



Mr. sc. Damir Pečvarac, dipl. ing.
Anđa Mijatović, dipl. ing.
HEP «Elektroslavonija» Osijek

D 1

PRISTUP PRIMJENI POUZDANOSTI U RAZDJELNOJ MREŽI

Sažetak

U ovome referatu, bit će prikazan prijedlog naziva i definicija vezanih uz primjenu pouzdanosti u razdjelnoj mreži usuglašeni s nazivljem u prijenosnom sustavu. Spomenut će se i dio rezultata petogodišnjeg istraživanja pokazatelja pouzdanosti u «Elektroslavoniji» Osijek. Osim toga ukazat će se na opravdanost i osnovnu problematiku primjene pouzdanosti u razdjelnoj mreži.

Ključne riječi: **razdjelna mreža, pouzdanost, zastoje, pokazatelji pouzdanosti**

Uvod

Temeljno načelo i osnovna zadaća svakog distributera električne energije je **stalna opskrba** potrošača električnom **energijom propisane kvalitete** – nazivnog napona i frekvencije. Kvaliteta isporučene električne energije očituje se u: dopuštenom odstupanju napona po iznosu od -10% do $+6\%$ i dopuštenom odstupanju od sinusnog oblika do 5% u razdjelnim mrežama te dopuštenom odstupanju nazivne frekvencije 50 Hz u iznosu $\pm 0,1\text{ Hz}$ kod ručne i $\pm 0,2\text{ Hz}$ kod automatske regulacije. U slučaju više sile dopušten je pad frekvencije na $49,5\text{ Hz}$ u trajanju ne duljem od 60 minuta. Drugi kriterij: stalnost opskrbe potrošača jamči standardnu pouzdanost opskrbe priključenjem potrošača na mrežu distributera. Priključenjem potrošača na mrežu distributera dopušta se prekid isporuke u slučaju kvara, više sile, remonta, priključenja novih potrošača ili sustavnog ograničenja isporuke (redukcije).

Stalnost opskrbe definiraju: stanje raspoloživosti u kojemu se potrošač opskrbljuje električnom energijom i stanje neraspoloživosti uzrokovano prekidom opskrbe, odnosno, zastojem. Neraspoloživost je skup novih stanja, koja su odlučujuća u opisivanju i izračunavanju pouzdanosti opskrbe potrošača električnom energijom.

Da bi električna mreža, ili neka njezina jedinica, postala neraspoloživa mora se dogoditi namjerni ili slučajni poremećaj. Rezultat namjernog poremećaja je planirani zastoj, a rezultat slučajnog poremećaja je neplanirani zastoj. Neplanirani zastoj je u većini slučajeva, nastao radi kvara neke jedinice u mreži, ali i radi drugih neplaniranih događaja ili nedostataka, najnepoželjnije je i najneugodnije stanje koje se pojavljuje u razdjelnom sustavu. Cilj je svakog distributera: postizanje što manjeg broja neplaniranih zastoja, pri čemu se zahtjeva da zastoj koji nastane treba trajati što kraće. U ostvarenju tog cilja, posljednjih dvadesetak godina, primjenjuje se i metodologija utemeljena na znanstveno - teorijskom pristupu primjenjivom u praksi, a koji povezan s vrijednim praktičnim spoznajama treba utjecati na smanjenje broja i trajanja neplaniranih zastoja.

Primjenom teorije vjerojatnosti i matematičke statistike razvijena je teorija pouzdanosti koja se rabi u analizi elektroenergetskog sustava kao dopuna i zamjena (do)sadašnjem determinističkom konceptu. Općenito pouzdanost nekog sustava je matematička vjerojatnost da će sustav biti raspoloživ t.j. zadovoljavajuće raditi tijekom predviđenog vremena uz definirane radne uvjete. U razdjelnoj mreži pouzdanost je vjerojatnost isporuke električne energije potrošačima u određenom vremenu uz definirani napon i frekvenciju.

