno o mjestu provedbe naloga, on može biti [10]:

- ručni nalog,
- lokalni nalog,
- daljinski nalog.

Ručni nalog osoblje provodi u bliskom kontaktu sa sklopnim aparatom te su većinom izvršeni pomoću fizičke interakcije s ručkama, polugama i gumbovima. Najčešće su korišteni s manjim naponima pogona do 35 kV i s uzemljenjem napona do 110 kV. [2]

Lokalno upravljanje je davanje naloga iz neposredne blizine aparata kojim se upravlja u elektroenergetskom postrojenju. Za takvo upravljanje uglavnom se koriste kontrolni uređaji poput komandnih ploča, smještenih u posebnim komandnim prostorijama. One su povezane ili preko pomoćnog napajanja ili preko komunikacijske veze i sučelja. Lokalno upravljanje daje osoblju mogućnost centraliziranog upravljanja postrojenja. [1]



Sl. 3.1. Lokalno upravljanje s polja [10]

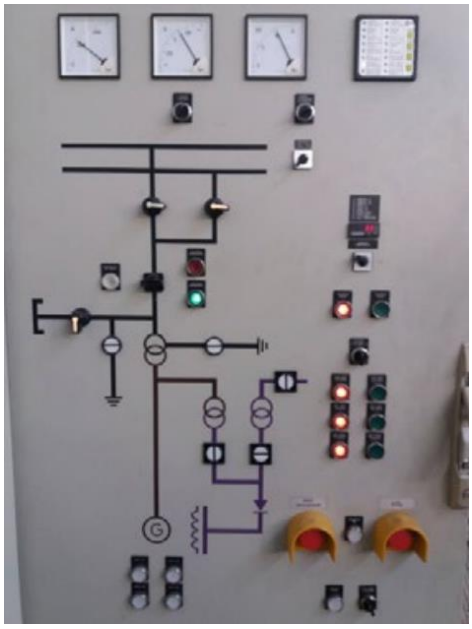
Daljinsko upravljanje aparata omogućava provedbu naloga iz lokacije koja nije unutar postrojenja. Iz komandnih soba ili dispečerskih centara davanje naloga prolazi preko sustava za nadzor, kontrolu i prikupljanje podataka (engl. *Supervisory Control and Data Acquistion* – SCADA). [2]

Potrebno je osigurati da su rješenja omogućena za upravljanje s jednog od dostupnih mjesta, pri čemu bi izbor tog mjesta trebao biti uvijek na nižoj razini. Također, s te razine upravljanja treba postojati mogućnost omogućavanja ili onemogućavanja upravljanja na višoj razini.

3.3. Komandni uređaji

Upravljanje rasklopnim uređajima se obavlja preko kontrolnog uređaja koji se razlikuje od postrojenja do postrojenja i može biti u obliku komandnih ploča, komandnih ormara i komandnih stolova. Na kontrolnim pločama se nalaze razni mjerni instrumenti, uređaji za upravljanje i uređaji za signalizaciju. Također se nalazi i slijepa shema koja pregledno prikazuje sve oznake položaja aparata te svjetlosnu signalizaciju onoga što je pod naponom.

Važno je pratiti sve promjene koje nastaju provedbom naloga za upravljanje koje daje sustav sklopnih uređaja. Neke od promjena ili povratnih informacija su indikatori na kontrolnom panelu uređaja u obliku promjene svjetla, zvukovnih signala ili poruke prikazane na sučelju. Ovisno o pobudi signalizacije, ona može imati svrhu opće obavijesti provedene komande ili alarma. Radi preglednosti svjetlosne signalizacije, ploča uglavnom ima dvije žarulje, gdje jedna žarulja pokazuje na uključen aparat, uglavnom crvenom bojom, dok druga označava isključen aparat sa zelenom bojom. Dvije žarulje se primjenjuju odvojeno zbog sigurnosnih razloga, jer u slučaju pregaranja jedne, moglo bi doći do krivog zaključka iz nesigurnosti o tome je li ona isključena ili je zapravo pregorjela [1].

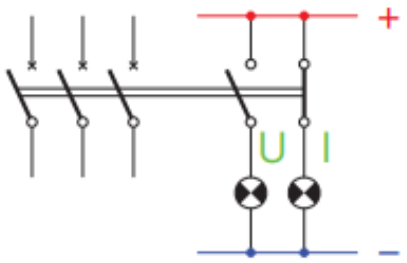


Sl. 3.2. Komandna ploča u postrojenju srednjeg napona [2]

Neki od načina povratnog javljanja provedenih naloga [2]:

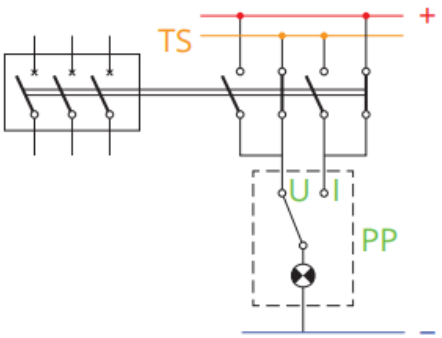
- pomoću dvije žarulje,
- pomoću potvrdnog prekidača i treperavog svjetla,
- pomoću pokazivača položaja.

Kod slučaja s dvije žarulje, jedna žarulja pokazuje da je aparat uključen dok druga pokazuje da je isključen. Ako se pojavi situacija gdje su obje žarulje isključene, to označava pregaranje jedne od njih.[2]



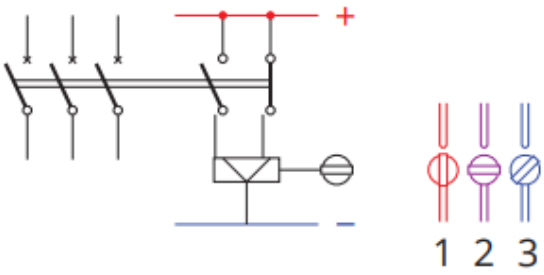
Sl. 3.3. Povratno javljanje sa dvije žarulje [2]

Povratno javljanje s potvrdnim prekidačem i treperavim svjetlom pomaže kada se položaji aparata i potvrdnog prekidača ne slažu tako što svjetlo treperi, dok u normalnom radu stalno svijetli.[2]



Sl. 3.4. Komandno potvrdna sklopka [2]

Pokazivač položaja se sastoji od dva elektromagneta i okrugle metalne pločice s obojenom linijom, koji se postavljaju u isto kućište. Ako je sklopka uključena, obojena linija na pločici stoji u okomitom položaju, a kada je isključena u horizontalnom. Ukoliko je pokazivač položaja neispravan ili nestane napona u strujnom krugu elektromagneta, linija stoji u međupoložaju pod kutom od 45° s horizontalom. [1]



Sl. 3.5. Pokazivač položaja [2]

Osoba koja upravlja uređajima mora pratiti sve rezultate upravljanja te adekvatno reagirati kako bi se izbjegle komplikacije. Nakon završetka upravljanja sustavom uređaja, osoblje treba sve dokumentirati i sastaviti izvješće o provedenim komandama upravljanja i njihovim ishodima. U dokumentaciji su označene radnje sa svim vremenskim zapisima događaja te se to najčešće zapisuje u računalnom programu. Ona je važna za održavanje, rješavanje budućih problema i za svrhu ispunjavanja propisa elektroenergetskog postrojenja i normi. [2]

4. BLOKADE SKLOPNIH APARATA

Blokade u elektroenergetskom postrojenju predstavljaju sigurnosne mjere koje se provode kako bi blokirale naloge upravljanja sklopnih aparata, sprečavajući time netočne i nesigurne operacije. Svrha blokada je osiguravanje izvršenja određenih naloga u pravilnom redoslijedu, tako da se pojedine radnje ne mogu izvršiti prije nego što su druge radnje ispunjene ili dok se ne ispune određeni uvjeti. Štoviše, ako jedan uvjet blokade bude netočan, cijela operacija naloga se zaustavlja. Primjena blokada prevenira opasne uvjete koji mogu nastati, što u konačnici spašava uređaje postrojenja te tehničko osoblje.

Najtipičniji primjer je blokada naloga za otvaranje rastavljača kojim teče struja [1]. Rastavljači su predviđeni za vidljivo odvajanje prekidača, dijela sabirnice ili drugih uređaja postrojenja od ostalih vodljivih dijelova pod naponom za moguć siguran rad nad njima ili ostalim dijelovima postrojenja. Uz rastavljače, česte su međusobne blokade naloga upravljanja prekidača, noževa za uzemljenje i pristupnih vrata ograđenih prostora postrojenja koja su pod naponom.

Kao mjera zaštite od pogrešnih sekvenca manevara osoblja, mehaničke i električne blokade uključene su u mehanizme i sekundarne upravljačke krugove elektroenergetskih postrojenja.

