

DJELIMIČNA REKONSTRUKCIJA ELEKTRODISTRIBUTIVNIH POSTROJENJA

N. Pažin, "Elektrokrajina", Banja Luka, Republika Srpska
S. Kuzmanović, "Elektrokrajina", Banja Luka, Republika Srpska

KRATAK SADRŽAJ

U radu su opisane mogućnosti ugradnje i povezivanja rasklopnih aparata srednjeg napona različitih generacija, konstruktivnih rješenja i tehničkih karakteristika, uzimajući u obzir građevinske limite objekata, investiciona ulaganja i troškove održavanja kao i sam značaj objekata koji se rekonstruišu. Opisana djelimična rekonstrukcija elektrodistributivnih postrojenja, u uslovima generacijskog raskoraka ugrađene opreme, čiji eksploatacioni vijek nije istekao i savremenih tehnologija koje se nude na tržištu, donosi značajne investicione uštede i poboljšava pogonsku pouzdanost elektrodistributivnih objekata.

1. UVOD

Vanredni uslovi, nastali uslijed ratnih sukoba na prostorima Republike Srpske, doveli su do poremećaja u razvoju i eksploataciji pripadajućeg elektroenergetskog sistema (EES). Sprovođenje drastičnih redukcija u isporuci električne energije, fizička oštećenja opreme i postrojenja uslijed ratnih dejstava kao i izlaganje nedozvoljenim električnim naprezanjima dalo je kao rezultat degradaciju EES.

Potreba za brzom revitalizacijom EES, pa samim tim i distributivne mreže, u mirnodopskom periodu, prouzrokovala je diskontinuitete u pogledu uvođenja opreme nove generacije i postojećeg stanja.

Savremena distribucija električne energije, uzimajući u obzir njenu tehnološku razvijenost, mora zadovoljiti određene opšte karakteristike koje podrazumjevaju:

- kvalitet isporučene električne energije;
- pouzdanost;
- ekonomičnost.

Kvalitet električne energije obuhvata slijedeće parametare koji su regulisani određenim normativima:

- stalnost efektivne vrijednosti napona sa dozvoljenim odstupanjem;
- stalnost frekvencije sa dozvoljenim odstupanjem;
- dozvoljena vrijednost faktora snage;
- dozvoljena nesimetrija napona;
- dozvoljena fluktuacija napona;

Pored toga, potrebno je obezbijediti:

- zaštitu ljudskih života i materijalnih dobara;
- zaštitu životne sredine;
- jednostavnost;
- upravljivost;
- fleksibilnost, adaptivnost i evolutivnost.

Veoma je teško pronaći balans u slučajevima kada eksploatacioni vijek pojedinih dijelova postrojenja nije završen, a postoje potrebe za dogradnjom ili supstitucijom opreme nove generacije uslijed: dotrajalosti postojeće opreme, prelaska sa 10 kV na 20 kV napon u mreži sa uzemljenom neutralnom tačkom preko male impedanse, povećanja konzuma, potreba za povećanjem pouzdanosti u napajanju, potreba za daljinskim upravljanjem, potreba za olakšano održavanje i eksploataciju.

Povezivanje postrojenja različitih generacija, konstrukcionih rješenja i tehničkih karakteristika uzimajući u obzir građevinske limite objekta, čine tehničko rješenje ponekad komplikovanijim od izgradnje novog ali postepena supstitucija postojeće opreme opremom nove generacije uz što manje prekide u napajanju potrošača, uglavnom, ima ekonomsku opravdanost. Rukovodeći se činjenicom da investiciona vrijednost postrojenja i troškovi održavanja treba da budu usklađeni sa pouzdanošću u napajanju i značajem potrošača pronalazi se pravi odgovor na postavljene tehničke zahtjeve.

Za potpunu i kvalitetnu realizaciju rekonstrukcije neophodna je potpuna tehnička dokumentacija koja podrazumjeva slijedeće:

- usklađivanje građevinskog projekta sa svim neophodnim prilagođenjima za novo postrojenje;
- elektromontažnu dokumentaciju;
- usklađivanje postojećih šema djelovanja i vezivanja sa šemama postrojenja koje se dograđuje;
- provjera parametara sistema.

