

Daljinski nadzor i vođenje elektroenergetskog sustava na primjeru trafostanice 35/10 kV

Begović, Davor

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Bjelovar University of Applied Sciences / Veleučilište u Bjelovaru**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:144:540508>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-13**



Repository / Repozitorij:

[Digital Repository of Bjelovar University of Applied Sciences](#)



VELEUČILIŠTE U BJELOVARU
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ MEHATRONIKA

**DALJINSKI NADZOR I VOĐENJE
ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA NA PRIMJERU
TRAFOSTANICE 35/10kV**

Završni rad br. 20/MEH/2020

Davor Begović

Bjelovar, studeni 2020.



Veleučilište u Bjelovaru
Trg E. Kvaternika 4, Bjelovar

1. DEFINIRANJE TEME ZAVRŠNOG RADA I POVJERENSTVA

Kandidat: **Begović Davor**

Datum: 02.10.2020.

Matični broj: 000005

JMBAG: 0314000042

Kolegij: **RAČUNALNO VOĐENJE I UPRAVLJANJE PROCESIMA**

Naslov rada (tema): **Daljinski nadzor i vođenje elektroenergetskog sustava na primjeru trafostanice 35/10 kV**

Područje: **Tehničke znanosti**

Polje: Elektrotehnika

Grana: **Elektroenergetika**

Mentor: **dr.sc. Zoran Vrhovski**

zvanje: **profesor visoke škole**

Članovi Povjerenstva za ocjenjivanje i obranu završnog rada:

1. dr.sc. Stjepan Golubić, predsjednik
2. dr.sc. Zoran Vrhovski, mentor
3. Danijel Radočaj, mag.inž.meh., član

2. ZADATAK ZAVRŠNOG RADA BROJ: 20/MEH/2020

U radu je potrebno:

1. Opisati metode zaštite elektroenergetskog sustava
2. Opisati sustav daljinskog vođenja elektroenergetskog sustava u elektrodistribuciji Koprivnica na primjeru trafostanice 35/10 kV u Đurđevcu te način kako se preko dispečerskog centra u Koprivnici daljinski upravlja s elektroenergetskim postrojenjem
3. Opisati multifunkcionalni releji zaštite polja srednjeg napona KONpro RFX 631
4. Izraditi i opisati shemu sustava zaštite elektroenergetskog sustava
5. Izraditi i opisati analizu kvara na u trafostanici 35/10 kV u Đurđevcu
6. Prikazati najmanje jedan kvar koji je nastupio na trafostanici te opisati kako je sustav zaštite odgovorio na kvar

Zadatak uručen: 02.10.2020.

Mentor: **dr.sc. Zoran Vrhovski**



Zahvala

Zahvala roditeljima i supruzi koji su mi pružili potporu u studiranju. Također zahvaljujem se predavačima koji su mi pružili potrebno znanje. Zahvala komentoru gosp. Zdravku Matišiću, mag. ing. el. na dostupnim materijalima za pisanje ovog rada.

Sadržaj

1. UVOD	1
2. METODE ZAŠTITE ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA	2
2.1 <i>Svojstva relejne zaštite</i>	3
2.1.1 Osjetljivost.....	3
2.1.2 Pouzdanost.....	4
2.1.3 Brzina djelovanja	4
2.1.4 Selektivnost	5
2.1.5 Selektivnost izvedena vremenskim stupnjevanjem.....	5
2.1.6 Selektivnost ostvarena načinom izvedbe	6
2.1.7 Rezerva	7
2.1.8 Prilagodljivost i ekonomičnost.....	7
2.2 <i>Automatski ponovni uklop</i>	8
3. DALJINSKI NADZOR I VOĐENJE ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA NA PRIMJERU TRAFOSTANICE 35/10(20) kV U ĐURĐEVACU	10
3.1 <i>Razine upravljanja</i>	10
3.2 <i>Daljinsko upravljanje, signalizacija i mjerenje</i>	11
3.3 <i>Dispečerski centar u Koprivnici</i>	12
3.4 <i>Daljinsko vođenje i nadzor</i>	13
3.4.1 Telekomunikacijska oprema.....	14
3.4.2 Kronološka registracija događaja	15
3.5 <i>Trafostanica 35/10(20) kV Đurđevac</i>	16
4. MULTIFUNKCIONALNI RELEJ	22
4.1 <i>Općenito o relejima KCEG i KCEU</i>	22
4.2 <i>Opis releja</i>	23
4.2.1 Korisničko sučelje.....	23
4.2.2 Izgled prednje ploče	23
4.2.3 Led indikacije	24
4.2.4 Tipkovnica	24
4.2.5 LCD zaslon	24
4.2.6 Sustav izbornika	25
4.2.7 Sustav izbornika releja.....	26
4.2.8 Sadržaj izbornika.....	27
5. JEDNOPOLNA SHEMA TS 35/10(20) kV ĐURĐEVAC	29
5.1 <i>Definicije stupnjeva zaštita u TS 35/10(20) kV Đurđevac</i>	30
5.2 <i>Zaštita dalekovoda</i>	30
5.3 <i>Zaštita transformatora</i>	33
5.4 <i>Zaštita SN postrojenja</i>	34
5.4.1 Tipovi releja po vodnim poljima.....	34
5.4.2 Parametri zaštita po vodnim poljima i elementima.....	35
6. ANALIZA POJAVE ZEMLJO-SPOJA NA VODU 10 kV KLOŠTAR U SCADA SUSTAVU	37
6.1 <i>Analiza kvara iz releja</i>	38
7. ZAKLJUČAK	40

8.	LITERATURA	41
9.	OZNAKE I KRATICE	42
10.	SAŽETAK.....	43
11.	ABSTRACT	44

1. UVOD

Elektroenergetski sustav jedan je od najsloženijih tehničkih sustava za čije je funkcioniranje bitan trajan nadzor svih sastavnica koje ga čine. Kako bi se osigurao pouzdan i siguran rad sustava nužno je da u određenim točkama mreže budu ugrađeni uređaji za praćenje rada sustava i djelovanje u slučaju kvara ili poremećaja. Ovu ulogu preuzima podsustav zaštite koji stalnim praćenjem struja i napona pomoću releja te strujnih i naponskih transformatora utvrđuje da li je sustav ispravan ili nije. U slučaju kvara ovaj podsustav treba odvojiti kvarni element iz mreže i omogućiti ostatku sustava rad. Podsustav zaštite zajedno sa sustavom upravljanja često se naziva i sekundarnim postrojenjem, čija je zadaća nadzor primarnog postrojenja kojim teče energija. Za rad oba postrojenja potreban je AC i DC razvod koji se naziva pomoćnim postrojenjem. Najčešće relejne zaštite u distribucijskim postrojenjima su:

- nadstrujna zaštita ($I>$, $I>>$, $I>>>$),
- zemljo-spojna zaštita ($I0>$, $I0>>$, usmjerena $I0>$),
- diferencijalna zaštita ($\Delta I>$, $\Delta I>>$),
- nadnaponska i podnaponska zaštita ($U>$, $U<$),
- signalizacija zemljo-spoja ($U0>$).

HEP ODS obavlja djelatnost distribucije električne energije. HEP ODS Koprivnica, terenska jedinica Đurđevac, ima tri trafostanice TS 35/10(20)kV, a to su TS 35/10(20)kV Đurđevac, TS35/10(20) kV Pitomača i TS 35/10(20) kV Janaf. U ovome radu opisana je trafostanica TS 35/10(20) kV Đurđevac. U drugom poglavlju opisane su zaštite elektroenergetskog sustava, dok treće poglavlje opisuje daljinski nadzor i vođenje elektroenergetskog sustava na primjeru trafostanice 35/10(20) kV u Đurđevcu. Multifunkcionalni relej KCEG opisan je u četvrtom poglavlju. U petom poglavlju opisana je trafostanica 35/10(20) kV Đurđevac dok je u šestom poglavlju opisan kvar na 10 kV vodu Kloštar. U sedmom poglavlju napisan je zaključak.

2. METODE ZAŠTITE ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA

Svrha elektroenergetskog sustava je proizvodnja i opskrba električne energije do krajnjih potrošača. Sustav bi trebao biti dizajniran na način da dostavi proizvedenu energiju pouzdano, a istovremeno i ekonomično. Česti produljeni prekidi u opskrbi rezultiraju ozbiljnim poremećajima u svakodnevnoj rutini suvremenog društva što iziskuje sve veću pouzdanost i sigurnost opskrbe. Kako su zahtjevi na pouzdanost, a istovremeno i na ekonomičnost sustava u direktnoj suprotnosti, projektiranje elektroenergetskog sustava je neminovno kompromis. Mnogi dijelovi opreme elektroenergetskog sustava su vrlo skupi pa su za izvedbu kompletnog sustava napajanja potrebna zaštitna ulaganja. Iz tih razloga spomenutu opremu potrebno je odgovarajuće štititi kako bi se šteta u slučaju poremećaja svela na minimum, a istovremeno i prekid opskrbe potrošača skratio što je više moguće, tj. kako bi se električna energija distribuirala pouzdano. Još je važnije da elektroenergetski sustav treba raditi na siguran način u svako doba. Bez obzira koliko je dobro sustav osmišljen, poremećaji će se uvijek pojaviti i mogu predstavljati opasnost za život i/ili imovinu.

Mnogo je uzroka koji mogu uzrokovati poremećaj u elektroenergetskoj mreži, a neki od najčešćih su mehanička naprezanja, električna naprezanja izolacije, onečišćenje ili mehaničko oštećenje izolacije, gubitak svojstva izolacije zbog starenja i dr.

Poremećaje u elektroenergetskom sustavu možemo podijeliti na:

- Smetnje - odstupanje od normalnih pogonskih prilika. Kratkotrajno ne izazivaju oštećenja, no dugotrajno mogu izazvati oštećenje (npr. preopterećenje, povišenje i sniženje napona, nesimetrično opterećenje).
- Kvarove - značajnija odstupanja od normalnih pogonskih prilika koje izazivaju oštećenja opreme (npr. kratki spoj).

Kako bi se brzo i pouzdano otkrilo mjesto kvara i brzo i selektivno izoliralo mjesto pogođeno kvarom od preostalog dijela mreže ugrađuju se zaštitni uređaji – releji. Relej trajno kontrolira određenu električnu ili neelektričnu veličinu i kod unaprijed određene vrijednosti izaziva naglu promjenu u jednom ili više komadnih ili signalnih strujnih krugova. Izvedba zaštitnih releja se mijenjala tijekom godina, počevši od klasičnih elektromehaničkih releja, zatim statičkih releja do današnjih modernih digitalnih tj. numeričkih releja-elektroničkih zaštitnih uređaja s digitalnom obradom signala. Slika 2.1 prikazuje numerički zaštitni relej [1].



Slika 2.1: Numerički zaštitni relej[1]

Primjena pojedinačnih digitalnih uređaja npr. kronološki registrator događaja (KRD) započela je prije četrdesetak godina. U elektroenergetskim postrojenjima počeli su se primjenjivati paralelno s uvođenjem mikroracunalne opreme u sustave automatizacije i vođenja. Centralizirani sustavi zaštite i vođenja u elektroenergetskim postrojenjima integrirani su prije četvrt stoljeća, objedinjujući funkcije zaštite, upravljanja, signalizacije, nadzora i mjerenja. Današnji sustavi vođenja elektroenergetskih postrojenja su decentralizirani, modularne izvedbe i zadovoljavaju postavljene zahtjeve glede pouzdanosti, funkcionalnosti i međusobne kompatibilnosti uređaja različitih proizvođača [1].

U velikim elektroenergetskim postrojenjima zaštitni sustav je najčešće skup električnih zaštita u postrojenju (releji djeluju na promjenu neke električne veličine, npr. struja, napon, snaga, impedancija, frekvencija) i tehnoloških zaštita u postrojenju (zaštitni uređaji djeluju na promjenu neke neelektrične veličine, npr. tlak, temperatura, brzina vrtnje) [1].

2.1 Svojstva relejne zaštite

2.1.1 Osjetljivost

Termin osjetljivost kod relejne zaštite koristi se kada i kod najmanje vrijednosti mjerne veličine (npr. struje, napona) relej zaštite sigurno djeluje. Takvi uvjeti su npr. pri smanjenom broju uzemljenih točaka, u paralelnom pogonu vodova, uslijed otpora na mjestu kvara – otpora luka i prijelaznog otpora i sl.

