

UVEDBA KRITERIJEV ZA OCENJEVANJE PRENOSNIH VODOV V APLIKACIJI »CALPOS MAIN«

Lovro BELAK, Franc JAKL

POVZETEK

Calpos Main je programsko orodje za realizacijo metodologije RCM (Reliability centered maintenance), to je zanesljivostno orientirano vzdrževanje. Pri vzdrževanju visokonapetostne naprave po tej metodologiji ne spremlja izključno stanja naprave, ampak tudi pretoke energije čez določen visokonapetostni element omrežja. Večji kot je pretok čez element in manjša kot je redundanca omrežja v določeni točki, bolj pomemben je element za sistem. Zato se naredi zanesljivostno analizo, ki nam vse naprave razporedi glede na njihovo pomembnost za sistem. Napravi torej po RCM metodologiji pripišemo tako vrednost pomembnosti kot tudi tehničnega stanja. Za določitev stanja naprave ima aplikacija Calpos Main vrsto kriterijev, katere ocenjujemo. Vsak kriterij ima določeno utež. Ko vnesemo vse parametre kriterijev, se celotno tehnično stanje naprave odseva v eni sami oceni- to je indeks »c« (condition). Podatke pa se dobi iz večih virov: Maximo, diagnostika, CVZ-ji (centri vzdrževanja). Calpos Main sedaj ocenjuje štiri tipe naprav: odklopnike, ločilnike, instrumentne merilne in energetske transformatorje. V članku je podana nova uvedba kriterijev za ocenjevanje tehničnega stanja »c« prenosnih vodov, ki so v lasti ELES-a.

ABSTRACT

Calpos Main is a software tool for the realization of the RCM methodology (Reliability centered maintenance), that is a reliability centered maintenance. The maintenance of high-voltage equipment according to this methodology does not only monitor the status of the device, but also the power flow through a high-voltage network element. The higher the energy flow through the element and the lesser the network redundancy in a certain point, the more important is the element for the system. Therefore a reliability analysis is performed, which arranges all devices in accordance with their importance for the system. To each device the RCM methodology thus allocates its value of importance as well as its value of technical condition. For the determination of the condition of a device the application Calpos Main is using a series of criteria, which have to be estimated. Each criterion has a certain weight. When all parameters of criteria are entered, the complete technical state of a device is reflected in a single assesment which is the so called index »c« (condition). The data is obtained from multiple sources: Maximo, diagnostics, CVZ (maintenance centers). Calpos Main now considers four types of devices: circuit breakers, disconnectors, measuring and power transformers. This paper provides a new introduction of criteria for evaluating the technical condition of "C" overhead lines owned by ELES.

1. UVOD

Elektro-Slovenija, d.o.o v nadaljevanju ELES že nekaj časa preučuje različne aplikacije za uvedbo zanesljivostnega orientiranega vzdrževanja (RCM). Glede na obseg in število visokonapetostnih naprav se je izkazala najbolj optimalna rešitev uvedba aplikacije »Calpos Main«, ki je last podjetja ABB. V začetku uvedbe ni bilo pravega odziva in rezultata, saj je bilo potrebno najprej pridobiti osnovne tehnične podatke o visokonapetostnih napravah ter uvedba kriterijev za ocenjevanje tehničnega stanja, ki so smiselni v slovenskem elektroenergetskem prostoru. Takrat se je izkazala potreba po ocenjevanju odklopnikov, ločilnikov, instrumentnih in energetske transformatorjev. Vsi naštetni elementi se obravnavajo kot VN element v stikališču. S pridobljenimi rezultati so se izvajale razna vzdrževalna dela ali rekonstrukcije na posameznih napravah. S tem nikoli ni bilo večjih težav, saj so se dela vedno izvajala v investitorjevem prostoru. Večji problem je nastal pri prenosnih vodih. Prenosni vod se večinoma nahaja v tujem prostoru, za katere ima investitor sklenjene služnostne pogodbe s lastniki zemljišč. Pri večjih delih je vse večje tveganje, da bomo naleteli na težave s lastniki. Zato nam v tem primeru še kako prav pride metodologija orientiranega vzdrževanja (RCM), po kateri se lahko prioritarno odločamo, katera dela bomo izvajali na prenosnih vodih ter jih tudi na koncu ustrezno stroškovno utemeljili. V nadaljevanju članka bomo obravnavali uvedbo kriterijev tehničnega stanja prenosnih vodov. Prenosni vod bomo sedaj obravnavali kot VN element, ki se nahaja v stikališču.

