HRVATSKI KOMITET MEĐUNARODNOG VIJEĆA
ZA VELIKE ELEKTRIČNE SISTEME - ZAGREB

ČETVRTI SIMPOZIJ O DISTRIBUCIJSKOJ DJELATNOSTI
PULA, 12. - 15. svibnja 2002.

V.Fabris dipl.ing.el. ; K.Slivarić dipl.ing.el.; Ž.Bubanko dipl.ing.el.; M.Šporec dipl.ing.el.; G.Strmečki dipl.ing.el ; M.Vukić dipl.ing.el.; N.Ukropina dipl.ing. DP "ELEKTRA" ZAGREB
D.Runjić dipl.ing.el.; D.Majerić ing. "KONČAR - KET"

R 3

DALJINSKO UPRAVLJANJE U SN MREŽI DP "ELEKTRA" ZAGREB

SAŽETAK

Opisane su osnovne karakteristike srednjenaponske mreže DP Elektra Zagreb i dani su kriteriji odabira točaka u mreži za koje je od iznimne važnosti da budu daljinski upravljive. Prikazan je način daljinskog upravljanja sklopnim uređajima u srednjenaponskim vodnim i transformatorskim poljima u kabelskim transformatorskim stanicama 10(20)/0,4 kV pogona u sjedištu DP Elektra Zagreb (Pogon Zagreb) i rastavnim sklopkama u nadzemnoj mreži pogona izvan sjedišta DP Elektra Zagreb (Pogon Velika Gorica, Pogon Samobor, Pogon Zaprešić). Naglasak je dan na tehničkom opisu izvedbe svih elemenata potrebnih za funkcioniranje sustava daljinskog upravljanja, dok ekonomski aspekt uvođenja daljinskog upravljanja u opisani segment elektroenergetske mreže Hrvatske elektroprivrede nije predmet razmatranja ovog referata.

Ključne riječi: daljinsko upravljanje, srednjenaponska mreža, TS 10(20)/0,4 kV

REMOTE CONTROL IN MV NETWORK OF DP "ELEKTRA" ZAGREB

ABSTRACT

This paper describes basic characteristics of the medium voltage network in DP Elektra Zagreb electrical distribution system and gives criteria for the selection of network points which are, due to their exceptional importance, required to have remote control capability. It also gives a description of procedure for remote control of switching devices built in medium voltage fields in cable substation 10(20)/0,4 kV and switch disconnectors in overhead lines of DP Elektra Zagreb. Every object in the remote control system is described with all important tehnical data. The economic aspect of involving remote control in described part of the Croatian power distribution network is not a subject of this paper.

Key words: remote control, medium voltage network, TS 10(20)/0,4 kV

1. SREDNJENAPONSKA DISTRIBUCIJSKA MREŽA DP ELEKTRE-ZAGREB

1.1. Uvod

Elektroenergetska mreža DP Elektre-Zagreb je kompleksan sustav elektroenergetskih postrojenja naponskih razina 0,4 kV, 10 kV, 20 kV, 30 kV i 110 kV. Zbog velike površine distribucijskog područja, vrlo raznolikog stupnja urbaniziranosti kao i specifičnosti pojedinih zona, prilikom planiranja i izgradnje elektroenergetske mreže vodi se računa o nizu parametara.

U tablici 1. su prikazani podaci o elektroenergetskim postrojenjima DP "Elektra" Zagreb za 2000. godinu iskazani za pojedini pogon.

Pogon DP Elektre-Zagreb	Zagreb	Dugo Selo	Samobor	V. Gorica	Zaprešić	Sv.Ivan Zelina	DP ukupno
Broj trafostanica	1.924	193	214	279	207	237	**3.054**
TS 110/x kV	8		1		1	1	**11**
TS 30(35)/10(20) kV	18	2	3		1	3	**27**
TS 10(20)/0,4 kV	1.898	191	210	279	205	233	**3.016**
Instalirana snaga TS (MVA)	2.139	68	152	72	147	87	**2.665**
TS 110/x kV	580		40		80	20	**720**
TS 30(35)/10(20) kV	414	32	32		16	35	**529**
TS 10(20)/0,4 kV	1.145	40	84	79	55	42	**1.445**
Duljina nadzemne mreže (km)	3.853,5	1.038,4	812,8	1.516,0	1.038,1	1.187,3	**9.446,1**
Nadzemni vod 110 kV	44,0						**44,0**
Nadzemni vod 30(35) kV	69,3	33,0	15,8		8,9	49,4	**176,4**
Nadzemni vod 20 kV	196,6	158,4	102,6	151,0	209,4	56,2	**874,2**
Nadzemni vod 10 kV	118,3	78,8	66,5	208,0		173,5	**645,1**
Nadzemni vod 0,4 kV	1.827,4	440,8	354,2	682,0	444,2	535,2	**4.283,8**
Kućni priključci	1.597,9	327,4	273,7	475,0	371,0	349,4	**3.394,4**
Signalni kabel					4,6	23,6	**28,2**
Duljina podzemne mreže (km)	3.707,4	155,9	340,2	207,0	161,0	91,4	**4.662,9**
Podzemni vod 110 kV	3,6						**3,6**
Podzemni vod 30(35) kV	199,0	0,3			3,9	9,9	**213,1**
Podzemni vod 20 kV	694,7	73,8	84,9	124,0	50,5	18,6	**1.046,5**
Podzemni vod 10 kV	702,0	2,9	2,3	4,0	1,0	3,4	**715,6**
Podzemni vod 0,4 kV	1.249,0	43,7	47,6	56,0	37,5	7,1	**1.440,9**
Kućni priključci	639,1	32,7	203,4	20,0	64,2	52,4	**1.011,8**
Signalni kabel	220,0	2,5	2,0	3,0	3,9		**231,4**
Duljina mreže javne rasvjete (km)	1.612,7	260,7	171,1	230,0	207,7	177,4	**2.659,6**
Kabeli	725,3	14,7	2,3	27,0	33,2	0,8	**803,3**
Na preponama	57,8						**57,8**
Nadzemni vod samostalni	30,5	1,5	9,6	5,0	6,2	1,2	**54,0**
Nadzemni vod s konz. mrežom	799,1	244,5	159,2	198,0	168,3	175,4	**1.744,5**

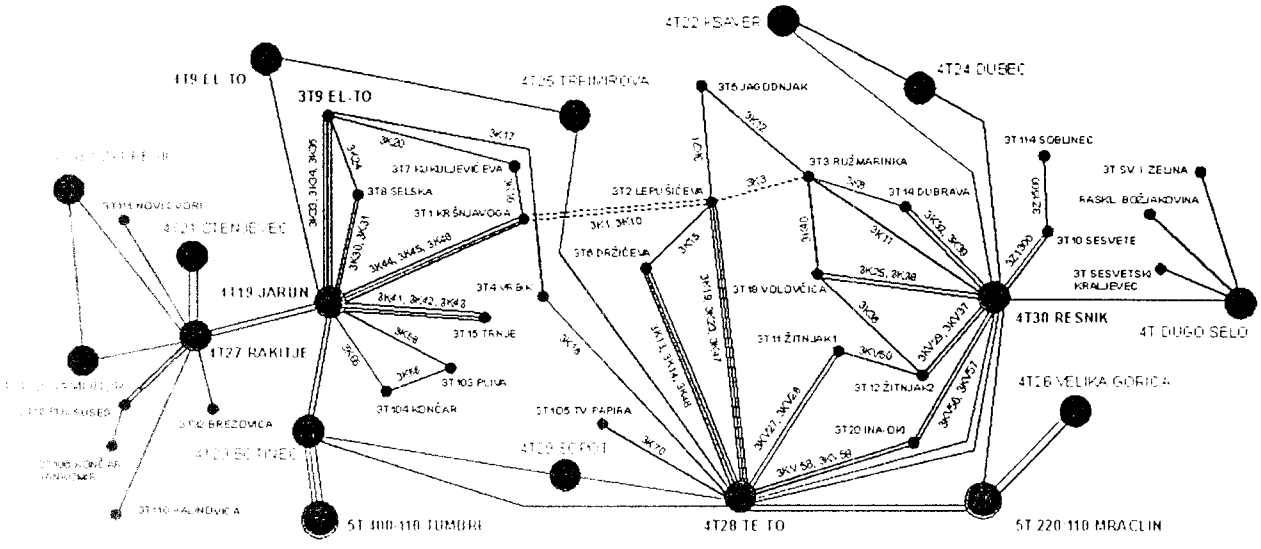
Tablica 1. Podaci o elektroenergetskim postrojenjima DP Elektre-Zagreb

Od izgradnje prve elektrane u Zagrebu elektroenergetska mreža grada širila se od središta prema van, što je uz paralelan razvoj i širenje susjednih mjesta (današnjih sjedišta vanjskih pogona DP Elektre-Zagreb: Sv. Ivan Zelina, Dugo Selo, Velika Gorica, Samobor i Zaprešić) dovelo do situacije da danas praktično ne postoje granice između grada Zagreba i okolnih mjesta.

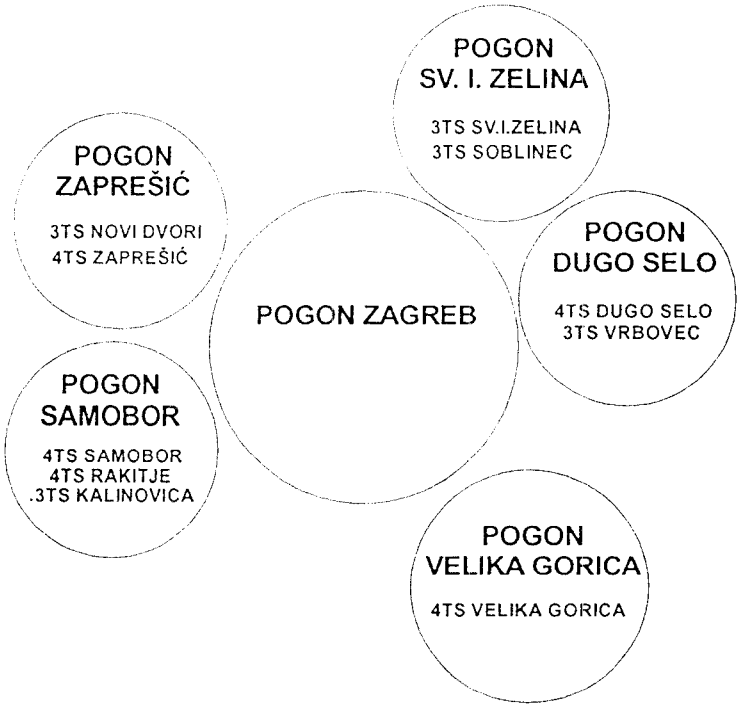
Zbog povijesnih okolnosti razvoja grada Zagreba, danas je u samom središtu grada najkritičnije stanje postojećih elektroenergetskih postrojenja – nemali je broj srednjenaponskih elektroenergetskih kabela i 10/0,4 kV transformatorskih stanica starih 50 i više godina. Okolnosti u kojima se grad tijekom (osobito sredinom) prošlog stoljeća razvijao - nepostojanje kvalitetnih dugoročnih planova urbanizacije koje bi pratili i pripadni dugoročni planovi razvoja elektroenergetskog sustava, rezultirale su nedostatnim kapacitetima postojećih pojnih točaka kao i "distribucijskog krvotoka" - srednjenaponske elektroenergetske mreže u središtu grada. U današnjim uvjetima visokog stupnja urbaniziranosti središta grada s postojećom kompleksnom mrežom cjelokupne komunalne infrastrukture veliki problem predstavlja rješavanje imovinsko-pravnih odnosa vezanih uz građevinsko zemljište novih transformatorskih stanica (bilo novog izvora - 110/10(20) kV , bilo TS 10(20)/0,4 kV), te koridora za prolazak novih elektroenergetskih vodova.

1.2. Pojne točke

Pojne točke u elektroenergetskoj mreži DP "Elektre" Zagreb su 110/10(20) kV i 30/10(20) kV transformatorske stanice prikazane su u slici 1. Na slici 2. izdvojene su pojne točke koje služe za napajanje elektroenergetske mreže vanjskih pogona DP "Elektre" Zagreb.



Slika 1. Postojeća 30 kV i 110 kV mreža na području DP Elektre-Zagreb



Slika 2. Pojne točke vanjskih pogona DP Elektre-Zagreb

U dužem vremenskom periodu izgradnja novih pojnih točaka na području DP Elektre-Zagreb nije pratila veliki porast konzuma, te su opterećenja u pojedinim pojnim točkama dostigla kritične razine. Poseban problem predstavljaju održavanja pojedinih pojnih točaka prilikom kojih je potrošače potrebno prebaciti na susjedne pojne točke što uzrokuje opterećenja tih pojnih točaka do nijhovih kritičnih granica.

U prosincu 2001. godine maksimalna preuzeta snaga za DP Elektru-Zagreb registrirana je 17.12.2001. godine u 17:00 sati i iznosila je Pmax=632,386 MW. U tablici 2. su prikazana vršna opterećenja 110 kV transformatorskih stanica u prosincu 2001. godine.

Ove godine započinje se s izgradnjom tri nove važne pojne točke - 110/10(20) transformatorskih stanica 4TS PODSUSED, 4TS SAVICA i 4TS ŽERJAVINEC. Izrada investicijsko-tehničke dokumentacije samih transformatorskih stanica kao i raspleta srednjenaponskih kabela iz istih u završnoj je fazi, a konačni rok završetka svih radova i puštanja u pogon istih u znatnoj će mjeri ovisiti o financijskim mogućnostima. Puštanjem u pogon tih pojnih točaka ne samo da će se povećati pouzdanost elektroenergetskog sustava DP Elektre-Zagreb, već će se stvoriti preduvjeti za urbanizaciju i gospodarski razvoj pojedinih dijelova užeg i šireg središta grada Zagreba koji su danas zbog preopterećenosti pojedinih postojećih pojnih točaka zaustavljeni.

U razvojnim planovima DP "Elektre" Zagreb je postupno napuštanje pojnih točaka naponske razine 30 kV, te uvođenje srednjenaponske distribucijske naponske razine 20 kV. Tendencija je napuštanje transformacija 110/30 kV, te 30/10 kV, a konačan cilj je uspostava elektroenergetskog sustava s transformacijama 110/20 kV, te 20/0,4 kV.

Naziv 4TS	Inst. [MVA]	Opterećenje		Dan	Sati
		[MW]	%		
9 EL-TO	2 x 40	54,73	68,41	Ponedjeljak 17.12.2001	10:00
19 Jarun	3 x 60	62,26	34,58	Četvrtak 20.12.2001	19:45
21 Sten jevec	3 x 20	37,22	62,03	Ponedjeljak 31.12.2001	17:15
22 Ksaver	2 x 40	40,20	50,25	Ponedjeljak 31.12.2001	17:45
23 Botinec	2 x 40	31,55	39,43	Ponedjeljak 24.12.2001	18:15
24 Dubec	2 x 40	44,50	55,62	Ponedjeljak 31.12.2001	17:45
25 Trpimirova	2 x 40	36,96	49,61	Ponedjeljak 17.12.2001	10:30
26 Velika Gorica	3 x 20	38,41	64,01	Ponedjeljak 24.12.2001	17:30
27 Rakitje	31,5 + 40	19,73	27,59	Ponedjeljak 17.12.2001	09:15
28 Toplana	3 x 60	64,98	36,10	Utorak 18.12.2001	09:30
29 Sopot	2 x 40	32,47	40,58	Utorak 18.12.2001	11:00
30 Resnik	2 x 60	90,86	75,71	Ponedjeljak 17.12.2001	09:15
116 Dugo Selo	20 + 40	23,81	39,68	Ponedjeljak 24.12.2001	18:15
102 Samobor	2 x 20	20,15	50,37	Ponedjeljak 31.12.2001	17:45
101 Zaprešić	2 x 40	26,66	33,32	Ponedjeljak 17.12.2001	20:15
TE Jertovec	DV Zelina	10,12	50,06	Ponedjeljak 24.12.2001	18:15

Tablica 2. Vršna opterećenja 110 kV transformatorskih stanica – prosinac 2001.

1.3. Razvoj SN mreže

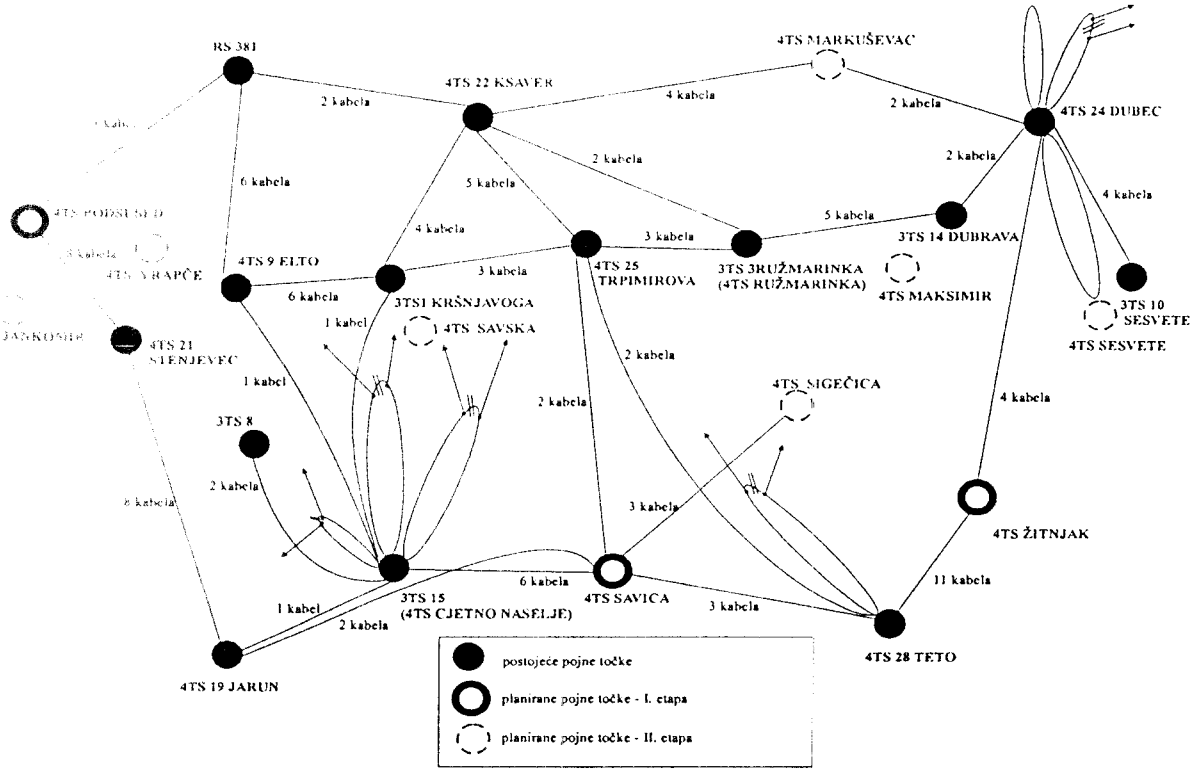
1.3.1. Konfiguracije SN mreže

U opskrbnom području DP Elektre-Zagreb zastupljena su tri tipa konfiguracije srednjenaponske elektroenergetske mreže:

1. Radijalna mreža
2. Prstenasta mreža
3. Povezna mreža

Model radijalne mreže kod kojeg se niz 10(20)/0,4 kV transformatorskih stanica zrakasto napaja iz centralne pojne točke, zastupljen je u vanjskim pogonima DP "Elektre" Zagreb, gdje je na relativno velikim zemljopisnim površinama raspoređen manji broj potrošača. Teren je često vrlo zahtjevan, te je cijena stvaranja povratne veze koja pruža veću sigurnost u opskrbi električnom energijom vrlo visoka. Osim problema pojave kvara i posljedično tome pojave prekida u opskrbi električnom energijom određenog broja potrošača, u ovim područjima problem često predstavljaju padovi napona na vodovima velike dužine, te se znatni napori ulažu i u rješavanje tog problema.
Gdje god je to moguće, u okviru postojećih mogućnosti, i u vanjskim pogonima se radijalna mreža pokušava ili pretvoriti u poveznu (u slučaju postojanja više pojnih točaka u određenom pogonu) ili u prstenastu mrežu (u slučaju postojanja samo jedne pojne točke).
Posljednjih godina se problem rezervnog smjera napajanja u rubnim dijelovima srednjenaponske mreže vanjskih pogona pokušava djelomično riješiti stvaranjem elektroenergetskih veza na srednjonaponskoj razini (10 kV, 20 kV) između pojedinih vanjskih pogona kao i izgradnja novih SN elektroenergetskih veza između vanjskih pogona i Pogona Zagreb.

