

Miroslav Pavelić
HEP ODS
miroslav.pavelic@hep.hr

Anđelko Tunjić
HEP ODS
andelko.tunjic@hep.hr

Ivan Baran
HEP ODS
ivan.baran@hep.hr

Mladen Vuksanić
HEP ODS
mladen.vuksanic@hep.hr

METODOLOGIJA ZA OCJENU (RIZIK) STANJA ELEMENATA MREŽE

SAŽETAK

Zbog sve složenije strukture i velikog broja elektroenergetskih objekata, složenosti poslovnih procesa te sve većih zahtjeva korisnika mreže za pouzdanost napajanja, raste i značaj planiranja mreže i učinkovitog praćenja. Dobrim i pravovremenim planiranjem, tj. revitalizacijom ili zamjenom rizičnih elemenata mreže, moguće je izbjeći skupe kvarove i prekide u opskrbi električnom energijom. Stoga raste značaj kvalitetnih metodologija za analizu stanja i rizika mreže.

U prvom dijelu rada je prikazana metodologija za ocjenu stanja elemenata mreže, prihvaćena od svih operatora distribucijskih sustava Velike Britanije. U slučaju HEP ODS-a, predstavljala bi temelj za početak aktivnosti na novom konceptu planiranja aktivnosti na postojećoj imovini, prije svega na sljedeće važne komponente distribucijske mreže: SN kabele i SN/NN transformatore. U drugom dijelu prikazan je primjer izračuna za 35 kV kabele.

Ključne riječi: analiza rizika, metodologija, vjerojatnost kvara, posljedice kvara

METHODOLOGY FOR ASSESSING THE STATUS (RISK) OF NETWORK ELEMENTS

SUMMARY

Due to structural complexity of distribution network, large quantity of power grid elements, business process complexity and customers ever growing requests for reliability, significance of timely planning and network status monitoring is rising. With good and timely planning, i.e. revitalisation or replacement of risky network elements, it is possible to avoid expensive malfunctions and breakdowns in power supply. Consequently, the significance of quality network state and risk analysis methodology is rising too.

In the first part the methodology for state assessment accepted by all Great Britain distributive system operators is shown. In the case of HEP ODS, would be a basis for the start of activities on the new concept of planning activities on the existing assets, primarily on the following important components distribution network: MV cables and MV/LV transformers. The second part shows an example of 35 kV cable calculation.

Key words: risk assessment, methodology, Probability of Failure, Consequence of Failure

1. UVOD

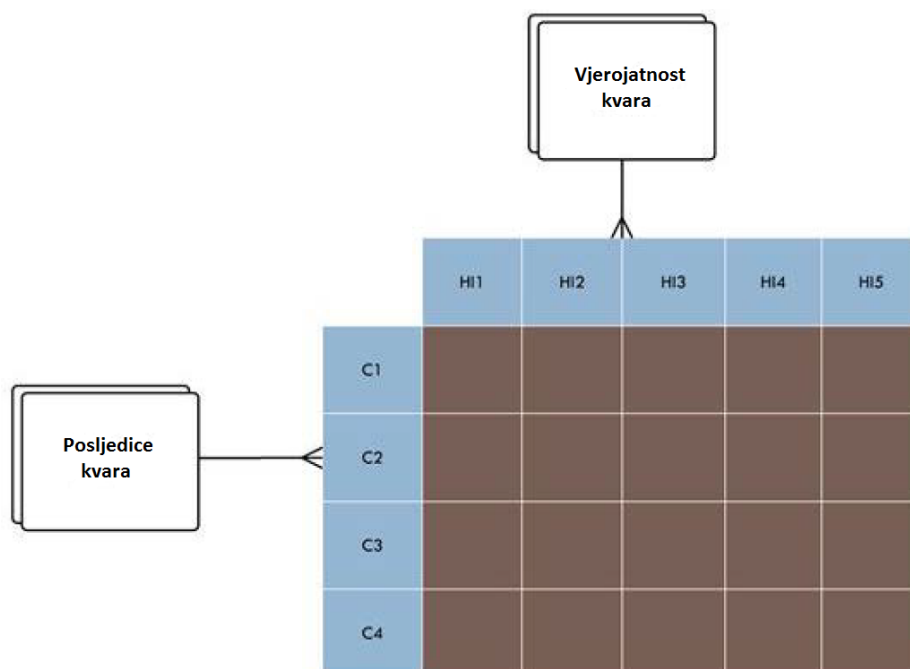
Zbog povećanja zahtjeva za troškovno sve učinkovitijim radom HEP ODS-a, raste i značaj povećanja učinkovitog planiranja zahvata u mreži. Samim time dolazi i do potrebe uspostave metodologija za upravljanje rizikom distribucijske mreže i svih njenih komponenti. Svrha takvih metoda i metodologija je kvantitativno (brojčano) izraziti stanje pojedine opreme i u skladu s tim donositi odluke u višegodišnjim planiranjima zahvata u mreži.