2. RAZVOJ PRENOSNEGA OMREŽJA SLOVENIJE

Elektrifikacija visokonapetostnega prenosnega omrežja v Sloveniji se je pričela leta 1924, ko je podjetje Fala d.d. zgradilo 80 kV daljnovod do 80/35 kV RTP Laško in naprej 35 kV daljnovod od RTP Laško do TE Trbovlje. Poleg izgradnje 60 kV daljnovoda Velenje – Podlog – Črnuče se je nadaljnja elektrifikacija nadaljevala na predvsem na srednje napetostnem področju.

Na Primorskem (takrat v Italiji) sta se ob izgradnji HE Doblar in HE Plave zgradila dva ločena daljnovoda (1940) in sicer: DV 132 kV HE Doblar-RTP Opčine in DV 50 kV HE Plave-RTP Gorica. Kasneje pa še 132 kV daljnovod Opčine – Sežana – Divača – Št. Peter (Pivka) do RTP 132/50 kV Matulji. Takratna Primorska je še nekaj časa po priključitvi k Jugoslaviji obratovala na 42 Hz, dokler je niso leta 1949 povezali preko povezave z zgraditvijo 60 kasneje 110 kV daljnovoda Doblar-Godešič-Kleče-Črnuče.

Tudi v Sloveniji se je elektrifikacija odvijala v času okupacije, naj omenimo takratno nemško zamisel o gradnji prenosne 110 kV povezave HE Labot – HE Dravograd – Velenje – Podlog – Trbovlje – Laško – Rajhenburg (sedaj Brestanica) – meja NDH. Ta program se v času okupacije ni v celoti realiziral, se pa je takoj po vojni pričela večja elektrifikacija prenosnih vodov [1].

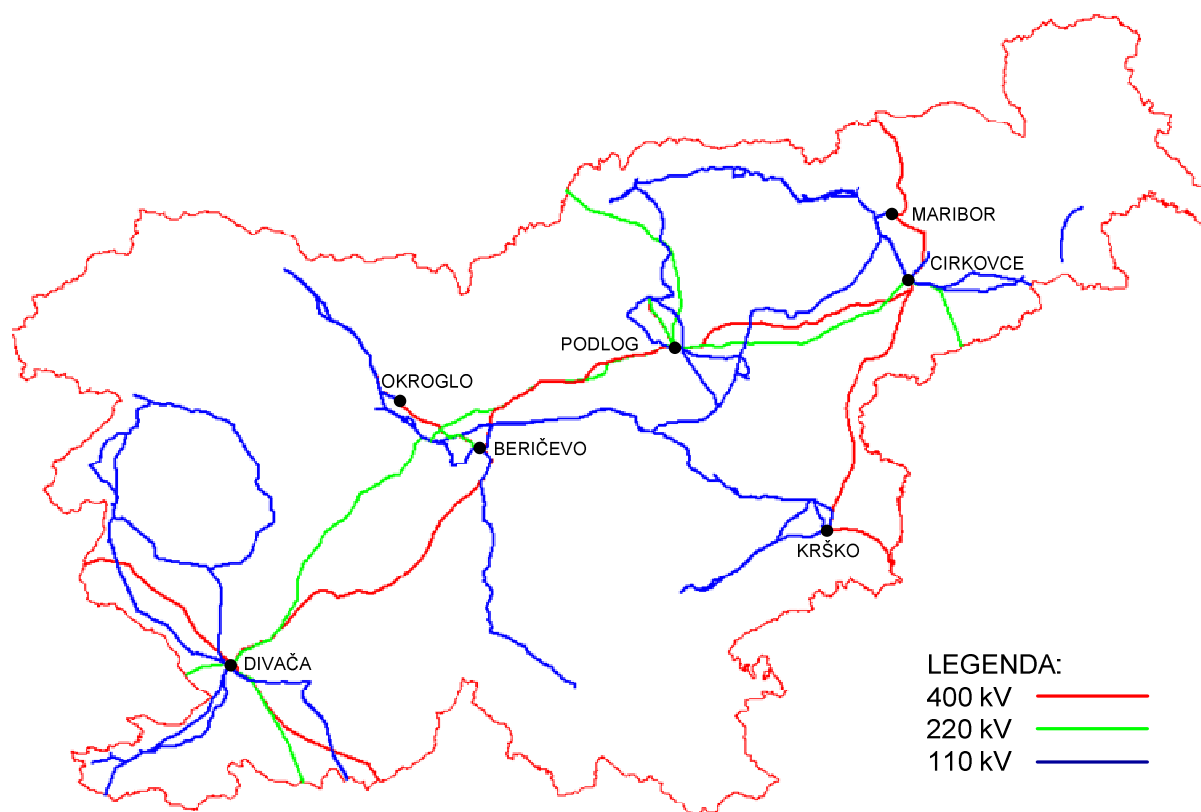
Povojno obdobje je narekovalo, da je bilo potrebno obnoviti in zgraditi porušeno državo. Z industrializacijo se je pričelo večjo povpraševanje po električni energiji. Težave s prenosom so takoj nastale ob izgradnji hidroelektrarn na reki Dravi, Savi, termoelektrarne Šoštanj in

Trbovlje in ob naraščanju porabe. Takratno zgrajeno prenosno omrežje je zadovoljevalo obratovanje na 110 kV napetostnem nivoju.