4.1. Koncepcija blokada

U ranijim danima elektroenergetike, postojala je velika sklonost da osoblje elektroenergetskog postrojenja upravlja rasklopnim uređajima kao i korištenje najjednostavnijih sredstava blokade poput lokota i ključa [3]. Bila je to vrlo nesigurna konfiguracija, ali je dolazila s vrlo malim troškovima projektiranja i opremanja postrojenja. Zahtijevala je veliki oprez operatera uz sveobuhvatnost postrojenja bez prevelike kompliciranosti upravljanja. Tehnologija se ipak morala razviti prema pouzdanijem sustavu gdje je sigurnost operatera na prvom mjestu. Postrojenja su okruženja vrlo visokih napona i struja što zahtijeva pažljivo pridržavanje sigurnosnih protokola. Uz veliku važnost zdravlja osoblja, blokade pridonose održavanju pouzdane energetske infrastrukture. Elektroenergetska postrojenja poput trafostanica su kritična mjesta u elektroenergetskoj mreži, odgovorna za prijenos i distribuciju električne energije do krajnjih korisnika. Pravilno provođenje unaprijed definiranih procedura osigurava nesmetan rad postrojenja, smanjujući rizik od nestanka struje, oštećenja opreme ili grešaka u radu. Osiguravanje veće efikasnosti i optimalnih performansi ovisi o tehnikama upravljanja sklopnih aparata, omogućavajući brže i preciznije reakcije postrojenja na promjenjivo stanje u mreži, produljujući vijek trajanja rasklopnih uređaja. Eliminiranjem nepotrebnih ili suvišnih operacija, blokade

povećavaju ukupnu učinkovitost te minimiziraju vrijeme poremećaja i korištenja uređaja. Kako se energetska industrija razvijala, sustavi blokada su obuhvatili inovativna rješenja poput programibilnih logičkih kontrolera (engl. *Programmable logic controller* - PLC) i naprednih komunikacijskih sustava koji se koriste za poboljšanje mogućnosti automatizacije, fleksibilnosti i pouzdanosti blokada sistema.

Međublokade se generalno, prema primarnoj funkciji, mogu grupirati u dvije skupine [3]:

- operativno blokiranje,
- blokade održavanja.

4.1.1. Operativno blokiranje

Operativno blokiranje je primarno fokusirano na sigurnu provedbu naloga za promjenu sklopnih aparata tokom normalnog i uobičajenog rada postrojenja. Implementirano je u sustav tako da spriječi slučajne krive naloge i da prati određene procedure. Uspostavljenja logika sklapanja aparata blokira pogrešno upravljanje prekidačima i rastavljačima. Ova funkcija je većinom povezana s rastavljačima koji sklapaju među sabirnicama te osigurava koordinaciju i pravilnu podjelu opterećenja. Upravljanje opterećenjem optimizira korištenje resursa i sprječava preopterećenje pomoću uvođenja procesa rasterećenja, prijenosa opterećenja te prioritetnog upravljanja opterećenjem s održavanjem stabilnost sustava. Ovaj tip blokiranja se općenito koristi u postrojenjima otvorenog tipa uz električne naloge za blokade što uvodi mogućnost upravljanja iz centralnog komandnog mjesta koje posjeduje uređaje alarmiranja i indikatora položaja.

4.1.2. Blokade održavanja

Za razliku od operativnog blokiranja koje se provodi električnim putem, blokade održavanja se koriste uz mehaničke blokade. Ove blokade se ostvaruju kombiniranjem ključeva, lokota, vijaka i poluga na sklopnim aparatima. Glavna funkcija ovog tipa blokade je usmjerena prema radnjama poput održavanja, popravaka ili testiranja ispravnosti uređaja tako što osigurava izoliranost sklopovlja i beznaponsko stanje aparata, prije nego operater krene u aktivnosti održavanja. Često se provjerava izoliranost i izvršeni nalog uzemljenja. Također se brine o sprječavanju ulaska osoblja u područje pod naponom. Uz navedene načine blokiranja, postrojenje može sadržavati indikatore provedbe održavanja uz odgovarajuće oznake signalizacije rada kako bi se pravovremeno obavijestilo nesvjesno osoblje o trenutnoj situaciji. Sustavi blokada održavanja mogu biti koordinirani s operativnim blokiranjem da osiguraju prijelaz između načina rada i održavanja, onemogućavajući smetnje nad tekućim radovima i ugrožavanja zdravlja operatera [3].

4.2. Mehaničke blokade

Mehaničke blokade nastupaju tijekom bliskog izvršavanja naloga upravljanja gdje osoblje fizičkim kontaktom mijenja položaj ili status sklopnog aparata. Najčešće se blokade izvršavaju pomoću ključeva i poluge te su ograničene na jedno polje zbog velike kompliciranosti opširnije zahvaćenih područja. Blokada između rastavljača i uzemljenja može koristiti oba primjera. Mehanička ručka koja se okreće oko osovine za otvaranje i zatvaranje svojeg rastavljača može biti blokirana u ovisnosti položaja noževa rastavljačevog uzemljenja. Ako je rastavljač uzemljen, njemu je fizički blokirana ručka za puštanje u pogon. U obrnutom slučaju, gdje rastavljačem teče struja, noževi za uzemljenje su blokirani da se ne mogu sklopiti.

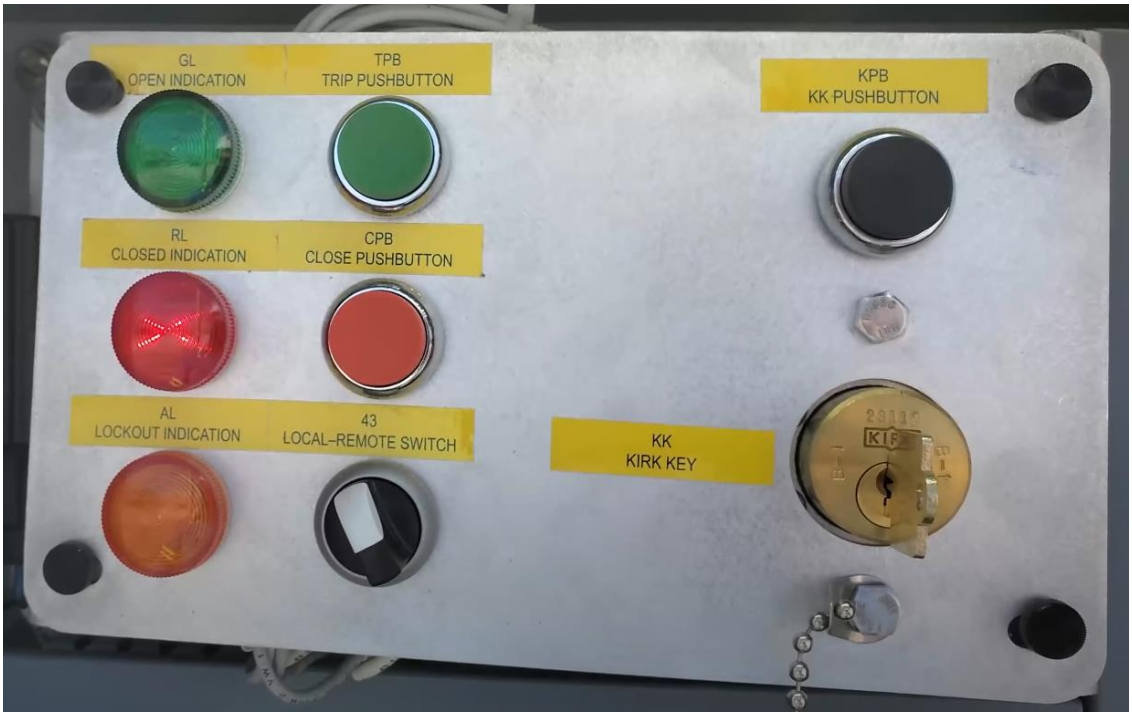
Sl. 4.1. Mehanički blokirane ručke uzemljenja [8]

4.2.1. Blokade ključevima

Blokiranje ključevima služi za praćenje procedura sklapanja kako ne bi došlo do pogrešnog naloga. Ključevi se često koriste u kombinaciji s ostalim vrstama mehaničkih i električkih blokada i samo ga ovlaštene osobe posjeduju. Oni eliminiraju ograničenja ostalih tipova blokada jer pružaju ljudski faktor u sklapanju i osiguravaju fizički dokaz o statusu sklopnog aparata.

Iako vrlo efektivni u svojem cilju, blokade poput oznaka ili običnih lokota mogu se lako zaboraviti ili namjerno zaobići. Izostanak lokota na sklopnom aparata, nestala signalizacijska oznaka ili prerano uklonjena zaštita, prije nego što je uređaj osposobljen za uključivanje na opterećenje,

može dovesti do nezgode. S blokadom ključa takav se slučaj teško dogodi jer je ključ za navedene pothvate nedostupan sve dok na njih nije došao red. Uz navedene kombinacije s ključem, postoje i vremenske blokade pristupa ključu, gdje se do njega ne može doći sve dok se ne ispune određeni uvjeti u nekom vremenskom periodu. Ako se primjerice visokonaponska kondenzatorska baterija isključi, kontakti njezinog uzemljenja mogu biti pod blokadom od par minuta dok se sa sigurnošću ne može utvrditi da su se ispraznile te da se može uzemljiti. Ključevi mogu biti specifični za određene brave aparata, a postoje i višenamjenski ključevi koji povezuju više sklopnih aparata. Pristup ključevima može biti onemogućen ako je aparat u određenom položaju za servis, npr. otvoreni rastavljač. Kako bi se vratilo na početno stanje aparata, operater treba izvršiti sve naloge sklapanja u obrnutom redoslijedu gdje oslobađa i vraća ključeve na svoja mjesta.



