

Igor Đurić  
HEP ODS Sektor za tehničke poslove  
[igor.duric@hep.hr](mailto:igor.duric@hep.hr)

Željko Sokodić  
HEP ODS Elektra Križ  
[zeljko.sokodic@hep.hr](mailto:zeljko.sokodic@hep.hr)

## VRLO JEDNOSTAVNA TS 110/10(20) KV KUTINA – POGONSKA ISKUSTVA

### SAŽETAK

U planiranju pojačanja, rekonstrukcije ili izgradnje pojmih točaka u HEP ODS, kao jedan od ključnih izazova uočen je problem velikog porasta opterećenja u slabije urbanom području, sa općenito malom gustoćom opterećenja i sa napajanjem iz 35 kV mreže. Slične situacije se događaju u manjim gradovima gdje se zbog dobre prometne povezanosti, osobite poduzetničke aktivnosti ili entuzijazma lokalne uprave uspije postići izvanredni porast opterećenja. Potrebno je odgovoriti na zahtjev investitora ali sa troškovno i dugoročno optimalnim tehničkim rješenjem.

U radu se analizira učinkovitost tehničkog rješenja vrlo jednostavne TS 110/10(20) kV 1x20MVA sa komentarom tehničkog rješenja i osvrtom na pogonska i druga iskustva u pogonu faza postrojenja (2009 – 2015.). U pogonu SN mreže na području Kutine, primjena vrlo jednostavne TS 110/10(20) kV se pokazala optimalno učinkovita i na zadovoljavajući način je riješila izvanredni porast opterećenja. U tom smislu namjera rada je predstaviti vrlo jednostavnu TS kao varijantu tehnička rješenja koja se uzima u obzir kod planiranja razvoja i neke pogonske okolnosti i uvjete u kojima je ista prihvatljiva.

**Ključne riječi:** porast opterećenja, manji grad, jednostavna TS 110/10(20) kV

## SS 110/10(20) KV KUTINA – SIMPLIFIED SS DESIGN IN OPERATION

### SUMMARY

When planning distribution network, recently we are challenged by need for greater power in suburban areas due to rise or development of small bussiness and small industry. Small bussiness goes suburban in vicinity of state highway or major railway corridors, but investors often overestimate their need for power and growth rate, and also have tendency to follow bussiness support programmes of local communities. Therefore DSO has to apply flexible and cost-effective technical solutions.

Following in this paper, authors present, a technical solution of simplified and cost-effective design SS 110/10(20) kV and some reflections on how the project was directed to answer on load increase in small town area.

**Key words:** load increase, small town area, simplified design, SS 110/10(20) kV

## 1. UVOD

### 1.1. Izazovi planiranja razvoja – planirani razvoj poslovne zone u slabije urbanom području

Pokretanje gospodarske zone, općine i gradovi smatraju univerzalnim rješenjem za široki spektar svojih problema. Kombinacijom najave zone i najave investitora, obično se aktivira šira lokalna platforma, izdaju se dozvole, olakšava se imovinsko pravna priprema, ubrzava vremenska dinamika aktivnosti. Osobito je to izraženo u manjim lokalnim zajednicama gdje se vrlo brzo (asfaltiranje, rampa i rasvjeta) postiže (kratkotrajni) dojam da je zona zaživjela. Iskustvo prikupljeno kroz višegodišnje praćenje zahtjeva za priključenje većih poslovnih zona pokazuje da investitori u pravilu precjenjuju svoje potrebe i dinamiku razvoja svojih poslova i da u nedostatku poslovne računice sele ili zatvaraju poslovne aktivnosti.


Problematika elektroenergetske infrastrukture za gospodarske zone biti će sve više predmet analize, osobito kad se promatra u svjetlu modernog upravljanja imovinom koja ne donosi prihod ili cjelokupne državne strategije upravljanja industrijskim naslijeđem. Ovdje, u nastavku se sagledava vremensko razdoblje od 2006. – 2016. i prikazuju iskustva u porastu opterećenja (uspoređuje se planirana dinamika i ostvareni porast) i iskustva u pogonu vrlo jednostavne TS na području grada Kutine.

## 2. PORAST OPTEREĆENJA

### 2.1. Planirani (procijenjeni) i stvarni porast opterećenja u razdoblju 2006. – 2016.

Rast i razvoj neke sredine može se usporediti s rastom djeteta, treba ih hraniti i trebaju društvo vršnjaka, a sve ostalo ne možete zaustaviti. Slično je i s Kutinom, naši poduzetnici međusobno razmjenjuju ideje i uče jedni od drugih pa uz to je nužno osigurati izvore energije i rast sredine je neizbježan. Unatoč svjetskoj krizi koja je započela 2008. i čije se posljedice i danas osjećaju Grad Kutina i dalje diči se s industrijskom proizvodnjom i uspješnim poduzetnicima.

