

Tomislav Baričević
Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb
tbaricevic@eihp.hr

POUZDANOST KAO DIO METODOLOGIJE I KRITERIJA PLANIRANJA DISTRIBUCIJSKE MREŽE

SAŽETAK

Planiranje elektroenergetske mreže je postupak koji mora zadovoljiti više ili manje različite zahtjeve korisnika i vlasnika, odnosno operatora mreže. Stoga suvremene metode planiranja razvoja elektroenergetskih mreža uključuju nekoliko međusobno povezanih analiza.

Osnovni zahtjev, koji uvijek mora biti zadovoljen je pogon mreže u skladu sa tehničkim specifikacijama elemenata mreže i trošila električne energije. Radi toga je početak svakog planiranja dugoročnog razvoja mreže energetska analiza u redovnom pogonskom stanju temeljena na kriterijima dopuštenih opterećenja i odstupanja napona.

Nakon što je određeno optimalno rješenje u pogledu elektroenergetskih prilika u mreži u redovnom pogonu, slijedi analiza pouzdanosti opskrbe potrošača električnom energijom. U ovom slučaju kriterije se mogu značajno razlikovati, ovisno o pristupu tom pitanju. Jedan je načelo (utemeljeno u mrežnim pravilima) da svako ulaganje u pouzdanost opskrbe mora biti ekonomski opravdano smanjenjem troškova neisporučene energije i snage (i eventualno gubitaka energije i snage). Drugi pristup podrazumijeva jednostavno utvrđivanje propisa kojim je regulirano osiguravanje rezervnog napajanja određenih potrošača ili grupe potrošača (npr. izvoda 10 kV ili TS 35/10 kV) u slučaju neraspoloživosti jednog elementa mreže (tzv. "N-1" kriterij pouzdanosti). Treći pristup analizi pouzdanosti je definiranje egzaktnih pokazatelja kvalitete opskrbe potrošača električnom energijom i vrijednosti tih pokazatelja koje se moraju postići u pojedinim dijelovima mreže.

U referatu su opisane osnove navedenih pristupa problemu analize pouzdanosti distribucijske mreže te je predstavljen primjer metodologije planiranja, koja daje raspon potrebnih ulaganja u izgradnju distribucijske mreže ovisno o promijenjenim kriterijima. Rezultati primjene svih analiza prikazani su na primjeru planiranja razvoja mreže srednjeg napona Pogona Rovinj.

Ključne riječi: planiranje distribucijske mreže, pouzdanost, metodologija, kriteriji

RELIABILITY AS PART OF METHODOLOGY AND CRITERIA FOR DISTRIBUTION NETWORK PLANNING

SUMMARY

Power network planning is a procedure that has to satisfy more or less different requirements set by users and owners or network operators. Therefore modern power network planning methods comprise several mutually connected analyses.

The basic requirement, that has to be constantly satisfied, is network operation compliant with technical specifications of the network elements and electric appliances. Therefore a load flow analyses

in the normal operating condition, based on load and voltage deviation criteria, is the starting point of every long term network planning procedure.

Following the load flow analyses in the normal operation is the analyses of the power supply reliability. In this case the criteria can differ significantly, depending on the approach to this issue. One approach is the principle (based on the Grid Code) that every investment in the reliability of supply has to be economically justified by reduction of unsupplied energy costs (and possible costs of energy and power losses). The second approach is based on a simple set of rules regulating backup supply for specified customer or groups of customers (for example 10 kV feeder or 35/10 kV substation) in case of on unavailability of one network element ("N-1" criteria). The third approach to reliability analyses is based on defining exact continuity of supply indicators and their values that have to be reached in different types of networks.

The paper gives the basics of three above mentioned methods of addressing the distribution network reliability and presents an example of network planning methodology whose result is a range of investments in the distribution network depending on the applied criteria. The results of all the analyses are described on the example of Rovinj medium voltage distribution network planning.

Key words: distribution network planning, reliability, methodology, criteria

1. UVOD

Suvremene metode planiranja razvoja elektroenergetskih mreža uključuju nekoliko međusobno povezanih analiza. Osnovni zahtjev, koji uvijek mora biti zadovoljen je pogon mreže u skladu sa tehničkim propisima, koji su definirani tehničkim specifikacijama elemenata mreže i trošila električne energije. Radi toga je početak svakog planiranja dugoročnog razvoja mreže energetska analiza mreže u redovnom pogonskom stanju u promatranom planskom razdoblju, na temelju dva kriterija, koji moraju stalno biti zadovoljeni:

- niti jedan element mreže (vod ili transformator) ne smije biti preopterećen u redovnom pogonskom stanju
- svaki potrošač mora imati osiguran napon unutar propisanih granica

Rezultat ove analize je pregled vremenske dinamike bezuvjetno potrebne izgradnje ili rekonstrukcije mreže. Pri tom to ne znači da se dobiva samo jedno moguće rješenje, jer postoje dvije koncepcije izgradnje i pogona mreže srednjeg napona:

- na dvije naponske razine: transformacija 110/35 kV i 35/10 kV s mrežom 35 kV i 10 kV
- na jednoj naponskoj razini: transformacija 110/20 kV i mreža 20 kV

U skladu s tim postoji i nekoliko mogućih rješenja analize elektroenergetskih prilika u mreži u redovnom pogonu. Optimalno rješenje je određeno minimalnim troškovima izgradnje i pogona mreže (neisporučene energije i snage te gubitaka energije i snage) u cijelom promatranom studijskom razdoblju.