Sl. 4.2. Blokada kondenzatorskih baterija ključem [8]

4.3. Električne blokade

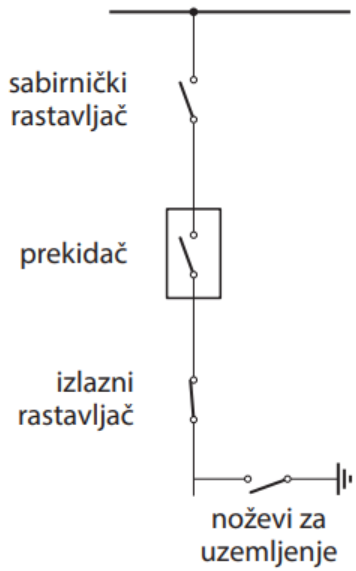
U većini sekundarnih rasklopnih postrojenja najčešće se koristi električno blokiranje nedopuštenih naloga. Aparatima je pruženo fleksibilnije upravljanje iz lokalnog upravljačkog mjesta s upravljačkim panelima ugrađenim u postrojenje ili u većini slučajeva, daljinski, iz dispečerskog centra. Električno blokiranje koristi pomoćne kontakte i uređaje preko kojih pruža dodatne blokade krajem mehaničkih. Blokade funkcioniraju tako da prate položaj rasklopnih aparata te kontroliraju

njihovo uklapanje i rasklapanje. Određeni nalozi u upravljanju aparata dopuštaju daljnju provedbu naloga tako što deblokiraju dio mreže. Do deblokade dođe tako da se zatvore pomoćni kontakti pomoćnim naponom koji dalje dopušta upravljačkom naponu da vodi preko zatvorenih kontakata. Pomoćni releji prate pojave kvarova ili opasnih pogonskih stanja te djeluju automatskim uključivanjem zaštite motoriziranih sklopnih aparata, blokirajući npr. uključivanje prekidača sve dok se greška ne pregleda i otkloni. Blokadni krugovi mogu sadržavati više kontakata spojenih u seriju te je važno da su oni zbog sigurnosti ispravno instalirani, testirani i održavani [10].

5. PRIMJERI BLOKADA SKLOPNIH APARATA

5.1. Jednostruka sabirnica

Na slici 5.1. je jednostavan primjer izvedbe odvoda sa sklopnim aparatima zaštite, prekidačem i dva rastavljača oko njega. Prvi rastavljač iza sabirnice je sabirnički rastavljač koji pruža dodatnu zaštitu prije prekidača. Nakon prekidača slijedi izlazni rastavljač za izoliranje od vraćanja iz mreže. Postoji i rastavljač za uklapanje uzemljenja izlaznog rastavljača. Uzemljenje je značajno u odvođenju napona koji je potencijalno ostao na vodu nakon otvaranja aparata ili potencijalnog napona koji bi se pojavio za vrijeme prekida rada kako bi se sigurno izvršavali popravci i rutinska održavanja.



Sl. 5.1. Primjer sklopnih aparata odvoda [2]

Prije sklapanja prekidača u zatvoreni položaj, najvažnije je da su oba rastavljača u zatvorenom položaju. Ako bi se ili sabirnički ili izlazni rastavljač sklapao dok je jedan od njih u zatvorenom položaju, uz zatvoreni prekidač nastao bi nepoželjni električni luk na njegovim kontaktima. Električni luk na kontaktima rastavljača višeg napona nastaje zbog sporije brzine sklapanja aparata te oštećuje njegove kontakte ili dio sustava postrojenja. Također može biti opasan za obližnje ljude i može uništiti opremu te se on gasi preko prekidača, a ne rastavljača.

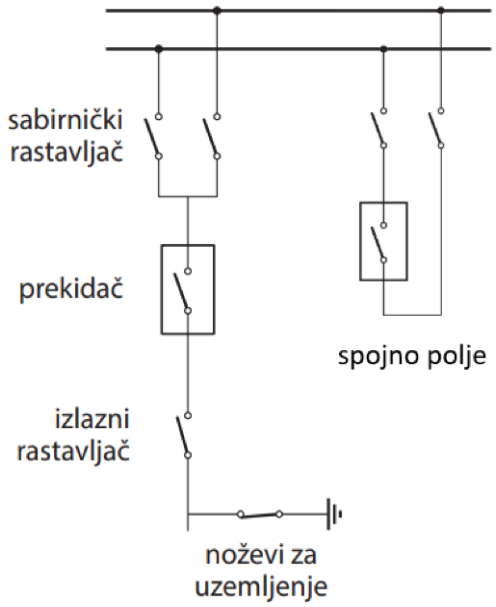
Manevriranje rastavljača uzemljenja mora biti blokirano kako bi se izbjeglo njegovo zatvaranje dok je vod pod naponom. Noževi uzemljenja su povezani sa izlaznim rastavljačem, najčešće mehanički, onemogućujući njihovo istovremeno uključenje [2]. Ako se planira uzemljiti odvod,

treba biti osigurano da je izlazni rastavljač isključen. Kada se ne bi to učinilo, prekidač bi se mogao zatvoriti te bi u tom slučaju krug bio uzemljen. Isto pravilo blokade rastavljača i uzemljenja vrijedi i za vrijeme otvorenog prekidača jer ga netko može zatvoriti što stvara istu grešku.

Otvaranje prekidača ne smije imati nikakvu blokadu na sebi, kao što u općem slučaju nema ni blokada otvaranja noževa uzemljenja. Zatvaranje prekidača prati ista navedena pravila, tako da on gleda jesu li s obje strane rastavljači uklopljeni, da izbjegne električni luk na rastavljačima.

5.2. Dvostruke sabirnice

Dvostruke sabirnice pružaju fleksibilnost u postrojenju tako da omogućuju odabir spajanja voda na bilo koju sabirnicu, povećavajući sigurnost rada na sabirnicama bez prekidanja rada na drugoj [2]. Slika 5.2. prikazuje sabirnice sa dva pojedinačna sabirnička rastavljača uz spojno polje sastavljeno od prekidača i rastavljača. Glavna svrha spojnog polja je spajanje i razdvajanje dvostrukih sabirnica kako bi se prebacilo napajanje na drugi sustav. Blokade na vodu su iste kao i na prijašnjem primjeru slike 5.1. gdje se blokira istovremena uklopljenost uzemljenja za povratni napon i izlaznog rastavljača te blokade na prekidaču s oba rastavljača.



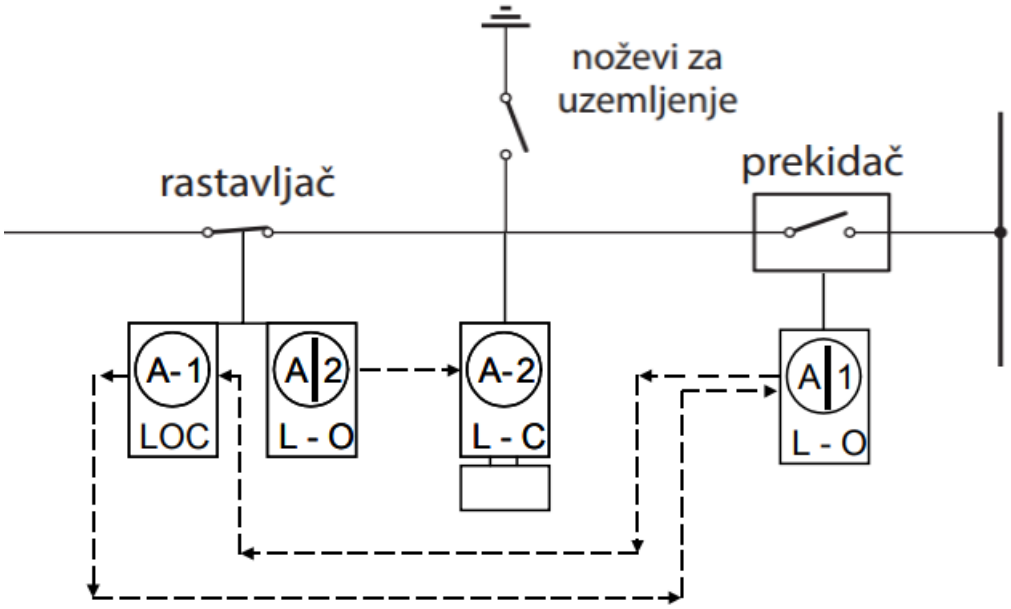
Sl. 5.2. Primjer dvostruke sabirnice sa vodnim i spojnim poljem [2]

Istodobna uklopljenost oba rastavljača uz spojno polje je dozvoljena jer postoji nebitna promjena struje na drugome aparatu prilikom manevriranja, zbog istog potencijala na oba rastavljača. Transfer na drugu sabirnicu je moguć zbog paralelnog puta ostvarenog spojnim poljem te nema

pojave električnog luka. Kada je potrebno mijenjati na kojoj je sabirnici vod, blokada je namještena tako da nije moguće istodobno imati oba sabirnička rastavljača u uklopljenom stanju sve dok se ne uklope svi sklopni aparati u spojnom polju. To znači da je uključenje rastavljača drugog sustava blokirano dok je rastavljač prve sabirnice uključen uz isklopljeno spojno polje. Ista pravila vrijede i za obrnuti slučaj. Isklapanje prekidača spojnog polja nije preporučeno dok su sabirnički rastavljači prvog i drugog sustava sabirnica sklopljeni.

5.3. Primjer blokada ključevima

Jednostavan primjer blokade ključevima na slici 5.3. prikazuje strujni krug s prekidačem, rastavljačem i noževima za uzemljenje. Noževi za uzemljenje su u zatvorenom položaju prilikom servisiranja opreme te zahtijevaju sigurnost ključa da se ne može niti jedan drugi sklopni aparat sklopiti. Prva blokada strujnog kruga je na otvaranju rastavljača koji se ne smije otvoriti dok je pod naponom. Druga je blokada na rastavljaču, koji mora biti u otvorenom stanju, dok je krug uzemljen i u servisnom položaju.