Dosadašnje analize pouzdanosti elektroenergetskog sustava uglavnom su rađene za proizvodni i prijenosni sustav. Analize pouzdanosti razdjelnog sustava nisu provođene u većoj mjeri iz nekoliko razloga, od kojih su najvažniji: nedostupnost podataka o zastojima, veliki broj električkih jedinica i komponenti u ovom sustavu, nepostojanje modela proračuna pouzdanosti na elektroničkom računalu, relativno jednostavna konfiguracija razdjelne mreže, manja pozornost obzirom na prividno manje posljedice koje uzrokuje jedan zastoj idr.

Posljednjih desetak godina statističke analize i proračun pouzdanosti razdjelnih mreža češći su i obuhvatniji, jer to nameću kriteriji optimalnog ulaganja u sustav, a s druge strane, zahtjevi sve osjetljivijih potrošača nameću ispunjavanje svih ugovorenih uvjeta isporuke električne energije.

2. Osnovni pojmovi i definicije

Da bi se mogle jednoznačno pratiti pojave u razdjelnoj mreži definirati će se osnovni pojmovi i nazivi promatranih pojava. Pri tome će se koristiti već usvojeni nazivi u prijenosnom sustavu koji i ovdje imaju razlog za primjenu te nazivi svojstveni kod praćenja pogonskih događaja samo u razdjelnoj mreži.

Pojmovi vezani uz mrežu

Promatrana mreža sastavljena je od **jedinica**. Pod jedinicom se podrazumijeva: vod, kabel, transformator, polje i sabirnice. U promatrane jedinice ne pripada **sekundarno postrojenje**: pomoćni napon, uređaji zaštite, daljinskog vođenja, postrojenje komprimiranog zraka, kućni transformator i sl. Događanja na tim uređajima mogu izazvati zastoje promatrane jedinice, no tada se povod zastoju ne pripisuje jedinici, nego locira u sekundarno postrojenje. Svaka jedinica sastavljena je od **komponentata** (npr. izolator, stup, zaštitno uže na vodu). Komponente su fizički povezane u promatranu jedinicu (npr. svi zaštitni, rashladni, regulacijski, i pomoćni uređaji na transformatoru pripadaju transformatoru). Komponente su sastavljene od **elemenata**, a elementi od **dijelova**. Skup promatranih jedinica ima svoju lokaciju nazvanu **čvor**, najčešće označenu brojem. U sklopu čvora, prema tome, nalazi se više jedinica koje su međusobno električki povezane. Veze između čvorova su **grane**.

Pojmovi vezani uz događaje u mreži

Događaj je pojava koja nema trajanje, nego samo trenutak nastanka. Povod događaju može biti planiran t.j. smišljen ili prisilan t.j. neplaniran.

Između velikog broja pojmova koji se logički pojavljuju uz događaje u mreži, kao i u analizi pouzdanosti najbitniji pojam je zastoj.

Zastoj je pojam što opisuje **stanje** jedinice (ili komponente) koje nastaje kao posljedica događaja kojim promatrana jedinica (ili komponenta) prestaje biti raspoloživa - postaje neraspoločiva - za ispunjenje funkcije koja joj je namijenjena. Zastoj može biti planirani (smišljeni, očekivani) ili prisilni (spontani, neočekivani). Zastoj ima svoje trajanje koje je određeno početnim i krajnjim trenutkom nastanka događaja.

Planirani zastoj je događaj kad se jedinica planirano ili smišljeno stavlja izvan pogona u predviđenom i unaprijed izabranom vremenu radi održavanja, zamjene ili rekonstrukcije. Ova vrsta zastoja odgodiva je za onaj trenutak kad je to u mreži najpovoljnije obzirom na kriterij stalne opskrbe potrošača. U analizi pouzdanosti ova vrsta zastoja obično se ne razmatra te ni ovdje neće biti razmatran.

Prisilni zastoj (u daljnjem tekstu zastoj) nastaje prilikom **poremećaja** kada radi **otkaza** dolazi do prisilnog stavljanja neke jedinice izvan pogona. Na jedinici, komponenti, ili elementu je nastao **kvar**. To je neočekivani događaj kojim se jedinica trenutno dovodi u stanje izvan pogona radi djelovanja automatike, isklapanja kod neprimjerenih pogona ili radi ljudske pogreške. Povod zastoju može biti iz okolice, tehnički povod, ljudski povod, povod u nepromatranoj mreži i nepoznati povod. Prema duljini trajanja zastoj može biti: kratkotrajni, djelomični, prolazni i trajni. **Kratkotrajni prisilni zastoj** je onaj kad nastali poremećaj nestane tijekom beznaponske pauze nakon koje dolazi do uspješnog djelovanja automatskog ponovnog uklopa (APU).