V šestdesetih letih se je pričela intenzivna gradnja prenosnih vodov na 220 kV napetostnem nivoju. Takrat je nastala ideja o meddržavni 220 kV povezavi med Italijo, Avstrijo in Jugoslavijo t.j. SUDEL ter povezava Slovenije sosednjo »bratsko« republiko Hrvaško t.j. superponirano 220 kV omrežje Jugoslavije. Nastala je trasa 220 kV daljnovoda Cirkovce – Podlog – Kleče – Divača s ostalimi priključki Obersielach (Avstija) – Podlog, Cirkovce – Mraclin (Hrvaška), Divača – Padriče (Italija) in Divača – Pehlin (Hrvaška). Vsa dela na 220 kV prenosnem omrežju so se končala leta 1972 z izgradnjo daljnovoda DV 220 kV Šoštanj-Podlog [2].

V tem obdobju se je že realizirala ideja L. A. Ljubiša razvoj osnovne 380 kV omrežja Jugoslavije. Namreč takrat se je kmalu v času gradnje 220 kV superponirane zanke ugotovilo, da 220 kV prenosno omrežje ne bo dolgo zagotavljalo stabilnosti elektroenergetskega sistema Jugoslavije. V koncu sedemdesetih letih se je pričela prva faza izgradnje t.j. 400 kV zanke »Nikola Tesla«. Prva faza se je gradila ob robu takratne države in je vstopila v Slovenija iz smeri Zagreba preko dvosistemskega 400 kV daljnovoda do NE Krško, nato pa preko enosistemskega daljnovoda v Maribor – Podlog – Beričevo – Divača in nazaj v Hrvaško v TS Melina. Druga faza se je takoj nadaljevala po prvi fazi z izgradnjo daljnovodne povezave do Italije DV 400 kV Divača – Redipuglia, povezava TE Šoštanj blok 5 – Podlog, kasneje DV 2x400 kV Ljubljana – Kranj na koncu skupne države (1991) pa še do sedaj zadnji zgrajeni 400 kV daljnovod DV 2x400 kV Maribor – Kainachtal [3, 9, 10, 11].

Do danes pa še ni bila realizirana izgradnja notranje povezave druge faze DV 2x400 kV Ljubljana – NE Krško. Po približno desetih letih osamosvojitve Slovenije se je pričelo obdobje vgradnje telekomunikacijskih optičnih povezav na prenosno omrežje. Kasneje pa so se pričele prve rekonstrukcije starejših obstoječih 110 kV prenosnih vodov, ki se še izvajajo danes. ELES je do danes pridobilo dve gradbeni dovoljenji za novogradnjo daljnovoda DV 2x110 kV Beričevo-Trbovlje in DV 2x400 kV Beričevo-Krško, v bližnji prihodnosti pa se še obeta rekonstrukcija daljnovoda DV 2x110 kV Brestanica-Hudo in DV 2x400 kV Cirkovce-Pince. Slika 1 prikazuje današnje stanje prenosnih vodov v Sloveniji.



Slika 1: Elektroenergetski prenosni sistem Slovenije, 2010; vir: ELES

V nadaljevanju so prikazani tehnični podatki prenosnih vodov po napetostnem nivoju.

Preglednica I: Tehnični podatki o prenosnih vodih

napetosti nivo	110 kV	220 kV	400 kV
dolžina [km]	1216	299	416
vrsta glave stebra	ipsilon, sod, donav, smreka, jelka	smreka, sod	ipsilon, sod
sistem	I, II, III	I, II	I, II

material vodnika	Al/Je, Cu, ZTAL	Al/Je	Al/Je
prerez vodnika	80 mm ²	490/65 mm ²	2x490/65 mm ²
	150/25 mm ²		3x475/25 mm ²
	240/40 mm ²		
	490/65 mm ²		
	500 mm ²		
vrsta konstrukcije	jeklena, betonska	jeklena	jeklena
vrsta izolacije	porcelan,	steklo,	steklo
	steklo,	polimer	
	polimer		

