

VIŠEKRITERIJUMSKO ODLUČIVANJE PRI UPRAVLJANJU OSNOVNIM SREDSTVIMA U DISTRIBUTIVNIM KOMPANIJAMA

A. Janjić, JP EPS, ED Jugoistok, Srbija

UVOD

Upravljanje osnovnim sredstvima (Asset management) u elektrodistributivnim preduzećima je složen proces donošenja odluka. Originalno, ovaj pojam je ponikao u finansijskim institucijama, da bi prikazao veštinu postizanja ravnoteže između različitih rizika i dobiti. Elektroprivreda u ceini zahteva, međutim, drugačiji pristup, jer objekti zahtevaju održavanje, negu i zamenu oštećenih delova. Zbog toga se pojam upravljanja osnovnim sredstvima u elektroprivredi odnosi na veštinu postizanja ravnoteže između troškova, performansi i rizika.

Jedan od bitnih problema u upravljanju distributivnim osnovnim sredstvima je pronaći najbolju od sledećih strategija održavanja: zamena nakon kvara, rekonstrukcija ili potpuna zamena. Problem je utoliko složeniji što alternative moraju da se procenjuju na bazi više kriterijuma, od kojih su neki lako merljivi (troškovi i profit), a drugi teško (javno mnjenje, dužina i trajanje prekida). Rizik i neizvesnosti su takođe prisutni u procesu donošenja odluka, bilo u polaznim pretpostavkama (stopa porasta opterećenja, cene, preferencije), bilo u uticajnim faktorima okruženja koji takođe mogu da imaju bitan uticaj na proces donošenja odluka.

Višekriterijumska analiza odluka (Multi Criteria Decision Analysis – MCDA) je naučna disciplina koja proučava metode i procedure za rešavanje problema sa više konfliktnih kriterijuma. U oblasti višekriterijumskog odlučivanja postoje dve vrste problema sa stanovišta opisivanja razmatrane realnosti posredstvom odgovarajućeg matematičkog modela: višeciljno odlučivanje i višeatributno odlučivanje (L. 1)

Višeatributni model ima sledeću matematičku postavku:

$$\text{Max}\{f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x), n \geq 2\} \quad 1)$$

$$\text{p.o. } x \in A = [a_1, a_2, \dots, a_m]$$

- n - broj kriterijuma (atributa), $j = 1, 2, \dots, n$
- m - broj alternativa (akcija), $i = 1, 2, \dots, m$
- f_j - kriterijumi (atributi), $j = 1, 2, \dots, n$
- a_i - alternative za razmatranje, $i = 1, 2, \dots, m$
- A - skup svih akcija

Postoje brojne metode za rešavanje modela MCDA, a posebno su poznate metode ELECTRA, PROMETHEE i AHP, a koja će se konkretno upotrebiti zavisi od informacija o preferencama, ali i samim atributima.

VIŠEKRITERIJUMSKA OPTIMIZACIJA U ELEKTRODISTRIBUTIVNIM PREDUZEĆIMA

U definisanju problema održavanja i izgradnje distributivnih objekata, uglavnom su se profilisali sledeći atributi, odnosno kriterijumi na osnovu kojih se vrednuju različite varijante i strategije razvoja (L.2, 3, 4,5):

- Zdravlje i bezbednost
- Ekonomske performanse
- Životna okolina
- Zahtevi regulatora
- Zadovoljstvo kupaca
- Brendiranje

Broj i struktura ovih kategorija menja se u zavisnosti od konkretnih uslova (zakonska regulativa, zahtevi regulatora, itd.), ali se može smatrati da su ovo osnovni atributi iz kojih se izvode i ostali.

Simultani tretman ovako raznorodnih komponenti svakako je veoma težak zadatak. Zbog toga se ovaj problem uglavnom rešavao na dva načina:

a) Vršiti se procena rizika svakog pojedinačnog osnovnog sredstva, kao proizvod verovatnoće kvara i posledice koju taj kvar ima u odnosu na gore navedene atribute. Zatim se uticaj prema svakom pojedinačnom atributu svodi na jednu veličinu, npr. novčanu (L. 2)

b) Za svako sredstvo pojedinačno, vrši se agregacija procene pojedinačnih kriterijuma u jednu zbirnu ocenu. Ova ocena formirana je na osnovu stanja sredstva po gornjim kriterijumima i različitim težinskih koeficijenata pojedinih kriterijuma (L.3,4,5,6)