U ovom radu će se obraditi metodologija za opisivanje stanja distribucijske mreže pomoću pokazatelja vjerojatnosti kvara i posljedica kvara (eng. DNO COMMON NETWORK ASSET INDICES METHODOLOGY, skraćeno CNAIM). Ovu metodologiju prihvaćaju svi operatori distribucijskih sustava u Velikoj Britaniji za izvještavanje o riziku opreme kojom upravljaju. Kvarovi uzeti u obzir ovom metodologijom su kvarovi kod kojih elementi mreže više ne mogu obavljati svoju funkciju (npr. funkcija kabela je prijenos električne energije, sigurno, bez prekida i pregrijavanja). Uzimaju se samo kvarovi do kojih dolazi zbog samog stanja opreme, a ne zbog nekih drugih aktivnosti ili događanja (građevinskih i elektromontažnih radova, ljudske pogreške, udara groma...)

Dva ključna pokazatelja stanja elemenata distribucijske mreže prema ovoj metodologiji su:

- Vjerojatnost kvara (POF-Probability of Failure) – povezan s pokazateljem zdravlja (Health Indeks-HI)
- Posljedice kvara (COF-Consequence of Failure) – povezan s pokazateljem kritičnosti (Criticality Indeks-CI)

Za potrebe analize rizika pojedinih elemenata mreže, pokazatelji vjerojatnosti kvara i posljedice kvara se preko zdravlja i kritičnosti prikazuju po razinama, razredima (slika 1).



Slika 1. Matrica rizika

2. PREGLED METODOLOGIJE ZA OPISIVANJE STANJA DISTRIBUCIJSKE MREŽE POMOĆU POKAZATELJA VJEROJATNOSTI KVARA I POSLJEDICA KVARA

Prednost ove metodologije je da se stanje distribucijske mreže s različitim kategorijama opreme (transformatori, kabele, stupovi, rastavljači, prekidači.....) i različitim ulaznim podacima, u konačnici prikazuje s jednakim izlaznim pokazateljima stanja mreže. Samim time olakšana je i krajnja analiza i obrada podataka kojima se prikazuje rizik pojedine opreme.

Pod kategorijama opreme se misli na dodjeljivanje kategorija sličnim tipovima opreme. Npr. u kategoriju opreme SN transformatora spadaju 10 kV transformatori i 20 kV transformatori. Svrha toga je unificiranje računskog procesa za svaku pojedinu kategoriju.

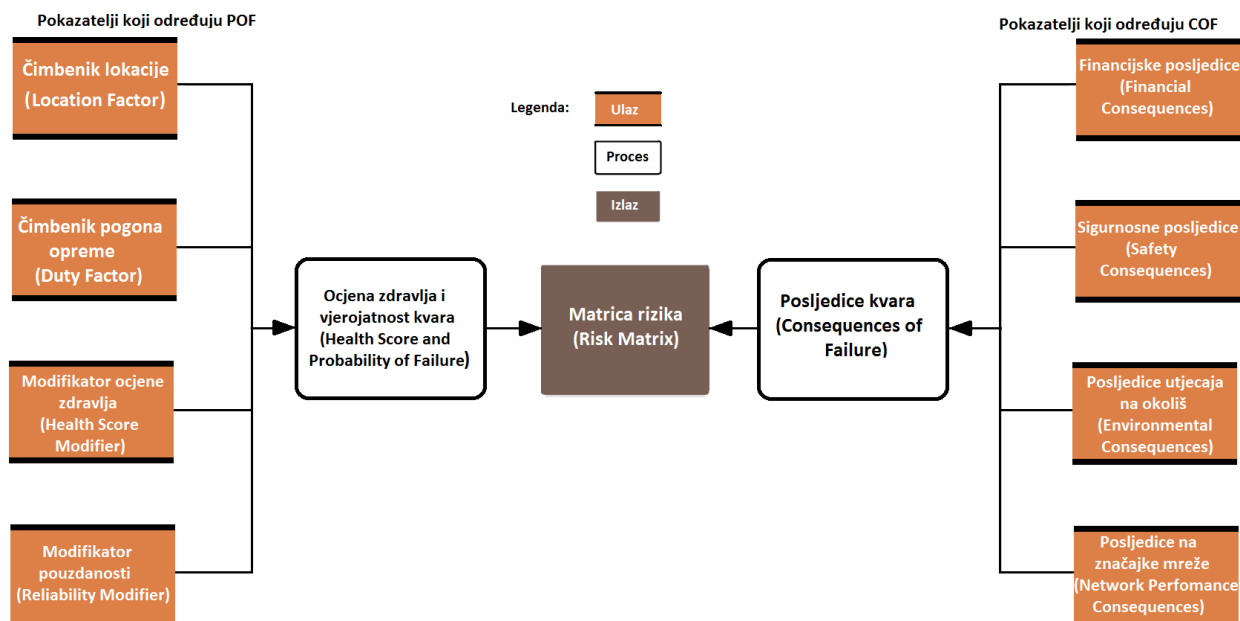
Dva su ključna izlazna pokazatelja dobivena ovom metodologijom:

