

Josip Popović
HEP ODS Elektra Bjelovar
josip.popovic@hep.hr

Dejan Ćulibrk
HEP ODS Elektra Bjelovar
dejan.culibrk@hep.hr

Zvonimir Popović
HEP ODS Elektra Bjelovar
zvonimir.popovic@hep.hr

Mirjana Padovan
Uprava za inspekcijske poslove u gospodarstvu
mirjana.padovac@mingo.hr

ORGANIZACIJA REKONSTRUKCIJE STARIH GRADSKIH PODRUMSKIH TRANSFORMATORSKIH STANICA

SAŽETAK

U radu je opisano kako su namjenski građene podrumске transformatorske stanice. U toku eksploatacije postale važan dio srednjenaponske gradske mreže. Zato se u njih povremeno moralo ulagati i ugrađivati novu opremu. Zato je trebalo ugraditi novi transformator, novi kompaktni sklopni blok i novu niskonaponsku ploču. Nakon ugradnje nove opreme, podrumska transformatorska stanica, spremna je na daljinsko vođenje. Svi kupci električne energije imaju sigurnu i kvalitetnu opskrbu.

Ključne riječi: Podrumska transformatorska stanica, transformator, sklopni blok, niskonaponska ploča

ORGANIZATION OF RECONSTRUCTION OF OLD CITY BASEMENT TRANSFORMER SUBSTATIONS

SUMMARY

The paper describes how and with what purpose the basement substations were built. During the exploitation, they have become an important part of the medium-voltage city power network. Therefore, periodical investments in installing new equipment had to be made. These activities covered installation of a new transformer, new ring main unit and a new low-voltage panel. After installing the new equipment, the basement transformer substation was ready for enabling remote control. All belonging customers now have a safe and quality power supply.

Key words: Basement transformer substations, transformer, ring main unit, low-voltage panel

1. UVOD

Transformatorske stanice koje su građene sredinom prošlog stoljeća uz stambene objekte bile su namijenjene samo opskrbi tih objekata te su i danas u funkciji. To su najčešće postrojenja smještena u podrum građevine, odnosno podrumске transformatorske stanice. To znači da je u sklopu izgradnje objekta predviđen prostor za smještaj elektroenergetske opreme, bolje reći manjeg rasklopnog postrojenja. Čelije su građene kao munijerke i imale su pristup s prednje strane iz hodnika.

U prostoru transformatorske stanice nalazila su se dva do tri srednjenaponska vodna polja, transformatorsko polje, transformatorska komora i niskonaponska ploča. To je relativno mali i skučen prostor bez dobre ventilacije zbog čega se često javljao problem pregrijavanja.

Predvidiva instalirana snaga transformatora u takvoj transformatorskoj stanici bila je najviše 250 kVA. Srednjenaponski priključak bio je kabelski. Niskonaponska ploča imala je samo onoliko izlaza koliko je trebalo za rasplet u objektu i jedan do dva rezervna polja.

Sve te transformatorske stanice smještene su u užem središtu grada i još su u funkciji.

Tijekom vremena njihova je uloga postajala sve značajnija u elektroenergetskim potrebama okolnog novoizgrađenog konzuma. Zbog svog položaja u srednjenaponskoj mreži i njenim daljnjim razvojem i širenjem, te transformatorske stanice postale su čvorna mjesta u gradskom srednjenaponskom raspletu.

Novi potrošači i kupci koji su se postepeno pojavljivali u okolini povećavali zahtjeve za novim količinama električne energije i priključne snage. Sve dok zahtjevi kupaca nisu prelazili instaliranu snagu u transformatorskoj stanici moglo ih se bez problema priključiti.

Kad su zahtjevi kupaca premašili instaliranu snagu transformatora bila je potrebna intervencija u transformatorskoj stanici. Tu se radilo se o stvaranju uvjeta za priključenje novih kupaca u postojećoj transformatorskoj stanici. Te intervencije su u početku bile svedene na zamjenu transformatora ugradnjom transformatora veće nazivne snage i manjim zahvatima na niskonaponskoj ploči.