V preglednici I lahko primerjamo dolžine prenosnih vodov, največ jih je 110 kV. Na 110 kV napetostnem nivoju imamo opravka še s »starimi« vrstami oblike stebrov, vrsta materiala vodnikov, konstrukcije stebrov in izolacijskega materiala. Na 220 in 400 kV prenosnih vodih so uporabljeni tehnični predpisi, kateri so še danes v uporabi. Omeniti je potrebno tudi več vrst prerezov vodnikov na 110 in 400 kV prenosnih vodov. Na 110 kV se standardno uporabljajo vodniki prereza Al/Je 240/40 mm², razen na nekaterih manj pomembnih starih vodih je še baker s prerezom 80 mm² ali najbolj pomembnih prenosnih vodih je uporabljen prerez 490/65 mm². Na 400 kV napetostnem področju izstopa daljnovod DV 400 kV Divača-

Redipuglia, kjer ima tri tokovodnike v snopu s prerezom $475/25 \text{ mm}^2$, zaradi kompatibilnosti s italijanskim delom prenosnega voda.

3. RCM METODOLOGIJA

Za začetek bi si naprej osredotočili na ELES-ov Pravilnik o vzdrževanju elektroenergetskih prenosnih napravah [4]. Pravilnik je notranji dokument podjetja ELES o vzdrževanju elektroenergetskega prenosnega sistema in je usklajen z veljavno zakonodajo, ki ureja področje vzdrževanja prenosnega sistema. Namen pravilnika je zagotoviti vzdrževanje prenosnega sistema tako, da je ves čas ohranjena njegova funkcionalnost, obratovalna usposobljenost in varnost delovanja.

Za reševanje problematike vzdrževanja opreme so znane različne strategije:

- Korektivno vzdrževanje (corrective maintenance CM),
- Časovno opredeljeno vzdrževanje (time-based maintenance TBM)
- Nadzorovano vzdrževanje (condition-based maintenance CBM) in
- Napovedovano ali zanesljivostno vzdrževanje (predictive or reliability-centered maintenance RCM):

Prvi trije načini vzdrževanja vsebujejo vrsto pomanjkljivosti (kot so npr. dragi rezervni deli, vsa oprema se obravnava enako), zato je vse več pozornosti usmerjenih v četrto možnost vzdrževanja. Na zanesljivostno vzdrževanje se lahko gleda kot nadrejena oblika vzdrževanja.

Če ne moremo določiti indeksa pomembnosti in stanja opreme, se lahko izvaja le korektivno vzdrževanje. V nasprotnem primeru pa izvajamo zanesljivostno ali napovedovano vzdrževanje. Uvedba zanesljivostnega vzdrževanja vedno omogoča prehod na nadzorovano, časovno-opredeljeno ali korektivno vzdrževanje. Na primer: če zanesljivostni izračun pokaže, da stikalni element nima velikega vpliva na razpoložljivost električne energije, je najprimernejše korektivno vzdrževanje ob predpostavki, da so rezervni deli na razpolago. Iz tega sledi, da se korektivno vzdrževanje izbere na podlagi izkušenj ali v skladu rezultatov zanesljivostnega izračuna.

Osnovni postopek zanesljivostnega vzdrževanja je detajlno opisan v poročilu [5], mi pa se bomo osredotočili le na razlago rezultatov. Ocenjevanje različnih delov opreme lahko predstavimo v pravokotnem koordinatnem sistemu, kot prikazuje slika 2. Ordinata zajema stanje opreme (ali delov naprave) »c«, abscisa pa indeks pomembnosti »i«. Razvrščanje vzdrževalnih dejavnosti je odvisno od stanja naprave, npr.

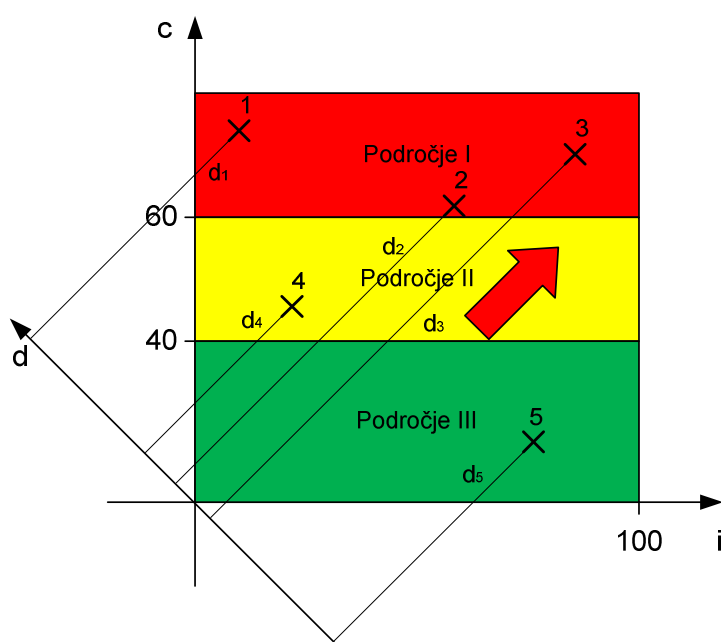
Področje I: pregledi definirani s predpisi in zakonodajo