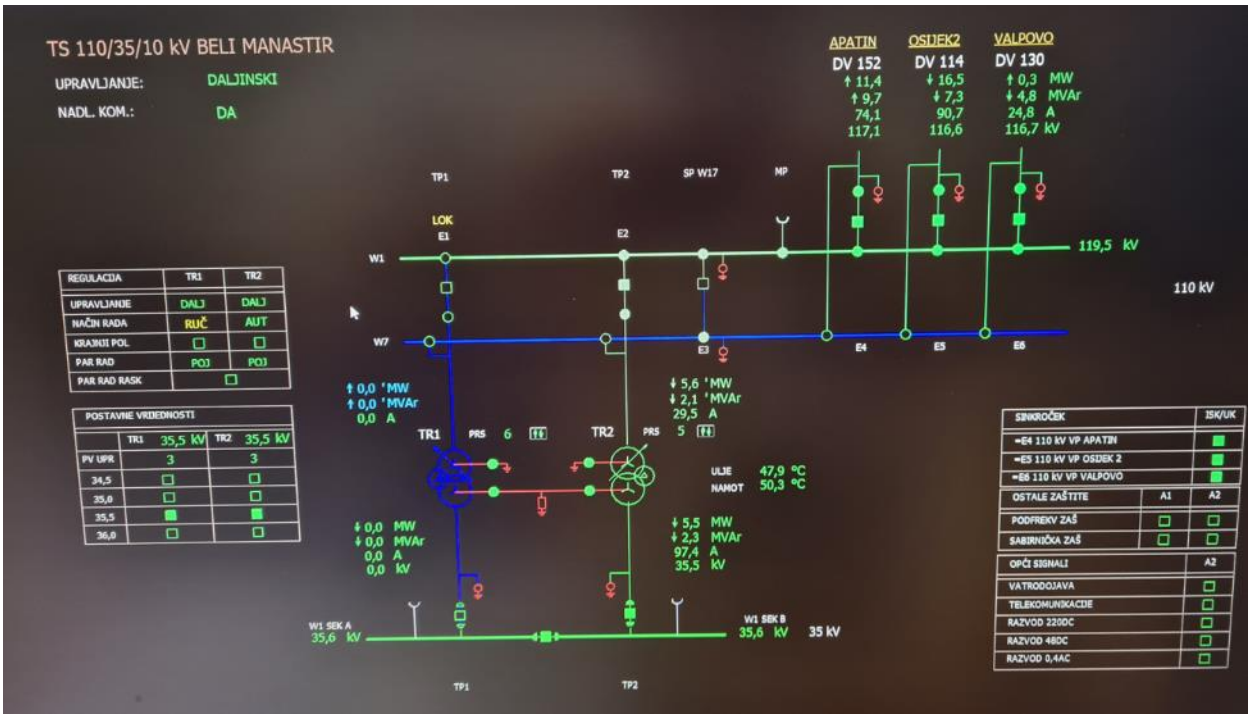
Sl. 5.3. Primjer blokade ključem [6]

Kada je prekidač u zatvorenom položaju, njegov je ključ (A1) nedostupan i ne može se izvaditi. Prekidač se prvi otvara, što krug stavlja u beznaponsko stanje te se njegovim zaključavanjem u otvoreno stanje ostvaruje oslobođenje ključa. To osigurava sigurno otvoreni i zaključani prekidač, što garantira da ga nitko ne može otključati ni otvoriti osim osobe koja posjeduje ključ.

U daljnjoj proceduri se ključ prenosi na mjesto rastavljača koji se nalazi u zatvorenom položaju te on posjeduje svoje dvije blokade u obliku dva lokota. Prvim se ključem sklopka oslobađa za manevriranje u bilo kojem položaju. Otvoreni položaj sklopke se može zaključati s drugim ključem (A2) koji se oslobodi za konačno zatvaranje noževa uzemljenja. Dok je uzemljenje u zatvorenom položaju, drugi ključ nije dostupan. Tek nakon što je uzemljenje ponovno isklopljeno i ključ oslobođen, osoba može vratiti strujni krug pod napon praćenjem procedure unazad.

5.4. Primjeri blokada TS Beli Manastir iz MC Osijek

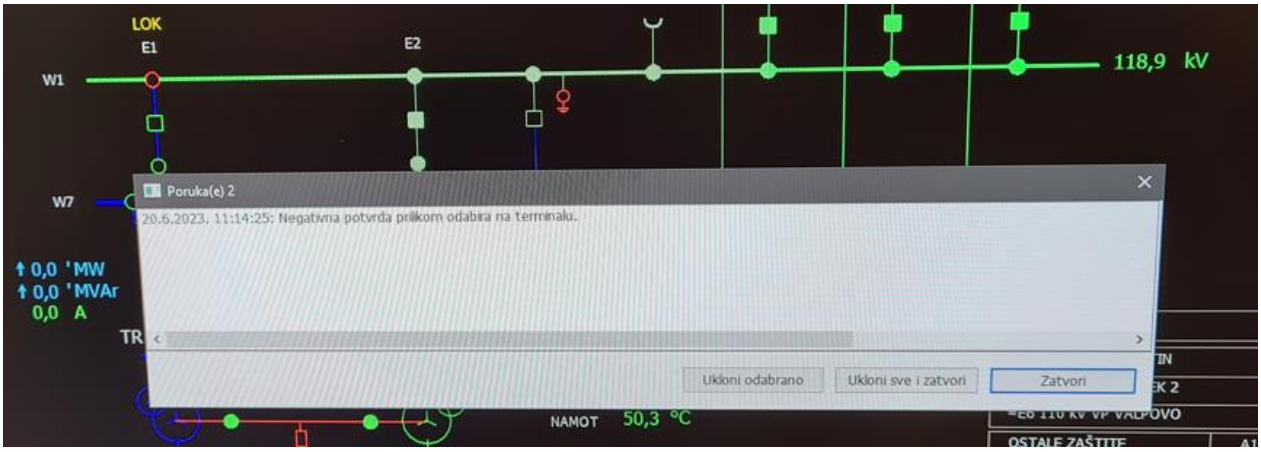
Na SCADA sustavu upravljanja mrežnog centra, prikazanog na slici 5.3., su vidljiva polja koja se sastoje od više sklopnih aparata i uređaja. Polja se po svojoj funkciji dijele na transformatorska polja, vodna polja, mjerna polja i spojna polja. Ona mogu služiti za povezivanje više sabirnica ili transformatora i vodova na njih. Na jednoj sabirnicama su spojena tri vodna polja sa svojim sklopnim uređajima te je druga odvojena na dvije sekcije.



Sl. 5.3. Prikaz stanja aparata u TS 110/35/10 kV Beli Manastir iz mrežnog centra

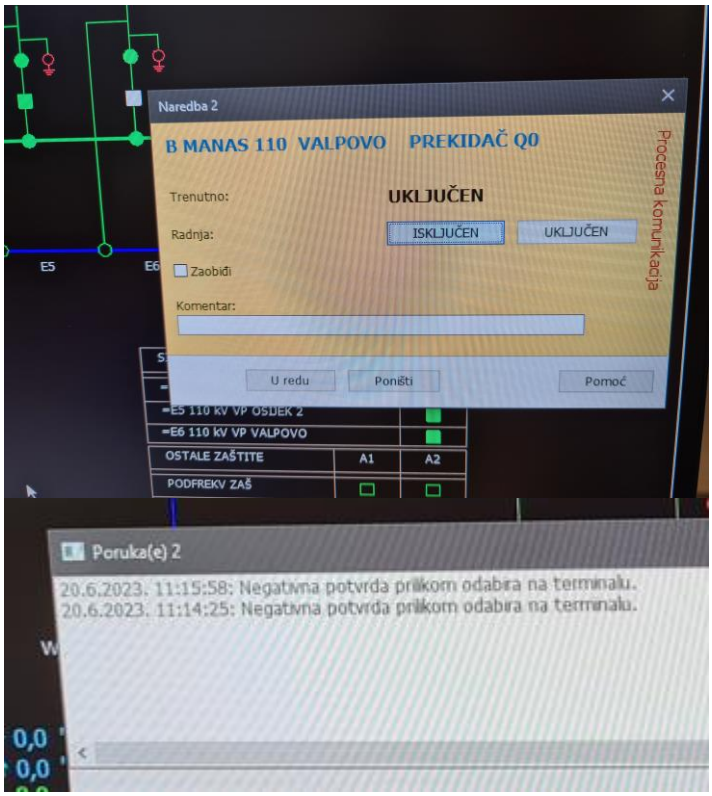
U prvom je slučaju upravljanje sustava uređaja programski postavljeno na daljinsko upravljanje te je transformatorsko polje TP1 postavljeno na lokalno upravljanje. Komanda upravljanja za promjenu položaja sabirničkog rastavljača transformatorske stanice je zabranjena i blokirana prilikom pokušaja promjene položaja aparata. Na slici 5.4. je prikazana povratna informacija koja

je negativna zbog neuspješne provedbe naloga. Manevriranjem noževa rastavljača je blokirano, budući da se to može provoditi samo lokalno.



