

Mr. sc. Tomislav Sinjeri  
HEP – ODS d.o.o., Elektra Koprivnica  
[tomislav.sinjeri@hep.hr](mailto:tomislav.sinjeri@hep.hr)

Prof. dr. sc. Ante Marušić  
Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb  
[ante.marusic@fer.hr](mailto:ante.marusic@fer.hr)

## NOVE MOGUĆNOSTI PRI VOĐENJU POGONA I UGAĐANJA ZAŠTITE DISTRIBUCIJSKOG SUSTAVA

### SAŽETAK

Temeljna funkcija elektroenergetskog sustava je isporuka dostatne i kvalitetne količine električne energije potrošačima. Relejna zaštita elektroenergetskog sustava (EES) ima zadatak otkriti poremećaj u sustavu te ovisno o njegovu karakteru isključiti ga ili samo dojaviti.

Sa sve većim zahtjevom kupaca električne energije za minimalnim brojem i trajanjem prekida, u srednjenaponsku gradsku mrežu uvedena je uzdužna diferencijalna zaštita. Ovim je radom posebno naglašen utjecaj povećanja angažirane snage na srednjenaponsku (SN) mrežu štice uzdužnom diferencijalnom zaštitom te su s obzirom na spomenutu problematiku izrađena podešenja nadstrujne i diferencijalne zaštite.

**Ključne riječi:** uzdužna diferencijalna zaštita, povećanje snage u SN mreži

## NEW CAPABILITIES IN DISTRIBUTION POWER SYSTEM OPERATION AND PROTECTION SETTINGS

### SUMMARY

The basic function of the power system is to deliver sufficient quantity and quality of electricity to consumers. The function of power systems' protection (protective relaying) is to detect disturbance in the system and depending on its character isolate it or just signalize it.

As the customers' demand for smaller number and duration of interruption increases, electric company answered by installing feeder differential protection in medium voltage network in urban area. This paper emphasizes the impact that increase in power consumption has on the MV network protected with differential protection and it proposes overcurrent and differential protection adjustment regarding the issue.

**Key words:** differential protection, power in the MV network

### 1. UVOD

Temeljna funkcija elektroenergetskog sustava je isporuka dostatne i kvalitetne količine električne energije potrošačima. Na pouzdanost isporuke električne energije utječe oblik mreže, uzemljenje neutralne točke, vrste kvarova i smetnji. Najčešći uzroci kvarova su mehanička naprezanja, električna naprezanja izolacije, onečišćenje izolacije, premoštenje ili oštećenja izolacije, te termički i kemijski utjecaj na izolaciju zbog kojih ona gubi svoja osnovna zaštitna svojstva. Potpuno osiguranje sustava od kvarova je nemoguće, zato se u mrežu zajedno s osnovnim (primarnim) elementima ugrađuju i zaštitni uređaji. Zaštita EES-a (relejna zaštita) ima zadatak otkriti poremećaj u sustavu te ovisno o njegovu karakteru isključiti ga ili samo dojaviti. Bitno je ostvariti djelovanje zaštite u čim manjem vremenskom opsegu ograničavajući kvar na što manji dio mreže.

Materijalna šteta uzrokovana poremećajem ovisi o njegovom trajanju i jakosti struje kvara. Pojavom kvara na mreži dolazi do drugih kvarova, zato je bitno koja zaštita će se primijeniti.

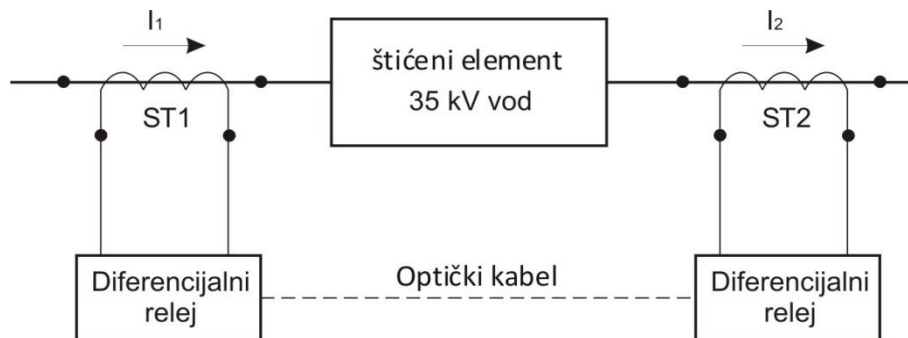
U početku su se ugrađivali elektromehanički i statički releji (elektronički zaštitni uređaji s analognom obradom signala) dok se danas proizvode i ugrađuju digitalni, odnosno numerički releji (elektronički zaštitni uređaji s digitalnom obradom signala). Razvoj i primjena pojedinačnih digitalnih uređaja u elektroenergetskim postrojenjima (npr. daljinska stanica, kronološki registrator događaja, lokator kvara na visokonaponskom vodu, uređaji telekomunikacije) započela je prije četvrt stoljeća, kada je mikroračunarska oprema uspješno uvedena u sustave automatizacije procesa, sustav vođenja pogona u elektranama i sustav daljinskog vođenja pogona elektroenergetskog sustava. Elektroenergetski sustav za distribuciju električne energije čine SN energetska postrojenja te SN i NN mreža. Tipična elektroenergetska postrojenja napona 35 kV, 10 kV i 0,4 kV jesu transformatorske stanice 35/10 kV, dalekovodi 35 kV, transformatorske stanice 10(20)/0,4 kV, dalekovodi 10(20) kV i mreže niskog napona (0,4 kV). Sve navedene dijelove sustava potrebno je na odgovarajući način zaštititi.

