

ULOGA ODRŽAVANJA U POSTIZANJU POUZDANOSTI ELEMENTATA PRIJENOSNE MREŽE U EES-U

Miroslav M e s i ć - Želimir G o n g o l a, Zagreb

UDK 621.316.1.005:338
PREGLEDNI ČLANAK

U postizanju pouzdanosti elemenata prijenosne mreže održavanje ima odlučujuću ulogu. Povećanje pouzdanosti i optimiranje troškova održavanja predstavljaju zajednički cilj modernih modela održavanja na pragu novog milenija.

Ključne riječi: pouzdanost, održavanje, troškovi.

1. UVOD

Elektroenergetski sustav Republike Hrvatske (EES) čine izvori (elektrane), prijenosna i distributivna mreža, a njegova je temeljna zadaća opskrba potrošača električnom energijom.

Pouzdanost opskrbe ovisi o pouzdanosti glavnih sastavnica EES-a, a izražava se vremenom ispravnog rada. Prijenosna mreža je sastavljena od elemenata - dalekovoda (DV) i transformatorskih stanica (TS) 400/100x kV na području Republike Hrvatske. Pouzdanost prijenosne mreže ovisi o pouzdanosti elemenata (DV i TS) koji imaju veliki broj različitih komponenata (aparati, uređaji). U postizanju pouzdanosti elemenata prijenosne mreže odlučujuća je uloga održavanja.

Posljednjeg desetljeća u svijetu je na području održavanja došlo do velikih promjena i aplikacija različitih strategija održavanja čiji je zajednički cilj postizanje što veće pouzdanosti uz što manje troškove.

Kako je u Republici Hrvatskoj započelo restrukturiranje javnih poduzeća koje se očituje i u elektroprivrednoj djelatnosti, predstoje ozbiljne zadaće u pripremi za moguće promjene u pristupu održavanju.

2. ODRŽAVANJE ELEMENTATA PRIJENOSNE MREŽE EES-a

2.1. Uloga i značenje prijenosne mreže

Prijenosna mreža u EES-u povezuje proizvodne izvore i distributivna područja u Republici Hrvatskoj.

Veličinu prijenosne mreže ilustriraju podaci o ukupnoj instaliranoj transformaciji i duljini dalekovoda u Republici Hrvatskoj:

$$P_{inst} = 9476 \text{ MVA}$$

$$I_{DV} = 6882,6 \text{ km}$$

Navedeni podaci pokazuju da je riječ o bitnom dijelu EES-a kojim se električna energija privodi do razine regija i velikih gradova.

Svaki veći kvar u prijenosnoj mreži može za posljedicu imati veće poremećaje u opskrbi električnom energijom i izazvati velike direktne i indirektno štete. S obzirom na današnji opseg izgrađenosti EES-a i zadovoljavajuću redundantnost elemenata prijenosne mreže kvar jednog elementa ne mora značiti i prekid opskrbe električnom energijom. U tom slučaju drugi preostali element preuzima ulogu prvoga, ali uz bitno smanjenu raspoloživost i pouzdanost, jer slijedeći kvar može značiti prekid napajanja i velike štete.