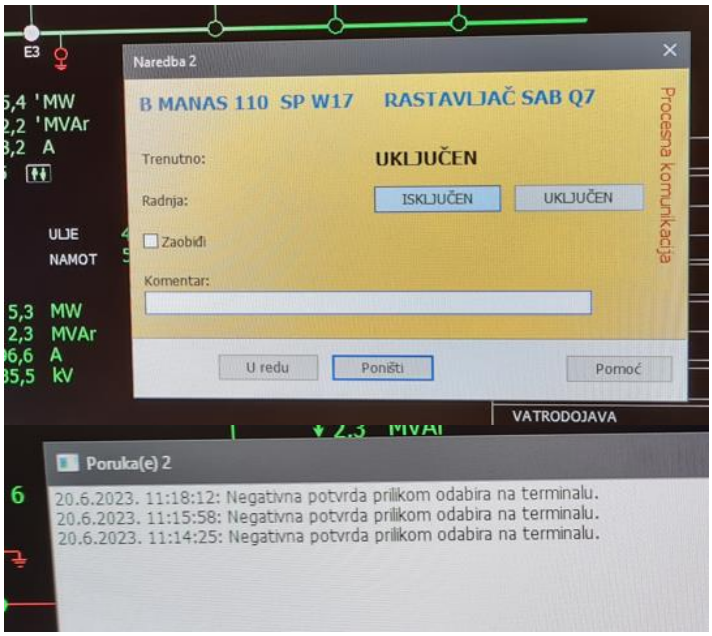
Sl. 5.4. Povratna informacija za neuspješnu provedbu naloga

Drugi slučaj demonstrira davanje komande isključenja vodnog polja tako što prekidač dobije nalog za njegovo isključenje. Ta radnja je blokirana u programu jer je upravljanje postavljeno na lokalno upravljanje te se ne može manevrirati aparatom daljinski iz mrežnog centra u Osijeku.



Sl. 5.5. Naredba za isključenje prekidača vodnog polja i povratna informacija

Krivi redoslijed operaciju u trećem slučaju na slici 5.6. prikazuje davanje naloga na rastavljač. U spojnom su polju uključena oba rastavljača i prekidač te je uvjetima blokada onemogućeno manevriranje rastavljačima dok je prekidač uključen. Kada je operater dao krivi nalog za manevriranje rastavljača, programske blokade su spriječile njegovu provedbu, koja je izbacila negativnu povratnu informaciju o njegovom sklapanju.



Sl. 5.6. Naredba za isključenje sabirničkog rastavljača spojnog polja i povratna informacija

6. PRIMJER SUSTAVA BLOKADE U TRANSFORMATORSKOJ STANICI SL. BROD 2

6.1. Upravljanje i nadzor postrojenja

Trafostanica Slavonski Brod 2 je 110 kV postrojenje primarno vođeno daljinski. Postrojenje je moguće voditi SCADA sustavom lokalno (TS) i daljinski (dispečerski centar). Sekundarna oprema postrojenja je komunikacijski spojena sa SCADA sustavom protokolom IEC 61850 te je stanično računalo u trafostanici komunikacijski spojeno opremom u mrežnom centru (MC) Osijek protokolom IEC 60870-5-104.

Zbog iznimnih situacija, za potrebe upravljanja i nadzora, implementiran je ormar sekundarne opreme za lokalni režim rada, na kojem je ugravirana slijepa shema polja uz tipkala za izbor aparata kojim se želi upravljati i tipkalima za izdavanje naloga uključenja i isključenja. Upravljanje i nadzor TS je postavljeno hijerarhijski s principom subordinacije tako da je moguće istovremeno upravljati samo iz jednog mjesta, što se određuje posebnom preklopkom za izbor razine upravljanja u svakom polju i upravljačkom mjestu. Postavljanjem preklopke u položaj LOKALNO omogućeno je upravljanje na razini objekta uz uvjet da su preklopke na višim razinama u položaju DALJINSKI. SCADA sustav je namješten da svi procesi nadzora i upravljanja, raspoloživi na razini objekta, budu raspoloživi i daljinskim upravljanjem. [9]

Razine upravljanja su podijeljene na [9]:

- ormarić aparata – direktno upravljanje prekidačem i rastavljačem,
- ormarić polja =E5+S1 – servisna razina upravljanja,
- ormar sekundarne opreme =E5+SR1 – terminal polja uz softverske blokade,
- stanično računalo u TS Sl. Brod 2,
- MC Osijek.

Jedinica polja za nadzor i upravljanje u polju 110 kV smještena u ormar sekundarne opreme ima mogućnost prihvata informacija o stanju aparata i preklopki, mjerenje parametara u trafo poljima i procesiranje upravljačkog naloga koji je sekvenca sastavljena od izbora aparata, rezervacije upravljanja, provjere blokadnih uvjeta, izdavanja komande i praćenje odziva sklopnih aparata. [9]

Krive manipulacije spriječene su programskim blokadama integrirane u sustavu.

6.2. Blokade u postrojenju

Ormar sekundarne opreme =E5+SR1 na sebi ima upravljački panel na kojemu se nalazi preklopka za odabir režima upravljanja s ključem [9]:

- s blokadama - normalan položaj,
- bez blokada - s isključenim softverskim blokadama.

Kada je panel u normalnom položaju s uključenim blokadama, nalog s upravljačkog panela ide na jedinicu polja za nadzor i upravljanje te se provjeravaju svi blokadni uvjeti, ovisno o konfiguraciji. Oni mogu biti unutar polja uzdužno i poprečno sa svim ostalim poljima. Zadovoljenost uvjeta iz jedinice polja za nadzor i upravljanje izvodi se na pripadajuće tipkalo s kojeg se upravlja sa svjetlosnom signalizacijom naloga na tipkala uklop/isklop, ovisno o položaju aparata kojim se upravlja. Nakon provjere svih uvjeta na izdanom nalogu, jedinica polja za nadzor i upravljanje daje upravljački nalog na aparat. [9]

Upravljanje bez blokada je omogućeno samo s razine polja u uvjetima [9]:

- kvara jedinice polja za nadzor i upravljanje,
- neraspoloživost komunikacijske sabirnice,
- nedvojbene greške signalizacije stanja aparata koji je provjeren kroz blokadne uvjete.

Upravljački panel namješten u položaju bez blokada dobiva upravljački napon preko drugog para kontakata na upravljačka tipkala, a izvršni nalog s tipkala panela aktivira pomoćne releje koji prosljeđuju komande na odabrane aparate. Mogućnost izbora moda bez blokada je moguća uz posebno odobrenje.

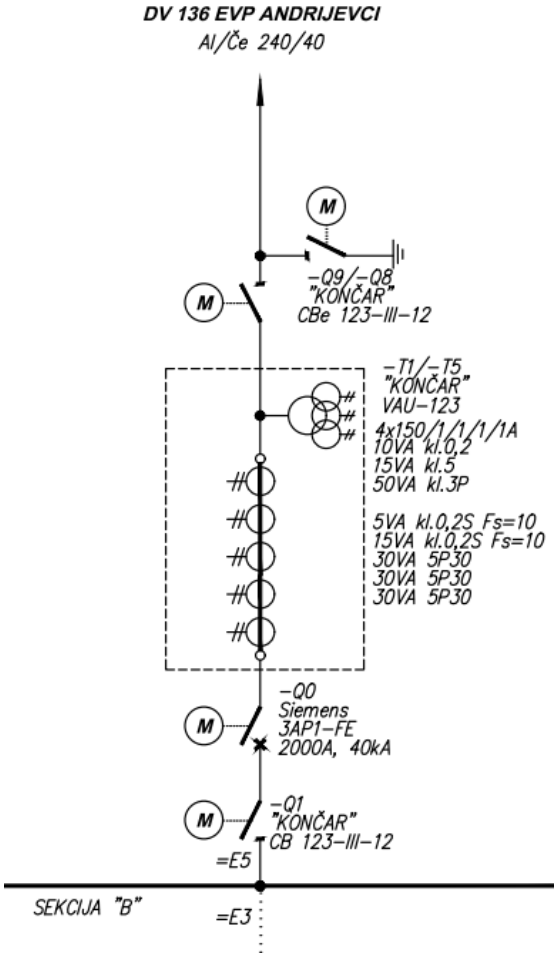
U slučaju nestanka izmjeničnog napona za pogon motora rastavljača, blokada upravljanja rastavljačem je standardno riješena u samom pogonu rastavljača. U svrhu izbjegavanja pogrešnog rukovanja aparata, između rastavljača i zemljospojnika koji su međusobno mehanički povezani, uz mehaničke, postoje i žičane blokade. Upravljanje zemljospojnikom rastavljača je ograničeno samo na upravljanje s razine polja.

Blokade upravljanja aparatima vodnog polja Andrijevci su uzdužne blokade na razini jedinice polja za nadzor i upravljanje.

6.3. Vodno polje 110 kV EVP ANDRIJEVCI

Na sekciji „B“ sabirnice transformatorske stanice spojena su vodna polja Andrijevci i Bosanski Brod. Uz rasklopni dio postrojenja Andrijevci, ono je i elektrovučna podstanica (EVP). Elektrovučne podstanice se nalaze na prugama te imaju zadaću da energiju visokog napona, prenesenog dalekovodima elektroenergetske mreže, pretvore u monofazni napon 25 kV i frekvencije 50 Hz, pogodan za napajanje kontaktne mreže i električnih vučnih vozila. Podstanice su sastavljene od dva dijela, vanjskog visokonaponskog dijela 110 kV i 25 kV objekta unutarnjeg postrojenja.