Sa sve većim zahtjevom kupaca električne energije za minimalnim brojem i trajanjem prekida, pojavila se potreba za uvođenjem uzdužne diferencijalne zaštite u srednjenaponskoj mreži. Uzdužna diferencijalna zaštita vodova je novija zaštita sustava za razdiobu električne energije. S razvojem numeričkih releja i optičkih komunikacijskih sustava ostvarila se mogućnost primjene diferencijalne zaštite srednjenaponskih vodova u distribucijskom sustavu. U ovom radu, poseban naglasak biti će dan na analizu utjecaja povećanja instalirane snage na SN mrežu štićenu uzdužnom diferencijalnom zaštitom.

## 2. UZDUŽNA DIFERENCIJALNA ZAŠTITA

### 2.1. Općenito o uzdužnoj diferencijalno zaštiti

Diferencijalna zaštita primjenjuje se na više elemenata elektroenergetskog sistema, kao što su vodovi, sabirnice, generatori i transformatori. Opća blok shema uzdužne diferencijalne zaštite voda prikazana je na slici 1.



Slika 1. Pojednostavljena shema uzdužne diferencijalne zaštite

Ova zaštita štiti od kvarova unutar štićene zone dok na kvarove izvan te zone ne smije reagirati. Štićena zona diferencijalne zaštite određena je položajem strujnih transformatora ST1 i ST2, u ovom slučaju 35 kV vod, koji mjere struje na oba kraja štićenog elementa.

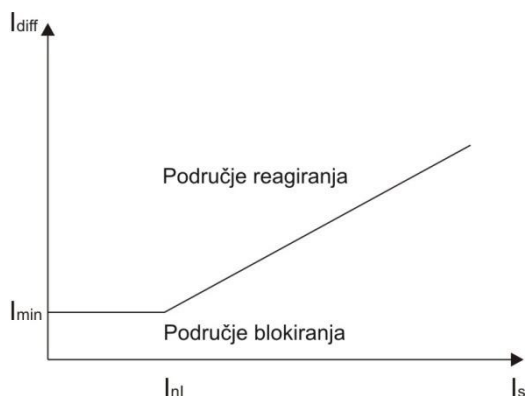
Diferencijalna ili radna struja releja (eng. operating current, differential current)  $I_{diff}$  računa se prema formuli:

$$I_{diff} = |I_1'' - I_2''| \quad (1)$$

gdje su  $I_1''$  i  $I_2''$  sekundarne struje strujnih transformatora.

U idealnom slučaju, kada su karakteristike strujnih transformatora ST1 i ST2 jednake, prilikom normalnog radnog stanja štićenog elementa ili kvara izvan štićene zone, struje na oba kraja su iste te je diferencijalna struja releja jednaka nuli. Ako se pojavi kvar između strujnih transformatora ST1 i ST2, tj na štićenom vodu, struje  $I_1''$  i  $I_2''$  su različite i javlja se značajna diferencijalna struja koja izaziva proradu releja.