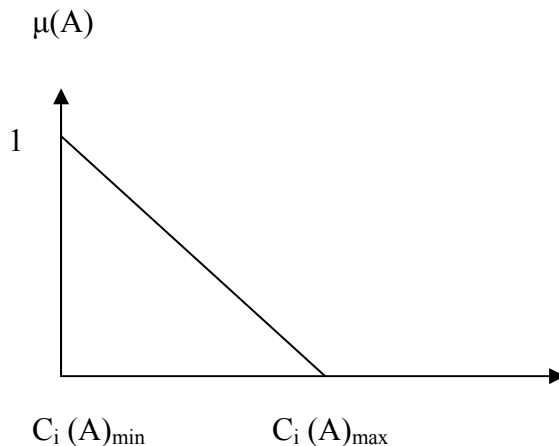
Nedostatak pobrojanih metoda je u tome što svođenje raznorodnih kriterijuma samo na jednu veličinu ne omogućava realno vrednovanje raznih varijanti. Pojedinačne „ocene zdravlja“ pojedinih komponenti takođe u mnogome zavise od težinskih koeficijenata i preferencija pojedinih kriterijuma i problem ne sagledavaju u celini. Zbog toga se u literaturi, ovaj problem sve više rešava putem višekriterijumske optimizacije.

U poslednjih nekoliko godina, i u distributivnim preduzećima se sve više pažnje poklanja primeni višekriterijumske optimizacije, pri čemu zadatak optimizacije može da uzme različitu formu. U radovima (L4, L7,L8,L9) izvršena je optimizacija nekoliko tipičnih elektrodistributivnih problema: poređenje različitih varijanti razvoja mreže, optimalnog rasporeda resursa, kao i određivanja prioriteta objekata i akcija na održavanju objekata. U rešavanju ovih problema korišćene su uobičajene tehnike višekriterijumske optimizacije. Međutim, u svim pobrojanim pristupima nedostaje i dinamički aspekt. Naime, sve varijante poredile su se prema jednom posmatranom trenutku vremena, ili je vršeno poređenje unapred predodređenih varijanti razvoja mreža.

Zbog toga je u ovom radu predložen novi algoritam, koji dinamički određuje kada treba primeniti određenu akciju na održavanju, korišćenjem standardnih tehnika MCDA.

ALGORITAM FUZZY VIŠEKRITERIJUMSKE OPTIMIZACIJE:

Neka je skup A skup svih alternativa između kojih se donosi odluka. Skup kriterijuma po kojima se vrednuju alternative označimo sa C . Pri tome ovi kriterijumi mogu biti potpuno raznorodni. U slučaju da želimo minimizaciju ovih kriterijuma, odgovarajuće funkcije pripadnosti koje pokazuju stepen zadovoljenja odgovarajućeg kriterijuma, moraju da dostignu maksimalne vrednosti. Stepenu zadovoljenja kriterijuma C_i po svim alternativama može se prikazati fuzzy brojem, kao na slici 1. Sa $\mu(A)$ označen je stepen zadovoljenja kriterijuma C . C_{\min} i C_{\max} su minimalna i maksimalna vrednost kriterijuma po svim alternativama.



SLIKA 1. Stepenu zadovoljenja kriterijuma po svim alternativama

Ukoliko se pojedinim kriterijumima pridoda i određeni težinski faktor V_i , onda je moguće stepenu zadovoljenja određenog kriterijuma odrediti sledećim izrazom:

$$\mu_i(A) = \left[\frac{C_i(A)_{\max} - C_i(A)}{C_i(A)_{\max} - C_i(A)_{\min}} \right]^{V_i} \quad 2)$$

Sa $C_i(A)$ označena je vrednost kriterijuma C_i za alternativu koja se razmatra. Nakon određivanja pojedinačnih vrednosti za svaku varijantu, vrši se određivanje optimalne varijante *min max* metodom. Najbolja alternativa A_{opt} , je ona koja zadovoljava sledeći izraz:

$$\max_A \mu_n(A) = \max_A (\min_C (\mu_n(A_n))) \quad 3)$$

Način određivanja optimuma prikazan je u tabeli 1.

TABELA 1. Način određivanja optimalne varijante *min max* metodom.