Djelomični prisilni zastoj je onaj kod kojeg je predviđena funkcija promatrane jedinice umanjena, ali ne potpuno eliminirana. Primjer djelomičnog prisilnog zastoja je otkaz jednog od paralelnih transformatora, bez promjene stalnosti opskrbe potrošača. **Prolazni prisilni zastoj** je onaj kod kojega se pogođena jedinica, odnosno njena komponenta, neposredno sama obnovi te se uz pomoć automatskih uređaja, sklopni uređaj ili osigurač vrati u sklopno stanje koje je bilo prije poremećaja. Primjer prolaznog prisilnog zastoja je povratni preskočni napon koji kada se pojavi nije takav da može trajno onesposobiti pogođenu jedinicu. U analizi pouzdanosti kratkotrajni, djelomični i prolazni prisilni zastoj, radi svoga karaktera i kratkog trajanja neće se uzimati u obzir. **Trajni prisilni zastoj** je onaj kod kojega se pogođena jedinica, odnosno njena komponenta, ne može sama obnoviti, nego mora biti zamijenjena ispravnom ili ako je moguće popravljena. Time se smatra da je pogođena jedinica u kvaru. Primjer trajnog prisilnog zastoja je električni luk koji uništi izolator pa se pogođena komponenta mora zamijeniti novom. U statističkom praćenju i iskazivanju zastoja zabilježeni su samo oni prisilni zastoji kad je pogođena jedinica ostala u kvaru.

Prekid opskrbe električnom energijom jednog ili više potrošača uzrokovan je zastojem - bilo planiranim, bilo prisilnim. Prekid može biti **kratkotrajni**; ograničenog trajanja 2 - 3 minute koliko traje sklopna operacija, **privremen**; s trajanjem 1 - 2 sata i **trajan**; ako nije klasificiran kao kratkotrajni ili privremen.

Neraspoloživost tvore svi planirani i prisilni zastoji promatranih jedinica u jednogodišnjem razdoblju. U neraspoločivost se ne ubrajaju uspješni APU.

Neisporučena električna energija je neisporučena električna energija potrošačima radi prisilnog zastoja. Izračunava se neposredno prilikom nastanka zastoja iz pokazatelja zastoja ili se izračunava pomoću formula za matematičko očekivanje.

Neisporučena vršna snaga je neisporučena maksimalna snaga radi prisilnog zastoja koju potražuju potrošači pogođeni tim zastojem.

Promatrano razdoblje je jedna kalendarska godina. Jedinice kojima je trajanje uporabe tijekom kalendarske godine bilo manje od 10 mjeseci ne obuhvaćaju se u statističkoj obradi pogonskih događaja.

3. Metodologija prikupljanja i obradbe podataka o zastojsima

Da bi se mogli izračunati pokazatelji pouzdanosti jedinica u mreži, potrebni su podaci o pogonskim događajima. Osnovna razina za koju se podaci prikupljaju jest primarna jedinica: transformatorska stanica, nadzemni vod, kabel i sabirnice. Podaci o pogonskim događajima prikupljaju se u energetske i teritorijalnoj cjelini u kojoj se organizira vođenje i upravljanje mrežom i provodi redovito održavanje i hitne intervencije. U sadašnjoj organizacijskoj shemi to je Pogonski ured s dispečerskim centrom iz kojeg se nadzire, upravlja i rukovodi mrežom i radovima u mreži. Prva stručna osoba koja ima spoznaju o nastanka kvara je dežurni dispečer, koji između ostalog bilježi svaki pogonski događaj.