Nakon što je određeno optimalno rješenje u pogledu elektroenergetskih prilika u mreži u redovnom pogonu, slijedi analiza pouzdanosti opskrbe potrošača električnom energijom. U ovom slučaju kriterije nije tako jednostavno odrediti. Postoje različiti pristupi tom pitanju. Jedan je načelo (utemeljeno u Mrežnim pravilima) da svako ulaganje u pouzdanost opskrbe mora biti ekonomski opravdano smanjenjem troškova neisporučene energije i snage (i eventualno gubitaka energije i snage).

Drugi pristup podrazumijeva jednostavno utvrđivanje propisa kojim je regulirano osiguravanje rezervnog napajanja određenih potrošača ili grupe potrošača (npr. izvoda 10 kV ili TS 35/10 kV) u slučaju neraspoloživosti jednog elementa mreže (tzv. "N-1" kriterij pouzdanosti). Potrošači na koje se kriterij odnosi odabrani su po određenom načelu, npr. vršnom opterećenju.

Treći pristup analizi pouzdanosti mreže srednjeg napona je definiranje egzaktnih pokazatelja kvalitete opskrbe potrošača električnom energijom i vrijednosti tih pokazatelja koje se moraju postići u pojedinim dijelovima mreže. Pri tom prilikom definiranja graničnih vrijednosti pokazatelja kvalitete opskrbe valja voditi računa o standardima kvalitete postignutim u razvijenim zemljama, ali i o realnim mogućnostima u uvjetima koji su prisutni u postojećim mrežama srednjeg napona u Hrvatskoj. To znači da bi minimalni kriterij trebala biti postojeća dostignuta razina kvalitete opskrbe električnom energijom (to se odnosi na područja koja već imaju vrlo kvalitetnu opskrbu električnom energijom), a maksimalni kriterij kvaliteta opskrbe električnom energijom u gradskim mrežama.

U distribucijskim mrežama srednjeg napona u Hrvatskoj, sa sadašnjom razinom potrošnje električne energije, kriterij ekonomske opravdanosti i "N-1" kriterij pouzdanosti često predstavljaju dvije krajnosti, osobito ako se "N-1" kriterij pouzdanosti propiše za sve (ili gotovo sve) potrošče. Rezultat prvog

pristupa je često zaključak da se radi povećanja pouzdanosti isplate samo relativno mala ulaganja, a rezultat drugog pristupa mogu biti vrlo velika ulaganja u pouzdanost opskrbe, bez stvarnog ekonomskog opravdanja. Rezultat pristupa koji uzima u obzir kvalitetu opskrbe električne energije sa stanovišta potrošača ovisi o definiranim ciljevima kvalitete.

U skladu s tim, umjesto diskrecijskog odabira jednog od navedenih pristupa, moguće je odabrati metodologiju koja u prvom koraku obuhvaća sve navedene pristupe, koji će dati raspon mogućih ulaganja u pouzdanost opskrbe električnom energijom. U tom slučaju niti jedan od navedenih kriterija sam po sebi nije odlučujući. Optimalna ulaganja se određuju vodeći računa o sva tri kriterija. Na primjer, opseg ulaganja u pouzdanost može biti definiran kriterijem "N-1" i kvalitetom opskrbe potrošača, a vremenska dinamika tih ulaganja se može odrediti prema kriteriju ekonomske opravdanosti. Na taj način traženi ciljevi kvalitete opskrbe nisu u svakom trenutku ostvareni, ali se postižu tijekom ili na kraju promatranog studijskog razdoblja, pri čemu je ostvaren minimum troškova. Druga mogućnost, koja osigurava višu kvalitetu opskrbe tijekom cijelog studijskog razdoblja, je izgradnja potrebnih objekata nešto ranije u odnosu na vrijeme kada je ulaganje ekonomski opravdano.

Naravno, moguća je i suprotna situacija: da analiza pouzdanosti pogona prema "N-1" kriteriju i/ili analiza kvalitete opskrbe električnom energijom sa stanovišta potrošača pokaže da su određeni objekti potrebni, a da analiza ekonomske opravdanosti tih objekata pokaže da ih se isplati izgraditi i ranije. To se može očekivati u područjima s većom gustoćom opterećenja i opskrbom električnom energijom koja je već relativno kvalitetna. U suprotnom, ako su za postizanje tražene kvalitete opskrbe potrebna velika ulaganja, jasno je da će u načelu biti manje ekonomski opravdana.