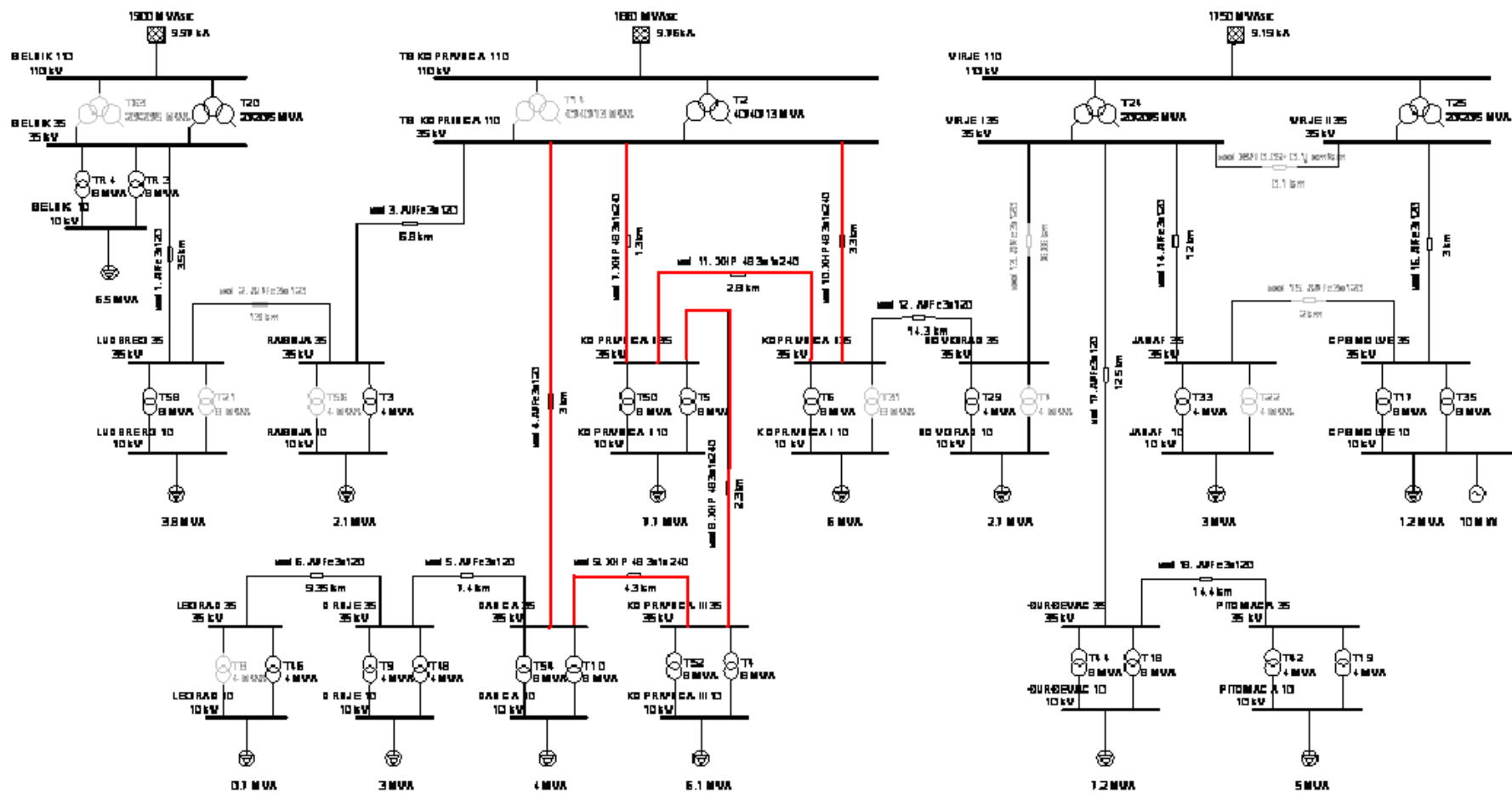
U realnim situacijama diferencijalna struja nije jednaka nuli, već i u normalnim radnim režimima postoji neka struja razlike. Ona se javlja usljed nesavršenosti strujnih transformatora i nejednakosti njihovih karakteristika, kao i niza drugih faktora. Releji ne smije reagirati na ovu struju razlike pa se postavlja prag osjetljivosti, odnosno minimalna struja ispod koje relej ne reagira ( $I_{min}$  na slici 2).



Slika 2. Karakteristika diferencijalnog releja

Uzdužna diferencijalna zaštita vodova je novija zaštita sustava jer se tek razvojem komunikacijskih sustava i numeričkih releja ostvarili preduvjeti za njezinu upotrebu. Zbog svoje rasprostranjenosti upravo je vjerojatnost nastanka kvara na vodovima najveća.

Dio 35 kV–tne mreže Elektre Koprivnica zamkaste je topološke strukture pa je stoga odlučeno da se vodovi koji povezuju TS 110/35 kV Koprivnica, TS 35/10 kV Koprivnica 1, TS 35/10 kV Koprivnica 2, TS 35/10 kV Koprivnica 3 i TS 35/10 kV Podravka Danica štite uzdužnom diferencijalnom zaštitom kao temeljnom zaštitom (slika 3). Na taj će se način kvarovi na kabelima i nadzemnom vodu selektivno isključivati u vrlo kratkom vremenu, a potrošači neće ostati bez napajanja električnom energijom.



Slika 3. Pojednostavljena jednopolna shema 35 kV mreže HEP ODS, Elektra Koprivnica

## 2.2. Uzdužna diferencijalna zaštita 35 kV-nih vodova

Zaštita srednjenaponskih vodova (uzdužna diferencijalna) izvedena je zaštitnim relejem MiCOM P631 firme AREVA. Ovaj zaštitni uređaj je u osnovi diferencijalni relej za zaštitu dvonamotnog energetskog transformatora, no može se koristiti i za zaštitu motora, generatora te za uzdužnu diferencijalnu zaštitu vodova. Numerički diferencijalni relej MiCOM P631/632 predviđen je za brzo i selektivno isključenje kvara na šticeu objektu.