Kod modernih digitalnih releja osjetljivost nije uvjetovana izvedbom releja nego načinom primjene i parametrima mjernih transformatora.

2.1.2 *Pouzdanost*

Pokazatelj pouzdanosti releja je učestalost uspješnih djelovanja tj. otklanjanja kvarova, a promatra se kroz dvije zadaće:

- relej mora djelovati pri kvaru (tj. ne smije zakazati)
- relej ne smije neželjeno djelovati (tj. djelovati ako nema kvara ili neselektivno djelovati)

Pouzdanost se može povećati primjenom paralelnog ili serijskog spoja zaštitnih uređaja čime se postiže zalihost tj. redundancija. Neispravno djelovanje releja najčešće uzrokuje pogrešna izvedba ili postavke releja, neispravna instalacija, neodgovarajuće ispitivanje i starenje opreme.

2.1.3 *Brzina djelovanja*

Vrijeme djelovanja releja je vrijeme od nastanka kvara do pojave signala za isključenje prekidača na izlaznim kontaktima releja. Poželjno je da je to vrijeme što kraće jer posljedice kvara ovise o duljini trajanja kvara. Relej se smatra brzim ako mu je vrijeme djelovanja kraće od 50 ms. Najkraće vrijeme djelovanja releja koji su danas u pogonu je 15-30 ms.

Vrijeme trajanja kvara određuje se tako da se vremenu djelovanja releja pribroji vrijeme djelovanja prekidača od oko 50 do 100 ms.

Brzi releji nemaju svojstvo rezerve, tj. djeluju samo pri kvarovima u osnovnom šticienom području, dok spori releji imaju svojstvo rezerve, tj. djeluju pri kvarovima i zatajenju osnovne zaštite na susjednim elementima sustava.

Brzi releji su:

- diferencijalni releji
- distantni releji (u prvom stupnju djelovanja)
- nadstrujni releji s trenutnim isključenjem

Spori releji su:

- nadstrujni releji
- distantni releji (u višim stupnjevima djelovanja)
- svi ostali releji kombinirani s vremenskim relejem

2.1.4 *Selektivnost*

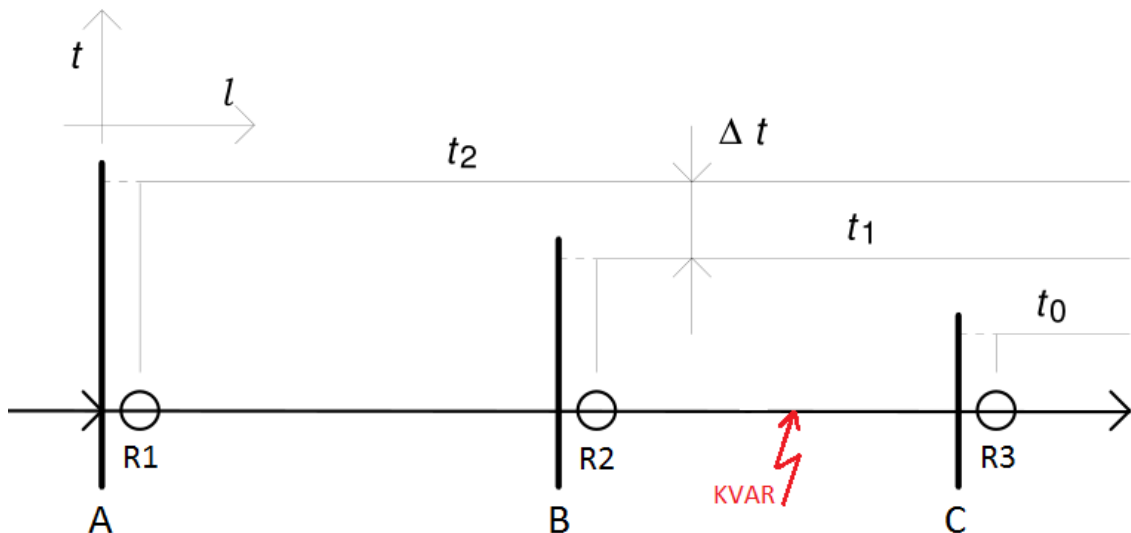
Relej je selektivan ukoliko isključi kvar samo na elementu mreže na kojem je nastao kvar, tj. ne smije isključiti kvar na susjednim elementima elektroenergetskog sustava.

Selektivnost se postiže.

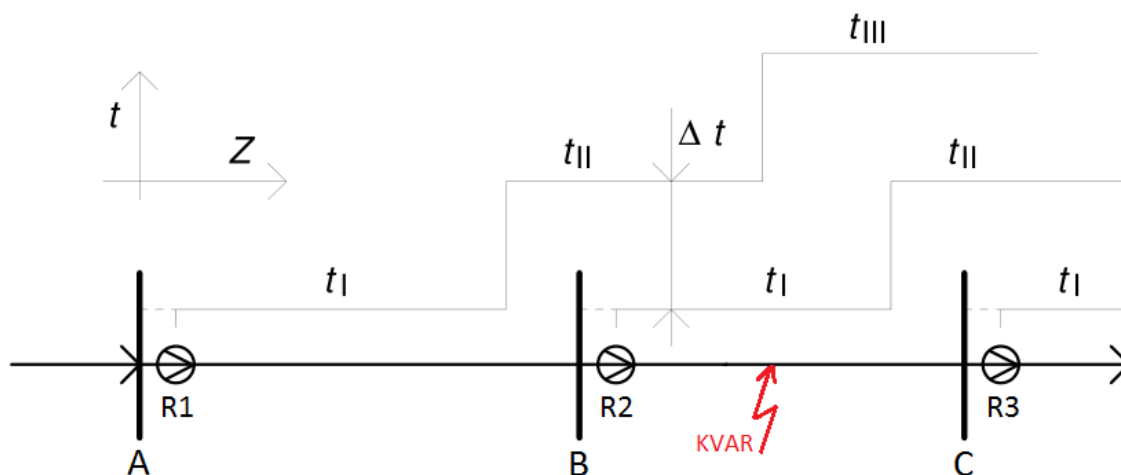
- vremenskim stupnjevanjem – nadstrujni i distantni releji
- načinom izvedbe – diferencijalni releji

2.1.5 *Selektivnost izvedena vremenskim stupnjevanjem*

Ovisno o udaljenosti od mjesta kvara sustavi zaštite u povezanim zonama podešavaju se tako da djeluju vremenski stupnjevano. Iz primjera sa slike 2.2 i slike 2.3 vidljivo je da u slučaju kvara na označenom mjestu isključenje dolazi od releja R2 nakon vremena $t_1(t_I)$. Slike 2.2 i 2.3 prikazuju da u slučaju nedjelovanja releja R2, nakon vremena Δt kvar isključuje relej R1 [1].



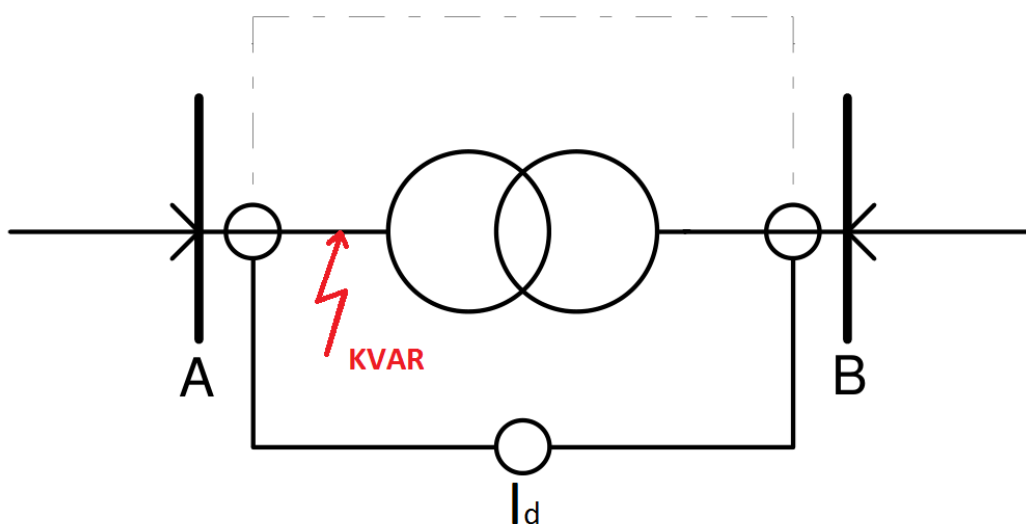
Slika 2.2: Vremensko stupnjevanje kod nadstrujne zaštite[1]



Slika 2.3: Vremensko stupnjevanje kod distantne zaštite[1]

2.1.6 Selektivnost ostvarena načinom izvedbe

Sustav zaštite pri kojem se selektivnost ostvaruje izvedbom naziva se potpuno selektivna zaštita ili zaštita elementa (engl. *unitprotection*) i s obzirom da nije vremenski stupnjevana relativno je brza. Princip takve zaštite obično se zasniva na usporedbi mjernih veličina na granicama šticenog područja, koje određuje smještaj strujnih transformatora. Slika 2.4 prikazuje takvu izvedbu [1].



Slika 2.4: Selektivnost ostvarena izvedbom releja - diferencijalna zaštita transformatora [1]

2.1.7 *Rezerva*

Da bi postigli dodatnu sigurnost u slučaju zatajenja ili neraspoloživosti osnovne zaštite, ovisno o važnosti šticeenog objekta i riziku zatajenja, odabiru se rezervne zaštite (engl. *backupprotection*).

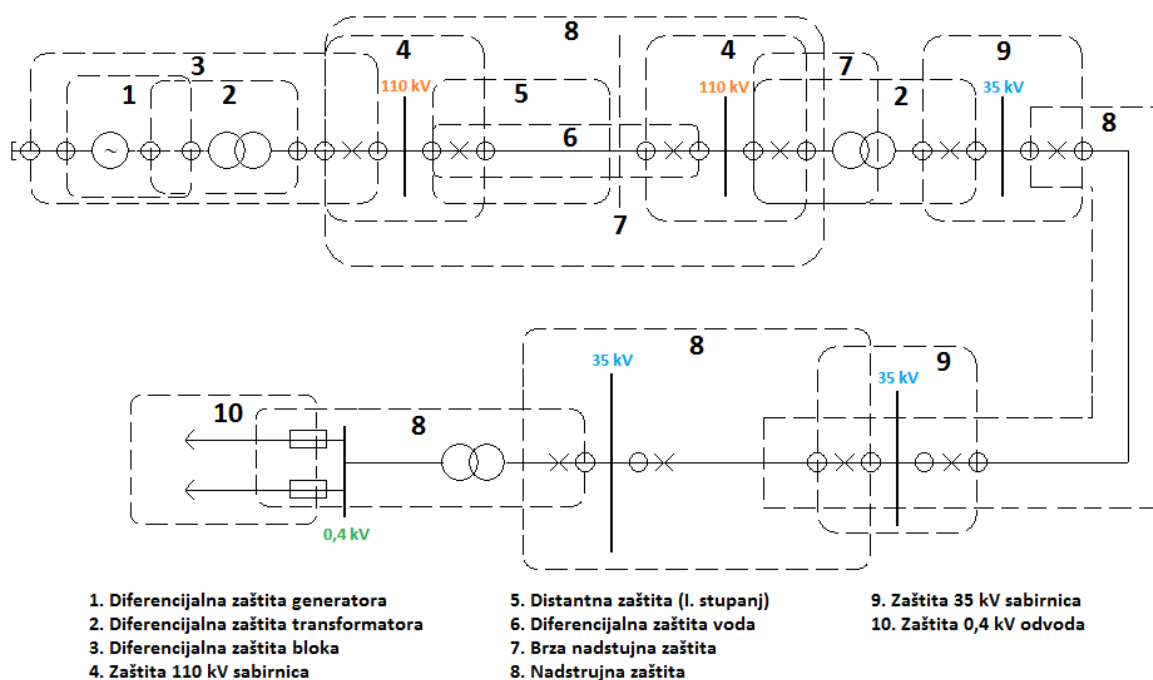
Rezervna zaštita može biti lokalna (npr. vremenski stupnjevana nadstrujna zaštita) ili daljinska (npr. druga ili treća zona distantnog releja). Kvar se otkriva istovremeno i kod osnovne i kod rezervne zaštite, no rezervna zaštita djeluje sa vremenskim zatezanjem kako bi osnovna zaštita selektivnije isključila kvar na šticeenom području.