- 1) Procjena **vjerojatnosti kvara** (eng. Probability of Failure - POF) za pojedinu opremu (prikazana kao vjerojatnost godišnjeg kvara na osnovu stanja opreme)
- 2) Procjena **posljedica kvara** (eng. Consequence of Failure - COF) za pojedinu opremu (izražena kao monetizirana vrijednost)

Za mjeru rizika opreme, koriste se pokazatelj zdravlja (eng. Health Indeks - HI) i pokazatelj kritičnosti (eng. Criticality Indeks) koji se računaju direktno iz vjerojatnosti kvara i posljedica kvara:

- **Pokazatelj zdravlja** (Health Indeks – HI) – opisuje stanje opreme i vjerojatnost kvara, POF
- **Pokazatelj kritičnosti** (Criticality Indeks) – opisuje moguće posljedice kvara, COF

Pokazatelj rizika (eng. risk indeks) je monetizirana mjera rizika, određena umnoškom pokazatelja zdravlja i pokazatelja kritičnosti. Iz ovoga proizlazi da kada se koriste vjerojatnost kvara i posljedice kvara, dobije se matrica rizika uvjetovana stanjem opreme tj. pokazateljem zdravlja i pokazateljem kritičnosti. Struktura modela je prikazana na slici 2.



Slika 2. Struktura modela

U narednim poglavljima će se objasniti ključni pokazatelji i čimbenici koji se odnose na vjerojatnost kvara, a zatim na posljedice kvara. U konačnici će se prikazati kako se radi analiza rizika elemenata mreže u ovisnosti o svim pokazateljima stanja mreže.

3. POKAZATELJI KOJI ODREĐUJU VJEROJATNOST KVARA, POF

Čimbenici koji utječu na vjerojatnost kvara su lokacijski i radni, te modifikator ocjene zdravlja i modifikator pouzdanosti. Iz ovih pokazatelja se određuje trenutno stanje pojedine opreme, tj. ocjena zdravlja i vjerojatnost kvara.

3.1. Čimbenik lokacije

Ovim čimbenikom se prikazuje utjecaj okoline na mrežnu opremu i njenu funkciju (prijenos električne energije, sklopne operacije, nosivi elementi...). Na očekivani životni vijek opreme utječe okoliš u kojem je ta oprema. Npr. za opremu koja je izložena visokoj razini vlage ili onečišćenja, može se očekivati brža degradacija nego kada bi bila izložena nižoj razini vlage ili onečišćenja.

Vrijednost čimbenika lokacije određena je sljedećim pokazateljima:

- 1) Udaljenost od obale
- 2) Nadmorska visina
- 3) Kategorija korozivnosti
- 4) Okoliš (unutrašnji / vanjski)

- Udaljenost od obale

Udaljenost od obale je važna zbog velikog utjecaja posolice na mrežnu opremu i njen očekivani životni vijek.

- Nadmorska visina

Temelji se na procjeni da što je veća nadmorska visina, to su teži vremenski uvjeti u kojima mrežna oprema radi.

- Kategorija korozivnosti

Određuje se indeksom korozivnosti (u stupnjevima od 1 do 5). Npr. ako se nalazi u industrijskom ili gradskom okruženju, kategorija korozivnosti će biti veća nego da se ta ista oprema nalazi u ruralnim područjima.

- Okoliš (unutrašnji / vanjski)

Vrijednost ovog čimbenika ovisi o tome gdje se oprema nalazi. Da li se oprema nalazi u unutarnjem prostoru ili vani, te je time izložena vanjskim utjecajima.

3.2. Čimbenik pogona opreme

Očekivani životni vijek varira ovisno o radnim uvjetima za koje je oprema predviđena. Za elektro energetske opreme, čimbenik pogona opreme je funkcija opterećenja, broja operacija, konstrukcijskog i radnog napona. Specifičan slučaj tu predstavljaju kabeli kod kojih se računa srednja vrijednost dva čimbenika pogona opreme, koji su funkcije opterećenja i omjera nazivnog napona s konstrukcijskim (npr. kada kabeli 20 kV izolacije rade u mreži nazivnog napona od 10 kV). Za svu ostalu opremu računa se samo s jednim čimbenikom.