U ovom radu se analiziraju mogući kao i ostvareni načini potpune ili djelimične zamjene postojeće opreme opremom nove generacije sa aspekta tehno-ekonomskog vrednovanja.

2. OPREMA U TRANSFORMATORSKIM STANICAMA 110/20(10) kV I RASKLOPNICAMA

U daljnjem tekstu biće analizirane postojeće rasklopne aparature unutrašnje izvedbe za naznačeni napon do 24 kV. Izbor tipa ćelije obuhvata, pored tehničkih karakteristika same mreže i slijedeće elemente:

- cijenu rasklopnog postrojenja;
- cijenu građevinskog zemljišta;
- cijenu građevinskog objekta;
- sigurnost i pouzdanost u pogonu;
- dostignuti nivo tehnološkog razvoja;

- manipulativnost i pristupačnost opremi u toku normalnog i havarijskog režima rada;
- kompatibilnost sa već ugrađenim elementima opreme;
- mogućnost postepene zamjene postojeće opreme uz minimalne prekide u napajanju potrošača;
- mogućnost daljinskog upravljanja i kontrole.

Postojeće ćelije se mogu podijeliti na slijedeće grupe:

- Klasične vazduhom izolovane ćelije sa zidanim pregradama i fiksno montiranim rasklopnim aparatima;
- Prefabrikovane (tvornički proizvedene i tipski ispitane) vazduhom izolovane metalne ćelije otvorene izvedbe sa fiksno montiranim rasklopnim aparatima;
- Prefabrikovane vazduhom izolovane, metalom oklopljene, ćelije sa izvlačivim rasklopnim aparatom (izvlačive ćelije).

3. KLASIČNA RJEŠENJA SISTEMA ZAŠTITE, UPRAVLJANJA, SIGNALIZACIJE I MJERENJA

Klasična rješenja pretpostavljaju odvojene funkcije zaštite, mjerenja i upravljanja. U ćelijama su smješteni, uglavnom, samo visokonaponski elementi, a na prednjem dijelu ćelije nalaze se mehaničke i električne komande za rukovanje rasklopnim aparatima, ampermetar i voltmetar (direktno priključeni na mjerne transformatore dajući osnovni uvid u pogonsko stanje ćelije). Unutar odjeljka niskog napona (dio rasklopne aparature) nalaze se redne stezaljke na koje su dovedene sve veličine neophodne za funkcionisanje sekundarne opreme: strujne i naponske grane sa mjernih transformatora, pomoćni kontakti za signalizaciju stanja aparata, izvodi sa kontaktora za upravljanje aparatima, ostale veličine potrebne za kontrolu i upravljanje.

Karakteristike klasičnih rješenja sistema sekundarne opreme u odnosu na savremena integrisana rješenja su: veliki broj kablova i komplikovano kabliranje, velika količina i gabariti opreme zauzimaju veći prostor unutar rasklopnog postrojenja, komplikovano ostvarivanje upravljačkih blokada, ograničena fleksibilnost u pogledu obavljanja više funkcija, potpuna samokontrola releja je komplikovana za realizaciju (poskupljuje relej i smanjuje mu pouzdanost), te su neophodni periodični pregledi i podšavanja, relativno jednostavna i robusna konstrukcija (elektromehanički releji), otpornost na većinu šumova koji se pojavljuju u sekundarnim kolima elektroenergetskih postrojenja.

Sistemi zaštite realizovani putem elektromehaničkih ili statičkih releja i danas korektno obavljaju svoj posao bez obzira na tehnološku prevaziđenost.

Multifunkcionalnost integrisanih rješenja sistema zaštite, globalni trend ubrzanog razvoja mikroprocesorske tehnologije, povećanje pouzdanosti, stalna softverska unapređenja kao i pristupačne cijene uz sve gore nabrojane karakteristike klasičnih rješenja upućuju na zaključak da je realizacija sistema zaštite sa elektromehaničkim i statičkim relejima u novoizgrađenim objektima neracionalna jer komplikuje projektovanje i izgradnju, a posebno održavanje.