Problemi koji su se pri tome pojavljivali bili su isključivo tehničke prirode i njihovo rješavanje bio je organizacijski vrlo složen proces.

Izmjena transformatora je vrlo komplicirana jer je ograničen pristup mehanizacije zbog skučenosti prostora, a i položaja stanice u centru grada zbog čega se morao regulirati i preusmjeravati promet za vrijeme trajanja radova.

Ugradnja novog srednjenaponskog sklopnog bloka i nove niskonaponske ploče moguća je tek nakon demontaže stare opreme u transformatorskoj stanici i rušenja pregradnih zidova između čelija.

Pristup srednjenaponskim starim uljnim kabelima i njihovim završecima je kompliciran. Ugradnja prijelaznih kabelskih spojnica je zahtjevna zbog skučenog prostora i dubine kabela. Osim toga, montaža toploskupljajućih prijelaznih kabelskih spojnica mora se izvoditi u ograničenom podrumskom prostoru.

Zamjena niskonaponskih ploča novim razvodnim ormarima je otežana zbog premale visine unutrašnjosti transformatorske stanice i potrebe produženja svih vodiča niskonaponskih kabela.

Poseban problem koji izaziva negodovanje kupaca su česta, dugotrajna i neizbježna iskapčanja električne energije.

Svemu spomenutom osnovni uzrok je što nema slobodnih mjesta za izgradnju novih transformatorskih stanica i koridora za kabelske raspote

2. OPIS PODRUMSKE TRANSFORMATORSKE STANICE

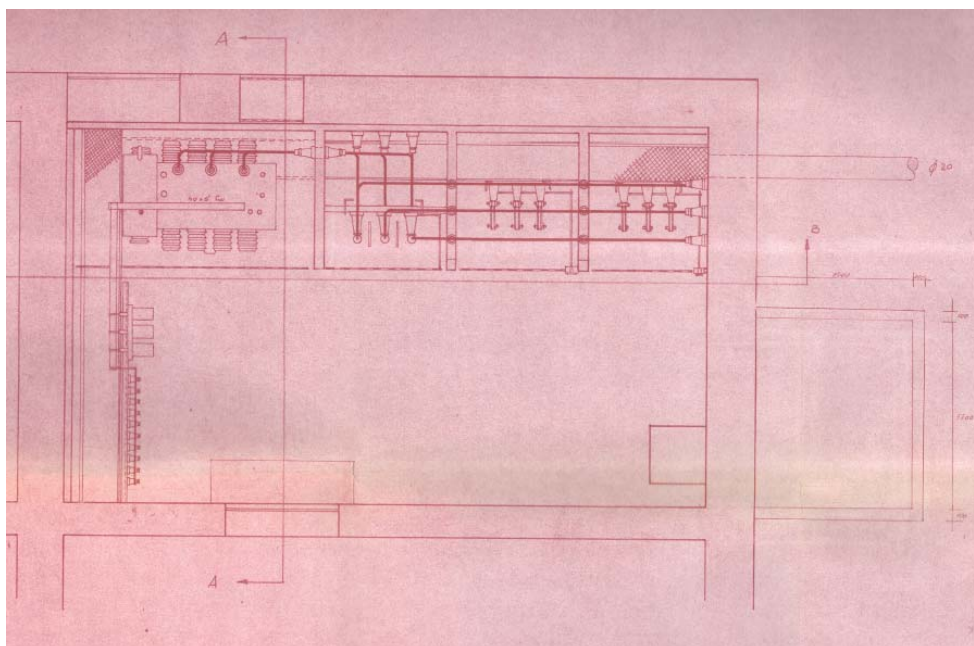
Gradski srednjenaponski rasplet, osim kabela, većim dijelom čine montažno-betonske transformatorske stanice, zidane samostojeće trafostanice ili one u sklopu objekata koje su smještene u podrumu zgrada. Mali je broj transformatorskih stanica stupno-betonskih, rešetkastih ili tornjića.