Model prstenaste mreže kod kojeg iz jedne pojne točke kabelski izlaz napaja određen broj 10(20)/0,4 kV transformatorskih stanica i vraća se u početnu pojnu točku, egzistira u rubnim dijelovima središta grada Zagreba gdje postoji relativno velika gustoća potrošača, ali znatno manja u odnosu na samo središte grada. Povećanje sigurnosti u isporuci električnom energijom u ovim područjima nastoji se postići pretvaranjem prstenaste mreže u poveznu na način da se postojeće kabelske izlaze-prstene iz dvaju susjednih pojnih točaka "otvara"u poveznu mreže istih pojnih točaka.



Slika 3. Jednopolna shema I. etape planirane SN mreže središta grada Zagreba

Model povezne mreže kod kojeg svaki kabelski izlaz iz pojedine pojne točke prolazi, odnosno napaja određen broj 10(20)/0,4 kV transformatorskih stanica i završava u drugoj napojnoj točci, zastupljen je u središtu grada Zagreba, gdje je najveća zemljopisna gustoća potrošača, a postoji i potreba za povećanom sigurnosti napajanja električnom energijom jer je u istom području smještena većina državnih i društvenih institucija, kao i važni gospodarski subjekti.
Zbog ograničenih mogućnosti izgradnje novih pojnih točaka, u središtu grada koristi se i model povezne mreže s potpornom točkom, kod kojeg se u središte prstena (kod prstenaste mreže) ili središte poveznog kabelskog voda (kod povezne mreže) dovodi direktan kabel iz susjedne pojne točke, te se na taj način znatno povećava prijenosna moć kabelskih izlaza iz pojnih točaka.

1.3.2. Ugradnja daljinskog upravljanja u 10(20)/0,4 kV transformatorske stanice

Prilikom planiranja i izgradnje srednjenaponske elektroenergetske mreže, a u cilju povećanja sigurnosti opskrbe električnom energijom, ugrađuje se oprema za daljinsko upravljanje u veći broj 10(20)/0,4 kV transformatorskih stanica.
Prilikom odabira transformatorskih stanica u koje se ugrađuje oprema za daljinsko upravljanje vodi se računa o sljedećim kriterijima:

1. Objekti s potrebom povećane sigurnosti u opskrbi električnom energijom – objekti od posebnog društvenog ili gospodarskog značaja.
2. Nepristupačan teren, velika udaljenost – znatno vrijeme dolaska operativne ekipe do TS, ili otežan ulaz u TS.
3. Područje u kojem je povećana vjerojatnost kvara na srednjonaponskim vodovima (npr. nadzemni vodovi).
4. TS koja predstavlja potpornu točku dijela SN mreže.
5. Povezna mreža
   -sredina poveznog SN voda sa stanovišta opterećenje voda;
   -mjesto važnih poprečnih veza između pojedinih poveznih vodova.
6. Prstenasta mreža - sredina prstena (najudaljenija točka) sa stanovišta opterećenja voda.

U tablicama 3. i 4. prikazano je na osnovu kojih kriterija je odabrano 19 transformatorskih stanica u koje se ugrađuje oprema za daljinsko upravljanje u I. etapi, i 20 transformatorskih stanica u koje će se ugraditi oprema za daljinsko upravljanje u II. etapi radova.

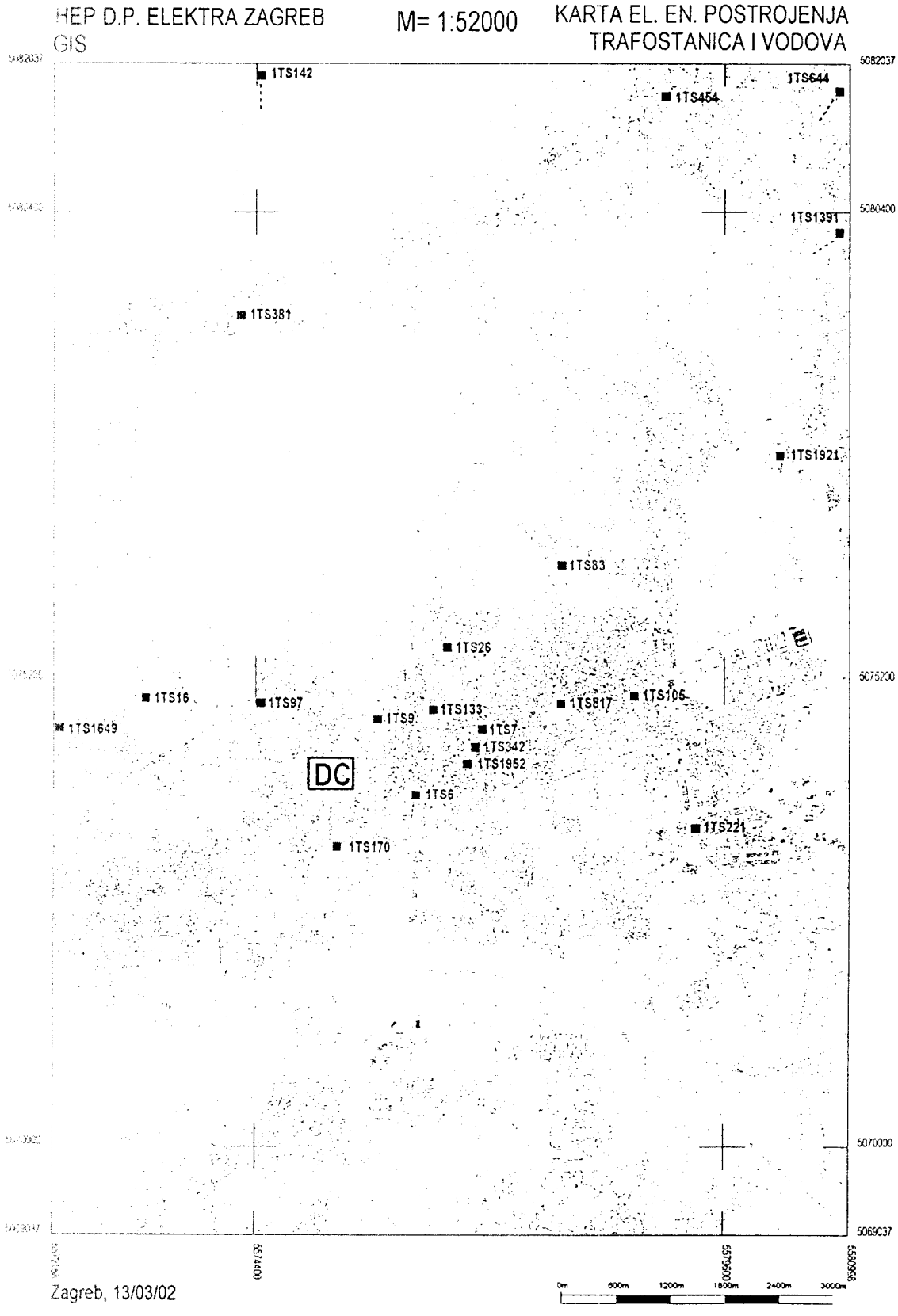
Redni broj	TS	Lokacija	Redni broj kriterija					
			1	2	3	4	5	6
1	1TS 142	Sljeme	•	•				
2	1TS 170	MUP-Savska	•	•				
3	1TS 342	Draškovićeva	•					
4	1TS 97	Podolje					•	
5	1TS 16	Ilica 272					•	
6	1TS 644	Čučerje - škola		•	•			
7	1TS 1391	Slanovec		•	•			
8	1TS 6	Esplanada	•				•	
9	1TS 7	Martićeva	•	•				
10	1TS 1921	Svetošimunska-MUP	•	•				
11	1TS 133	Trg bana Jelačića		•			•	
12	1TS 817	Vlaška					•	
13	1TS 454	Markuševačka		•	•			•
14	1TS 9	Frankopanska 1					•	

15	1TS 105	Štoosova					•	
16	1TS 83	Laščina	•					
17	1TS 1649	MUP- Ilica	•	•				
18	1TS 221	Donje Svetice 46					•	
19	1TS 381	Šestine				•		

Tablica 3. Daljinski upravljive 10(20)/0,42 kV TS – I. etapa radova

Redni broj	TS	Lokacija	Redni broj kriterija					
			1	2	3	4	5	6
1	1TS 3	Trg bana Jelačića				•		
2	1TS 39	Sveti duh	•					
3	1TS 106	Đurkov put		•			•	
4	1TS 174	Maksimirska					•	
5	1TS 191	Krapinska					•	
6	1TS 339	Barčićeva					•	
7	1TS 429	Ulica platana					•	
8	1TS 596	Gornji Bukovec					•	
9	1TS 719	Nehruov trg					•	
10	1TS 787	Slovenska					•	
11	1TS 822	Fraterščica					•	
12	1TS 942	Hanomanova					•	
13	1TS 1074	Kumborski put					•	
14	1TS 1464	Ivanja Reka		•	•			
15	1TS 1501	Rudeška		•				
16	1TS 1811	Martinci					•	
17	1TS 1871	Čučerska cesta		•	•			•
18	1TS 1908	Mudifaji		•				•
19	1TS 1929	Gacka Brezje					•	
20	1TS 1952	Palmotićeva		•			•	

Tablica 4. Daljinski upravljive 10(20)/0,42 kV TS – II. etapa radova



Slika 4. **Geografski prikaz lokacija TS 10(20)/0,4kV sa daljinskim upravljanjem u Pogonu Zagreb**

2. POSTOJEĆE STANJE I RAZVOJ AUTOMATIZACIJE NA RAZINI CENTRA VOĐENJA DISTRIBUCIJSKOG PODRUČJA

2.1. Uvod

SCADA (Supervisory Control and Data Aquisition) – predstavlja sustav za nadzor, upravljanje i prikupljanje podataka i u prethodnom je razdoblju zauzimao središnje mjesto u funkciji upravljanja distribucijskim sustavom pa tako i danas predstavlja jedan od temeljnih sustava u procesu automatizacije distribucije (Distribution Automation – DA).

Pojedine suvremene koncepcije sustava vođenja uključuju SCADA sustav kao integralni dio SDV-a (sustava daljinskog vođenja) odnosno DMS-a (sustava vođenja distribucije) no funkcionalno SCADA i dalje predstavlja nezavisan sustav unutar procesa automatizacije distribucije i čini temeljnu podlogu za razvoj različitih DMS aplikacija.

SCADA sustav se općenito sastoji od:

a) opreme na razini centra upravljanja
b) opreme za komunikaciju
c) opreme na razini postrojenja

2.2. Struktura SDV DP Elektra Zagreb na razini centra vođenja

Hijerarhijska struktura SDV-a u DP Elektra Zagreb dijeli se u dvije razine:

a) Prvu razinu čini Centar vođenja VN (DCDP) koji upravlja trafostanicama i mrežom gornjeg napona 110 kV i 30 kV na području DP-a.

b) Drugu razinu čine centri upravljanja u Pogonu Zagreb i vanjskim pogonima (CUP) koji vrše nadzor i upravljanje TS 10(20)/0.4 kV (Pogon Zagreb) odnosno TS 10(20)/0.4 kV i izlaznim SN poljima u TS 110 i 30 kV (vanjski pogoni).

SDV na razini centra upravljanja u DP Elektra Zagreb čine:

a) Razina DCDP

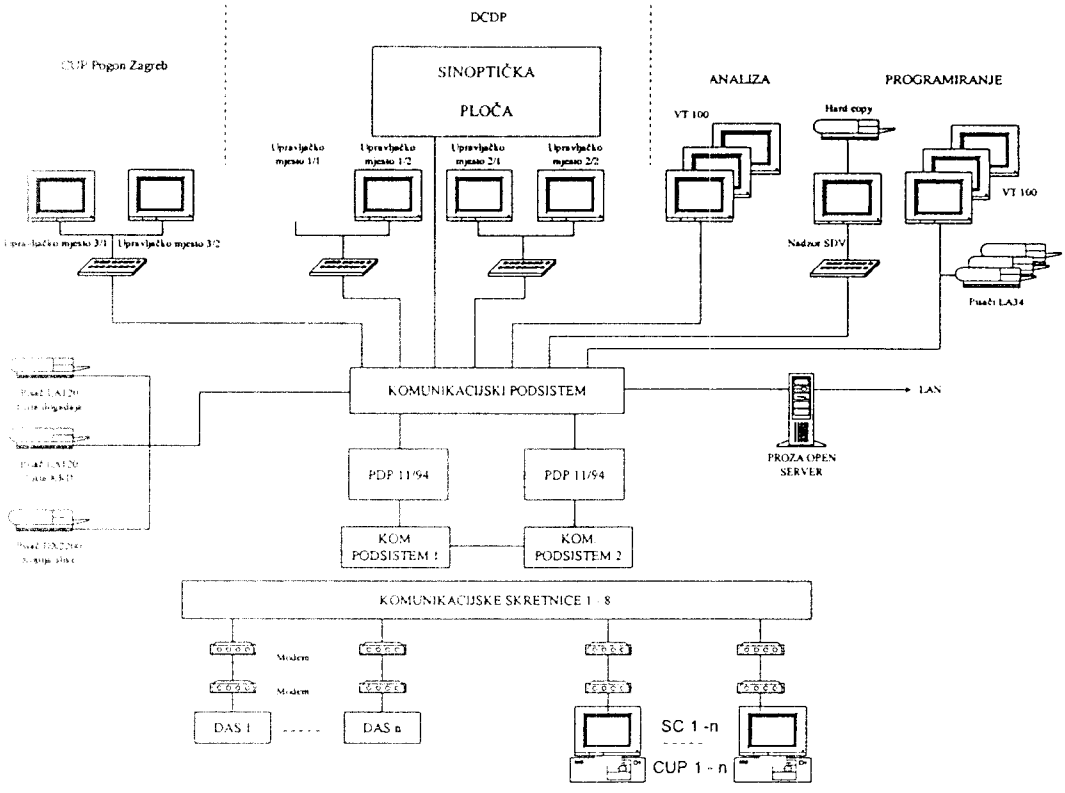
- SCADA sustav razine DCDP
- Sustav za upravljanje potrošnjom (MTU) za područje grada Zagreba

b) Razina CUP

- SCADA sustavi razine CUP u centrima za upravljanje (CUP) Pogona Zagreb i u područjima vanjskih pogona Velika Gorica, Sv. Ivan Zelina, Samobor i Zaprešić.

Daljinski nadzor i upravljanje se vrši nad **primarnim stanicama** razine gornjeg napona 110 i 30kV, dok **sekundarne stanice** gornjeg napona 20 i 10 kV nisu do sada bile daljinski vođene.

Sustav u DCDP u funkciji je od 1985. godine, temelji se na procesnim računalima PDP 11/90 i programskoj podršci RSX-11M i PROZA D/R (SCADA) te je unatoč stalnim modernizacijama i dogradnji tijekom perioda korištenja pri kraju svog životnog vijeka. Zastarjelost opreme i zatvorenost sustava u velikoj mjeri onemogućavaju njegovu efikasnu primjenu. Struktura sustava prikazana je slikom 5.



Slika 5. Struktura postojećeg SDV-a

Razvoj novih informatičkih tehnologija, tržišna kretanja a time i potreba različitih struktura poduzeća za pristupom do procesnih podataka, kako "off-line" tako i u realnom vremenu, uvjetuju posljednjih godina potrebu za transformacijom tehnološki zastarjelih i za modernu primjenu vrlo ograničenih SCADA sustava iz samostalnog i izoliranog sustava u dio cjelovitog otvorenog informacijskog sustava.

Procesni sustavi na razini CUP novije su generacije, zasnovani na standardnoj industrijskoj sklopovskoj i sistemskoj podršci (QNX, Realflex) te programskom sustavu PROZA R/F
Otvorenost procesnih sustava na razini CUP omogućit će transparentnost procesnih informacija te zahvat procesnih podataka putem standardnih sučelja i protokola i jednostavno uvođenje odnosno dogradnju sustava automatizacije distribucije na razini TS 10(20)/0,4 kV.

2.3 Automatizacija distribucije na razini centra vođenja

Automatizacija distribucije predstavlja sustav koji omogućuje daljinski nadzor, zaštitu, koordinaciju i upravljanje komponentama distribucijske mreže u realnom vremenu i kao takav zahvaća po dubini i putem sučelja sve postojeće informacijske cjeline (podsustave) u svrhu osiguravanja što kvalitetnijeg i cjelovitog skupa informacija a u cilju boljeg gospodarenja DEES-om.

Temeljne informacijske podsustave automatizacije čine:

- SCADA (Supervisory Conrol And Data Aquisition - Sustav za nadzor upravljanje i prikupljanje podataka)
- DMS – (Distribution Management System – Sustav vođenja distribucije)
- DSM (Demand side management – Sustav regulacije opterećenja i potrošnje)
  - LMS (Load Management System - Upravljanje potrošnjom)
  - TLS (Telemetring System - Daljinsko mjerenje)

U automatizaciju distribucije se uključuju i podsustavi koji čine dio cjelokupnog sustava distributivnog poduzeća:

- GIS (Geographic Information System - Zemljopisni informacijski sustav)
- TIS (Tehnički informacijski sustav)
- TCS (Trouble Call System - Sistem dojave kvarova)
- CIS (Customer Information System - Potrošački informacijski sustav)

Efikasnost cjelokupnog sustava ovisiti će u prvom redu o međuoperabilnosti njegovih podsustava pa stoga sustav treba graditi na fleksibilnoj vodoravnoj i okomitoj integraciji svih informacijskih podsustava i elemenata automatizacije odnosno baza podataka kao izvora informacija.

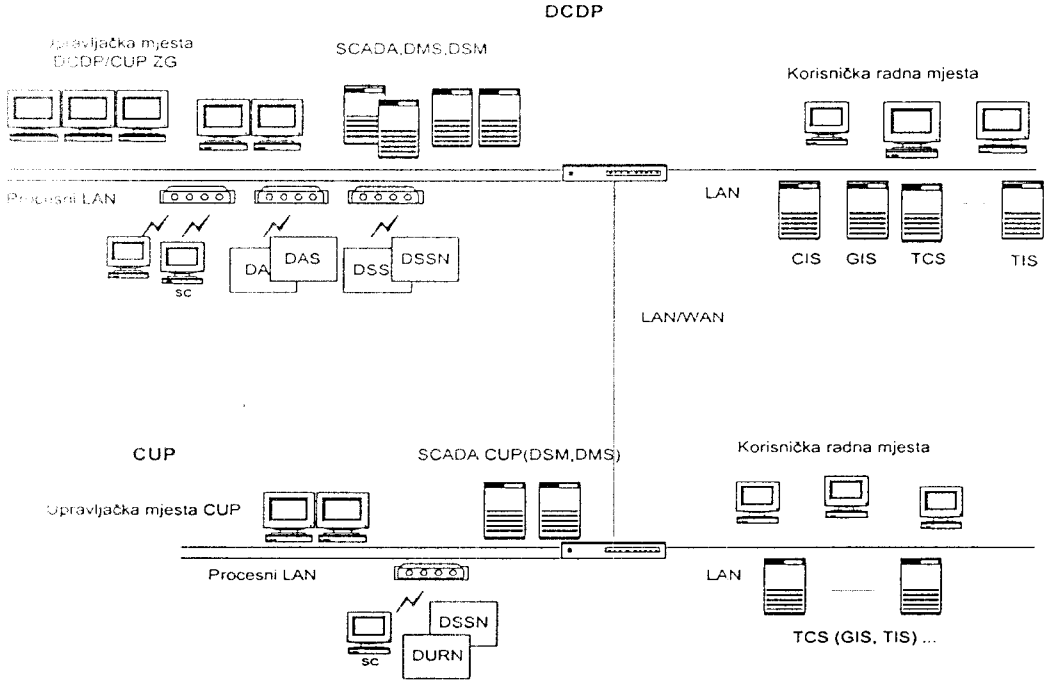
Uvažavanje industrijskih standarda i preporuka na svim razinama sustava kao i usvajanje koncepcije otvorenih sustava omogućiti će njegovu modularnu izgradnju te dodavanje pojedinih funkcija sukladno potrebama, kao i manju ovisnost u izgradnji sustava o jednom proizvođaču.