Odvajanje analize pouzdanosti opskrbe potrošača električnom energijom od osnovne elektroenergetske analize može na prvi pogled upućivati na zaključak da takav pristup ne omogućava nalaženje ukupno optimalnog rješenja razvoja mreže srednjeg napona na promatranom području. Naime, činjenica je da i sama izgradnja objekata mreže, koji u prvom redu služe za sigurnu opskrbu uslijed porasta potrošnje električne energije (vodovi srednjeg napona, TS 110/10(20) kV i TS 35/10(20) kV), dovodi do povećanja pouzdanosti opskrbe potrošača električnom energijom. No, iskustvo pokazuje da su ulaganja u mrežu isključivo radi povećavanja kvalitete opskrbe električnom energijom (npr. uvođenje automatizacije duž izvoda 10 kV ili 20 kV) zanemarivo malena u odnosu na trošak koji bi nastao ako bi se problem kvalitete opskrbe rješavao izgradnjom vodova srednjeg napona ili novih izvora srednjeg napona ranije nego je to određeno energetskim potrebama u redovnom pogonu mreže. Radi toga je analizu dugoročnog razvoja opskrbe potrošača električnom energijom, koja je već na području jednog karakterističnog Pogona prilično složena, moguće odvojiti u dva malo ovisna dijela, čime se bitno olakšava nalaženje optimalnog rješenja.

2. ENERGETSKA ANALIZA MREŽE SREDNJEG NAPONA U REDOVNOM POGONSKOM STANJU

Energetska analiza mreže u redovnom pogonskom stanju je u biti analiza tokova snaga i padova napona u promatranom planskom razdoblju, pri čemu stalno moraju biti zadovoljeni slijedeći kriteriji:

- niti jedan element mreže (vod ili transformator) ne smije biti preopterećen (odnosno dopušteno opterećenje je do 100% nazivne snage)
- svaki potrošač mora imati osiguran napon unutar propisanih granica (odnosno dopušteni pad napona u mreži 10 kV ili 20 kV do 8 %)

Rezultat ove analize je pregled vremenske dinamike bezuvjetno potrebne izgradnje ili rekonstrukcije mreže. Optimalno rješenje je određeno minimalnim troškovima izgradnje i pogona mreže (neisporučene energije i snage te gubitaka energije i snage) u cijelom promatranom studijskom razdoblju.

3. ANALIZA POUZDANOSTI POGONA MREŽE SREDNJEG NAPONA

U nastavku su opisana tri moguća pristupa pitanju analize pouzdanosti pogona u planiranju razvoja mreže srednjeg napona: „N-1“ kriterij, kvaliteta opskrbe korisnika mreže i ekonomski kriterij.

Za sve navedene slučajeve analize tokova snaga i padova napona provode se po kriterijima za izvanredni pogon:

- dopušteno preopterećenje transformatora i nadzemnih vodova 35 kV (ili pojnih vodova 10 kV ili 20 kV) do 20 % (za ostale nadzemne vodove 10 kV ili 20 kV ne uzima se u obzir preopterećenje, jer nisu dovoljno točno poznata opterećenja)
- dopušteni pad napona u mreži 10 kV ili 20 kV do 12 %

3.1. „N-1“ kriterij pouzdanosti pogona mreže srednjeg napona

Ovakav pristup podrazumijeva jednostavno propisivanje rezervnog napajanja (odnosno odgovarajuće intervencije u mreži) određenih potrošača ili grupe potrošača za slučaj neraspoloživosti jednog elementa mreže (tzv. "N-1" kriterij pouzdanosti).

U ovom referatu koristi se načelo primjene po uzoru na englesku distribuciju. "N-1" kriterij pouzdanosti mreže je zadovoljen ako ne postoji element mreže čija neraspoloživost dovodi, uz primjenu tehničkih ograničenja izvanrednog pogona mreže, do prekida napajanja potrošača ili grupe potrošača vršnog opterećenja većeg od 1 MVA tijekom cijelog vremena u kojem promatrani element mreže nije raspoloživ. Drugim riječima, ako u slučaju neraspoloživosti bilo kojeg elementa mreže (voda ili transformatora) preostala mreža srednjeg napona (35 kV, 20 kV i 10 kV) ne može osigurati napajanje potrošača vršnog opterećenja većeg od 1 MVA prije popravka kvara, uzevši u obzir dopušteno preopterećenje transformatora i pojmih nadzemnih vodova od 20 % i pad napona od 12 % te promatrajući mogućnost rekonfiguracije mreže daljinskim i ručnim upravljanjem, tada nije zadovoljen "N-1" kriterij i potrebno je izgraditi odgovarajuća pojačanja u mreži.

Moguća je i primjena nešto blažih kriterija, primjerice osiguranje rezervnog napajanja TS 35/SN ako je vršno opterećenje veće od 5 MVA, osiguranje rezerve u transformaciji 35/SN u ovisnosti o broju transformatora i kapacitetu povezne SN mreže i slično.

