

Ante Pavić, dipl.inž.el.
Davor Orešković, dipl.inž.el.
Goran Šagovac, dipl.inž.el.
Jure Jozić, dipl.inž.el.
HEP, DP ELEKTRA-ZAGREB

R 5

NUŽNOST NOVOG PRISTUPA ODRŽAVANJU ELEKTRODISTRIBUCIJSKIH POSTROJENJA

SAŽETAK

Nove tehnologije primarne i sekundarne opreme i sve veće mogućnosti glede dijagnostičkih ispitivanja, u kombinaciji sa informatizacijom omogućuju nam racionalniji pristup održavanju.

Optimiziranjem održavanja moguće je znatno povećati raspoloživost i pouzdanost postrojenja uz istodobno smanjenje troškova. Ovaj problem dodatno je značajan s obzirom na započete promjene u strukturi vlasništva, liberalizaciju tržišta električnom energijom, te nužnost uspostavljanja drugačijih odnosa s potrošačima.

Ovim referatom želi se ukazati na osnovnu problematiku održavanja elektrodistribucijskih postrojenja, a naročito glede smjernica i potrebe novog pristupa održavanju, te potaknuti na neophodne promjene.

Ključne riječi: održavanje, stanje opreme, raspoloživost, pouzdanost, smanjenje troškova

NEED FOR A NEW MAINTENANCE APPROACH OF ELECTRODISTRIBUTION UTILITIES

ABSTRACT

New technologies regarding primary and secondary equipment and greater possibilities concerning diagnostic testing in combination with info-technology, are giving us the opportunity for much more rational approach to maintenance.

With optimisation of maintenance, it is possible to increase reliability and availability of plants and also in the same time will have certain cost reduction.

This case is additional important concerning started changes within ownership structure, electric energy market liberalisation, and necessity of establishing different relations with customers.

With this report our main goal is to point out relevant issue of maintaining electrodistribution utilities, especially concerning guidelines and the need for a new maintaining approach, and to initiate necessary changes.

Key words: maintenance, equipment condition, availability, reliability, cost reduction

UVOD

Intenzivan razvoj i primjena novih tehnologija u proizvodnji elektroenergetske opreme, prestižna diagnostička ispitivanja i prodor informatičkih tehnologija, odnosno opća informatizacija, kako u sferi poslovne tako i u sferi procesne informatike, doveli su do stanja nužnosti prilagodbe i novog pristupa segmentu poslovanja kao što je održavanje, koje je iznimno zahtjevno, kompleksno i odgovorno.

Prestizni numerički sekundarni uređaji i sustavi, u kombinaciji s prestižnim rješenjima i tehnologijama primarne opreme i postrojenja, omogućuju bitno kvalitetniju opskrbu potrošača električnom energijom i racionalniji pristup održavanju kao jednoj od najznačajnijih sastavnica poslovanja.

Prednosti i mogućnosti koje donose nove tehnologije (primarne i sekundarne opreme), predstavljaju izazov za sve sudionike koji sudjeluju u procesu definiranja zahtjeva, kreiranja i tipizacije tehničkih rješenja, projektiranja, izgradnje i održavanja postrojenja i pripadnih mreža, te upravljačkih centara. Jednostavno rečeno bilo bi nerazumno maksimalno ne iskoristiti blagodati koje nam pružaju nove tehnologije i informatika.

Forced ovih pozitivnih utjecaja, blagodati i okolnosti koje su posljedica tehnološkog napretka, održavanje elektrodistribucijskih postrojenja izvrnuto je sve većem i većem utjecaju osjetljivosti potrošača na preklade u opskrbi i na kvalitetu električne energije. To znači da se povećavaju zahtjevi na elektroenergetski sustav, odnosno njegovu pouzdanost i raspoloživost. Glede našeg sustava, to je poseban problem budući da se može ustvrditi da je on relativno star i da sve teže odolijeva traženim uvjetima.

Za očekivati je sve intenzivniji "pritisak" potrošača električne energije na isporučitelje, koji će u skoroj budućnosti dovesti i do međusobnih ugovornih obveza glede kakvoće "usluge", odnosno "proizvoda". Također je za očekivati i sve oštrije normativne zahtjeve, odnosno zahtjeve koji će biti propisani isporučitelju električne energije.

Osim navedenog, održavanje je izvrnuto sve oštrijim zahtjevima propisa zaštite na radu, zaštite od požara i zaštite okoliša, što znači da je povećana odgovornost na pojedinim razinama rukovođenja.

Sve to, dovelo je do potpuno novih mogućnosti i neophodnosti novog pristupa u gospodarenju elektrodistribucijskim sustavom, a naročito glede optimiranja i racionalizacije. Uostalom, to je naša temeljna dužnost i obveza. To znači da nove okolnosti i uvjeti pod kojima se održavanje postrojenja mora provoditi, te promjene u strukturi vlasništva poduzeća i deregulacije tržišta električnom energijom nameću potrebu razmišljanja konzervativnog pristupa, odnosno nužnost prelaska na sustavniji i moderniji model održavanja.

PRESJEK KROZ POVIJEST ODRŽAVANJA I OSVRT NA VAŽEĆU REGULATIVU I PROMJENE U STRUKTURI VLASNIŠTVA

Privatizacija HEP-a će vjerojatno biti posljednja faza u procesu pretvorbe hrvatskog gospodarstva. Razlozi su brojni i očigledni kao primjerice: najveći i najsloženiji sustav, najveći broj uposlenih, najveća vrijednost osnovnih sredstava, odnosno kapitala, jedan jedinstveni sustav i slično. Ukratko, riječ je o strateškoj grani od državnog značaja.

Čemu ovakav uvod? Razlog se nameće sam od sebe! Ako govorimo o vrlo značajnom sustavu, tada je sve u svezi s njim također značajno, a posebno njegovo vođenje i održavanje na optimalan način. Dakle u našim uvjetima to bi značilo: održavanje na zadovoljavajućoj razini pouzdanosti pogona i sigurnosti ljudi uz istodobno što veću neprekinutost u opskrbi potrošača električne energije, sa malim raspoloživim ulaganjima.

Prema tome, ako se slažemo da je riječ o vrlo vrijednom sustavu koji iziskuje da mu se kroz njegu posveti vrlo velika pozornost, tada je jasno da održavanje kao disciplina treba taj značaj manifestirati i u pristupu reguliranja te problematike, odnosno propisivanju određenog načina ponašanja učesnika u tom procesu. Raščlamba načina održavanja, te pristupa toj problematici u kronološkom slijedu, neupitno nas svojom logikom povezuje sa statusom vlasništva nad sustavom u danom trenutku.

Do početka sedamdesetih godina i uvođenja samoupravljanja, u Hrvatskoj je kao i cijeloj bivšoj Jugoslaviji čitavo gospodarstvo u državnom vlasništvu, svi procesi se odvijaju u ozračju državnog centralizma, pa se tako i regulativa glede pogona i održavanja elektroenergetskih objekata stvara u uredima državnih čimbenika.

"Ruski model" je neupitan, problemi se generaliziraju jer su jedino tako rješivi u velikom sustavu, jedni pišu propise, drugi ih striktno provode, a treći dosljedno kontroliraju provedbu.

Postoji tendencija da se čim više toga propiše, te da se subjekti u tom procesu svedu na elemente jednog mehanizma kojem se mora priznati da funkcionira, ali sa dugoročno gledano velikom manom: skup je i neracionalan, jer u tom uopćavanju ne priznaje raznolikosti i posebnosti koje nose uštede. Takvi propisi ne razlikuju postrojenja po starosti, tehnologiji izvedbe, vrsti, kategoriji, važnosti konzuma kojeg napajaju i što je najbitnije, ne dopuštaju bilo kakvu samostalnost subjekata pri odstupanju od rokova i aktivnosti koje bi mogle proizaći iz preventivnih ispitivanja, mjerenja, pregleda, statistike praćenja događaja i stručne procjene stanja.

Danas važeći propisi doneseni su na razini bivše države davne 1968.godine. Čak se može reći da su još stariji jer su rađeni, uz nebitne izmjene, prema propisima iz 1957.godine. Prema tome, kroz praktički više od tri, odnosno četiri desetljeća imali smo iste *Propise o tehničkim mjerama za pogon i održavanje elektroenergetskih postrojenja* koji je postepeno postajao sve neprimjereniji vremenu koje je nosilo nove zahtjeve i promjene.

Tijekom svih tih godina bilo je više pokušaja da se propisi približe mogućnostima primjene u praksi, no ništa od toga nije provedeno, najvjerojatnije iz razloga što je na saveznoj razini trebalo usuglasiti i pomiriti previše različitih stavova, a i zato što su sami provoditelji, odnosno održavatelji obično bili predaleko od odlučivanja i donošenja propisa, pa su njihovi zahtjevi i sugestije "otupjeli" na putu do saveznog tijela koje ih je donosilo.

Pozitivni pomaci, u tom smislu, krenuli su u drugoj polovici sedamdesetih godina, a bili su posljedica općedruštvene liberalizacije odnosa, odnosno prelaskom državnog u društveno vlasništvo kojim su poduzeća postala "autonomni" pravni subjekti, uvođenjem samoupravljanja po načelu "tvornice radnicima". Bez obzira na "povijesni" značaj tog vremena, u dijelu regulative se krenulo sa približavanjem praksi kroz izradu internih pravilnika, što je tog trenutka postalo moguće, jer su sami uposlenici postali i poslodavci kroz samoupravne organe.