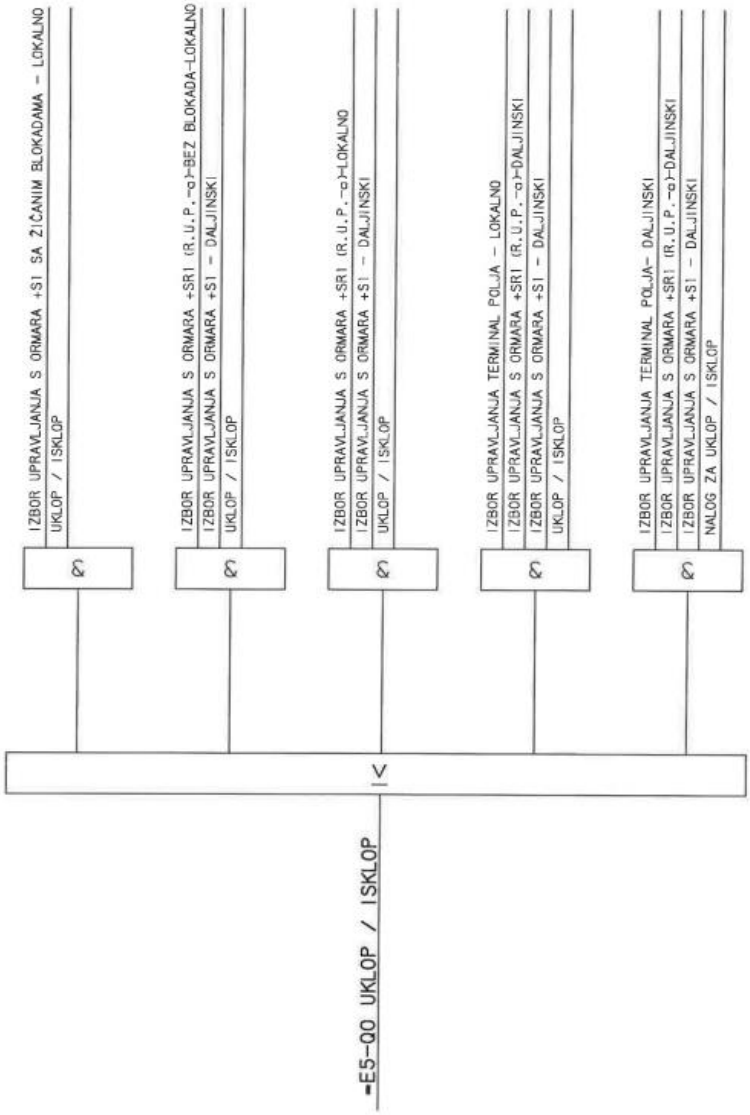
Vodno polje Andrijevci je, prema slici 6.1., sastavljeno od sabirničkog rastavljača Q1, prekidača Q0, izlazni rastavljač Q9 i rastavljač uzemljenja Q8 uz naponske i strujne mjerne transformatore.



Sl. 6.1. Jednopolna shema VP 110 kV Andrijevci [9]

Na slici 6.2 je prikazana logička shema blokada upravljanja prekidačem Q0 na kojoj su svi izbori upravljanja uklopa i isklopa obuhvaćeni s logičkim operatorom „isključivo ILI“. Provedbom tog

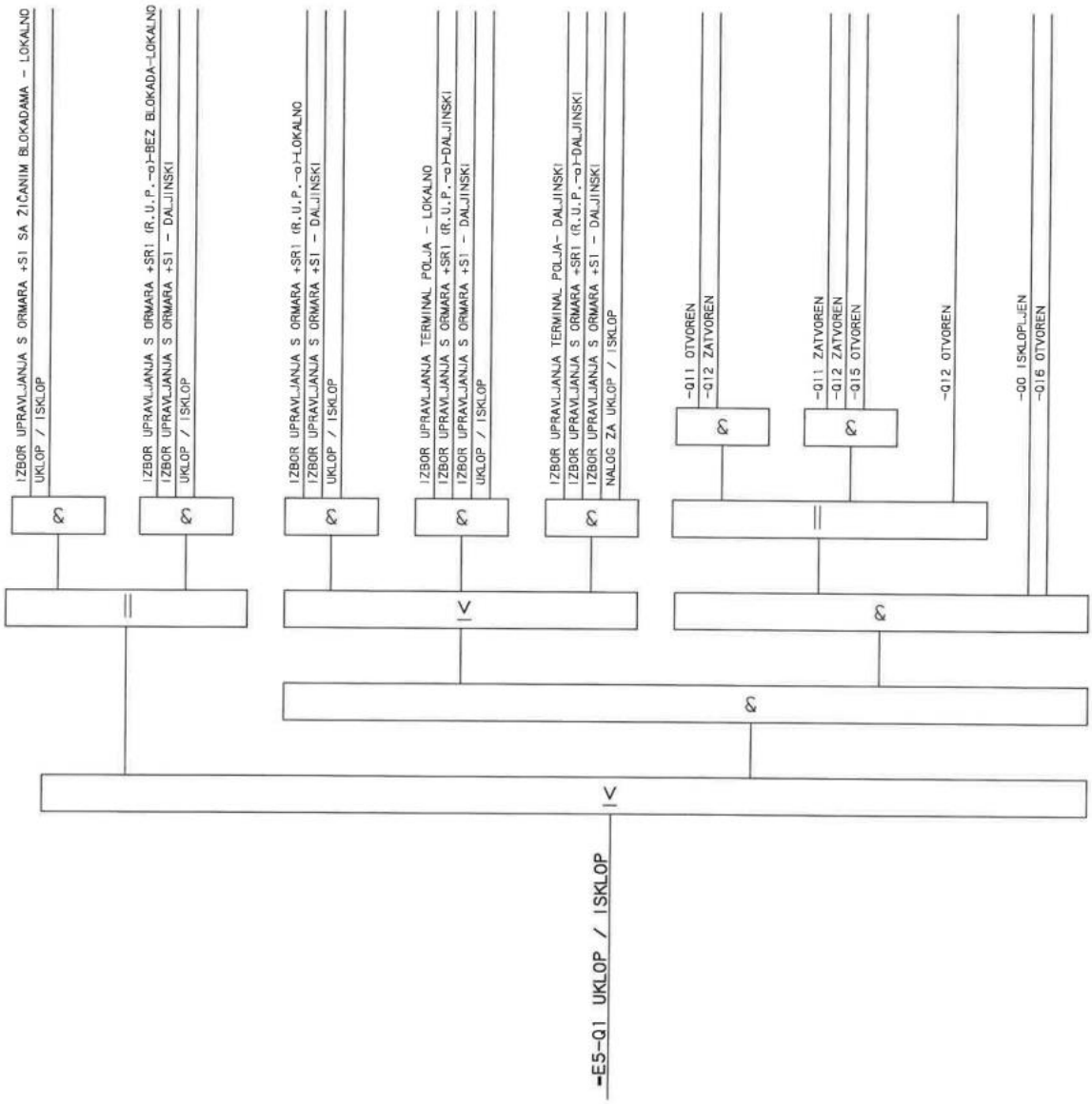
operatora proizlazi da je moguć ili istinit bilo koji izbor upravljanja uz uvjet da je on jedini u tom trenutku. Ako se pokuša upravljati s bilo kojeg drugog mjesta u isto vrijeme, operacija više nije istinita te je blokirana.



Sl. 6.2. Logička shema upravljanja prekidačem Q0 [9]

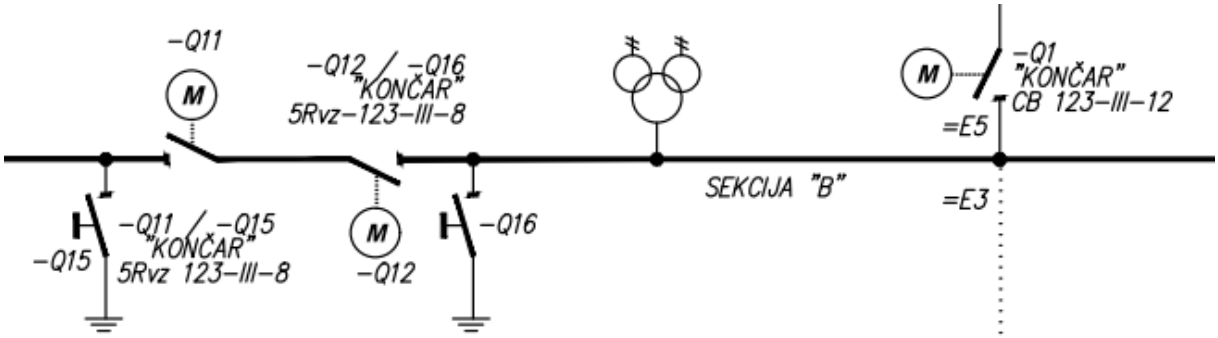
Na najvišem prioritetu stoji upravljanje iz ormarića polja =E5+S1, koji je prva razina upravljanja pomoću tipkala i slijepe sheme sa žičanim blokadama. Nakon ormara +S1 slijedi upravljanje ormarom +SR1, s blokadom hijerarhijskog poretka na prethodni ormar koji mora biti postavljen na daljinsko upravljanje. Blokada je u shemi naznačena s logičkim operatorom „I“ u kojem sve uključene stavke moraju biti ispunjene. Upravljanje je moguće samo lokalno preko rezervne upravljačke ploče (R.U.P.). Nalog za uklop i isklop terminala polja daljinski i lokalno je blokiralo promjenu ostalih razina na daljinski način rada.

Sabirnički rastavljač Q1, kao i ostali rastavljači, ima kompleksniju shemu blokada upravljanja od prekidača Q0, zbog veće mogućnosti havarije u postrojenju. Lokalno upravljanje sa žičanim blokadama iz ormara +S1 i rezervnom upravljačkom pločom u modu bez blokada mogu biti upravljani neovisno o položajima drugih sklopnih aparata.