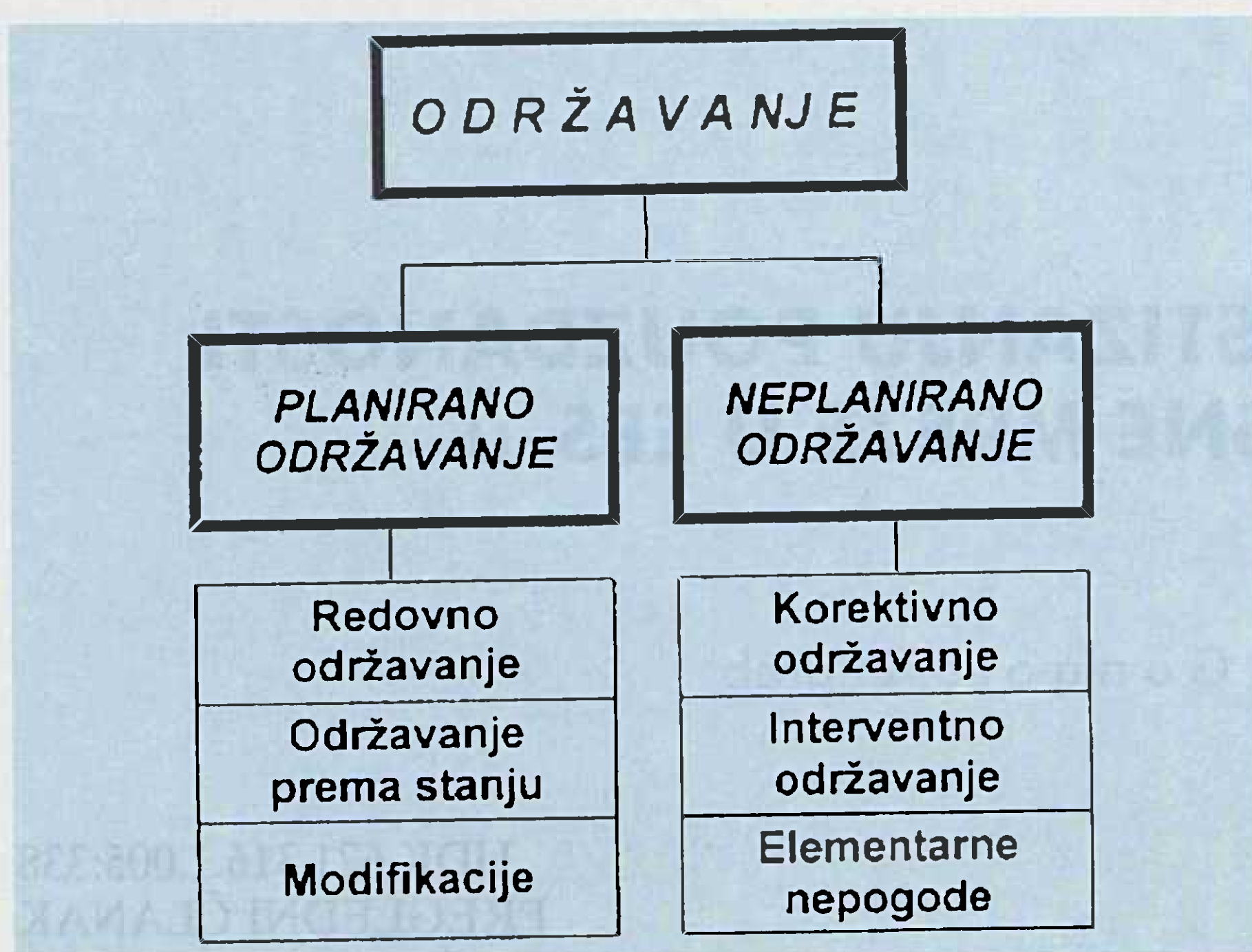
Uloga prijenosa mreže u EES-u je dakle vrlo bitna, a uloga EES-a kao temeljne infrastrukturne sastavnice društva je strateška. Normalan i redovit pogon EES-a, pa tako i prijenosne mreže podrazumijevaju se kao uvjet funkcioniranja društva i malo je poznato što sve treba zadovoljiti da bi se osigurao takav, praktično neprekidni pogon.

2.2. Održavanje elemenata prijenosne mreže

Aktualna strategija održavanja elemenata prijenosne mreže polazi od racionalnog i planiranog korištenja postojeće redundantnosti elemenata s obzirom da se većina radova održavanja odvija u beznaponskom stanju, dakle isključenjem objekta održavanja iz redovnog pogona.

Održavanje se definira kao skup radnji i postupaka čiji je cilj zadržavanje tehničke ispravnosti opreme i uređaja na tehnički prihvatljivoj razini [1].

Uobičajena podjela održavanja prikazana je na slici 1. Planirano redovno održavanje proizlazi iz godišnjeg plana radova koji se izrađuje prema Pravilniku o održavanju elektroenergetskih objekata prijenosne mreže (vrsta radova i učestalost). Održavanje prema



Slika 1. Shematski prikaz osnovne podjele održavanja

stanju predstavlja aktivnosti nakon utvrđivanja smetnje ili nedostatka tijekom preventivnih ispitivanja, pregleda ili opažanja. Modifikacije predstavljaju manje zahvate na opremi i uređajima iz razloga neraspologanja starijim tipovima sklopova ili komponenata.