Karakter potrošnje u Kutini je relativno povoljan ako se gleda udio potrošnje kategorije poduzetništvo u ukupnoj potrošnji:

**HEP - Operator distribucijskog sustava d.o.o.**

20.01.2016. 14:11:48  
Strana : 1

Izveštaj o potrošnji el. energije po naselju za razdoblje od 2015 g. do 2015 g. (za potrebe izrade akcijskog plana održivog energetskog razvoja  
SEAP

Mjesto: KUTINA

Naselje:  
KUTINA

Godina: 2015

Kategorija: Javna rasvjeta		
Broj potrošača po kategoriji Javna rasvjeta	68	
Ukupno kwh po kategoriji Javna rasvjeta		1.630.267 kwh
Kategorija: Kućanstvo		
Broj potrošača po kategoriji Kućanstvo	6036	
Ukupno kwh po kategoriji Kućanstvo		14.313.567 kwh
Kategorija: Poduzetništvo		
Broj potrošača po kategoriji Poduzetništvo	907	
Ukupno kwh po kategoriji Poduzetništvo		16.014.415 kwh
Kategorija: Srednji napon		
Broj potrošača po kategoriji Srednji napon	12	
Ukupno kwh po kategoriji Srednji napon		29.515.162 kwh
Ukupno godina 2015	7023	61.473.411 kwh

**Sveukupno:**  
**7023**  
**61.473.411 kwh**

ČLAN HEP GRUPE

Napomena: u navedenoj strukturi potrošnje nije uključena potrošnja Petrokemije d.d. i HŽ d.d. jer se ne napajaju iz elektroenergetske mreže u nadležnosti HEP-ODS d.o.o.

Iz prethodnog uočljivo je da potrošnja kategorije poduzetništvo bez javne rasvjete iznosi visokih:

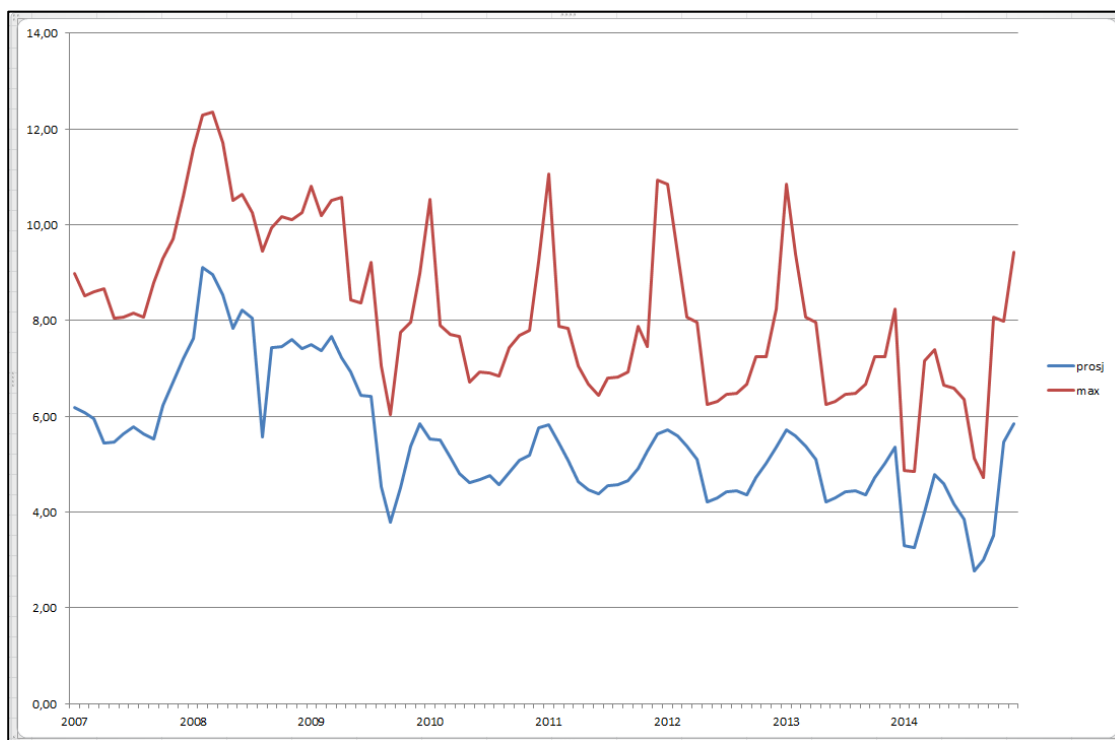
$$e_p = \frac{E_p}{E} = 74\% \quad (1)$$

Početno stanje našeg pregleda, obilježava značajni razvoj malog poduzetništva i porast industrijske proizvodnje potrošnja električne energije na području grada Kutina nakon Domovinskog rata. U razdoblju 1997.- 2004. na jedinoj pojnoj točki: TS 35/10 kV Kutina zamijenjeni su energetske transformatori 2x4 MVA s novima 2x8 MVA (pojačanje sigurnosti) i rekonstruirani su objekt i postrojenje (dotrajala građevina, smanjena pouzdanost pogona, nedovoljni broj polja za razvoj 10(20) kV mreže). Nakon 2004. godine opterećenje je raslo preko 12 MVA, sa tendencijom daljeg ubrzanog porasta preko kapaciteta 35 kV mreže (35 kV veza Međurić – Ivanić). Zbog potrebe napajanja dijela potrošača tijekom rekonstrukcije TS 35/10(20) kV Kutina (fazno odvijanje radova), s upravom Petrokemije d.d. postignut je sporazum o korištenju njihovog transformatora 110/10 kV 20 MVA u svrhu rezervnog napajanja Grada Kutine. Po završetku rekonstrukcije dio konzuma električne energije i dalje je ostao napojen iz TS 110/10 kV Kutina – Petrokemija. Razlog je bila sigurnost napajanja jer je ukupno opterećenje šireg područja Kutine u međuvremenu poraslo ( 2006. je izmjereno vršno opterećenje 12.9 MVA ).