U idealnom slučaju sustav rezervne zaštite je potpuno odvojen od osnovne zaštite, no u praksi se koriste odvojeni strujni transformatori (ili sekundarni namoti), zajednički naponski transformatori i odvojeno napajanje (uz kontrolu) isklopnih krugova. Također, poželjno je da osnovna i rezervna zaštita djeluju na različitom principu. Moderni numerički zaštitni releji mogu istovremeno sadržavati i odgovarajuće rezervne zaštitne funkcije, čime se štedi na količini opreme, no u slučaju kvara samog releja (npr. nestanak napajanja) gubi se istovremeno i osnovna i rezervna zaštita.

2.1.8 *Prilagodljivost i ekonomičnost*

Relej je prilagodljiv ako postoji mogućnost ugradnje identičnog releja na bilo koje mjesto u elektroenergetskom sustavu za zaštitu istovrsnog uređaja [1].

Ekonomičnost primjene ovisi o objektu koji se štiti. Uobičajeno se vrijednost sustava zaštite procjenjuje na 2 – 5 % od ukupne vrijednosti investicije. Na slici 2.5 prikazano je područje djelovanja zaštite u elektroenergetskom sustavu [1].



Slika 2.5: Područje djelovanja zaštite u elektroenergetskom sustavu – primjer[1]

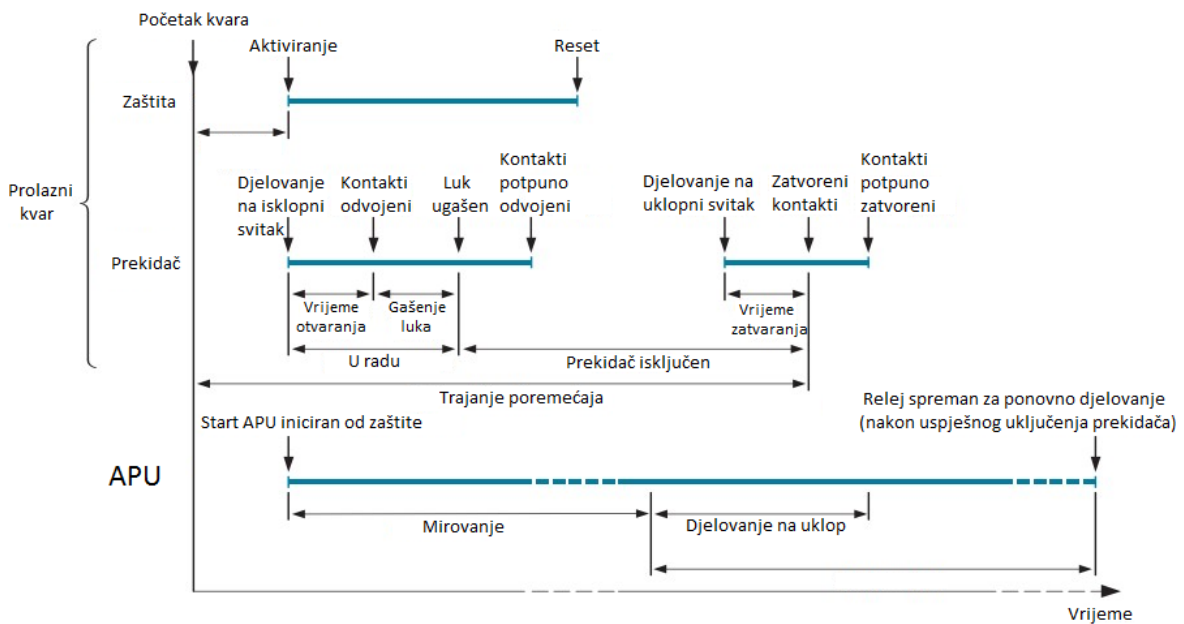
2.2 Automatski ponovni uklop

Funkcija automatskog ponovnog uklopa (APU) (engl. *Auto-reclosing*) zahtijeva se najčešće kod pojave prolaznih kratkih spojeva. Izuzetno je korisna jer omogućava smanjenje bez naponske pauze na minimum. Ukoliko se na električnomvodu dogodi prolazan kvar, npr. grana drveta prisloni se na vod, nadstrujna zaštita iskloniti će vodni prekidač. Nakon podešenog vremena zatezanja APU će dati ponovni nalog za uklop. Ako kvar više nije prisutan vod će ostati u pogonu, a ako je prisutan i dalje nadstrujna zaštita će ponovno izbaciti vod. Ako se radi o grani, koja je pala na vod, nakon nekoliko pokušaja uklopa moguće je da grana bude spaljena, odnosno uzrok kvara uklonjen.

Integrirana funkcija APU omogućava podešavanje pet pokušaja automatskih uklopa, nakon pet različitih vremenskih odgoda. Programski je omogućeno povezivanje međudjelovanja između APU i zaštitnih funkcija, što znači da korisnik može odabrati koje će funkcije pokrenuti ciklus APU. APU ciklus može biti pokrenut i blokiran preko binarnog ulaza. Predviđena je i mogućnost kontroliranog pokretanja ciklusa APU ovisno o vremenskoj odgodi prorade pojedine funkcije kao i blokiranje pokretanja APU kod trolejnog kratkog spoja.

Automatsko ponovno uključivanje prekidača je na srednjem naponu vrlo bitno jer se najveći dio kvarova ukloni već kod prvog ponovljenog uklopa, čime se vremenski prekid u

opskrbi svodi na minimum. Isto tako izbjegava se trošak pogonskog osoblja koje nema potrebu izlaziti na teren za pronalazak kvara ili eventualno ponovno uključenje prekidača. Obično se koristi višekratni APU (s 2 ili 3 uklopa) sa određenim vremenskim razmacima. Prvi uklop je vrlo brz, drugi uklop uključuje prekidač nakon 15 – 45 sekundi, a treći nakon 60 – 120 sekundi. Ukoliko i nakon trećeg uključjenja zaštita isključi prekidač, uređaj za APU se blokira i nema daljnjih uklapanja [1]. Slika 2.6 prikazuje kako APU djeluje kad nastupi kvar [1].

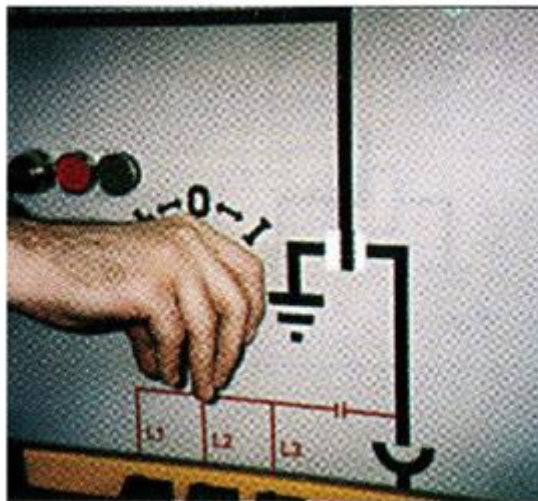


Slika 2.6: Shema djelovanja jednostrukog APU za prolazni kvar [1]

3. DALJINSKI NADZOR I VOĐENJE ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA NA PRIMJERUTRAFOSTANICE 35/10(20)kV U ĐURĐEVCU

3.1 Razine upravljanja

Upravljanje postrojenjem moguće je kao lokalno i daljinsko upravljanje. Lokalno upravljanje (razina ćelije) vrši se s razine sklopnog uređaja (pod ovom razinom upravljanja podrazumijeva se upravljanje pri kojem je uklopničar u direktnom kontaktu sa sklopnim uređajem, npr. sa sklopnim polužjem rastavljača, zakretnom ručicom rastavne sklopke i sl.). Lokalno upravljanje s razine sklopnog uređaja može također biti električno ako je sklopni uređaj opremljen tipkalima za upravljanje na samom uređaju. Upravljanje s ove razine treba izbjegavati kada je to god moguće budući da pri ovoj razini često nisu izvedene blokade kojima se može izbjeći pogrešna manipulacija. Tako je moguće isključiti rastavljač polužnim mehanizmom koji npr. nije elektromehanički blokiran. Ovu razinu upravljanja potrebno je primjenjivati samo u slučaju da je to jedina razina ili su ostale razine upravljanja van funkcije radi održavanja ili kvara[2]. Slika 3.1 prikazuje lokalno upravljanje.



Slika 3.1: Upravljanje s razine sklopnog uređaja-mehaničko[2]

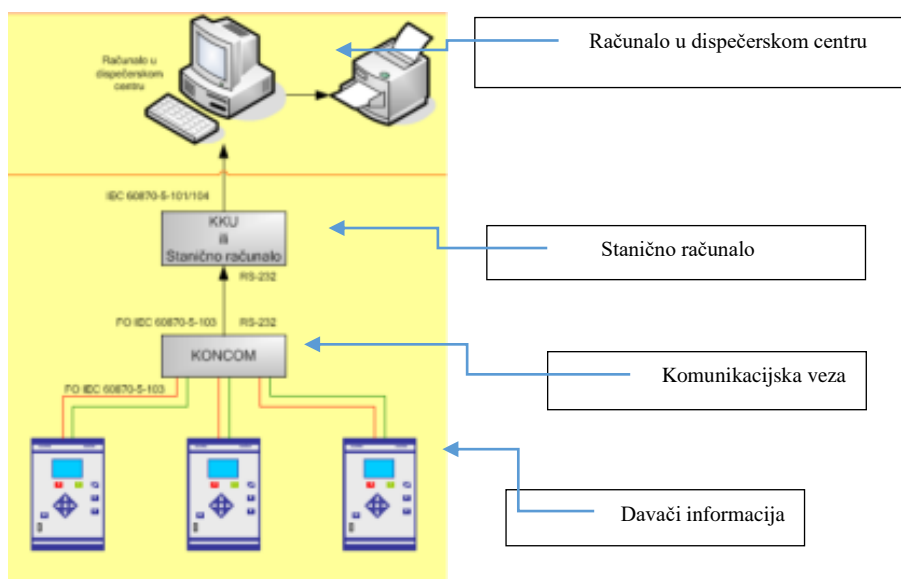
Daljinsko upravljanje vrši se izdavanjem upravljačkih naredbi putem staničnog računala u nadležnom centru daljinskog upravljanja. Promjena nadležnosti pojedinih razina upravljanja vrši se preklopkama za izbor razine upravljanja. Mogućnost izbora razine upravljanja izvedena je zbog sigurnosnih zahtjeva. Ukoliko se obavljaju radovi unutar pojedinačne ćelije postrojenja nužno je da rukovodni radnik spriječi mogućnost da s nadređene razine dođe upravljačka naredba kojom bi se ugrozio život radnika koji obavlja radove u trećoj zoni.

3.2 Daljinsko upravljanje, signalizacija i mjerenje

Daljinsko upravljanje je proces koji omogućava izdavanje naredbe iz udaljenog upravljačkog centra sklopnom uređaju. Da bi daljinsko upravljanje bilo moguće nužno je uspostaviti sustav daljinskog upravljanja kojeg čine:

- davači informacija iz rasklopnog postrojenja (signalne sklopke rasklopnih uređaja, uređaji zaštite, terminali polja, mjerni pretvarači)
- stanično računalo
- računalo u centru daljinskog upravljanja (dispečerski centar)
- komunikacijska veza između staničnog računala i računala u centru daljinskog upravljanja.

Slika 3.2 prikazuje dijelove sustava za daljinsko upravljanje.



