

mr. sc. Josip Popović  
HEP ODS d.o.o. Elektra Bjelovar  
[josip.popovic@hep.hr](mailto:josip.popovic@hep.hr)

Zvonimir Popović, dipl. ing.  
HEP ODS d.o.o. Elektra Bjelovar  
[zvonimir.popovic@hep.hr](mailto:zvonimir.popovic@hep.hr)

## OBNOVA SREDNJENAPONSKE KABELSKE MREŽE

### SAŽETAK

U radu je opisano pogonsko stanje srednjonaponske mreže. Prikazan je broj, tipovi, dužine i kvarovi kabela. U planu je zamjena svih trožilnih kabela. Zbog pogonskog stanja predloženi su kriteriji prioriteta izmjene. To omogućava lakše planiranje razvoja i obnove srednjonaponske kableske mreže.

**Ključne riječi:** kabela, kvarovi, kriteriji za obnovu

## RECONSTRUCTION OF MEDIUM VOLTAGE POWER CABLE NETWORK

### SUMMARY

This papers present current operating state of medium voltage power network. Number of cables, their types, lengths and faults are shown. The plan is to replace all three-core power cables. Due to network operating state, certain criteria of reconstruction priority are suggested. For that reason, development and reconstruction planning of medium voltage power cable network are made easier.

**Key words:** cables, faults, reconstruction criteria

### 1. UVOD

Gradska srednjenaponska 10(20) kV mreža Bjelovara izgrađena je 10 kV i 20 kV kabelima. Ta srednjenaponska mreža se proširuje. Nove stambene i nove gospodarske zone prati izgradnja transformatorskih stanica koje su povezane srednjenaponskim kabelima. Kableska srednjenaponska mreža proširuje se i u pogledu svog kapaciteta. Ugrađuju se kabela nazivnog napona 24 kV i presjeka 150 mm<sup>2</sup>. To se izvodi tipskim jednožilnim kabelima XHE 49A 3x(1x150) mm<sup>2</sup>.

Kroz duži period izgradnje srednjenaponske mreže, a u početku kabliranja, su polagani trožilni uljni kabela presjeka 70 i 95 mm<sup>2</sup>. Vodiči tih kabela su bakreni. Kasnije su ugrađivani trožilni uljni kabela presjeka vodiča 185 mm<sup>2</sup> od aluminija. To su bili kabela IPO 13A 3x185mm<sup>2</sup>. Uz to, srednjenaponska kableska mreža grada proširuje se i po broju kabela koji zatvaraju petlje ili zamjenjuju prigradske dalekovode. Oni omogućavaju sigurniju opskrbu kupaca. Također, omogućavaju lakše i jednostavnije upravljanje srednjenaponskom mrežom.

Udio jednožilnih kabela 24 kV u srednjenaponskoj kableskoj mreži stalno se povećava u ukupnoj dužini i u ukupnom broju kabela. Najviše ima kabela XHE 49A 3x(1x150) mm<sup>2</sup>. Prije njih su polagani kabela XHP 48A 3x(1x150) mm<sup>2</sup>.

Osim proširenja srednjenaponske kableske mreže, jednožilni kabela zamjenjuju stare trožilne uljne kabele. Taj proces zamjene kabela se odvija prema određenim kriterijima. Važnost kriterija za

zamjenu starih trožilnih kabela posebno se određuje prema kriterijima važnosti radi lakšeg planiranja. Taj proces je dugoročan. Na taj način razvrstani su kabele u pet kriterija važnosti. Kriteriji su odabrani iskustveno i prema zajedničkoj sličnosti zahvata na pojedinoj grupi kabela, da bi se olakšalo planiranje obnove srednjenaponske gradske kabela mreže.

## 2. KARAKTERISTIKA KABELSKE MREŽE

### 2.1. Vrste i količine kabela

Osnovna podjela u srednjenaponskoj kabela mreži grada Bjelovara može se načiniti na jednožilne kabele izolirane umjetnom masom i na trožilne kabele. Jednožilni noviji kabele izvedbe su XHE 49A 1x150 mm<sup>2</sup> i XHP 48A 1x150 mm<sup>2</sup>. Trožilni kabele su IPO 13 jednožilni izolirani papirom i uljem, EpHP 81A izolirani umjetnom masom i PP 41 izolirani plastikom, s tim da su stariji kabele IPO bakreni presjeka 70 i 95 mm<sup>2</sup> isto kao i PP 41, a drugi dio IPO i EpHP su aluminijски i presjeka 185 mm<sup>2</sup>.