Tako je u Elektri-Zagreb najprije nastao "Pravilnik o obujmu i učestalosti radova na elektroenergetskim postrojenjima" OOUR-a Distribucija Zagreb, koji se i dalje previše oslanjao na gore spomenut savezni pravilnik, da bi onda 1984.godine bio zamijenjen "Pravilnikom o reviziji, održavanju i remontu elektroenergetskih postrojenja i objekata". Tim pravilnikom se prvi put moglo propisano i provoditi, jer su propisane aktivnosti i učestalosti bili najprije prilagođeni mogućnostima razumnog obima iskapčanja, a zatim i zato jer su usuglašeni radovi i rokovi na raznim elementima istog postrojenja. Globalno je poštovan nadređeni savezni akt, a dotadašnje nedorečenosti i kontradiktornosti su pomirene oslanjajući se na iskustvo, te pritiskom na proizvođače opreme da se aparati prilagode potrebama pogona, a upute donesu u konzultaciji sa korisnicima. Osim toga, propisana su i nova ispitivanja i mjerenja (primjerice mjerenje padova napona na sabirnicama i prekidačima, termovizija i slično) kojima se dokazivala kvaliteta opreme i na temelju toga odgađale ili čak ukidale neke aktivnosti na održavanju.

Godinu dana kasnije, na zahtjev ZEOH-a, Institut Elektroprivrede je za potrebe cijele elektroprivrede Hrvatske izradio praktički isti takav pravilnik. Kako je u izradi istog sudjelovala i radna skupina iz Elektr-Zagreb, može se reći da su oba pravilnika bila prožeta istim načelima, s tim da je ovaj drugi u svojim odredbama bio fleksibilniji i blažih uvjeta iz razloga što je trebao pomiriti mogućnosti svih distribucija u sastavu ZEOH-a.

Osamostaljenjem Hrvatske i stvaranjem Hrvatske elektroprivrede, krenulo se i sa stvaranjem nove regulative, koja se u dijelu održavanja, kao uostalom i u drugim područjima, nije značajno promijenila. Praktički se to svelo na preuzimanje starog pravilnika uz sitne izmjene bez utjecaja na smisao i postojeću logiku održavanja. Tako je 1992.godine nastao još uvijek važeći "Pravilnik o održavanju elektrodistribucijskih objekata i postrojenja" na razini Direkcije za distribuciju.

Još tada, a pogotovo prestankom rata i otvaranjem hrvatskog tržišta prema svijetu, te sve većom zastupljenošću poznatih svjetskih proizvođača elektroopreme u našem elektroenergetskom sustavu, moglo se primijetiti da će taj pravilnik vrlo brzo doći pod udar novih trendova. Visoka razina kvalitete uvezenih proizvoda, nove primijenjene tehnologije u strukturi primarne opreme (SF6 izolacija, vakuum u prekidnoj tehnici, ...), te brzi razvoj i prodor integriranih sustava za zaštitu, upravljanje i nadzor, doveli su do apsurdna pitanje primjene "klasičnog" modela održavanja, pogotovo kad se uzme u obzir već prihvaćen velik broj preventivnih ispitivanja i mjerenja, što pod naponom što u beznaponskom stanju, s naglaskom na onaj prvi način.

Na kraju ovog presjeka i osvrta, vratimo se na uvodnu rečenicu i problem vlasništva i privatizacije. Samo je pitanje trenutka kada će sadašnji model održavanja doživjeti temeljite strukturne promjene, osobito glede troškova, a samim tim i prilagodbu načelima i pravilima u razvijenim zemljama gdje su uspostavljeni bitno drugačiji odnosi između vlasnika postrojenja, isporučitelja i potrošača električne energije.

U ovom prijelaznom razdoblju suočeni smo sa slijedećim procesima:

- * promjene u strukturi vlasništva poduzeća,
- * deregulacija tržišta električnom energijom,
- * isporuka električne energije sukladno normama kvalitete i
- * uspostavljanje novih odnosa sa potrošačima električne energije.

Zato je nužno i u segmentu poslovanja kao što je održavanje, pripremati se i prilagođavati već započetim procesima i promjenama, kako glede provedbe tako i glede regulative u svezi s održavanjem.

3. UTJECAJ NOVIH TEHNOLOGIJA NA KVALITETU ODRŽAVANJA

Ne tako davno, tehnološke promjene u elektroenergetici relativno sporo su se odvijale. Danas smo svjedoci sve bržih promjena koje stvaraju nove uvjete i izazove.

Pojavom novih tehnologija primarne i sekundarne opreme u postrojenjima, u kombinaciji s informatizacijom procesa održavanja, stvorene su pretpostavke za razradu i primjenu novog pristupa održavanju, odnosno za sustavno i selektivno napuštanje dosadašnjeg modela održavanja.

Tehnološki razvoj doveo je do trenda:

- * potpunog oklapanja i izoliranja dijelova pod naponom,
- * smanjenja broja elemenata (osobito aparata),
- * "jednostavnih" struktura,
- * "pojednostavljenja" upravljanja, ispitivanja i održavanja,
- * smanjenja vremena isključenja (radi preventivnog i korektivnog održavanja),
- * minimalnih potreba za održavanjem ("maintenance free"),
- * selektivnog i brzog isključenja kvarova,
- * sveobuhvatne automatizacije,...

Automatizaciju elektrodistribucijskog sustava, kao rezultat tehnološkog razvoja i sve većih zahtjeva i ovisnosti potrošača električne energije, karakteriziraju slijedeće značajke:

- * manji troškovi projektiranja, montaže i ispitivanja,
- * manji troškovi pogona i održavanja,
- * veća raspoloživost, pouzdanost i sigurnost,
- * samonadzor vitalnih funkcija,
- * "jednostavnost",
- * optimalna životna dob,
- * prikladnost za održavanje i rukovanje,
- * povoljniji režim rada,
- * manji broj kvarova,
- * manja vjerojatnost nastanka havarija,
- * manje štete prouzročene kvarovima,
- * mogućnost praćenja statistike i trenda pojedinih procesa, veličina i parametara,
- * mogućnost trenutnog djelovanja na pojavu poremećaja, smetnji, nedostataka i kvarova,...

U posljednje vrijeme, započelo se sa uvođenjem daljinski upravljivih aparata i uređaja u sastavu pripadnih srednjenaponskih mreža.

Nova oprema i raznorazni prijenosni ispitni i mjerni uređaji, kojih je sve više u primjeni, omogućuju značajno kvalitetnije preventivno održavanje i dijagnostiku stanja, odnosno da raspolažemo sa informacijama i podacima o stvarnom stanju pojedinih postrojenja, njihovih dijelova i sklopova.

Jedino prestižnim dijagnostičkim ispitivanjima pojedinih dijelova postrojenja, kao primjerice transformatora, prekidača i slično, moguće je spoznati njihovo stvarno stanje i pravodobno poduzeti potrebne preventivne aktivnosti. Ovakvim ispitivanjima moguće je u najvećoj mjeri predvidjeti i spriječiti njihov nepravilan rad, otkaz ili moguće havarije, odnosno povećati pouzdanost i raspoloživost, te znatno smanjiti troškove održavanja.

Primjerice, za transformatore postoji najveći broj dijagnostičkih ispitivanja i mjernih metoda kojima je moguće "nadzirati" njihovo stanje, kao primjerice:

- * otpor izolacije (R_i),
- * faktor dielektričkih gubitaka izolacije namota,
- * faktor dielektričkih gubitaka provodnih izolatora (VN),
- * struju magnetiziranja,
- * otpore svih namota i u svim položajima regulacijske sklopke/preklopke,
- * rasipne induktivitete namota (L_x),
- * polarizacijski spektar izolacije (RVM),
- * parcijalna izbijanja,
- * stupanj polimerizacije papira (DP),
- * dielektrička, kemijska i fizikalna svojstva ulja,
- * sadržaj otopljenih plinova u ulju (plinska kromatografija),
- * sadržaj furana,...

Prekidač je ključni element svakog postrojenja, a naročito u postrojenjima primarne distribucije. Zato je potrebno posebno skrbiti o njegovom stanju. Međutim, problem su troškovi održavanja, koji se u pravilu kreću oko polovice ukupnih troškova održavanja jednog postrojenja, a često i više od toga. Ako se još uzme u obzir i neisporučena električna energija i eventualne štete radi prekida u opskrbi potrošača, onda je jasno koliko je važno što bolje poznavati stanje u kojem se oni nalaze, a to je moguće samo na osnovu posebnih dijagnostičkih ispitivanja kojima se kontroliraju određeni parametri kao primjerice:

- * vremena sklapanja (uklop, isklop, okidanje, asinkronost, trajanje ispuha, trajanje gašenja luka,...),
- * brzina gibanja i razmak glavnih kontakata,
- * kvaliteta medija za gašenje električnog luka (SF_6 , vakuum, ulje)
- * statički otpor glavnih kontakata,
- * dinamički otpor glavnih kontakata,
- * struje okidača,
- * rad okidača pri minimalnom pomoćnom naponu,
- * pravilan rad pomoćnih kontakata signalne sklopke,
- * vibracije tijekom sklapanja,...

Sustav daljinskog upravljanja i nadzora postrojenja, kao jednostavan oblik on-line monitoringa omogućava nam, pored svojih osnovnih zadaća da trenutno ili u vrlo kratkom vremenu otkrijemo pojedine nepravilnosti i greške, te da pravodobno poduzmемо potrebne aktivnosti.