Djelovanje uzdužne diferencijalne zaštite ovisi o točnosti i karakteristikama strujnih transformatora na oba kraja šticeu voda. Zbog toga se zahtijeva da strujni transformatori na oba kraja voda budu identični.

Kako bi kvarove u šticeu području isključili u što je moguće kraćem vremenu potrebno je da napon koljena  $V_k$  strujnog transformatora bude najmanje 5 puta veći od napona stabilizacije  $V_s$ .

Napon stabilizacije izračunat je za strujne transformatore prijenosnog omjera 2x300/5/5 A koji su spojeni na 600/5/5 A, faktora sigurnosti  $F_S = 5$  prema izrazu:

$$V_s = 0,5 I_{KS \max} \frac{1}{p_i} (R_{ST} + 2R_L) \quad (2)$$

gdje je:  $I_{KS \max}$  – maksimalna vrijednost struje kratkog spoja koja teče kroz šticeu objekt (A),

$p_i$  – prijenosni omjer strujnog transformatora (A/A),

$R_{ST} = 0,3 \Omega$  – otpor namota ST,

$R_L = 0,08 \Omega$  – pretpostavljena prosječna vrijednost otpora spojnih vodova.

U tablici 1 predočeni su rezultati proračuna napona stabilizacije i napona koljena strujnih transformatora u postrojenjima Elektre Koprivnica koja su obuhvaćena ovom analizom.

Tablica 1. Napon stabilizacije i napon koljena strujnih transformatora

Vod	ST (A/A)	$I_{KS \max}$ (kA)	$V_s$ (V)	$V_k$ (V)
Koprivnica 3 – Koprivnica 2	600/5	3,78	6,0	30,0
Koprivnica 3 – Danica	600/5	3,64	5,8	29,0
Koprivnica 2 – Koprivnica 110/35	600/5	4,51	7,2	36,0
Koprivnica 110/35 – Danica	600/5	4,04	6,4	32,0
Koprivnica 2 – Koprivnica 1	600/5	2,17	3,5	17,5
Koprivnica 1 – Koprivnica 110/35	600/5	4,64	7,4	37,0

Opseg zaštite energetskih vodova (kabela) ovisi o očekivanim kvarovima i smetnjama, pa je prema tome na 35 kV-noj razini ugrađena zaštita od višepolnih i dozemnih kvarova.

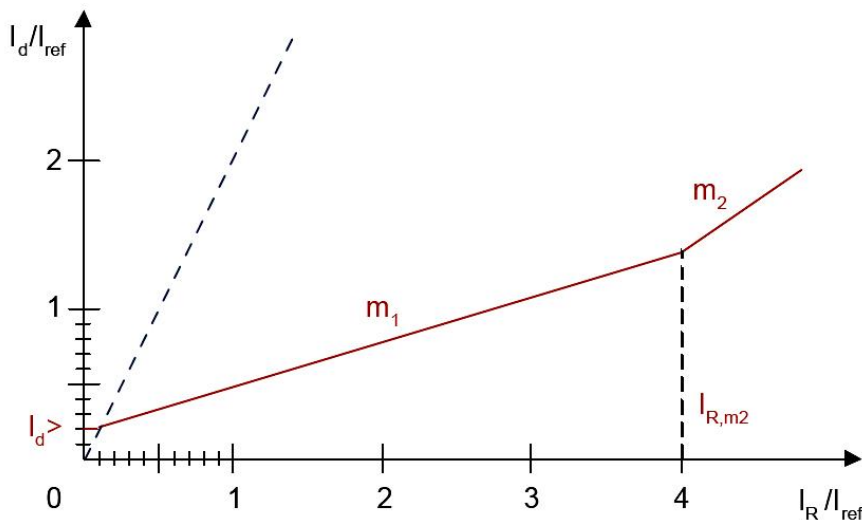
Strujna osjetljivost uzdužne diferencijalne zaštite voda, odnosno osnovno podešenje releja definirano je parametrom  $I_{diff}$ . Proradna vrijednost struje mora biti tako odabrana da bude veća od stacionarne kapacitivne struje šticeu voda. Ako se uzmu u obzir varijacije napona i frekvencije postavlja se zahtjev da podešene vrijednosti  $I_{diff}$  budu dva do tri puta veće od kapacitivnih struja prema tablici 2. Osim toga, proradna vrijednost struje ne smije biti manja od 15 % vrijednosti nazivne pogonske struje kroz šticeu vod. Podešenje diferencijalne zaštite mora biti isto na oba kraja šticeu voda. U tablici 3 predočene su minimalne vrijednosti podešenja diferencijalne struje. (na primarnoj razini).