3.2. Kriterij kvalitete opskrbe korisnika mreže

Kvalitetu opskrbe električnom energijom sa stanovišta potrošača opisuju različiti pokazatelji o broju i trajanju prekida napajanja. Za takvu analizu potrebno je puno preciznih podataka o pogonskim događajima tijekom višegodišnjeg razdoblja. No, za određenu procjenu trenutne kvalitete opskrbe potrošača električnom energijom, a posebno za potrebe planiranja budućeg razvoja mreže, uputno je koristiti tipične vrijednosti potrebnih ulaznih podataka, kao što su:

- broj potrošača priključenih po pojedinim TS 10(20)/0,4 kV (dobra procjena je prosječni broj potrošača po 1 kVA ugrađenom u transformaciju 10(20)/0,4 kV)
- vrste prekida opskrbe električnom energijom s obzirom na trajanje (dugotrajni, kratki, vrlo kratki)
- učestalost prekida opskrbe
- trajanje prekida opskrbe
- ciljevi kvalitete opskrbe (uobičajeno SAIFI i SAIDI) na ogovarajućim razinama (područjima ovisno o tipu mreže, naseljenosti,...)

Ciljevi kvalitete opskrbe potrošača električnom energijom za pojedine skupine potrošača definiraju se primjerice na temelju usporedbe dobivenih pokazatelja kvalitete opskrbe potrošača u postojećoj mreži i ciljanih vrijednosti tih pokazatelja na promatranom području u budućnosti, vodeći računa o slijedećim načelima:

- nije realno tražiti kvalitetu opskrbe potrošača veću od postignute u evropskim zemljama sa visokim standardom kvalitete opskrbe
- u budućnosti bi kvaliteta opskrbe potrošača na razini svake TS 10(20)/0,4 kV trebala rasti

U Tablici I prikazane su tri grupe ciljeva kvalitete opskrbe potrošača električnom energijom primijenjene u studiji čiji su rezultati dani kao primjer u nastavku. Prva grupa ciljeva kvalitete opskrbe potrošača električnom energijom se odnosi na gradsko područje, s pretežno kabelskom mrežom. Treća grupa ciljeva kvalitete opskrbe potrošača električnom energijom se primjenjuje na nadzemne vodove u vangradskom području. Vrijednosti broja prekida napajanja potrošača definirane su na temelju drugog gore navedenog načela, odnosno postojećeg stanja kvalitete opskrbe potrošača. Druga grupa ciljeva kvalitete definirana je kao određena sredina između prve i treće, radi povećanja točnosti modela. Treba napomenuti da se u načelu mogu tražiti različiti ciljevi kvalitete opskrbe za potrošače na niskom, odnosno srednjem naponu, ali su ovdje pretpostavljeni jednaki ciljevi za sve vrste potrošača.

Uz uvjet da su dostupni ulazni podaci o svim vrstama prekida, moguće je razlučiti potrošače koji imaju zadovoljavajuću kvalitetu opskrbe od onih kojima je kvaliteta opskrbe loša u smislu svih navedenih detaljnih kriterija. No, ako odgovarajući podaci nisu dostupni, moguće je planiranje ograničiti na samo dva najvažnija pokazatelja: prosječni broj trajnih prekida napajanja po potrošaču i prosječno godišnje trajanje prekida napajanja po potrošaču.

Tablica I. Kriteriji i razine ciljeva kvalitete opskrbe korisnika mreže

KRITERIJ KVALITETE OPSKRBE KORISNIKA MREŽE		CILJ KVALITETE 1	CILJ KVALITETE 2	CILJ KVALITETE 3
prosjeak po TS 10(20)/0,4	trajanje prekida po potrošaču (min/god)	120	240	360
	broj dugačkih prekida napajanja	2	4	8
	broj kratkih prekida napajanja	5	10	20
	broj vrlo kratkih prekida napajanja	10	20	40
maksimum po TS 10(20)/0,4	trajanje prekida po potrošaču (min/god)	180	360	540
	broj dugačkih prekida napajanja	6	12	24
	broj kratkih prekida napajanja	30	50	60
	broj vrlo kratkih prekida napajanja	70	100	140

Postoje dvije osnovne prepreke postizanju traženih kriterija kvalitete opskrbe potrošača. Prvi su uzrok tehnička ograničenja u mreži (npr. nedostatak prijenosne moći mreže), koja u slučaju neraspoloživosti dijela mreže onemogućava napajanje ostatka mreže. U takvom slučaju, kada nije moguće ostvariti napajanje svih potrošača (osim onih koji su radialno povezani s dijelom mreže koji nije raspoloživ), ostvaruje se uklopno stanje koje omogućava napajanje najvećeg mogućeg broja potrošača. No, kako je kapacitet mreže koji je na raspolaganju ograničen, to znači da se ostvaruje uklopno stanje koje omogućava napajanje potrošača s manjom vršnom snagom, dok potrošači s većom vršnom snagom ostaju bez napajanja. Budući da se u načelu potrošači s većom potrošnom energije (odnosno vršnom snagom) nalaze u urbanim područjima, odnosno zonama s višim ciljanim vrijednostima kvalitete opskrbe električnom energijom, posljedica je bitno narušavanje traženih kriterija kvalitete. Moguće rješenje bi bilo odrediti da takvi potrošači imaju prioritet napajanja prilikom rekonfiguracije mreže u slučaju kvara neke od komponenata, na račun manjeg ukupnog broja potrošača s ostvarenim napajanjem. Kako to nije u skladu s usvojenim načelom jednake vrijednosti potrošača, potrebno je povećati kapacitet mreže na ugroženom području.