U međuvremenu je pripremljeno osnovno tehničko rješenje jednostavne TS 110/10(20) kV, usmjereno povećanju sigurnosti (snage), pouzdanosti napajanja, kvalitetnijem vođenju 10(20) kV mreže i stvaranju preduvjeta za prijelaz na 20 kV. U prvoj fazi, uz lokaciju postojeće TS 110/10 kV Kutina – Petrokemija dograđeno je rasklopište 20 kV (kompaktni sklopni blokovi sa sklopnom opremom izoliranom u SF6) montirano u montažnom objektu (kontejneru) [1] .

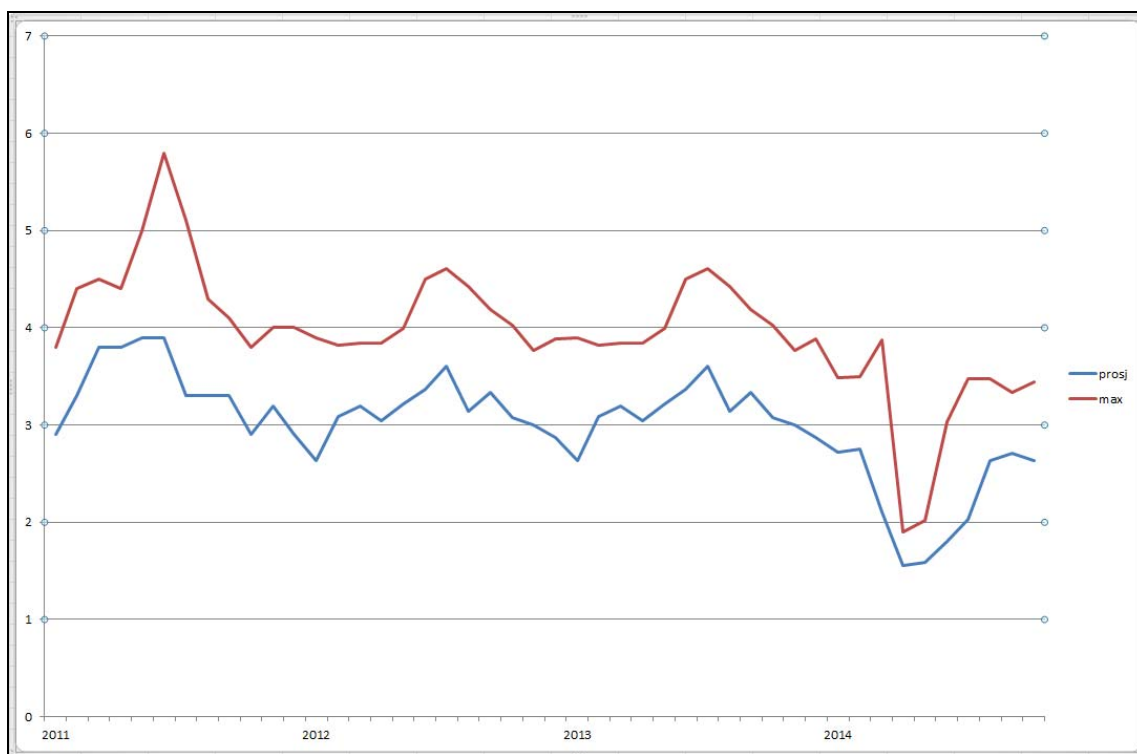
U slijedećim grafikonima, prikazano je opterećenje TS 35/10(20) kV Kutina u periodu 2007-2014. (dio energije je preuziman iz TS 110/10 Kutina-Petrokemija od sredine 2008.) i opterećenje napajano iz TS 110/10 kV Kutina – RS 10(20) kV Petrokemija.

Slika 1. Opterećenje TS 35/10(20) kV Kutina



Iz oba prikazana grafa, vidi se raspodjela opterećenja na ključnim pojnim točkama. Nakon 2008. može se uočiti stagnacija rasta potrošnje, a prosječno opterećenje napajanja šireg područja grada Kutina kreće oko 10 MW s maksimumima oko 13,5 MW.

Slika 2. Opterećenje TS 110/10 kV Kutina – RS 10(20) kV



Osobiti problemi s napajanjem nastupili su dolaskom značajnijih investitora koji su od 2005. do 2007. podnijeli zahtjeve za elektroenergetskim suglasnostima (EES) s ukupnim iznosom od 2.864,4 kW. U navedeni iznos nisu ubrojene EES krajnjih kupaca kategorije kućanstvo i poduzetništvo zanemarivih snaga. Od toga je samo u 2006. realizirano 1,055,51 kW, a preostale do 2010. godine.

Nadalje Grad Kutina u 2007. Godini donio je Prostorni plan uređenja kojim je predviđeno značajno proširenje zemljišta namijenjenog za gospodarsku djelatnost, te je na zahtjeve grada, a i poduzetnika nekoliko puta izrađivan elaborat napajanja i realizacije priključenja postrojenja za preradu stakla, čelika i sl, sa planiranom priključnom snagom 5MW.