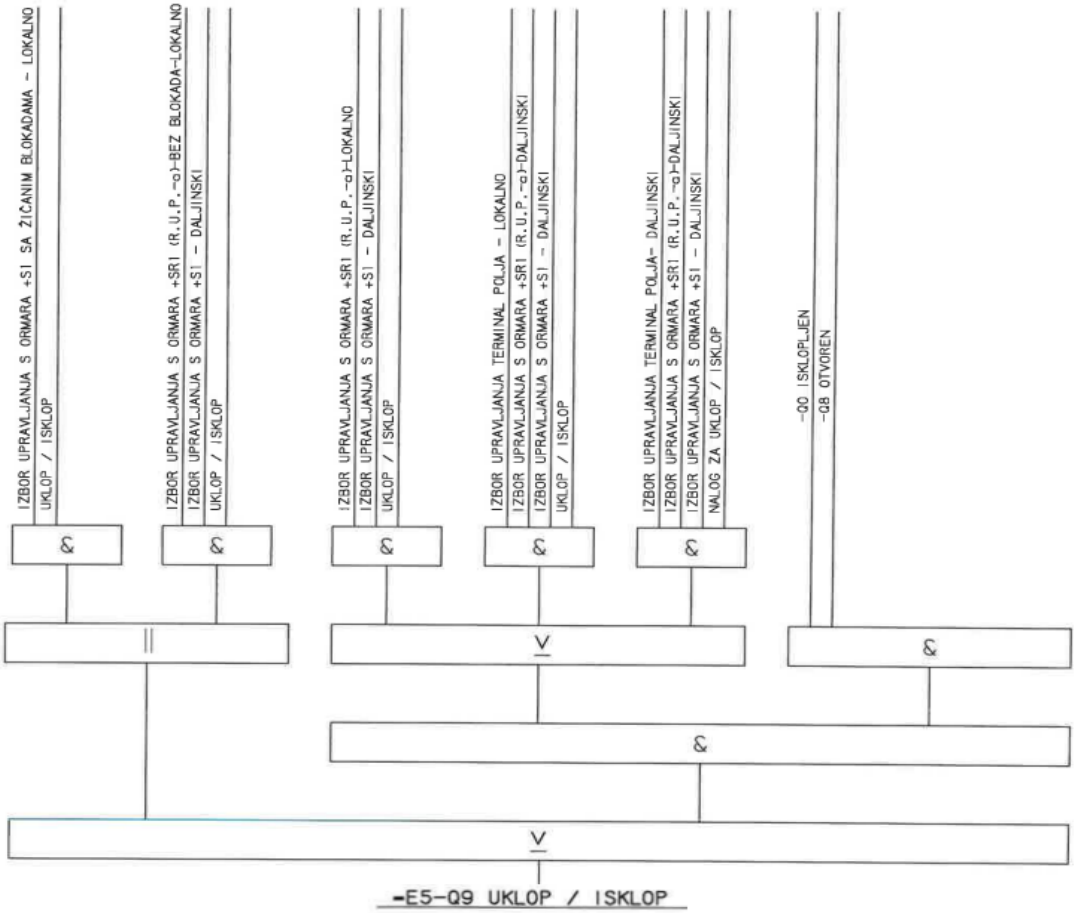
Sl. 6.3. Logička shema upravljanja rastavljačem Q1 [9]

Uz prekidač Q0, rastavljač uzemljenja Q16 sekcijskog rastavljača Q12, prikazan na slici 6.4., prvi je uvjet koji je potreban ostvariti da bi se upravljalo sabirničkim rastavljačem. Navedena dva sklopna aparata moraju biti isklopljena u slučaju prekidača i otvorena u slučaju uzemljenja, kao jedan od osnovnih blokadnih uvjeta. Uz prethodni uvjet, postoje još tri različita neophodna zahtjeva za izvršenje naloga koji su povezani logičkim operatorom „ILI“. Bilo koji od ispunjenih uvjeta je dovoljan da izraz bude istinit te da se može izvršiti nalog. Ako je rastavljač Q12 otvoren,



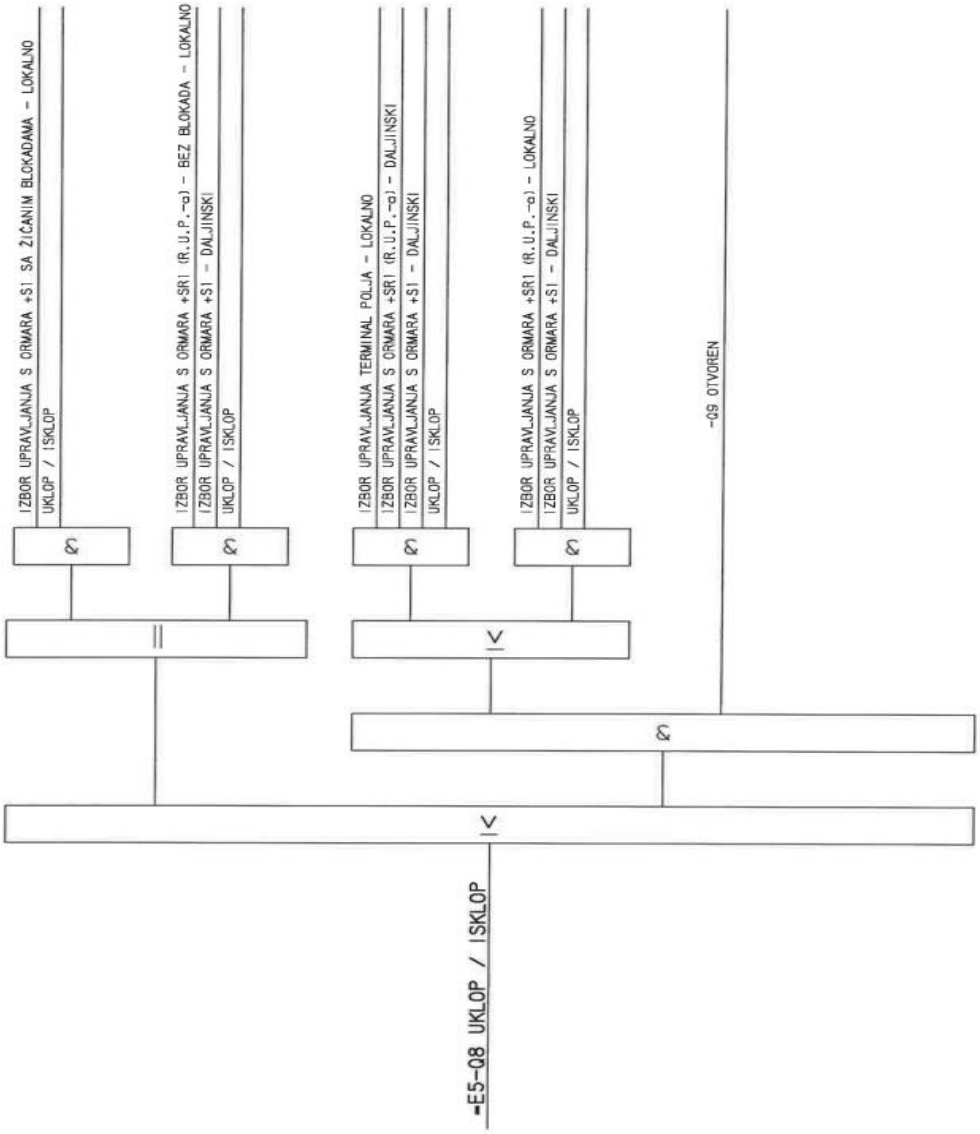
Sl. 6.4. Jednopolna shema sekcijskih rastavljača [9]

uklapanje i isklapanje je dozvoljeno. Sekcijski rastavljači Q11 i Q12 međusobno imaju dva slučaja uvjeta. Otvoreni Q11 sa zatvorenim Q12 ostvaruje uvjet za manevriranje rastavljača. Treći uvjet je pri zatvorenim sekcijskim rastavljačima i otvorenim rastavljačem uzemljenja Q15 tako da se nadovezuje na ranije navedeni uvjet isklopljenog prekidača koji oslobađa otvaranje rastavljača Q1. Hijerarhijski izbor mjesta upravljanja s blokadama je isti kao i za prekidač Q0 u prethodnoj shemi s preduvjetom da su ranije navedeni uvjeti ostvareni.



Sl. 6.5. Logička shema upravljanja rastavljačem Q9 [9]

Onemogućavanje promjene stanja izlaznog rastavljača Q9 je primarno vezano za rastavljač zemljospojnika Q8, vidljivo na slici 6.5. Takvom se blokadom sprječava dovođenje uzemljenog dijela kruga pod napon. Blokadni uvjeti na shemi onemogućuju manevriranje rastavljača dok se ne ispuni uvjet otvorenog rastavljača Q8 i prekidača Q0. Prekidač mora biti isklopljen prije, kako se krug ne bi otvorio preko rastavljača koji nije dizajniran da izdrži prekidanje struje. Upravljanje lokalno i daljinski je definirano kao i za prethodni rastavljač.



Sl. 6.5. Logička shema upravljanja rastavljačem Q8 [9]

Zadnji rastavljač u vodnom polju Andrijevci je rastavljač za uzemljenje Q8. Jedina provjera vezana za ostale sklopne aparatu u polju je ona s rastavljačem Q9. On mora biti otvoren kako bi se nastavilo s njegovim uzemljenjem, zbog istog razloga navedenog u objašnjenju uvjeta prethodnog rastavljača. Upravljanje zemljospojnikom se razlikuje od ostalih aparata jer je njegovo

manevriranje dopušteno samo iz lokalnog upravljačkog mjesta. U normalnom se pogonu postrojenjem upravlja daljinski, ali se zbog kvarova i prilikom radova održavanja i servisiranja aparata, uz upravljanje ograničeno na lokalno, dio postrojenja uzemlji.