Področje II: vzdrževanje

področje III: zamenjava dela naprave

Glede na informacije sistemskih inženirjev je priporočljiva zamenjava opreme, če indeks stanja naprave preseže vrednost 60 (področje I), medtem ko se indeks »c« za področje II giblje med 40 in 60.

Križec »1« v zgornjem levem kotu (področje I) pripada odklopniku, ki je v slabem stanju, a ne bo povzročil večjih posledic za omrežje, če odpove. V nasprotnem primeru pa križec »5« v spodnjem desnem kotu (področje III) določa opremo, ki je v zelo dobrem stanju. Odpoved te naprave pa povzroči velike posledice za obratovanje omrežja.



Slika 2: Princip izdelave prioritete liste v i-c diagramu

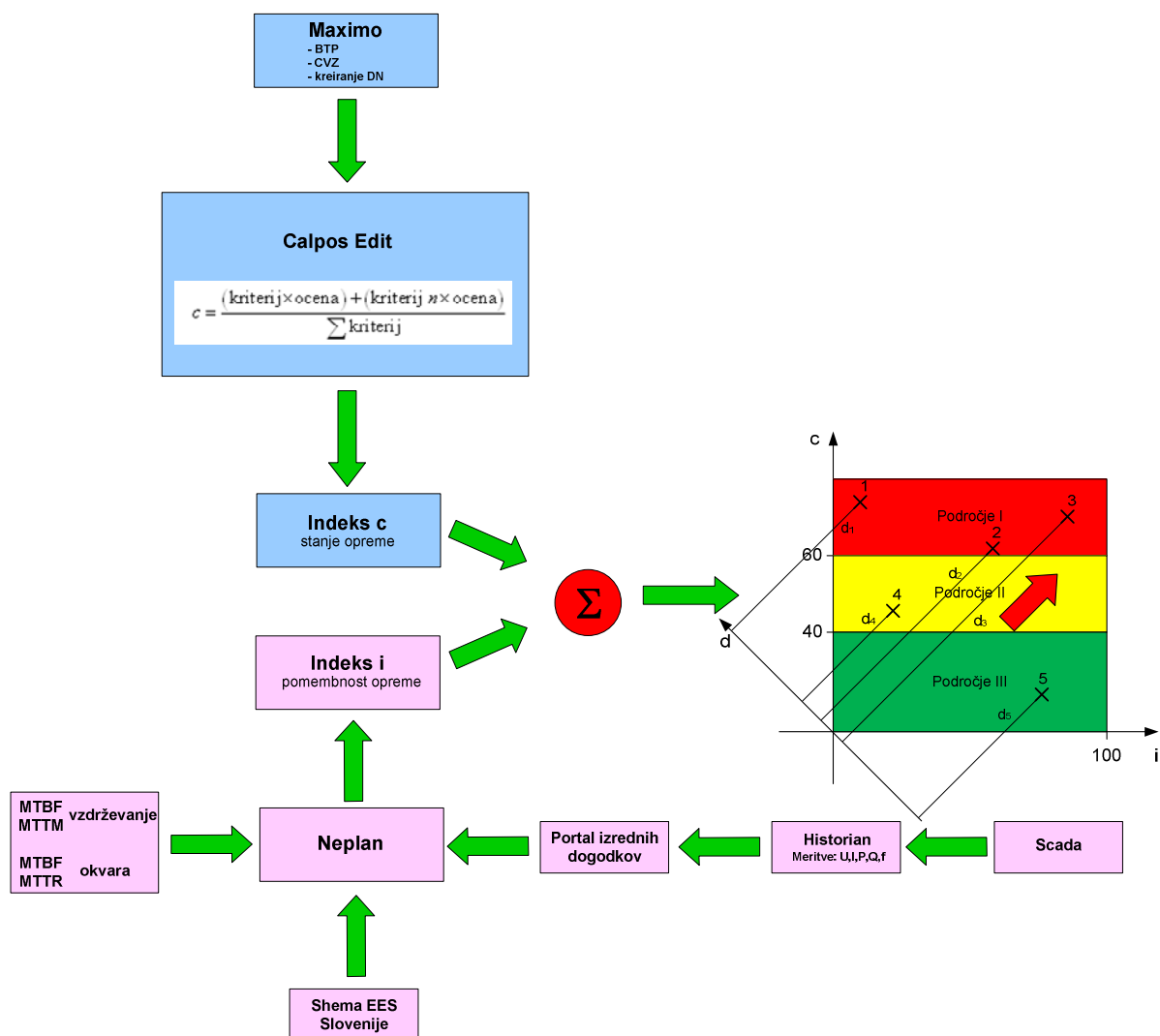
Zaporedje vzdrževanja znotraj področja in je odvisno od razdalje križca od osi »d«. Ker je os »d« premaknjena od ordinate za kot 45° , upošteva oba kriterija (stanje in pomembnost) pri procesu določanja vzdrževanja. V področju III je zato vrstni red zamenjave elementov 3, 2 in kot zadnji 1, pa čeprav je element 1 v najslabšem stanju. Elementa 3 in 4 lahko zamenjamo in tako dobimo boljše obnašanje sistema brez dodatnih investicijskih stroškov zaradi ponazoritve sredstev glede na kriterija stanja in pomembnosti. Zamenjava obeh elementov je možna le, če imata enake parametre. Po tej metodi se določi prednostna lista zamenjav in vzdrževanja naprav glede na stanje in pomembnost naprav za elektroenergetsko omrežje. Zaradi zniževanja stroškov ni smiselno vzdrževati vseh naprav. Stopnjo povečanih tveganj lahko premaknemo na naprave z najnižjo pomembnostjo, ki jih bomo manj vzdrževali. Čim bolj pomemben je VN element in čim slabše je stanje tega elementa, tem bolj se element pomika navzgor po prioritetni listi. Indeks stanja naprave se ocenjuje glede na navodila za ocenjevanje naprav [6].