Proces automatizacije distribucije dakle podrazumijeva izgradnju **suvremenog upravljačkog centra za distribuciju električne energije** i širenje daljinskih stanica, modernih procesnih jedinica i numeričkih uređaja u dubinu, prema što **nižoj razini sustava.**

2.4 Struktura modernog sustava na razini centra vođenja

Temelj modernog centra vođenja čine suvremeni nezavisni sustavi SCADA, DMS i DSM opremljeni standardnim sklopovskim i programskim sučeljima koja će omogućiti međusobnu interoperabilnost i transparentnost prema ostalim podsustavima (GIS, TIS, TCS, CIS...) na razini upravljanja distribucijom kao i okomitu integraciju sustava automatizacije distribucije.

Pojednostavljena struktura jednog takvog sustava koji uključuje sve temeljne podsustave na razini DCDP i CUP kao i infrastrukturu automatizacije prilagođenog hijerarhiji vođenja primjenjenoj u DP Elektra Zagreb prikazana je na slici 6.



Slika 6. Pojednostavljena struktura modernog SDV-a

Radne stanice i upravljačka mjesta predstavljaju različita korisnička mjesta sa odgovarajućim aplikacijskim sučeljem prema pojedinom podsustavu. Npr. SCADA upravljačko mjesto uobičajeno koristi standardno aplikacijsko sučelje s mogućim različitim razinama shematskog prikaza SCADA funkcija i DMS aplikacija uz uključenje GIS podloge prema potrebi.

U prijelaznom razdoblju do zamjene postojećeg centra vođenja u DCDP zbog već navedenih ograničenja sadašnjeg SCADA sustava u I etapi je uvedeno dodatno SCADA računalo za potrebe procesnog nadzora i upravljanja TS 10(20)/0,4 kV u CUP Pogon Zagreb koje je uključeno u sustav prema shemi na slici 7.

3. SUSTAV VEZA ZA DALJINSKO VOĐENJE SN TRAFOSTANICA POGONA ZAGREB

3.1 Osnovne postavke

Za kvalitetno, funkcionalno, a uz to i financijski racionalno povezivanje uređaja daljinskog upravljanja SN transformatorskim stanicama potrebno je dobro promotriti nekoliko početnih činjenica :

a) Broj upravljanih trafostanica je relativno velik

Prema sadašnjoj procjeni u Pogonu Zagreb će se pojaviti potreba za upravljanjem sa stotinjak trafostanica i dvadesetak linijskih rastavljača. Koji god način komuniciranja primjenili (poziv-odgovor, spontano javljanje, kombinacija oba načina ...) očito je da komunikacija mora biti vrlo efikasna, da bi se tolika količina trafostanica držala pod nadzorom u realnom/produženom realnom vremenu. Doduše količina informacija po pojedinom objektu jest malena, ali ciklus uzimanja podataka pojedine trafostanice ne smije biti predug, jer će posljednja prozvana biti ponovno na redu sa (pre)velikim vremenskim odmakom. U slučaju većih energetskih ispada prikupljanje podataka od svih objekata bi moglo potrajati dosta dugo.

b) Geografski su trafostanice vrlo disperzirane

Ova činjenica nije iznenađujuća, ali će za posljedicu imati nužnost izgradnje radijskog podsustava. Kabelske veze će biti korištene tamo gdje telekomunikacijske trase izgrađene za neke druge potrebe (veze sa velikim trafostanicama, veze između poslovno-pogonskih objekata i sl.) prolaze kroz ili u blizini SN objekata. Izgradnja kabelske veze sa SN objektima nije ekonomski opravdana (moglo bi se dogoditi da kabel ispadne skuplji od cijelog nadziranog objekta), ali je zbog najboljih karakteristika veze uputno iskoristiti svaku priliku izgradnje i/ili rekonstrukcije SN/NN raspleta i polagati nove TK kabele. Kako se energetska mreža izgrađuje/rekonstruira etapno i vrlo često po segmentima, dobro rješenje je polaganje PHD cijevi na svim trasama i uvlačenje TK kabela u trenucima kada trase budu kompletno gotove.

c) Smještaj i pristup je u pravilu nezgodan/težak

Trafostanice su u urbaniziranom području često smještene unutar nekih drugih objekata i građevina, i tada se u pravilu nalaze u podrumima i sličnim dijelovima zgrada. To bitno otežava izvođenje bežičnog/radijskog tipa veze ("izvlačenje" antena na krovove), ali niti žičane veze nisu pošteđene poteškoća (bušenje zidova/betonskih deka, prolazak kroz (polu)privatne kabelske kanale i hodnike i sl.).

d) Veze trebaju biti pouzdane, sigurne i vrlo raspoložive

Pouzdanost i sigurnost veza je zahtjev razumljiv sam po sebi ali ga, na žalost, treba gledati i kroz prizmu realno mogućih i sve prisutnijih zlonamjernih pa čak i terorističkih ometanja i upadanja u sustav. Radijski sustavi su u tom pogledu puno ranjiviji od žičanih. NEraspoloživost veza će za sada vrlo vjerojatno potpuno isključiti iz razmatranja javne komutirane sustave, koji

postaju potpuno zagušeni i neupotrebljivi u incidentnim situacijama. Veze koje na ovaj ili onaj način koriste Internet za prijenos podataka (GPRS npr.) će u svjetlu sigurnosti vjerojatno isključiti taj tip komunikacije iz razmatranja.

e) Etapnost izgradnje

Sustav će biti izgrađivan tijekom slijedećih desetak godina i zato je izuzetno važno osigurati maksimalnu fleksibilnost, modularnost i jednostavnu nadogradivost komunikacijskog dijela. Ovdje se prvenstveno podrazumijeva da komunikacijski server omogućava kombiniranje različitih komunikacijskih protokola, različitih prijenosnih medija i različitih brzina prijenosa. U nepovoljnim geografskim konfiguracijama gdje nije moguće osigurati optičku vidljivost centra upravljanja i upravljanog objekta sustav mora osigurati mogućnost uspostavljanja tzv. štafetne (relejne) veze. Kompatibilnost i povezivost sa postojećim, ali i budućim Centrom upravljanja primarnim (VN) trafostanicama također mora biti osigurana.

3.2. Tipovi mogućih veza sa osnovnim prednostima i nedostacima

3.2.1 Žičana (Cu), vlasništvo Elektre

Vrlo pouzdana veza, zbog raspršenosti trafostanica bit će, na žalost, primjenjiva u početku samo na mjesta gdje TK kabel prolazi u blizini SN trafostanica. Eksploatacijski troškovi za ovaj tip veze su najmanji.

3.2.2 Žičana (Cu), iznajmljena od HT-a (ili nekog drugog budućeg koncesionara)

Također pouzdana veza, ali u slučajevima kvara nemamo većeg utjecaja na brzinu popravljanja. Unutar gradskog područja cijena najma nije baš jako privlačna (cca. 700 kn/mjesečno), dok prema udaljenijim lokacijama postaje gotovo neprihvatljiva (npr. veza Zagreb - Velika Gorica cca. 3.000 kn/mjesečno). Kako je telefonska mreža u gradu dobro razgranata, vjerojatno ne bi bilo problema sa dobivanjem priključka gotovo na svim željenim objektima. U prigradskim područjima i za stupne rastavljače vjerojatnost dobivanja priključka uvelike pada/nestaje.

3.2.3 Komutirana veza HT

Ovaj tip veze je jeftiniji od točke 3.2.2. (oko 250 kn/mjesečno ako se radi o prozivanju jednom u satu ili rjeđe ; trajno cikličko prozivanje neprihvatljivo skupo) i ima prednost što se u trafostanici istovremeno nalazi i telefon. Veza je pouzdana, ali u incidentnim situacijama neupotrebljiva (zagušenost). Komunikacijski dio opreme mora biti opremljen "dial-up" modemima, ali zbog biranja treba računati na duže trajanje pojedine veze od pretpostavljenih nekoliko sekundi (samo "biranje" traje nekoliko sekundi).

3.2.4 Optička, vlasništvo Elektre

Veza sa najvećim kapacitetom, najvećim brzinama prijenosa i najvećim dometom. Niti jedno od navedenog za potrebe ovog tipa veze nisu od bitnog značaja, jer su sekundarne trafostanice vrlo siromašne količinom podataka, tako da brzine prijenosa nisu i ne moraju biti velike, a i udaljenosti u gradu su dohvatljive svim tipovima veza. Veza je najotpornija na sva ometanja i prisluškivanja, a posebno treba istaknuti otpornost veze na visokonaponske utjecaje. Cijena kabelskog dijela mreže je ista kao klasična (bakrena), ali je terminalna oprema puno skuplja. Ipak treba napomenuti da je ovo tip veze koji je zasigurno najperspektivniji. Cijene završne opreme će zasigurno padati i sve veći broj uređaja će imati ugrađeno optičko sučelje.

3.2.5 Optička iznajmljena od HT-a

Cijene zakupa optičkog vlakna od HT-a nisu nam poznate, ali će vrlo vjerojatno, zbog velikih prometnih mogućnosti, biti vrlo visoke i samim time za ovu primjenu neprihvatljive. Tehnički parametri isti kao pod 3.2.4.

3.2.6. Bežična, privatna mreža, u postojećem govornom sustavu

Korištenje postojećeg sustava veza i postojeće infrastrukture odašiljača, repetitora, dozvola itd. čini ovaj sustav jeftinijim od isključivo podatkovnog (kojeg tek treba izgraditi - točka 3.2.7). Na žalost, sustav je i manje efikasan, jer postoji trajni sukob govornih i podatkovnih veza. Uz standardne smetnje u bežičnim komunikacijama "pojavljuju" se i dodatna uzajamna ometanja i to su intenzivnija što je situacija incidentnija.

3.2.7. Bežična, privatna mreža, samo za prijenos podataka

Dosta komplicirana administrativna priprema - idejni projekt sustava, odobrenje Hrvatskog Zavoda za telekomunikacije (projekt može biti i NEodobren !!!), izvedbeni projekt i na kraju samo izvođenje. Kako radijske komunikacije imaju svoje propagacijske zakonitosti, za pokrivanje svih traženih lokacija, a uvijek se nađe nekoliko njih koje su zasjenjene prirodnim i/ili umjetnim zaprekama, poželjno je imati poneku istaknutu "repetitorsku" lokaciju (kao npr. Sljeme), ali je takvo mjesto ili infrastrukturno poptuno neuređeno ili je pak prenapučeno razno-raznim odašiljačkim sustavima drugih korisnika. Za takva je mjesta izuzetno teško dobiti dozvole i vlasnika objekta (HRT, HT, MORH, Kontrola leta i sl.) i Zavoda za telekomunikacije. U slučaju da se uspješno riješe svi navedeni problemi, karakteristike sustava zaista opravdavaju uloženo. Sustav odmah pokriva cijeli DP, a izgradnja sustava je relativno jednostavna, etapna i pruža velike mogućnosti.

Potrebno je spomenuti mogućnost uporabe tzv. nelicenciranih radijskih veza. To su veze na međunarodno usaglašenim frekvencijskim područjima i dozvole Zavoda za telekomunikacije nisu potrebne i NEMA plaćanja nikakvih naknada. Uređaji za ovu svrhu koriste frekvencijsko područje na 2,4 GHz. Sustav veza tako postaje jeftiniji i u izgradnji i u eksploataciji, ali kako je korištenje frekvencija dozvoljeno svima, moguća je "gužva" u eteru. Loša strana je nadalje vrlo visoka frekvencija, koja zahtijeva apsolutnu optičku vidljivost prijemne i odašiljačke antene.

3.2.8. Mobitel/GSM (Cronet, VIPNET)

Vrlo jednostavna priprema: sklapanje ugovora s koncesionarom i kupovina uređaja. Sustav je, na žalost, nepouzdan i u incidentnim situacijama neupotrebljiv (ponekad i bez incidentne situacije "Nema slobodnih kanala" !!). Zbog visoke cijene impulsa skup u eksploataciji, ali je zbog konkurencije za očekivati pad cijena (npr. VPN = besplatno, osim naravno pretplate).

3.2.9. Javni trunking

Povoljniji od javnih bežičnih sustava glede posebnih funkcija koje sustavi iz točke 3.2.8. ne podržavaju - u prvom redu ovdje se podrazumijeva mogućnost urgentnih veza i mogućnost grupnih poziva i mogućnost korištenja uređaja/sustava i za govorne veze, dok je po cijeni između VPN-a i "običnog" GSM-a (cca. 300 kn/mjesec). Performanse sustava su standardne za bežični tip komunikacija. Potencijalno nepouzdan sustav, jer koncesionar može izgubiti koncesiju i/ili propasti.

3.2.10. Satelitski sustavi

Najskupiji u eksploataciji (vrlo visoka cijena impulsa), u samom izvođenju su negdje između javnih bežičnih sustava i privatne mreže. Za rad je također dovoljno nabaviti samo uređaj, ali je neophodno osigurati apsolutnu vidljivost satelita što pak postavlja vrlo oštre zahtjeve glede postavljanja antene (podrumski smještaj trafostanica - antene na krovu !!!). Potencijalno interesantan tip veze za lokacije koje nisu pokrivene niti jednim drugim sustavom veze (trase dalekovoda daleko izvan zona GSM-a i dosega privatnih sustava i sl.).

3.2.11. DLC (Distribution Line Carrier)

Prijenos podataka preko ekrana SN i NN kabelske mreže, po energetskim (faznim) vodičima SN i NN zračne ili kabelske mreže i po zaštitnom užetu SN dalekovodne mreže (kombiniranje navedenih tipova je moguće). Prijenos je najsporiji, ali u potpunosti zadovoljava postavljenu zadaću. Osnovna mana je što u slučaju prekida kabela/pada stupa najvjerojatnije ispada i komunikacija sa svim upravljanim objektima iza

kvara, dakle onemogućeno je upravljanje upravo kada je najpotrebnije. Kao prednost treba navesti da sustav pored funkcije upravljanja omogućava i funkciju daljinskog očitavanja brojila pa čak i funkciju tarifiranja i upravljanja potrošnjom.

3.3 Procjena dobrih i loših strana pojedinih tipova veze

3.2.1. Ovo je tehnički najpoželjnija komunikacija. Na žalost, visoka cijena izgradnje, unatoč odličnih tehničkih karakteristika, sužavaju primjenu samo na već izgrađene kapacitete. Preporuka je da se ovaj tip veze maksimalno preferira i da se pri izgradnji ili rekonstrukciji SN/NN kabelske mreže svakako polažu i TK kabeli i tako proširuje TK mreža.

3.2.2 Kratka računica pokazuje da bi isključiva primjena ovog tipa veze bila neprihvatljivo skupa (100 objekata x cca. 1000 kn x 12 mjeseci = cca. 1.2 milijuna kuna godišnje). Prihvatljivo je koristiti ovaj tip veze samo na mjestima gdje vlastita mreža nije izgrađena, a i u tim slučajevima poželjno je što prije izgraditi vlastitu mrežu. Kako trenutni monopolist ne priznaje nikakav viši stupanj važnosti ovog tipa veze u odnosu na bilo koji drugi priključak (ovu privilegiju imaju samo veze MORH-a i MUP-a) u slučaju kvara popravak čekamo u redu sa svim ostalim "običnim smrtnicima".

3.2.3., 3.2.5.; 3.2.8. i 3.2.10. Sustavi su kod kojih postoji bar jedna vrlo loša karakteristika, a s druge strane ostali parametri taj veliki nedostatak ne mogu nadoknaditi. To su sustavi koji su primjenjivi samo u slučajevima da postoji apsolutan zahtjev na neku tehničku karakteristiku koju samo taj sustav može ispuniti ili kao privremeno rješenje do izgradnje nečeg drugog.

3.2.4 Iako trenutno stanje tržišta zagorčava život ovom tipu veze (visoka cijena završne opreme), ovo je komunikacija koja ima vrlo svjetlu budućnost. Vrijedi isto razmatranje kao i kod TK klasične kabelske mreže - maksimalno koristiti izgradnju SN/NN mreže za proširenje TK mreže. Kako se tehnologija izgradnje klasične (Cu) i optičke kabelske mreže praktički ne razlikuje (u zemlju se polaže PHD cijev u koju se naknadno upuhuje/uvlači BILO KOJI kabel !) nema bojazni od pogreške. Osim toga ovo je veza koja je, za razliku od klasičnih (bakrenih) kabela, vrlo pogodna i za instaliranje na dalekovodne stupove i s obzirom na gotovo apsolutnu neosjetljivost na elektroenergetske utjecaje moguća je instalacija i na fazne i na zaštitne vodiče bez ikakvih zaštitnih/odvojnih uređaja.

3.2.6 Bežični prijenos podataka na frekvencijama govornih veza nije preporučljiv. Za razliku od sustava na vlastitoj frekvenciji, ovo je (neprihvatljiv !!!!) kompromis između jedva podnošljivih karakteristika i vrlo povoljne cijene. Ovakva bi situacija mogla biti prihvatljiva samo u početku izgradnje sustava, dok je broj upravljanih trafostanica malen, kao prijelazno rješenje do izgradnje nekog drugog sustava komunikacija. Ovdje je ipak potrebno spomenuti mogućnost eventualnog korištenja digitalnog govornog sustava TETRA, koji bi po preliminarnim specifikacijama mogao, pored govora, paralelno prenositi (bez ometanja !!!) i podatke koji ne zahtijevaju velike brzine prijenosa. Kako sustav još nema niti jednu svjetsku referencu mora se još sačekati prije donošenja bilo kakve konačne odluke. Cijena TETRA uređaja (oko 20.000 kn) mogla bi ovaj tip veze potpuno izbaciti iz konkurencije.

3.2.7 Jedan od najboljih izbora, ali za razliku od 3.2.1. i 3.2.4. najzaslužnije za to nisu tehničke karakteristike već tehničko-ekonomske, prvenstveno velika fleksibilnost, jednostavnost proširenja sustava i povoljna cijena izgradnje. Ipak i tehničke karakteristike su dovoljno dobre i kompromis je potpuno prihvatljiv.

3.2.9 Za javni trunking vrijede gotovo isti zaključci kao i kod točke 3.2.6. "Bežični sustav na govornim frekvencijama" - neprihvatljiv kompromis između vrlo povoljne cijene izgradnje i teško podnošljivih tehničkih karakteristika (ovdje još dodatno mogućnost propasti koncesionara).

3.2.11. DLC je komunikacija koja ima svojih prednosti, ali je zbog nepoznatog stanja energetskih kabela, prvenstveno njihovih ekrana, teško reći da li je sustav kod nas uopće primjenjiv. Kod radijalnih mreža, već spomenut problem gubitka veze iza mjesta kvara nije baš lako tehnički "progutati".

Komutirane žičane veze imaju eksploatacijski nisku cijenu, ali samo za sustave koji nemaju trajno prozivanje objekata (spontano javljanje + prozivanje svakog sata ili rjeđe). U incidentnim situacijama veze su potpuno neupotrebljive.

Iznajmljene optičke veze će za konkretnu namjenu biti jednostavno "predobre" i **preskupe**.

Mobitel je i po cijeni i po tehničkim karakteristikama posve neprihvatljiv sustav. GSM bi uz korištenje VPN usluge mogao biti ekonomski prihvatljiv, ali pouzdanost i raspoloživost mu bitno umanjuju šanse. Ukoliko bi koncesionari bili spremni dodijeliti posebne kriterije i/ili funkcije (kriteriji/funkcije tipa "prioritetni poziv" – ZABRANJEN je odgovor " Nema slobodnih kanala" i sl.) moglo bi se vrlo ozbiljno razmišljati o ovom tipu veze.

Satelitski sustavi su eksploatacijski izuzetno skupi, a ne pružaju neku veliku sigurnost i pouzdanost. Dapače, u vremenski nepogodnim i Elektrama izuzetno važnim situacijama (olujno nevrijeme, snježne mećave i sl.) veze u pravilu padaju.

3.4. Opis odabranog sustava veze za upravljanje SN postrojenjima DP "Elektre" Zagreb

Karakteristike postrojenja na koji se primjenjuje sustav veze :

1. Konačni broj upravljanih objekata – cca. 100
2. Lokacije objekata – uglavnom grad Zagreb
3. Maksimalna udaljenost – cca 20 km zračne linije
4. Tip upravljanih objekata – pretežno SN trafostanice
5. Tip prozivanja – trajno cikličko prozivanje + spontano javljanje

Prema gornjem, odlučeno je da će veze u Zagrebu biti kombinacija kabelskih veza na mjestima gdje postojeći TK kabeli prolaze kroz ili u blizini (do 200m) upravljanog objekta i radijskog tipa veze na posebnoj simpleksnoj frekvenciji. Od 9 objekata prve faze njih 7 je vezano na Centar TK kabelom, a 12 radijskim postajama. Od 12 objekata radijskog sustava, njih 8 komunicira sa Centrom direktno, a ostala 4 objekta idu štafetno preko lokacije Tomislavov dom.