Za analizu pouzdanosti i neraspoloživosti mreže značajni su podaci o planiranim i prisilnim zastojsima. Pravilno je stoga bilježenje podataka o planiranim i prisilnim zastojsima, a za analizu pouzdanosti bitni su podaci o prisilnim zastojsima. Prije nego što se definiraju potrebni podaci, treba odrediti matematički model, odnosno računski program po kojem će se provoditi analize. Poznavanje programskih zahtjeva i mogućnosti prikupljanja potrebitih podataka mora biti potpuno u skladu da bi se što više izbjegle pretpostavke i procjene radi nedostatnih podataka. Svaki zastoj opisuje se datumom nastanka, vrstom pogođene jedinice, trajanjem, neisporučenom energijom, brojem pogođenih potrošača i uzrokom zastoja te unosi u za to pripravljene tablice. Uzroci zastoja unaprijed su definirani i označeni pripadajućom glavnom i dodatnom oznakom kako bi podaci bili pripravi za daljnju računsku obradu.

4. Pokazatelji pouzdanosti

U analizi pouzdanosti elektroenergetskog sustava postoje tri podpodručja pouzdanosti i to:

Dostatnost ili adekvatnost, nazvana još statička pouzdanost, je sposobnost elektroenergetskog sustava opskrbiti potrošača snagom i energijom uvažavajući pri tome nazivna svojstva komponenti, naponska ograničenja te planirane i neplanirane zastoje komponenti.

Sigurnost, nazvana još dinamička pouzdanost, je sposobnost elektroenergetskog sustava odupiranju neplaniranim poremećajima radi kvarova u sustavu.

Cjelovitost je sposobnost elektroenergetskog sustava održavanja povezanosti i rada s drugim sustavima.

U razdjelnoj mreži obrađena je statička pouzdanost.

Pokazatelji pouzdanosti su mjera težine poremećaja radi zastoja u sustavu, a mogu biti izvorni i izvedeni. Izvorni pokazatelji pouzdanosti su: broj zastoja λ , trajanje zastoja U , neisporučena električna energija radi zastoja W , i maksimalno opterećenje L_{max} . Pomoćni izvorni podaci su: podaci o svojstvima mreže, o potrošačima, tehnički normativi, kadrovski resursi i oprema. Izvedeni ili izračunati pokazatelji pouzdanosti dobiveni su iz izvornih matematičkom ili statističkom obradom. Izvedenih pokazatelja znatno je više nego izvornih, a dijele se u četiri skupine:

1. Vjerojatnosti - (npr. vjerojatnost zastoja jedinice, vjerojatnost manjka snage).
2. Učestalosti - (npr. učestalost kvara komponente, učestalost remonta).
3. Srednja vremena - (npr. srednje vrijeme trajanja zastoja).
4. Matematička očekivanja - (npr. očekivana neisporučena energija).

Pokazatelji pouzdanosti u razdjelnoj mreži određuju se na temelju podataka o prisilnim zastojsima.

Pokazatelji pouzdanosti

Pokazatelji pouzdanosti razdjelnog sustava, podijeljeni su na pokazatelje pouzdanosti razdjelne mreže, pokazatelje pouzdanosti potrošača i pokazatelje pouzdanosti jedinica.

Pokazatelji pouzdanosti razdjelne mreže

λ - broj zastoja (zastoja/godišnje)

U - trajanje zastoja (minuta/godišnje)

W - neisporučena energija (Kwh/godišnje)

$\bar{r}$ - prosječno trajanje zastoja (minuta/zastoju)

$\bar{w}$ - neisporučena energija / zastoju (Kwh/zastoju)

SM - sustav-minuta ili prosječno trajanje neisporučenog vršnog opterećenja (Kwmin/Kwmax)

ENS - neisporučena energija (Kwh)

Pokazatelji pouzdanosti potrošača

Cilj je postići što niže iznose pokazatelja, osim ASAI. To su slijedeći pokazatelji i dobiveni rezultati analize mreže «Elektroslavonije»:

SAIFI - broj zastoja/potrošaču kreće se od 8 do 14. Bez utjecaja zastoja u prijenosnoj mreži pokazatelj se kreće od 7 do 7,5 zastoja/potrošaču.