Tablica I. Kabele u mreži

Tip kabela	Kom	Udio (%)	Dužina (m)	Udio (%)
XHE 49A 1x150 mm <sup>2</sup>	62	39,74%	30940	36,90%
XHP 48A 1x150 mm <sup>2</sup>	16	10,26%	13740	16,39%
IPO 13A 3x185 mm <sup>2</sup>	45	28,85%	25200	30,06%
IPO 13A 3x150 mm <sup>2</sup>	2	1,28%	540	0,64%
IPO 13 3x70 i 3x95 mm <sup>2</sup>	15	9,62%	4720	5,63%
PP 41 3x70 i 3x95 mm <sup>2</sup>	9	5,77%	4910	5,86%
EpHP 81A 3x185 mm <sup>2</sup>	7	4,49%	3795	4,53%
<b>Ukupno</b>	<b>156</b>	<b>100,00%</b>	<b>83845</b>	<b>100,00%</b>

Tablica I prikazuje vrste i količine kabela u srednjenaponskoj mreži. Kabele spajaju dvije točke u mreži i to su najčešće transformatorske stanice. Rjeđi su slučajevi gdje kabele prelaze na nadzemni dalekovod ili spajaju dva dalekovoda. Tako se broj komada odnosi upravo na broj spojeva između dviju točaka u mreži. Samo u jednom slučaju postoji odvojna spojnica koja kabele između dviju transformatorskih stanica spaja na dalekovod. Taj se slučaj ipak tretira kao jedan kabele po broju. Iz toga se vidi da je polovica srednjenaponske kabela mreže po broju kabela izgrađena jednožilnim kabelema, što ujedno znači da je to novija mreža.

U dužini kabela mreže preko polovice su jednožilni kabele. Kod toga je jasno da se mjeri dužina trase, a ne ukupna dužina jednožilnih kabela. Značajan udio u dužini kabela mreže imaju i uljni kabele IPO 13A 3x185 mm<sup>2</sup>. Uljni i plastični kabele manjeg presjeka još uvijek imaju preko deset posto udjela u ukupnoj dužini kabela mreže.

### 2.2. Pogonsko stanje kabela mreže

Kao i svaku kabela mrežu, tako i ovu, karakterizira manje ulaganje u redovno održavanje, izuzimajući pri tom redovito nadolijevanje ulja u kabela glave, ali i vanjska oštećenja kod radova u njihovoj blizini, te posebno kvarovi odnosno proboji u kabele koji nužno zahtijevaju određivanje mjesta kvara u kabele. Tablica II. prikazuje broj kvarova po tipovima kabela.

Tablica II. Kvarovi na kabelema

Tip kabela	Broj kabela	Broj kabela u kvaru	Broj kvarova na spojnica i glavama	Broj kvarova od oštećenja
XHE 49A 1x150 mm <sup>2</sup>	62	5	0	5
XHP 48A 1x150 mm <sup>2</sup>	16	2	2	4
IPO 13A (svi presjeci)	62	41	45	47
EpHP 81A 3x185 mm <sup>2</sup>	7	2	3	1
PP 41 3x70 i 3x95 mm <sup>2</sup>	9	2	2	1
<b>Ukupno</b>	<b>156</b>	<b>52</b>	<b>52</b>	<b>58</b>

U tablici II prikazani su kvarovi na kabelima prema ukupnom broju kabela i prema vrsti kvara. Prikazani su kvarovi koje je trebalo istraživati odnosno oni za koje se nije odmah znalo mjesto kvara. Od ukupnog broja kabela trećina ih je bila u kvaru. To znači da su poneki kabeli bili pogonski nesigurniji i da su imali više kvarova. U broju kvarova prednjače uljni kabeli. Kod njih je značajno da su im kabelaške spojnice slaba mjesta. Mehanička oštećenja kod radova ili kod nekvalitetnog zatrpavanja rova, kad na kabel dođe kamenje, željezo, beton, cigla ili slično uzrokuju naknadne kvarove koji se moraju istraživati.

### **3. KRITERIJI ZA OBNOVU KABELSKE MREŽE**

Radi lakšeg planiranja izgradnje i rekonstrukcije srednjenaponske kabelaške mreže postavljeno je pet kriterija prema kojima bi se utvrđivalo zahvate na kabelima. Kriteriji su postavljeni prema važnosti. Kriteriji su rezultat zatečenog stanja, stanja kabelaške mreže i višegodišnjeg iskustva.

#### **3.1. Kabeli koje treba dovršiti**

Spletom okolnosti, dogodila se prilika da se u sklopu nekih poslova, građevinskih i elektromontažnih, u priređeni rov može položiti djelomično ili cijeli srednjenaponski kabel. Poslovi su uglavnom vezani uz rekonstrukcije ulica i infrastrukture u njima. U nekim se slučajevima iskopana trasa podudara s trasom srednjenaponskog kabela i zato se, uvjetno rečeno, neplanski položi novi kabel da se iskoriste izvedeni građevinski radovi.