Kod transformatorskih stanica u objektima ili zidanim, postrojenje je uglavnom tipa "munijerke", zidom ograđenih čelija, zrakom izoliranih golih sabirnica, s rastavljačima u vodnim poljima. Nepostojanje

prekidača ili učinskih rastavljača u ovim postrojenjima bitno otežava potrebne pogonske operacije, kao što su uklapanje, isklapanje i prekapčanje vodova.

Rješenje opskrbe kupaca električne energije, uglavnom u novim velikim stambenim objektima u užem centru grada, jedno se vrijeme rješavalo izgradnjom transformatorskih stanica u podrumima tih stambenih zgrada. Jedan dio podruma iskorišten je za ugradnju sredjenaponske, niskonaponske opreme i transformatora. Smještaj tih transformatorskih stanica u podrumima zgrada morao je biti lociran uz rub zgrade koji se nalazi do prometnice. Radilo se zapravo o osiguranju pristupa transformatorskoj stanici za vozila. Izvan gabarita zgrade, u području prometnice, izgrađen je otvor kroz koji je dopremana oprema. Taj je otvor prekriven sigurnim metalnim pločama i ne predstavlja prepreku za prolaz pješaka i biciklista.

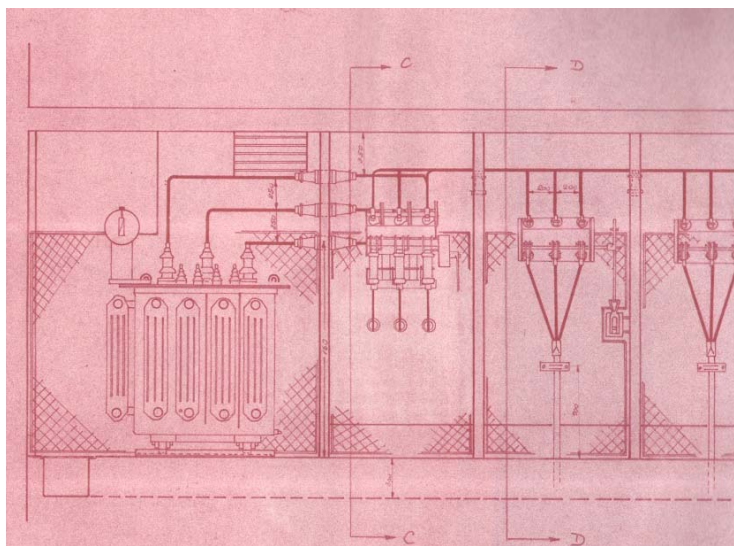
Te podrumске transformatorske stanice imale su gole okrugle sabirnice, iznad zidom pregrađenih ćelija manijerki. U vodnim ćelijama ugrađivani su rastavljači, a u trafo ćeliji učinski rastavljač s osiguračima i daljinskim isključenjem nakon prorade releja Bucholz. U tim transformatorskim stanicama bila je i jedna prostranija ćelija, zapravo trafo komora, u koju je smješten transformator. Uz trafo komoru jedna ćelija je upotrijebljena za niskonaponski rasplet ili smještaj niskonaponske ploče (slika 1.)