4. DISTRIBUTIVNA POSTROJENJA ZA RASPODJELU ELEKTRIČNE ENERGIJE

Skladnost, estetski izgled, brza montaža kao i velika funkcionalnost omogućava postavljanje betonskih transformatorskih stanica (BTS) u urbanim prostorima. U osnovi, postoje dvije varijante ovakve izvedbe BTS:

- kompaktne MBTS;
- montažne MBTS.

Limene (blindirane) transformatorske stanice (LTS) su pretežno locirane u urbanim područjima, a njihov skladan arhitektonski izgled odgovara svakoj lokaciji.

Obložni limovi i krov, obično su izrađeni, od dva puta dekapiranog lima debljine 2 mm, a nosači konstrukcije od limenih presovanih profila debljine 4 mm. Ovakva konstrukcija, bez profilnog čelika, je veoma lagana i čvrsta. Spoljni limeni dijelovi su spojeni na principu preklapanja završnih strana. Gabariti građevinskog dijela treba da obezbijede dovoljno prostora za identičnu opremu kao kod BTS.

Za zadovoljavanje potreba konzuma u seoskim i slabo naseljenim područjima koriste se STS. Stub na koji se montira transformatorska stanica može biti armirano-betonski ili željezno-rešetkasti. Elementi STS su prefabrikovani i na odabranoj lokaciji se mogu vrlo brzo montirati. Ovakve TS se obično

postavljaju u težištu opterećenja, a cilj je da priključni vodovi budu što kraći i njihov rasplet što jednostavniji. Takođe se mora voditi računa o jednostavnosti prilaza STS radi montaže ili zamjene ET.

5. NOVA GENERACIJA SREDNJE-NAPONSKIH RASKLOPNIH APARATURA I DISTRIBUTIVNIH RASKLOPNIH BLOKOVA ZA UNUTRAŠNJU MONTAŽU

Metalom oklopljene ćelije sa izvlačivim vakuumskim prekidačima spadaju u sami vrh vazduhom izolovanih aparatura i njihova primjena kao i izbor tipa obuhvata pored tehničkih karakteristika same mreže i slijedeće elemente: cijenu rasklopnog postrojenja, cijenu građevinskog zemljišta, cijenu građevinskog objekta, sigurnost i pouzdanost u pogonu, manipulativnost i pristupačnost opremi u toku normalnog i havarijskog režima rada, kompatibilnost sa već ugrađenim elementima opreme, mogućnost postepene zamjene postojeće opreme uz minimalne prekide u napajanju potrošača.

Svi elementi zaštite, monitoringa i kontrolnih uređaja su smješteni u niskonaponskom odjeljku.

Upotrebljena je mikroprocesorska zaštita koja u poređenju sa elektromehaničkom i statičkom zaštitom ima nekoliko prednosti i to:

- cijena;
- pouzdanost;
- integracija.

Savremene tendencije u razvoju srednjenaponskih ćelija su usmjerene ka ostvarivanju kompaktnosti i modularnosti aparature čime se postiže, pored zahtjevanih pogonskih osobina i znatna ušteda u prostoru u odnosu na klasična rješenja.

Rezultat razvoja su ćelije izolovane gasom SF₆ koje su hermetički zatvorene čeličnim limom upotrebom najsavremenijih tehnologija iz oblasti zavarivanja. Svi dijelovi pod naponom su odvojeni metalnim pregradama, a pogon prekidača i pomoćna oprema su pristupačni sa spoljne strane i potpuno odvojeni od primarne opreme.

Eliminirani su svi spoljašnji uzročnici kvara kao što je vlaga, sitne životinje, prašina itd..