7. ZAKLJUČAK

U ovom su završnom radu opisani mehanizmi upravljanja aparata u postrojenju i uređaji koji se koriste za provedbu komandi. Opisan je koncept blokada aparata kao sigurnosne mjere koja doprinosi pouzdanosti elektroenergetskog sustava i njezinu ulogu u izbjegavanju havarije osiguravanjem zdravlja operatera. Blokade su podijeljene u skupine prema ulozi pri upravljanju aparatima, kao i okolnostima u kojima one rade. Na primjerima su prikazani blokadni uvjeti koji moraju biti ispunjeni za izvršavanje naloga. Pokušaj krivog redoslijeda operacija u polju iz dispečerskog centra na SCADA sustavu je primjer kako blokade rade i sprječavaju operatera da izvrši pogrešni nalog u postrojenju daljinskim upravljanjem. Iz primjera transformatorske stanice Slavonski Brod 2 opisana je tehnologija korištena u postrojenju i sustav lokalnog i daljinskog vođenja i nadzora. Blokadni uvjeti upravljanja vodnog polja Andrijevci objašnjeni su na temelju logičkih shema za pojedine aparate. Logičkim operatorima prikazani su uvjeti koji ograničavaju izabrana mjesta upravljanja za uklop i isklop i povezani sklopni aparati koji zahtijevaju određena stanja ostalih aparata za izvršenje naloga.

Razvoj tehnologije blokada gotovo je uklonio mogućnost provedbe pogrešnog naloga. Iako je i s implementacijom novih metode nužna opreznost osoblja, investiranje u modernizaciju sustava uvelike je doprinijelo očuvanju ekonomskih interesa u pogledu osiguranja djelatnika i imovine postrojenja.

LITERATURA

[1] H. Požar, Visokonaponska rasklopna postrojenja, Tehnička knjiga, Zagreb, 1978.

[2] S. Šukelić, N. Kraljević, Visokonaponska razvodna postrojenja, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva – Podgorica, Podgorica, 2019.

[3] G.P. Hutchinson, Interlocking in large electricity-supply substations – a fundamental approach, Proceedings of the Institution of Electrical Engineers, No. 6, Vol. 113, str. 1063-1074, lipanj, 1966

[4] J. D. McDonald(Ed), Electric Power Substations Engineering (3rd. Edition), CRC Press, Boca Raton, 2012

[5] E. Csanyi, Switchgear interlocking system and arc protection that you MUST consider in design, Electrical engineering portal, 2023 - https://electrical-engineering-portal.com/switchgear-interlocking-system-arc-protection-design (pristupljeno 21.6.2023.)

[6] Selection and Application of Key Interlock Systems; Kirk Key Interlock Company - https://www.kirkkey.com/wp-content/uploads/sites/2/2019/12/KirkWP-ExamplesofKeyInterlockSystems.pdf (pristupljeno 17.6.2023.)

[7] S. V. Sarry, P. S. Kireev and A. V. Ukraintsev, "Intelligent Interlocking of Switching Devices," *2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon)*, Vladivostok, Russia, pp. 1-4, 2018

[8] Snimka zaslona videozapisa autora K. Smith, 345 kV Substation Interlocks - Protecting Substation Equipment and YOU, dostupno na: https://youtu.be/JL16ABlx3VY (pristupljeno 16.06.2023.)

[9] Dokumentacija prikupljena iz HOPS-a, projekt izgradnje polja VP 110 kV Andrijevci

[10] G. Knežević, Blokade, materijali predavanja s kolegija Elektroenergetska postrojenja, FERIT, Osijek, 2023.

8. SAŽETAK

U uvodu završnog rada opisana je primjena blokada aparata u postrojenju, kao i zadatak završnog rada. Drugo poglavlje navodi pregled literature korištene u izradi rada. Teorijski dio rada je podijeljen u trećem i četvrtom poglavlju. Prvi teorijski dio rada pokriva temu upravljanja i nadzora elektroenergetskog postrojenja. Podjela blokada sklopnih aparata na temelju njihove funkcije i područja primjene opisana je u drugom dijelu teorije. U petom poglavlju prikazani su primjeri blokada među aparatima jednostrukih i dvostrukih sabirnica, opisana je izvedba mehaničke blokade ključem i na primjeru su prikazane programske blokade iz mrežnog centra. U zadnjem poglavlju su na primjeru transformatorske stanice opisani upravljanje postrojenja i blokadni uvjeti uspostavljeni među aparatima u vodnom polju.

Ključne riječi: upravljanje elektroenergetskim postrojenjem, sklopni aparati, blokade aparata, mehaničke blokade, blokade ključem

9. ABSTRACT

In the introduction, the application of interlocking switchgear devices in power plants is described, as well as the objective of this paper. The second chapter provides an overview of the literature used in the paper. The theoretical part of the paper is divided into the third and fourth chapters. The first part covers the topic of power plant control and supervision. The division of switchgear interlocks, based on their function and the field of application, is described in the second part of the theory. In the fifth chapter, examples of single and double busbar interlocks are presented, along with mechanical key interlocks and program interlocks from the dispatch centre. The final chapter describes control and interlocking conditions established between devices of line bay using the example of a substation.

Key words: power plant control, switchgear, switchgear interlocking, mechanical interlocking, key interlocking

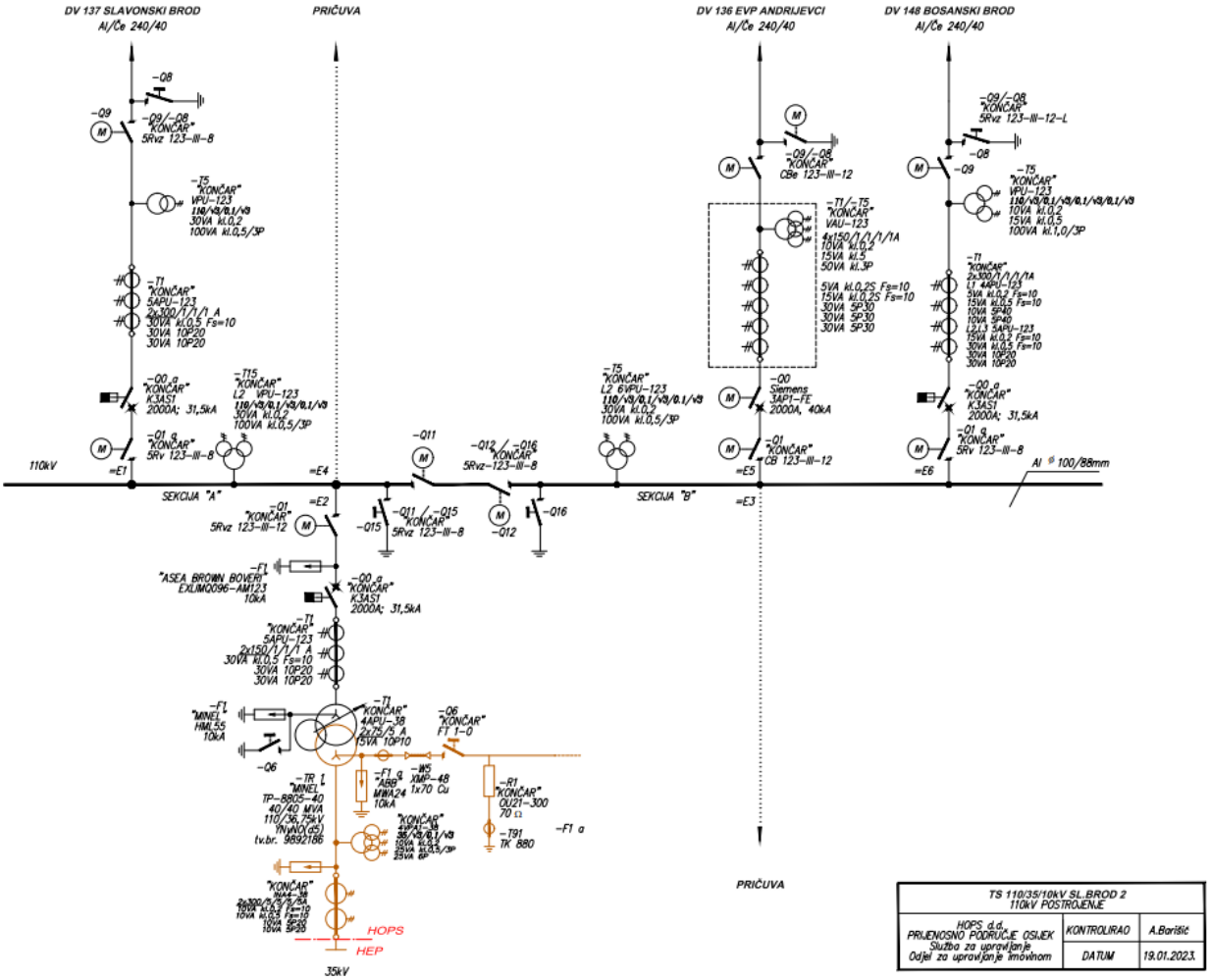
ŽIVOTOPIS

Leonardo Pitinac rođen je 14.12.2000. godine u Osijeku. Pohađao je osnovnu školu Vladimira Nazora u Đakovu, nakon koje upisuje u jezičnu gimnaziju A. G. Matoša u Đakovu. 2019. godine završava srednju školu i upisuje preddiplomski studij elektrotehnike na Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku. Na drugoj godini studija odabire smjer Elektroenergetika.

_____

Potpis autora

PRILOZI



Jednopolna shema TS 110/35/10 kV Sl. Brod 2 [9]