

Denis Brajković dipl.ing.el.  
HEP, DP "Elektroistra" Pula

4-02

## TEHNOGOSPODARSKA GLEDIŠTA U RASPOREDU DALJINSKI UPRAVLJANIH RASTAVNIH SKLOPKI I INDIKATORA KVARA U SN MREŽI

### SAŽETAK

U referatu je predstavljen jedan pristup odabiru optimalnog broja daljinski upravljanih linijskih sklopki (DULS) i njihovih lokacija, baziran na procjeni pokazatelja pouzdanosti ECOST - očekivani troškovi kod potrošača uslijed prekida. ECOST je ključna veličina za procjenu jer je promjenjiv obzirom na topologiju, trajanje prekida, varijacije opterećenja, slučajne događaje i tip potrošača.

**Ključne riječi:** daljinski upravljana linijska sklopka (DULS), pokazatelj pouzdanosti ECOST,

## THE TECHNO-ECONOMIC VIEW IN PLACEMENT OF REMOTE CONTROLLED SWITCHING DEVICES AND FAULT INDICATORS IN DISTRIBUTION NETWORK

### ABSTRACT

The proposed article presents an approach in the selection of the optimum number and placement of remote controlled switching devices, based on the estimation of reliability indice ECOST- expected outage cost to customers due to supply outages. ECOST is the key value for estimation because it responds to the effects of system topology, interruption durations, load variations, random failures and recognizes the various customer types.

**Key words:** remote controlled switching device, reliability indice ECOST

## UVOD

Primarni zadatak distributivnih elektroprivrednih poduzeća je konstantna opskrba potrošača kvalitetnom električnom energijom. Današnji nivo ovisnosti o kvalitetnoj i kontinuiranoj isporuci električne energije u industriji i kućanstvu sve manje podnosi vremenske pauze u napajanju. Uzroci neisporuke električne energije su kvarovi i planirani prekidi zbog održavanja električnih postrojenja. Statistika kvarova u distributivnim poduzećima pokazuje da je najveći uzrok neisporuke upravo srednjenaponska mreža (cca u 80% slučajeva), što je i razumljivo kad se zna da su mreže visokog napona koncipirane u skladu s kriterijem "n-1" i rade u uzamčenom pogonu, a mreže niskog napona napajaju relativno mali broj potrošača. Za očekivati je obzirom na veliki broj događaja u srednjenaponskoj mreži veću korist od automatizacije i daljinskog upravljanja čime bitno utječemo na povećanje pouzdanosti distributivne mreže i kvalitetu napajanja potrošača. Tehnike povećanja pouzdanosti relativno su jednostavne, ali one nisu sredstvo za postizanje optimuma. Cilj je optimizacija rada mreže tj. povećanje pouzdanosti ekonomski opravdanim ulaganjima u srednjenaponsku mrežu. Složenost elektroenergetskog sustava i mnoštvo uticajnih faktora čini ovaj problem optimizacije veoma složenim.

## 1. AUTOMATIZACIJA I DALJISKO VOĐENJE SREDNJENAPONSKE DISTRIBUTIVNE MREŽE

Automatizacija i daljisko vođenje srednjenaponske distributivne mreže zahtjeva uvođenje novih uređaja u sustav od kojih su najznačajniji daljinski upravljane linijske sklopke i indikatori kvara. Ciljevi uvođenja novih uređaja u mrežu su:

1. Povećanje pouzdanosti koje se odražava kroz manji broj prekida i kraće trajanje prekida
2. Povećanje kvalitete napajanja
3. Smanjenje puta pri lokalizaciji kvara
4. Sigurniji i jednostavniji rad montera
5. Poboljšanje preventivnog održavanja
6. Smanjenje troškova rad i održavanja
7. Vremenski pomak potrebnih investicija
8. Poboljšanje priliva informacija korisnih za rad, održavanje i planiranje

Daljinski upravljane linijske sklopke su ključni elementi za povećanje pouzdanosti, ali uz uvjet da odabir broja ovih uređaja i njihove lokacije moraju zadovoljiti ekonomski prihvatljiv stupanj pouzdanosti.