CAIFI - broj zastoja/pogođenom potrošaču kreće se od 9 do 14 zastoja. Bez utjecaja zastoja u prijenosnoj mreži pokazatelj se kreće od 7 do 8 zastoja/pogođenom potrošaču.

SAIDI - prosječno trajanje zastoja napajanja sustava iznosi 660 do 1.320 minuta/potrošaču. Bez utjecaja zastoja u prijenosnoj mreži pokazatelj se kreće od 660 do 1.020 minuta/potrošaču.

CAIDI - prosječno trajanje zastoja napajanja potrošača kreće od 60 do 162 minute/pogođenom potrošaču. Bez utjecaja zastoja u prijenosnoj mreži pokazatelj se kreće od 90 do 140 minuta/pogođenom potrošaču.

ASAI - raspoloživost razdjelnog sustava iznosi 99,745% 1998. godine. Bez utjecaja zastoja u prijenosnoj mreži pokazatelj iznosi 99,806%.

ASUI - pokazuje neraspoloživost razdjelne mreže (1-ASAI).

Pokazatelji pouzdanosti skupine istovrsnih jedinica

	Napon 35 Kv	Napon 10 Kv
Broj zastoja / transformatorskoj stanici	3,4	0,024
Broj zastoja / kabelskoj transformatorskoj stanici	-	0,036
Broj zastoja / željezno-rešetkastoj transformatorskoj stanici	-	0,032
Broj zastoja / 100 km kabelskog voda	4,8	6,9
Broj zastoja / 100km zračnog voda	16,4	27,6
Broj zastoja / 100 km ukupne mreže	14,2	25,6

Pokazatelj pouzdanosti transformatorskih stanica 35/10 Kv (Broj zastoja / transformatorskoj stanici) izračunat je bez utjecaja zastoja u prijenosnom sustavu, radi kojih je došlo do zastoja transformatorske stanice 35/10 Kv

Pokazatelji pouzdanosti kritičnih istovrsnih jedinica

Ovi se pokazatelji odnose na pojedinačne zračne ili kabelske vodove te transformatorske stanice koje imaju, primjerice, veći broj zastoja od nekog utvrđenog prosjeka te koji su radi toga nazvani kritičnim. Analiza podataka o zastojima pokazala je da najveći broj zastoja, oko 90%, nastaje u zračnoj mreži 10 Kv koja je radi svoje rasprostranjenosti najviše izložena utjecajima što uzrokuje zastoj.

5. Opravdanost primjene pouzdanosti u razdjelnoj mreži

Elektroenergetski sustav u cjelini nije prikladan za istraživanje pokazatelja pouzdanosti. Radi toga se kod analize pouzdanosti on dijeli na tri temeljna sustava: proizvodni, prijenosni i razdjelni (distribucijski). Dosadašnja istraživanja odnosila su se na analizu pouzdanosti, spoja proizvodnog i prijenosnog sustava. Nekoliko je razloga takvome pristupu od kojih su: veći utjecaj proizvodno-prijenosnog sustava na stabilnost elektroenergetskog sustava, veća jedinična novčana ulaganja, a time i potreba dugoročnijeg planiranja, manja rasprostranjenost, jednostavnije modeliranje i veća dostupnost potrebitih podataka za istraživanje. Istraživanja u razdjelnoj mreži do sada nisu bila značajnijeg opsega iz suprotnih razloga nabrojanim kod proizvodno-prijenosnog sustava, no opravdanost istraživanja svakako postoji.

U okviru razdjelne mreže najčešće se nalaze naponske razine 35 Kv, 20 Kv, 10 Kv i 0,4 Kv, a ponegdje i 110 Kv. Oko 98,5% od ukupnog broja potrošača priključeno je na niskom naponu. Preostalih 1,5% priključeni su na srednjem naponu od čega vrlo mali broj na 110 Kv. Pet napona, potpuna rasprostranjenost razdjelnih mreža i gotovo svi potrošači elektroenergetskog sustava ukazuju na to da je najviše neisporučene energije i snage, radi zastoja, neisporučeno iz razdjelne mreže. Zastoje u mreži karakteriziraju četiri veličine: broj zastoja, trenutak nastanka zastoja, odnosno trajanje zastoja, uzrok zastoja i neisporučena energija radi nastalog zastoja.