Prestižni numerički uređaji kao primjerice terminali polja (VN i SN) omogućuju nam:

- * nadzor neprekinutosti isklonog kruga prekidača,
- * testiranje svih ulaznih i izlaznih krugova (analognih i logičkih),
- * nadzor vremena sklapanja prekidača, odnosno polova prekidača (nadzor okidačkih sklopova i pogonskog mehanizma, sinkronost sklapanja),
- * zbrajanje ciklusa rada aparata (posebno važno za pogonske mehanizme prekidača),
- * zapis događaja (*Event Recorder*),
- * zapis kvara (*Fault Recorder*),
- * zapis oscilograma kvara (*Disturbance Recorder*),
- * spoznaju o veličini struje kratkog spoja, odnosno prekoračenja određene vrijednosti (informacija o uklopnom stanju nadređene mreže kada struja kratkog spoja može biti veća od dopuštene, što znači da se radi o rizičnom pogonu),
- * spoznaju o strujama viših harmonika,

- sumiranje kvadrata kumulativno prekinute struje po fazama (ΣI_{RST}^2),
- detektiranje greške, odnosno otkaza prekidača (*Circuit Breaker Fail*),
- isključenje nadređenog prekidača (*Back Trip*) u slučaju neuspjelog isključenja kvara,...

Automatski nadzor temeljnih parametara opreme, kao primjerice funkcija samonadzora kod numeričkih uređaja, omogućuje nam trenutni odziv na registrirane poremećaje i praćenje trenda nadziranih parametara (što je od posebne važnosti). Granične vrijednosti parametara primarne opreme koje se nadzire, potrebno je s posebnom pažnjom definirati i to po mogućnosti zajedno s proizvođačima, kako za staru, tako i za novu opremu.

Istodobno, u razvoju, proizvodnji, primjeni i održavanju primarne i sekundarne opreme i postrojenja, prisutni su sve oštriji zahtjevi, a osobito glede:

- raspoloživosti i pouzdanosti,
- sigurnosti pogona,
- zaštite na radu i zaštite od požara,
- zaštite okoliša,
- prikladnosti za održavanje i rukovanje.

1. ZAHTJEVI NA STRUČNOST I OBUČENOST ZAPOSLENIKA

Budući da se sve više aktivnosti održavanja odvija pod uvjetima rada u blizini napona, a uskoro i pod uvjetima rada pod naponom, to znači da rad pod ovakvim uvjetima u kombinaciji sa potrebom sve kraćeg odziva na kvar predstavlja dodatno opterećenje za zaposlenike koji se bave održavanjem postrojenja.

Poseban problem je raznolikost postrojenja glede starosti, tehnologija, tipova, proizvođača, tehničkih rješenja i ostalih posebnosti.

S obzirom na pooštrene uvjete glede kvalitete izvedenih radova, kao i na zaštitu na radu i na zaštitu okoliša, nužno je operativne radne skupine opremiti prestižnom zaštitnom opremom, uređajima i alatima, te sustavno educirati i osposobljavati s ciljem podizanja njihove profesionalnosti na višu razinu.

Uvođenjem sofisticiranih uređaja i nužnosti ispunjavanja sve težih i zahtjevnijih zadaća, pojavljuje se dodatno problem potrebne stručnosti i tehničke kulture. Da bi se postigli potrebni rezultati i ostvarili ciljevi funkcije održavanja, nužno je bitno više pažnje posvetiti pomlađivanju stručnog kadra i pozitivnoj selekciji, a naročito glede educiranja i osposobljavanja za specijalistička znanja. Vrlo jednostavno se može donijeti procjena i odluka koje od aktivnosti i ulaganja imaju smisla, odnosno ima interesa provoditi u vlastitoj režiji, na određenoj organizacijskoj razini, a koje kao eksternu uslugu.

Sve izraženiji su zahtjevi da se određeni poslovi redovnog, odnosno planiranog održavanja obavljaju vikendom i noću, te da se kvarovi otklanjaju u što kraćem roku, tako da i ovaj problem treba na odgovarajući način riješiti (još uvijek je prisutan problem "slobodnih dana").

Pored navedene problematike, važno je spomenuti potrebu stvaranja drugačijeg ozračja glede pozitivne motivacije na radu (s obzirom na izrazito negativnu tradiciju), te stručno-poslovnog informiranja.

2. PROBLEMATIKA ZASTARJELOSTI I ISTROŠENOSTI POJEDINIH DIJELOVA SUSTAVA

Temeljem knjigovodstvenih podataka o prosječnoj starosti, procjene općeg stanja i raščlambe pogonskih događaja i kvarova lako se može zaključiti, ne samo da je održavanje takvih postrojenja iznimno zahtjevno, već i da su u skoroj budućnosti nužna značajnija ulaganja kako u gradnju novih, tako i u obnovu i revitalizaciju postojećih postrojenja, odnosno elemenata elektrodistribucijskog sustava.

Budući da primjerice prosječna starost postrojenja primarne distribucije koja su u nadležnosti DP Elektra-Zagreb iznosi 28 godina i s obzirom na iznimno skromna ulaganja u zadnjih desetak i više godina, tako se može zaključiti koji se sve problemi s takvim postrojenjima mogu očekivati i kakve sve aktivnosti treba poduzimati da bi se njihova pouzdanost i raspoloživost održala na prihvatljivoj razini. Pored potrebe izgradnje novih postrojenja i sve temeljitije automatizacije elektroenergetskog sustava, nužna su ozbiljnija ulaganja u revitalizaciju barem vitalne postojeće opreme uz istodobno pojačana dijagnostička ispitivanja.

Problematika pričuvnih dijelova postala je posebno značajna zbog ogromnog broja različitih tehnologija, proizvođača, tipova, koncepcija, opreme, dijelova i komponenti, a naročito potrošnih dijelova, od kojih se mnogi već duže vrijeme uopće ne proizvode. Poradi toga, a s obzirom na gospodarske i pogonske okolnosti, relativno često se iz nužde pribjegava određenim većim ili manjim improvizacijama, koje same po sebi nisu optimalno rješenje. Pored ovog problema, dodatan problem je "trenutna" financijska situacija i politika "praznog skladišta". Da pričuveni dijelovi ne bi bili kritična komponenta sustava održavanja, nužno je na određenoj organizacijskoj razini definirati i osigurati minimalno potrebne količine, te ažuriranje njihovog stanja u sklopu informacijskog sustava održavanja, odnosno skladištenja.

6 STRATEGIJE ODRŽAVANJA

Osnovni smisao i cilj održavanja je da se postrojenju, odnosno opremi koja se održava omogući što duži životni vijek i to uz što manje troškova, odnosno da se maksimalno iskoristi.

Što je objekt održavanja jednostavniji i manje važan u sustavu u kojem obavlja svoju funkciju to su zahtjevi glede održavanja manji i najčešće se svode na kombinaciju vizualnih pregleda i otklanjanje nastalih kvarova. Nasuprot tome, kompleksniji i važniji objekti održavanja znatno su zahtjevniji, pa se i njihovo održavanje temelji na načelu poduzimanja svih potrebnih aktivnosti da do kvarova po mogućnosti i ne dođe. Prema tome, to je izravno povezano s potrebnom raspoloživosti, pouzdanosti i životnim vijekom opreme, odnosno pogonskim uvjetima.

Budući da je održavanje postrojenja izravno povezano s troškovima, jasno je da za određenu kategoriju objekata održavanja treba odabrati po mogućnosti optimalnu strategiju ili kombinaciju različitih strategija održavanja.

Odabirom određene strategije održavanja bitno se utječe na neke druge sastavnice održavanja, te o tome treba posebno voditi računa. Prema tome, pri razradi strategije i tehnologije održavanja potrebno je cjelovito sagledati cjelokupnu problematiku koja je u svezi s održavanjem, odnosno s politikom održavanja.

Uobičajeno je da se održavanje dijeli na *neplanirano* i *planirano* (preventivno) održavanje.

U kategoriju neplaniranog održavanja spada takozvano korektivno održavanje (CM: corrective maintenance), poznato još kao "vatrogasno održavanje", a ukratko se svodi na intervencije i otklanjanje nastalih kvarova (bez preventivnih aktivnosti). Ova kategorija održavanja obuhvaća aktivnosti od jednostavnih zahvata i popravaka pa sve do zamjene pojedinih dijelova ili sklopova.

Periodičko održavanje (TBM: time based maintenance) spada u kategoriju planiranog održavanja a karakterizira ga načelo izvođenja određenih aktivnosti u određenim rokovima (bez obzira na stanje, važnost, uvjete pogona i slično).

Održavanje prema stanju (CBM: condition based maintenance) također spada u kategoriju planiranog održavanja. Preventivne aktivnosti ovise o stanju opreme, a stanje se kontrolira *on-line* ili provjerava ispitivanjima koja ovise o prethodnim rezultatima.

Održavanje prema stanju provodi se na temelju sveukupne spoznaje o stanju u kojem se uređaj, oprema ili postrojenje nalazi, a koje je određeno nalazima i rezultatima do tada provedenih preventivnih aktivnosti, mjerenja i ispitivanja, a naročito praćenjem i nadzorom određenih mjernih veličina i parametara u pogonu, te dijagnostičkih ispitivanja.

Održavanje prema stanju temelji se uglavnom na raspoloživim rezultatima dijagnostičkih ispitivanja, funkcijama i mogućnostima mikroprocesorskih uređaja i procesne informatike, kao što su:

- * dijagnostička ispitivanja,
- * nadzor pojedinih parametara,
- * samonadzor numeričkih uređaja,
- * nadzor analognih i logičkih krugova (ulaza i izlaza),
- * zapis kvarova i događaja,
- * mjerenje i praćenje pojedinih veličina,
- * sumiranje događaja i veličina,
- * automatika, alarmiranje, blokade...

- rasčlamba pogonskih događaja i kvarova,
- otkrivanje neregularnih pojava i događaja,
- praćenje trenda nadziranih parametara i veličina,
- praćenje statističkih podataka i parametara,
- praćenje povijesti uređaja, opreme i postrojenja,
- procjena stanja opreme,...