Slika 1. Shema podrumске transformatorske stanice

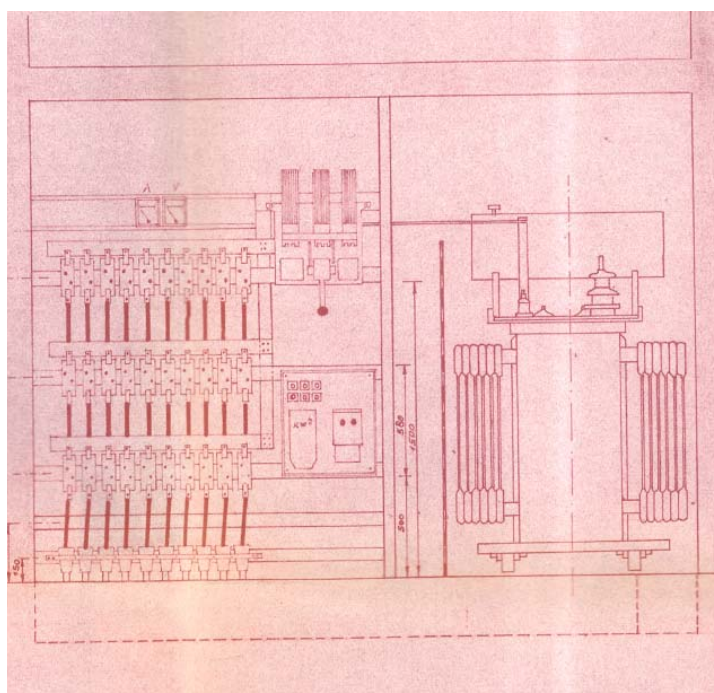
Pristup pogonskom osoblju u podrumске transformatorske stanice nije bio nesmetan. Ulaz u njih je bio uvijek kroz zgradu i spuštanje po stepenicama. To znači da se uvijek moralo imati i rezervne ključeve od ulaznih vrata zgrade u kojoj je smještena podrumska transformatorska stanica. Prostor unutar podrumске transformatorske stanice bio je relativno skučen, prostran tek toliki da može kroz njega dopremiti oprema, posebno transformator. Osim toga bilo je i mračno i kao u svakom podrumu relativno zagušljivo i toplije od ostalih podrumskih prostora radi zagrijavanja transformatora i kontakata niskonaponskih osigurača.

Sve podrumске transformatorske stanice projektirane su za nazivnu snagu 250 kVA, pa je predviđeno da se ugrađuju transformatori nazivne snage do 250 kVA.



Slika 2. Srednjenaponski dio podrumske TS

Srednjenaponski vodovi su kabelski, uglavnom s dva kabela (slika 2.), spojeni sistemom ulaz-izlaz na srednjenaponsku gradsku mrežu. Važnost rezerve u takvim postrojenjima posebno dolazi do izražaja.



Slika 3. Niskonaponska ploča u podrumskoj TS

Niskonaponska ploča je imala plosnate sabirnice, preko rastavne sklopke, spojene na sekundarnu stranu transformatora (slika 3). Spoj između niskonaponskih sabirnica i transformatora popularno je nazvan niskonaponski paket. Na niskonaponsku ploču ugrađena su podnožja osigurača za spoj, najviše, deset kabelskih niskonaponskih izlaza.

3. POLOŽAJ I ZNAČAJ PODRUMSKIH TRANSFORMATORSKIH STANICA

Podrumske transformatorske stanice ciljano su građene za predvidivi dio konzuma u njihovoj okolici. Njihov smještaj je u užem centru grada gdje nema prevelikih uvjeta za lokacije novih elektroenergetskih postrojenja, pa su tijekom vremena postale čvrne transformatorske stanice u raspletu gradske srednjenaponske mreže. Potrebe postojećeg konzuma stalno su se povećavale, a građeni su novi stambeni, gospodarski i trgovački objekti, koji su priključivani u postojeće podrumske transformatorske stanice. Njihov kapacitet se na taj način popunjavao i počeo je postepeno premašivati instaliranu snagu tih transformatorskih stanica.