Tablica 2. Minimalne vrijednosti podešenja diferencijalne struje

Vod	$I_c$ (A)	Min $I_{diff}$ (A)	$I_{pog \max}$ (A)	Min $I_{diff}$ (A)	$I_{diff}$ (A)
Koprivnica 3 – Koprivnica 2	3,02	6,04	126,8	19,02	20
Koprivnica 3 – Danica	3,95	7,90	80,5	12,08	13
Koprivnica 2 – Koprivnica 110/35	1,71	3,42	202,8	30,42	31
Koprivnica 110/35 – Danica	0,09	0,18	216,8	32,52	33
Koprivnica 2 – Koprivnica 1	3,68	7,36	27,0	4,05	8
Koprivnica 1 – Koprivnica 110/35	4,34	8,68	91,1	13,67	14

Na slici 4 predočen je kvalitativni oblik proradne karakteristike diferencijalne zaštite numeričkog releja MiCOM P631 AREVA.

Uzimajući u obzir sigurnosne koeficijente, te grešku strujnih transformatora određuju se vrijednosti podešenja uzdužne diferencijalne zaštite navedenih 35 kV-nih vodova. Podešenja uzdužne diferencijalne zaštite prikazana su u tablici 3. Vrijeme djelovanja uzdužne diferencijalne zaštite treba postaviti na 0 sekundi, tj. ne predlaže se vremensko zatezanje djelovanja diferencijalne zaštite voda.



Slika 4. Proradna karakteristika diferencijalne zaštite MiCOM P631 AREVA

Tablica 3. Podešenja uzdužne diferencijalne zaštite

Vod	$I_{diff>} (\%)$	$m1 (-)$	$m1 (^\circ)$	$m2 (-)$	$m2 (^\circ)$
Koprivnica 3 – Koprivnica 2	25	0,30	16,7	0,65	33
Koprivnica 3 – Danica	20	0,30	16,7	0,65	33
Koprivnica 2 – Koprivnica 110/35	30	0,30	16,7	0,65	33
Koprivnica 110/35 – Danica	30	0,30	16,7	0,65	33
Koprivnica 2 – Koprivnica 1	20	0,30	16,7	0,65	33
Koprivnica 1 – Koprivnica 110/35	20	0,30	16,7	0,65	33

Za proračune tokova snaga i kratkih spojeva je korišten programski paket “ETAP (*Electrical Transient Analyzer Program*). Power Station 400”. Pojednostavljena shema razdjelne mreže s osnovnim podacima elemenata mreže predočena je na slici 3. Kao rezultat proračuna tokova snaga dobiju se jednopolne sheme s naponskim stanjima i apsolutnim iznosima struja iz programskog paketa ETAP. Programski paket ETAP kao rezultat proračuna daje izvještaj odabranog formata sadržaja u obliku tablica.

Bitno je naglasiti da je u proračun uračunat utjecaj 110 kV- ne prijenosne mreže koji je preuzet iz studije “Proračun kratkog spoja u mreži Hrvatske 2005. i 2010. godine” koju je izradio Institut za elektroprivredu i energetiku.

Umjesto posebnog opisa pojne mreže, tehnički je prikladnije stanje prikazati shemama i tablicama iz kojih se vidi način napajanja pojedinih transformatorskih stanica, broj transformatora, njihova snaga te vrste i duljine vodova.

Mreža 35 kV prikazana je shemom na slici 3, a detaljniji podaci o 35 kV- tnm vodovima, kojima se napajaju pojedine transformatorske stanice napona 35/10 kV, prikazani su tablicom 5. Uočljivo je da svaka transformatorska stanica 35/10 kV ima dva transformatora. S druge strane i sustav pojnih vodova 35 kV pokazuje, kvalitativno, da većina stanica ima mogućnost dvostranog napajanja. Transformatorske stanice koje nemaju dvostrano napajanje, u slučaju prekida napajanja mogu određeno kratko vrijeme biti izvan pogona, zajedno s pripadajućim konzumom. Instalirane snage TS 35/10 kV i njihova vršna opterećenja na području Elektre Koprivnica prikazani su tablicom 4.

Tablica 4. Instalirana snaga i vršno opterećenje TS 35/10 kV na području Elektre Koprivnica

Br.	Naziv TS 35/10 kV	Instalir. snaga n x MVA)	Vršno opterećenje (kW) (% uz $\cos \varphi=0.95$ )
1.	TS 35/10 kV SELNIK	2 x 8	7000
2.	TS 35/10 kV LUDBREG	2 x 8	3800
3.	TS 35/10 kV RASINJA	2 x 4	2100
4.	TS 35/10 kV DANICA	2 x 8	8000
5.	TS 35/10 kV DRNJE	2 x 4	3500
6.	TS 35/10 kV LEGRAD	2 x 4	900
7.	TS 35/10 kV KOPRIVNICA III	2 x 8	6000
8.	TS 35/10 kV KOPRIVNICA II	2 x 8	8500
9.	TS 35/10 kV KOPRIVNICA I	2 x 8	5900
10.	TS 35/10 kV NOVIGRAD	2 x 4	2500
11.	TS35/10/0,6 kV JANAF	2 x 4	3000
12.	TS 35/10 kV CPS MOLVE	2 x 8	1200
13.	TS 35/10 kV ĐURĐEVAC	2 x 8	7200
14.	TS 35/10 kV PITOMAČA	2 x 4	5000