Slika 3.2: Dijelovi sustava daljinskog upravljanja [2]

3.3 Dispečerski centar u Koprivnici

Slika 3.3 i 3.4 prikazuju izgled dispečerskog centra u Koprivnici. U centru dispečeri prate da li svi vodovi kod distribucijskog pogona Koprivnica distribuiraju električnu energiju. Kad nastupi kvar dispečer odmah vidi koji vod je izbačen (koji vod ne distribuira električnu energiju) i javlja dežurnim djelatnicima pogona u kojem je taj vod u domeni. Ako je kvar velik dežurni zove i ostale raspoložive zaposlenike da se kvar što prije otkloni.



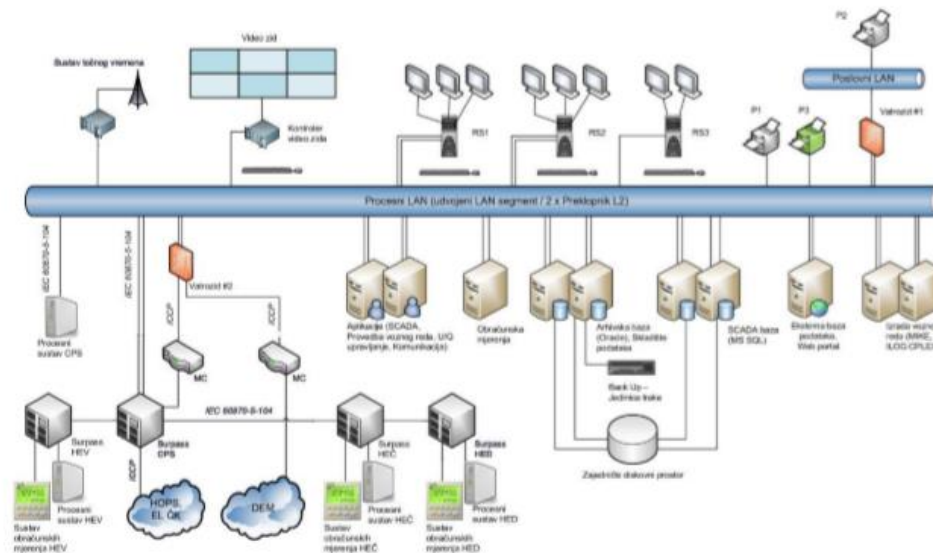
Slika 3.3: Dispečerski centar u Koprivnici(1)



Slika 3.4: Dispečerski centar u Koprivnici(2)

3.4 Daljinsko vođenje i nadzor

Sustavi daljinskog vođenja danas su najpoznatiji kao SCADA sustavi (engl. *Supervisory Control And Data Acquisition*) i koriste se širom elektroenergetskog sustava za upravljanje postrojenjima, prikupljanje i analizu podataka u realnom vremenu. Slika 3.5 [2] prikazuje moderni SCADA sustav.



Slika 3.5: Prikaz modernog SCADA sustava [2]

Osnovne dijelove SCADA sustava čine:

- davači informacija
- procesna stanica/stanično računalo
- poslužitelj u centru daljinskog vođenja/dispečerskom centru
- komunikacijska oprema

Davači informacija koji iz postrojenja daju uklopna stanja, mjerenja, signale i sl. (mjerni pretvarači, signalne sklopke, terminali polja i sl.), dok se putem izvršnih članova daljinski upravlja postrojenjem.

Procesna stanica ili stanično računalo koje prikuplja informacije s davača, procesira te informacije prosljeđuje u računalo nadležnog upravljačkog centra. Prosljeđuje upravljačke naredbe iz upravljačkog centra izvršnim članovima koji upravljaju sklopnim i drugim uređajima. Koriste se i daljinske stanice bez operativnog sustava (engl. RTU – *Remote Terminal Unit*).

Poslužitelj u centru daljinskog vođenja tj. dispečerskog centra je centralni dio SCADA sustava, koji dvosmjerno komunicira i upravlja s udaljenim procesnim stanicama tj. daljinskim stanicama. Prikuplja, obrađuje i pohranjuje podatke i prema potrebi prosljeđuje drugim sustavima. Putem HMI korisničkog sučelja omogućuje interakciju korisnika sa procesom.

Komunikacijska oprema nužna je za međusobno povezivanje dijelova SCADA sustava. Odabir opreme i protokola ovisi o specifičnim potrebama ali i ograničenjima koja postoje unutar sustava (zemljopisni položaj, količina podataka, troškovi održavanja pouzdanost i sl.)

3.4.1 Telekomunikacijska oprema

Za međusobno povezivanje udaljenih procesnih stanica s poslužiteljem u centru daljinskog vođenja potrebna je komunikacijska veza. U procesu vođenja elektroenergetskog sustava Hrvatske koristi se telekomunikacijska oprema HEP-a, a najčešće se koriste slijedeće vrste komunikacijskih veza:

- TK – telefonske parice
- optičke veze
- bežična mreža GSM/GPRS/EDGE/2G/3G/4G
- komunikacija energetskim vodičima
- radijski sustav (VHF/UHF)

Telefonske parice još uvijek predstavljaju glavnu komunikacijsku vezu unutar elektroenergetskog sustava, ekonomične su i jednostavne za upotrebu no s brzinom ograničenom na 56 kb/s.

Optičke veze najčešće se koriste u modernim komunikacijskim sustavima, omogućuju prijenos podataka velike brzine i kvalitete, no cijena opreme i ugradnja je skuplja od klasične telefonske parice.

Bežična mreža GSM/GPRS/EDGE/2G/3G/4G daje jednostavnu instalaciju putem odgovarajućeg modema, sklapa se ugovor sa operaterom za pristup mreži, ovisno o mjestu instalacije moguće je postizanje vrlo velikih brzina.

Komunikacija energetskim vodičima je prijenos podataka energetskim vodičima (engl. *PLC – Power Line Communication*) za potrebe zaštita i mjerenja korištenjem radio valova.

Radijski sustav (VHF/UHF) analogni radijski sustavi za prijenos podataka u daljinskom vođenju mreže zamjenjuju se digitalnim, na UHF području to je tzv. TETRA sustav. Na VHF području tj. na ultrakratkom valu (UKV) komunikacijske veze koriste se u sustavu govorne komunikacije za međusobnu komunikaciju djelatnika na terenu.

Na slici 3.6 prikazan je uređaj za komunikaciju između dispečera i dežurnog zaposlenika.



Slika 3.6: TETRA mobilna stanica proizvođača Motorola[2]

3.4.2 Kronološka registracija događaja

Sve promjene u elektroenergetskom sustavu zabilježene u SCADA sustavu smatraju se događajima i kao takve kronološki registrator događaja (KRD) upisuje ih prema vremenu nastajanja u liste događaja (KRD liste). Uz točno vrijeme do razine milisekunde i datum nastanka, identificira se i objekt u kojem je događaj nastao i stanje (npr. uključen, isključen, aktiviran). Pod događajima se osim promjene stanja aparata upisuju i prorade zaštita, prebacivanja preklopki na druge hijerarhijske razine i slično. KRD liste služe za naknadnu analizu rada sustava, što je posebno bitno kod sustava zaštite. Ovisno o izvedbi liste događaja moguće je filtriranje prema tipu događaja, objektu i slično, ili npr. izdvajanje alarma u posebnu listu koja se onda naziva lista alarma. Na slici 3.7 prikazan je primjer kronološke liste događaja [2].

Datum	Signal	Opis signala	Stanje1	Stanje2
2015-10-16 09:37:41:228	A-GT_KIK_110kV_KVAR	110 TR.POLJE E01-QA1	ISK.KRUG	KVAR
2015-10-16 09:37:41:255	A-TR.POLJ-E01-QB1-IS	110 TR.POLJ E01-QB1		ISKLJUCEN
2015-10-16 09:37:44:072	EL_R.P.V2-NN	REG.PROT.U-Z.K2-ULJE	NIVO	NENORMALAN
2015-10-16 09:37:44:357	EL_R.P.V1_NN	REG.PROT.U-Z.K1-ULJE	NIVO	NENORMALAN
2015-10-16 09:37:45:621	IB_PP3_S3-NAG_L	BRANA PRELJ. POLJE 3	SEG.ZATV	NIJE NAGNUT
2015-10-16 09:37:48:003	A-A_n_MANJE-OD_90%	AGR A BRZ.MANJA 90%		ZATVOREN
2015-10-16 09:37:48:289	A-T_SPKOLZAT	TURB A PRIVODNO KOLO		UKLJUCEN
2015-10-16 09:37:48:432	A-A_UPK-UK	AGR A UPK		ZATVOREN
2015-10-16 09:37:49:491	A-T_REZE_ZAT	TURB A BRAVE PR.KOLA		UKLJUCENJE
2015-10-16 09:37:54:067	A-A_n_MANJE_OD-70%	AGR A BRZ.MANJA 70%		ISKLJUCEN
2015-10-16 09:38:04:243	A-G_KOCNEAKT	KOCNICE		NE
2015-10-16 09:38:10:308	A-U_MOST_1_UKLJUCEN	UZB A MOST 1		ISKLJUCENA
2015-10-16 09:38:11:972	A-T_DVLHMIN2	DVL ULJ.M.ST NIV.NIZ		NE
2015-10-16 09:38:12:621	IB_PP4_CRPKA1-UK	BRANA PRELJ. POLJE 4	CRPKA 1	ISKLJUCENA
2015-10-16 09:38:13:121	IB_PP3_CRPKA1-UK	BRANA PRELJ. POLJE 3	CRPKA 1	ISKLJUCENA
2015-10-16 09:38:17:125	A-T_GVLHMIN2	GVL ULJ.M.ST NIV.NIZ		NE
2015-10-16 09:38:32:103	A-TR_VRV-ZAT	TRAFO A VRV TRANSF.		ZATVOREN
2015-10-16 09:38:39:595	A-GT_KIK_110kV_KVAR	110 TR.POLJE E01-QA1	ISK.KRUG	KVAR
2015-10-16 09:38:40:425	EL_R.P.V2-NN	REG.PROT.U-Z.K2-ULJE	NIVO	NENORMALAN
2015-10-16 09:38:41:121	IB_PP3_CRPKA2-UK	BRANA PRELJ. POLJE 3	CRPKA 2	UKLJUCENA
2015-10-16 09:38:41:130	EL_R.P.V1_NN	REG.PROT.U-Z.K1-ULJE	NIVO	NENORMALAN
2015-10-16 09:38:41:621	IB_PP4_CRPKA2-UK	BRANA PRELJ. POLJE 4	CRPKA 2	UKLJUCENA
2015-10-16 09:38:41:876	IB_PP3_S3-NAG_L	BRANA PRELJ. POLJE 3	SEG.ZATV	NIJE NAGNUT
2015-10-16 09:38:51:121	IB_PP4_S4-NAG_L	BRANA PRELJ. POLJE 4	SEG.ZATV	NIJE NAGNUT
2015-10-16 09:38:53:608	A-T_TRVAR50H	TURB.REG.VARIJAT50Hz		NIJE NAGNUT
2015-10-16 09:39:01:831	IB_PP4_S4-NAG_L	BRANA PRELJ. POLJE 4	SEG.ZATV	NIJE NAGNUT
2015-10-16 09:39:22:621	IB_PP4_CRPKA2-UK	BRANA PRELJ. POLJE 4	CRPKA 2	ISKLJUCENA
2015-10-16 09:39:22:621	IB_PP3_CRPKA2-UK	BRANA PRELJ. POLJE 3	CRPKA 2	ISKLJUCENA
2015-10-16 09:39:34:955	A-T_OGR.ZATV	TURB A OGR.ZATVORENO		DA

Slika 3.7: Primjer kronološke liste događaja

3.5 Trafostanica 35/10(20)kV Đurđevac

Trafostanica 35/10(20) kV Đurđevac je postrojenje za transformaciju napona od 35 kV na 10(20) kV. Zračnim vodom dolazi 35 kV mreža iz TS110/35 kV Virje. Ista je u mogućnosti primiti i napon od distribucijskog pogona Virovitica odnosno 110/35 kV Špišić Bukovica u slučaju kvara na 35 kV mreži iz Virja. Izvan trafostanice nalaze se dva transformatora snage 8 MW. Transformatori se nalaze izvan trafostanice zbog boljeg hlađenja. Unutar trafostanice nalaze se sabirnice, mjerna i zaštitna oprema te vodna polja. Najveći teret ima vodno polje J13 Bilo 1, koje je protjecno strujom iznosa 116 A. Slika 3.8 prikazuje TS 35/10(20) kV u Đurđevcu



Slika 3.8: Trafostanica 35/10(20) kV Đurđevac

Na primarni dio transformatora 1, (slika 3.9) dolazi 35 kV vod iz TS 110/35 kV Virje. Transformator transformira energiju na niži napon iznosa 10 kV i preko sabirnica ide na vodna polja Basaričekova, Segrad, Rakitnica.