Na temelju spoznaje o stanju donosi se odluka o opsegu svih potrebnih aktivnosti i terminu za otklanjanje registriranih poremećaja, nedostataka, smetnji ili eventualno kvarova, odnosno opsegu i roku narednih aktivnosti, uzimajući u obzir važnost u sustavu, uvjete pogona i okruženja,...

Korisno je spomenuti i glavne čimbenike koji utječu na stanje uređaja, opreme i postrojenja kao primjerice:

- električne,
- mehaničke,
- termičke,
- kemijske,
- atmosferske,
- ekonomske i
- tehničko-stručne.

U praksi, periodičko održavanje i održavanje prema stanju mogu sadržavati određeni stupanj korektivnog održavanja i to u dijelu otklanjanja uočenih smetnji u radu, nedostataka i manjih kvarova.

Poseban oblik preventivnog održavanja elektrodistribucijskih postrojenja je pregled. Radi se o aktivnosti kojom se provjerava i utvrđuje stanje i pogonska ispravnost opreme i postrojenja, a provodi se u pravilu za vrijeme pogona i to vizualno, odnosno promatranjem. Ovaj oblik održavanja potrebno je podići na viši razini prvenstveno glede procjene općeg stanja, te rokova za provedbu narednih aktivnosti (koje se dodatno može ocijeniti).

Modifikacije su u pravilu planirane aktivnosti koje se planira provesti poradi poboljšanja funkcionalnosti ili stanja opreme ili postrojenja, kao i poradi neraspolaganja originalnih zamjenskih dijelova (koji se više ne proizvode).

Remont je sve rjeđi oblik preventivnog održavanja u distribucijskim postrojenjima gdje se klasični remont ne prakticira. U pravilu se radi o aktivnostima koje se provode u tvorničkim ili vlastitim servisnim radionicama i slučaju kada oprema dosegne granicu uporabljivosti ili predkritično stanje i ukoliko je to financijski opravdano. Sve češće su u uporabi pojmovi kao primjerice: revitalizacija, sanacija, obnova ili čak rekonstrukcija.

Novije tehnologije, dijagnostička ispitivanja, automatizacija i informatizacija, omogućuju nam potpuno novu strategiju održavanja koja se približava "idealnoj koncepciji održavanja", odnosno optimalnom modelu koji uz minimalne troškove održavanja omogućuje maksimalnu pouzdanost i raspoloživost elektrodistribucijskog sustava. Radi se o strategiji **ciljanog održavanja**, odnosno strategiji provedbe samo neophodnih aktivnosti kako bi se broj kvarova i otkaza držao na podnošljivoj razini (uz "podnošljiv" rizik koji svakav pristup održavanju donosi, osobito glede klasičnih postrojenja). To znači da ne smije doći u pitanje očekivani životni vijek uređaja, opreme i postrojenja. Kod ove strategije ne smije se upasti u zamku zvanu "vožnja do stoma", a statističko praćenje, rasčlamba pogonskih događaja, praćenje troškova i periodičko izvješćivanje moraju postati obveznim sastavnicama sustava upravljanja održavanjem.

Strategija ciljanog održavanja, kao optimalna "filozofija održavanja" temelji se na načelu: **što jeftinije održavanje (koliko je moguće) i što pouzdanija opskrba potrošača električnom energijom (koliko treba)**.

Uvođenjem ovakve strategije održavanja, u kombinaciji s novim tehnologijama, a u odnosu na dosadašnju praksu i klasična postrojenja, sveukupni troškovi održavanja mogu se čak prepoloviti. To znači da će održavanje postati sve "interesantniji problem" i za sam menadžment.

Budući da se ovakav, nazovimo ga optimalni koncept održavanja djelomično temelji i na procjeni rizika i procjeni stanja opreme, važno je spomenuti ovaj problem kao vrlo značajno pitanje. Svaka procjena, a naročito kad je rizik u pitanju, nosi određenu odgovornost koja se svodi na individualnu odgovornost. Može se reći, da u slučaju loše procjene unutar prihvaćene koncepcije održavanja, odnosno ukoliko dođe do neželjenih događaja (materijalna šteta, prekršajna ili čak krivična odgovornost) da posljedice ne snosi pojedinac, nego tvrtka, jer se radi o njenoj politici poslovanja i njenom interesu. Ukoliko to ne bude tako, za očekivati je u većini slučajeva povratak na formalistički pristup i u sferu neracionalnog održavanja.

3. RAZRADA I PRIMJENA SUSTAVA ODRŽAVANJA

Da bi stvorili sustav održavanja i omogućili upravljanje sustavom održavanja, nužno je za pojedine elemente elektroenergetske mreže, postrojenja i opreme odrediti prikladnu strategiju, ili kombinaciju različitih strategija, koja omogućava optimalno održavanje.

Ovakav pristup održavanju nameće se kao novi pristup koji omogućava liberalnije, racionalnije i optimalnije održavanje.

Na ovaj način, praktički se napušta dosadašnja praksa održavanja koja se uglavnom svodi na periodičko održavanje u strogo određenim rokovima ili isključivo na otklanjanje kvarova, ovisno o stavu pojedinog distributera.

Stvaranjem sustava održavanja, jasno je da će se promijeniti dosadašnji pristup i odnos prema održavanju, kako glede opsega aktivnosti i rokova, tako i glede određenih organizacijskih i kadrovskih promjena.

Praćenje i optimiranje troškova mora biti obvezna sastavnica svakog modela i sustava održavanja. Primjenom "Irskog modela" planiranja i praćenja troškova, može se reći da je ovaj problem djelomično riješen, prvenstveno na globalnoj razini i to glede planiranja i praćenja po troškovnim centrima i aktivnostima. Pitanje je da li će ovaj model trebati i u kojoj mjeri prilagođavati novom sustavu održavanja (suprotno ne bi baš imalo smisla).

Optimiranje troškova spada u kategoriju aktivnosti više razine i koja zadire u problematiku vođenja poslovne politike. Poznato je da "funkcija" troškova ima svoj minimum u odnosu na troškove održavanja i šteta koje su prouzročene kvarovima. Kvalitetno optimiranje troškova je nezamislivo bez sustava održavanja, odnosno upravljanja sustavom održavanja.

Za očekivati je da će cijena rada, prvenstveno specijalističkog, sigurno rasti. To znači da sa ovim trošenikom također treba računati kao i sa redukcijom "režijskih" sati rada.

Sustav upravljanja održavanjem (*MMS: maintenance management system*), kao nadogradnja samog sustava održavanja, jedna je od glavnih sastavnica modernog poslovanja elektrodistribucijskog poduzeća, a koji bi se temeljio na: tehničkim podacima, zapisima, raščlambama, statističkim podacima, planovima, izvještajima, normativima, praćenjem "povijesti održavanja" i slično.. To znači da se radi o potpuno novom sustavu kojim se objedinjava cjelokupna problematika održavanja.

Jedino specijalisti za održavanje mogu detaljno i kvalitetno pratiti i raščlanjivati "ponašanje" opreme i postrojenja, kako u redovnom, tako i u izvanrednom režimu rada, pravodobno planirati i poduzimati potrebne aktivnosti za otklanjanje nastalih poremećaja, smetnji, nedostataka i kvarova, donositi odluke o potrebitom servisu, rekonstrukciji, remontu, modifikaciji, dijagnostičkim ispitivanjima, kao i eventualnu konačnu odluku o neophodnoj zamjeni.

Sve to znači, da ukoliko se želi stvoriti efikasan sustav i kvaliteta održavanja, neophodno je sagledati i kvalitetno riješiti još niz problema glede odgovornosti, rukovođenja, ovlasti, motivacije, interne kontrole održavanja i slično.

Stvaranjem i primjenom sustava održavanja sigurno će doći do određenih promjena, prvenstveno u organizacijskom ustroju, kadrovskoj strukturi, statusu i pravilima ponašanja pojedinih subjekata.

Pored svega toga, za očekivati je da će uskoro i održavanje, kao posebno složen proces trebati uskladiti sa zahtjevima, pravilima i procedurama ISO standarda.

5 NOVA PRAVILA, KRITERIJI I DOKUMENTACIJA ODRŽAVANJA

Svaki sustav, pa tako i sustav održavanja, temelji se na određenim propisanim pravilima, preporukama, uputama, kriterijima i dokumentaciji.

Nužno je razraditi preporuke za održavanje (primjerice za transformatore, prekidače i ostalu važnu opremu) kojima bi se odredili pojedini parametri koje se preporuča nadzirati, te njihove granične vrijednosti, dijagnostičke metode, kriterije i metode procjene stanja, smjernice za donošenje odluke o rekonstrukciji, revitalizaciji, modifikacijama, zamjeni,...

Definiranjem parametara ispitivanja i njihovih graničnih vrijednosti, sva oprema čije stanje želimo imati "pod kontrolom" vrlo jednostavno se na temelju rezultata dijagnostičkih ispitivanja može svrstati u određene kategorije kvalitete, odnosno stanja.

Pored ove kategorizacije, opremu je potrebno kategorizirati po važnosti u sustavu, uvjetima pogona, starosti, stupnju ugroženosti okolinom i slično.

Od posebne važnosti je definiranje i prikupljanje startnih, odnosno referentnih vrijednosti pojedinih parametara, te poznavanje mogućih trendova, odnosno njihovo praćenje kako bi se pravodobno moglo poduzimati potrebne aktivnosti.

Kvalitetan pristup održavanju nužno podrazumijeva i kvalitetan sustav tehničke i pogonske dokumentacije. Glede pogonske dokumentacije, nužno je istu definirati i uskladiti sa odabranim modelom i pravilima održavanja, te prilagoditi informatičkoj obradi, odnosno cjelovitom sustavu upravljanja održavanjem.