Kako su potrebe okolnog konzuma rasle i postajale sve zahtjevnije u pogledu osiguranja dovoljne količine električne energije i snage, isto kao i sigurnosti i kvaliteti opskrbe, rasli su i problemi koji su uzrokovani takvim stanjem. Oprema u podrumskim transformatorskim stanicama postajala je sve starija, a i nije bila dimenzionirana za nove uvjete. Srednjenaponski kabeli su bili uljni i premalog presjeka vodiča za normalno funkcioniranje gradske srednjenaponske mreže. Nekad planski, a nekad sasvim slučajno i neplanski, stvarani su uvjeti za ugradnju novih kabela većeg presjeka. To su bili također uljni trožilni kabeli. Uvjeti u funkcioniranju srednjenaponske gradske mreže su postajali sve zahtjevniji pa se moralo pristupiti otklanjanju takvog stanja.

4. REVITALIZACIJA PODRUMSKIH TRANSFORMATORSKIH STANICA

U novonastalim uvjetima, kad su potrebe kupaca već počele i premašivati kapacitet podrumske transformatorske stanice, moralo se tim potrebama udovoljiti, radi sigurne i kvalitetne opskrbe kupaca, ali i radi sigurnosti takvih specifično postavljenih elektroenergetskih postrojenja i zbog izbjegavanja svih mogućih neželjenih i opasnih pojava za ljude i imovinu.

Postupci kojima su se provodile mjere poboljšanja uvjeta funkcioniranja podrumskih transformatorskih stanica mogu se nazvati nekom vrstom modifikacija. Najvažnije je bilo ugraditi novi transformator veće nazivne snage. To je bio poseban problem, kojem je prethodilo dugačko planiranje i pripreme. Ugrađivani su novi transformatori veće nazivne snage, uglavnom 630 kVA i po mogućnosti bez konzervatora. Najvažnije pri tome je da se takvi poslovi nisu mogli izvesti bez prekida napajanja kupaca električnom energijom. Pripreme su bile uvijek dugotrajne i provođene od slučaja do slučaja posebno.

Izmjena transformatora nije bila provediva bez primjene primjerene mehanizacije, koja je pak zauzimala dosta prostora na gradskoj prometnici, a pošto se radi o centru grada i velike probleme u funkcioniranju prometa, bez obzira što je pravilno izvedena privremena regulacija prometa i ispunjeni svi zahtjevi potrebno za privremeno zauzimanje javne površine. Dovoljno je reći da semafori nisu za to vrijeme radili i već je to dosta da se gradski promet ozbiljno poremeti.

Kad je transformator kroz otvor podrumske transformatorske stanice koji je bio u području vanjske prometnice spušten u podrmsku transformatorsku stanicu i postavljen tako da ne smeta pri demontaži postojećeg transformatora, mogli su početi elektromontažni radovi. Oni su podrazumijevali demontažu zatečenog transformatora na primarnoj i sekundarnoj strani, njegovo izmicanje iz trafo komore i odvlačenje do otvora za izvlačenje.

Novi transformator morao je biti odabran tako da ga se, zbog njegovih dimenzija, može smjestiti u trafo komoru.

Primarni priključci transformatora iz trafo ćelije su bili izvedeni kao okrugle bakrene sabirnice kroz keramičke provodne izolatore. U niti jednom slučaju nisu priključci odgovarali rasporedu primarnih izvoda na novom transformatoru pa ih se moralo posebno formirati. U tako skučenom i polumračnom, iz agregata osvijetljenom prostoru, to nije bio jednostavan posao. Osim toga trebalo ga je obaviti vrlo brzo. Takav spoj ostajao je sve dok u trafo ćeliju nije ugrađen novi učinski rastavljač iz kojeg je spoj na transformator izveden kabelski.

Sekundarni priključci od transformatora do sabirnica niskonaponske ploče bili su izvedeni od bakrenih vodiča tako zvanih ATG. Oni su bili relativno fleksibilni i privremeno ih je bilo moguće zadržati kao sekundarni spoja transformatorske strane.