Tijekom 2010. stupanjem na snagu pravilnika o obnovljivim izvorima energije pojavili su se potencijalni investitori za gradnju elektrana na drvenu sječku snage 1+1 MW.

Nažalost svi navedeni najavljeni priključci poslije 2008. nisu realizirani osim usporenog povećavanja potrošnje postojećih krajnjih kupaca.

Studijom razvoja 110 kV i 20 kV mreže na području DP Elektre Križ u razdoblju 2006 - 2026. godine [2] (nadalje u tekstu Studija) razmatrani su predviđeni iznosi vršne snage na područjima transformatorskih stanica TS 35/10 kV za karakteristične godine. U Tablici 1 je izvadak iz navedene studije s predviđenim iznosima vršnih snaga. Studija je predviđjela linearno povećavanje opterećenja koje bi uz procijenjenu stopu porasta 3,3 % dovelo do cca 17,6 MW vršno 2016.

Porast se nije ostvario, odnosno opterećenje posljednjih nekoliko godina stagnira na ukupno prosječno cca 10,0 MW (vršno 13,5 MW). U 2016. Potrošnja se napaja iz TS 35/10(20) kV Kutina (2x8 MVA) i TS 110/10(20) kV Kutina (1x20MVA),

Slijedom navedenog ispravna je bila odluka da se sa ulaganjima u infrastrukturu krene postupno po fazama, čime su optimirani troškovi ulaganja i troškovi održavanja uz dostatnu sigurnost i pouzdanost pogona mreže. Tehničko rješenje je spremno za proširenje kad se pojavi značajniji porast opterećenja.

Transformatorska stanica	Naziv	Instalirana snaga 2007. godine [MVA]	2007.		2011.	2016.	2021.	2026.
			Vršno opterećenje [MVA]	Relativno opterećenje [%]	Vršno opterećenje [MVA]	Vršno opterećenje [MVA]	Vršno opterećenje [MVA]	Vršno opterećenje [MVA]
TS 110/35 kV	Međurić	71,5	37,7	53				
	Garešnica	16	5,3	33	5,8	6,4	7,0	7,6
	Kutina	16	10,6	66	12,1	13,9	15,7	17,6
	Lipik	12	6,0	50	6,8	7,8	8,8	9,8
	Lipovljani	8	2,7	34	3,0	3,3	3,7	4,0
	Međurić	5	3,4	68	3,9	4,4	5,0	5,5
	Novska	16	6,0	38	6,7	7,7	8,6	9,5
	Pakrac	8	3,3	41	3,8	4,3	4,9	5,4
	<b>Ukupno</b>	<b>81</b>	<b>37,3</b>	<b>46</b>	<b>42,1</b>	<b>47,8</b>	<b>53,7</b>	<b>59,4</b>
TS 110/35 kV	Ivanić (Grabrje)	60,0	36,2	60				
	Čazma	12	5,2	43	5,9	6,7	7,5	8,3
	Ivanić	16	5,7	36	6,5	7,5	8,5	9,4
	Kloštar	8	7,0	88	8,0	9,2	10,4	11,6
	Križ	8	6,0	75	6,6	7,4	8,1	8,9
	Popovača	16	6,7	42	7,4	8,2	9,0	9,9
	Šumečani	8	3,0	38	3,3	3,6	4,0	4,3
	<b>Ukupno</b>	<b>68</b>	<b>33,6</b>	<b>49</b>	<b>37,7</b>	<b>42,6</b>	<b>47,5</b>	<b>52,4</b>
TS 110/35 kV	Daruvar	44,0	19,5	44				
	Daruvar 1	8	5,1	64	5,8	6,7	7,6	8,5
	Daruvar 2	16	4,9	31	5,4	6,1	6,7	7,4
	Hercegovac	5	1,9	38	2,1	2,3	2,5	2,7
	Mali Zdenci	8	3,7	46	4,1	4,5	4,9	5,4
	Širač	8	3,1	39	3,5	3,9	4,4	4,8
	<b>Ukupno</b>	<b>45</b>	<b>18,7</b>	<b>42</b>	<b>20,7</b>	<b>23,2</b>	<b>26,1</b>	<b>28,8</b>
TS 110/10 kV	Kutina	25	2,8	11	3,2	3,7	4,2	4,6
<b>UKUPNO TS 110/X kV</b>		<b>200,5</b>	<b>96,2</b>	<b>48,0</b>				
<b>UKUPNO TS 35/10 kV</b>		<b>194</b>	<b>89,6</b>	<b>46,2</b>	<b>100,5</b>	<b>113,6</b>	<b>127,3</b>	<b>140,6</b>

Tablica 1 – Predviđeni iznosi vršne snage na područjima transformatorskih stanica TS 35/10 kV za karakteristične godine – izvadak iz Studije razvoja DP Elektre Križ u razdoblju 2006.-2026. godine [2]

## 2.2. Okolnosti napajanja grada Kutina

Uvodno je pojašnjeno da zbog stvarnog porasta opterećenja nije bilo moguće, a ni pouzdano osloniti se na samo jednu postojeću pojnu točku, ali niti na 35 kV mrežu u cjelini. Problematika dotrajale i preopterećene 35 kV mreže značajno utječe na odabir tehničkog rješenja koje će odgovoriti na povećanje opterećenja i sa time postoje brojna iskustva kolega širom Hrvatske [3]. Prema slici 3. vidljivo je da se Kutina napaja sa 35 kV veze TS 110/35 kV Ivanić – Međurić (cca 55 km trase, ) koja napaja nekoliko manjih mjesta i ima ograničeni kapacitet prijenosa snage. U tom smislu ograničene su mogućnosti napajanja gospodarskih zona Popovača i Križ koje se nisu razvijale nakon 2010. (uglavnom zbog razloga povezanih sa općim poduzetničkim okruženjem u RH).