Neplanirano održavanje obuhvaća kvarove opreme i uređaja koji podrazumijevaju ispad iz pogona, a interventno održavanje radnje s minimalnom odgodom eliminacije smetnje ili nedostataka.

Ne računajući elementarne nepogode iskustveni odnos troškova planiranog i neplaniranog održavanja u prijenosnoj mreži pojavljuje se približno u odnosu 70 : 30 %.

Na razini prijenosne mreže uobičajeno je godišnje osnovno planiranje radova, te tjedno detaljno planiranje, izvršenje, praćenje i izvješćivanje o obavljenim radovima kao redovni pogonski i poslovni postupak, koji se ciklički ponavlja kroz cijelu godinu.

Tradicionalno održavanje kao osnovni oblik redovnog-preventivnog održavanja obuhvaća sve elemente prijenosne mreže, a vrsta radova i njihova učestalost (periodičnost) definirani su Pravilnikom o održavanju elektroenergetskih objekata prijenosne mreže. Ovo održavanje sadrži preglede, revizije i remonte, te dijagnostička preventivna ispitivanja koja pokazuju stanje elemenata i komponenata. Svi neispravni dijelovi i sklopovi, a ponekad i kompletni uređaji (primjerice mjerni transformatori) zamjenjuju se novima čime se sprječavaju neugodni i opasni pogonski događaji.

Tradicionalno održavanje temelji se na uhodanim procedurama pripreme, obavljanja radova i izvješćivanja o radovima putem godišnjeg planiranja i tjednog izvođenja radova. Radove obavljaju u najvećem dijelu vlastite specijalističke ekipe uz pomoć specijalne mehanizacije (korpe, dizalice) prilagođene gabaritima i karakteristikama za radove u visokonaponskim postrojenjima. Osnovne značajke tradicionalnog održavanja starijih postrojenja mogu se svesti na velike teškoće s pričuvnim dijelovima za stariju opremu i nemogućnost supstitucije modula novima ili novim istovrsnim

uređajima, s obzirom da se takvi uređaji više ne proizvode, te izgrađeni sustav dijagnostičkih ispitivanja visokonaponske opreme kojima je značajno smanjen broj kvarova i štetnih događaja, a time povećana pouzdanost i sigurnost pogona.

2.3. Evidentiranje i praćenje troškova održavanja

Racionaliziranje poslovnog procesa i smanjivanje troškova predstavlja temelj poslovne politike u svim djelatnostima, pa tako i u elektroprivrednoj.

Uspostavljanjem novog sustava evidentiranja i praćenja troškova prije tri godine u HEP-u omogućeno je praćenje troškova prema vrstama održavanja koje su prikazane na slici 1, te prema naponskim razinama 110, 220 i 400 kV i elementima prijenosne mreže DV i TS.

Tako, primjerice, ukupni troškovi održavanja u jednoj godini iznose

$$T_U = T_{PO} + T_{NPO}$$

gdje su:

- T_{PO} - troškovi planiranog održavanja
- T_{NPO} - troškovi neplaniranog održavanja.

Troškovi održavanja dalekovoda mogu se izraziti kao:

$$T_{UDV} = T_{U220} + T_{U400}$$

te svesti na uobičajenu jedinicu mjere - 100 km DV

$$T'_{UDV} = \frac{T_{UDV}}{I_U} \times 100$$

gdje je:

- I_U - ukupna duljina dalekovoda izražena u kilometrima.

Troškovi održavanja transformatorskih stanica se po istom načelu mogu prikazati kao

$$T_{UTS} = T_{U110} + T_{U220} + T_{U400}$$

i svesti na uobičajenu jedinicu mjere - polje 110 kV

$$T'_{UTS} = \frac{T_{UTS}}{n_p}$$

gdje je:

- n_p - ukupni broj polja sveden na polja 110 kV.

Također vrijedi i relacija

$$T_U = T_{UDV} + T_{UTS}$$

Praćenjem troškova koji se evidentiraju i vode na opisani način pomoću računala, podaci o dinamici utroška po vrsti troška i mjesta troška mogu se dobiti u svakom trenutku za prošlo razdoblje.