Slika 3.9: Transformator 1

Na primarni dio transformatora 2, (slika 3.10) dolazi 35 kV vod iz Pitomače. Transformator transformira energiju na niži napon od 10 kV, preko sabirnica ide na vodna polja Vinogradska, Ferdinandovac, Kloštar, Bilo 1, i Sirova Katalena.



Slika 3.10: Transformator 2

Na slici 3.11 prikazana je unutrašnjost TS 35/10(20) kV Đurđevac, i vodna polja.



Na slici 3.12 prikazana je veza između 35 kV i 10 kV preko sabirnica.



Slika 3.12: Sabirnice

Slika 3.13 prikazuje nam vezu s dispečerskim centrom da uslučaju kvara na DC razvodu sustava koristi se rezervni sustav komunikacije *Ripex*.



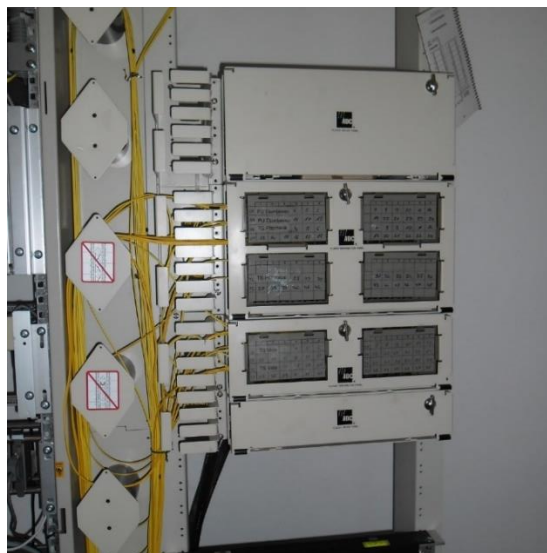
Slika 3.13: Rezervni sustav komunikacije sa dispečerskim centrom (RiPEX)

Na slici 3.14 prikazano je komunikacijsko sučelje za komuniciranje s uređajima i sustavima.



Slika 3.14: Stanično računalo i koncentrator podataka

Optički razdjelnik služi kako bi podijelio ili odvojio upadni snop svjetlosti u nekoliko svjetlosnih zraka pri određenom omjeru. Slika 3.15 prikazuje optički razdjelnik u trafostanici.



Slika 3.15: Optički razdjelnik

Upravljanje iz dispečerskog centra. Na slici 3.16 prikazani su prekidači za upravljanje.



Slika 3.16: Razvod DC sustava upravljanja

4. MULTIFUNKCIONALNI RELEJ

4.1 Općenito o relejima KCEG i KCEU

Asortiman zaštitnih releja (engl. *K Range*) donosi numeričku tehnologiju u uspješni MIDOS assortiman zaštitnih releja. Potpuno kompatibilni s postojećim dizajnom dijele isti koncept modularnog kućišta, releji nude sveobuhvatniju zaštitu za zahtjevne primjene. Zahvaljujući poboljšanoj svestranosti, smanjenim zahtjevima za održavanje i malim opterećenjima, releji serije K nude naprednije rješenje zaštite elektroenergetskog sustava.

Svaki relej uključuje širok raspon funkcija upravljanja i prikupljanja podataka kako bi pružio potpuno integrirani sustav zaštite, upravljanja, instrumentacije, evidentiranja podataka, bilježenja kvarova i bilježenja događaja. Releji imaju zaslon s tekućim kristalima (LCD) prilagođen korisniku s 32 znaka sa četiri tipke koje omogućuju navigaciju kroz izbornik i promjene postavki. Također, korištenjem jednostavne dvožične komunikacijske veze, sve funkcije releja mogu se čitati, resetirati i mijenjati na zahtjev s lokalnog ili udaljenog osobnog računala, opterećenog odgovarajućim softverom.

Releji KCEG i KCEU pružaju zaštitu od prekomjerne struje i zemljo-spoja za distribucijske sisteme električne energije, industrijske elektroenergetske sustave i sve ostale primjene u kojima je potrebna zaštita od prekomjerne struje. Releji se koriste u primjenama gdje je potrebna vremenski stupnjevana zaštita od prekomjerne struje i zemljo-spoja. KCEU pruža osjetljivu zaštitu od zemljo-spoja za sustave u kojima je struja zemljo-spoja ograničena. Prekomjerni strujni elementi mogu se selektivno usmjeravati, što znači da releji nemaju učinkovitu opciju stoga je potrebna i usmjerena i neusmjerena zaštita. Zaštita od zemljo-spoja osjetljiva je na smjer koji pruža. KCEU relej je posebno prikladan za sustave u kojima je struja zemljo-spoja jako ograničena. Integralne značajke u relejima raspona K uključuju zaštitu od kvara prekidača, kad je prekidač isključen, blokirana je prekomjerna struja sabirnice, preuzimanje hladnog tereta postrojenja, mogućnosti smanjenja tereta i dvije unaprijed određene skupine alternativna postavke. Releji također imaju integrirane serijske komunikacijske uređaje putem K-Bus-a.

4.2 Opis releja

4.2.1 Korisničko sučelje

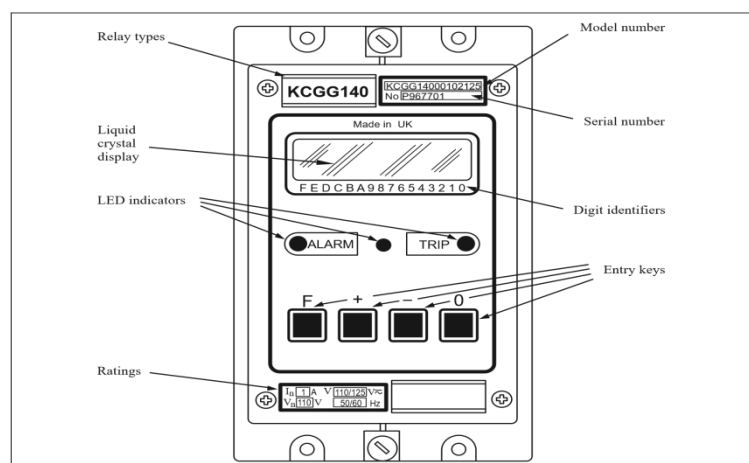
Korisničko sučelje omogućuje korisniku unos postavki releja i ispitivanje releja za preuzimanje snimljenih podataka.

4.2.2 Izgled prednje ploče

Prednja ploča releja ima identifikacijsku naljepnicu u gornjem kutu. Na naljepnici vidimo koji je model releja i koji je serijski broj releja. Te su nam informacije potrebne prilikom postavljanja bilo kakvih upita za određeni relej. Uz to postoji i naljepnica u donjem kutu koja nam pokazuje detalje pomoćnog napona, referenca napona (samo usmjereni releji) i struje. Dvije ručke, jedna na vrhu i jedna na dnu prednje ploče, pomaže nam pri uklanjanju modula iz kućišta.

Tri diode koje emitiraju svjetlost (LED) daju status indikacija, a tu je i LCD zaslon i blok s četiri tipke za pristup postavkama i drugim podacima koje želimo očitati [3].

Slika 4.1 prikazuje izgled prednje strane kućišta multifunkcionalnog releja KCGG 140.



Slika 4.1: Prednja strana kućišta

4.2.3 *Led indikacije*

Tri LED diode pružaju sljedeće funkcije:

- zelena LED dioda - označava da je relej uključen. Takvo bi se stanje smatralo normalnim radnim stanjem releja kada se strujni transformatori sami. napajaju iz voda.
- žuta LED dioda - pokazuje stanja alarma koja je relej otkrio tijekom svoje samoprovjere. Lampica alarma trepće kad se unese lozinka (inhibicija lozinke je privremeno poništena).
- crvena LED dioda- označava okidanje koje je relej izdao. To može biti zaštitno okidanje ili rezultat naredbe udaljenog okidanja; moraju se pogledati putne oznake da bi se odlučilo koja [3].

4.2.4 *Tipkovnica*

Četiri tipke na prednjoj ploči releja omogućuju korisniku odabir podataka koji će se prikazati i postavke koje će se promijeniti. Tipke izvršavaju sljedeće funkcije:

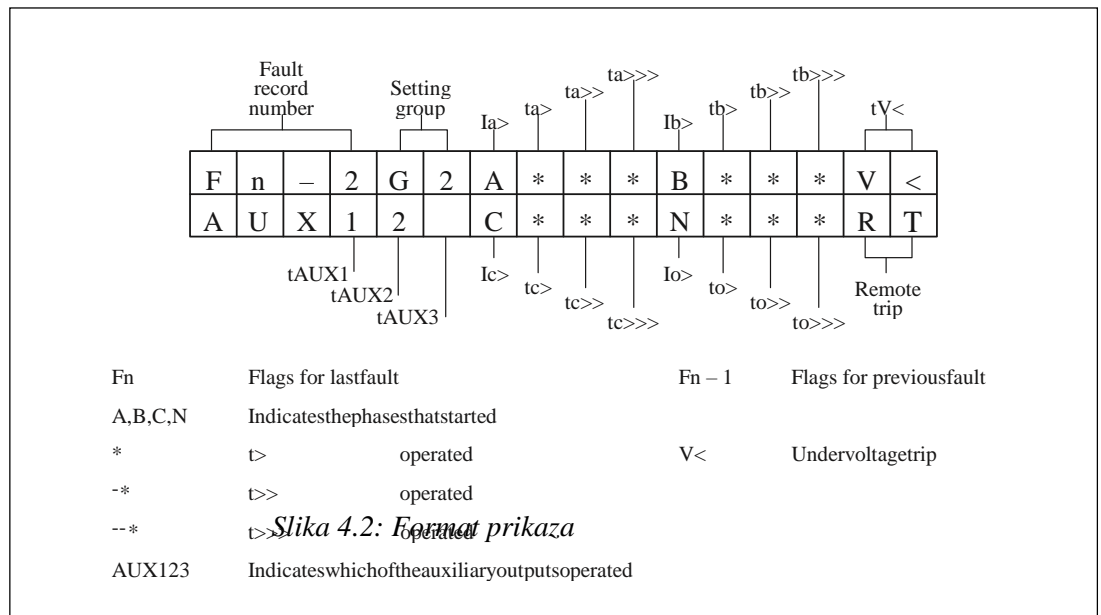
- [F] - Odabir funkcije
- [+] –Vrijednosti povećanja
- [-] –Vrijednosti promjene
- [0] – Ponovno postavi (Reset)

Napomena: Samo su tipke [F] i [0] dostupne kad je poklopac releja na mjestu.

4.2.5 *LCD zaslon*

Zaslon s tekućim kristalima (LCD) ima dva retka, svaki od šesnaest znakova, koji se koriste za prikaz postavki, izmjerenih vrijednosti i zapisa koji se izdvajaju iz baze podataka releja. Pozadinsko osvjetljenje aktivira se kad se na trenutak pritisne bilo koja tipka na prednjoj ploči releja. To omogućuje čitanje zaslona u svim uvjetima ambijentalne rasvjete. Brojevi otisnuti na prednjoj ploči neposredno ispod zaslona identificiraju pojedinačne znamenke koje se prikazuju za neke od postavki, tj. funkcionalne veze, relejne maske itd. Slika 4.2[3] prikazuje prikaz postavki.