Tablica 5. Popis vodova 35 kV na području DP Koprivnica

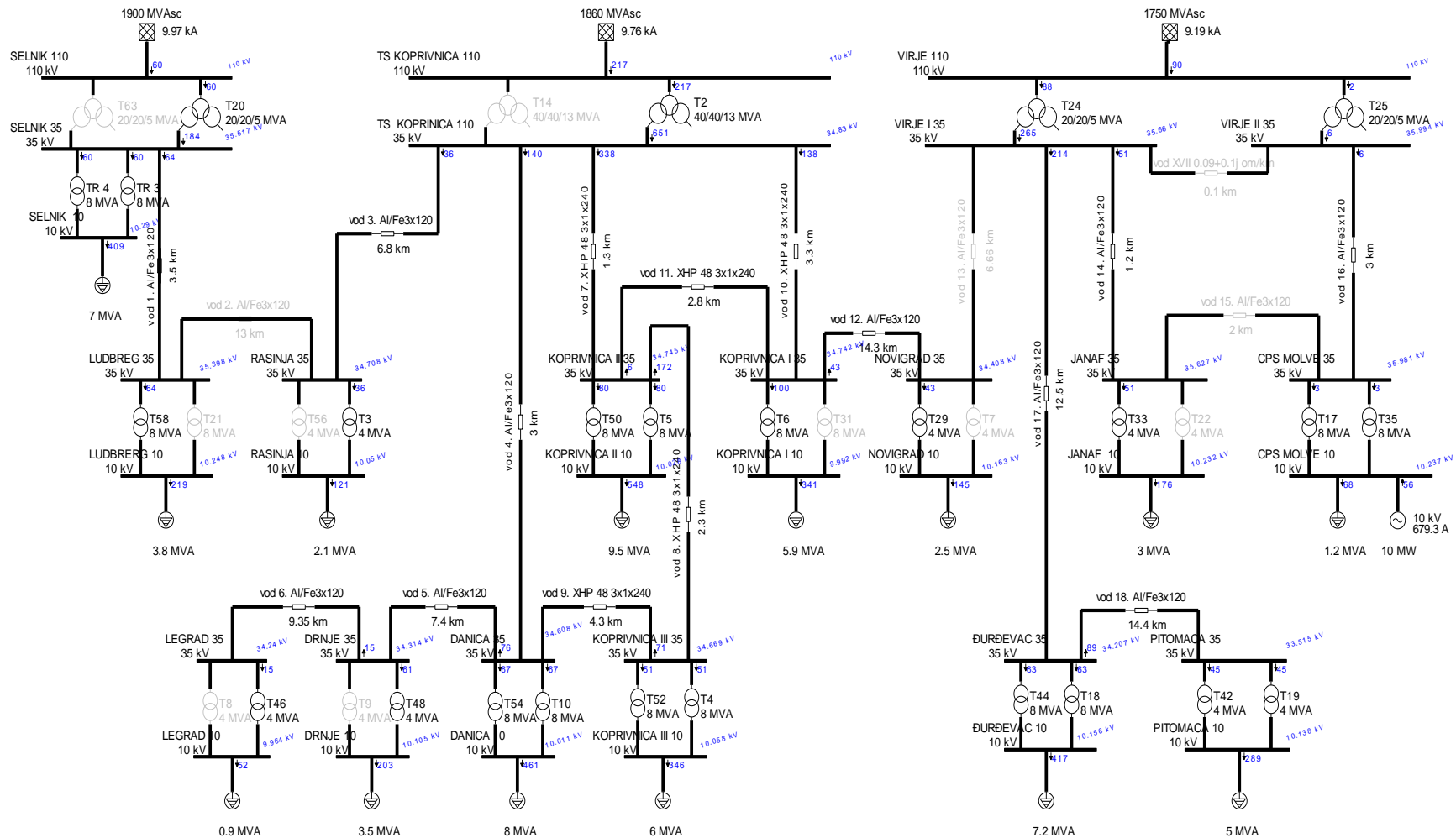
DIONICA		Duljina (km)	Vrsta vodiča (mm <sup>2</sup> )
SELNİK	LUDBREG	3,5	Al/Fe 3 x 120
LUDBREG	RASINJA	13	Al/Fe 3 x 120
KOPRIVNICA 110	RASINJA	6,8	Al/Fe 3 x 120
KOPRIVNICA 110	DANICA	3	Al/Fe 3 x 120
DANICA	DRNJE	7,4	Al/Fe 3 x 120
DRNJE	LEGRAD	9,35	Al/Fe 3 x 120
KOPRIVNICA 110	KOPRIVNICA II	1,3	XHP 48 3 x (1 x 240)
KOPRIVNICA II	KOPRIVNICA III	2,3	XHP 48 3 x (1 x 240)
KOPRIVNICA III	DANICA	4,3	XHP 48 3 x (1 x 240)
KOPRIVNICA 110	KOPRIVNICA I	3,3	XHP 48 3 x (1 x 240)
KOPRIVNICA I	KOPRIVNICA II	2,8	XHP 48 3 x (1 x 240)
KOPRIVNICA I	NOVIGRAD	14,3	Al/Fe 3 x 120
NOVIGRAD	VIRJE	6,66	Al/Fe 3 x 120
VIRJE	JANAF	1,2	Al/Fe 3 x 120
JANAF	CPS	2	Al/Fe 3 x 120
VIRJE	CPS	3	Al/Fe 3 x 120
VIRJE	ĐURĐEVAC	12,5	Al/Fe 3 x 120
ĐURĐEVAC	PITOMAČA	14,4	Al/Fe 3 x 120