Drugi karakteristični uzrok niske kvalitete opskrbe potrošača je nedostatak odgovarajućih uređaja za preklapanje u mreži. U slučaju mogućnosti napajanja električnom energijom svih potrošača (osim onih koji su radialno vezani za dio mreže koji nije raspoloživ), na kvalitetu opskrbe električnom energijom bitno utječe broj, smještaj i vrijeme manipulacije uređajima za preklapanje (promjenu uklopnog stanja) u mreži. Rješenje je u masovnom uvođenju automatskih ili daljinski upravljivih sklopnih uređaja u mreži.

3.3. Kriterij ekonomske opravdanosti ulaganja u pouzdanost distribucijske mreže

Analizu pouzdanosti distribucijske mreže prema kriteriju ekonomske opravdanosti jednostavnije je provesti nakon što su provedene ostale tri opisane analize (energetska analiza koja definira nužno potrebna ulaganja, te analiza pouzdanosti prema „N-1“ kriteriju i ciljevima kvalitete opskrbe korisnika mreže), jer već postoji skup rješenja koja je potrebno ekonomski vrednovati. Rezultat te analize je rješenje dugoročnog razvoja promatrane distribucijske mreže temeljeno isključivo na dva načela:

- pogon u skladu s tehničkim propisima u pogledu opterećenja vodova i transformatora te padova napona
- ekonomski opravdana ulaganja u pouzdanost (kvalitetu) opskrbe električnom energijom.

To znači da su svi objekti izgrađeni čim su ekonomski opravdani ili nužni za sigurnu opskrbu električnom energijom u skladu s tehničkim propisima. Osim objekata koji su rezultat prethodne tri analize, mogu se analizirati i novi objekti, koji bi mogli biti isplativi radi smanjenja pogonskih troškova, kao na primjer:

- spojni vodovi koji omogućavaju dvostrano napajanje odcjepa, odnosno smanjenje troškova neisporučene energije;
- zamjena visoko opterećenih nadzemnih vodova kabelima, radi smanjenja gubitaka energije i troškova neisporučene energije;
- ugradnja dodatnih daljinski upravljivih rastavnih uređaja.

Osnova ekonomske analize je metoda neto sadašnje vrijednosti. Budući da se promatra dugoročno razdoblje, od primjerice 30 godina, za usporedbu s drugim rješenjima, koja se od ovog mogu razlikovati bilo u dinamici izgradnje pojedinih objekata, bilo u uvođenju nekih dodatnih objekata, potrebno je uspoređivati diskontirane troškove izgradnje u promatranom studijskom razdoblju. Osim toga, treba uzeti u obzir i troškove gubitaka električne energije i snage te troškove neisporučene energije i snage.

Troškovi gubitaka se mogu promatrati ravnopravno sa izravnim ulaganjima u mrežu, jer predstavljaju stvarni ekonomski gubitak za distribucijsku djelatnost. Troškove neisporučene električne energije za sada nije tako jednostavno vrednovati. Naime, sve dok distribucijska djelatnost nije obvezna plaćati potrošačima odštetu za to što im nije omogućila određenu ugovorenu kvalitetu opskrbe električnom energijom, troškovi neisporučene energije ne mogu se promatrati kao stvarna ekonomska šteta, ravnopravna izravnim ulaganjima u mrežu ili gubicima energije i snage. Eventualno bi se moglo uzeti u obzir smanjenje zarade radi manje prodaje električne energije, no to je uz sadašnje odnose cijene energije i vrednovanja neisporučene energije zanemarivo u odnosu na ostale troškove (otprilike jedan do dva reda veličine manje od troškova neisporučene energije). Međutim, vrlo je vjerojatno da će se u bliskoj budućnosti stanje u pogledu vrednovanja neisporučene energije, odnosno odštete potrošačima za kvalitetu opskrbe električnom energijom manju od ugovorene, iz korijena promijeniti. Radi toga je procijenjeno da je pravilnije troškove neisporučene energije u cijelom studijskom razdoblju promatrati ravnopravno s izravnim ulaganjima u izgradnju mreže i troškovima gubitaka električne energije i snage.

Moguća je i analiza isplativosti svakog pojedinačnog ulaganja metodom usporedbe dobiti i troškova. Pritom se u djelatnosti distribucije električne energije dobit najčešće svodi na smanjenja troškova gubitaka energije, neisporučene energije i održavanja. Za razliku od analize diskontiranih troškova izgradnje i pogona mreže, koja sve to uzima u obzir dinamički, tokom cijelog studijskog razdoblja, ovakva analiza je statička, jer uzima u obzir samo godinu u kojoj novi objekti ulaze u pogon. Naime, dinamički nije moguće razlučiti doprinose pojedinih objekata, jer se oni ne mogu promatrati neovisno o ostalim ulaganjima. Ekonomski opravdanim se smatra ulaganje koje ima odnos dobiti i troškova veći od diskontne stope (8 %). Negativna vrijednost znači da promatrano ulaganje ne donosi dobit, već gubitke, a vrijednost između 0 % i 8 % znači da dobiti od ulaganja nisu dovoljni da se ono ekonomski opravda.