Kabelska mreža je iskorištena većinom u središtu grada, gdje je otprije bila izgrađivana za potrebe povezivanja primarnih trafostanica i poslovnih objekta Elektre Zagreb. Veza je četverožična, a sustav omogućava povezivanje tipa točka-točka i točka-više točaka (multidrop). Veza točka-točka je pogodnija zbog lakšeg nadziranja veze (lakše je detektiranje i otklanjanje kvara), dok je multidrop pogodniji zbog uštede modema i parica u kabelu. Za sada su u Zagrebu sve trafostanice vezane na način točka-točka. Kako naši TK kabeli u pravilu prate trase energetskih kabela i kako su krajnji uređaji dosta često udaljeni više od 10-tak km od Centra, a sustav ne traži neke velike brzine prijenosa, uputno je korištenje što otpornijih komunikacijskih uređaja malih brzina (preporuka TKU, brzine 600 Bd – kao kod postojećih DAS-ova). Modemi općeg komercijalnog tipa za ovu primjenu gotovo nisu primjenjivi.
Važno je naglasiti da je kabelska veza na nekim mjestima uvelike olakšala izvođenje veze (npr. hotel Esplanada, nekoliko objekata na Trgu bana Jelačića, zgrada HNB-a i sl.), jer bi radijska infrastruktura (antena + antenski kabel) bila ekstremno komplicirana. Zgrade u središtu grada su dosta često građevinski zaštićeni objekti, kod kojih je bilo kakvo narušavanje vanjskog izgleda zabranjeno. Postavljanje antene i provlačenje antenskog kabela tada je prava tehnička noćna mora. Također, u središtu grada su radijski koridori prema Centru upravljanja u pravilu potpuno zasjenjeni susjednim visokim objektima i veze je u pravilu moguće izvesti samo izvlačenjem antena na vrhove zgrada i na krovove. Pri tome antenski kabeli postaju neprihvatljivo dugački (više od 100 metara), a provlačenje kroz zgrade je izuzetno teško (izvana zabranjeno). Ne smijemo zanemariti niti poteškoće koje se pojavljuju pri postavljanju antena zbog otpora stanara postavljanju bilo kakvih antena i "odašiljača" – strah od zračenja. Sveukupno gledano, potvrđeno je da je zaista vrlo dobro imati što razgranatiju vlastitu kabelsku mrežu.

Naravno da nije moguće, niti je ekonomski opravdano graditi kabelsku infrastrukturu za sve SN objekte koji su predviđeni za daljinsko upravljanje. Npr. jedna od upravljanih trafostanica je smještena u podrumu hotela Tomislavov dom na Sljemenu (važnost daljinskog upravljanja trafostanicom je jednostavno objasniti objektima koji se napajaju iz nje – RTV toranj i Žičara ZET-a – a putovanje dežurnih ekipa u

idealnim vremenskim uvjetima traje barem sat vremena). Kabelska veza bila bi ekstremno skupa (trasa od cca. 5 km = 2.000.000 kn), a pitanje je da li bi se dobilo odobrenje tijela nadležnog za zaštitu Parka prirode Medvednice. Veza je ostvarena radijskim uređajima, a uz to je lokacija potencijalno vrlo iskoristiva za tzv. štafetnu vezu ("store and forward") prema objektima za koje je direktna veza prema Centru zasjenjena. Bitno je naglasiti da to nije repetitorska veza (na simpleksnom kanalu je po definiciji nemoguća), već daljinska stanica primi poruku iz Centra ("store...), detektira da je to poruka za neku "zasjenjenu" postaju i proslijedi je prema toj postaji (...forward").

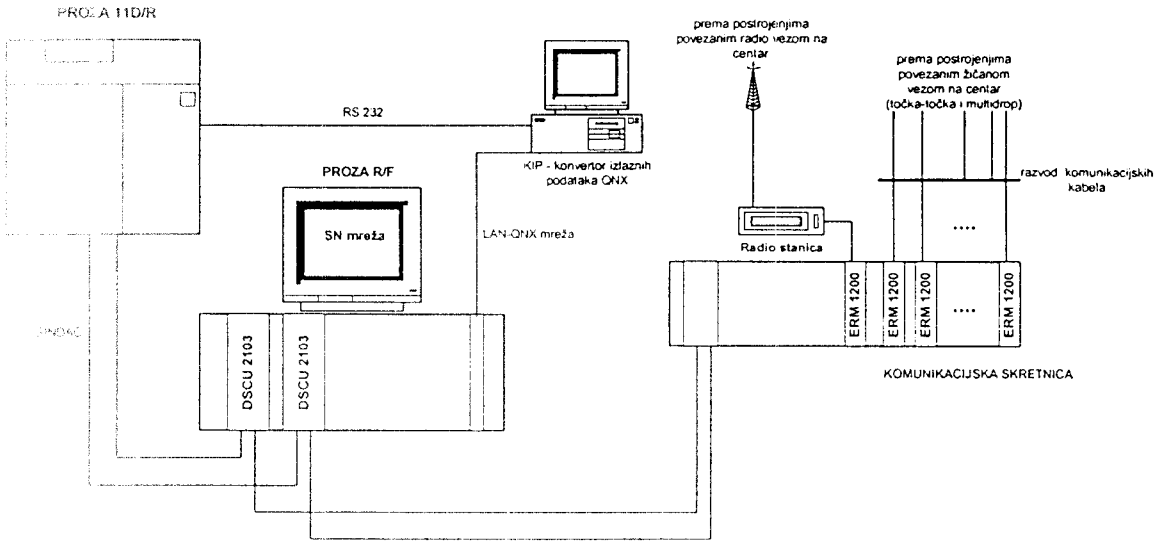
Dakle, sve lokacije koje nisu pokrivene kabelskim sustavom, povezivane su radijskim uređajima, na simpleksnom kanalu (441,975 MHz) samo za tu svrhu. Korištene su postaje tipa Motorola, GM 950. Sa ciljem smanjivanja troškova, nabavljani su uređaji sa samo četiri kanala, bez LCD-a i bez mikrofona. Napajanje je 12V preko DC/DC pretvarača iz osnovnih 48V-nih olovnih aku-baterija. Na lokacijama gdje je antenski kabel kratak, korišten je standardni kabel RG 213, dok je na lokaciji Tomislavov dom zbog velike duljine kabela (100m) u planu zamjena RG 213 kvalitetnijim. Antene su u pravilu usmjerene, dobitka 8 dBd, montirane na alu/željezne cijevi duljine do 10m. U Centru i na "štafetnim" lokacijama korištene su, naravno, neusmjerene antene dobitka 5 ili 8 dBd. Na visinski razvedenim područjima smatramo da je bolje rješenje koristiti antene dobitka 5 dBd zbog manje vertikalne usmjerenosti antene. Dobitak od 3dB se višestruko izgubi ukoliko elevacija veze premaši 4° i dolazi do "iznenađujućeg nestajanja" čak i više od 10 dB. Osim toga, antena od 5 dBd je dugačka cca. 2 m, dok je antena 8 dBd duga čak 6 m i nije baš bezazlena glede postavljanja. Snaga uređaja ovisi o duljini kabela i maksimalno iznosi 20 W (na lokaciji Tomislavov dom 100 m kabela - na antenu dolazi cca. 500 mW). Sve antene su povezane na uzemljenje pripadnog objekta. Na objektima sa značajnom nadmorskom visinom uputna je uporaba "oklopljenih" antena (zbog nakupljenih slojeva snijega i leda moguće je defokusiranje antene), a preporučljivo je dodatno zagrijavanje ormara daljinske stanice (u kojoj se nalazi i radijska postaja). Radijske postaje razumnih cijena nisu predviđene za rad bitno izvan temperaturnog opsega 0 – 40° C i niske temperature povećavaju vjerojatnost otkaza uređaja (temperature u SN objektima nisu jako različite od vanjskih temeratura). Visoke pak temperature, koje se mogu pojaviti ljeti, posebice u slabo ventiliranim podrumskim trafostanicama, trebalo bi načelno rješavati hlađenjem ili bar dodatnim ventiliranjem samog ormara daljinske stanice (npr. PC ventilatorima). Navedeni problem "hladno zimi - vruće ljeti" će kod opreme linijskih rastavljača biti još veći, jer se sva oprema nalazi u "golom" ormariću na stupu i jedino što razdvaja uređaje od vanjskog svijeta je nekoliko milimetara lima. Niske temperature zimi (bez grijanja isto koliko i vani), visoke ljeti (direktno "prženje" na suncu), vlaga u proljeće i jesen i sl. su vrlo veliki izazov za konstruktore, prvenstveno ormarića, ali i oprema u njima ne smije biti "laboratorijskog" tipa.

Kako je osjetljivost radijskih postaja –113 dBm (prema tvorničkim podacima), pri projektiranju i kasnijim terenskim mjerenjima tražili smo da prijemni signal bude bolji od –95 dBm uz povoljne vremenske uvjete. Zaliha od cca. 20 dB bi trebala biti dovoljna za osiguravanje pouzdane veze pri svim ometajućim faktorima.

4. REALIZACIJA SUSTAVA DALJINSKOG UPRAVLJANJA TS 10(20)/0,4kV U POGONU ZAGREB - KABELSKA MREŽA

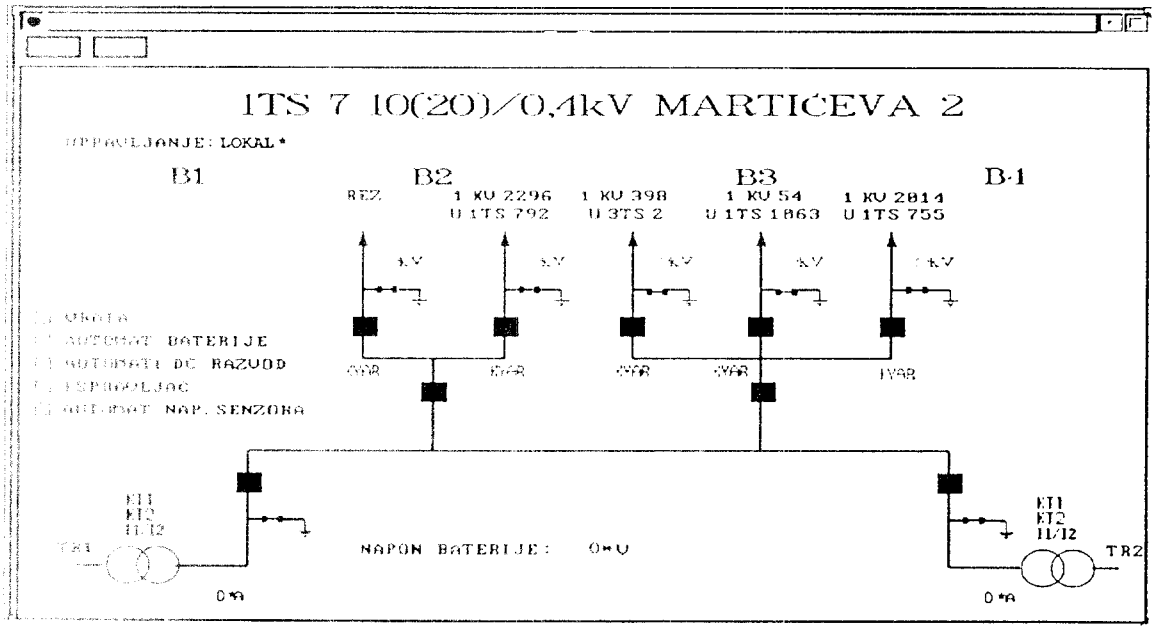
4.1. Centar nadzora i upravljanja (dispečerski centar DP Elektra Zagreb)

Programska i sklopovska oprema za daljinsko vođenje navedenih postrojenje distributivne SN mreže smještena je u dispečerskom centru Elektre Zagreb. Smještaj opreme u DC-u i način povezivanja iste prikazan je na sl.7.



Slika 7. Centar upravljanja SN mrežom

Računalo koje se sastoji od industrijskog PC-a s monitorom u boji ostvaruje funkciju "real-time" daljinskog vođenja transformatorskih stanica 10/0,4kV. U njemu je implementiran programski sustav za vođenje procesa u realnom vremenu PROZA R/F baziran na snažnom operacijskom sustavu UNIX i Windows okruženju. Prikazivanje podataka operateru daje se putem ekranskih prikaza i zvučnog alarma. Izgled ekranskog prikaza za 1TS7 Martićeva2 prikazan je na sl.8.



Slika 8. Ekranski prikaz - 1TS7 Martićeva 2

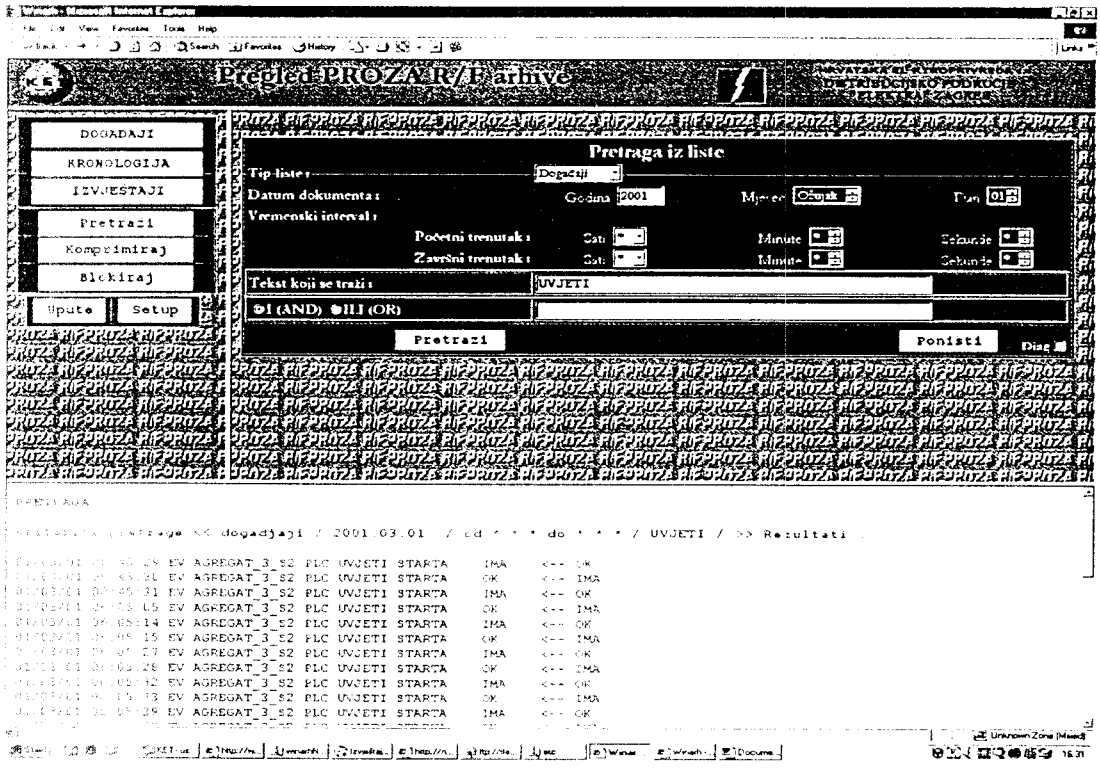
U istom računalu instalirane su dvije komunikacijske jedinice DSCU 2103 (PC-modul), koje omogućavaju povezivanje daljinskih stanica u postrojenjima na programski sustav PROZA R/F u centru. S druge strane, iste komunikacijske jedinice omogućavaju i povezivanje programskog sustava PROZA R/F sa centralnim SCADA sustavom PROZA 11D/R koji je već godinama instaliran u DC-u.

Na jednu komunikacijsku jedinicu povezane su sve daljinske stanice u postrojenjima koja su radio vezom povezane na centar, a na drugu daljinske stanice u postrojenjima koja za vezu sa centrom koriste žičanu vezu. Priključak DSCU 2103 jedinica na komunikacijsku vezu prema daljinskim stanicama ostvareno je posredstvom modema ERM 1200 (Euro card verzija) koji su smješteni u rack kućište komunikacijske

skretnice (sl.7.). Modem za radio vezu povezan je na radio stanicu , a modemi za žičanu vezu na stezaljke razvoda komunikacijskih kabela.

Adresna mapa prve komunikacijske jedinice (radio veza) je organizirana na način da su daljinske stanice u postrojenjima podijeljene u dvije grupe: prvu čine one stanice koje su optički vidljive direktno iz DC-a, a drugu one stanice koje s centrom komuniciraju posredstvom daljinske stanice u TS 142 Sljeme ("store and forward" funkcija). Što se tiče postrojenja koja su na centar povezana telefonskim paricama, realizirane su točka-točka i multidrop konfiguracijom povezivanja. Reorganizacija adresnih mapa zbog moguće promjene postojeće konfiguracije komunikacijskih veza je jednostavna zbog mogućnosti daljinskog programiranja daljinskih stanica u postrojenjima, što se obavlja uz pomoć prijenosnog računala, koje se spaja na kominikacijsku liniju prema određenoj stanici i odgovarajućeg programa.

U DC-u je instaliran i program WINARH koji omogućava pretraživanje PROZA R/F arhive po različitim kriterijima i izvoz podataka na Windows platformu. WINARH ne utječe na rad SCADA sustava i operatorske funkcije, a omogućava i pristup arhiviranim dokumentima PROZA R/F sustava sa više MS Windows računala. Moguć je i daljinski dohvat arhiviranih dokumenata što zahtjeva instalaciju WEB servera. Izgled tipičnog ekranskog prikaza Winarh programa prikazan je na sl.9.



Slika 9. Program Winarh – ekranski prikaz

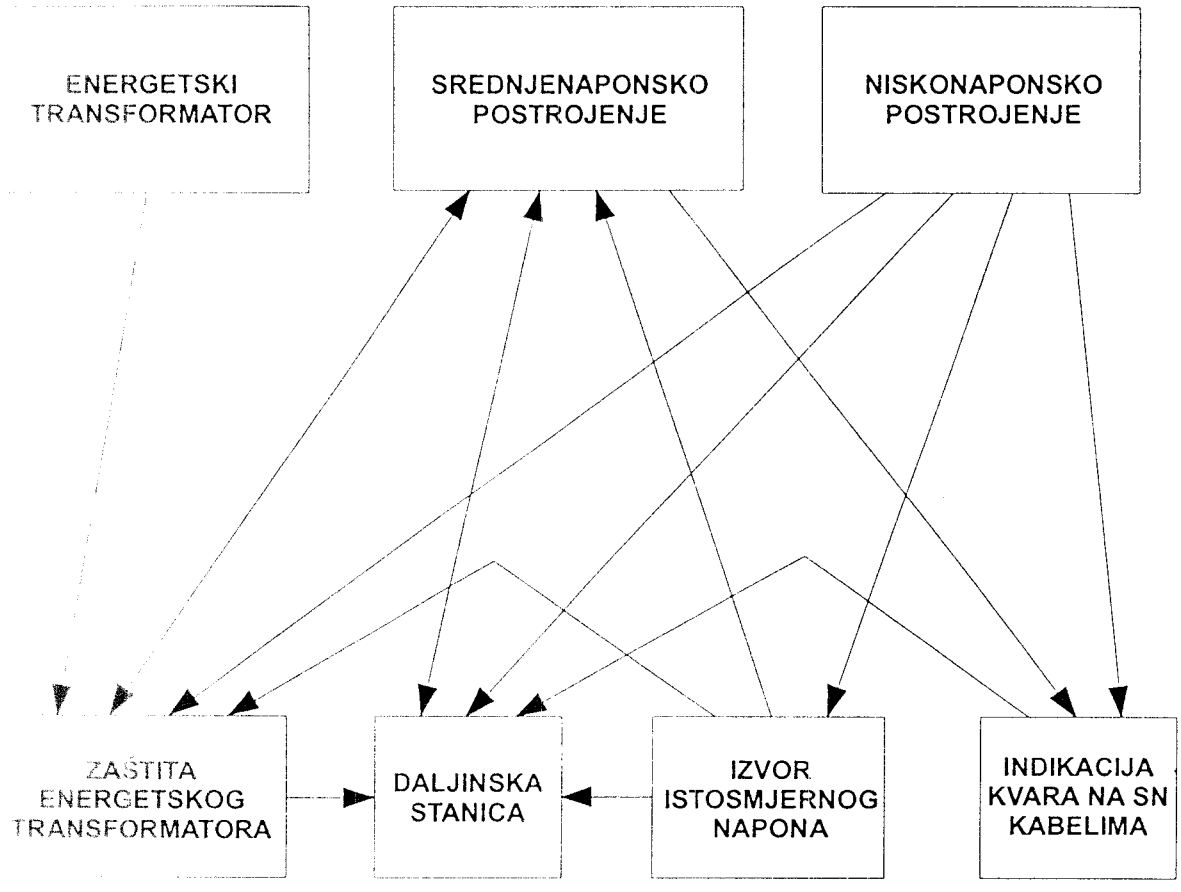
4.2. Elementi daljinskog upravljanja u TS 10(20)/0,4 kV

Transformatorskih stanica TS 10(20)/0.4 kV na području Pogona Zagreb prema podacima za 2000. godinu ima 1898, a građene su za lokalno ručno upravljanje. Tijekom 2001. godine temeljem kriterija iz tč. 1.3.2. odabrano je prvih 19 TS sa kojima će biti moguće upravljati daljinski iz DC-a DP "Elektre" Zagreb. Upravljanje se odnosi na SN postrojenje, dok NN postrojenje neće biti daljinski upravljivo, ali je neophodno za funkcioniranje sustava daljinskog upravljanja radi napajanja nekih uređaja izmjeničnim naponom. Energetski transformator promatramo kao izvor izmjeničnog napajanja napona 230V i kao element koji je potrebno štititi od kvarova. Uz daljinski upravljivo srednjenaponsko postrojenje u svakoj transformatorskoj stanici ugrađena je i ostala oprema potrebna za ostvarenje predviđenih funkcija daljinskog upravljanja i nadzora. Pod ostalom opremom podrazumijevaju se uređaji smješteni u

odgovarajuće ormariće ili samostalno. Elementi daljinski upravljive transformatorske stanice međusobno su povezani signalnim kabelima.