Svi kabeli koji su tako započeti imaju visoki prioritet u njihovom dovršenju. Neki su položeni na cijeloj trasi, a neki djelomično. Pošto su to sve novi kabeli, nužno ih je spojiti i staviti u funkciju, bilo da se radi o zamjeni postojećeg starog kabela ili o sasvim novoj trasi u funkciji zatvaranja gradskih petlji ili interpolaciji nove transformatorske stanice. Kod njih je uglavnom problem u opremi čelije u koju ih treba spojiti. Čelije u transformatorskim stanicama u kojima se nalaze kabeli koji se mijenjaju uglavnom imaju staru opremu, pri čemu se u prvom redu misli na obični dotrajali rastavljač. Takve čelije treba opremiti novim rastavljačem i prekidačem. Osim toga, događa se i problem sa starom spojnomo opremom sabirnica koje su uglavnom okrugle pa ih je teško prilagoditi novoj spojnoj opremi.

Navedene slučajeve kabela trebalo bi što brže dovršiti i staviti u funkciju. Konkretno, u slučaju srednjenaponske mreže grada Bjelovara, za taj posao treba ugraditi 800 metara trase kabela na tri mjesta pa se tako dobivaju tri nova kabela od kojih dva zamjenjuju stare kabele, a jedan je potpuno novi kabel. Osim toga treba opremiti tri čelije rastavljačima i prekidačima, dok su preostale tri čelije već opremljene učinkovitim rastavljačima

#### **3.2. Kabeli koji zatvaraju petlje**

Bez obzira što srednjenaponske kabelaške mreže imaju puno manje ispada zbog kvarova nego nadzemne mreže, na što bitno utječe manja izloženost atmosferskim utjecajima, pa i to što su u pravilu kraće od nadzemnih mreža, za sigurnost opskrbe potrošača važno je da transformatorske distribucijske stanice nisu radijalno napajane, što znači da im je potrebno osigurati bar dvostrano napajanje. To se posebno odnosi na transformatorske stanice koje su priključene trožilnim srednjenaponskim kabelom. Popravci takvih kabela traju dosta dugo, čak i nekoliko dana, jer je ponekad vrlo teško pronaći kvar, a ponekad njegovo otklanjanje traje dosta duže.

Takvim radijalno priključenim transformatorskim stanicama treba osigurati rezervno napajanje. Najbolje rješenje je priključenje takve transformatorske stanice na drugu transformatorsku stanicu, pogotovo ako je i ona radijalno priključena. Osim toga, rezervno napajanje može se izvesti i priključivanjem na dalekovod u blizini, ako postoji takva mogućnost.

To je slučaj kad se umjesto postojeće transformatorske stanice, u pravilu zbog njene nemogućnosti povećanja snage transformatora i dotrajalosti niskonaponske ploče, ugrađuje nova kabelaška priključena transformatorska stanica. Tada se postojeći priključni dalekovod može vrlo dobro iskoristiti za rezervno napajanje tako što se kabelom priključi na novu transformatorsku stanicu. Uz proširenje srednjenaponske kabelaške mreže postiže se zadovoljavajuća sigurnost, rezerva i fleksibilnost u upravljanju mrežom.

Za zatvaranje petlji u bjelovarskoj mreži treba izgraditi četiri kabelaška voda ukupne dužine 1200 metara.

### **3.3. Kabeli za zamjenu nadzemnog voda**

Ovi kabeli namijenjeni su za povezivanje prigradskih transformatorskih stanica koje su sada priključene nadzemno na vanjske srednjenaponske dalekovode. Ti se dalekovodi nalaze u područjima gdje je pojačana građevinska aktivnost i predstavljaju određenu opasnost.

Transformatorske stanice priključene na takve dalekovode funkcioniraju kao dio vanjske srednjenaponske mreže sa svim posljedicama za kupce koje se događaju na zračnoj mreži. Polaganjem tih kabela, dio prigradskih transformatorskih stanica na vanjskoj mreži postao bi dio gradske srednjenaponske kabelske mreže sa svim prednostima koje sada nemaju.

Osnovni problem je da transformatorske stanice koje treba spojiti kabelski nisu za to pripremljene jer su zračne pa ih treba prvo prilagoditi za kabelski priključak ili izgraditi novu transformatorsku stanicu kabelskog tipa.

Za zamjenu nadzemnog dalekovoda i za priključenje prigradskih transformatorskih stanica na kabelsku mrežu grada Bjelovara trebalo bi izgraditi šest novih kabelskih vodova ukupne dužine 5500 metara.