4. PRIMJER REZULTATA PRIMJENE SVE ČETIRI ANALIZE NA PODRUČJU POGONA ROVINJ

Pregled dinamike ulaganja koja je rezultat četiri opisane analize dan je u Tablici II s prikazanim svim analiziranim zahvatima u mreži i godinama izgradnje prema pojedinim kriterijima (analizama). Debljim kosim slovima označena su odstupanja u ulaganjima u odnosu na analizu energetske prilike, radi osiguranja maksimalne isplativosti. Žutom bojom označena su relativno niska ulaganja u sekundarne elemente mreže (npr. sklopne uređaje u mreži 10(20) kV), narančastom bojom ulaganja u mrežu 10(20) kV, a crvenom skupa ulaganja u mrežu 35 kV i transformaciju 110/SN i 35/SN. Dane su i pretpostavke razvoja okolnih područja (označene zatamnjeno, bez troškova).

Tablica II. Pregled dinamike ulaganja u ovisnosti o primijenjenim kriterijima

GODINA IZGRADNJE				OPIS RADOVA	UKUPNI TROŠKOVI (EUR)
energetska analiza	"N-1" analiza	analiza kvalitete	analiza isplativosti		
-	-	10	1	linijski rastavljač u blizini TS 20/0,4 kV Monpaderno (prema TS 20/0,4 kV Porton Biondi)	1.000
-	-	1	1	NV 10(20) kV Mrgani - RS Sošići (2 km Al/Če 50 mm ²)	45.000
-	-	1	1	dva daljinski upravljiva linijska rastavljača u RS 10 kV Sošići	15.000
-	-	-	1	dva daljinski upravljiva linijska rastavljača (kod Rovinjskog Sela)	15.000
-	-	1	2	dva daljinski upravljiva linijska rastavljača (kod Kanfanara)	15.000

GODINA IZGRADNJE				OPIS RADOVA	UKUPNI TROŠKOVI (EUR)
energetska analiza	"N-1" analiza	analiza kvalitete	analiza isplativosti		
-	4	1	3	KV 10(20) kV TS 10/0,4 kV Lamantova - TS 10/0,4 kV Savo Vukelić 2 (XHP 48-A 150 mm ² , 500 m)	20.000
-	5	1	3	zamjena kabela (IPO 13-A 95 mm ² sa XHP 48-A 150 mm ² , 2x400 m) na dionici TS 10/0,4 kV Savo Vukelić - TS 10/0,4 kV 27. mart 2	32.000
-	6	2	3	zamjena nadzemnog voda TS 10/0,4 kV Gripole - TS 10/0,4 kV Lamantova kabelom (XHP 48-A 150 mm ² , 1.500 m)	60.000
3	3	3	3	redovno napajanje TS 35/10 kV Vrsar iz TS 110/35/10 kV Rovinj - Turnina (do izgradnje TS 110/20 kV Funtana)	-
5	5	4	5	prijelaz s naponske razine 10 kV na naponsku razinu 20 kV na području TS 35/10 kV Rovinj i Rovinj – Turnina	631.000
6 -15	6 -15	5 -14	6 -15	postupna zamjena izolatora na nadzemnim vodovima 10 kV na području TS 35/20 kV Rovinj i Rovinj – Turnina	7.370
-	-	24	6	dva daljinski upravljiva linijska rastavljača (kod TS 20/0,4 kV Polari 1)	15.000
-	-	-	6	dva daljinski upravljiva linijska rastavljača (kod Bala)	15.000
8	6	5	6	zamjena transformatora od 20 MVA u TS 110/35-20 Rovinj - Turnina novima od 40 MVA	420.000
14	12	14	6	prijelaz s naponske razine 10 kV na naponsku razinu 20 kV na području TS 35/10 kV Vinčent	328.750
15	13	15	7	prijelaz s naponske razine 10 kV na naponsku razinu 20 kV na području TS 110/35/10 kV Pazin	-
15- 24	13- 22	15- 24	7 -16	postupna zamjena izolatora na nadzemnim vodovima 10 kV na području TS 35/20 kV Vinčent	10.455
-	-	1	7	četiri daljinski upravljiva linijska rastavljača na području Žminja	30.000
11	11	11	11	u pogonu je TS 110/20 kV Funtana	-
12	12	12	10	potpuna rekonstrukcija TS 110/20 kV Rovinj – Turnina i zamjena naponskih razina 10 kV i 35 kV sa 20 kV u priobalju	250.000
12	12	12	10	pojednostavnjena rasklopišta 20 kV Valata i Špandiga	40.000
-	-	-	11	četiri daljinski upravljiva linijska rastavljača u RS 20 kV Valata	30.000
21	11	20	20	ugradnja transformacije 35/20 kV 2x8 MVA u TS 35/20 kV Vinčent i TS 110/20/35 kV Rovinj - Turnina	≈0
23	20	23	23	polaganje paralelnog kabela 20 kV TS 110/20 kV Funtana - RS 20 kV Vrsar	-
27	25	27	27	u pogonu je TS 110/20 kV Vodnjan	-
-	29	25	-	zamjena kabela (IPO 13-A 95 mm ² sa XHP 48-A 150 mm ² , 900 m) na dionici TS 20/0,4 kV 27. mart 2 - TS 20/0,4 kV Hotel Eden	(36.000)
-	-	5	-	transformacija 20/10 kV 1,6 MVA u RS 10(20) kV Sošići	(15.000)
UKUPNO					2.141.000

U slučaju svih analiza pouzdanosti dio objekata je predviđen u pogonu ranije nego što to predviđa energetska analiza, a predviđena su i neka dodatna ulaganja.