Osnovne karakteristike ovih ćelija su: modularna struktura, jednostruki sistem sabirnica, tropoložajni rastavljač kao sabirnički rastavljač i zemljospojnik (u pojedinim izvedbama), pouzdano uzemljavanje preko vakuumskog prekidača, znatno manja širina ćelije u odnosu na vazduhom izolovana postrojenja, postrojenje hermetički zatvoreno limom od nerđajućeg čelika, predviđene su, uglavnom, za kablovski priključak (priključenje kablova je moguće unutrašnjim ili spoljnjim priključnim sistemom) te pouzdano i sigurno rukovanje.

Stalni napredak u razvoju i izvedbi postrojenja i opreme zasnovanih na SF₆ tehnici kao i pristupačna cijena bitno su doprinijeli njihovoj širokoj upotrebi tokom posljednjih godina. Na srednjenaponskom nivou SF₆ gasom izolovani sistemi su toliko različiti od konvencionalnih rješenja da se može govoriti o sasvim novoj generaciji postrojenja i opreme. Visoke izolacione osobine SF₆ gasa omogućavaju izvedbe kompaktnih jedinica malih dimenzija. Takođe, primjena gasne izolacije pretpostavlja hermetičku oklopljenost dijelova primarnog kola.

Opravdanost ugradnje prefabrikovanih kompaktnih rasklopnih blokova, izrađenih u SF₆ tehnici (engl. Ring Main Unit (RMU)), u distributivne TS, osim znatne uštede u prostoru zasniva se na dobrim tehničkim karakteristikama od kojih treba izdvojiti:

- visoku pouzdanost;
- nepotrebno održavanje u klasičnom smislu;
- maksimalna sigurnost za osoblje;
- nezavisnost od klimatskih uslova;
- mogućnost daljinskog upravljanja i kontrole.

Uzimajući u obzir prethodno nabrojane karakteristike jedna od osnovnih prednosti kompaktnih blokova jeste i mogućnost zamjene postojećeg klasičnog bloka visokog napona sa metalom zaštićenom rasklopnom aparaturom za unutrašnju montažu i vazduhom kao izolacionim medijumom sa minimalnim prekidima u napajanju potrošača i minimalnom rekonstrukcijom postojećeg građevinskog objekta. Zamjena postojeće opreme se može vršiti po fazama uz mogućnost proširenja (ekstenzije) u skladu prema potrebama.

Moguća je ugradnja motornog pogona za potrebe daljinskog upravljanja i kontrole.

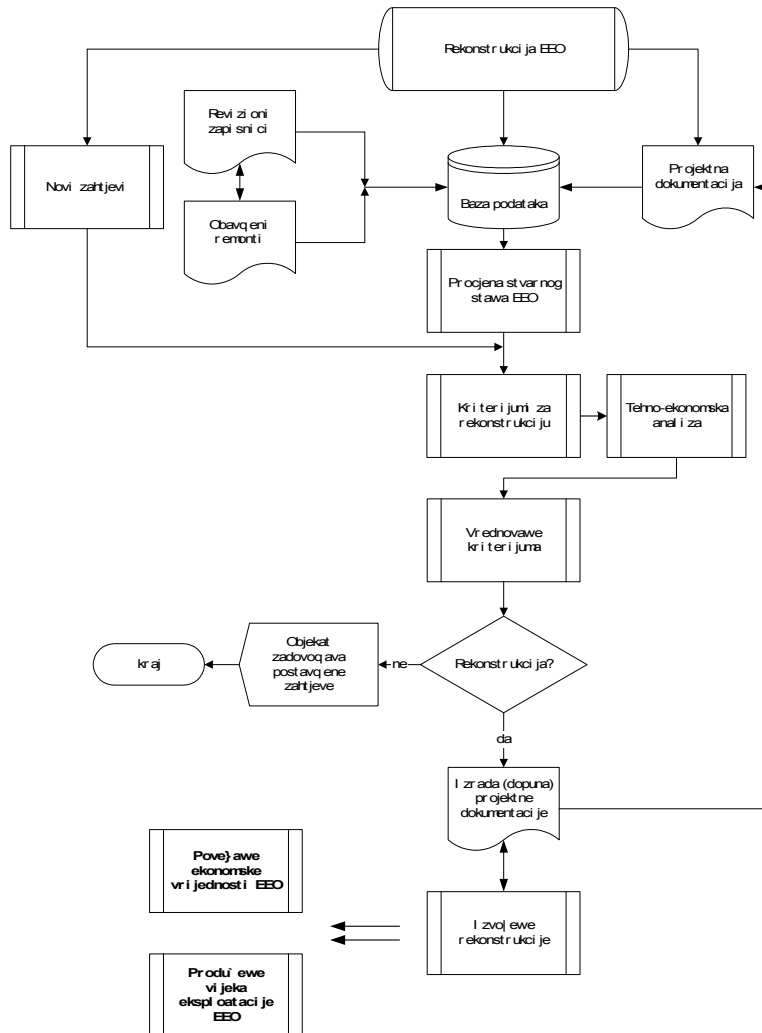
Konstrukcija RMU omogućava jednostavnu realizaciju priključka kablova na konvencionalan način ili preko konektora uz mogućnost jednostavnog priključenja uređaja za ispitivanje kablova.