Točna lokacija mjesta i vrste troška i njegov iznos predstavljaju precizan put prema ostvarenju temeljnog cilja - smanjivanja troškova, na način da se ne ugrozi osnovna funkcija i zadaća održavanja.

Pridruživanjem podataka o ukupno prenešenoj energiji u jednoj godini, broju zaposlenika i gubicima mogu se dobiti pokazatelji učinkovitosti održavanja mjero-davni za usporedbu s prijenosnim mrežama u drugim zemljama.

2.4. Strategije i modeli održavanja

U prošlom desetljeću održavanje se smatralo sekundarnom i skupom zadaćom, te se počelo značajno reducirati u razdoblju ekonomskih i financijskih teškoća, s obzirom na činjenicu da je smanjivanje troškova postalo glavni faktor ekonomije.

No s vremenom se ipak došlo do spoznaje da održavanje može postati jedan od glavnih oblika racionalnog poslovanja.

Novi pristup utemeljen na uštedi energije, zaštiti okoliša, stupnju automatizacije i informatizacije, kvaliteti i sigurnosti, te razvoj novih tehnologija, odredili su moderan pristup održavanju čiji je glavni cilj optimiranje troškova održavanja primjenom različitih modela i tehnika [3].

Vodeći projekt Europske federacije nacionalnih udruženja održavanja (EFMNS) preporučuje slijedeća strateška područja održavanja:

- struktura i aktivnosti održavanja
- upravljanje troškovima održavanja
- organizacija održavanja
- osoblje
- upravljanje pričuvnim dijelovima
- primjena računala
- standardi i preporuke.

S obzirom na sve veća očekivanja od održavanja i promjene u tehnici primjene održavanja, najmodernije filozofije održavanja na pragu trećeg milenija definiraju različite strategije, koje kao osnovni zajednički cilj imaju optimiranje troškova:

- a) RCM-strategija (Reliability Centred Maintenance)
- b) Latinska škola (Self Maintenance)
- c) TPM-strategija (Total Productive Maintenance)
- d) Ruska škola (Uniform Cycle Maintenance).

Zbog primjenljivosti u elektroprivredi (primjerice EDF) informativno se mogu navesti neke postavke RCM-strategije, koja predstavlja kombinaciju managementa, tehničkih i ekonomskih uvjeta s ciljem određivanja ekonomičnog ciklusa održavanja:

- veća početna ulaganja u kvalitetniju opremu što u budućnosti donosi manje troškove održavanja, veću pouzdanost i manji rizik od ispada iz pogona i šteta
- točno određivanje opreme i uređaja za koje su potrebni kraći periodi između remonta s ciljem povećanja pouzdanosti
- propisivanje detaljnih tehničkih zahtjeva za novu opremu koji osiguravaju traženu pouzdanost
- posljedice ispada iz pogona su mnogo veće nego tehnički karakter kvara
- ekonomska valorizacija očekivanih efekata u primjeni treba prethoditi implementaciji.