Pregled ekonomske opravdanosti pojedinih ulaganja dan u slijedećoj tablici pokazuje da su sva ulaganja u pouzdanosti (kvalitetu) opskrbe električnom energijom isplativa. Moguće je da postoji još

takvih ulaganja, osobito potencijalnih mjesta ugradnje uređaja za daljinsko uklapanje i isklapanje. Debljim kosim slovima prikazane su promjene u ulaganjima (nova ulaganja ili već analizirana ulaganja pomaknuta ranije) predviđene radi ekonomske opravdanosti.

Tablica III. Pregled ekonomske opravdanosti pojedinih ulaganja

ULAGANJE	Godina ulaska u pogon	Troškovi (EUR)	Dobit radi smanjenja gubitaka energije i snage (EUR)	Dobit radi smanjenja neisporučene energije i snage (EUR)	Odnos dobiti i troškova (%)	Prva profitabilna godina
<i>linijski rastavljač u blizini TS 20/0,4 kV Monpaderno (prema TS 20/0,4 kV Porton Biondi)</i>	1	1.000	0	118	11,8	1
<i>NV 10(20) kV Mrgani - RS Sošići (2 km Al/Če 50 mm²)</i>	1	45.000	-206	3.811	8,0	1
<i>dva daljinski upravljiva linijska rastavljača u RS 10 kV Sošići</i>	1	15.000	0	1.093	14,0	-
<i>dva daljinski upravljiva linijska rastavljača u (kod Rovinjskog Sela)</i>	1	15.000	0	1.255	8,4	1
<i>dva daljinski upravljiva linijska rastavljača (kod Kanfanara)</i>	2	15.000	0	2.804	18,7	-
<i>KV 10(20) kV TS 10/0,4 kV Lamantova - TS 10/0,4 kV Savo Vukelić 2 (XHP 48-A 150 mm², 500 m)</i>	3	20.000	3.239	5.755	8,0	3
<i>zamjena kabela (IPO 13-A 95 mm² sa XHP 48-A 150 mm², 2x400 m) na dionici TS 10/0,4 kV Savo Vukelić - TS 10/0,4 kV 27. mart 2</i>	3	32.000				
<i>zamjena nadzemnog voda TS 10/0,4 kV Gripole - TS 10/0,4 kV Lamantova kabelom (XHP 48-A 150 mm², 1.500 m)</i>	3	60.000				
<i>prijelaz s naponske razine 10 kV na naponsku razinu 20 kV na području TS 35/10 kV Rovinj i Rovinj – Turnina</i>	6	704.700	68.281	-4.424	5,7	-
<i>zamjena transformatora od 20 MVA u TS 110/35-20 Rovinj - Turnina novima od 40 MVA</i>	6	420.000				
<i>dva daljinski upravljiva linijska rastavljača (kod TS 20/0,4 kV Polari 1)</i>	6	15.000	0	2.005	13,4	-
<i>dva daljinski upravljiva linijska rastavljača (kod Bala)</i>	6	15.000	0	1.589	10,6	-
<i>prijelaz s naponske razine 10 kV na naponsku razinu 20 kV na području TS 35/10 kV Vinčent</i>	7	433.300	23.748	11.456	8,1	7
<i>četiri daljinski upravljiva linijska rastavljača na području Žminja</i>	7	30.000	0	3.527	11,8	-

ULAGANJE	Godina ulaska u pogon	Troškovi (EUR)	Dobit radi smanjenja gubitaka energije i snage (EUR)	Dobit radi smanjenja neisporučene energije i snage (EUR)	Odnos dobiti i troškova (%)	Prva profitabilna godina
potpuna rekonstrukcija TS 110/20 kV Rovinj – Turnina i zamjena naponskih razina 10 kV i 35 kV sa 20 kV u priobalju	11	250.000	-3.188	-4.609	-2,7	∞
pojednostavnjena rasklopišta 20 kV Valata i Špandiga	11	40.000				
četiri daljinski upravljiva linijska rastavljača u RS 20 kV Valata	11	40.000	0	4.870	16,2	-

Cilj je odabir dinamike ulaganja, osobito onih koja služe isključivo za povećanje kvalitete opskrbe potrošača električnom energijom. Naime, iako bi najisplativije bilo primijeniti upravo plan ulaganja definiran analizom ekonomske opravdanosti, uz postojeću razinu ulaganja u distribucijsku djelatnost na razini Hrvatske elektroprivrede i Distribucijskog područja Elektroistra to nije realno ostvarivo. Osim toga, postoje dijelovi distribucijske mreže na kojima se stanje opskrbe električnom energijom bitno lošije od stanja Pogona Rovinj. Takva je na primjer unutrašnjost Pogona Poreč ili područje Gornje Bujštine u Pogonu Buje. U ostalim distribucijskim područjima sigurno ima dijelova mreže koji su u još lošijem stanju.