Zastoja nastalih u proizvodnom, ali i prijenosnom sustavu relativno je malo, vrlo kratko traju, i imaju visok koeficijent neisporučene energije po zastoju. Nasuprot tome, u razdjelnoj mreži puno je veći broj zastoja, dulje traju, a koeficijent neisporučene energije po zastoju je niži. Ako se kao točka promatranja uzme neisporučena energija radi zastoja onda se može zaključiti da je ona proporcionalno ovisna o naponu, a obratno proporcionalna stupnju izgrađenosti sustava. Ako se kao točka promatranja uzme skupina potrošača na niskom naponu (npr. jedan vod iz transformatorske stanice) onda zastoj u proizvodnom ili prijenosnom sustavu pa čak i na srednjem naponu u razdjelnoj mreži ne moraju izazvati prekid opskrbe spomenute

skupine potrošača. Razlog tome je dostatnost navedenih sustava. No ako je zastoj nastao u srednjenaponskom vodu putem kojeg se napaja transformatorska stanica na koju je priključena spomenuta skupina potrošača tada je puno veća vjerojatnost, da će potrošači "ostati bez napona", radi svjesno niže dostatnosti tog dijela mreže. Tehnički je moguće svakom potrošaču osigurati napajanje u slučaju zastoja nastalih radi zastoja" u blizini". Hoće li se to ostvariti ovisno je uglavnom o dva kriterija:

1. Težina posljedica nastalog zastoja kod potrošača ili korisnika.
2. Potrebitim i raspoloživim novčanim sredstvima za ostvarenje tražene dostatnosti.

Da bi se dobili odgovori na pitanja: koliki je broj zastoja u nekoj razdjelnoj mreži? koliko dugo traju? kad nastaju i koji su im uzroci? kolika je neisporučena električna energija? jeli postojeća dostatnost zadovoljava? jesu li veći troškovi radi neisporučene energije ili novčana ulaganja u pouzdanost? kolika je pouzdanost i koliki bi trebali biti pokazatelji pouzdanosti u razdjelnoj mreži? može li se boljim održavanjem smanjiti broj zastoja? mora se analizirati razdjelna mreža ili njezin reprezentantni dio primjenjujući pri tome stvarne podatke o događajima u mreži.

Podaci o pogonskim događajima (zastojima) osnova su da bi se mogla provoditi vjerodostojna istraživanja pouzdanosti i definirati pokazatelji pouzdanosti promatrane mreže ili jedinica u njoj. Osnovni problem je neraspoloživost podataka, jer ne postoji potrebna organizacija prikupljanja podataka, a nisu niti definirani: opseg potrebitih podataka, opseg opisivanja pogonskih događaja, način obrade prikupljenih podataka, stručna analiza koja podrazumijeva primjenu računalskih resursa i kritički osvrt na dobivene rezultate te primjena dobivenih rezultata u pogonu mreže s praćenjem efekata.

Neraspoloživost izvornih podataka, u slučajevima kad se želi primijeniti pouzdanost kao podloga u planiranju neke mreže, rezultira primjenom stranih podataka i iskustava bez kritičke analize, ili procjenom ulaznih podataka čime se i dobiveni rezultati ne mogu smatrati vjerodostojnim za promatranu mrežu. Osim toga često se uočava i problem ažurnosti pomoćnih izvornih podataka. Sve to umanjuje primjenjivost i ulogu pouzdanosti u planiranju razdjelne mreže.

Kao drugi problem koji destimulira primjenu pouzdanosti u razdjelnoj mreži su **međusobni odnosi distributera i potrošača električne energije**. U sklopu toga međusobne odgovornosti su glavni faktor koji upravlja statusom pouzdanosti u razdjelnoj mreži, a time posljedično i nestimulirajućim odnosom prema prikupljanju potrebitih podataka. Odgovornosti distributera za opskrbu potrošača kvalitetnom električnom energijom i odgovornost potrošača za uredno plaćanje potrošene električne energije ne funkcioniraju kako je to u zapadnoeuropskoj praksi. Iz takvog stanja stvara se nestimulirajuće ponašanje spram statističkog praćenja pogonskih događaja u funkciji pouzdanosti; jednog od glavnih priloga argumentiranoj strategiji kvalitetnijeg odnosa prema potrošačima, ali i boljem održavanju, vođenju i izgradnji razdjelne mreže.