Problem dokumentacije iznimno je važan i delikatan problem kojemu treba posvetiti dužnu pažnju, jer na ovom problemu može "pasti" i cijeli sustav održavanja. Slično se može ustvrditi i za planove i izvještaje o održavanju, odnosno za dokumentaciju na temelju koje se oni donose.

Posebnu pažnju potrebno je posvetiti dokumentaciji koja se odnosi na kvarove, odnosno metodologiji obrade i praćenja kvarova. Primjerice, praksu izvještavanja o otklanjanju kvarova, koja se najčešće svodi na konstataciju "kvar otklonjen", nužno je već sada pod hitno napustiti.

6 EVIDENCIJA I RAŠČLAMBA KVAROVA, SMETNJI I NEDOSTATAKA

Planiranje i provedba održavanja u DP Elektra-Zagreb obavlja se, uz određena odstupanja, prema važećem direkcijskom Pravilniku o održavanju elektrodistribucijskih objekata i postrojenja.

Planovi održavanja uglavnom se temelje na propisanim rokovima održavanja. Precizni planovi održavanja izrađuju za transformatorske stanice VN/SN, SN/SN i SN/NN. Pri tome treba istaknuti da se planiraju i provode određene aktivnosti i dijagnostička ispitivanja koja važećim pravilnikom, propisima i uputama proizvođača uopće nisu propisana. To činimo kako bi vitalne elemente sustava imali "pod kontrolom". Nasuprot tome, sve više nas opterećuju određene propisane aktivnosti koje provodimo samo "kada radi", a od kojih je korist vrlo mala ili nikakva.

Iako Pravilnik o održavanju propisuje rokove za preglede i održavanje nadzemnih i kablskih vodova u beznaponskom stanju, u praksi se održavanje NN i 10(20) kV vodova najčešće svodi na povremene preglede, te otklanjanje nedostataka i kvarova ili sanaciju. Razumljivo je da se nadzemnim vodovima 110 kV i 30kV pridaje značajnija pozornost.

Samo po sebi, nameće se pitanje: *Kakve su posljedice nepridržavanja Pravilnika o održavanju ?*

Osnovni podaci elektroenergetske mreže koja je u nadležnosti DP Elektra-Zagreb, prikazani su u tablici 1.

TABLICA I. Prikaz osnovnih podataka o elementima mreže u nadležnosti DP Elektra-Zagreb (1999.god.)

	ZAGREB	D. SELO	SAMOBOR	V. GORICA	ZAPREŠIĆ	ZELINA	Ukupno
Broj trafostanica	1.894	187	201	270	195	237	2.984
110/x kV	8		1		1	1	11
30(35)/10(20) kV	18	2	3		1	3	27
10(20)/0,4 kV	1.868	185	197	270	193	233	2.946
Instalirana snaga TS (MVA)	2074,5	68	152	72	147	87	2600,5
110/x kV	520		40		80	20	660
30(35)/10(20) kV	413,5	32	32		16	27	520,5
10(20)/0,4 kV	1.141	36	80	72	51	40	1.420
Duljina nadz. mreže (km)	3.823,1	980,5	800,8	1.458,0	1.022,9	1.200,5	9.285,8
NADZ. VOD 110 kV	44,0						44,0
NADZ. VOD 30(35) kV	69,3	32,9	15,8		8,9	49,4	176,3
NADZ. VOD 20 kV	196,6	158,4	102,6	144,0	114,0	60,8	776,4
NADZ. VOD 10 kV	118,3	78,8	65,8	208,0	86,9	174,6	732,4
NADZ. VOD 0,4 kV	1.804,5	412,0	348,3	647,0	444,2	532,4	4.188,4
KUĆNI PRIKLJUČCI	1.590,4	298,4	268,3	459,0	364,3	350,0	3.330,4
SIGNALNI KABEL					4,6	33,3	37,9
Duljina podz. mreže (km)	3.561,4	115,7	306,1	204,1	152,7	86,2	4.426,2
PODZ. VOD 110 kV	3,6						3,6
PODZ. VOD 30(35) kV	195,2	0,3			3,9	9,9	209,3
PODZ. VOD 20 kV	625,5	53,6	74,8	113,0	46,2	15,5	928,6
PODZ. VOD 10 kV	702,2	2,8	2,3	4,0	1,0	3,4	715,7
PODZ. VOD 0,4 kV	1.194,6	26,2	37,4	64,1	34,7	6,4	1.363,4
KUĆNI PRIKLJUČCI	631,3	30,3	189,6	20,0	63,0	51,0	985,2
SIGNALNI KABEL	209,0	2,5	2,0	3,0	3,9		220,4
Duljina mr. jav. ras. (km)	1.612,7	260,7	171,1	230,0	207,7	177,4	2.659,6
KABEL	725,3	14,7	2,3	27,0	33,2	0,8	803,3
NA PREPONAMA	57,8						57,8
NADZ. VOD SAMOSTALNI	30,5	1,5	9,6	5,0	6,2	1,2	54,0
NADZ. VOD S KONZ. MR.	799,1	244,5	159,2	198,0	168,3	175,4	1.744,5

Termovizijski pregled trafostanica VN/SN i SN/SN obavlja se jednom godišnje, a po potrebi i češće. U tablici II. kvantitativno su prikazana otkrivena topla mjesta u periodu od 1996. do 1999. godine. Ovakvi nedostaci saniraju se ovisno o prioritetu. Pogledom na tablicu uočava se trend opadanja broja toplih mjesta (naročito za prekidače), osim za vijčane spojeve na raznim dijelovima postrojenja.

TABLICA II. Prikaz "toplih mjesta" otkrivenih termovizijskim snimanjem

Godina	Vijčani spoj.	Prekidači	Mjerni transf.	Ostalo	UKUPNO
1996.	26	11	5	9	51
1997.	26	8	5	8	47
1998.	26	4	4	6	40
1999.	23	1	2	6	32

Glede vijčanih spojeva, može se zaključiti da se radi o problemu njihove nedovoljne kvalitete koja je posljedica starenja, odnosno oksidacije ili loše izvedbe. Nije rijedak slučaj, naročito kod starijih postrojenja, da su spojevi izvedeni tako da se u strujnom putu nalaze čelične podložne pločice.

Termovizijski pregled postrojenja je izvrsna preventivna aktivnost koja se sustavno provodi već godinama. Budući da je broj otkrivenih toplih mjesta radikalno smanjen, te je iz godine u godinu sve manje, pojavio se jedan neobičan problem. Specijalisti koji obavljaju termovizijski pregled pokazuju znakove "bosade" i svaki manjeg profesionalnog zanosa jer su rezultati njihovog rada iz godine u godinu sve "lošiji". Jasno je da će u određenom momentu trebati smanjiti učestalost ovakvih pregleda.

Termovizijski pregled trafostanica SN/NN smo započeli provoditi prije par godina i nastojimo ga obavljati svake druge godine.

Istodobno, uz termovizijski pregled planiramo započeti sa ispitivanjem parcijalnih izbijanja, prvenstveno u postrojenjima primarne distribucije.

Ispitivanje relejne zaštite u trafostanicama DP Elektre Zagreb obavlja se, u pravilu, jedanput godišnje (po potrebi i češće). Redovnim ispitivanjem i stalnim praćenjem pogonskih događaja (svakodnevnim pregledom KRD-lista) otkrivaju se kvarovi i neispravnosti pojedinih zaštitnih uređaja, a prikazani su u tablici III.

TABLICA III. Prikaz neispravnih releja

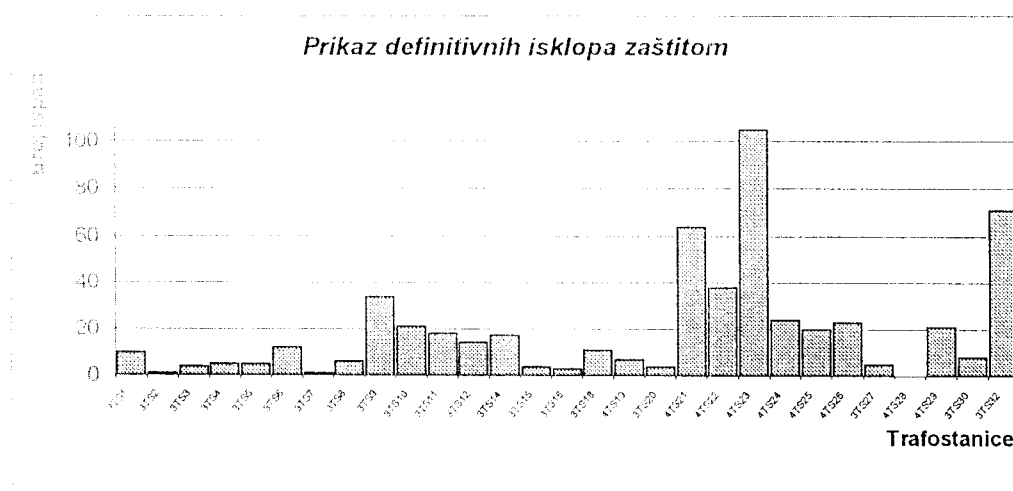
Godina	Broj neispravn. releja	Broj kvarova / (godine starosti)			Kvar ustanovljen pri	
		El.meh.	Statika	Numerika	Održavanju	KRD lista
1998.	21	9/(25-38)	10/(10-15)	2/(0-1)	17	4
1999.	11	1/(20)	8/(10-15)	2/(0-1)	9	2

Raščlambom podataka prikazanih u tablici III. može se zaključiti da životni vijek relejne zaštite ovisi o tehnologiji: za elektromehaniku 25 godina, za statiku (domaće proizvodnje) 15 godina, a za numeriku još nemamo iskustva. Navedene neispravnosti na numeričkim zaštitama spadaju u kategoriju "uhodavanja uređaja" koje traje približno dvije godine.