Elementi daljinski upravljive transformatorske stanice (slika 10):

- Srednjenaponsko postrojenje;
- Niskonaponsko postrojenje;
- Energetski transformator;
- Daljinska stanica;
- Izvor istosmjernog napona;
- Zaštita energetskog transformatora;
- Indikacija kvara na SN kabelima;



Slika 10. Elementi daljinskog upravljanja u TS 10(20)/0,4kV

4.2.1. Srednjenaponsko postrojenje

Srednjenaponsko postrojenje sastoji se (ovisno o jednopolnoj shemi TS) od jednog ili više sklopnih blokova tipa VDA, odnosno VDAP, proizvođača "Končar - Električni aparati srednjeg napona" iz Zagreba. VDA (VDAP) je srednjenaponski sklopni blok sa sklopnim uređajima smještenim u plinonepropusnom kućištu punjenom plinom SF_6 kao izolatorom, s tim da se prekidanje električnog luka koji se javlja prilikom sklapanja prekidača i rastavnih sklopki odvija u vakuumskim komorama. Srednjenaponski sklopni blok, koji se proizvodi za potrebe daljinskog upravljanja, u odnosu na onaj standardne izvedbe, ima prigrađene dodatne komponente koje omogućuju ostvarenje svih funkcija potrebnih za daljinsko upravljanje i nadzor blokom

Komponente koje omogućuju ostvarenje svih funkcija potrebnih za daljinsko upravljanje i nadzor blokom su sljedeće:

- Motorni pogon,
- Signalne sklopke,
- Elektromagnetski svici za uklop/isklop,
- Signalizator prorade zaštite transformatora,
- Indikatori napona u vodnim poljima,
- Konektori za povezivanje s ostalim uređajima u transformatorskoj stanici.

- Motorni pogon

  Jedan blok VDA (VDAP) ima zajednički pogonski mehanizam za sve sklopne uređaje (prekidače, rastavne sklopke) koji se u njemu nalaze (max. 5). Prema tome za pogon uređaja jednog bloka dovoljan je jedan motor. Osnovna funkcija motora je napinjanje opruge (koja je dio pogonskog mehanizma) za sklapanje sklopnih uređaja. Nakon što prilikom sklapanja nekog od sklopnih uređaja dođe do pražnjenja akumulirane energije u opruzi, motor automatski prima signal za uključenje i navija oprugu. Proces navijanja opruge traje 5-6 sekundi i nakon toga je pogonski mehanizam aparature spreman izvršiti sljedeću operaciju sklapanja. Motor je snage 350W i napaja se istosmjernim naponom veličine 48V. Predviđen je za kratkotrajni rad u trajanju od nekoliko sekundi.

- Signalne sklopke

  Svrha signalnih sklopki je daljinska signalizacija uklopnih stanja sklopnih uređaja u aparaturi. Osim uz prekidače u transformatorskim i spojnim poljima, te uz rastavne sklopke u vodnim poljima, signalne sklopke su ugrađene i uz zemljospojnike u transformatorskim poljima radi uspostavljanja električne blokade uklopa prekidača u transformatorskom polju u trenutku dok je pripadni zemljospojnik u uzemljenom položaju. Ova blokada je dakako ostvarena i mehaničkim putem.

- Elektromagnetski svici za uklop/isklop

  Za razliku od standardnih aparatura gdje se signal za uklop/isklop prekidača, odnosno rastavne sklopke upućuje isključivo mehaničkim putem pomoću ručki za upravljanje (izuzetak je prekidač u transformatorskom polju koji ima aktuator koji djeluje na isklop prekidača prilikom prorade nadstrujne zaštite transformatora i elektromagnetski svitak koji djeluje na isklop prekidača prilikom prorade nadtemperaturne ili Buchholz zaštite transformatora), sklopni uređaji u aparaturi za daljinsko upravljanje moraju imati svitke za uklop/isklop koji primaju električne signale za upravljanje od daljinske stanice i proslijeđuju je pogonskom mehanizmu. Prekidači imaju po jedan svitak za uklop i isklop, dok kod rastavne sklopke jedan svitak služi za uklop i izzemljenje, a drugi za isklop i uzemljenje (rastavne sklopke su tropoložajne). Jedini uređaj u aparaturi bez svitka za uklop/isklop je spori zemljospojnik u transformatorskom polju kojim se može upravljati isključivo ručno (lokalno). Prekidačima i rastavnim sklopkama također se može upravljati ručno, kao rezerva daljinskom upravljanju.

- Signalizator prorade zaštite transformatora SU-13

  Signalizator SU-13 je smješten s prednje strane srednjenaponskog bloka (za svako transformatorsko polje po jedan signalizator). Sastoji se od tri signalne svjetiljke i tipkala za provjeru ispravnosti rada signalnih svjetiljki. Svaka od signalnih svjetiljki signalizira proradu jedne od zaštita transformatora, odnosno njihovo djelovanje na isklop prekidača u srednjenaponskom transformatorskom polju.
  Tipovi zaštite na koje reagira signalizator (u zagradi je navedena vrsta zaštitnog uređaja):

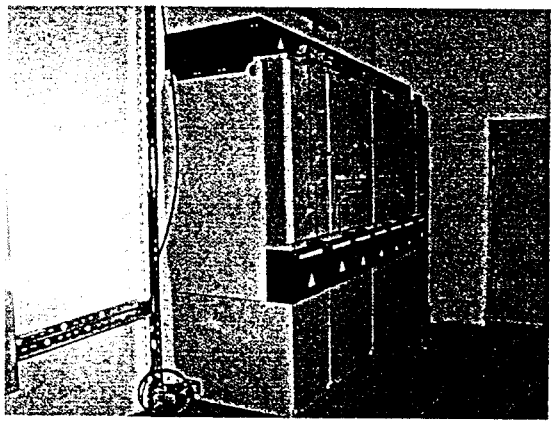
  a) Nadstrujna zaštita (nadstrujni relej ESO-10);
  b) II. stupanj nadtemperaturne zaštite (termoprotektor, odnosno kontaktni termometar);
  c) II. stupanj plinske zaštite (Buchholz relej).

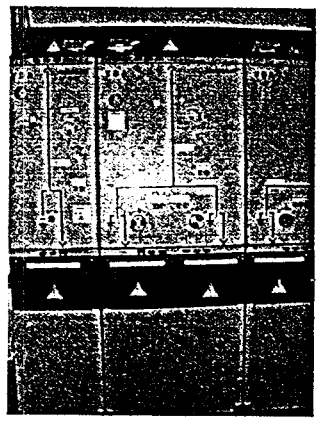
- Indikator napona u vodnim poljima TIN-1

  Kako bi operater u Dispečerskom centru bio siguran u izvođenje manipulacije rastavnom sklopkom u vodnom polju, osim informacije o uklopnom stanju rastavne sklopke koju dobiva preko signalne sklopke, potrebno je da zna da li je pripadni srednjenaponski kabel pod naponom, odnosno kakvo je uklopno stanje na njegovom drugom kraju, u susjednoj transformatorskoj stanici. To je omogućeno indikatorom napona TIN-1 koji je serijski ugrađen u strujni krug putem kojeg se preko kapacitivnog djelila na završetku kabela dovodi napon na utičnicu u koju se utiče standardni indikator napona za lokalnu signalizaciju. Indikator napona TIN-1 proslijeđuje signal prisutnosti napona u daljinsku stanicu putem specijalnog kabela neosjetljivog na elektromagnetske smetnje (specijalan tip kabela je ovdje

postavljen iz razloga što prolazi blizu kabelskog završetka srednjenaponskog kabela gdje je elektromagnetsko polje nehomogeno). Za jedno vodno polje ugrađuje se samo jedan indikator napona tako da se u slučaju da su sve tri faze kabela bez napona prosljeđuje signal da je kabel u beznaponskom stanju, a ako je bilo koja od faza kabela pod naponom (u pravilu su sve tri pod naponom ako je sve u redu) prosljeđuje se signal da je kabel pod naponom.

- <u>Konektori za povezivanje s ostalim uređajima u transformatorskoj stanici</u>
  Na jednom bloku VDA (VDAP), ovisno o potrebi, prigrađeni su jedan ili dva 24-pinska konektora.





Slika 11. Srednjenaponsko postrojenje sastavljeno od 4 sklopna bloka tipa VDAP

4.2.2 Oprema za daljinsko vođenje

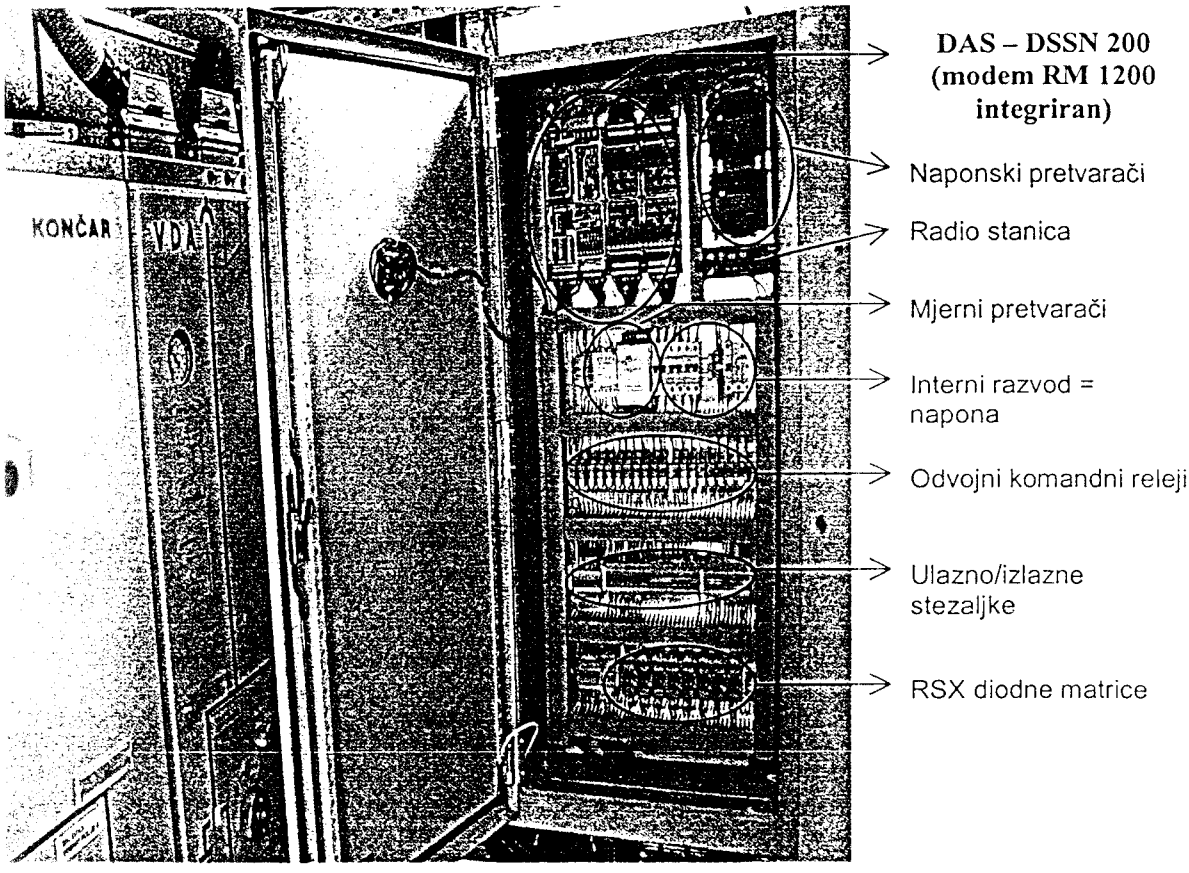
Oprema za daljinsko vođenje omogućava daljinsko upravljanje SN razvoda i daljinski nadzor postrojenja iz DC DP Elektra Zagreb. Daljinskim vođenjem obuhvaćene su slijedeće funkcije:

- upravljanje
- mjerenja
- signalizacije

Opremu daljinskog vođenja koja je smještena u tipizirani metalni ormar dimenzija 800x600x400mm, opisati ćemo na primjeru 1TS 381 Šestine. Navedena transformatorska stanica je najveća (SN razvod) u nizu postrojenja distribucijske SN mreže koja su obuhvaćena daljinskom vođenjem. SN razvod je izveden pomoću 4 sklopna bloka serije VDA, te se sastoji od 8 vodnih polja, 1 spojnog i 1 trafo polja. Ovo postrojenje povezano je na DC DP Elektra Zagreb radio vezom. Ormar daljinskog vođenja prikazan je na sl.12.

Opremu za daljinsko vođenje čine:

1. daljinska stanica DSSN 200
2. oprema za napajanje
3. oprema prilagođenja na primarno postrojenje
4. komunikacijska oprema



Slika 12. Ormar daljinskog vođenja u 1TS381 Šestine

1.2.2. Daljinska stanica DSSN 200

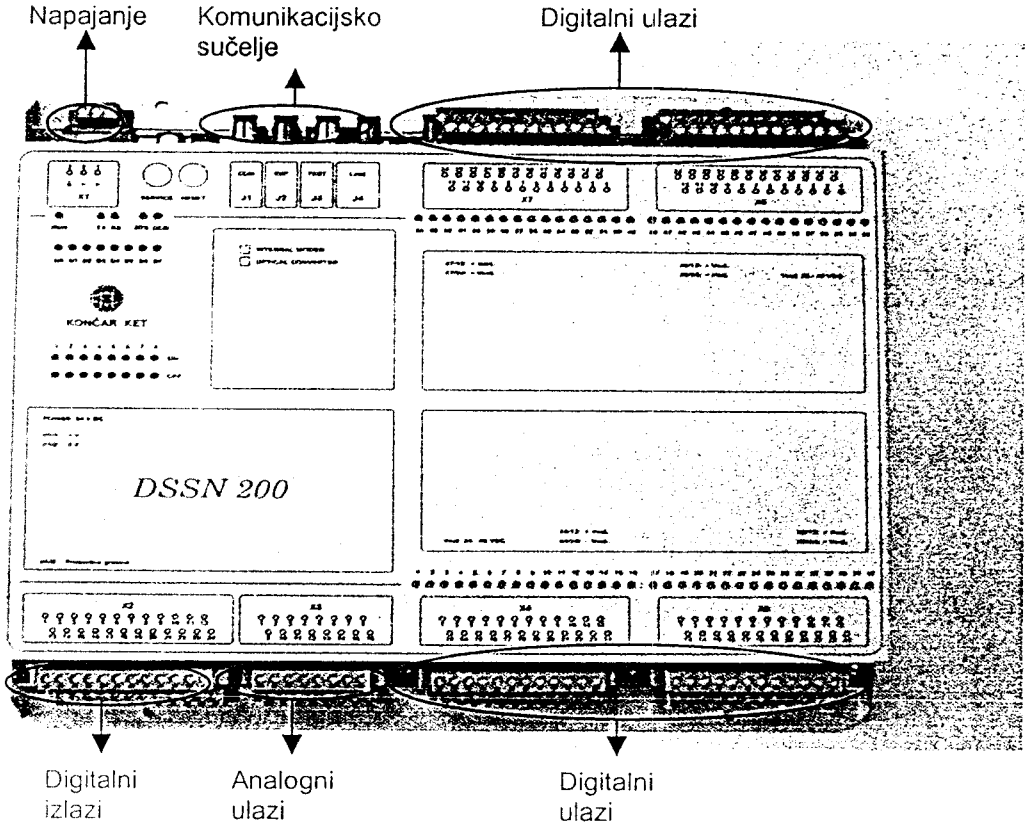
Daljinska stanica DSSN 200, prikazana na sl.13 predstavlja centralnu jedinicu u ormaru daljinskog vođenja. Realizirana je na osnovi 16-bitnog Intelovog mikrokontrolera sa integriranim A/D pretvaračem i serijskim asinkronim komunikacijskim sučeljem.

Kapaciteti daljinske stanice su: 64 digitalna optički izolirana ulaza, 8 analognih ulaza te 8 dvostrukih digitalnih izlaza. Broj komandnih izlaza moguće je proširiti na 16 dodavanjem komandnog modula CM-16, što je u slučaju promatrane trafostanice i učinjeno s obzirom da se SN razvod sastoji od 10 aparata.

Na LED pokazivačima se prikazuje ispravnost rada jedinice, tok komunikacije, greška u komunikaciji, dok setovi LED pokazivača uz signalizacijske ulaze imaju funkciju lokalne signalizacije stanja aparata i opreme u postrojenju.

Daljinska stanica sadrži i MODEM RM 1200(integriran) sa FFSK modulacijom za prijenos podataka radijskom vezom.

Komunikacijsko sučelje daljinske stanice sastoji se od 4 komunikacijska porta. Komunikacijski port COM, osim za lokalno parametriranje procesora, služi i za rad sa vanjskim modemom. U tom slučaju, integrirani modem je potrebno odspojiti. TEST port služi za lokalno parametriranje modema koje se, kao i programiranje procesora obavlja uz pomoć prijenosnog računala i odgovarajućeg programa. LINE port služi za priključenje modema na vanjsku komunikacijsku liniju, dok je EXP port za proširenje.



Slika 13. Daljinska stanica DSSN 200

Funkcije daljinske stanice su:

- prikupljanje i obrada procesnih i internih signala
- prikupljanje i obrada analognih mjerenja
- komunikacija s nadređenim centrom daljinskog upravljanja
- izvršavanje komandi iz centra posredstvom komandnih izlaza

Sat realnog vremena sinkroniziran sa nadređenim centrom daljinskog upravljanja automatski pridjeljuje vrijeme nastanka svakoj promjeni stanja što omogućava kronološku obradu informacija. U slučaju ispada veze sa centrom interna memorija daljinske stanice pamti određeni podešeni broj zadnih događaja.

4.2.2.2. Oprema za napajanje

Predstavljaju je naponski pretvarači 48VDC/12VDC za napajanje radio stanice i 48VDC/24VDC za napajanje DAS-a, naponskih senzora u VDA blokovima i SU13 indikatora. Sastavni dio opreme za napajanje predstavlja i razvod navedenih napona realiziran zaštitnim automatskim prekidačima i rednim stezaljkama.

4.2.2.3. Oprema prilagođenja na primarno postrojenje

Povezivanje DAS-a s elektroenergetskom opremom izvodi se putem digitalnih ulaza, analognih ulaza te komandnih izlaza. Opremu prilagođenja primarnog dijela postrojenja na funkciju daljinskog vođenja predstavljaju odvojni komandni releji, mjerni pretvarači i RSX diodne matrice.
Odvojni releji služe za galvansko odvajanje digitalnih izlaza DAS-a i strujnih krugova upravljanja motorima u VDA blokovima u smislu sprječavanja povrata naponskih tranzijenata u DAS.
Mjerni pretvarač RXUD omogućava mjerenje pomoćnog napona postrojenja, a pretvarač RXIA mjerenje ukupne struje NN razvoda.