Osim ovih postoje i neki drugi razlozi, no manjeg težinskog značenja, radi kojih istraživanje pouzdanosti nije aktualno. To su npr. složenost analiziranja pouzdanosti radi interdisciplinarnosti, nedostatnost odgovarajućih programa za proučavanje pouzdanosti u razdjelnoj mreži, odbojnost prema vjerojatnosnom pristupu inženjerskim problemima, nerazumijevanje važnosti, značenja i uloge vjerojatnosnih pokazatelja i kriterija.

6. Literatura

1. V. Mikuličić, M. Urbiha-Feuerbach: Analiza pouzdanosti i raspoloživosti u Elektroenergetskom sustavu, knjige I, II, III, IV, ETF Zagreb, 1976 - 1977.
2. Z. Hebel, M. Huml, E. Mileusnić, M. Kalea, S. Nikolovski: Oblikovanje statistike pogonskih događaja u prijenosnoj mreži Hrvatske elektroprivrede, Energija, 1996.
3. F. Goenen: Elektric Power Distribution System Engineering, McGraw-Hill, 1986.
4. V. Mikuličić, Z. Šimić: Neka pitanja pouzdane opskrbe energijom i pouzdanosti elektroenergetskog sustava, Savjetovanje HK CIGRE, Zagreb 1993.
5. R. Billinton, R. N. Allan: Reliability Evaluation of Power Systems, Third Printing, 1990.
6. R. Billinton, R. N. Allan: Reliability Assesment of Large Electric Power Systems, 1998.
7. R. Billinton, R. N. Allan: Reliability Evaluation of Engineering Systems, Second Edition, 1992.
8. V. Mikuličić, Z. Šimić, S. Nikolovski: Ovisnost raspoloživosti razdjelne mreže o smještaju i šemi TS 110/x Kv, Savjetovanje HK CIGRE, Cavtat 1997.
9. S. Nikolovski, V. Mikuličić, F. Jović, D. Šljivac: Studija pouzdanosti prijenosne mreže HEP-a Prijenosnog područja Osijek, ETF Osijek, 1999.
10. K. Kariuki, R. N. Allan: Evaluation of reliability and value of lost load, IEE Vol. 143, March 1996.
11. J. Endrenyi, G. J. Anders, A. da Silva: Probabilistic Evaluation of the Effect Maintenance on Reliability – an Application, IEEE Vol. 13, No 2, Mai 1998.
12. A. Fagarazzi: Pouzdanost napajanja gradskih mreža srednjeg napona s prikazom mogućnosti povećanja pouzdanosti, Energija 1991.
13. Pravilnik o održavanju elektrodistribucijskih objekata u Hrvatskoj elektroprivredi, 1992.
14. G. Frank, W. Waste: Möglichkeiten zur Verbesserung der Versorgungszuverlässigkeit bei einem regionalen Elektrizitätsversorgungsunternehmen, EW, 1-2, 1983.

15. M. Rimac, R. Schenner: Metoda brzog određivanja ekonomskih faktora pouzdanosti i rezerve u gradskim i pokrajinskim mrežama, IEP Zagreb, 1981.
16. Dnevna dispečerska izvješća i Pogonski dnevnik DP "Elektroslavonija" Osijek, 1994. - 1999.
17. R. Billinton, J. Billinton: Distribution System Reliability Indices, IEEE, Vol.4, No.1, January 1989.
18. G. Kjoelle, L. Rolfseng, E. Dahl: The Economic Aspect of Reliability in Distribution System Planing, IEEE Vol. 5, No 2., April 1990.
19. A. A. Sallam, M. & H. Desouky: Evaluation of Optimal – Reliability Indices for Electrical Distribution Systems, IEEE Vol.39, No 3, August 1990.
20. COMREL User's Manual, Power Math Associations, San Diego, CA, Version 8.00, 1995.
21. Energy Balances of OECD Countries, IEA 1998.