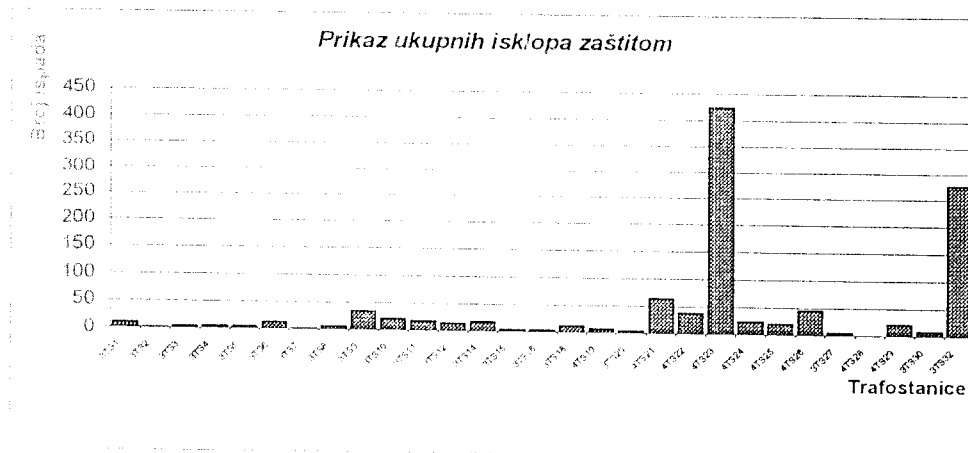
S obzirom na ukupan broj ispitivanih polja, otkriveno je 2,5 % neispravnih zaštita u 1998.god. odnosno 1,5 % u 1999. godini. Ovaj podatak nije zadovoljavajući (>1 %), no ako se uzme u obzir starost neispravnih zaštita dolazimo do zaključka da se primjerenom zamjenom relejne zaštite broj neispravnih zaštita jako smanjuje. Za stanje i starost postrojenja kao što je naše, ovaj rok periodičkog ispitivanja je primjeren.

Rad i djelovanje svih zaštita sustavno se prati, evidentira i raščlanjuje, a rezultati za 1999. godinu prikazani su na grafikonu 1. i 2. (za trafostanice pod daljinskim nadzorom). Grafikon 1. prikazuje ukupan broj definitivnih ispada zaštitom, a grafikon 2. ukupan broj ispada zaštitom. Tu su obuhvaćeni i ispadi koji su ponovno uključeni APU-om.

GRAFIKON 1.



GRAFIKON 2.



Raščlambom podataka prikazanih na grafikonima, moguće je doći do korisnih zaključaka o stanju mreže i o potrebnim aktivnostima.

Od svih definitivnih ispada zaštitom, 90 % otpada na polja srednjeg napona 10(20) kV, a od svih ispada zaštitom 95 % otpada na srednji napon 10(20) kV. Ostali ispadi su na 30 kV ili 110 kV dijelu postrojenja.

Po karakteru ispada možemo govoriti o višepolnim i jednopolnim kvarovima. Dominantni su jednopolni kvarovi i iznose 64 %, slijede kratki spojevi visokog intenziteta sa 18 % i višepolne smetnje ili kvarovi nižeg intenziteta također sa 18 %.

Ovi podaci ukazuju da uzemljene mreže preko malih otpora imaju velik broj kvarova, pa u tom smislu treba raditi na unapređenju mreže ili zaštite na takvim mrežama.

Kvarovi u trafostanicama primarne distribucije, za period 1995.-1999. godina, prikazani su u tablici IV.

Letimičnim pogledom na prethodnu tablicu lako je uočiti da od ukupnog broja kvarova, kao uzrok, izrazito dominira dotrajalost i istrošenost (69 %). Značajan dio kvarova je posljedica konstrukcijskih i tehnoloških nedostataka i grešaka, te nepravilne montaže ili lošeg tehničkog rješenja (19 %). Iz ovih podataka lako je zaključiti što su glavni problemi i u kom pravcu treba usmjeravati daljnje aktivnosti.

Primjerice, kod prekidača, od ukupnog broja kvarova, 80% kvarova je posljedica dotrajalosti-istrošenosti. S obzirom na ukupan broj prekidača, godišnje je prosječno u kvaru 2,8% prekidača, što se s obzirom na prethodni podatak može smatrati zadovoljavajućim.

Detaljnijom raščlambom kvarova prikazanih u tablici IV., odnosno dokumentacije o tim kvarovima, može se čući još niz drugih zaključaka i spoznaja (po elementima, po nazivnom naponu, po trafostanicama i slično). Interesantno je spomenuti slučaj jednog transformatora 110/10 kV, 40 MVA, kod kojeg smo dijagnostičkim ispitivanjima, odnosno mjerenjem rasipnog induktiviteta otkrili da je došlo do određene deformacije namota. Ponovnim ispitivanjem potvrđeno je da nije u pitanju greška u mjerenju, naprotiv, došlo je do laganog pogoršanja stanja, odnosno do još veće deformacije. Rasipni induktivitet namota je još uvijek bio manji od preporučenih graničnih vrijednosti. Uzimajući u obzir stanje izolacijskog sustava, odnosno stanje izolacije namota i ulja, donesena je odluka da je neophodno demontirati transformator i odvesti ga u tvornicu, te otvoriti, pregledati i obaviti dodatna ispitivanja kako bi se mogla donijeti odluka o potrebnim zahvatima i procjena troškova popravka "ispravnog" transformatora. Pregledom aktivnog dijela transformatora nisu uočene nikakve deformacije. U tom trenutku je trebalo donijeti odluku o rastavljanju jezgre i namota. Ova odluka nije baš lako donesena s obzirom na troškove rastavljanja i ostale troškove koji slijede nakon lošeg nalaza. S obzirom na povoljne rezultate ispitivanja uzetih uzoraka papira, pristupilo se rastavljanju transformatora nakon čega je potvrđena unutrašnja deformacija namota. Deformirani namoti su zamijenjeni. Pored toga, izvršena je temeljita revitalizacija transformatora, uključujući i neka poboljšanja kako bi se njegov preostali životni vijek maksimalno produžio, te povećala njegova pouzdanost u pogonu.

TABLICA 17. Prikaz kvarova u TS VN/SN i SN/SN u DP Elektra-Zagreb za period 1995.-2000.

DIO TRAFOSTANICE	E L E M E N T	BROJ KVAROVA	UZROK KVARA					KATEGORIJA KVARA				
			GREŠKA U KONSTRUK. TEHNOLOG. ILI MONTAŽI	ODRŽAVANJE (postupak ili izostanak)	NEISPRAVNO RUKOV. NEREGULARAN POGON	DOTRAJAI - STAROST, ISTROŠENOST	NEPOZNATO I OSTALO	NEDOSTAK ILI SMETNJA (bez ispada iz pogona)	MALI KVAR (kvar otklonjen u roku 1h)	KVAR (kvar otkl. u roku 1-24h)	VELIKI KVAR (kvar otkl. u roku > 1dana)	HAVARIJA Ili UNIŠTENJE (neoph. zamjena elem.)
PREKIDAČI	Pogonski mehanizam-blokada	37	7	2	1	27		2	5	28		2
	Pogonski mehanizam-komponente	45	3			42			5	40		
	Motorni i ručni pogon	3				3			3			
	Lučni kontakti ili vakuumske komore	15		1		14			1	13		1
	Polovi (brtvljenje, izolacija)	27	3			23	1		3	23		1
	Priključci, spojevi i izvlačivi kontakti	2		1		1			2			
	Signalne i krajnje sklopke	8	1			7		1	1	6		
	Okidači	3				2	1			3		
	Ventili	14	6			7	1		5	3		6
	Ožičenje i konektor	15	1	1	2	11			13	2		
	Ostalo	5	2			3		3	1	1		
	PREKIDAČI-UKUPNO:	174	23	5	3	140	3	6	39	119	0	10
TRANSFORMATORI	Namoti-zamjena	1			1							1
	Ulje-zamjena	4				4						4
	Provodni izolatori	8	2		4	2		2		5		1
	Brtve	6				6			1	5		
	Kotao i hladila	10	1			9				8	2	
	Regulacijska sklopka ili preklopka	5	1			3	1			5		
	Ostala oprema	13	1	1		10	1	2	4	7		
	Ostalo	11			1	9	1	2	3	6		
	TRANSFORMATORI-UKUPNO:	58	5	1	6	43	3	6	8	36	2	6
POSTROJENJA	Sabirnice-vodiči i spojevi	4	2			2			1	3		
	Sabirnice-izolatori	4	2			2				3		1
	Rastavljači	29	4	1	6	18			2	25		2
	Pogoni rastavljača	12	1		1	9	1		5	7		
	Strujni mjerni transformatori	16	5	2	1	7	1		4	10		2
	Naponski mjerni transformatori	10	4		2	2	2		2	6		2
	Izolatori (unutar polja)	10	2			8			4	5		1
	Spojevi i priključci elemenata polja	12	6	1		5			10	2		
	Upravljačko-signalno-mjerni krugovi	67	28	1	1	34	3	4	36	27		
	Ostalo	12	2	1	1	8		1	5	6		
	POSTROJENJA-UKUPNO:	176	56	6	12	95	7	5	69	94	0	8
OSTALO	AC i DC razvodi	12	1			10	1	1	6	5		
	MTU postrojenja (VN oprema)	2				2				2		
	Postrojenja za kompenzaciju	8	2		5	1			2	5		1
	Otpornici za uzemljenje zvjezdišta	2	1		1				1	1		
	Kompresori i pripadna instalacija	41		1	2	37	1	10	15	16		
	Građevinski dio trafostanice	28	5		1	21	1	7	1	2	10	9
	Ostalo	32	10	1	1	17	3	7	3	12	9	1
	OSTALO-UKUPNO:	125	19	2	10	88	6	25	28	43	19	10
S V E U K U P N O:		533	103	14	31	366	19	42	144	292	21	34

Na kraju ovog kratkog izlaganja, važno je napomenuti da bi spomenuti transformator sigurno i to vrlo brzo doživio daleko teži i neugodniji kvar, sa tko zna kakvim štetama i posljedicama, bez dijagnostičkih ispitivanja, odnosno da je jedino na temelju ovakvih ispitivanja moguće steći uvid u stvarno stanje i na temelju toga donositi racionalne odluke. Lako je još zaključiti da bi ovaj transformator, uz dosljedno klasično održavanje, doživio teški kvar i najvjerojatnije više ne bi bio u pogonu.