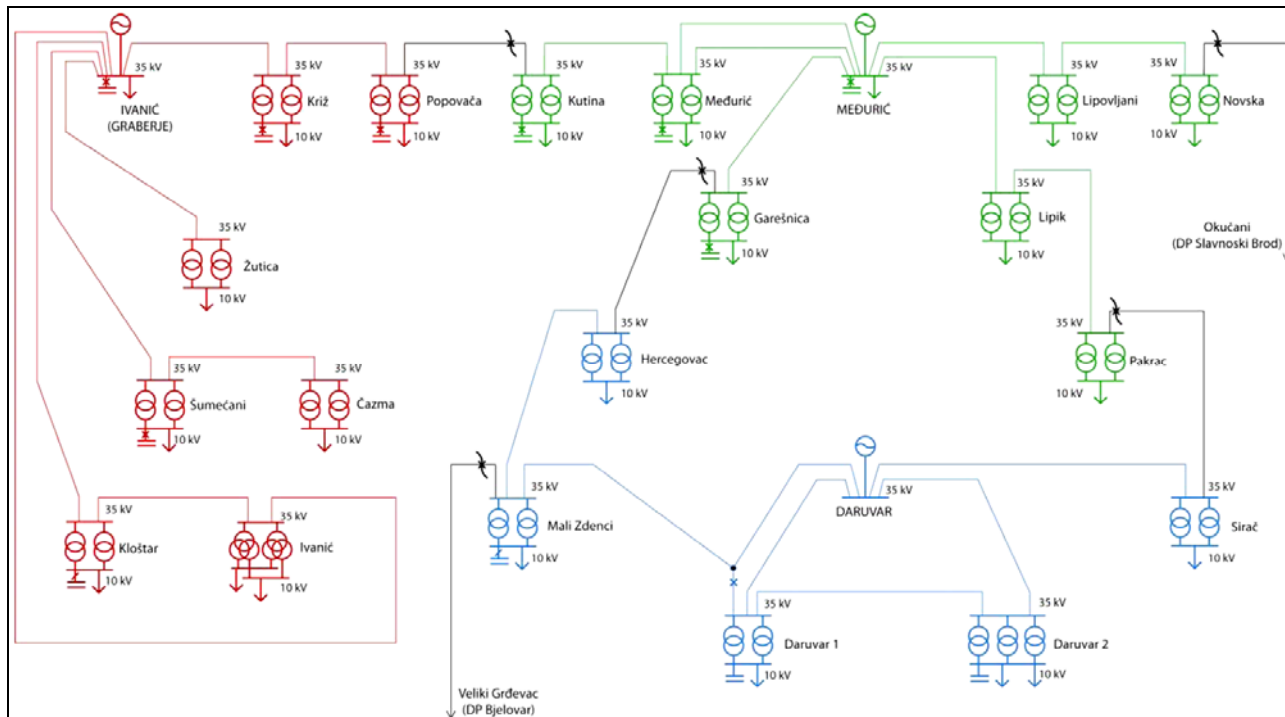
Zbog relativne blizine TS 220/110/35 kV Međurić (TS 110/10 kV Petrokemija je u početnoj fazi projekta bila vlasništvo Petrokemije d.d.) inicijalno je razmatrano uvođenje 20 kV napona i postupni prijelaz 10 kV mreže na 20 kV [2]. Iskustva pokazuju da je za optimalno korištenje ukupne SN mreže, povoljna kombinacija priključka gospodarske zone na 20 kV i provedba prijelaza na 20 kV, nažalost ovakav pristup traži opsežniju organizaciju i pripremu i dulje vremensko razdoblje [3]. Pokretanjem nove gospodarske zone površine 300 ha ključna je bila brzina osiguranja snage i predloženo je predmetno rješenje s montažnim objektom (kontejnerom) [1] kojim se dobilo značajno na brzini realizacije i otvorila mogućnost kvalitetnijeg korištenja potencijala postojeće iako dotrajale TS 110/10 kV Petrokemija (opisano u poglavlju 2.1.).

Netipičnim i fazno planiranom projektom dogradnje transformacije u TS 110/(20)10/10 kV Kutina pokazana je fleksibilnost operatera distribucijske mreže, stručnost i spremnost za priključenje najvećih kupaca sa postizanjem šireg i dugoročnog optimuma ulaganja.

Osobit izazov pri vođenju pogona gradske mreže bio je u činjenici da do trenutka stavljanja u funkciju 20 kV rasklopišta nije postojao nadzor od strane Elektre Križ nad stanjem mreže napojenim iz transformatora u vlasništvu Petrokemije d.d. a posebice pri pogonskim manipulacijama zbog različite grupe spoja energetskih transformatora. Uvjet napajanja n-1 za grad Kutinu osiguran je kroz TS 35/10(20) kV Kutina i TS 110/10 kV Petrokemija, ali transformator u nadležnosti HEP ODS-a je u spoju Ynd5 (Dy5), a transformator u vlasništvu Petrokemije d.d. je grupe spoja Yny0.