Niskonaponska ploča nalazila se u ćeliji do trafo komore i mala je najviše deset mogućih spojeva za niskonaponske kabele. Niskonaponske sabirnice od plosnatog bakra bile su položene vodoravno. Na njih su ugrađena podnožja osigurača na koja su spajani niskonaponski izlazni kabeli. Prostor iza niskonaponske ploče bio je potpuno nepristupačan jer su tamo bili isprepleteni svi spojevi kabela od

kabelskih završetaka do podnožja osigurača. U stvari, kad je i trebalo nešto raditi u prostoru iza niskonaponske ploče, uvijek su to mogli samo monter i slabe tjelesne konstitucije.

Nakon ugradnje novog transformatora, zamjena niskonaponske ploče bila je neminovna i isto se može svesti pod pojam modifikacije. Taj posao je bio izvediv tek kad je u radionici konstruirana i pripremljena nova niskonaponska ploča sa svim elementima koji trebaju. Izmjena niskonaponske ploče morala se odvijati u beznaponskom stanju. Zanimljivo je da je demontaža stare ploče i montaža nove vremenski gotovo jednako trajala. Prije uklanjanja stare niskonaponske ploče trebalo je precizno označiti sve žile na svim kabelima. Osim toga i produžiti ih komadima izoliranih vodiča, izolirati spojne kabelske čahure i po potrebi ugraditi kabelske stopice. To je dugotrajan posao koji mora biti obavljen prije ugradnje nove ploče.

Niskonaponski paket je uz ugradnju nove niskonaponske ploče uvijek mijenjan. Umjesto starih ATG vodiča ugrađivani su izolirani fleksibilni PF vodiči.

U vodne ćelije podrumskih transformatorskih stanica ugrađivani sredjenaponski maloljudni prekidači. Njihov smještaj je ispod sabirničkog rastavljača na koji je spojen okruglim bakrenim sabirnicama. Na druge kontakte prekidača spojen je kabel. Zbog takvog spoja nije trebalo isključivati postrojenje kad su vršena redovita ili izvanredna održavanja prekidača ili je prekidač mijenjan. Tako je omogućeno fleksibilnije i sigurnije upravljanje tim dijelom postrojenja i otklonjena je opasnost od pojave električnog luka pri rukovanju rastavljačem.

5. REKONSTRUKCIJA PODRUMSKIH TRANSFORMATORSKIH STANICA

Pod rekonstrukcijom podrumskih transformatorskih stanica podrazumijeva se kompletna zamjena postojeće opreme, novom suvremenom, pouzdanom opremom. Sredjenaponski blokovi "ring main unit" su kompaktni i jednostavni za upravljanje (slika 4). Uz to imaju mogućnost spajanja na sustav daljinskog vođenja i ostale pogodnosti koje uz to idu.



Slika 4. SN sklopni blok u rekonstruiranoj podrumskoj TS

Niskonaponska ploča je tvornički montirani ormar s ugrađenim kvalitetnim osiguračkim prugama i dovoljnim brojem i prostorom za priključak svih postojećih kabela i zadovoljavajućom rezervom za nove kabelske izlaze (slika 5).



Slika 5. NN sklopni blok u rekonstruiranoj podrumskoj TS

Transformator je spojen kabelima i sekundarne priključne stezaljke su izolirane (slika 6.)



Slika 6. Transformator u rekonstruiranoj podrumskoj TS

Prije ugradnje potpuno nove opreme u podrumskoj transformatorskoj stanici trebaju se obaviti pripremne radnje. U građevinskom dijelu to je rušenje nekih pregradnih zidova između ćelija. U elektromontažnom dijelu treba na postojeće srednjenaponske uljne kabele montirati prelazne spojnice radi priključka u sklopni blok. Zbog skućenog prostora, konstrukcije uljnih kabela, njihovog smještaja u uske kabelske kanale i ograničenog pristupa do njih taj posao je dosta kompliciran.