S obzirom da rastavne sklopke u VDA blokovima imaju tropoložajnu signalizaciju koju SCADA sustav u centru ne prepoznaje, upotrebom RSX diodnih matrica izvedeno je "rastavljanje" tropoložajne signalizacije (sklopka uk/isk/uz) na dvije dvopoložajne signalizacije (sklopka uk/isk, zemljospojnik uz/izz). Na taj način je jedna rastavna sklopka "fiktivno" podijeljena na dva aparata: sklopka i zemljospojnik. Time su zadovoljeni zahtjevi SCADA programskog sustava.

4.2.2.4. Komunikacijska oprema

Komunikacijsku opremu čine spomenuti integrirani modem RM 1200, radio stanica GM 950 i usmjerena antena koja se montira na konzolu na vanjskoj fasadi trafostanice.

4.2.2.5. Razmjena podataka DAS-DC

Podaci koji se putem daljinske stanice prikupljaju iz postrojenja ili prosljeđuju u postrojenje mogu se po karakteru podijeliti na:

a) komande dvostruke: uklop i isklop rastavnih sklopki u vodnim poljima i prekidača u spojnom polju i trafo polju,

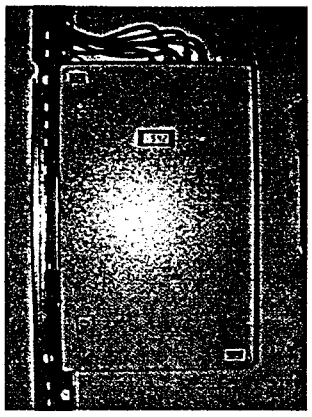
b) mjerenja: pomoćni napon postrojenja, ukupna struja NN razvoda,

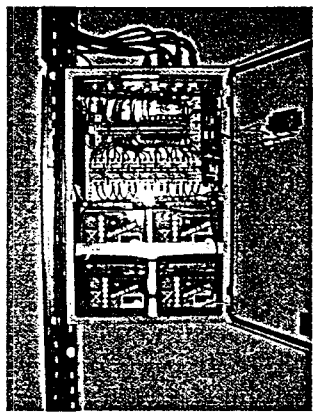
c) signalizacije:
   - dvostruke: uklopna stanja aparata u VDA blokovima
   - jednostruke:
     - signal prorade zaštite transformatora od preopterećenja
     - signal prorade termozaštite transformatora (dva stupnja)
     - signal prorade Buchholz zaštite(dva stupnja)
     - signali kvarova na vodnim poljima (8)
     - signal naponskog stanja vodnih polja (8)
     - signal kvara punjača baterija
     - signal ispada zaštitnih prekidača DC razvoda
     - signal ispada baterijskog prekidača
     - signal ispada zaštitnog prekidača naponskih senzora
     - signal položaja sklopke lokalno/daljinski
     - signal položaja ulaznih vrata u postrojenje

4.2.3. Izvor istosmjernog napona

Elementi izvora istosmjernog napona:
- Ormarić za smještaj opreme,
- Ispravljač izveden u prekidačkoj tehnologiji (switching mode),
- Baterija,
- Istosmjerni razvod,
- Baterijski osigurač,
- Podnaponska zaštita,
- Izmjenični razvod.

- <u>Ormarić za smještaj opreme</u>
  Ormarić je izveden čeličnog lima dimenzija 380x350x600mm obojan bojom RAL 7032 predviđen za montažu na zid.





Slika 14. Ormarić sa izvorom istosmjernog napona

- Ispravljač (SMR 48-250, -48V DC, 230 V AC)

  Karakteristike ulaznog kruga ispravljača:

- Ulazni napon:	nazivni:	230V
	normalni rad:	208-240V
	dozvoljeni:	205-264V
- Ulazna struja:		1,2A
- Osigurač:		spori 1,25A
- Frekvencija:		47-63Hz
- Faktor snage pri punom opterećenju i nominalnom nazivnom ulaznom naponu:		0,92 (tipično)
- Efikasnost pri punom opterećenju:		92%

  Karakteristike izlaznog kruga ispravljača:

- Nazivni izlazni napon:	-48V DC
- Mogućnost podešenja:	-46V...-58V
- Ograničenje struje:	5A +/-0,1A
- Statičko podešenje napona:	<200 mV uz variranje ulaznog napona 205-264V i frekvencije +/-5%
- Dinamičko podešenje napona:	<1V pri promjeni opterećenja +/-25%
- Izlazna valovitost (psophometric):	<1mV
- Izlazna valovitost (10Hz-200kHz):	<3mV RMS

- Baterija

  Baterija proizvodnje "EXIDE - Sonnenschein" proizvedena u "dryfit" tehnologiji gela (suha baterija), sastavljena od četiri 12V bloka, nazivnog kapaciteta 25Ah.
  Unutrašnji otpor bloka je približno 13,7mΩ.
  Napon punjenja baterije je 2,27V do 2,32V po članku za stalno punjenje, odnosno 2,35V do 2,40V po članku za brzo punjenje i cikličko punjenje i pražnjenje.
  Preporučeni napon punjenja 2,30V po članku (ukupno 55,2V).

- Istosmjerni razvod

  Istosmjerni razvod sastoji se od sedam dvopolnih automatskih osigurača. Svaki automatski osigurač opremljen je signalnim kontaktima.

- Baterijski osigurač

  Ugrađen je dvopolni automatski osigurač (25A), sa signalnim kontaktima.

- Podnaponska zaštita

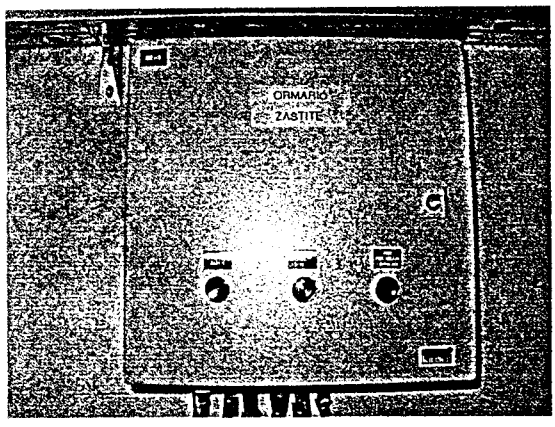
  Podnaponska zaštita s mogućom strujom iskapčanja <16A na 48V nazivno, te podesivim naponskim pragom iskapčanja i automatskim ukapčanjem smještena je na istoj ploči zajedno sa ispravljačem.

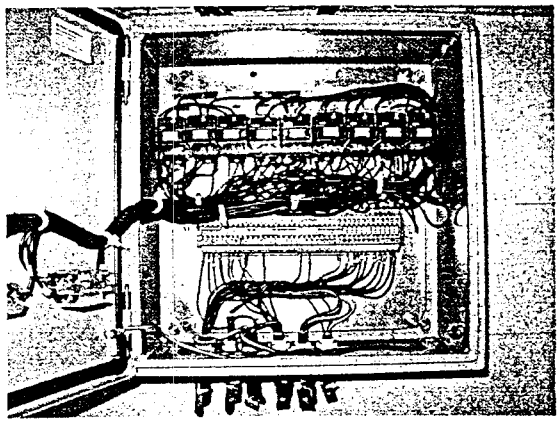
- Izmjenični razvod

Izmjenični razvod sastoji se od ulaznih rednih stezaljki, te ulaznog automatskog osigurača (10A).

4.2.4. Zaštita energetskog transformatora

Elementi zaštite energetskog transformatora smješteni su u ormariću zaštite. U slučaju ako transformatorska stanica ima više energetskih transformatora, za svaki transformator ugrađuje se po jedan ormarić zaštite.
Ormarić zaštite izveden je od čeličnog lima dimenzija 380x380x210mm obojan bojom RAL 7032 predviđen za montažu na zid.





Slika 15. Ormarić zaštite energetskog transformatora

Elementi ormarića zaštite napajaju se naponom 48V= s istosmjernog razvoda te naponom 230V~ s energetskog transformatora, odnosno niskonaponskog razvoda spojenog na pripadajući energetski transformator.

Tipovi zaštita na koje reagiraju elementi ormarića zaštite (u zagradi je navedena vrsta zaštitnog uređaja):
- Prvi i drugi stupanj nadtemperaturne zaštite (termoprotektor, odnosno kontaktni termometar);
- Prvi i drugi stupanj plinske zaštite (Buchholz relej).

Elementi ugrađeni u ormarić zaštite su sljedeći:
- Pomoćni releji nazivnog napona 230V~ te pomoćni releji nazivnog napona 48V= koji služe za prosljeđivanje signala prorade zaštite do: signalne svjetiljke na ormariću zaštite, daljinske stanice, signalizatora SU-13, svitka za isklop prekidača u srednjenaponskom transformatorskom polju;
- Signalna svjetiljka koja služi za lokalnu signalizaciju prorade zaštite;
- Tipkalo koje služi za resetiranje releja u zaštitnom krugu, isključenje signalne svjetiljke na ormariću zaštite te isključenje signalne svjetiljke na signalizatoru SU-13;
- Tipkalo koje služi za ispitivanje ispravnosti signalne svjetiljke i svih pomoćnih releja u ormariću zaštite. Ovo tipkalo se koristi prilikom pregleda transformatorske stanice kad su energetska postrojenja srednjeg i niskog napona u pogonu.

Prorada zaštite
U slučaju prorade prvog stupnja nadtemperaturne zaštite (temperatura u transformatoru iznad 85°C) ili prvog stupnja plinske zaštite (nedostatak ulja u transformatoru) događa se sljedeće:
- prosljeđuje se signal prorade prvog stupnja zaštite u daljinsku stanicu (DAS), odnosno Dispečerski centar;
- nema isklopa prekidača u srednjenaponskom transformatorskom polju;
- nema prorade lokalne signalizacije.

Ako proradi drugi stupanj nadtemperaturne zaštite (temperatura u transformatoru iznad 95°C) ili drugi stupanj plinske zaštite (kvar u transformatoru) događa se sljedeće:
- prosljeđuje se signal prorade drugog stupnja zaštite u daljinsku stanicu (DAS), odnosno Dispečerski centar;

- dolazi do isklopa prekidača u srednjenaponskom transformatorskom polju;
- uključuje se signalna svjetiljka lokalne signalizacije na ormariću zaštite;
- uključuje se signalna svjetiljka na signalizatoru SU-13.

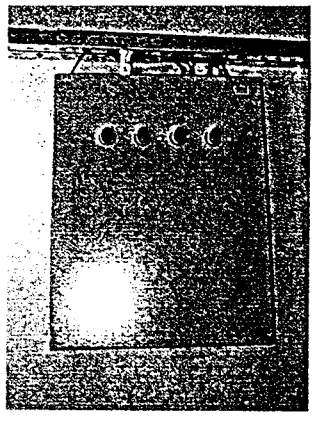
Dokle god postoji signal prorade ovog stupnja zaštite blokirana je mogućnost ponovnog uklopa prekidača u srednjenaponskom transformatorskom polju. Ova funkcija ostvarena je programski u bazi podataka u Dispečerskom centru. Blokada ponovnog uklopa je aktivna sve do trenutka dok interventna ekipa za otklanjanje kvara ne ode u transformatorsku stanicu, otkloni kvar i resetira zaštitu.

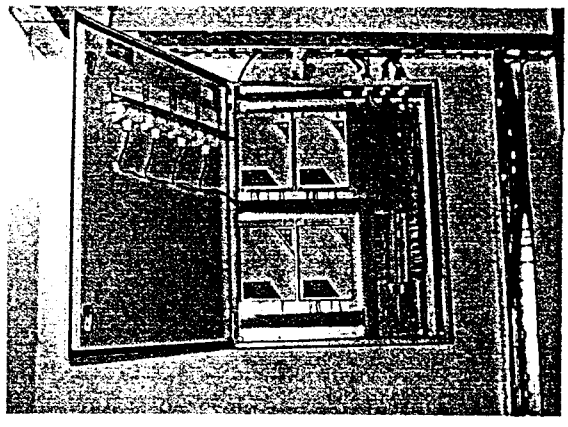
Resetiranje zaštite

Resetiranje signalne svjetiljke te pomoćnih releja izvodi se tipkalom. Ukoliko do trenutka resetiranja nije otklonjen kvar koji je uzrokovao proradu pomoćnih releja u ormariću zaštite ponovo će se aktivirati pomoćni releji i uključiti signalna svjetiljka. Za slučaj da je do trenutka resetiranja kvar otklonjen, nakon resetiranja isključit će se signalna svjetiljka i otpustiti pomoćni releji.
Tipkalom se također izvodi i resetiranje signalnih svjetiljki na signalizatoru SU-13.

4.2.5 Indikacija kvara na SN kabelima

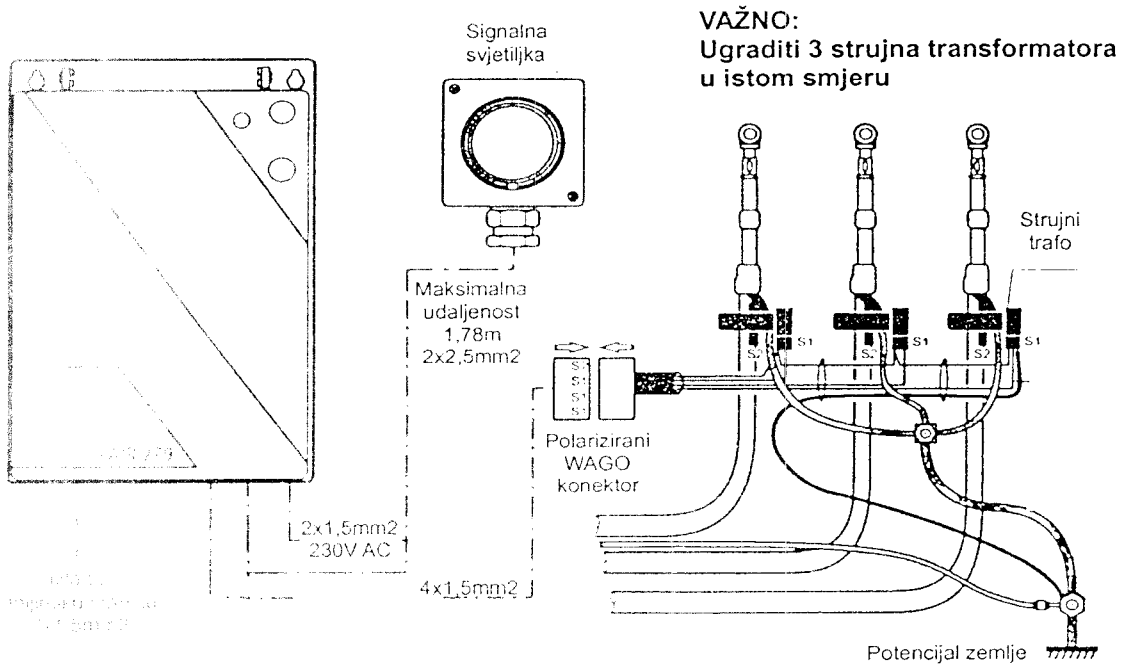
Elementi potrebni za ostvarenje funkcije indikacije kvara za jedno vodno polje su sljedeći: uređaj za indikaciju kvara "Flair 279", signalna svjetiljka (ovi elementi se ugrađuju u ormarić), te tri strujna obuhvatna transformatora koji se ugrađuju na jednožilne srednjenaponske kabele ispod kabelskog završetka na ekraniziranom dijelu kabela.
Ormarić indikacije kvara izveden je od čeličnog lima obojan bojom RAL 7032 predviđen za montažu na zid, a korištene su dvije dimenzije: 760x380x210mm i 380x380x210mm. Ormarić većih dimenzija predviđen je za smještaj 3 ili 4 indikatora kvara, dok je ormarić manjih dimenzija predviđen za smještaj 1 ili 2 indikatora kvara. S obzirom na broj vodnih polja u transformatorskoj stanici odabire se adekvatan ormarić ili više njih.
Indikator kvara "Flair 279" napaja se naponom 230V~ s niskonaponskog postrojenja.





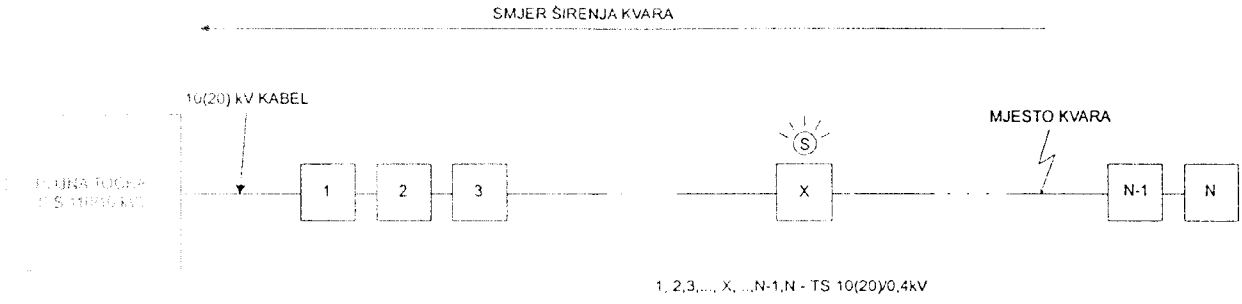
Slika 16. Ormarić indikacije kvara na SN kabelima

Vrste kvarova koje registrira indikator su kratki spoj i zemljospoj, s tim da indikator ne razlikuje vrstu kvara, jer ima mogućnost proslijeđavanja samo jednog signala prema daljinskoj stanici. Informacija o kojoj se vrsti kvara radi dobiva se proradom zaštite u pojnoj točki srednjenaponskog kabela. Moguća podešenja za kratki spoj su 225A, 450A, 575A, 700A, a za zemljospoj su u rasponu od 5A do 160A. Ovisno o karakteristikama u srednjenaponskoj mreži, odabire se potrebno podešenje. Podešenja se rade na samom indikatoru pomoću mikrosklopki.

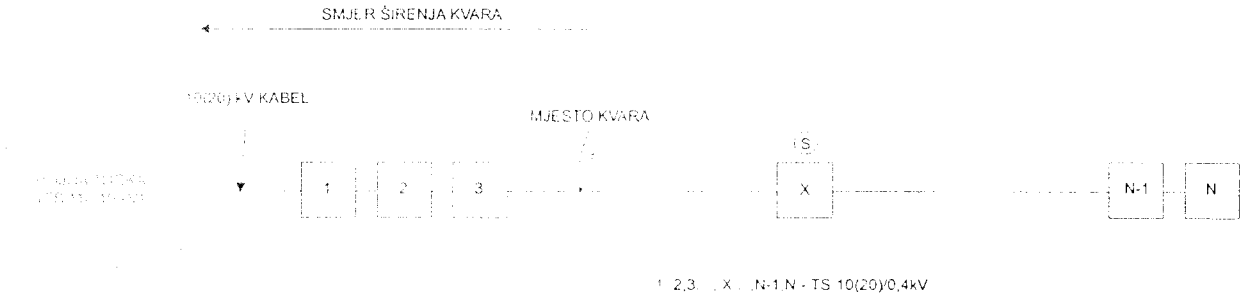


Slika 17. Elementi indikacije kvara za jedno vodno polje

Funkcija indikatora kvara sastoji se u tome da ubrza postupak pronalaženja mjesta kvara u srednjenaponskoj mreži. U slučaju da je promatrana daljinski upravljiva transformatorska stanica X-ta u nizu od N stanica brojeći od pojne točke prema kraju srednjenaponskog kabela, a kvar se dogodi "iza" transformatorske stanice X gledajući od strane napajanja, tada će struja kvara proteći kroz transformatorsku stanicu X prema pojnoj točki gdje će odgovarajuća zaštita djelovati na isklop prekidača u pripadnom vodnom polju. Prilikom protjecanja struje kvara kroz transformatorsku stanicu X indikator kvara će reagirati i proslijediti signal kvara prema daljinskoj stanici i prema signalnoj svjetiljci koja će se pritom uključiti i treperiti. Uz informaciju o proradi zaštite kabela u pojnoj točki, te informaciju o proradi indikatora kvara u transformatorskoj stanici X lako je zaključiti da se kvar dogodio "iza" transformatorske stanice X i na taj način preciznije odrediti lokaciju kvara (slika 18).
Ako se kvar dogodi "ispred" transformatorske stanice X u tom slučaju će proraditi samo zaštita vodnog polja u pojnoj točki, ali ne i indikator kvara u transformatorskoj stanici X – što je dovoljno informacija za zaključak da se kvar dogodio "ispred" transformatorske stanice X (slika 19).
Ispitivanje prorade indikatora kvara nakon ugradnje ormarića sa indikatorima kvara obavlja se prema određenom protokolu pomoću instrumenta za ispitivanje indikatora kvara "Valtest".