Indikatori kvara postavljaju se u mrežu u kombinaciji s daljinski upravljanim linijskim sklopkama čime ostvarujemo daljinsko javljanje ili samostalno najčešće bez mogućnosti za daljinskom

komunikacijom. U slučajevima samostalne ugradnje, bez daljinske signalizacije, linijske sklopke djeluju na povećavaju pouzdanost smanjenjem vremena traženje kvara.

## **2. KRITERIJI ZA LOCIRANJE INDIKATORA KVARA U SREDNENAPONSKE DISTRIBUTIVNE MREŽE**

S ovim uređajima započinje najniži stupanj automatizacije SN mreže. Ciljne karakteristike ovih uređaja su:

1. Niska cijena, da bi ih bilo što više u mreži i time ispunili zadaću u brznoj rekonfiguraciji mreže nakon kvara
2. Detekcija istih kvarove kao i zaštita u trafostanicama VN/SN na srednjenaponskim poljima (približno iste osjetljivosti)
3. Registracija svih vrsti kvarova neovisno o tretmanu zvjezdišta mreže
4. Pouzdanost.

Racionalna ugradnja podrazumjeva odabir lokacija na osnovu slijedećih kriterija:

1. Poštivanje konfiguracije terena
2. Poštivanje topologije mreže
3. Važnost potrošača
4. Broj događaja na odabranoj dionici voda
5. Veća vremenska ušteda pri lokalizaciji kvara
6. Ekonomska valorizacija opravdanosti ugradnje

Detektori kvara postavljaju se u principu u osnovni vod i to na mjestu priključka radijalnog odcjepnog voda i uzduž osnovnog voda i uzduž radijalnog otcjepa ako su zadovoljeni neki od navedenih kriterija.

## **3. KRITERIJI ZA LOCIRANJE DULS U SREDNENAPONSKE DISTRIBUTIVNE MREŽE**

Uloga ovih uređaja je uklop i isklop dijela mreže u beznaponskom stanju, u slučaju kvara ili pri manipulacijama u mreži kojima mjenjamo uklopno stanje zbog smanjenja gubitaka, naglog porasta opterećenja, rekonfiguraciju mreže ili slično. Pri odabiru DULS-e mora se voditi računa o :

1. Troškovima ugradnje
2. Troškovima rad i održavanja
3. Pouzdanosti uređaja

Odabir broja i lokacije ovisi o :