### **3.4. Kabeli izgrađeni iz dva različita tipa kabela**

Svaki kabel u ovoj skupini sastavljen je od bar dvije vrste kabela s različitim vrstama izolacije. To su trožilni kabeli koji su prelaznim spojnica spojeni na jednožilne kabele. Najčešći slučaj je spajanje trožilnog uljnog kabela na jednožilni plastični kabel.

Različiti su razlozi za takvu izvedbu i u pravilu su to privremena rješenja. Spojna mjesta na tim kabelima su i njihova najosjetljivija mjesta i potencijalna su mjesta češćih kvarova. U ovu skupinu kabela nisu uvršteni oni uljni kabeli koji nisu mogli biti popravljani bez ugradnje dviju prelaznih spojnica i ubacivanjem dijela jednožilnih plastičnih kabela.

Za potrebe zamjene dotrajalih dijelova kabelskih vodova u bjelovarskoj mreži treba djelomično na kabelskoj trasi izgraditi sedam kabela ukupne dužine 1800 metara.

### **3.5. Ostali trožilni kabeli**

U ovu grupu trožilnih kabela svrstani su svi ostali trožilni srednjenaponski kabeli. Ovi kabeli funkcioniraju bez problema u pogonu. Zbog tendencije zamjene i obnove srednjenaponske mreže uzima ih se u obzir, ali s najnižom vrijednošću kriterija. Zbog njihove različitosti, položaja i važnosti u mreži su razvrstani u tri podgrupe.

#### **3.5.1. Kabeli koji imaju premale presjeke vodiča**

Kao kriterij za premali presjek vodiča kabela je uzet presjek 70 i 95 mm<sup>2</sup>. U srednjenaponskoj mreži grada Bjelovara nema kabela 120 mm<sup>2</sup>. Prema tablici I vidi se da ovih kabela ima 24 komada ukupne dužine 9630 metara.

#### **3.5.2. Kabeli koji su bili više puta u kvaru ili su na njima sagrađeni objekti**

U ovu grupu svrstani su kabeli koji su bili više puta u kvaru i zbog tih kvarova duže vrijeme izvan funkcije. Uz to imaju i puno više kabelskih spojnica. Postoji i dio kabela iznad kojih su sagrađeni objekti pa su nedostupni. U slučaju kvara na njima, ispod ili u blizini tih objekata, popravci su dugotrajni, skupi jer se mora ugrađivati novi dio kabela po novoj trasi, a to može izazvati imovinsko pravne probleme i tako dodatno otežati rješenje kvara.

Zbog činjenice da su ovi kabeli izloženi većoj opasnosti od proboja izolacije, u slučaju bjelovarske mreže trebalo bi zamijeniti deset kabelskih vodova ukupne dužine 4500 metara.

#### **3.5.3. Svi ostali trožilni kabeli**

U ovoj grupi su svi ostali trožilni kabeli. Svi imaju presjeke vodiča 185 mm<sup>2</sup>. Ne stvaraju posebne pogonske probleme.

Kad se prethodni kriteriji uzmu u obzir i zbroje, ostaje 37 komada trožilnih kabela u bjelovarskoj srednjenaponskoj mreži koji su pogonski stabilni, ali bi ih u konačnici trebalo zamijeniti novim jednožilnim kabelima.

#### 4. ZAKLJUČAK

Srednjenaponska kabelska mreža Bjelovara je više od polovice izgrađena jednožilnim srednjenaponskim kabelima. Druga polovica je izgrađena različitim vrstama trožilnih kabela. Tendencija je da se osim polaganja novih kabela zamjenjuju stari trožilni kabeli. Pošto je to dugotrajan posao, radi planiranja prioriteta važnosti napravljeni su kriteriji važnosti ulaganja u postojeću mrežu. Pri tome se vodilo računa o stanju izgrađenosti mreže, o njejoj sigurnosti i funkcionalnosti, razvoju i proširenju.

#### LITERATURA

- [1] Srb, V: "Kabelska tehnika", Tehnička knjiga, Zagreb, 1970.
- [2] Kaiser, D: "Elektrotehnički priručnik", Tehnička knjiga, Zagreb, 1964.
- [3] Kozlov, V. A: "Gorodskierasprediteljnije električeskie seti", Leningrad, 1982. (knjiga na ruskom)
- [4] J. Popović, "Podloga za obnovu srednjenaponske mreže Bjelovara", CIGRE, Peti simpozij o elektrodistribucijskoj djelatnosti, Zadar, 25.-28. travnja 2004.
- [5] J. Popović, "Usklađivanje suprotstavljenih zahtjeva u raspletu dijela 10 kV mreže grada Bjelovara", CIGRE, Peti simpozij o elektrodistribucijskoj djelatnosti, Zadar, 25.-28. travnja 2004.