Slika 18. Kvar na srednjenaponskom kabelu "iza" promatrane TS 10(20)/0,4kV u odnosu na pojnu točku
(S – signalna svjetiljka indikatora kvara uključena)



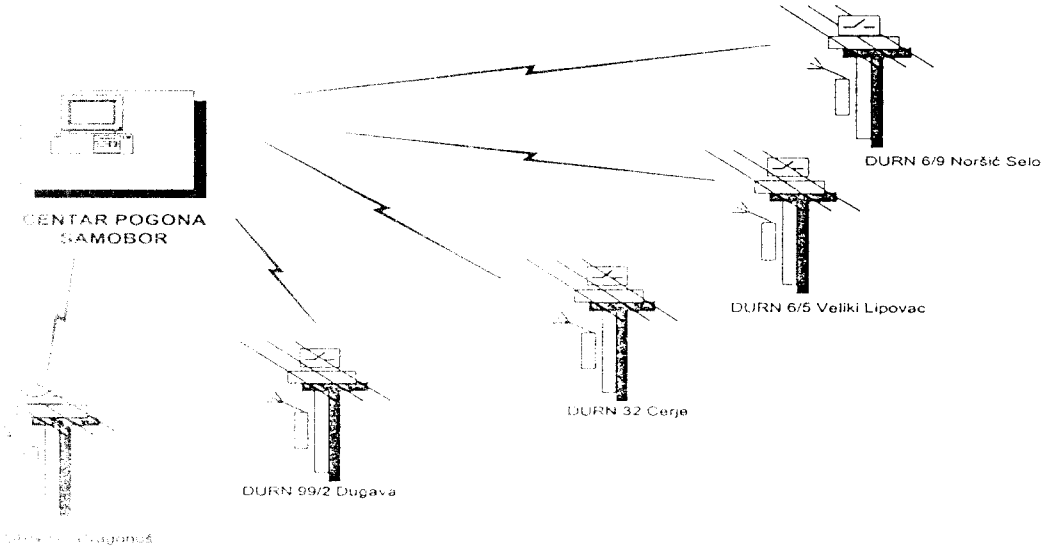
Slika 19. Kvar na srednjenaponskom kabelu "ispred" promatrane TS 10(20)/0,4kV u odnosu na pojnu
točku (S – signalna svjetiljka indikatora kvara nije uključena)

5. REALIZACIJA SUSTAVA DALJINSKOG UPRAVLJANJA U VANJSKIM POGONIMA DP "ELEKTRE" ZAGREB

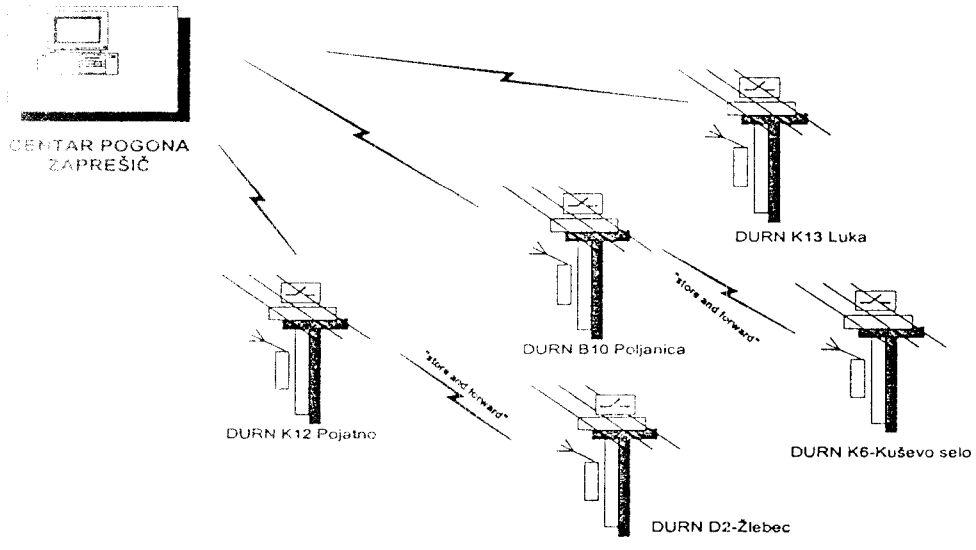
5.1. Pogoni Zaprešić i Samobor

5.1.1. Elementi sustava za daljinsko vođenje – sustav KonDUR 2000

Sustav KonDUR 2000 omogućava daljinski nadzor i upravljanje rastavnih sklopki na dalekovodnim stupovima u nadzemnoj SN mreži. Rastavne sklopke na području centra pogona Zaprešić i Samobor koje su opremljene za daljinsko vođenje, prikazane su na sl.20. i sl.21.



Slika 20. DURN na području Pogona Samobor



Slika 21. DURN na području Pogona Zaprešić

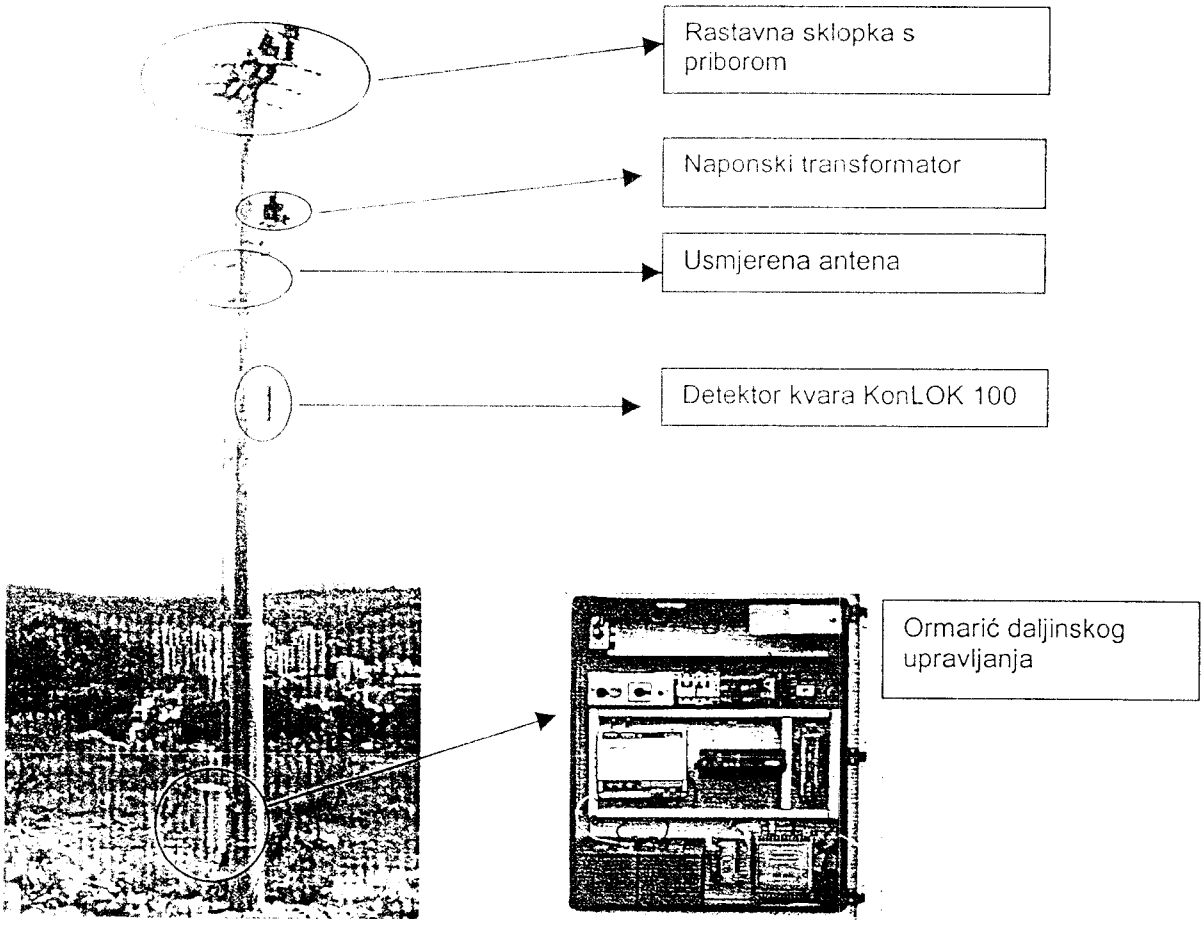
Osnovni elementi sustava KonDUR 2000, kao i njihov raspored na stupu, prikazani su na sl.22.

- Primarna oprema

U ovom slučaju, iskorištena je postojeća ABB rastavna sklopka tj. učinski rastavljač kojem je prigrađena signalna sklopka i izvršena određena mehanička prilagođenja polužja koje je do sada služilo isključivo za ručne manipulacije.

Naponski mjerni transformator 10(20)kV/100V služi za napajanje elemenata sustava, ali omogućava i mjerenje linijskog napona.

Vrlo konstan element sustava je detektor kvara KonLOK 100. To je magnetski senzor, s mogučnošću podešavanja osjetljivosti. Montira se cca. 4m ispod vodiča bez galvanskog kontakta s njima. Radi na principu registracije promjena magnetskog polja koje nastaju kao posljedica pojave struje dozemnog ili kratkog spoja na vodu. U slučaju navedenih kvarova, KonLOK 100 signalizira pojavu istog daljinskoj stanici, a ona proslijeđuje informaciju u centar. Na osnovu nje, ali i podataka sa ostalih stupova, može se sigurnošću utvrditi koja sekcija voda je u kvaru.



Slika 22. Razmještaj osnovnih elemenata sustava KONDUR na stupu

- Ormarić daljinskog upravljanja

U ormariću na dnu stupa nalaze se:

- daljinska stanica DSR 100 (integriran modem RM 1200),
- istosmjerni motorni pogon 24Vdc s panelom za upravljanje,
- komunikacijska oprema (modem RM 1200, radio stanica),
- punjač i baterije koji predstavljaju interni sustav besprekidnog napajanja u uvjetima kvara ili nestanka primarnog napona.

Baterija ima 48-satnu autonomiju, uključujući 20 manipulacija rastavnom sklopkom.

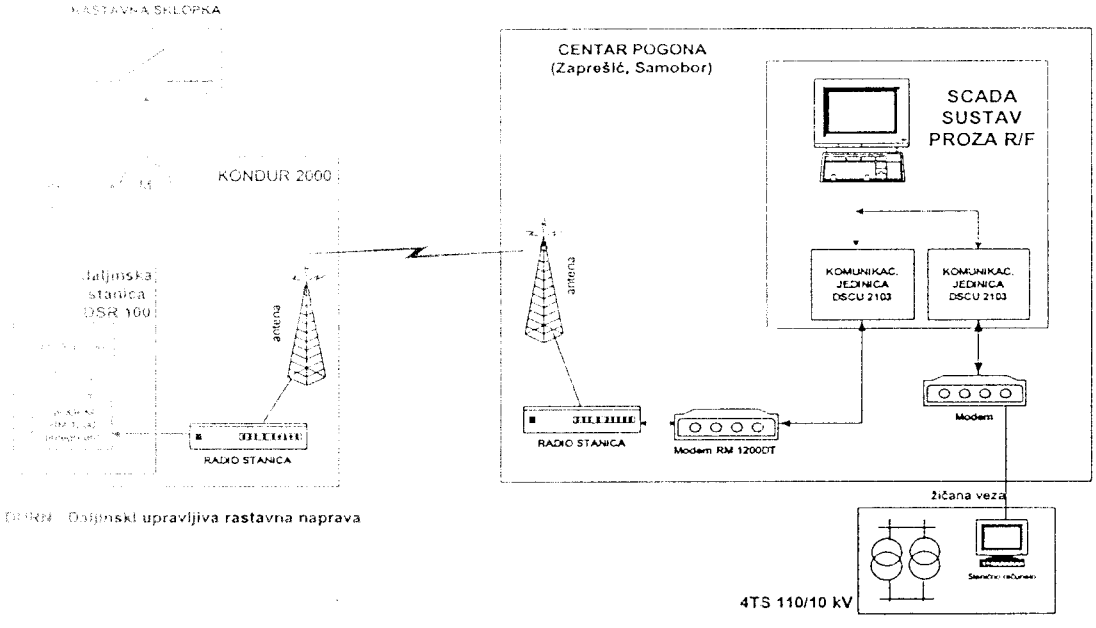
Motorni pogon može se upravljati lokalno električki sa panela za upravljanje, daljinski iz centra, a moguće je i ručno mehaničko upravljanje rastavnom sklopkom pomoću odgovarajuće poluge sa ručicom. Način upravljanja bira se pomoću preklopke lokalno/daljinski.

Daljinska stanica DRS 100

Daljinska stanica DSR 100 je u osnovi vrlo slična daljinskoj stanici DSSN 200 opisanoj u poglavlju o daljinskom vođenju kabelske SN mreže. Najveću razliku predstavlja kapacitet stanice koji je u ovom slučaju 1 komandni izlaz (dvostruki), 12 digitalnih ulaza i 6 analognih ulaza. Daljinska stanica sadrži i ugrađen modem RM 1200(integriran) koji omogućava priključak na radio vezu. Modem je moguće lokalno parametrirati pomoću prijenosnog računala i odgovarajućeg programa, dok je procesor daljinske stanice moguće programirati lokalno i daljinski iz centra pogona.

7.1.2 Centar nadzora i upravljanja

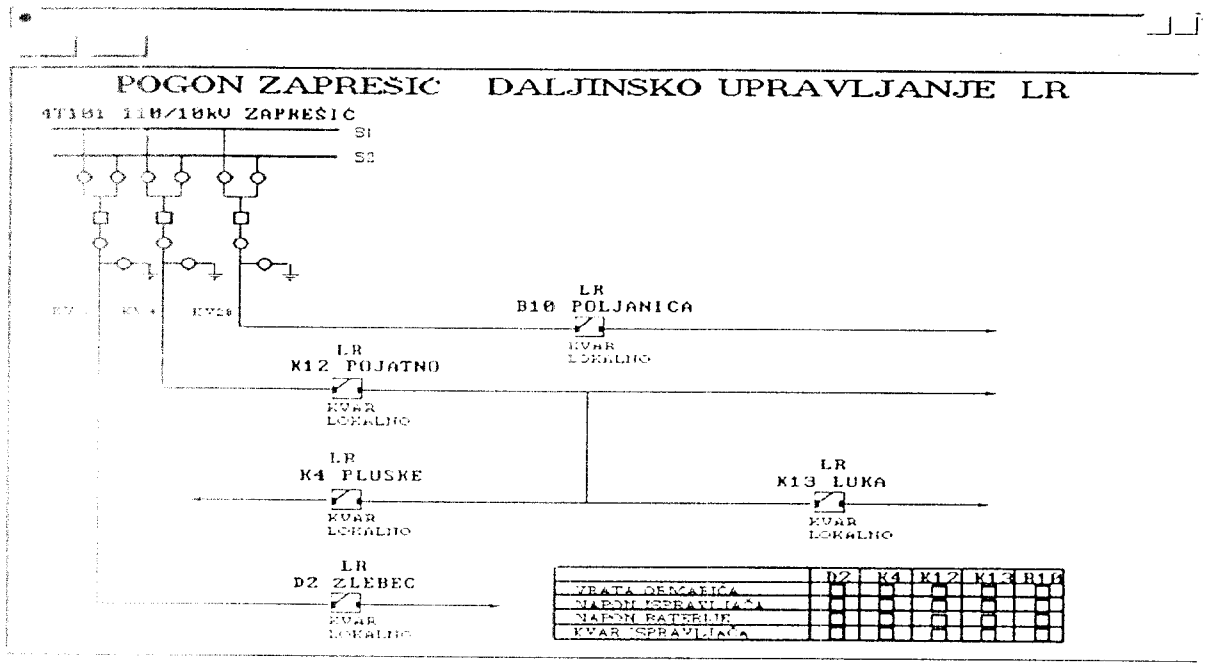
Programska i sklopovska oprema za daljinsko vođenje postrojenja na području pogona Zaprešić i Samobor smještena je u istoimenim uredima. U prvoj fazi, na njih su povezani po jedna transformatorska stanica 110/35kV i daljinski upravljive rastavne naprave (DURN). U daljnjem tekstu opisan je princip daljinskog vođenja DURN-a iz centara pogona Zaprešić i Samobor. Način povezivanja opreme na lokaciji rastavne sklopke (dalekovodni stup) i opreme u centru Pogona, tj. put jednog upravljačkog signala, prikazan je na slici 23.



Slika 23. Povezivanje komunikacijske i informatičke opreme DURN -Centar Pogona

U sobi centra pogona instalirano je računalo koje se sastoji od industrijskog PC-a s monitorom u boji, te ostvaruje funkciju "real-time" daljinskog vođenja postrojenja povezanih na centre pogona. U njemu je implementiran programski sustav za vođenje procesa u realnom vremenu PROZA R/F baziran na snažnom operacijskom sustavu UNIX i Windows okruženju. Prikazivanje podataka operateru daje se putem ekranskih prikaza i zvučnog alarma. Izgled ekranskog prikaza u centru pogona Zaprešić prikazan je na sl.24.

U centru se uz modem RM 1200DT i radio stanicu nalaze i komunikacijke jedinice DSCU 2103(smještene u računalu industrijskog tipa) koje obrađuju podatke iz daljnskih stanica, a isto tako prosljeđuju komande prema istim.