3.3. Modifikator ocjene zdravlja

Koristi se za korekciju ocjene zdravlja u ovisnosti o stanju konkretne opreme. Računa se za svaku pojedinu opremu. Modifikator ocjene zdravlja se određuje iz promatranog stanja i mjerenih ispitivanja. Pod promatranim stanjem misli se na vizualnu inspekciju opreme, npr. da li se vide oštećenja, znakovi korozije, napuknuća itd. Mjerena stanja su rezultati specifičnih dijagnostičkih mjerenja kao što su parcijalna izbijanja, naponska ispitivanja, povijest kvarova itd.

3.4. Modifikator pouzdanosti elemenata

Modifikator pouzdanosti se može primjenjivati kod računanja trenutne ocjene zdravlja one opreme kod koje se smatra da će vjerojatnost kvara biti drugačija, npr. temeljem iskustva, vođenja statistike kvarova i slično, nego što se očekuje unutar iste kategorije opreme s istom ocjenom zdravlja.

To može biti rezultat:

- Izrade (proizvodnog procesa) energetske opreme i tipa opreme
- Konstrukcije opreme (npr. materijali koji se koriste ili primijenjenih tretmana)

Dobar primjer za korištenje ovog modifikatora su kabeli tipa EHP 48. Oni pripadaju istoj kategoriji opreme kao i kabeli XHE 49, međutim zbog konstrukcije i izvedbe (proizvodnog procesa) pokazali su se nepouzdanim. Razlika između ta dva tipa kabela je u izvedbi poluvodljivog sloja preko izolacije koji je kod EHP 48 napravljen kombinacijom traka i vodljivog praha (grafita) te nepostojanju bilo kakve vodonepropusne zaštite. Samim time bi se u njihovom slučaju morao koristiti modifikator pouzdanosti elemenata kako bi se to moglo i kvantitativno prikazati.

3.5. Proračun ocjena zdravlja i vjerojatnosti kvara, POF

Trenutno (sadašnje) zdravlje opreme se predstavlja ocjenom zdravlja (trenutnom ocjenom zdravlja) koristeći skalu od 0,5 do 10. Ocjena 0,5 predstavlja novu opremu, a 10 je ocjena za opremu u vrlo lošem stanju.

Trenutno stanje opreme se računa uzimajući u obzir informacije:

- Starost opreme
- Očekivani životni vijek
- Čimbenik lokacije (utjecaj okoliša koji utječe na opremu i očekivani radni vijek)
- Čimbenik pogona opreme (ovisi o radnim uvjetima za koje je oprema predviđena)
- Promatrano ulazno stanje (čimbenici koji se odnose na promatrano stanje opreme)
- Mjereno ulazno stanje (čimbenici dobiveni mjerenjem, testiranjem i ispitivanjem)
- Modifikator pouzdanosti elemenata

Proračun trenutne ocjene zdravlja opreme se radi u dva glavna koraka:

- 1) Proračun početne ocjene zdravlja koristeći starosni degradacijski model (formula 1)
 - uzimaju se u obzir samo starost i očekivani životni vijek opreme.

$$Početna\ ocjena\ zdravlja = H_{novo} \times e^{(\beta_1 \times Godine)} \quad (1)$$

Gdje je:

H_{novo} ocjena zdravlja za novu opremu, i ona iznosi 0,5

β_1 početna stopa starenja koja se računa iz očekivanog životnog vijeka, čimbenika pogona opreme i čimbenika lokacije

$Godine$ je trenutna starost opreme u godinama

- 2) Modifikaciji početne ocjene zdravlja koristeći čimbenike stanja prema tablicama u literaturi [1] i :
 - poznatim informacijama o stanju opreme (promatranim i mjerenim)
 - modifikatoru pouzdanosti, ako je potrebno

Iz trenutne ocjene zdravlja se izravno računa trenutna **vjerojatnost kvara**, a ona opet ovisi o:

- Životnom vijeku
- Lokaciji
- Čimbeniku pogona opreme
- Pouzdanosti
- Promatranom stanju
- Mjerenom stanju

Za većinu opreme se računa pojedinačna ocjena zdravlja, iz koje se dobiva vjerojatnost kvara. Kod opreme koja se sastoji od više komponenti (npr. transformatori i čelični stupovi), računa se ocjena

zdravlja za svaku komponentu posebno i na kraju se izračunava ukupna ocjena zdravlja. Vjerojatnost kvara po godini se računa prema formuli 2:

$$POF = K \times \left[1 + (C \times H) + \frac{(C \times H)^2}{2!} + \frac{(C \times H)^3}{3!} \right] \quad (2)$$

Gdje je:

H je broj jednak ocjeni zdravlja (trenutnoj ili budućoj), osim ako ocjena zdravlja nije ≤ 4 , tada je $H=4$

K i **C** su konstante prema literaturi [1]

Kako bi se na odgovarajući način mogla izračunati vrijednost rizika komponenti mreže, pored vjerojatnosti kvara nužno je izračunati, tj. kvantificirati posljedice nastupanja takvog kvara.