6. ZAKLJUČAK

Transformatorske stanice koje su svojedobno građene namjenski, samo za tada predvidivi broj kupaca, smještene u posebno odabranu podrumsku prostoriju nove zgrade u koju je pristup za spuštanje transformatora i ostale opreme moguć samo kroz posebni otvor, u svom su vijeku eksploatacije postale čvrste gradske transformatorske stanice, jer im se konzum uglavnom stihijski povećavao i postajao sve zahtjevniji, te su morale biti podvrgnute nekim intervencijama za ugradnju transformatora i opreme koja novonastale uvjete može sigurno podnijeti.

Ugradnja potpuno nove i kvalitetne opreme provodi se prema dobro razrađenom planu i svim prethodno izvršenim nezaobilaznim pripremama, nakon čega podrumaska transformatorska stanica postaje vrlo kvalitetni dio srednjenaponske gradske mreže, potpuno spremna za daljinsko vođenje prelazak na 20 kV pogonski napon.

7. LITERATURA

- [1] H. Požar: "Visokonaponska rasklopna postrojenja", Tehnička knjiga, Zagreb, 1973.
- [2] J. Popović, Z. Popović, I. Nikolić, D. Čulibrk, A. Bilek, J. Gajger, B. Đurović: "Sadašnje stanje, obnova i mogući razvoj 35 kV mreže", 9. simpozij o sustavu vođenja EES-a, Zadar, 8.-10. studenoga 2010.
- [3] D. Čulibrk, J. Popović, B. Đurović, Z. Leljak, D. Gulaš: "Neki postupci u održavanju koji povećavaju raspoloživost srednjenaponske nadzemne mreže", 10. savjetovanje HRO CIGRE, Cavtat, 6. – 10. studenoga 2011.
- [4] Belin, B: "Uvod u teoriju električnih sklopnih aparata", Školska knjiga, Zagreb, 1978.
- [5] K. Meštović: "Sklopni aparati srednjeg i visokog napona", Graphis, Zagreb, 1998.
- [6] R. Milošević: "Mehanizmi električnih sklopnih aparata, osnove teorija i praksa", Graphis, Zagreb, 2004.
- [7] J. Popović, I. Medač-Sabolović, M. Bajić: "Prilagođene zračne TS 10(20)/0.4 kV na veću snagu od tipizirane", 6. savjetovanje HK CIGRE, Cavtat, 09.-13. studenoga 2003.
- [8] J. Popović, Z. Popović: "Obnova srednjenaponske kabela mreže" HO CIRED i HRO CIGRE, Šibenik, 18.-21. svibnja 2008.
- [9] J. Popović, "Podloga za obnovu srednjenaponske mreže Bjelovara", CIGRE, Peti simpozij o elektrodistribucijskoj djelatnosti, Zadar, 25.-28. travnja 2004
- [10] J. Popović, Z. Popović, I. Nikolić, D. Čulibrk, J. Gajger, A. Bilek, B. Đurović: "Obnova elektroenergetske mreže u sklopu rekonstrukcije gradskih prometnica", 2. savjetovanje HO CIRED, Umag, 16.-19. svibnja 2010.
- [11] J. Popović, "Usklađivanje suprotstavljenih zahtjeva u raspletu dijela 10 kV mreže grada Bjelovara", CIGRE, Peti simpozij o elektrodistribucijskoj djelatnosti, Zadar, 25.-28. travnja 2004.
- [12] Z. Popović, J. Popović, I. Bujan, I. Nikolić: "Upravljanje po dubini srednjenaponske mreže u urbanoj sredini", 10. simpozij o sustavu vođenja EES-a, Opatija, 11. – 14. studenoga 2012.
- [13] J. Popović, Z. Popović, D. Čulibrk, J. Gaiger, I. Iličić, I. Nikolić: "Optimiranje dijela mreže", 3. savjetovanje HO CIRED, Sveti Martin na Muri, 13.-16. svibnja 2012.
- [14] Glavni projekt TS 10/0,4 kV Kamenarova, Elektra Bjelovar, 1971.