Problemi sa kojima se susreće:

- Kvar na bilo kojem dijelu primarnog kola zahtjeva zamjenu cijelog bloka jer korisnici nisu, u principu, u stanju da sami otklone kvar
- Korisnik se po pravilu opredjeljuje za određenog proizvođača, zbog držanja minimalno potrebnih zaliha za interventne potrebe (uključujući i konektorske priključake).

6. POSTEPENA ZAMJENA POSTOJEĆE OPREME SA GENERACIJAMA NOVE TEHNOLOGIJE

Blok dijagram rekonstrukcije elektroenergetskog objekta (EEO) prikazan je na slici 1.



Slika 1- Blok dijagram rekonstrukcije elektroenergetskog objekta

Tržišni koncept privrede uslovljava da strategija traženja projektnog rješenja novog ili rekonstrukcije postojećeg EEO, bude definisana sa ciljnim funkcijama (kriterijumima) zavisnim od promjenljivih kao što su npr. investicioni i eksploatacioni troškovi. Traženjem ekstremuma ciljne funkcije, odnosno njenog minimuma (u ovom slučaju), dolazimo do optimalnih projektnih rješenja, tj. vrednujemo kriterijume, uz zadovoljavanje određenih parametara.

Tehno-ekonomska analiza troškova pri rekonstrukciji obuhvata obično:

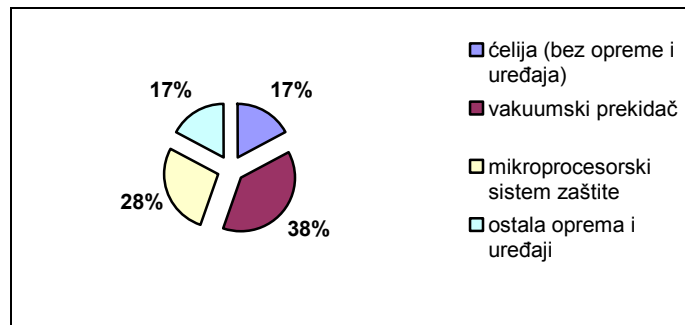
- cijenu iste opreme i rezervnih dijelova (ako postoje na tržištu) uz postojanje alata i obučениh kadrova za remont i rukovanje;

- cijenu adekvatne opreme zasnovane na savremenim tehnologijama, uključujući rezervne dijelove, alate i obuku kadrova;
- troškovi dodatnih građevinskih i infrastrukturnih radova;
- troškovi montaže i adaptacije;
- troškovi koji obuhvataju neisporučenu električnu energiju;
- troškovi održavanja;
- troškovi demontaže i odlaganja postojeće opreme uz procjenu preostale vrijednosti ako oprema nije na kraju eksploatacionog vijeka.