Za tehnično stanje naprav imamo v ELES- u pripravljeno aplikacijo Calpos Edit. Vsak inženir za RTP je zadolžen, da pri vsakoletni končani reviziji polja v stikališču opravi ogled ali ocenjevanje stanja VN naprav v posameznem polju. Ob revizijah se poleg podatkov inženirja za RTP uvažajo še tehnični podatki, preko drugih različnih virov:

- Maximo (tipski podatki, starost,...),
- Centri vzdrževanja (pregledi, revizije),
- oddelek za diagnostiko (predvsem rezultati kemijskih preiskav olja in plina),
- finančna služba (podatek o amortizaciji sredstva),
- portal PEE (obratovalni podatki iz SCADA/EMS).

Nova naprava oz. element omrežja se najprej vnese v sistem Maximo, ki služi kot osnovna tehnična baza primarnega elektroenergetskega sistema. Ko so podatki o napravi vneseni v Maximo, se le-ti potem prepisejo v aplikacijo Calpos Edit. Zbiranje podatkov o stanju naprav se izvaja na centrih vzdrževanja (v nadaljevanju CVZ) v Novi Gorici, Divači, Ljubljana, Podlogu in Mariboru.

Pomembnost »i« VN elementa pridobimo s pomočjo programskega paketa Neplan. Neplan omogoča analizo, načrtovanje, optimizacijo in obvladovanje elektroenergetskega omrežja. Paket omogoča modeliranje in simulacijo različnih stanj omrežja. Modularna zasnova »reliability« omogoča specifične nastavitve glede funkcije, ki jih uporabljajo načrtovalci razvoja in načrtovalci obratovanja omrežja. Kot je bilo že prej omenjeno, je glavni kriterij za pomembnost naprave količina nedobavljene oz. negenerirane energije, ki jo povzroči izpadli VN element. V Calpos Mainu sicer obstaja zelo poenostavljena metoda, da se ta količina energije izračuna kar na podlagi pretoka moči čez element, frekvence in časa izpada. Pri bolj poglobljeni analizi se upošteva tudi dejstvo, da pri izpadu elementa obstaja rezerva, zaradi česar se nedobavljena in negenerirana energija zmanjšata, obstaja pa tudi možnost hkratnih oz. povezanih izpadov (npr. izpad obeh sistemov dvosistemskega daljnovoda), kar pa poveča to količino energije. Zato je potrebno močno orodje za izračun pretokov in za izdelavo stabilnostne analize. Program glede na izračunane pretoke izklopi element in preveri vse možne kombinacije izklopov in šele na podlagi tega izračuna nedobavljeno in negenerirano energijo. Po končanem izračunu se obe energiji s 50% utežjo združita v indeks pomembnosti. Rezultat iz Neplana se nato uvozi v Calpos Main [7, 8]. Na sliki 3 je prikaza shema poteka podatkov za aplikacijo Calpos Main.