Pri radu u takvoj mreži uklopničari su kod svake pogonske manipulacije morali voditi posebnu pažnju kako ne bi stavili u paralelni rad dva različita sustava napajanja koji su mogli izazvati kratki spoj s ozbiljnim posljedicama, a isto tako i prekid u napajanju konzuma električne energije većeg područja.

Uvođenjem sustava daljinskog vođenja u 20 kV rasklopištu značajno je unaprijeđen sustav nadzora i upravljanja, a sve bitne manipulacije obavljane su nadređenog upravljačkog centra bez opasnosti za ljude uz značajno veću sigurnost.



Slika 3. SN mreža 35 kV napona Elektre Križ [2]

### 3. TRANSFORMATOR 110/10(20) kV I RASKLOPIŠTE RS 10(20) kV

#### 3.1. Razvoj projekta vrlo jednostavne TS 110/10(20) kV kao zajednički projekt HEP ODS i HOPS

Ukupni projekt, promatrano u razdoblju od 2006. (projektna priprema izgradnje rasklopišta) do 2014. (stavljanje u pogon TR 110/10(20) kV) je značajni izvor iskustava iz područja projektne pripreme i vođenja ostvarenja projekta, kao i značajnih pogonskih iskustava. Osnovne projektne cjeline su predviđene u elaboratima 2006. (prema [1]) i poštovane su tijekom projektiranja i ostvarenja [4].

Opseg projekta obuhvaća ugradnju TR 110/10(20) kV i priključak na 110 kV mrežu i stoga ima značajke zajedničkog projekta operatora mreže, a dovršena TS je zajednički elektroenergetski objekt HEP ODS i HOPS. Iako su 2008 - 2011. redovito razmjenjivane tehničke informacije, usklađivani i međusobno revidirani projektni zadaci i projekti, u razdoblju 2011 – 2013. projektna priprema je najprije usporena do zastoja, a nakon toga znatno usložnjena. Razlog tome je usklađivanje sa načelima i procedurama usuglašenim tijekom aktivnosti na opsegu razgraničenja djelatnosti u HEP grupi (2012 – 2013. [5]). Tako je u postupku projektiranja, na zahtjev HOPS ponovljen dio osnovnih predprojektiranih analiza (izrada EOTRP-a [6] je potvrdila opravdanost ulaganja), a vođenje projekta je postalo proceduralno i općenito složenije.

Nakon usuglašavanja potrebe izgradnje zajedničkog objekta, procedura u daljim fazama obuhvaća pripremu, usuglašavanje i potpis sporazuma o izgradnji, pripremu i usuglašavanje dijela opreme i radova u nadležnosti pojedinog operatora, usuglašavanje krovnog tijela za provođenje javne nabave, potpis ugovora, imenovanje nadzornih inženjera i sudjelovanje u gradnji. Prema sadašnjem modelu, brojne aktivnosti provode se kroz nekoliko organizacijskih razina u HEP ODS, HOPS i HEP d.d. što uz složeni i dugotrajni postupak dovodi do projektnog rizika da ključni nositelji projekta ne mogu u potpunosti utjecati na dinamiku ostvarenja.

Iskustvo pokazuje da je za održanje dinamike pripreme i ostvarenja složenog zajedničkog projekta ključna dosljedna aktivnost kompetentnog i motiviranog voditelja projekta, koji posjeduje široko tehničko znanje, poznavanje područja zakona o gradnji, iskustvo u vođenju projekata, organizacijske i komunikacijske sposobnosti. Dodatno je povoljno ako je voditelj projekta upoznat sa radom lokalnog ureda (odjela) za provedbu dokumenata prostornog uređenja i građenja da može pravodobno reagirati na potrebu za pojašnjenjem nekog detalja našeg projekta koji su u pravilu među najsloženijima s kojima se lokalna uprava susreće. Dodatno je nepovoljno što investitora ne zanima složenost modela koji osigurava snagu na mjestu priključka, pa lokalni voditelj projekta može snositi neugodnosti u slučaju zastoja ili usporenja uzrokovanog rizikom koji je izvan njegove kontrole.

Vrlo učinkovit Tim za pripremu i realizaciju projekta je 2014. naglo ubrzao sve aktivnosti, radovi su dovršeni krajem 2014. uključivo sa manjom rekonstrukcijom 110kV TP i ugradnjom priključnog 110kV KB. Transformator je pušten u pogon početkom 2015. Nakon kraćeg pokusnog rada, dovršen je priključak na 10(20) kV postrojenje i postignuta konačna funkcionalnost projektne cjeline.

Korisna iskustva su ugrađena u druge slične projekte i znatno ubrzali pripremu slijedeće faze rekonstrukcije TS 110/10(20) kV Kutina. Nažalost ostala je i složena i dugotrajna procedura pokretanja i izgradnje zajedničkih objekata i obaveza stručnih timova da stalno traže načine za ubrzanje pripreme.