Današnji trendovi pojedinih troškova su ovako definisani:

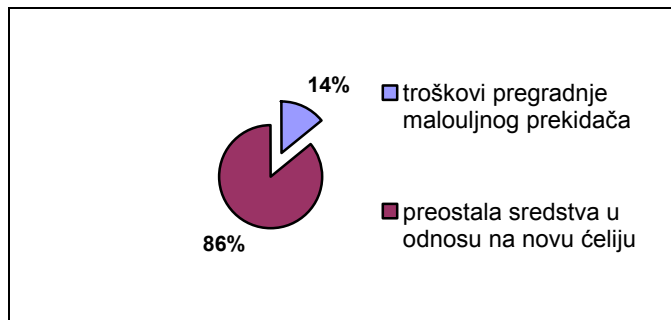
- cijena opreme zasnovane na savremenim tehnologijama opada, takođe cijena transfera znanja, odnosno obuke, opada, zahvaljujući mogućnostima savremenih komunikacija i želje proizvođača da svoj proizvod učini tržišno što pristupačnijim;
- troškovi dodatnih građevinskih i infrastrukturnih radova su niži (dimenzije potrebnog prostora su manje);
- troškovi montaže i adaptacije su niži (jednostavna montaža, jednostavnije povezivanje sekundarne opreme, jednostavnija ispitivanja pri puštanju u pogon, jednostavnije uvođenje savremenih sistema nadzora i upravljanja);
- troškovi održavanja opreme zasnovane na savremenim tehnologijama su niži (uglavnom se radi o opremi koja spada u kategoriju održavanja po potrebi);
- troškovi održavanja starijih generacija opreme rastu (nedostatak na tržištu ili rast cijena rezervnih dijelova, komplikovanija je (skuplja) i adaptacija za uvođenje savremenih sistema nadzora i upravljanja);
- modularna struktura i multifunkcionalnost opreme zasnovane na savremenim tehnologijama kao i mogućnost, u nekim slučajevima, postupene supstitucije postojeće opreme, znatno snižava troškove uslijed neisporučene električne energije.

U cilju poređenja neophodnih investicionih troškova, za različite varijante rješenja, prikazane su procentualne vrijednosti pojedinih dijelova savremene vodne ćelije (slika 2a) bez uvažavanja ostalih eksploatacionih (energetskih) i ekonomskih parametara, koji se uzimaju kao ulazni, za dugoročnu analizu razvoja distributivne mreže, a samim tim i njene funkcionalnosti.

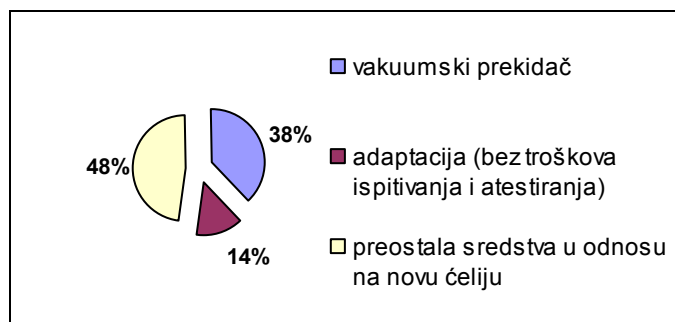


Slika 2a- Procentualne vrijednosti pojedinih dijelova ćelije

Dominantnu ekonomsku veličinu predstavlja rasklopni uređaj odnosno prekidač i sve aktivnosti koje se sprovode u cilju produžavanja njegovog eksploatacionog vijeka ostvaruju znatne uštede u investicionim ulaganjima. Na slici 2b okvirno je prikazan odnos uložених sredstava za rješenje koje podrazumjeva pregradnju malouljnog prekidača u vakuumski, a na slici 2c predstavljeni su procentualni odnosi za slučaj zamjene malouljnog prekidača sa novim, vakuumskim.



Slika 2b – Procentualni odnosi u slučaju pregradnje maloulnog prekidača



Sl. 2c - Procentualni odnosi u slučaju ugradnje vakuumskog prekidača

Proces zamjene postojeće opreme opremom nove generacije zahtjeva strateški pristup i moguća su rješenja u kojima dominira ekonomski kriterijum iznad funkcionalno-tehničkog.