Pored ovakve kategorije kvarova, ozbiljan problem u održavanju postojećih trafostanica primarne distribucije je jedan naoko banalan problem, a to je problem curenja krovova (i ravnih i kosih!), prvenstveno kao pogonski i financijski problem. Značajan broj krovova bili smo prisiljeni rekonstruirati, budući da ovakvi "kvarovi" čim se pojave imaju prioritet u otklanjanju, odnosno financiranju. Ovo je posebna problematika, ali ono što ovdje treba napomenuti je da se problemu odvodnje oborinskih voda, kao i nizu drugih građevinskih detalja mora poklanjati znatno više pažnje i to u fazi projektiranja i izgradnje trafostanica. Naknadno otklanjanje ovakvih nedostataka i propusta, ne samo da je preskupo, nego i bitno smanjuje pouzdanost i sigurnost postrojenja. Da ovaj problem bude još "interesantniji", većinom je u pitanju curenje vode iznad sabirnica.

Prema evidenciji Odjela upravljanja u Pogonu Zagreb, u tablici V. sačinjen je pojednostavljeni prikaz prekida kvarova u 1999. godini za trafostanice SN/NN i pripadnu NN mrežu (ova tablica ne sadrži podatke Odjela održavanja).

TABLICA V. Prikaz prekida i kvarova u NN mreži u Pogonu Zagreb za 1999. godinu.

Dijelovi mreže	Preopterećenje	Bucholz rele	Kvar prekidača	Kvar na NN	Kvar na NN mreži	Kvar transformatora	Kvarovi prouzročeni "trećim licima"	Prekid ili zaplitanje vodiča	Loš spoj	Dotrajalost stupa	Kvar kabela	Kvar priključka	Nepoznato (prolazni kvarovi)	Ostalo	UKUPNO
TS 10(20)/0,4 kV	3	47	19	3	2	2							154	15	227
NN mreža (+priključci)	63						177	304	67	113	135	267	816		1942
Javna rasvjeta	Razne intervencije														103
Potrošači	Razne intervencije														4936
SVEUKUPNO:															7208

Za značajan broj ispada prekidača u trafostanicama, uzrok nije poznat (pitanje je da li su to dominantno prolazni kvarovi?). Također je zamjetan relativno velik broj ispada zbog prorade Bucholz releja, koja je u pravilu posljedica preniske razine ulja u konzervatoru (ispod minimalne), što je posljedica ili lošeg brtvljenja ili nepristupačnosti uljokaza konzervatora.

Raščlambom prekida isporuke električne energije i kvarova u niskonaponskoj nadzemnoj i kabelskoj mreži, može se zaključiti da uzroci tome prvenstveno leže u dotrajalosti ili izvanjskim utjecajima kao primjence udar automobila u stup, nevrijeme, mehanička oštećenja kabela i slično.

Slična konstatacija vrijedi i za prekide u isporuci električne energije i kvarove u srednjenaponskoj kabelskoj i nadzemnoj mreži.

S obzirom da neisporučena električna energija postaje, odnosno biti će sve značajniji čimbenik u poslovanju svake tvrtke koja se bavi distribucijskom djelatnošću, ovoj problematici potrebno je posvetiti posebnu pozornost. Znatna udio prekida u opskrbi potrošača električnom energijom posljedica je planiranih radova. Vjerojatno se boljim planiranjem i koordinacijom isključenja, te kvalitetnijom raščlambom ove problematike mogu postići znatna poboljšanja.

Poznato je da svaka organizacijska jedinica želi "autonomno" planirati i izvoditi radove. Jasno je da ovakav "model planiranja radova" treba napuštati. Sve to ukazuje na nužnost drukčijeg pristupa planiranju i

provođenju održavanja, a naročito glede isključenja koja za posljedicu imaju prekid u opskrbi potrošača električnom energijom. Osim toga, boljom pripremom, koordinacijom i organizacijom radova, u većini slučajeva moguća su znatna skraćivanja termina isključenja.

Na kraju ovog poglavlja, važno je još jednom naglasiti da se sustavnim evidentiranjem i raščlanjivanjem kvarova, smetnji, nedostataka i pogonskih događaja, te provođenjem ciljanih dijagnostičkih ispitivanja, vrlo lako uočavaju "slabi" dijelovi elektroenergetskog sustava, te poduzimaju i provode potrebne aktivnosti, sukladno raspoloživim sredstvima i prioritetima.

10. ZAHTEVI NA KONCEPCIJU I IZVEDBU NOVIH POSTROJENJA

Budući da se u fazi kreiranja tehničkih rješenja, te projektiranja i izgradnje postrojenja, odnosno kupovanja opreme definiraju mnogi detalji koji su u svezi sa cjelokupnom problematikom održavanja, podrazumijeva se potreba sudjelovanja i specijalista za održavanje u toj bitnoj fazi svakog postrojenja, a za to se treba potruditi (ponekad i izboriti).

Posebnu pažnju treba posvetiti koncepcijskim rješenjima prvenstveno glede prikladnosti za održavanje. Svako tehničko rješenje treba razmotriti u svim varijantama mogućih kvarnih stanja i vremena potrebnog za intervenciju ili otklanjanje kvara. Često se, financijski beznačajnim detaljima određena rješenja, odnosno promjenama ili dopunama na njima mogu postići značajne koristi, te pogon i održavanje takvog postrojenja učiniti prikladnijim i ugodnijim.

Prilikom definiranja koncepcije i razrade sustava daljinskog vođenja trafostanica primarne distribucije, neophodno je objediniti sve podsustave, uključujući i funkciju i podsustav održavanja, u jedan jedinstveni sustav. Neophodno je stvaranje stručnih timova ili tješnja suradnja stručnjaka kojima je specijalnost energetika, zaštita, upravljanje i procesna informatika, kako bi se maksimalno iskoristilo obilje funkcija i mogućnosti koje nam pružaju prestižni sekundarni sustavi (terminali polja, senzori, procesna informatika, optika,...). Specijalističko znanje i iskustvo pojedinih stručnjaka, uključujući njihovu međusobnu razmjenu i stalno usavršavanje, neophodni su preduvjeti za pozitivan odziv na sve promjene i izazove koji su pred nama. Jedino na ovaj način moguće je optimalno iskoristiti blagodati koja nam pružaju prestižne tehnologije, pa zato nemojmo dopustiti da nam iskoristivost sekundarnih sustava bude na razini prosječne iskorištenosti osobnih računala.

U kategoriji srednjenaponskih prekidača dominira vakuumaska tehnika koja je pored svojih poznatih prednosti u odnosu na druge tehnike sklapanja, također omogućila razvoj i primjenu izuzetno pojednostavljenog mehanizma (na principu magnetskog aktuatora) i upravljačko nadzornog elektroničkog modula (sa funkcijama nadzora i samonadzora).

Što se tiče visokonaponskih prekidača (SF₆), osobito vanjske montaže, numerička tehnologija "lutazi" u prekidač kao njegov sastavni dio, tako da sam prekidač postaje inteligentan uređaj.

Transformatori za elektrodistribucijska postrojenja, sa svojim specifičnim tehničko-pogonskim karakteristikama i zaštitno-alarmnim uređajima, za sada odolijevaju prodoru numeričke tehnologije i *on-line monitoringa*.

U trenutku određivanja značajki transformatora, odnosno prije naručivanja i ugrađivanja transformatora, u odnosu na dosadašnju praksu, predlaže se:

- napuštanje otvorenog, odnosno primjena zatvorenog sustava disanja,
- kapitalizacija gubitaka,
- priključci SN i NN preko kableske priključne kutije ili konektora,
- nadzor rashladnog sustava,
- onemogućavanje pobjega regulacijske sklopke,
- izbjegavanje krutih priključaka (naročito na VN),...

Za transformatore i postrojenja na raspolaganju su nam i raznorazni uređaji za specijalna ispitivanja, kojima se u određenim vremenskim razmacima ili po potrebi, a za vrijeme pogona mogu kontrolirati određene veličine i parametri (pregrijavanja, parcijalna izbijanja, određene karakteristike izolacijskog

medija, elektromagnetske smetnje,...). Moguće je da u skorijoj budućnosti budemo imali u primjeni i *on-line monitoring*: parcijalnih izbijanja, otopljenih plinova i ulju, "toplih točaka",...