4.2.6 Sustav izbornika



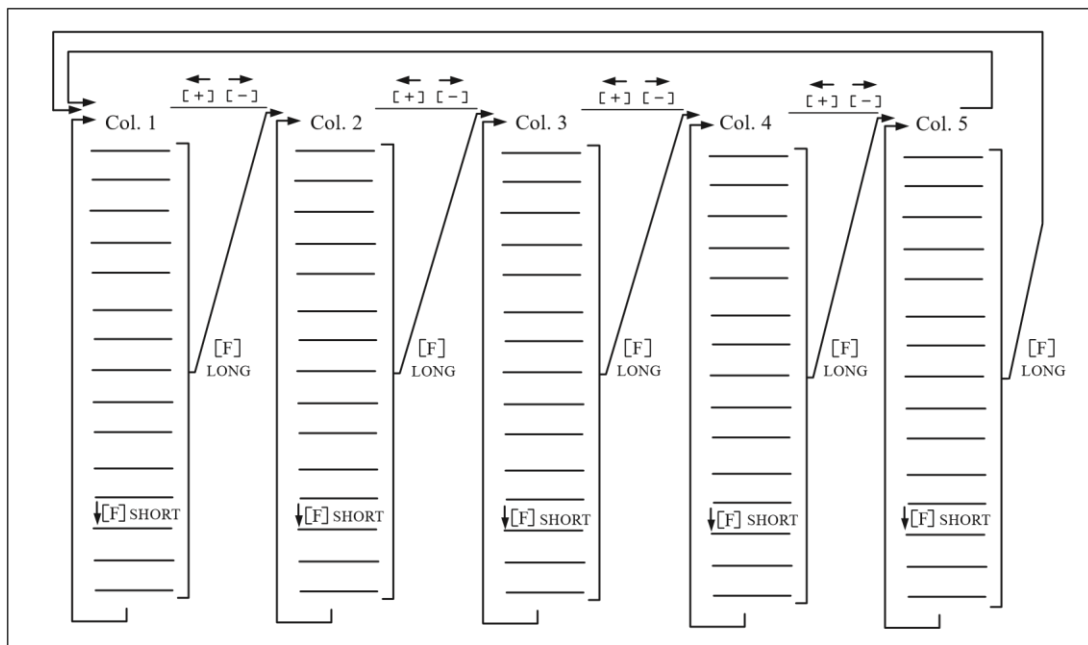
Podacima unutar releja pristupa se putem tablice MENU. Tablica je podijeljena u stupce i retke kako bi se stvorile stanice, a ne poput proračunske tablice. Svaka ćelija može sadržavati tekst, vrijednosti, ograničenja i funkcije. Prva ćelija u stupcu sadrži naslov koji identificira podatke grupirane u tom stupcu. Četiri tipke na prednjoj ploči releja omogućuju skeniranje izbornika i prikaz sadržaja na zaslonu (LCD). Pritisak bilo koje tipke rezultirat će uključivanjem pozadinskog osvjetljenja LCD-a. Ponovno osvjetljenje ponovno će se isključiti ako se u roku od jedne minute ponovo ne pritisne tipka.

Na zaslonu će se prikazati odabrana postavka i trenutnim pritiskom na funkcijsku tipku [F] prikaz će se promijeniti u naslov prvog stupca, PODACI O SUSTAVU. Daljnja trenutna pritiskanja tipke [F] spuštati će se niz stupac, red po red, tako da se podaci mogu čitati. Ako se u bilo kojem trenutku pritisne tipka [F] i zadrži jednu sekundu, kursor će se premjestiti na vrh sljedećeg stupca i prikazat će se naslov za taj stupac. Daljnja trenutna pritiskanja tipke [F] pomaknut će se niz novi stupac, red po red. Na taj se način puni izbornik releja može skenirati samo jednom tipkom i toj je tipki dostupan s poklopcem na releju.

Druga tipka kojoj je dostupan poklopac na mjestu je tipka za resetiranje [0]. Kratkim pritiskom na ovu tipku uključit će se pozadinsko osvjetljenje LCD zaslona bez ikakvog mijenjanja zaslona. Nakon zaštitnog isključenja, zaslon će se automatski promijeniti sa zadanog zaslona na onaj zastavica kvara za tu grešku, a crvena LED lampica isključenja zasvijetlit će kako bi skrenula pozornost na činjenicu. LED lampica može se

resetirati držanjem tipke za resetiranje [0] najmanje jednu sekundu. Slika 4.3 [3] prikazuje izbornik releja.

4.2.7 Sustav izbornika releja



Slika 4.3: Sustav izbornika releja

Ovim se postupkom podaci o greškama ne gube, već se brišu samo sa zaslona. Oznake grešaka mogu se čitati odabirom SNIMKA KVARA iz naslova stupaca i spuštanjem dolje dok se ne prikažu podaci zastavice (Fn), zastavice za posljednju grešku. Crvena LED dioda okidača može se resetirati držanjem pritisnute tipke za poništavanje [0] 1 sekundu dok se prikazuje ova ćelija. Sljedeća ćelija dolje sadrži zastavice za prethodni kvar (Fn-1) i tako dalje do (Fn-4); dovoljno za puna četiri ciklusa autoreklosije. Struje i naponi izmjereni tijekom posljednjeg kvara također se bilježe na ovoj stranici izbornika zajedno s vremenom otvaranja prekidača. Da bi se izbrisali svi zapisi grešaka, mora se odabrati sljedeća ćelija nakon (Fn-4). Ova će ćelija čitati "FLT (engl. *clearrecords*) = [0]", a da bi se dovršila akcija resetiranja, tipka [0] mora biti pritisnuta dulje od 1 sekunde.

Jedine postavke koje se mogu promijeniti s postavljenim poklopcem su one koje se mogu resetirati na nulu ili neku unaprijed zadanu vrijednost.

Da bi se promijenile bilo koje druge postavke, poklopac se mora ukloniti s releja kako bi se dobio pristup tipkama [+] i [-] koje se koriste za povećanje ili smanjenje

vrijednosti. Kada se prikaže naslov stupca, tipka [-] promijenit će prikaz u sljedeći stupac, a tipka [+] prikaz će promijeniti u prethodni stupac, što daje brži odabir.

Kada se prikaže ćelija koja sadrži postavku releja, radnja pritiska bilo tipki [+] ili [-] ukazat će releju da treba promijeniti vrijednost i na zaslonu će se pojaviti trepćući kursor. Da biste pobjegli iz načina podešavanja bez ikakvih promjena, tipku [0] treba pritisnuti jednu sekundu.

Za konfiguracijske postavke releja osigurana je zaštita lozinkom. To uključuje odabir vremenske krivulje, postavljene omjere CT i VT, postavke funkcionalne veze, opto - ulaz i dodjelu relejnog izlaza. Svaka slučajna promjena konfiguracije mogla bi ozbiljno utjecati na sposobnost releja da izvršava predviđene funkcije, dok pogreška u podešavanju može uzrokovati samo problem ocjenjivanja. Pojedinačne postavke zaštite zaštićene su od promjena kada je poklopac releja na mjestu.

4.2.8 *Sadržaj izbornika*

Povezani podaci i postavke grupirani su u zasebne stupce izbornika.

Svaki stupac ima naslov teksta koji identificira podatke sadržane u tom stupcu. Svaka ćelija može sadržavati tekst, vrijednosti, ograničenja i / ili funkciju. Na ćelije se navodi broj stupca / broj retka. Na primjer 0201 je stupac 02, redak 01.

Cijeli izbornik dan je u sljedećim bilješkama, ali neće biti dostupne sve stavke u određenom releju. Na primjer, jednopolni relej zemljo-spoja ne bi prikazao nikakve fazne postavke kvara, a neusmjereni relej ne bi prikazao nikakve postavke povezane sa značajkom usmjerenja. One stanice koje nemaju korisnu svrhu nisu dostupne u tvorničkoj konfiguraciji kako bi se izbjegla zabuna koja bi se dogodila prilikom odlučivanja na koje vrijednosti ih treba postaviti. Na sličan će način određene postavke nestati s izbornika kad ih korisnik odabere; tipičan je primjer alternativne postavke.

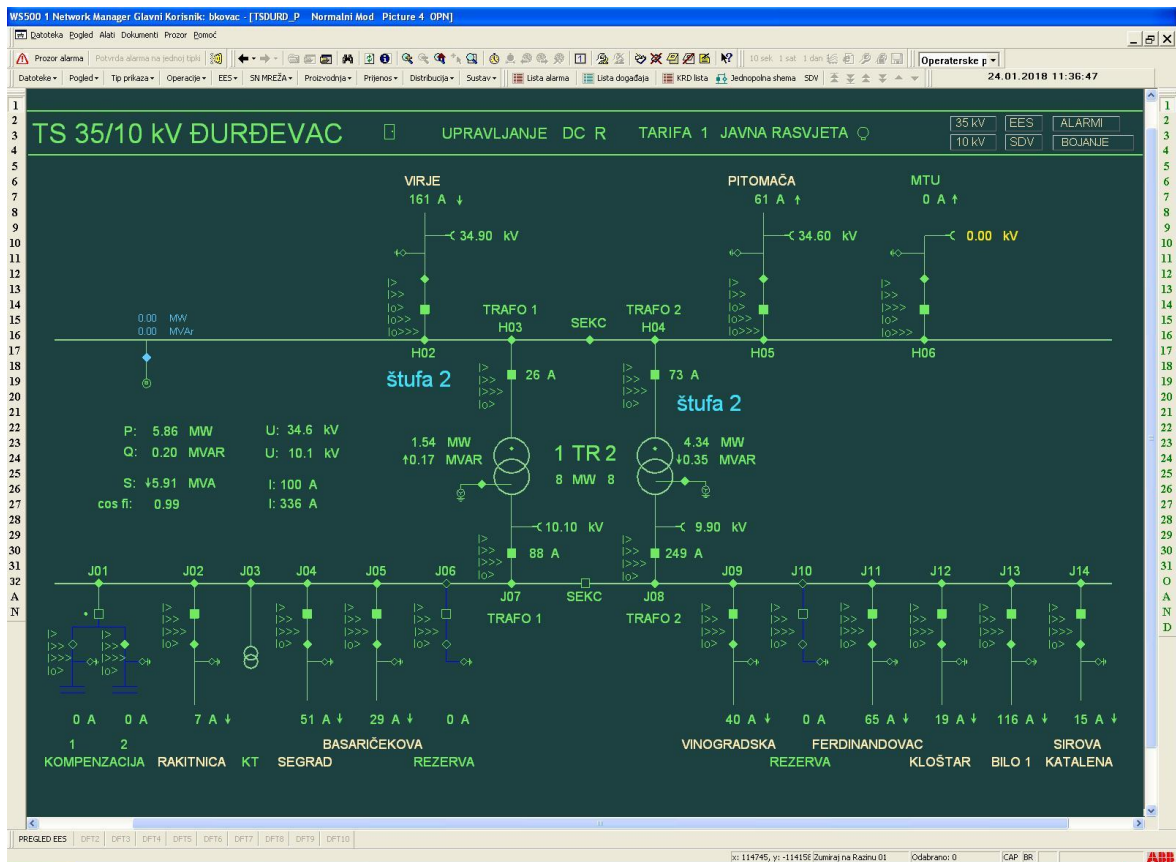
Ako je System Data Link (SD4) postavljeno na "0", alternativne postavke EF (2) i PF (2) bit će sakrivene i da bi ih odabrali i učinili vidljivima, veza SD4 mora biti postavljena na "1". Ova je napomena trenutno uključena kako bi se objasnilo zašto se neke od dolje navedenih stavki možda neće pojaviti u izborniku releja koji se uspoređuje sa cijelim popisom:

- stanice izbornika koje su samo za čitanje označene su s [READ].

- stanice koje se mogu postaviti označene su s [SET].
- stanice koje se mogu resetirati označene su [RESET].
- stanice zaštićene lozinkom označene su s [PWP].[3]

5. JEDNOPOLNA SHEMA TS 35/10(20) kV ĐURĐEVAC

Na slici 5.1 prikazana je shema TS 35/10(20) kV Đurđevac iz SCADA sustava.



Slika 5.1: Printscreen iz SCADA sustava

5.1 Definicije stupnjeva zaštita u TS 35/10(20) kV Đurđevac

Razrada vrsta zaštita u trafostanicama Elektre Koprivnica prikazana je u tablici 5.1.