Problem koji se javlja kod distributivnih TS je uglavnom vezan za oštećenje građevinskog dijela konstrukcije (npr.korozija limova, oštećenje betonske konstrukcije) i ponekad se postavlja pitanje ekonomske opravdanosti sanacije i problem odstranjivanja postojeće konstrukcije ili dijela konstrukcije radi obezbjeđenja neophodnog prostora za smještaj RMU. Takođe se postavlja pitanje budućeg manipulisanja rasklopnim uređajima i ostalom opremom unutar TS tj. da li zadržati vanjsko opsluživanje ili omogućiti unutrašnje, adekvatnim rasporedom opreme?

Drugi pravac za rješenje tog problema je vezan za iskorištenje postojećih temelja i ugradnju novih montažno-betonskih elemenata što strateški gledano, ima veću opravdanost zbog trajnosti i neosjetljivosti na klimatske uslove.

Uglavnom, prilikom rekonstrukcije distributivnih TS, potrebno je sam proces rekonstrukcije izvoditi etapno, gdje je moguće u prvom koraku zamjeniti VN razvod, a nakon toga i NN razvod uz minimalne prekinde u napajanju potrošača.

7. ZAKLJUČAK

Optimalno održavanje i produženje eksploatacionog vijeka EEO procjenom njegovog stvarnog stanja i adekvatnom postepenom rekonstrukcijom, doprinosi smanjenju investicionih troškova jer pojedina oprema, iako amortizovana, i dalje pouzdano funkcioniše uz postojanje jedino troškova održavanja. Ovakvo stanje je opravdano, na dugoročnom periodu, uz kontinualnu analizu parametara kao što su: odnos troškova investicija i troškova održavanja; odnos cijene isporučenog i neisporučenog kWh električne energije i odnos troškova investicija i cijene kNjH električne energije.

Savremene strategije održavanja EEO, u uslovima smanjenja sredstava koja se izdvajaju za održavanje, prelaze sa vremenski programiranog na održavanje određeno stanjem opreme i uređaja u EEO, odnosno značajem samog EEO. Dakle, pored realne procjene stanja EEO, bitne su i posljedice koje nastaju ispadanjem iz funkcije istog što nam daje mogućnost rangiranja EEO prema potrebi za održavanjem.

8. LITERATURA

1. Pravilnik o tehničkim normativima za elektroenergetska postrojenja nazivnog napona iznad 1000 V, "Sl. list SFRJ", br. 4/74, 13/78 i "Sl. list SRJ", br. 61/95.
2. Pravilnik o tehničkim normativima za pogon i održavanje elektroenergetskih postrojenja i vodova, "Sl. list SRJ", br. 41/93.
3. Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu niskonaponskih mreža i pripadajućih transformatorskih stanica, "Sl. list SFRJ", br. 13/78 i "Sl. list SRJ", br. 37/95.
4. Katalozi raznih proizvođača
5. L.J. Rašajski, G. Dotlić: "MALI ELEKTROENERGETSKI PRIRUČNIK", SMEITS i DOS, Beograd, SCG.
6. D. Keler, M. Maričević, V. Srb: "ELEKTROMONTERSKI PRIRUČNIK", Tehnička knjiga, Zagreb, HR.
7. S. Stojković, M. Popović: "Upravljanje životnim vekom prekidača", referat 13-01, 26 Savetovanje jugoslovenskog komiteta CIGRE, maj 2003.godine.
8. J.Franotović: "Sustavi zaštite, upravljanja, signalizacije i mjerenja u distributivnim trafostanicama", referat R-4.2., Treće jugoslovensko savetovanje o elektrodistributivnim mrežama, oktobar 2002.godine.
9. Ž. Kuvač, N. Ristić: "Kriterijumi za izbor zaštite u elektrodistributivnim postrojenjima", inf. I-4.4., Treće jugoslovensko savetovanje o elektrodistributivnim mrežama, oktobar 2002.godine.