1. Pouzdanosti mreže
2. Tipu priključenih potrošača

3. Troškovima održavanja mreže
4. Troškovima pri prekidima u napajanju potrošača
5. Iskustva u radu mreže.

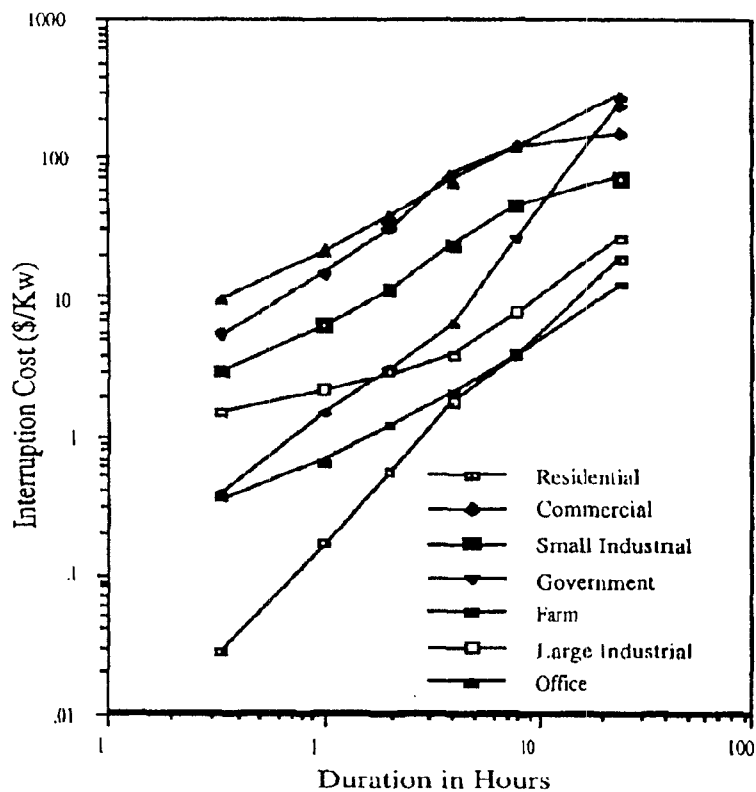
#### 4. ODABIR OPTIMALNOG BROJA I LOKACIJE DULS

Cilj je odabrati optimalan broj DULS- i kako bi minimizirali troškove uslijed prekida kod potrošača, i troškove ugradnje i održavanja DULS-i. Traženje lokacija i broja DULS-i u distributivnoj mreži uz uvjet minimalnih troškova i maksimalnog povećanja pouzdanosti mreže kompleksan je problem koji zahtjeva razradu algoritma za rješenje ovog problema optimalizacije.

Jedna od namjenskih matematičkih metoda za rješenje ovakvih "combinatorial optimization problems" je SIMULATED ANNEALING. Može se promatrati kao algoritam koji konstantno pokušava pretvoriti postojeću konfiguraciju u konfiguraciju bližnjega. Mehanizam se matematički najbolje može opisati Markovljevim lancem koji predstavljaju slijed pokušaja, pri čemu je ishod svakog pokušaja ovisan isključivo o prethodnom ishodu. Algoritam asimptotski teži globalnom minimumu s vjerojatnošću 1. U slijedu je ukratko formuliran problem traženja minimuma troškova instalacije, održavanja i prekida. Optimizirajuća procedura može se prezentirati slijedećim izrazom

$$\text{MINIMIZIRATI } \left( \sum_{i=1}^{ni} \sum_{j=1}^{nj} \sum_{k=1}^{nk} L_{ik} C_{jk}(r_j) \lambda_j + \sum \text{troš. ugradnje} + \sum \text{troš. održavanja} \right)$$

Određivanje troškova instalacije DULS-e i održavanja ne predstavlja problem obzirom da se ti podaci lako mogu odrediti. Poteškoću predstavlja određivanje prvog člana u gornjem izrazu ili pokazatelja pouzdanosti ECOST - očekivani troškovi kod potrošača uslijed prekida- zbog velikog broja različitih potrošača i uticajnih veličina na troškove. Određivanje troškova prekida kod pojedine klase potrošača ( $C_{jk}(r_j)$ ) moguće je uz pomoć CDF (CUSTOMER DAMAGE FUNCTION) - KORISNIČKE FUNKCIJE ŠTETE koja se određuje s pomoću dvije varijable: tip potrošača (široka potrošnja, industrija, trgovina, poljoprivreda, stanovanje i poslovne i državne ustanove), i trajanje prekida a koristi se za postavljanje relacije između trajanja prekida i troškova koji trajanjem nastaju. Na slici 1. prikazana je CDF funkcija koja je nastala analizom potrošača na području kompanije Ontario Hidro .



Slika 1.

Iz navedenog proizlazi da je pokazatelja pouzdanosti ECOST promjenjiv obzirom na topologiju, trajanje prekida, varijacije opterećenja, slučajne događaje i tip potrošača te je stoga veoma značajan obzirom na njegovu sveobuhvatnost tako velikog broja značajnih uticajnih faktora.