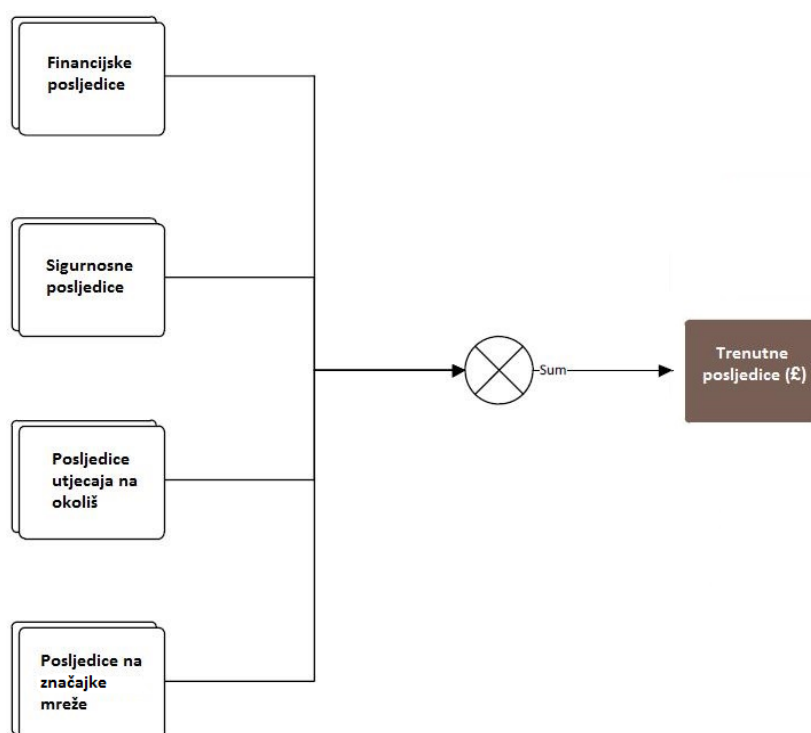
4. POKAZATELJI KOJI ODREĐUJU POSLJEDICE KVARA, COF

U kombinaciji s procjenom vjerojatnosti kvara (POF), računa se posljedica kvara (COF) kako bi se dobile jedinstvene vrijednosti rizika stanja mreže.

Metodologija razdvaja učinke posljedica kvarova na četiri pokazatelja (slika 3):

- 1) Financijske posljedice
- 2) Sigurnosne posljedice
- 3) Posljedice utjecaja na okoliš
- 4) Posljedice na značajke mreže

Namjera je svaki pokazatelj izraziti novčano te se zbrajanjem četiri vrijednosti dobije ukupni trošak posljedice kvara. Sve vrijednosti u primjerima koji su prikazani u ovom radu a odnose se na predmetnu metodologiju dane su u funtama prema literaturi (OFGEM, RIIO, literatura [1]).



Slika 3. Posljedice kvara

Za posljedice kvara se pretpostavlja da su stalne tokom vremena, osim ako na njih ne utječu investicije ili druge aktivnosti, pa su stoga vrijednosti trenutnih posljedica i prognoze budućih posljedica općenito jednake.

Metodologija za procjenu posljedica kvara se temelji na izradi **referentnog troška kvara** za svaku pojedinu opremu, koji predstavlja „efekt“ kvara prema iskustvu ODS-a (vrijednosti su dobivene prema iskustvu ODS-ova iz Velike Britanije). Tako dobivene vrijednosti se modificiraju ovisno o vrsti pokazatelja i specifičnim čimbenicima. Primjer referentnih troškova kvara za svaki od četiri pokazatelja posljedica kvara su dani u tablici I.

Tablica I. Primjer referentnih troškova kvara

Kategorija opreme	Financijske posljedice	Sigurnosne posljedice	Posljedice utjecaja na okoliš	Posljedice na značajke mreže	Ukupno
NN Stupovi	£1,113	£536	£75	£1,218	£2,942
6.6/11kV stupovi	£1,592	£179	£75	£1,297	£3,143
20kV stupovi	£1,910	£179	£75	£1,297	£3,461
33kV stupovi	£2,053	£179	£75	£57	£2,364
33kV čelično rešetkasti stupovi	£5,618	£334	£155	£7,250	£13,357
33kV ovjesna oprema	£189	£1,336	£80	£167	£1,772
33kV nadzemni vodovi (vodiči)	£14,811	£1,336	£80	£833	£17,060
VN podzemski kabeli	£151,492	£2	£3,000	£160,627	£315,121
33kV podzemni kabeli	£26,340	£2	£605	£2,572	£29,519
33kV podzemni kabeli (uljni)	£108	£2	£4,898	£3	£5,011
33kV transformatori	£73,000	£20,771	£14,190	£48,197	£156,158