U slijedećoj tablici dan je sažeti pregled ukupnih troškova izgradnje i pogona mreže Pogona Rovinj za promotrene 30-godišnje planove razvoja.

Tablica IV. Pregled izgradnje i pogona mreže tijekom promatranih 30 godina

Plan	Nominalni trošak ulaganja (0)	Trošak ulaganja (1)	Preostala vrijednost ulaganja (2)	Amortizirana vrijednost ulaganja (3)= (1) - (2)	Troškovi neisporučene energije (4)	Troškovi gubitaka u vodičima (5)	Troškovi gubitaka u željezu (6)	Ukupni troškovi (3)+(4)+ (5)+(6)
Energetska analiza	924.000	508.580	59.569	449.011	798.322	959.512	66.665	2.273.508
„N-1“ kriterij	998.125	581.229	63.395	517.834	727.353	909.462	68.109	2.222.757
Kvaliteta opskrbe	1.066.000	676.586	62.496	614.090	675.764	894.372	69.370	2.253.595
Ekonomska opravdanost	1.070.500	721.444	57.599	663.846	634.449	861.803	67.936	2.228.032
Konačni plan	1.070.500	602.951	68.733	534.219	701.306	909.883	68.266	2.213.673

Vidljivo je da minimalne ukupne troškove ima plan razvoja temeljen na „N-1“ kriteriju planiranja pouzdanosti pogona mreže, no troškovi neisporučene energije i gubitaka su u okviru tog plana relativno visoki u odnosu na analize temeljene na kvaliteti opskrbe, odnosno ekonomskoj opravdanosti. Radi toga je predložen plan ulaganja u mrežu srednjeg napona Pogona Rovinj prema slijedećim načelima (poredanim prema prioritetu važnosti): 1 - svake godine promatranog studijskog razdoblja mora biti zadovoljen ili "N-1" kriterij pouzdanosti pogona, ili zahtijevana kvaliteta opskrbe električnom energijom sa stanovišta potrošača (ili oboje) te 2 - svako ulaganje mora biti ekonomski opravdano.

Troškovi ovako definiranog plana ulaganja prikazani su u posljednjem retku tablice IV. Obuhvaćena su ulaganja jednaka planu ekonomske opravdanosti, ali je dinamika različita. U skladu s definiranim načelima dinamike ulaganja, odabrano rješenje je u pogledu diskontiranih troškova izgradnje i pogona mreže neka vrsta kompromisa između rješenja temeljenog na analizi pouzdanosti pogona prema "N-1" kriteriju i rješenja temeljenog na analizi kvalitete opskrbe energijom sa stanovišta potrošača.

5. ZAKLJUČAK

Prikazana je metodologija planiranja distribucijske mreže srednjeg napona, s posebnim osvrtom na kriterije planiranja pouzdanosti pogona, odnosno kvalitete opskrbe korisnika mreže. Dan je prikaz tri pristupa tom kriteriju planiranja i primjer korištenja te rezultati (ulaganja u mrežu i pokazatelji razine gubitaka i neisporučene energije) na primjeru planiranja distribucijske mreže jednog Pogona u 30-godišnjem razdoblju.

Umjesto diskrecijskog odabira jednog od navedenih pristupa, potrebno je odabrati metodologiju koja u prvom koraku obuhvaća sve navedene pristupe, koji će dati raspon mogućih ulaganja u pouzdanost opskrbe električnom energijom. U tom slučaju niti jedan od navedenih kriterija sam po sebi nije odlučujući.

Budući da cilj ovog rada nije definiranje kriterija planiranja distribucijske mreže, kao zaključak provedenih analiza i razmišljanja dana su načela kojima bi se trebalo voditi prilikom definiranja samih kriterija:

- 1) kvaliteta opskrbe korisnika mreže električnom energijom je primarni kriterij
- 2) ekonomska analiza može biti primarni kriterij kada je na razini čitave mreže HEP ODS-a postignuta zadovoljavajuća razina kvalitete opskrbe korisnika mreže
- 3) prilikom određivanja dinamike dostizanja zadanih ciljeva kvalitete opskrbe treba uzeti u obzir početno stanje:
 - Ako je ono vrlo loše te nije realno ostvarivo dostizanje zadanih kriterija u kratkom roku na cijelom području, za definiranje dinamike ulaganja mogu se koristiti rezultati ekonomskih analiza pojedinih projekata. Na taj način traženi ciljevi kvalitete opskrbe nisu u svakom trenutku ostvareni, ali se postižu tijekom ili na kraju promatranog studijskog razdoblja, uz smanjene troškove
 - ako je stanje relativno dobro te nisu nužna značajna ulaganja, ekonomska analiza može pokazati da su opravdana i ranije od planirane dinamike.

LITERATURA

- [1] T. Baričević, "Metodologija planiranja distribucijske mreže", EIHP, 2009.
- [2] T. Baričević, S. Žutobradić, "Novelacija planova razvoja visokonaponske i srednjenaponske mreže Distribucijskog područja "Elektroistra" Pula - I faza - Pogon Rovinj", EIHP, 2000.