Pokazatelja pouzdanosti ECOST definiran je slijedećom relacijom:

$$ECOST = \sum_{i=1}^{n_i} \sum_{j=1}^{n_j} \sum_{k=1}^{n_k} L_{ik} C_{jk} (r_j) \lambda_j \quad (\text{MWh} - \$/\text{kW-god})$$

gdje navedene veličine predstavljaju :

$n_k$ - broj točaka s opterećenjem koje su izolirane zbog slučajnog događaja  $j$

$n_j$ - broj kvarova

$L_{ik}$ - opterećenje u točki opterećenja  $k$  za  $i$ -ti korak krivulje trajanja opterećenja u točki opterećenja  $k$

$r_j$ - prosječno vrijeme trajanja prekida uslijed slučajnog događaja  $j$

$\lambda_j$  - prosječna učestalost slučajnih događaja  $j$

$n$  - ukupan broj točki opterećenja

$C_{jk}(r_j)$  - troškovi prekida potrošača klase  $k$  uslijed slučajnog događaja  $j$  s trajanjem  $r_j$

## 5. PRORAČUN POKAZATELJA POUZDANOSTI ECOST

Proračuna pokazatelja ECOST na osnovu algoritma koji se bazira na navedenoj matematičkoj metodi prikazana je u slijedu.

1. Odrediti sve potrošače zahvaćene kvarom,  $n_k$
2. Pronaći trajanje prekida  $r_j$
3. Odrediti troškove prekida u točki opterećenja ( $C_{jk}(r_j)$ ) upotrebom CDF funkcije
4. Proračunati doprinos slučajnog događaja ukupnom pokazatelju ECOST na osnovu izraza

$$\sum_{k=1}^{nk} L_{ik} C_{jk}(r_j) \lambda$$

5. Zaustaviti ako su svi slučajni događaji na svim opterećenjima uzeti u obzir ili povratak na točku 1. Određivanje lokacije DULS-e na osnovu algoritma koji se bazira na navedenoj matematičkoj metodi prikazana je u slijedu:

1. Odredi moguće konfiguracije postavljanja DULS .
2. Odabрати konfiguraciju  $g_{i+1}$  i proračunati ukupne troškove
3. Odrediti razliku ukupnih troškova konfiguracije  $g_{i+1}$  ( $\Delta g_{i+1}$ ) i konfiguracije ( $\Delta g_i$ )  
 $\Delta$  = ukupnih troškova konfiguracije  $g_{i+1}$  - ukupnih troškova konfiguracije  $g_i$
4. Ažurirati konfiguraciju sistema na konfiguraciju  $g_{i+1}$  u slučaju zadovoljenja uvjeta  $\Delta \leq 0$
5. Definirati kriterij zaustavljanja.

## ZAKLJUČAK

Pristup određivanju broja  $i$  i lokacije ugrađivanja DULS-i prethodno prikazan jedan je u niz pristupa rješavanju ovog problema koji kao centralnu veličinu postavlja pokazatelj pouzdanosti ECOST. Drugačije metode baziraju se na drugim karakterističnim veličinama (n.pr. godišnja cijena neisporučene energije), no zajedničko svim metodama je da je njihova primjena moguća jedino u slučaju posjedovanja zahtjevne baze podataka o potrošačima, broju  $i$  i trajanju prekida, učestalosti prekida, trajanju popravka, opterećenjima po lokacijama u sistemu, o troškovima održavanja i rada po djelovima sistema, itd, koje omogućuju simulaciju stvarnih događaja, analizu istih, te izvlačenje beneficija iz rezultata analize .

## LITERATURA

1. Billont, Jonnavithula : Optimal Switching Device Placement in Radial Distribution System, IEEE Transaction on Power Delivery, 1996.
2. Bokal, Hostnik : Vodenje in avtomatizacija srednjeapetostnega nadzemnega distribucijskog omrežja, Elektroinštitut M. Vidmar, 1997.
3. Billont, Jonnavithula : Minimum Cost Analysis of Feeder Routing in Distribution System Planning, IEEE Transaction on Power Delivery, 1996.