Tablica 5.1: prikazuje razradu vrsta zaštite u trafostanicama Elektre Koprivnica

Oznaka zaštite	Vrsta zaštite	Opis
I>	Nadstrujna zaštita	Mjeri se struja u svakoj fazi preko strujnih mjernih transformatora. Porast struje iznad podešenih iznosa rezultira isključenjem prekidača nakon vremenskog zatezanja koje osigurava selektivnost.
Io>	Zemljo-spojna zaštita	Mjeri se zbroj struja u sve tri faze koji je u normalnom pogonu jednak nuli. Porast struje iznad podešenih iznosa rezultira isključenjem prekidača nakon vremenskog zatezanja koje osigurava selektivnost.
Idif	Diferencijalna zaštita	Mjeri se razlika struja s obje strane štice objekta koja je normalno jednaka nuli. Porast struje iznad podešenih iznosa rezultira isključenjem oba prekidača.

5.2 Zaštita dalekovoda

Zaštite koje se koriste na 10 kV vodovima koji imaju izlaze iz TS 35/10(20) kV Đurđevac navedene su u tablici 5.2.

Tablica 5.2: prikazuje koje se zaštite koriste na dalekovodima

Oznaka zaštite	Vrsta zaštite	Opis
I>	Preopterećenje	Postavlja se na nazivnu struju najslabijeg štice dijela. Pošto prorađuje kod relativno bezopasnih struja može se postaviti dulje vremensko zatezanje ili koristiti inverzna krivulja (provjeriti da se ne

		preklapa sa $I_{>>}$). Prorada ovog člana upućuje na pogrešno terećenje mreže ali rijetko na kvar dalekovoda.
$I_{>>}$	Kvar na dalekovodu	Za 10(20) kV DV ovo je uobičajena zaštita od kvarova na dalekovodu. Postavlja se niže od najmanje struje kratkog spoja. Vremensko zatezanje je kratko a obavezno kraće od vremena za $I_{>}$. Za 35 kV VP koja mogu napajati sabirnice ovaj član je usmjeren i nešto brži od $I_{>>>}$. Prorada ovog člana upućuje na kvar dalekovoda.
$I_{>}$	Kratko-spojna	Za 10(20) kV DV ovo je takozvani „klasični momentalni član“. Postavlja se na vrijednost struje koja bi mogla oštetiti opremu ako bi tekla dulje od vremena isklopa za $I_{>>}$. Prorada ovog člana upućuje na kratki spoj na početku voda. Za 35 kV VP ovaj član je malo sporiji od usmjerenog $I_{>>}$ tako da ne prorađuje kod kvarova na DV. Prorada ovog člana upućuje na kratki spoj unutar trafostanice.
$I_{o>}$	Dozemni spoj- Jednopolno kratki spoj	Usmjerena zemljo-spojna zaštita detektira malu kapacitivnu ili otpornikom ograničenu struju kod spoja faze sa zemljom. Pošto se postavlja na male struje, zatezanje može biti dulje, obično 1,0 - 3,0 sekunde. Prorada ovog člana upućuje

		na kvar na dalekovodu.
Io>>	Problemi s otpornikom	Neusmjerena zemljo-spojna zaštita koja se koristi u mreži sa uzemljenim zvjezdištem kao rezerva. Postavlja se iznad kapacitivnog doprinosa štice vodova i sporije od Io>. Prorada ovog člana upućuje na isključen otpornik ili grešku selektivnosti.
Io>>>	Dozemni spoj sabirnica	Neusmjerena zemljo-spojna zaštita koja se koristi kad vodno polje može napajati sabirnice, uglavnom za 35 kV vodna polja. Postavlja se malo sporije od usmjerenog člana te ne prorađuje kod kvarova na DV. Prorada ovog člana upućuje na jednopolni kratki spoj u trafostanici.
Idif	Uzdužna diferencijala	Nadstrujna zaštita s dva releja mjeri razliku struje s obje strane dalekovoda te isključuje oba prekidača. Prorada ovog člana upućuje na kvar na dalekovodu.

5.3 Zaštita transformatora

Zaštite koje se koriste na transformatorima u TS 35/10(20) kV Đurđevac navedene su u tablici 5.3.

Tablica 5.3: prikazuje koje se zaštite koriste na transformatorima

Oznaka zaštite	Vrsta zaštite	Opis
I>	Preopterećenje	Postavlja se na nazivnu struju transformatora. Zbog povećanja struje kod uklopa koristi se dulje vremensko zatezanje ili inverzna krivulja uz prilagodbu selektivnosti u odnosu na 10(20) kV vodove. Prorada ovog člana upućuje najčešće na grešku uklopnog stanja mreže, rijetko na kvar transformatora.
I>>	Kratko-spojna	Postavlja se na vrijednost niže od struje kratkog spoja sabirnica. Vremensko zatezanje je kratko a obavezno kraće od vremena za I>. Prorada ovog člana upućuje na kvar na transformatoru ili unutar trafostanice.
Io>>	Zemljo-spojna	Neusmjerena zemljo-spojna zaštita postavlja se iznad i sporija je od usmjerene zemljo-spojne zaštite dalekovoda tako da ne prorađuje kod kvarova na DV. Prorada ovog člana upućuje na kvar na transformatoru ili unutar trafostanice.
Idif	Diferencijalna zaštita	Glavna zaštita transformatora čija prorada redovito upućuje na kvar na samom transformatoru.
Ro>	Visokoomski kvar	Nadstrujna zaštita otpornika koja isključuje

		transformator. Postavlja se na malu struju i dugo vremensko zatezanje (10 i više sekundi ili jako inverznu krivulju) te ne prorađuje kod većine kvarova na DV. Prorada ovog člana upućuje na visokoomski kvar na DV, kvar otpornika ili grešku selektivnosti.
R>	Premoštenje otpornika	Nadstrujna zaštita otpornika koja isključuje transformator. Postavlja se iznad vrijednosti ograničenja struje kratkog spoja te ne prorađuje.

5.4 Zaštita SN postrojenja

5.4.1 Tipovi releja po vodnim poljima

U tablici 5.1 prikazano je koja se vodna polja nalaze u (TS) 35/10(20) kV Đurđevac te koji releji se koriste za svako vodno polje.

Tablica 5.1: Prikaz vodnih polja u TS 35/10(20)kV Đurđevac

Trafostanica	vodno polje	Naziv	Tip releja
ĐURĐEVAC	H02	VIRJE 110	KCEG140 01F15 MED
ĐURĐEVAC	H05	PITOMAČA	KCEG140 01F15 MED
ĐURĐEVAC	H06	MTU	KCEG140 01F15 MED
ĐURĐEVAC	J01	KOMPENZ. B1	KCEU140 01F15 MED
ĐURĐEVAC	J01	KOMPENZ. B2	KCEU140 01F15 MED
ĐURĐEVAC	J02	RAKITNICA	KCEU140 01F15 MED
ĐURĐEVAC	J04	SEGRAD	KCEU140 01F15 MED
ĐURĐEVAC	J05	BASARIČEKOVA	KCEU140 01F15 MED

ĐURĐEVAC	J06	REZERVA	KCEU140 01F15 MED
ĐURĐEVAC	J07	TRAFO 1	KCEU140 01F15 MED
ĐURĐEVAC	J08	TRAFO 2	KCEU140 01F15 MED
ĐURĐEVAC	J09	VINOGRADSKA	KCEU140 01F15 MED
ĐURĐEVAC	J10	REZERVA	KCEU140 01F15 MED
ĐURĐEVAC	J11	FERDINANDOVA C	KCEU140 01F15 MED
ĐURĐEVAC	J12	KLOŠTAR	KCEU140 01F15 MED
ĐURĐEVAC	J13	BILO 1	KCEU140 01F15 MED
ĐURĐEVAC	J14	SIROVA KATALENA	KCEU140 01F15 MED
ĐURĐEVAC	H03	TRAFO 1	KCGG140 01D15 EED
ĐURĐEVAC	H04	TRAFO 2	KCGG140 01D15 EED

5.4.2 Parametri zaštita po vodnim poljima i elementima

U tablici 5.2 prikazano je koje zaštite su stavljene na koje vodno polje i koje jakosti struja su parametrirane.

Tablica 5.2: Prikaz parametara zaštita na vodnim poljima u TS 35/10(20)kV Đurđevac

Vodno Polje	$I_{>}$ [A]	$t_{>}$ [s]	$I_{>>}$ [A]	$t_{>>}$ [s]	$I_{>>>}$ [A]	$t_{>>>}$ [s]	$I_{o>>>}$ [A]	$t_{o>>>}$ [s]	$I_{o>}$ [A]	$t_{o>}$ [s]
H02	60,0 0	0,30 Si30x DT	99,00	,00	999,00	,20	3 0,00	1 ,80	5,00	,20
H03	32,0 0	0,20 Si30x DT			1500,0 0	,10			5,00	,30
H04	32,0 0	0,20 Si30x DT			1500,0 0	,10			5,00	,30
H05	60,0 0	0,30 Si30x DT	00,00	,00	1000,0 0	,20	30,00	1,80	5,00	,60

H06	20,0 0	0,10 Si30x DT			240,00	,10			1,00	,00
J01	5,00	0,00	00,00	,00	1000,0 0	,00			,00	,00
J02	00,0 0	0,10 Si30x DT	00,00	,20	900,00	,00	35,00	1,20	,00	,50
J04	00,0 0	0,10 Si30x DT	00,00	,20	900,00	,00	35,00	1,20	,00	,50
J05	00,0 0	0,10 Si30x DT	00,00	,20	900,00	,00	35,00	1,20	,00	,50
J06	00,0 0	0,10 Si30x DT	00,00	,20	900,00	,00	35,00	1,20	,00	,50
J07	40,0 0	0,20 Si30x DT	000,0 0	,20	240,00	,20	6,00	0,20	2,00	,00
J08	40,0 0	0,20 Si30x DT	000,0 0	,20	240,00	,20	6,00	0,20	2,00	,00
J09	00,0 0	0,10 Si30x DT	00,00	,20	900,00	,00	35,00	1,20	,00	,50
J10	00,0 0	0,10 Si30x DT	00,00	,20	900,00	,00	35,00	1,20	,00	,50
J11	00,0 0	0,10 Si30x DT	00,00	,20	900,00	,00	35,00	1,20	,00	,50
J12	00,0 0	0,10 Si30x DT	00,00	,20	900,00	,00	35,00	1,20	,00	,50
J13	00,0 0	0,10 Si30x DT	00,00	,20	900,00	,00	35,00	1,20	,00	,50
J14	00,0 0	0,10 Si30x DT	00,00	,20	900,00	,00	35,00	1,20	,00	,50

6. ANALIZA POJAVE ZEMLJO-SPOJA NA VODU 10kV KLOŠTARU SCADA SUSTAVU

Sukladno tablici 5.1 prikazan je tok događaja vezan za pojavu zemljo-spoja na 10 kV zračnom dalekovodu Kloštar.

Tablica 6.1 prikazuje tijek događaja kad je nastupio kvar na zračnom vodu 10 kV Kloštar. Iz tablice se može vidjeti da je APU djelovao i otklonio kvar. Tablica je povezana sa bojama kako bi se mogao pratiti ciklus događaja.