Slika 3: Primer aplikacije »Calpos Main« v ELES-u

Kot smo že omenili se praksa ocenjevanja VN naprav v ELES-u izvaja za odklopnike, ločilnike, instrumentne in energetske transformatorje. Določitev kriterijev in uteži za posamezni VN element pa je odvisen od zelenih ciljev in vrste metodologije vzdrževanja. V nadaljevanju je obravnavana poskusna uvedba kriterijev in določitev uteži za prenosne vode, ki so v lasti ELES-a.

4. UVEDBA KRITERIJEV TEHNIČNEGA STANJA PRENOSNIH VODOV

V drugem poglavju smo opisovali zgodovino elektrifikacije visokonapetostnih prenosnih vodov, ki so se gradili na ozemlju Republike Slovenije in so sedaj v lasti ELES-a. ELES, kot njihov upravitelj, jih mora skladno s notranjim Pravilnikom o vzdrževanju elektroenergetskih prenosnih napravah [4], redno vzdrževati, tako da jim zagotavlja nemoteno obratovanje. Pri uveljavljanju enotne metodologije vzdrževanja (RCM) se nam pogosto pojavljajo vprašanja o

smiselnosti vzdrževanja vseh prenosnih vodov, kot jih določa pravilnik, ne glede na njihovo tehnično stanje in pozicijo v elektroenergetskem omrežju. Namreč dosednji pravilnik določa redne enoletne obhode s plezanjem po daljnovodnih stebrih ne glede na tehnično stanje in pomembnost. Vsi prenosni vodi se obravnavajo enako. Z uveljavitvijo zanesljivostnega orientiranega vzdrževanja (RCM) pa bi povečali pomen tistim prenosnim vodom, kateri imajo večji indeks tehničnega stanja in pomembnosti v elektroenergetskem omrežju.

V nadaljevanju si oglejmo preglednico II, katera nam prikazuje vrsto kriterijev za določitev tehničnega stanja visokonapetostnega voda v Slovenji in so v lasti ELES-a.

Preglednica II: Primer postopka vrednotenja prenosnih vodov

Št. kriterija	Vrsta kriterija	vir podatka	utež	ocena
1	Leto izgradnje	Maximo	10	1-10
2	Leto rekonstrukcije	CVZ	10	1-10
3	Dolžina daljnovoda	Maximo	8	1-10
3	Ali je bil takrat grajen po veljavnih predpisih	CVZ	7	1-10
4	Kakšno vrsto zaščite ima	CVZ	4	1-10
5	Vzdrževanje in zagotavljanje varnostnih odmikov od podrasti in objektov	CVZ	6	1-10
6	Izbira in koordinacija izolacije	CVZ	5	1-10
7	Onesnaženost zraka	CVZ	3	1-10

8	AKZ konstrukcije in obesni elementi	CVZ	3	1-10
9	Vrsta izolacije	CVZ	4	1-10
10	Metalurške poškodbe vodnikov	CVZ	8	1-10
11	Temperaturna utrujenost vodnikov	CVZ	10	1-10
12	Izpostavljenost zaščitne vrvi atmosferskim vplivom razelektritve	CVZ	4	1-10
13	Prevodnost konstrukcije od zaščitne vrvi do ozemljila	CVZ	4	1-10
14	Meritveni preizkus ozemljitvenega sistema	CVZ	5	1-10
15	Stanje ozemljitev	CVZ	8	1-10
16	Statična ustreznost (trdnost) temeljev (poroznost betona)	CVZ	7	1-10
17	Kompaktnost stika med konstrukcijo in betonom	CVZ	5	1-10

Pri ocenjevanju prenosnih vodov smo sedaj predlagali več kriterijev, kateri imajo ustrezno izbrano utež. Za določitev vseh kriterijev, pa smo izhajali iz raznih delov kot so: starost, vrsta zaščite, obesna oprema, tokovodniki, zaščitna vrv, konstrukcija, temelji,... , ki so na prenosnem vodu. Vrednost uteži se določa predvsem po vlogi in pomenu kriterija, ki obravnava vrsto dela naprave, ki je nameščena v prenosni vod. Tako lahko za vsak kriterij

določimo oceno od 1 do 10, katera pa s pomočjo produkta uteži določa končno tehnično stanje »c« VN naprave, ki jo prikazuje enačba (1). Ocenjevanje se izvaja za vsak prenosni vod posebej.

$$c = \frac{(\text{kriterij} \times \text{ocena}) + (\text{kriterij } n \times \text{ocena})}{\sum \text{kriterij}} \quad (1)$$