Varijanta	Kriterijum C_1	C_2	...	C_n	Min po kolonoma	Max po vrstama
A_1	$\mu_1(A_1)$				$\min_C(\mu_n(A_n))$	
A_2						
...						$\max_A \mu_n(A) = \max_A(\min_C(\mu_n(A_n)))$
A_n						

U izrazu 2) oznakom V_n , predstavljen je težinski koeficijent koji predstavlja indeks preferencije donosioca odluke prema određenom kriterijumu. Da bi odredili težinske koeficijente za svaki kriterijum u skupu C , koristimo poznatu AHP metodu višekriterijumskog odlučivanja. Najpre se formira matrica međusobnih parova značaja pojedinih kriterijuma. Donosilac odluke dodjeljuje relativne ocene u parovima atributa. Najpoznatija je skala 9 tačaka, ali taj broj se može i smanjiti. Elementi ove težinske matrice (označićemo je sa T), mogu biti sledeći:

1. Ako je i mnogo važnije od j , onda je $t_{ij} = 0,3$
2. i je važnije od j , onda je $t_{ij} = 0,5$
3. i i j su podjednako važni, $t_{ij} = 1$
4. i je manje važno od j , $t_{ij} = 2$
5. i je mnogo manje važno od j , $t_{ij} = 3$

Elementi vektora V su vrednosti sopstvenog vektora matrice T .

Primena ove metode biće objašnjena na primeru zamene primarne (rastavljači, malouljni prekidači) i sekundarne opreme (relejna zaštita, orman sopstvene potrošnje) u TS 35/10 kV.

ODREĐIVANJE OPTIMALNOG VREMENA ZAMENE OPREME U TS 35/10 KV

Opšti zadatak optimizacije održavanja u distributivnim preduzećima može se formulisati na sledeći način: Od više distributivnih objekata, sa više mogućih aktivnosti na održavanju, odrediti prioritetne objekte na kojima treba sprovesti odgovarajuće aktivnosti na održavanju, tako da su u najvećoj meri zadovoljeni svi navedeni kriterijumi. Pri donošenju odluke u ovom slučaju mora se voditi računa o više kriterijuma, koji u principu predstavljaju i proklamovane vrednosti kompanije.

Jedan od pojedinačnih, ali vrlo čestih zadataka, na koje je vrlo teško eksplicitno dati odgovor je i određivanje optimalnog vremena zamene malouljnih prekidača vakumskim u TS 35-10 kV, kao i mehaničkih releja mikroprocesorskim.

Tabela za poređenje alternativa prikazana je u nastavku:

TABELA 2. Određivanje optimalnog vremena zamene opreme u TS 35/10 kV

Godina zamene	Ukupni troškovi održavanja $C(t)$	Pouzdanost mreže iz napojne TS SAIFI(t)	Rizik po bezbednosti zdravlje $Rz(t)$	Rizik po okolinu $Ro(t)$
1				
2				
...				
20				

U ovom slučaju, različite alternative predstavljaju godine zamene od sadašnjeg trenutka, dok su kriterijumi prikazani u tabeli 2. Razmatran je vremenski horizont od 20 godina.

Troškovi održavanja obuhvataju:

- Troškove zamene ulja
- Troškove zamene ulja u slučaju kratkog spoja
- Troškove rezervnih delova
- Troškove zamene

Sa $C(t)$ su označeni ukupni troškovi održavanja za celi period od T godina (u našem slučaju 20 godina), u slučaju da je prekidač zamenjen u godini t .

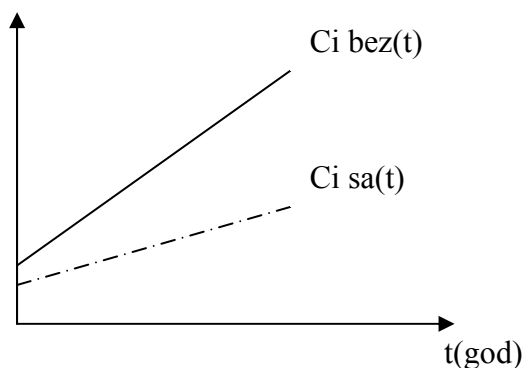
$$C(t) = \sum_{i=1}^t C_{pre}(i) + \sum_{i=t+1}^T C_{posle}(i) \quad 4)$$

Isto rezonovanje važi i za ostale kriterijume, pri čemu se pouzdanost izražava preko kriterijuma SAIFI, a rizici po bezbednost i okolinu ocenama od 1 do 5. Ocene za rizik su kombinacija ekspertske procene, verovatnoće udesnog događaja i posledice koje taj događaj može da prouzrokuje. Način određivanja ocena nije prikazan jer prevazilazi obim ovog teksta. U tabeli 3, prikazan je jedan mogući prikaz preferencija kriterijuma donosioca odluke.