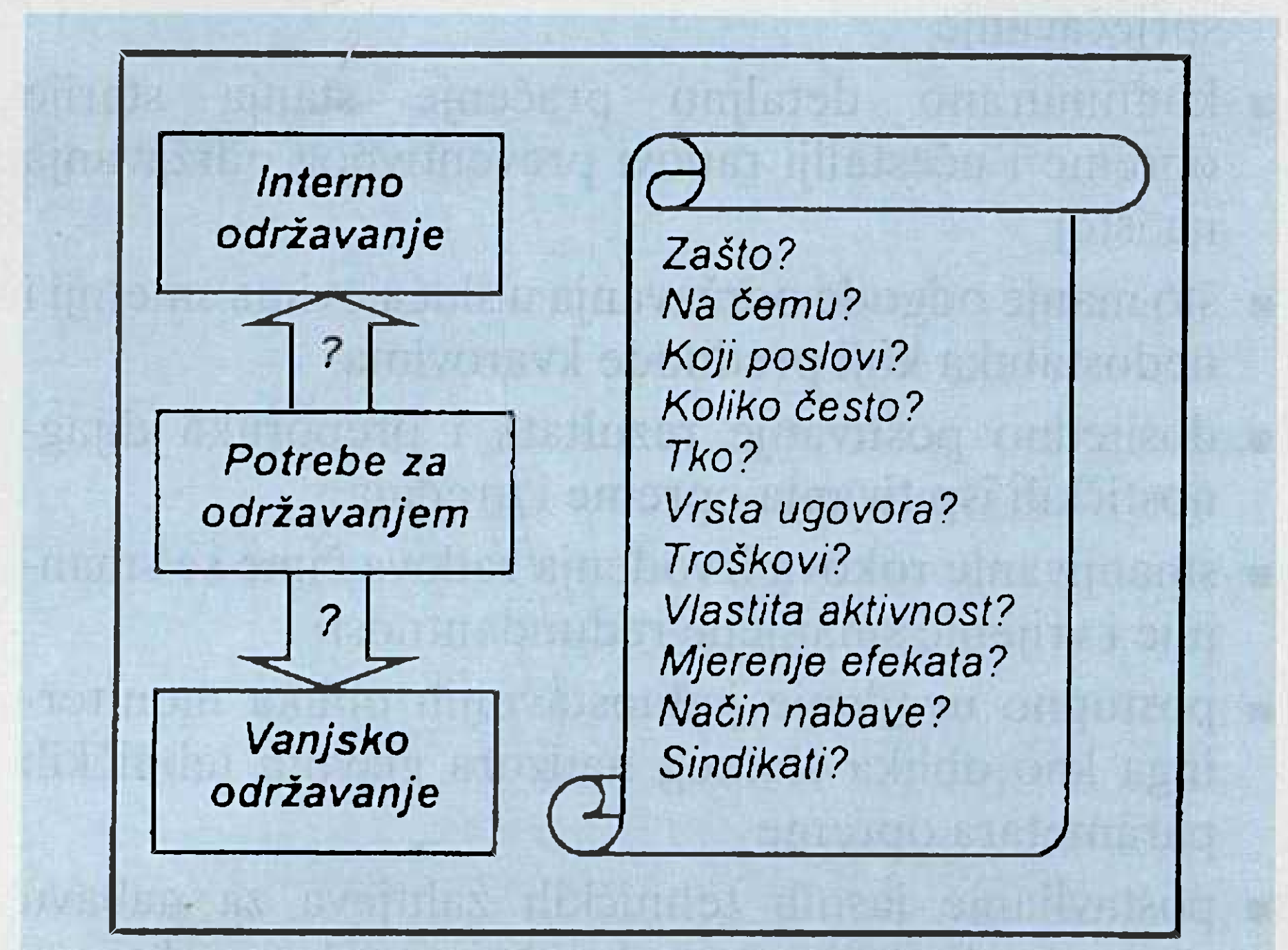
Prigodom određivanja poslovne politike - smanjivanja troškova poslovanja, jedan od često primjenjivanih ob-

lika "oslobađanja" temeljne djelatnosti od "sporednih" djelatnosti je tzv. *outsourcing*. Odnos domaćeg - unutarnjeg i vanjskog održavanja je izrazito delikatan i složen, a ispravnoj odluci o opsegu unutarnjeg i vanjskog održavanja trebaju prethoditi precizne tehničko-ekonomske analize i točna financijska valorizacija.

Oslanjanje na vanjske izvođitelje radova održavanja i neselektivna primjena *outsourcinga* u mnogim slučajevima nisu dali očekivane rezultate, a zabilježeni su i slučajevi brzog gubitka desetljećima akumuliranog znanja, iskustva i stručnih zaposlenika.

U neselektivnoj primjeni *outsourcinga* prisutno je i potcjenjivanje mogućnosti vlastitog - internog održavanja, te površno ugovaranje radova održavanja, pa je u pripremi i odgovarajući standard "Vodič za pripremu ugovora o održavanju" Europskog komiteta za normizaciju (CEN) [2].

Neke dileme podjele poslova između vanjskog i unutarnjeg izvođitelja održavanja prikazane su na slici 2.