4.1. Financijske posljedice

Financijska posljedica kvara je trošak popravka ili zamjene opreme, kako bi se sve vratilo u stanje prije kvara. U kontekstu ove metodologije, to je izvedeno tako da se koriste referentni troškovi kvara pojedine kategorije opreme i zatim se mijenjaju na osnovu stanja opreme ili specifičnih karakteristika unutar pojedine kategorije (npr. ovisi o tome je li stup nosivi ili zatezni).

4.2. Sigurnosne posljedice

Sigurnosne posljedice kvara su izvedene s obzirom na odgovarajuće sigurnosne propise i smjernice. Dobiva se primjenom vjerojatnosti da kvar može rezultirati nesretnim slučajem, ozbiljnom ozljedom ili smrtnim slučajem, te da to utječe na trošak izgubljenog vremena (eng. Lost Time Accident – LTA; vrijeme za koje radnik neće moći obavljati redovne aktivnosti) i trošak nastao zbog smrtne ili ozbiljne ozljede (eng. Death or Serious Injury – DSI).

4.3. Posljedice utjecaja na okoliš

Posljedice utjecaja na okoliš su izvedene na temelju odgovarajućih propisa o zaštiti okoliša i sudionika koji dolaze u doticaj s opremom i imovinom koja utječe na okoliš. Određuju se pomoću referentnog troška posljedica utjecaja kvara na okoliš, koji se modificira pomoću čimbenika specifičnih za pojedinu kategoriju opreme.

Ova procjena uzima u obzir ova četiri čimbenika:

- 1) Volumen izgubljenog ulja
- 2) Volumen izgubljenog plina SF₆ (sumporov heksafluorid)
- 3) Vjerojatnost događaja zbog kojeg dolazi do požara
- 4) Količina proizvedenog otpada

4.4. Posljedice na značajke mreže za SN i NN opremu

Temelji se na procjeni tipičnih mrežnih troškova koji su nastali zbog kvara opreme i mjere se brojem kupaca u prekidu i vremenu trajanja kvara. Za početak se koristi referentni trošak kvara značajki mreže, ovisno o kategoriji opreme. Ta vrijednost kvara se zatim modificira na jedan od ova dva načina:

- 1) Izravno, na temelju odnosa broja priključenih kupaca na pojedini element mreže i ekvivalentne srednje vrijednosti

- 2) Primjenom Faktora osjetljivosti kupca kako bi se prikazale pojedine karakteristike kupca (ako je svrsishodno)

Faktor osjetljivosti kupca se koristi kako bi se vidio utjecaj na korisnike kojima je važnost porasla zbog njihovog oslanjanja i korištenja električne energije (npr. mali obrtnici, tvornice kod kojih zbog nestanka el. energije dolazi do štete i novčanih gubitaka).

5. MATRICA RIZIKA

Za svaku pojedinu opremu, ova metodologija određuje:

- 1) Vjerojatnost kvara po godini (Probability of Failure – POF)
- 2) Ukupne posljedice kvara (Consequences of Failure – COF, monetizirana vrijednost u funtama)

Rizik pojedinog kvara bi se mogao procijeniti u funtama kao produkt vjerojatnosti kvara i vrijednosti ukupnih posljedica kvara za pojedinu opremu. Međutim umjesto monetizirane vrijednosti rizika, za mjeru rizika se koristi pokazatelj zdravlja (HI) i pokazatelj kritičnosti (C). Time se postiže bolja preglednost i lakše snalaženje sa velikim brojem podataka.

	HI1	HI2	HI3	HI4	HI5
C1	Vrlo niski				
C2	Niski	Srednji	Visoki		
C3				Vrlo visoki	
C4					Ekstremno