### 2.3. Analiza rezultata proračuna

Za podešenje zaštite potrebno je provesti analize tokova snaga i kratkog spoja. Jedan od glavnih parametara za proračun tokova snaga jest vršno opterećenje. Svrha ove analize jest dobivanje okvirnih vrijednosti struja i napona na vodovima, sabirnicama i trošilima. Temeljem rezultata analize tokova snaga postavljaju se parametri po kojima se podešavaju releji za zaštitu (ovisno o tipu). Težište istraživanja je na dijelu 35 kV-ne mreže štićene uzdužnom diferencijalnom zaštitom. Analiza rezultata u varijanti B pokazuje da, upravo u ovoj varijanti, vrijednosti struja u uzamčanom režimu vođenja mreže, prelaze vrijednosti podešenja uzdužne diferencijalne zaštite ( $I_{diff}$ ). Kako bi se provjerila ispravnost modela izrađenog pomoću programa ETAP, potrebno je rezultate proračuna usporediti s mjerenjima u realnom vremenu iz SCADA sustava.

**Varijanta A:** Normalno uklopno stanje

**Varijanta B:** Normalno uklopno stanje – vršno opterećenje i dodatno opterećenje od poslovne zone Ivanec od 1 MW (slika 5).



Slika 5. Prikaz varijante B pomoću programa ETAP



Razvojem SN mreže i povećanjem angažirane snage na lokaciji koju pokriva TS 35/10 kV Koprivnica 2 potrebno je promijeniti podešenja uzdužne diferencijalne zaštite jer su se promijenile vršne vrijednosti pogonskih struja, a podešena vrijednost uzdužne diferencijalne zaštite ne smije biti niža od 15 % pogonske struje. U tablici 6 podebljano i crveno su označene vrijednosti uzdužne diferencijalne zaštite koje treba predodesiti.

Tablica 6. Minimalne vrijednosti podešenja diferencijalne struje

Vod	$I_c$ (A)	Min $I_{diff}>$ (A)	$I_{pog\ max}$ (A)	Min $I_{diff}>$ (A)	$I_{diff}>$ (A)	$I_{diff}>$ (A)
Koprivnica 3 – Koprivnica 2	3,02	6,04	<b>172</b>	25,08	26	<b>30</b>
Koprivnica 3 – Danica	3,95	7,90	<b>71</b>	10,65	11	20
Koprivnica 2 – Koprivnica 110/35	1,71	3,42	<b>338</b>	50,07	50	<b>50</b>
Koprivnica 110/35 – Danica	0,09	0,18	<b>140</b>	21	21	30
Koprivnica 2 – Koprivnica 1	3,68	7,36	<b>6</b>	0,9	8	20
Koprivnica 1 – Koprivnica 110/35	4,34	8,68	<b>138</b>	20,7	21	<b>30</b>

Prilikom kvara na jednom vodu i obostranog isključenja voda u kvaru potrebno je raskinuti drugu petlju kako, u slučaju nastanka drugog kvara, obje petlje ne bi ostale bez električne energije.

### 3. ZAKLJUČAK

Projektiranje i izvedba sustava zaštite sredjenaponske distribucijske mreže čine osnovu za ispravnu djelatnost svih elektroenergetskih distribucijskih postrojenja nekog EES-a, tj. snabdijevanje potrošača kvalitetnom električnom energijom sa što manjim brojem i vremenom prekida. Povećanje kvalitete, pouzdanosti i raspoloživosti elektroenergetskih distribucijskih postrojenja postiže se rekonstrukcijom postojećih i gradnjom novih elektroenergetskih postrojenja. Ovo se postiže uvodeći nove tehnologije koje su primijenjene na izvedbe sustava zaštite. Da bi se ispravno izveo proračun, podesila i odabrala odgovarajuća zaštita neophodno je poznavati prilike u elektroenergetskoj mreži.