U posljednje vrijeme svjedoci smo sve intenzivnijeg razvoja i praktičke primjene raznoraznih senzora i sličnih uređaja, u funkciji nadzora i kontrole određenih veličina i parametara (VN i SN opreme i postrojenja), na način da se što prije detektira i otkloni poremećaje ili stanja koja bi mogla dovesti do većih kvarova ili otkaza funkcionalnosti. Radi se o slijedećim veličinama i parametrima:

- * naponi (prenaponi, pogonski naponi, indikacija,...),
- * struje (pogonska, kvara, nesimetrija, kroz izolaciju,...),
- * stanje pogonskog mehanizma (napetost opruga, napinjanje, pumpa, grijanje,...),
- * broj prorada,
- * položaj aparata (uključeno, isključeno, međupoložaj),
- * pritisak plina (SF_6 , N_2 , zrak),
- * hidraulički pritisak,
- * zakretni moment,
- * dinamički pritisak,
- * istrošenost kontakata,
- * brzina kontakata,
- * protok medija,
- * temperatura medija,
- * temperatura "toplih točaka",
- * vlažnost (ulja, plina SF_6 , zraka),
- * ultrazvuk,
- * električki luk,
- * parcijalna izbijanja,
- * prisutnost slobodnih stranih tijela i čestica,
- * otopljeni plinovi (u trafoulju),
- * vibracije,
- * deformacije,
- * prostorni pomaci,
- * koncentracija plina,...

Lako se može zaključiti da "razina" održavanja bitno ovisi o količini i vrsti nadziranih veličina i parametara.

Glede održavanja, od posebne važnosti je nadzor i kontrola:

- * krugova isključenja,
- * mjernih krugova zaštite,
- * napajanja pomoćnim naponom,
- * napajanja pogonskih mehanizama,
- * stanja pogonskih mehanizama,
- * stanja izolacijskog medija i
- * stanja medija za gašenje električnog luka.

Glede tipizacije, važno je napomenuti da je nužna veća fleksibilnost, te da se treba odnositi više na koncepciju i tehnička rješenja, a manje na detalje.

Odabir tehničkih rješenja i opreme treba temeljiti na nacelu minimalnih troškova u očekivanom životnom vijeku.

S obzirom na sve teže zahtjeve na opremu, a naročito glede brzine odziva na kvar, potrebno je preferirati tehnička rješenja koncipirana na modularnoj izvedbi, sa što manjim brojem različitih tipova modula, kako bi se problem prekida u opskrbi potrošača u slučaju kvara ili potrebe isključenja radi održavanja sveo na minimum korištenjem rezervnog modula. Po istom načelu treba tretirati i primjerice sabirnice svakog postrojenja. To u našim prilikama praktički znači obvezno uzdužno sekcioniranje sabirnica i slično.

11. INFORMATIZACIJA ODRŽAVANJA

Dosadašnji sustav planiranja i praćenja održavanja, ako uopće možemo govoriti o sustavu na razini DP-a, karakterizira ograničenost, neefikasnost, nepouzdanost,... Spomenimo samo problem raspolaganja s osnovnim tehničkim i poslovnim podacima, a da ne spominjemo statističke podatke i parametre, razne izvještaje i slično.

Došli smo do potrebe i nužde stvaranja racionalnijeg i kvalitetnijeg sustava održavanja u kojem će informatizacija imati posebno važnu ulogu.

Da bi neki sustav informatizirali, nužno je definirati ciljeve, strategiju i metode ostvarenja tih ciljeva, pravila i dokumentaciju održavanja, financijska sredstva i ostale potrebne preduvjete. Preslikavanje svih procesa iz domene održavanja, i koji su povezani s održavanjem, u informatičke sfere, sigurno je složeno i zahtjevno. Očito, pred nama je izazovna zadaća koju jednostavno više nije moguće odgađati niti izbjeći. Naprotiv, ovaj je proces trebalo znatno ranije pokrenuti. U ovom trenutku se postavlja ključno pitanje (u kojem "leži" i odgovor), a to je slijedeće: Tko i na kojoj razini treba inicirati i koordinirati ovakve procese (direkcija ili distribucijska područja), odnosno čiji je to interes?

Sama činjenica da je informatizacija održavanja neizbježna, iznimno korisna, te da će nas "prisiliti" da uvedemo puno više reda u ovaj segment poslovanja i u ostale prateće segmente s kojima je održavanje povezano. Mnogi procesi, uobičajena praksa i pravila iz sadašnjeg stila održavanja biti će nužno prilagoditi egzaktnim zahtjevima informatike. Upravo ovdje treba očekivati glavni "otpor" i probleme koje je nužno pravodobno rješavati. Drugi važan problem koji se može očekivati je problem implementacije informacijskog sustava, odnosno stvaranja pozitivnog ozračja i svijesti o njevoj potrebi i koristi, kako bi se početni problemi prebrodili sa što manje poteškoća.

U sklopu informatizacije održavanja kao jednog složenog procesa, aplikaciju održavanja neophodno je umrežiti u jedinstveni informacijski sustav sa svim ostalim aplikacijama, kao primjerice za:

- procesnu informatiku,
- energetiku,
- zaštitu na radu,
- kadrove,
- radno vrijeme,
- skladišta,
- vozila
- internu poštu,
- materijalno knjigovodstvo,
- TIS,
- GIS,
- FIN.

12. ZAKLJUČCI

Dosadašnji pristup i model održavanja, te važeća regulativa postali su "kočnica" glede uvođenja racionalnijeg modela održavanja, a osobito glede optimiranja održavanja. Postojeći propisi i pravilnici su zastarjeli i izrazito konzervativni u pojedinim segmentima, što znači da uopće nisu sukladni s novim tehnologijama, niti novim modelima i strategijama održavanja.

Poseban problem su takozvani minimalni rokovi održavanja i pojedine aktivnosti održavanja koje, blago rečeno, nisu logične niti razumne, što znači da se u slučaju striktnog pridržavanja takvih uvjeta, održavanje provodi na neracionalan način (uz nepotrebne troškove).

Uz sve to, prisutan je i problem sadržaja i kvalitete proizvođačkih uputa za održavanje pojedinih uređaja, opreme i postrojenja, gdje su aktivnosti i rokovi nerealni (ili prečesti ili prerijetki). U takvim okolnostima, praktička provedba održavanja elektrodistribucijskih postrojenja varira od jedne krajnosti koja sadrži previše rizika (isključivo otklanjanje kvarova), pa sve do druge koja je neracionalna ("slijepo", odnosno strogo pridržavanje propisa, pravilnika i uputa proizvođača).

Lako se može zaključiti da nemamo razrađen sustav održavanja koje se temelji na načelima i pravilima optimiranja. To znači da održavanje postrojenja, ovisi o "proizvoljnom stavu" pojedinih subjekata ili organizacijskih jedinica u sastavu pojedinih dijelova HEP-a, odnosno njihovih rukovoditelja ili bolje rečeno njihovog odnosa glede osnovne djelatnosti i relevantnih propisa, pravilnika i uputa.

Također je poznato da u našoj praksi nije "običaj" statistički pratiti održavanje (osobito smetnje, nedostatke i kvarove) i sustavno tražiti "slabe točke", odnosno provoditi raščlambu statističkih podataka i pogonskih događaja, te poduzimati potrebne aktivnosti.

Od posebne je koristi suradnja s proizvođačima opreme u smislu definiranja određenih detalja glede nadzora opreme u pogonu, te prikladnosti za održavanje i rukovanje. Razmjena iskustava i spoznaja također je poželjna između ova dva "partnera".

U skoroj budućnosti će se pojaviti još jedan utjecajni čimbenik, a to su troškovi, odnosno štete prouzročene neisporučenom ili "nekvalitetnom" električnom energijom, te prekidom opskrbe u pojedinim situacijama.

Može se zaključiti da je neophodno mijenjati pristup održavanju, kako u domeni "regulative", tako i u domeni provedbe i kontrole, odnosno stvoriti sustav upravljanja održavanjem.

S obzirom na organizacijski ustroj DP-a, uobičajenu praksu i različite strategije održavanja, potrebno je pri razradi novog pravilnika, međusobno "razdvojiti" postrojenja primarne i sekundarne distribucije.

Stroga provedba određenih periodičkih aktivnosti ("reda radi"), gubi smisao s obzirom na praksu i nove okolnosti. To znači da u ovakvim i sličnim slučajevima treba aktivnosti održavanja temeljiti na pregledima, dijagnostičkim ispitivanjima, te procjeni stanja.

Otvorene su potpuno nove mogućnosti za nadzor pojedinih temeljnih parametara opreme, koji su od posebne važnosti glede održavanja, pa ih se preporuča maksimalno koristiti.

Potrebno je inicirati novelaciju i reviziju postojeće regulative koja propisuje održavanje elektroenergetskih postrojenja (državni Pravilnik, interne smjernice, pravila i upute, tipizacija opreme i tehničkih rješenja,...).

Jedan od ozbiljnih problema održavanja je informatizacija. Da bi riješili ovaj problem, odnosno podigli održavanje na višu razinu, nužno je u sklopu opće informatizacije uključiti i sustav održavanja, a za to je potreban radikalni iskorak.

PITANJA ZA DISKUSIJU:

- *Zašto je razmjena iskustava u okviru postojećeg ustroja direkcije, odnosno između pojedinih DP-a u "blokadi" (razmjena po vertikali i po horizontali) ?*
- *Koje su sporne aktivnosti i rokovi iz važećih propisa, Pravilnika o održavanju, uputa proizvođača ?*
- *Koje su primjedbe i sugestije nadležnih inspekcija na postojeću koncepciju održavanja ?*
- *Koji su osnovni problemi održavanja u sadašnjem okruženju ?*
- *Koji su problemi pri održavanju aparata i uređaja najnovijih tehnoloških izvedbi ?*
- *Kako se odrediti prema zahtjevima potrošača glede pružanja usluga održavanja ?*
- *Kolika je i kolika treba biti autonomnost DP-a u kreiranju politike održavanja ?*
- *Problematika održavanja glede zaštite na radu, zaštite od požara i zaštite okoliša ?*
- *Negativni i pozitivni primjeri iz domene održavanja ?*
- *Sadašnji status, organizacija i ustroj odjela održavanja u DP-u ?*