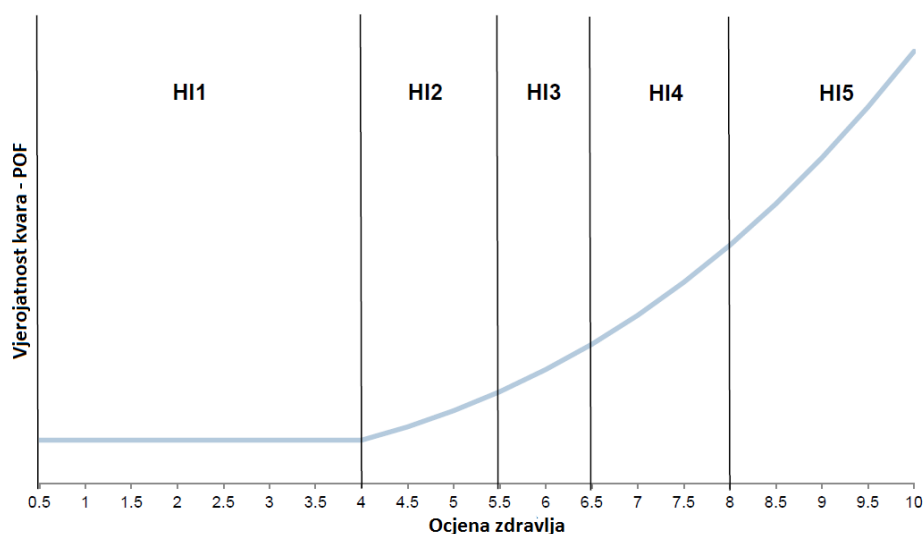
Slika 4. Matrica rizika po razinama stanja i kritičnosti

Pokazatelj zdravlja (HI) se grupira u pet razina (HI1 do HI5), ovisno o ocjeni zdravlja, kako je prikazano u tablici II.

Tablica II. Kriterij za određivanje razina pokazatelja zdravlja

Razine pokazatelja zdravlja	Granice razina pokazatelja zdravlja	
	Donja granica ocjene zdravlja	Gornja granica ocjene zdravlja
HI1	≥ 0.5	< 4
HI2	≥ 4	< 5.5
HI3	≥ 5.5	< 6.5
HI4	≥ 6.5	< 8
HI5	≥ 8	≤ 15

Razine pokazatelja zdravlja HI1 predstavlja opremu kod koje je vjerojatnost kvara jednaka kao i za potpuno novu opremu. Slika 4 pokazuje razine pokazatelja zdravlja u odnosu na krivulju vjerojatnosti kvara.



Slika 5. Razine pokazatelja zdravlja (HI)

Na isti način kao i pokazatelji zdravlja, pokazatelji kritičnosti se grupiraju u razine ovisno o vrijednostima posljedica kvara (COF). Postoje četiri razine pokazatelja kritičnosti:

- C1 – niski pokazatelj kritičnosti
- C2 – srednji pokazatelj kritičnosti
- C3 – visoki pokazatelj kritičnosti
- C4 – vrlo visoki pokazatelj kritičnosti

Za svaku pojedinu kategorije opreme, kriterij razina pokazatelja kritičnosti se prikazuje kao postotak ukupne srednje vrijednosti posljedica kvara za svu opremu u istoj razini pokazatelja zdravlja (HI). To je prikazano u tablici III.

Tablica III. Kriterij za određivanje razina pokazatelja kritičnosti

Razine pokazatelja kritičnosti	Granice razina pokazatelja kritičnosti		Vrijednosti koje se koriste za računanje ocjene rizika
	Donja granica ukupnih posljedica kvara (prikazana kao % ukupnih COF za kategoriju opreme)	Gornja granica ukupnih posljedica kvara (prikazana kao % ukupnih COF za kategoriju opreme)	
C1	-	< 75%	70%
C2	≥ 75%	< 125%	100%
C3	≥ 125%	< 200%	150%
C4	≥ 200%	-	250%

Dodjeljivanjem:

- tipične vrijednosti vjerojatnosti kvara svoj opremi unutar iste razine pokazatelja zdravlja i
- tipične vrijednosti posljedica kvara svoj opremi unutar iste razine pokazatelja kritičnosti

moguće je prikazati rizik pojedine opreme položajem unutar matrice rizika. To omogućava da se ocjena rizika koristi za potrebe analize stanja pojedinih elemenata mreže.

6. PRIMJER IZRAČUNA ZA 35 kV KABELE

Za primjer su uzeti podzemni 35 kV kabele kao jednostavniji elementi mreže za ocjenu po ovoj metodologiji. Kod podzemnih kabela čimbenik lokacije nema utjecaja i njegova zadana vrijednost je 1. Iznimka je podmorski kabel kao specifičan slučaj. Za potrebe izračuna je potrebno prvo znati starost, tip, opterećenje, podatke o kvarovima i stanju kabela (promatranim i mjerenim). Što je više podataka raspoloživo, to je izračun točniji. Ako neki podaci ne postoje (npr. opterećenje ili kvarovi), uzimaju se već zadane ("difoltné") vrijednosti.