Iz tega načina ocenjevanja tehničnega stanja prenosnega voda lahko sklepamo, da bomo kmalu naleteli na težave. Namreč pri ocenjevanju VN naprav v stikališču obravnavamo en VN element bodisi ali je odklopnik, ločilnik ali transformator. Pri ocenjevanju prenosnega voda pa naletimo na problem, saj prenosni vod vsebuje več daljnovodnih stebrov, dolžino vodnikov ter relief. Iz teh kriterijev pa ne moremo pridobiti verodostojnih podatkov o stanju celotnega prenosnega voda, če ga obravnavamo kot VN element v stikališču. Zadeva bi se hitro rešila, če bi te tehnične kriterije vpeljali za vsak posameznih daljnovodnih steber in posamezno razpetino. V tem primeru pa se pri prenosnih vodih lahko zaradi prevelikega napora pri pridobivanju točnih podatkov pojavi vprašanje smotrnosti (RCM) vzdrževanja.

5. SKLEP

Calpos Main je internetna aplikacija, katera omogoča podjetjem, ki se ukvarjajo s prenosom električne energije, transparenten pogled o zanesljivostnem orientiranem vzdrževanju visokonapetostnih naprav. Kriterij ocenjevanja stanja VN opreme ni mogoče standardizirati po enotni metodologiji. V svetu imajo države zaradi različnih faktorjev kot so: klimatske razmere, napetostni nivo, zakonodaja ipd. različni pristop kriterijev za ocenjevanje stanja VN naprave. Pristop pridobivanja kriterija pomembnosti pa ima enoten pristop računanja indeksa pomembnosti, vendar je ta odvisen od topologije elektroenergetskega omrežja.

Za določitev indeksa »c« bi sicer lahko naredili podrobno raziskavo s pomočjo statistične obdelave vhodni podatkov s časovnimi vrstami. S tem bi lahko določili kriterije, na podlagi teh pa s pomočjo nelinearnega modela postavili uteži. S takšnim potekom bi lahko utemeljili spremembo uteži posameznega kriterija. Za izboljšanje kriterija pomembnosti, bi morala elektroenergetska shema zajemati vso distribucijsko infrastrukturo (SODO). S pridobivanjem podatkov, ki jih zajema programsko orodje SCADA, pa bi pridobili živo statistiko stanja VN naprav na terenu.

6. VIRI, LITERATURA

- [1] Elektrogospodarstvo Slovenije: Razvoj elektrifikacije Slovenije do leta 1945, Tehnična založba, Ljubljana, 1976
- [2] Združena elektrogospodarska podjetja Slovenije: Razvoj elektroenergetike Slovenije od 1945 do 1980, Tehnična založba, Ljubljana, 1982

- [3] L. A. Ljubiša, Konceptija razvoja 380 kV osnovne mreže Jugoslavije, JUGEL, Ohrid 1978
- [4] Pravilnik o vzdrževanju elektroenergetskih prenosnih napravah, ELES, Ljubljana, 2008
- [5] Ageing of the System – Impact on Planning, CIGRE, Report 176, Working Group 37-27, 2000.
- [6] G. Balzer, P. Tong Lee, A. Breuer, A. Underbrink, Izdelava metodologije strateškega vzdrževanja prenosnega omrežja z upoštevanjem zanesljivostno ekonomskih parametrov učinkovitosti (Lot 1), ABB, št. projekta: OS02276/VH, Ljubljana 2003.
- [7] B. Volk, K. Bakič, Izkušnje z uvajanje RCM metodologije V ELES-u, Sloko CIGRE, ref. C1-2, Velenje 2005
- [8] NEPLAN, Planning and Optimization System for Electrical Networks, 2005.
- [9] M. Plaper s sodelavci: "Pogledi na bodoči razvoj omrežij najvišjih napetosti v Sloveniji"; Ref. št. 507, EIMV Ljubljana, 1971
- [10] F. Jakl: "Izgradnja prenosnega omrežja 400 kV v Sloveniji"; Elektrotehniški vestnik, (44) 1977, št. 5, str. 259-276
- [11] F. Jakl: "Historat študijskih in operativnih del za ojačitev povezave Jugoslavije z Avstrijo na nivoju 400 kV"; Elektrotehniški vestnik, (57) 1990, št. 1-2, str. 67-72

NASLOV AVTORJEV

mag. Lovro Belak, univ.dipl. inž.el.

Elektro-Slovenija d.o.o.
Hajdrihova 2, SI-1000 Ljubljana
tel. 01/474-35-49
lovro.belak@eles.si

izr. prof. dr. Franc Jakl

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko
Smetanova ulica 17, SI-2000 Maribor, Slovenija
tel. 041/732-571
franc.jakl@uni-mb.si; franc.jakl@siol.net