### **3.2. Tehničko rješenje i pogonska iskustva**

Ključno pitanje na koje je projekt trebao odgovoriti je bilo: koliko je moguće pojednostavniti tehničko rješenje priključka većeg potrošača da se ostvari optimalna sigurnost i maksimalna pouzdanost napajanja. Tehničke cjeline sličnih projekata su obično: rasklopište 10(20)kV i transformator 110/10(20) kV sa opremom. U opsegu opreme transformatora obuhvaćeni su transformatorska jedinica (do 20 MVA), komplet sekundarne opreme (za upravljanje, signalizaciju, relejnu zaštitu i regulaciju napona) i KB priključak primara i sekundara

#### **3.2.1. Kontejnersko rasklopište 10(20) kV**

Rasklopište 10(20) kV izvedeno je kompaktnim sklopnim blokovima sa sklopnim aparatima i sabirnicama izoliranim plinom. Oprema je ugrađena u kontejneru tipskih dimenzija, detaljnije opisano u [1]. Ključni izazovi na koje se treba obratiti pozornost kod opremanja kontejnerskog objekta za smještaj energetske opreme su: mehanička stabilnost (kod sklopnih operacija), „sendvič“ lim sa pojačanom toplinskom izolacijom, ugradnja na povišeni betonski temelj. Prostor ispod kontejnera treba biti zaštićen mrežom, čist i redovito održavan. Na slici 4. u nastavku vidi se u pozadini kontejner. Najosjetljivija oprema ugrađena u kontejneru su numerički terminali polja i komunikacijsko kontrolno računalo. Kako bi se ublažili temperaturni ekstremi kojima su uređaji izloženi ugrađene su grijače ploče i klimatizacijski uređaj. Tijekom pogona (2009 – 2016.) nije bilo kvarova uređaja niti opreme. Stanje kontejnera (s obzirom na izloženost vremenskim uvjetima) je zadovoljavajuće (nema tragova hrđe).

#### **3.2.2. Transformator 110/10(20) kV sa pripadnom sekundarnom opremom**

Lokacija ugradnje transformatora na platou odabrana je prema zahtjevima buduće faze rekonstrukcije 110kV postrojenja. Zbog ciljanih rokova ostvarenja projekta i budućih potreba ugradnje građevinska oprema transformatora je obuhvatila temelje, protupožarni zid, uljnu jamu, uljnu kanalizaciju, separator i kabelsku kanalizaciju. Odabran je moderni transformator, sa prespojivim sekundarom (10 – 20 kV), sa tipskim zatvorenim kabelskim priključkom (connex), spoja Yd5 (zbog ispomoći prema TS 35/10(20) kV, 2x 8 MVA Kutina) i sa regulacijskom preklopkom za regulaciju napona pod teretom. Uvođenje u pogon TR 110/10(20) kV se pokazalo korisno za lokalne timove zadužene za poslove vođenja pogona i održavanje. Timovi se upoznaju sa modernijom opremom, usvajaju nova znanja i vještine, unaprijeđuju učinkovitost.

Sekundarna oprema transformatora ugrađena je u montažnom kontejnerskom objektu u blizini transformatora. Opremom su obuhvaćene funkcije numeričke relejne zaštite, automatske regulacije napona, pogonskog mjerenja, upravljanja i signalizacije. Tehničke značajke numeričke relejne zaštite, odabir i raspodjela funkcija – prilagođeni su relejnoj zaštiti TR 20(40) MVA. Pogonska iskustva pokazuju da je potrebno pratiti naponske prilike u napajanoj 10(20) kV mreži i prilagoditi udešenje regulatora kako bi se izbjegla česte promjene položaja regulacije.





Slika 4. TR 110/10(20) kV 1x20 MVA sa montažnim objektom SN postrojenja u pozadini



Slika 5. TR 110/10(20) kV 1x20 MVA oprema i priključak 10(20) kV

### 3.2.3. Priključak transformatora 110/10(20) kV na 110 kV i 10(20) kV postrojenje

Za povezivanje transformatora i 110 kV postrojenja iskorišteno je postojeće 110 kV polje u postrojenju 110 kV Petrokemija (vlasništvo HOPS). Revitalizirana je sklopna i mjerna oprema (SMT i NMT su zadržani u postojećem 110 kV vodnom polju br. 4) i ugrađen 110 kV KB do transformatora. 110 kV KB (u dužini cca, 300 m, u KB kanalu koji ide dužinom postojećeg 110 kV postrojenja).





Slike 6. i 7. Priključak TR 110/10(20) kV na 10(20) kV postrojenje

Priključak 10(20) kV KB na transformatoru je izveden zatvorenim kabelskim priključkom (connex), vidljivo na slici 5. KB prema postrojenju je ugrađen u KB kanalu koji vodi do kontejnera. Uvod 10(20) kV KB u kontejner i priključak KB 10(20) kV na sklopni blok dovodnog/transformatorskog polja 10(20) kV su kritični elementi postrojenja. Trebaju biti posebno pažljivo zaštićeni od pristupa i od malih životinja, zabrtvljeni i osigurani od vlage. Presjek priključnog KB treba biti usklađen sa zaštitnim i mjernim strujnim transformatorima u ulaznom dijelu sklopnog bloka. Iskustvo pokazuje da je ovo tehničko rješenje optimalno za priključak TR do 20 MVA (  $I_n = 1100$  A na 10 kV ) što potpuno odgovara namjeni za koju se primjenjuje i ciljevima koje postiže. Prikaz na slici 6. i 7.