Slika 2. Velike dileme u podjeli poslova održavanja

3. ULOGA ODRŽAVANJA U POSTIZANJU POUZDANOSTI ELEMENATA PRIJENOSNE MREŽE EES-a

3.1. Status održavanja elemenata prijenosne mreže

Današnji sustav održavanja elemenata prijenosne mreže može se ocijeniti zadovoljavajućim s tehničkog i ekonomskog aspekta, iako su posljednjih godina prisutne tendencije smanjivanja značenja i uloge održavanja i postupnog smanjivanja sredstava.

Organizacija i tehnologija održavanja u prijenosnoj mreži su prošle dugačak razvojni put koji ponajviše korespondira s novim tehnologijama opreme. Tako održavanje danas predstavlja kombinaciju tradicionalnog i modernog odražavanja čiji udio sve više raste, s uravnoteženim odnosom unutarnjeg i vanjskog izvođenja radova. U odnosu na modele i strategije održavanja opisane u točki 2.4. može se konstatirati da

održavanje elemenata prijenosne mreže sadrži kombinaciju značajki nekoliko modela koja je primjerena ukupnom stanju na tržištu u Republici Hrvatskoj.

Najveći zaostatak se pojavljuje u zamjeni najstarije opreme i revitalizaciji objekata starosti 35 - 40 godina, zbog čega je broj kritičnih točaka relativno nepovoljan, a pouzdanost bitno smanjena.

Veliki napredak i racionalizaciju u procesu održavanja donijela je primjena računala i informatizacija logistike održavanja, što je značajno podignulo i razinu kvalitete održavanja.

3.2. Povećanje pouzdanosti elemenata prijenosne mreže

U postojećim uvjetima u elektroprivrednoj djelatnosti i prijenosnoj mreži moguće je povećanje pouzdanosti elemenata prijenosne mreže poduzimanjem određenih aktivnosti i pripadajućim ulaganjima:

- sustavna analiza kvarova iz statistike pogonskih događanja i mjere za njihovo pravodobno sprječavanje
- kontinuirano detaljno praćenje stanja starije opreme i učestaliji radovi preventivnog održavanja na istoj
- što manje odgode održavanja u slučajevima smetnji i nedostataka koji predhode kvarovima
- dosljedno poštivanje rezultata i preporuka dijagnostičkih ispitivanja opreme i uređaja
- smanjivanje rokova izvođenja radova čime se smanjuje i vrijeme smanjene redundantnosti
- postupno uvođenje jednostavnijih oblika monitoringa kao oblika stalnog nadzora glavnih tehničkih parametara opreme
- postavljanje jasnih tehničkih zahtjeva za nabavu nove – kvalitetnije i pouzdane opreme koja zahtijeva minimalno održavanje
- redovito i uredno obavljanje redovnog održavanja s naglaskom stalnog povećavanja kvalitete radova.

Navedene aktivnosti zahtijevaju sustavno i kontinuirano provođenje i praćenje i trebaju biti postavljene kao jedan od glavnih poslovnih ciljeva. Na taj način pouzdanost elemenata prijenosne mreže može se kontinuirano povećavati, a rizik od štetnih događaja može biti značajno manji.

3.3. Optimiranje troškova

Osnovni cilj uspješne poslovne politike je smanjivanje troškova u svim segmentima pa tako i u održavanju, uz što je moguće manju mjeru utjecanja na temeljnu djelatnost. Za održavanje elemenata prijenosne mreže mogu se navesti neki oblici i mogućnosti smanjivanja troškova održavanja:

- obavljanje poslova s manjim brojem izvršitelja i u kraćem vremenu racionalizacijom radnog i tehnološkog procesa

- racionalizacija sustava nabave i korištenja pričuvnih dijelova
- revizija radnih procesa s velikim brojem sudionika iz različitih organizacijskih jedinica
- detaljno i ekonomski povoljno ugovaranje radova s vanjskim izvođačima
- ekonomska analiza prihvatljivosti "sporednih" djelatnosti u održavanju
- davanje usluga održavanja drugim organizacijskim jedinicama HEP-a
- redistribucija zadaća održavanja između pogonskog osoblja i osoblja upravljanja postrojenjima
- formiranje integralnog informacijskog sustava od nekoliko danas autonomnih podsustava
- zajedničko i pojedinačno ostvarivanje tzv. "malih ušteda" na svim razinama kao temelj poslovne politike.