TABELA 3. Matrica preferencija kriterijuma

t_{ij}	C	SAIFI	Rz	Ro
C	1	0,5	3	2
SAIFI	2	1	2	3
Rz	0,3	0,5	1	0,5
Ro	0,5	0,3	2	1

Vrednosti težinskih faktora dobijeni iz gornje tabele iznose: $V_1(C) = 0,290$; $V_2(R) = 0,422$; $V_3(Rz) = 0,121$ i $V_4(Ro) = 0,165$.



SLIKA 2. Grafički zadate zavisnosti određenih kriterijuma od vremena, bez zamene i posle zamene prekidača.

TABELA 4. Vrednosti parametara za zamenu prekidača

Cbez(0)	5	SAIFlbez(0)	1	Rzbez(0)	1	Robez(0)	3
Cbez(20)	20	SAIFlbez(20)	2	Rzbez(20)	4	Robez(20)	5
Csa(0)	0	SAIFlsa(0)	0,5	Rzsa(0)	0	Rosa(0)	1
Csa(20)	0	SAIFlsa(20)	0,7	Rzsa(20)	2	Rosa(20)	1

Radi ilustracije, pretpostavljena je linearna zavisnost svih kriterijuma od vremena. Vrednosti za pojedine godine dobijaju se interpolacijom. U tabeli 4, vrednost troškova data je u hiljadama dinara, dok su vrednosti za ostale kriterijume neimenovani brojevi. Pretpostavljeno je da su prekidači u postojećoj stanici stari 15 godina. Za vrednost ugradnje novog prekidača usvojena je vrednost od 300 000 dinara. Za navedene parametre, dobijena je optimalna varijanta po kojoj prekidače treba zameniti već za 4 godine.

ZAKLJUČAK

Izbor odgovarajuće akcije u upravljanju osnovnim sredstvima distributivnog preduzeća složen je zadatak zbog postojanja mnogo varijanti koje se postavljaju pred donosioca odluka i prisustva više kriterijuma (ekonomski, tehnički, ekološki i dr.) koje je potrebno simultano zadovoljiti. Nedostatak dosadašnjih pristupa je u tome što svođenje raznorodnih kriterijuma samo na jednu veličinu ne omogućava realno vrednovanje raznih varijanti, ili se problem ne sagledava dinamički. Naime, sve varijante poredile su se prema jednom posmatranom trenutku vremena, ili je vršeno poređenje unapred predodređenih varijanti razvoja mreža.

U ovom radu, predložen je novi algoritam, koji na bazi dinamičkog fuzzy poređenja varijanti, koristeći *max min* metodu višekriterijumskog odlučivanja i AHP metodu određivanja težinskih koeficijenata, određuje vreme sprovođenja akcija na revitalizaciji opreme u distributivnim transformatorskim stanicama. Metoda je ilustrovana na primeru zamene primarne i sekundarne opreme u transformatorskim stanicama 35/10kV i pokazala se kao uspešan alat u vrednovanju raznih varijanti u prisustvu vrlo raznorodnih kriterijuma..

LITERATURA

1. I. Nikolić, S. Borović, **Višekriterijumska optimizacija**, Centar Vojnih škola VJ, Beograd, 1996.
2. V. David, H. Benoit, D. Andre, **Criticality of assets**, CIREC 19th International Conference on Electricity Distribution, Vienna, May 2007.
3. D. Hughes, T. Pears, **Condition Based Risk Management (CBRM)**, CIREC 19th International Conference on Electricity Distribution, Vienna, May 2007.
4. M. Catrinu, D. Nordgard, K. Sand, **Multi-criteria decision support in distribution system asset management**, CIREC 19th International Conference on Electricity Distribution, Vienna, May 2007.
5. J. Heggset, E. Solvang, D. Nordgard, **Prioritising Maintenance and Renewal Projects in Distribution Networks**, 8th International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems, Iowa State University, Iowa, September, 2004.
6. T. Hjartarson, D. Hughes, R. Godfrey, **Development of Health Indices for Asset Condition Assessment**
7. V. Zorin, L. Tretjakova, H. Basam, **Mnogocelovaja optimizacija dinamiki razvitia raspredelitelnih elektriceskih setei**, Seti i sistemi, Moskva 1991.
8. A. Janjić, **Optimal number of vehicles planning using fuzzy decision making technique as part of optimal asset management in a distribution utility**, Međunarodno regionalno savetovanje o elektrodistributivnim mrežama, Herceg Novi, 2004
9. E. Daza i dr. **Multi criteria analysis for establishing automatic priority levels for maintenance activities in distribution systems using fuzzy techniques**, CIREC 19th International Conference on Electricity Distribution, Vienna, May 2000.