U radu je opisana je koncepcija zaštite razdjelnih mreža te je ukratko obrazložen izbor uzdužne diferencijalne zaštite 35 kV-nih vodova u zamkastom pogonu Elektre Koprivnica. Također su izneseni osnovni zahtjevi na strujne transformatore na koje se priključuje diferencijalna zaštita sredjenaponskih vodova. Za selektivno podešenje zaštite u razdjelnoj mreži u uvjetima uzamčenog pogona neophodno je bilo provesti proračune struja kratkog spoja i tokova snaga.

Razvojem distribucijske mreže odnosno povećanjem angažirane snage te provedbom proračuna tokova snaga i kratkog spoja dolazi se do zaključka da dosadašnja podešenja diferencijalne zaštite pojedinih vodova ne odgovaraju stvarnim potrebama te su predložena nova.

### LITERATURA

- [1] T. Sinjeri: „Nove mogućnosti pri vođenju pogona i ugađanja zaštite distribucijskog sustava“, magistarski rad, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb, travanj 2011.
- [2] P. Rush: „Network Protection and Automation Guide“, Alstom, Levallois-Peret, 2002.
- [3] M. Kalea: „Prijenos električne energije, što je to?“, knjiga, KIGEN, Zagreb, veljača 2006.
- [4] A. Marušić, I. Pavić, J. Havelka: „TS 35/10(20) kV Koprivnica 3 Izbor i podešenje uzdužne diferencijalne zaštite 35 kV-nih kabela: Elaborat“, Zagreb, studeni 2005.
- [5] Areva: MiCOM P63x Transformer Differential Protection, Technical Manual, Stafford, 2006.
- [6] ETAP help, Power Station v 4.0.0C, Irvine, CA, 1995.

- [7] B. Kozulić, I. Gregur, T. Galić: HEP DP „Elektra“ Koprivnica, 35 kV mreža – normalno uklopno stanje, nacrt, Koprivnica, 2000.
- [8] IEC 60909, International Standard: "Short-circuit currents in three-phase a.c. systems - Calculation of currents", First edition 2001-07, Geneve, 2001.
- [9] D. Nevečeral: „Proračun kratkog spoja u mreži Hrvatske 2005. i 2010. Godine“, Institut za elektroprivredu i energetiku, ožujak 1999.
- [10] Elka: „Energetski sredjenaponski kabeli s XLPE izolacijom za napone do 36 kV“, Katalog A, Elka, Zagreb, 2004.
- [11] D. Karavidović: „Zaštita od poremećaja i kvarova u SN mreži s distribuiranim izvorima električne energije“, Savjetovanje HO CIREN, Umag, svibanj 2010.
- [12] G. Oberlechner: „Schutzaspekte bei dezentralen netzgekoppelten Energieerzeugungsanlagen“ Diplomarbeit, TU Graz, 2004.
- [13] H. Ungrad, W. Winkler, A. Wiszniewski: „Protection Techniques in Electrical Energy Systems“, Marcel Dekker Inc, New York, 1995.
- [14] D. Griffel: „A New Deal for Safety and Quality on MV Networks“, IEEE Transactions on power delivery, Vol. 12, No. 4, October 1997.
- [15] A. G. Phadke, J. S. Thorp: „Expose Hidden Failures to Prevent Cascading Outages“, IEEE Computer Application in Power, Vol. 9, No. 3, 1996, pp 20-23
- [16] J. Gers, E. Holmes: „Protection of Electricity Distribution Networks“ 2nd Edition, The Institution of Electrical Engineers, London, 2004.
- [17] M. S. Bijoy Chattopadhyay, T. S. Sachdev, S. Sidhu: „An On-line Relay Coordination Algorithm for Adaptive Protection Using Linear Programming Technique“, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 11, No. 1, 1996, pp. 165-171
- [18] CIGRE study committee No. 37: „Impact of increasing contributions of dispersed generation on the power systems“, Final report of Working Group 37, Paris, September 1998.
- [19] IEEE WG I11: „Fault and Disturbance Data Requirements for Automated Computer Analysis Summary Paper“, Transactions on Power Delivery, Vol. 13, 1998.
- [20] V. V. Bapeswara Rao, K. Sankara Rao: „Computer Aided Coordination of Directional Relays: Determination of Break Points“, IEEE Trans. Power Delivery, Vol. 3, No. 2, April 1988., pp 545-548
- [21] J. L. Blackburn T. J. Domin: „Protective Relaying Principles and Applications“ Third Edition, Taylor & Francis Group, London, 2006.
- [22] W. A. Elmore: „Protective Relaying Theory and Applications“ Second edition, Marcel Dekker Inc, New York, 2007.