Uspostavljanjem novog sustava evidentiranja i praćenja troškova opisanog u točki 2.3. moguće je precizno praćenje i lokacija svih troškova, čime su stvoreni uvjeti i za njihovu kritičku ocjenu, a zatim i smanjivanje.

Smanjivanje troškova pod svaku cijenu i na neselektivni način ne znači i optimiranje troškova, već može značiti i narušavanje elementarnih pogonskih uvjeta.

Mogućnost optimiranja troškova održavanja prikazuje slijedeći primjer.

Primjer

Godišnji troškovi održavanja prijenosne mreže u regiji Zagreb (PrP Zagreb) iznose približno 30×10^6 kn za 2300 km DV i 40 TS 400-110/x kV.

Realno smanjenje troškova za 10-15 % na prethodno opisani način može donijeti uštedu od $3,0 - 4,5 \times 10^6$ kn koja je dostatna za nabavu približno 100 komada mernih transformatora 123 kV, a to znači direktno povećanje pouzdanosti nakon zamjene starih jedinica kao što je opisano u točki 3. 2.

Optimiranje troškova može također značiti i drukčiju raspodjelu istih sredstava na radove i poslove koji kao direktnu posljedicu imaju povećanje pouzdanosti na račun onih poslova koji imaju manji značaj.

4. ZAKLJUČAK

U postizanju pouzdanosti elemenata prijenosne mreže elektroenergetskog sustava održavanje ima odlučujuću ulogu. Današnja strategija održavanja u prijenosnoj mreži polazi od racionalnog korištenja redundantnosti u prijenosnoj mreži, a temelji se na kombinaciji tradicionalnog održavanja za staru i modernog za noviju opremu.

Evidentiranje i praćenje troškova omogućuje lokaciju i vrstu troškova, te je moguća usporedba pokazatelja uspješnosti sa sličnim sustavima.

Moderne strategije i modeli održavanja u svijetu u prvi plan postavljaju zahtjeve na visoku pouzdanost opreme i uređaja i smanjivanje rizika od štetnih događaja, uz optimiranje troškova kao stalnu i temeljnu zadaću.

Povećanje pouzdanosti u kombiniranom modelu održavanja kakav postoji u prijenosnoj mreži, može se postići sustavnim i kontinuiranim provođenjem mjera i aktivnosti čiji je glavni cilj sprječavanje kvarova prije njihovog nastanka, a time i posljedica kvara.

Optimiranje troškova kao jedan od temeljnih ciljeva uspješnog poslovanja u održavanju elemenata prijenosne mreže može se postići racionalizacijom poslovanja i korištenjem unutarnjih rezervi.

LITERATURA

- [1] M. MESIĆ, dipl. ing. el.: "Osnove novog pristupa održavanju rasklopnih postrojenja 400 - 110/x kV", Savjetovanje HK CIGRE/1999.
- [2] J. FRANLUND: "Sweden Internal or external maintenance contract", Euromaintenance '98.
- [3] A. MONTEIRO LEITE, Portugal: "Modern philosophies of maintenance, at the turn of the new millennium", Euromaintenance '98.

MAINTENANCE ROLE IN ACHIEVING TRANSMISSION NETWORK COMPONENTS' RELIABILITY OF ELECTRIC POWER SYSTEMS

Maintenance has a decisive role when aiming at the reliability of transmission network components. Reliability increase and maintenance cost optimisation present a common goal of current maintenance models on the threshold of a new millennium.

DIE WARTUNG ALS FAKTOR DER ZUVERLÄSSIGKEIT VON BESTANDTEILEN DES ÜBERTRAGUNGSNETZES IM STROMVERSORGUNGSSYSTEM

Die Wartung ist für die Zuverlässigkeit der Bestandteile eines Übertragungsnetzes von entscheidender Bedeutung. Die Zuverlässigkeitssteigerung und die Kostenoptimierung stellen einen gemeinsamen Ziel moderner, an der Schwelle des neuen Jahrtausends stehenden, Wartungsmodelle.

Naslov pisaca:

Miroslav Mesić, dipl. ing.
Želimir Gongola, dipl. ing.
HEP, d.d. Prp. Zagreb
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 1999-11-18.