Naziv objekta	Nazivni napon mreže (kV)	Duljina (m)	Vodič	Izolacija	Godina izgradnje	Starost kabela	Relativno optere. %	Čimbenik pogona opreme	Životni vijek (god.)	Očekivani radni vijek	Početna stopa starenja (β1)	Početna ocjena zdravlja	Faktor ocjene zdravlja	Modifikator pouzdanosti	Trenutna ocjena zdravlja	Pokazatelj zdravlja
35 kV kabel 1	35	1793	Cu	IPO	1934	83	53,75	0,95	40	42,11	0,0570	5,500	1	1	5,500	HI 3
35 kV kabel 2	35	218	Cu	IPO	1975	42	28,20	0,9	40	44,44	0,0540	4,821	1	1	4,821	HI 2
35 kV kabel 3	35	1105	Cu	IPO	1959	58	5,90	0,9	40	44,44	0,0540	5,500	1	1	5,500	HI 3
35 kV kabel 4	35	1547	Cu	IPO	1960	57	50,82	0,95	40	42,11	0,0570	5,500	1	1	5,500	HI 3
35 kV kabel 5	35	18	Cu	IPO	1965	52	54,43	0,95	40	42,11	0,0570	5,500	1	1	5,500	HI 3
35 kV kabel 6	35	2429	Cu	IPO	1972	45	54,43	0,95	40	42,11	0,0570	5,500	1	1	5,500	HI 3
35 kV kabel 7	35	260	Cu	EHP	1976	41	24,59	0,9	40	44,44	0,0540	4,568	1,15	1,4	7,354	HI 4
35 kV kabel 8	35	72	Cu	IPO	1982	35	54,43	0,95	40	42,11	0,0570	3,670	1	1	3,670	HI 1
35 kV kabel 9	35	4990	Cu	IPO	1961	56	77,70	1	40	40,00	0,0600	5,500	1	1	5,500	HI 3
35 kV kabel 10	35	180	Al	XHE	2010	7	65,83	0,95	40	42,11	0,0570	0,745	1	1	0,745	HI 1
35 kV kabel 11	35	287	Cu	IPO	1975	42	77,70	1	40	40,00	0,0600	5,500	1	1	5,500	HI 3
35 kV kabel 12	35	65	Cu	IPO	1961	56	63,93	0,95	40	42,11	0,0570	5,500	1	1	5,500	HI 3
35 kV kabel 13	35	100	Al	XHE	2005	12	54,17	0,95	40	42,11	0,0570	0,990	1	1	0,990	HI 1

Slika 6. Primjer izračuna pokazatelja zdravlja

U primjeru su dane izračunate vrijednosti samo za pokazatelje zdravlja. Razlog tomu je što je za potrebe pokazatelja kritičnosti potrebno odrediti referentne troškove kvara za svaki pojedini tip opreme.

Kod kabela bi to npr. značilo odrediti:

- 1) srednju vrijednost troškova kvara tj. popravka (financijske posljedice),
- 2) trošak uslijed nesretnog slučaja ili nezgode (sigurnosne posljedice),
- 3) trošak zbog zbrinjavanja otpada nakon kvara (posljedice utjecaja na okoliš) i
- 4) broj kupaca spojen preko pojedinog kabela i njihova potrošnja (značajke mreže).

Kod većine kabela bi se moglo zanemariti posljedice na značajke mreže. Izuzetak bi bili razdjelni krajevi mreža u nekim slabo naseljenim i ruralnim područjima, te podmorskih kabela kod kojih nema rezerve.

7. ZAKLJUČAK

Zbog sve složenije strukture i velikog broja elektroenergetskih objekata, složenosti poslovnih procesa te sve većih zahtjeva za pouzdanošću od strane kupaca, raste i značaj pravovremenog planiranja i praćenja stanja mreže. Ovom metodologijom je to omogućeno, ali za što točnije izlazne podatke potrebno je imati ulazne podatke koji će na najbolji način opisati stanje opreme. Samim time raste značaj praćenja i mjerenja u mreži što se postiže ugradnjom inteligentnih komponenti i senzora.

Ova metodologija nije još razrađena za svu opremu koju mogu posjedovati distributeri električne energije. Međutim svojom fleksibilnošću omogućava uvođenje i opisivanje novih kategorija opreme, nakon što se definiraju ulazni parametri. Sam postupak određivanja izlaznih pokazatelja zdravlja i kritičnosti, a samim time i rizika, se zatim koristi kako je već obrađeno ovom metodologijom.

U slučaju HEP ODS-a, predstavlja temelj za početak aktivnosti na novom konceptu planiranja aktivnosti na postojećoj imovini, prije svega za sljedeće važne komponente distribucijske mreže:

- SN kabele
- SN/NN transformatore

koji čine oko trećine vrijednosti ukupne imovine u nadležnosti HEP ODS-a.

8. LITERATURA

- [1] DNO Common Network Asset Indices Methodology - draft_v4_0, 15.12.2015.
- [2] <https://www.eatechnology.com/>
- [3] <https://www.ofgem.gov.uk/>