### 3.3.4. Transformator i 10(20) kV postrojenje u pogonu

Rasklopno postrojenje je u pogonu od 2009. godine. Pušteno je u pogon sa napajanjem preko starog 10(20) kV postrojenja Petrokemije, a od početka 2015. napajano sa novim vlastitim TR 110/10(20) kV 20 MVA. Prosječno opterećenje iznosi cca. 4 MW, pouzdano napaja značajnije industrijske kupce i u svakom smislu ispunjava funkciju.

U smislu investicijskog rizika – projekt je troškovno optimalno usklađen sa potrebama sadašnjih i budućih potrošača na području Kutine, a dovoljno fleksibilan da se u kratkom roku može proširiti/prilagoditi. U iznosu ulaganja koji bi dostajao za rekonstrukciju dotrajale TS 35/10 kV postignut je potencijal snage do 20 MVA sa modernom primarnom i sekundarnom opremom. Navedeno se odnosi na dio postrojenja u nadležnosti HEP ODS (sukladno načelima razgraničenja u HEP Grupi [5]), u dolazećem razdoblju nastojati će se optimirati tehnička rješenja u 110 kV priključnim transformatorskim i vodnim poljima.

Budući da je ugrađeni transformator u spoju Yd5, fazni pomak odgovara prema 10 kV mreži na području grada Kutine (TS 35/10(20) kV Kutina 2x 8MVA, Yd5). Moguće je prebacivati napajanje mreže bez prekida sa kratkotrajnim paralelnim radom postrojenja.

Značajni dio ukupne funkcionalnosti naših postrojenja je i postrojenje za uzemljenje nultoeke srednjeg napona. Na predmetnoj lokaciji, u pripremi je ugradnja otpornika za uzemljenje koje će se morati projektno razraditi zbog trokuta na sekundarnoj strani (umjetno zvjezdište) i zbog opće promjene pristupa pogonu SN mreže (uzemljenje NT na području Kutine i Elektre Križ, uzemljenje NT SN u TS 35/10(20) kV Kutina).

#### 4. ZAKLJUČAK

Projekt vrlo jednostavne TS 110/10(20) kV u Kutini je u potpunosti ispunio očekivanja. Tehnička strana projekta je pokazala da kombinacijom modernih postrojenja i podsustava u jednostavnijim objektima može zadovoljavajuće pouzdano i u kratkom vremenu odgovoriti na povećanje opterećenja. U međuvremenu je uspješno dovršen i u pogonu još jedan slični projekt jednostavne TS 110/10(20) kV u Elektrodalmaciji [8].

Sa strane razvoja tereta vidljivo je da procjene porasta i poduzetničku aktivnost treba promatrati kritički i sa oprezom, a financijska sredstva usmjeravati na način da se podigne razina pouzdanosti i automatizacije i prijelazom na 20 kV smanje gubici u gradskim/lokalnim 10 kV mrežama. Iskustva pokazuju da je korisno uložiti trud u pripremi tehničkog rješenja, sa ciljem optimalnog korištenja/prilagodbe postojećih postrojenja i faznog povećanja kapaciteta pojne točke. Faze ostvarenja se prilagođavaju stvarnim potrebama i poslovnim okolnostima u gospodarskim zonama.

#### 5. LITERATURA

- [1] I. Đurić, Ž. Sokodić, "Izgradnja TS 110/10(20) kV Kutina kao varijante jednostavne TS 110/10(20) kV", 2.(8.) Savjetovanje HO CIRED, Umag, 2010.
- [2] Grupa autora, „Studija razvoja 110 kV i 20 kV na području DP Elektre Križ u razdoblju 2006. do 2026.“, FER, Zagreb, 2005.
- [3] I.Đurić, D.Lukavečki, T.Kopjar, M.Vuksanić „Izgradnja TS 110/20/10 kV Kneginec i prijelaz Varaždina na 20 kV“, 12. Savjetovanje HRO CIGRE, Šibenik, 2015.
- [4] Telenerg d.o.o. „Dogradnja transformacije 110/10(20)kV i izgradnja pogonske građevine 10(20)kV postrojenja i interne prometnice u TS 110/10(20)kV Kutina, Glavni projekt, Zagreb studeni 2010.
- [5] HEP d.d. „Načela razgraničenja djelatnosti proizvodnje, prijenosa i distribucije električne energije“, Zagreb, ožujak 2013.
- [6] Končar IE d.d., „Elaborat optimalnog tehničkog rješenja priključenja (EOTRP) energetskih transformatora 110/10(20) kV, 20 MVA u postojećoj transformatorskoj stanici 110/10(20) kV Kutina u I., II. i krajnjoj fazi rada na prijenosnu elektroenergetsku mrežu“, Zagreb, listopad 2012.
- [7] Ravel, „TS 110/10 kV Kutina, izvedbeni projekt, rekonstrukcija postrojenja 110 kV u TS 110/10 kV Kutina – nulta faza“, Zagreb, 2014.
- [8] R.Raguž, F.Brekalo, “TS 110/35/20(10) kV Dugi rat – 20(10) kV postrojenje“, Glavni projekt, HEP ODS siječanj 2011.