Slika 24. Centar Pogona Zaprešić – izgled ekranskog prikaza

Podaci koji razmjenjuju daljinske stanice na lokaciji DURN-a i programska oprema u centrima pogona su:

- komande dvostruke (iz centra): uklop i isklop rastavne sklopke
- signal položaja rastavne sklopke (dvostruka signalizacija)
- signal otvorenih vrata ormara daljinskog upravljanja
- signal kvara na vodu (K.S. ili zemljospoj)
- signal nestanka ulaznog napona
- signal stanja baterije
- signal kvara punjača
- signal položaja sklopke lokalno/daljinski
- mjerenje temperature unutrašnjosti ormarića

6.1.3. Elementi komunikacijskog sustava

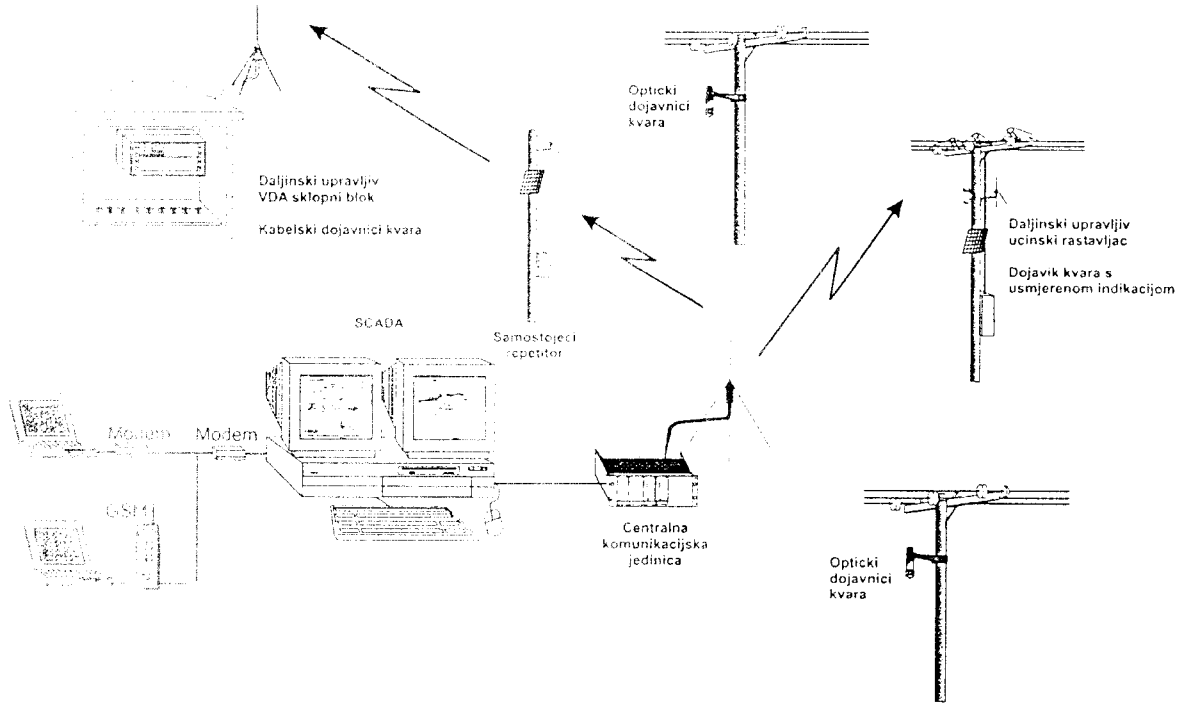
Na sl.23. također se mogu vidjeti i elementi komunikacijskog sustava, kako u centrima Pogona tako i na lokaciji DURN-a. Komunikacijski sustav za vezu daljinskih stanica i centara Pogona je radio veza u FM području koje se koristi i za mobilni sustav radio veza. Osnovni razlog je taj što za ovakav oblik daljinskog vođenja nije potrebno imati real-time vezu, već se u centru pogona podesi automatsko prozivanje daljinskih stanica kojim se provjerava ispravnost veze i vrši osvježavanje svih podataka. Ako se u periodu između dva prozivanja dođe do bilo kakve promjene (alarm, promjena stanja...) daljinska stanica će spontano, bez prozivanja, alarmirati operatera u centru u smislu općeg alarma. Operater nakon toga ručno pokreće postupak prozivanja svih daljinskih stanica da bi utvrdio što se i gdje zapravo dogodilo. Učestalost automatskog prozivanja ovisi o važnosti rastavnih mjesta tj. potrebi za provjerom stanja opreme na stupu. Iskustva su pokazala da ciklus provjere svakih 8 sati zadovoljava tehničku funkcionalnost. Komunikacijski protokol izveden je u skladu sa IEC 60870-5-101/B standardom. Iskorištena je i mogućnost ostvarenja funkcije "store and forward" koja se programirala daljinskim stanicama na lokacijama B10 Poljanica i K12 Pojatno koje na taj način posreduju u komunikaciji centra pogona Zaprešić i daljinskih stanica na lokacijama D2 Žlebec i K6 Kruševo Selo (sl.21.).
Na centre pogona koji su formirani na opisani način, moguće je u budućnosti povezati (u smislu daljinskog vođenja) i druge tipove postrojenja SN mreže na području opisanih pogona: TS 10(20)/0,4kV, rasklopišta 10(20) kV otvorenog i zatvorenog tipa....

5.2 Pogon Velika Gorica

5.2.1 Elementi sustava za lociranje mjesta kvara, izdvajanje kvara i restauraciju pogona SN nadzemne mreže

Sustav za lociranje mjesta kvara, izdvajanje kvara i restauraciju pogona SN nadzemne mreže (u daljem tekstu: sustav) prikazan je na slici 25. Sastoji se od:

1. Vakuumska distribucijska sklopna aparatura s prigradnjama za daljinsko upravljanje
2. Kabelski dojavnici kvara
3. Uniksi rastavljači s prekidnim komorama za nadzemne vodove
4. Aktuatori za pogon rastavnih sklopki (učinskih rastavljača) za nadzemne vodove
5. Dojavnici kvarova za nadzemne vodove s usmjerenom indikacijom
6. Komunikacijske jedinice
7. Samostojeći repetitori
8. SCADA sustav
9. Optički dojavnici kvarova



Slika 25. Sustav za lociranje mjesta kvara, izdvajanje kvara i restauraciju pogona SN nadzemne mreže

Nakon pojave kvara prvo reagira zaštita SN voda u pojnoj stanici TS 110/10(20) kV i vod ostaje u beznaponskom stanju. Zatim dojavnici kvara s usmjerenom indikacijom, odnosno kabelski dojavnici kvara putem komunikacijskog sustava i SCAD-e signaliziraju eventualno registriranje struja kvara. Na osnovu raspoloživih informacija, a putem daljinski upravljivih rastavnih naprava, dežurni dispečer vrši odvajanje dijela voda u kvaru i ponovno uspostavlja napajanje na dijelu voda gdje je to moguće. Cijeli ovaj postupak u praksi traje oca. 2 min. Zatim se upućuju ekipe na teren koje temeljem signalizacija optičkih dojavnika kvara vrše mikrolociranje dionice na kojoj je nastao kvar.

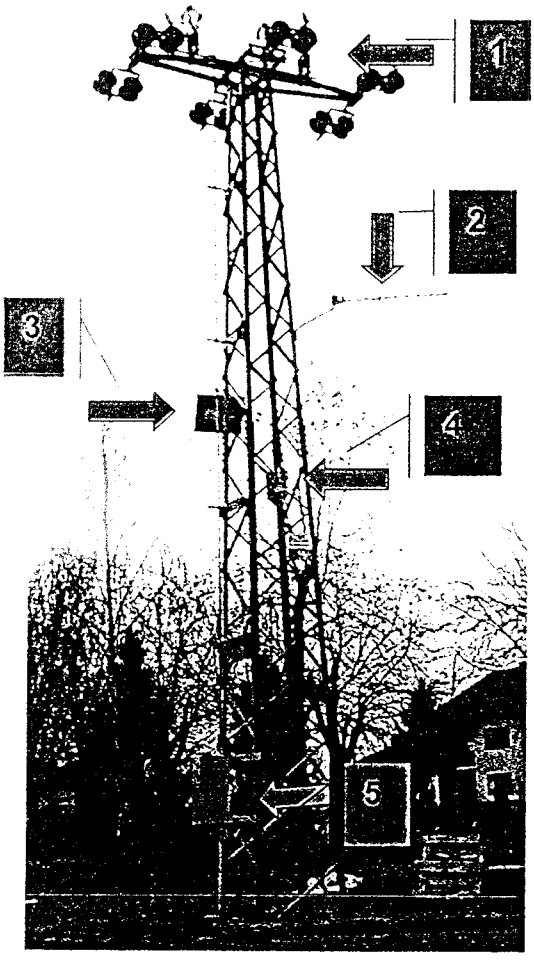
5.2.2 Podjela elemenata sustava

Elementi sustava se mogu podijeliti u tri osnovne skupine:

1. Elementi sustava za nadzemnu mrežu
2. Elementi sustava za kabelski mrežu
3. Elementi SCADA i komunikacijskog sustava

5.2.2.1 Elementi sustava za nadzemnu mrežu

Osnovni elementi sustava za nadzemnu mrežu, s mogućnošću daljinske komunikacije, prikazani su na slici 26



1. **Linijski rastavljač s učinskim komorama:** predstavljaju izvršni dio daljinski upravljive rastavne naprave (DURN). Zahvaljujući učinskim komorama daljinski je moguće i ukopčati i iskopčati rastavljač kada kroz njega teku struje nazivnog opterećenja, što cijelom sustavu daje dodatnu kvalitetu.
2. **Antena:** na DURN gdje nije postojala potreba istodobnog korištenja i kao repetitora korištene su usmjerene antene
3. **Solarni panel:** za napajanje aktuatora i RTU-a korist se solarni panel snage 30W. Solarni panel, kao izvor energije, u potpunosti pokriva potrebe za električnom energijom svih elemenata sustava za nadzemnu mrežu.
4. **Dojavnik kvara za nadzemne vodove s usmjerenom inikacijom.**
5. **Aktuator za pogon linijskog rastavljača s učinskim komorama.**

Slika 26. Elementi sustava za nadzemnu mrežu

5.2.2.1.1. Dojavnik kvara za nadzemne vodove s usmjerenom indikacijom

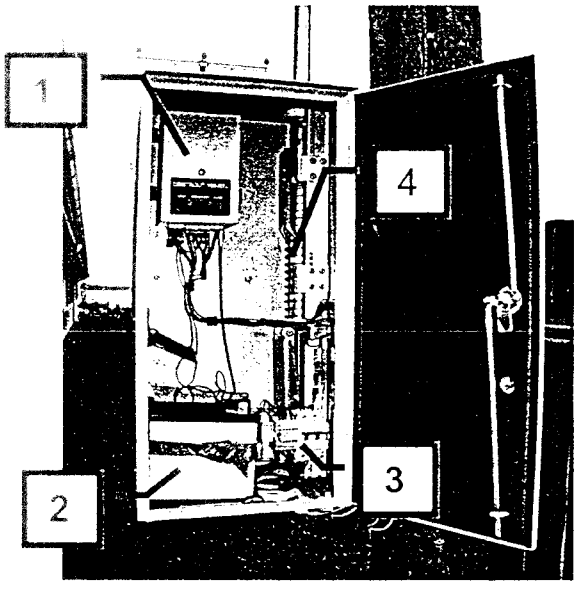
Dojavnik kvara za nadzemne vodove s usmjerenom indikacijom (u daljnjem tekstu: dojavnik kvara) je trofazni uređaj koji u potpunosti pokriva sve vrste kvarova koji se mogu pojaviti. Instalira se 4-5m ispod vodiča, tako da je montažu moguće obaviti dok je vod pod naponom, vrlo brzo i sigurno. Nije mu potreban nikakav vanjski izvor napajanja.
Otkrivanje kvara temelji se na detekciji elektromagnetskog polja ispod vodiča i specifičnog redoslijeda pojava

Indikacija dojavnika kvara slijedi logiku:

Kod zemljospoja dolazi do indikacije samo zelenog, odnosno crvenog signala na zaslonu SCADA sustava, i do prorade samo crvenih, odnosno zelenih LED dioda na samom indikatoru. Pri tome vrijedi sljedeća logika: ako stanemo ispred indikatora u smjeru voda i kao indikaciju imamo zeleno svjetlo, kvar je ispred nas, a u slučaju indikacije crvenim svjetlom, iza .
Kod kratkog spoja kao indikacija se javlja i crveno i zeleno svjetlo na zaslonu SCADA sustava, odnosno naizmjenično se pale i gase crvene i zelene LED diode na samom dojavniku kvara.

5.2.2.1.2. Aktuator za pogon učinskih rastavljača za nadzemne vodove

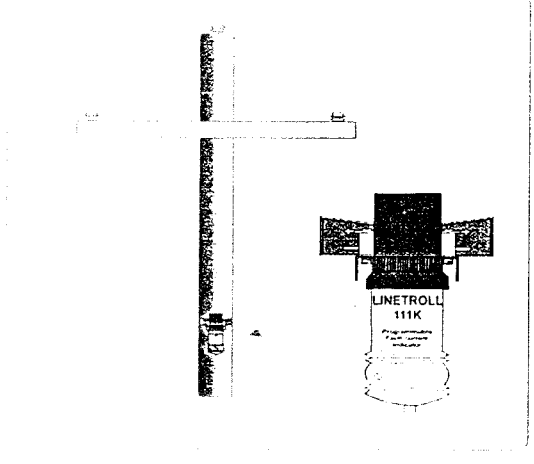
Aktuator za pogon učinskih rastavljača za nadzemne vodove (slika 27) ima maksimalnu snagu pomaka od 2000 N i maksimalnu dužinu pomaka od 270 mm. Zahvaljujući opružnom djelovanju pogonskog mehanizma aktuatora u smjeru zatvaranja rastavljača i rješenjima u učinskim komorama prilikom otvaranja rastavljača moguća je izvršiti otvaranja i zatvaranje rastavljača aktuatorom i pod naponom, što svakako cijelom sustavu daje jednu dodatnu kvalitetu. Aktuatorom je moguće upravljati ručno, lokalno i daljinski



1. Daljinska upravljačka jedinica (remote terminal unit)
2. Akumulator 38 Ah (moguće je staviti dva akumulatora) napajan iz solarnog panela
3. Sustav zaštite motora aktuatora
4. Polužni pogon aktuatora s oprugom

Slika 27. Aktuator za pogon učinskih rastavljača za nadzemne vodove

5.2.2.1.3. Optički dojavnici kvara

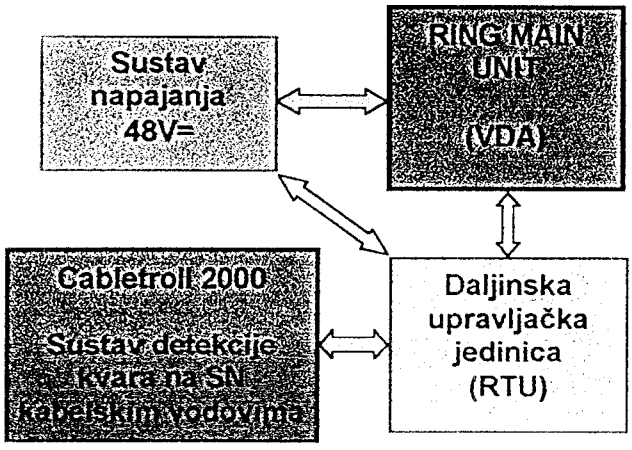


Slika 28. Optički dojavnici kvara za SN nadzemne mreže

Optički dojavnici kvara (slika 28) koriste se za optičku indikaciju i lociranje kvarova kratkog spoja i zemljospoja na nadzemnim vodovima distribucijskih mreža. U potpunosti su samostojni i montiraju se 3-5m ispod vodiča samostalno, a ne u kombinaciji sa dalinski upravljivim rastavnim napravama.
Nakon što je detektirao kvar na vodu, dojavnik reagira bljeskovima ksenonske svjetiljke, koji su po danjem svjetlu vidljivi na udaljenosti 200-300m, a noću 2-3 km. Leća dojavnika dozvoljava vidljivost u krugu od 360^0.
Optički dojavnici su programibilni, što omogućava njihovo prilagođivanje uvjetima mreže i željama operatera.
Optički dojavnici nemaju mogućnost daljinske dojave, niti usmjerenu signalizaciju u slučaju zemljospoja. Ali je i njihova cijena cca. 3 puta manje od cijene dojavnika kvara za nadzemne vodove s usmjerenom indikacijom.

5.2.2.2 Elementi sustava za SN kabelsku mrežu

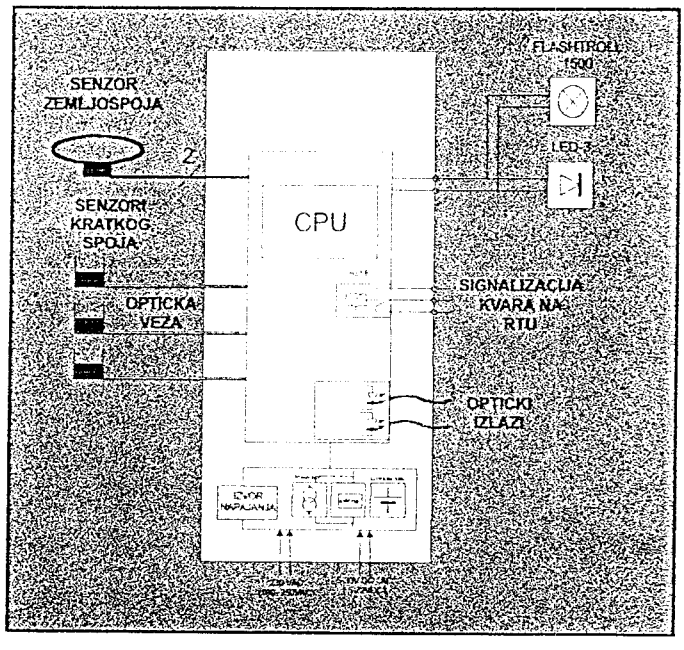
Elementi sustava za SN kabelsku mrežu u transformatorskoj stanici prikazani su na slici 29.



- Sustav napajanja 48V= proizveden je u "dryfit" tehnologiji gela (suha baterija), sastavljen od četiri 12 V bloka, nazivnog kapaciteta 25 Ah.
- Ring main unit (tip: VDA) opremljen je elektromotornim pogonom za napinjanje opruge, elektromagnetskim svicima za daljinsko sklapanje rastavnih sklopki i signalnim sklopkama na svakom aparatu

Slika 29. Elementi sustava SN kabelske mreže

- Cabletroll 2000 je modularni sustav za detekciju kvarova na SN kabelskim vodovima, namijenjen unutarnjoj montaži. Potpuni komplet se sastoji od 3 senzora kratkog spoja, jednog senzora zemljospoja i jednog pretvarača (konvertora) – slika 30. Za senzore kratkog spoja prag indikacije je podesiv na vrijednosti od 350A do 1200A. sastoje se od strujnog transformatora i uređaja za optičko odašiljanje signala, kako bi se spriječile smetnje uslijed velikih struja kratkog spoja. Na senzoru zemljospoja moguće je ugoditi vrijednost praga indikacije od 5A do 100A. To je strujni transformator koji se aktivira kada vektorska suma struja u kabelu prijeđe ugođeni prag.



Slika 30. Cabletroll 2000, sustav za detekciju kvarova na SN kabelskim vodovima

5.2.2.3 Elementi SCADA i komunikacijskog sustava

5.2.2.3.1.SCADA sustav

Osnovni zadaci SCADA sustava su:

- komanda daljinski upravljivim rastavnim napravama (DURN)
- nadzor položaja DURN-a
- nadzor statusa dojavnika kvarova s mogućnošću daljinske komunikacije
- nadzor ispravnosti akumulatorskih baterija DURN-a
- nadzor statusa sustava zaštite motornih pogona DURN-a
- statistika pogonskih događaja
- prikupljanje raznih važnih informacija za pogon i održavanje.

SCADA sučelje je grafičko, i "user friendly" do te mjere, da je korisniku vrlo lako promijeniti parametre sustava u skladu s eventualno novonastalom situacijom ili vlastitim potrebama. SCADA kao platformu zahtjeva Windows® NT operativni sustav, računalo sa minimalno: 200 MHz Pentium II procesorom, 64 MB RAM-a i 500 MB raspoloživog prostora na HDD-u. Dakle i zahtjevi na hardwar-e su vrlo skromni.

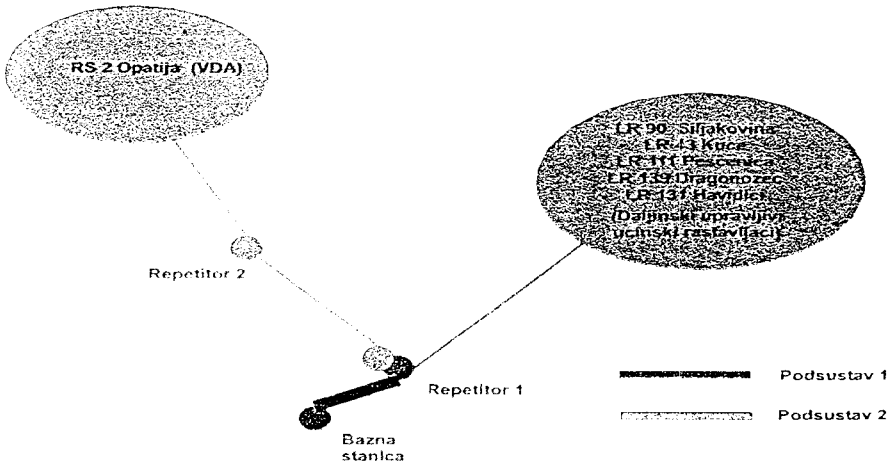
5.2.2.3.2 Komunikacijski sustav

Komunikacijski sustav je radiokomunikacijski, baziran na modernoj i fleksibilnoj LonWorks® tehnologiji sa integriranim LonTalk® protokolom. Neke od osnovnih karakteristika komunikacijskog sustava su:

- Otvorena arhitektura i mogućnost interakcije s drugim sustavima;
- Vrlo velika robusnost i pouzdanost.

Sustav dozvoljava svakom RTU da ujedno bude i repetitor, a dozvoljava postojanje i zasebnih repetitora. Zahvaljujući karakteristikama LonWorks® radio jedinice su izrazito male snage (0,5W), što dozvoljava njihovo napajanje putem solarnih panela. Ova činjenica dodatno naglašava fleksibilnost komunikacijskog dijela sustava, njegovu jednostavnost i povoljnu cijenu koja iz toga proizilazi. Svaki repetitor strukturiran je unutar pojedinog podsustava, što osigurava minimum prometa i maksimalnu propusnost. Struktura komunikacjskog sustava Pogona Velika Gorica prikazana je na slici 31.

STRUKTURA KOMUNIKACIJSKOG SUSTAVA



Slika 31. Struktura komunikacjskog sustava Pogona Velika Gorica