Tablica 6.1: tijek prorade APU-a

1. Prorada sustava zaštite – Inicijalni događaj
2. Prorada brzog APU-a- Ponovo uključenje prekidača (beznaponska pauza 0,4s)
3. Isključenje prekidača
4. Ponovno uključenje prekidača od strane brzog APU-a
5. Potvrda uključnja od strane APU-a
6. Ponovna prorada na uključnje APU-a- kvar još prisutan
7. Potvrda nestanka struja kvara- Zbog isključenja prekidača
8. Prorada sporog stupnja APU-a- trajanje beznaponske pauze od 60s
9. Ponovno uključenje prekidača od strane sporog APU-a
10. Potvrda uspješnog ponovnog uključnja prekidača

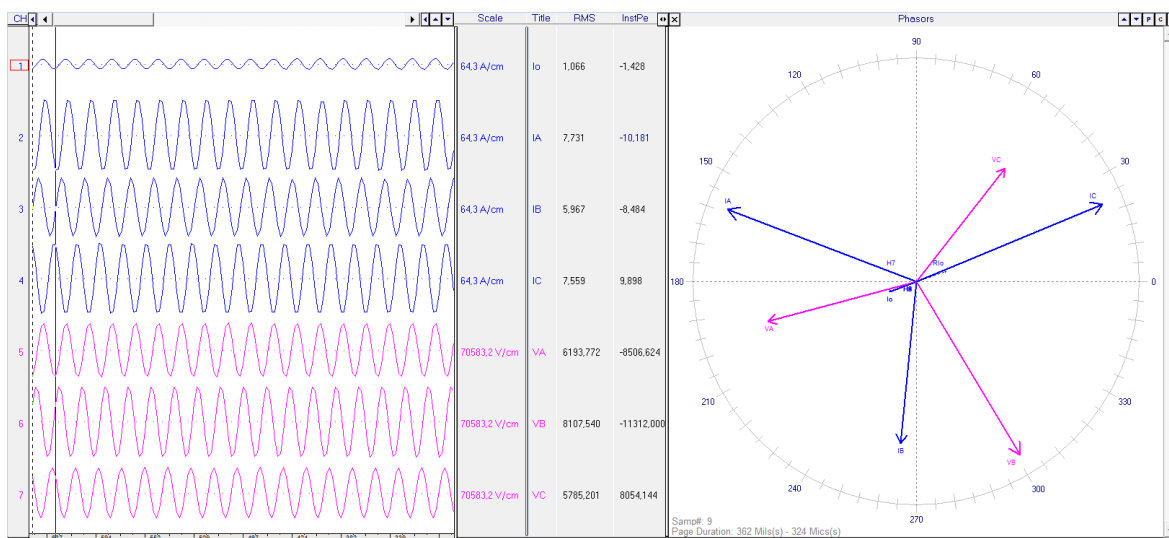
Tablica 6.2: prikazuje vrijeme i ciklus kako je APU otklonio kvar

Datum	Vrijeme	Id događaja	Događaj u SCADI	
8.8.2020	8:11:15	689	ĐURĐEVAC 10 J12 KLOŠTAR I0>	PRORADA
8.8.2020	8:11:15	693	ĐURĐEVAC 10 J12 KLOŠTAR APU CIKLUS	U TOKU
8.8.2020	8:11:15	759	ĐURĐEVAC 10 J12 KLOŠTAR PREKIDAČ	ISKLJUČEN
8.8.2020	8:11:16	211	ĐURĐEVAC 10 J12 KLOŠTAR APU	PRORADA
8.8.2020	8:11:16	319	ĐURĐEVAC 10 J12 KLOŠTAR PREKIDAČ	UKLJUČEN
8.8.2020	8:11:16	333	ĐURĐEVAC 10 J12 KLOŠTAR APU	U REDU
8.8.2020	8:11:16	832	ĐURĐEVAC 10 J12 KLOŠTAR I0>	PRORADA
8.8.2020	8:11:16	917	ĐURĐEVAC 10 J12 KLOŠTAR PREKIDAČ	ISKLJUČEN
8.8.2020	8:11:23	371	ĐURĐEVAC 10 J12 KLOŠTAR I0>	U REDU
8.8.2020	8:11:23	391	ĐURĐEVAC 10 J12 KLOŠTAR GRUPA	U REDU
8.8.2020	8:11:24	611	ĐURĐEVAC 10 J12 KLOŠTAR GRUPA	PRORADA

2	1	ĐURĐEVAC 10 J12		
8.8.2020	8:11:28	331 KLOŠTAR I0>	U REDU	
2	1	ĐURĐEVAC 10 J12		
8.8.2020	8:11:28	371 KLOŠTAR GRUPA	U REDU	
2	1	ĐURĐEVAC 10 J12		
8.8.2020	8:12:16	951 KLOŠTAR APU	PRORADA	
2	1	ĐURĐEVAC 10 J12		
8.8.2020	8:12:17	57 KLOŠTAR PREKIDAČ	UKLJUČEN	
2	1	ĐURĐEVAC 10 J12		
8.8.2020	8:12:17	72 KLOŠTAR APU	U REDU	
2	1	ĐURĐEVAC 10 J12		
8.8.2020	8:12:27	71 KLOŠTAR APU CIKLUS	ZAVRŠEN	

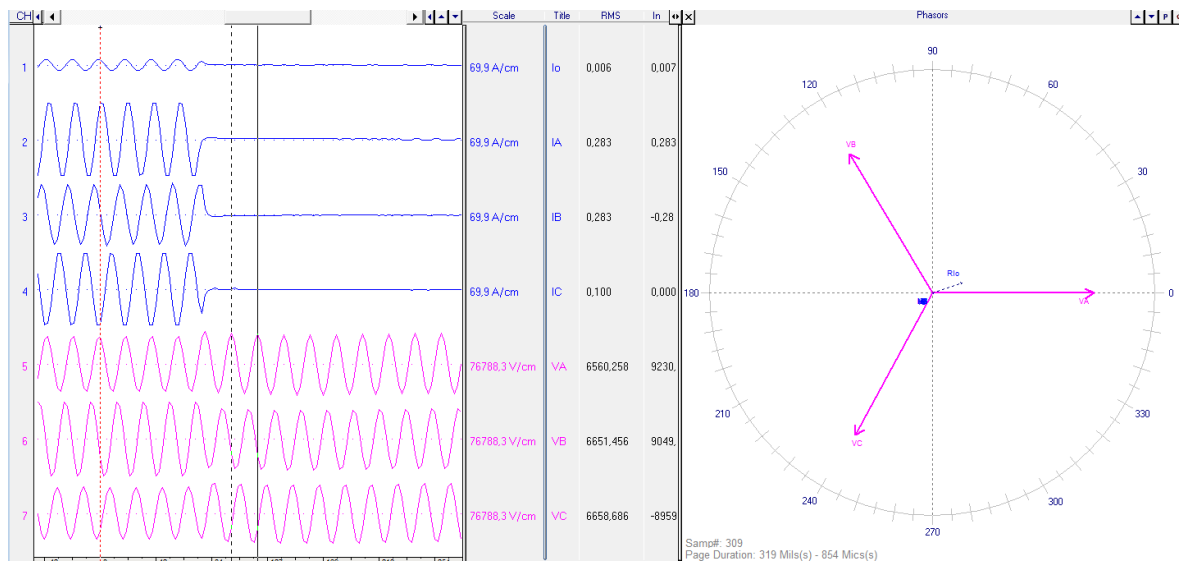
6.1 Analiza kvara iz releja

Slika 6.1 prikazuje prisutnost fazora struja kada je nastupio kvar.



Slika 6.1: Prikaz fazora struja i napona prilikom kvara u releju

Slika 6.2 prikazuje da su fazori struja nestali nakon što je APU otklonio kvar, ostali susamo fazori napona vod je ponovno u funkciji.



Slika 6.2: Prikaz fazora struja i napona nakon isključenja kvara

7. ZAKLJUČAK

Zadatak elektroenergetskog sustava je opskrba potrošača električnom energijom zadovoljavajuće kvalitete uz što veći, ali i ekonomski prihvatljiv stupanj sigurnosti opskrbe. Električne mreže su dio elektroenergetskog sustava, sa svim pripadajućim dijelovima, koji ima zadatak prijenosa i distribucije električne energije od izvora do potrošača (odnosno do trošila). Stavljanjem zaštita smanjuje se broj prekida distribucije električne energije. Mnogo je uzroka koji mogu uzrokovati poremećaj u elektroenergetskoj mreži, a neki od najčešćih su mehanička naprezanja, električna naprezanja izolacije, onečišćenje ili mehaničko oštećenje izolacije, gubitak svojstava izolacije zbog starenja i dr. Dijelovi mreže su: vodovi, transformatori, polja i sabirnice te jedinice za kompenzaciju jalove snage. Osim funkcija zaštite, sekundarno postrojenje čine uređaji automatike čija je zadaća da nakon djelovanja relejne zaštite pokušaju što prije uspostaviti normalno pogonsko stanje, npr. pokušajem automatskog ponovnog uklopa, preklapanjem na rezervno napajanje i slično. Kad se dogodio kvar na 10 kV vodu Kloštar APU je odradio zadatak i otklonio kvar.

8. LITERATURA

- [1] Dinko Peček, Elektroenergetski strojevi i uređaji, električne mreže i električna mjerenja, Elektroenergetski sustavi i električna mjerenja, Društvo energetičara Varaždin, Varaždin, 2015.
- [2] Davor Cikač, Tomislav Havrišan, Zaštitno informacijski sustavi u energetici, Daljinsko upravljanje i zaštita, Društvo energetičara Varaždin, Varaždin, 2016.
- [3] Areva, K-Range Series 1 Overcurrent and Directional Overcurrent Relays,
http://origin-faq.pro-face.com/resources/sites/PROFACE/content/live/FAQS/270000/FA270672/en_US/K-series_Manual.pdf (dostupno: 20. studenoga 2020.)

9. OZNAKE I KRATICE

AC- izmjenična struja

APU- automatski ponovni uklop

DC- istosmjerna struja

HEP- hrvatska elektroprivreda

KRD- kronološki registar događaja

ODS- operator distribucijskog sustava

PLC-power line communication

RTU-remote terminal unit

SN- srednji napon

TS- trafostanica

VP- vodno polje

DP- distribucijski pogon

10. SAŽETAK

Daljinski nadzor i vođenje elektroenergetskog sustava glavna su tema ovog rada. Opisana je trafostanica 35/10(20) kV Đurđevac. Navedeno je koja se vodna polja nalaze u trafostanici te koji je relej postavljen za svako vodno polje. Prikazana je tablica s parametrima struja koje su postavljene na svako vodno polje. Navedene su zaštite koje se koriste u trafostanici 35/10(20) kV Đurđevac. Navedeno je kako se iz dispečerskog centra u Koprivnici vodi nadzor i upravljanje trafostanice. U radu je opisan i analiziran jedan kvar koji je nastupio na 10 kV vodu Kloštar. Iz analize se može vidjeti da je APU odradio svoj zadatak i vod vratio u normalu.

Ključne riječi: trafostanica, automatski ponovni uklop, elektroenergetski sustav, distribucija, daljinski nadzor i vođenje

11. ABSTRACT

Remote monitoring and control of the power system are the main topics of this paper. The 35/10 (20) kV Đurđevac substation is described. It is stated which linebays are located in the substation and which relay is installed for each linebay. A table with current parameters set for each linebay is shown. The protection used in the 35/10 (20) kV Đurđevac substation are listed. It is shown how the dispatch center in Koprivnica is remotely monitoring and controlling the substation. The paper describes and analyzes one fault that occurred on 10 kV Kloštar line. From the analysis, it can be seen that the APU did its job and then returned to normal.

Keywords: substation, auto-reclosing, powersystem, distribution, remote monitoring and control

IZJAVA O AUTORSTVU ZAVRŠNOG RADA

Pod punom odgovornošću izjavljujem da sam ovaj rad izradio/la samostalno, poštujući načela akademske čestitosti, pravila struke te pravila i norme standardnog hrvatskog jezika. Rad je moje autorsko djelo i svi su preuzeti citati i parafraze u njemu primjereno označeni.

Mjesto i datum	Ime i prezime studenta/ice	Potpis studenta/ice
U Bjelovaru, <u>22. 10. 2020.</u>	DAVOR BEGOVIĆ	Davor Begović

Prema Odluci Veleučilišta u Bjelovaru, a u skladu sa Zakonom o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju, elektroničke inačice završnih radova studenata Veleučilišta u Bjelovaru bit će pohranjene i javno dostupne u internetskoj bazi Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu. Ukoliko ste suglasni da tekst Vašeg završnog rada u cijelosti bude javno objavljen, molimo Vas da to potvrdite potpisom.

Suglasnost za objavljivanje elektroničke inačice završnog rada u javno dostupnom nacionalnom repozitoriju

DAVOR BEGOVIĆ

ime i prezime studenta/ice

Dajem suglasnost da se radi promicanja otvorenog i slobodnog pristupa znanju i informacijama cjeloviti tekst mojeg završnog rada pohrani u repozitorij Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu i time učini javno dostupnim.

Svojim potpisom potvrđujem istovjetnost tiskane i elektroničke inačice završnog rada.

U Bjelovaru, 22. 10. 2020.

Davor Begović
potpis studenta/ice