

Krešimir Brckan, dipl. ing.  
Ekonerg d.o.o. Zagreb  
[kresimir.brckan@ekonerg.hr](mailto:kresimir.brckan@ekonerg.hr)

mr. sc. Josip Karmeluti  
5E d.o.o. Rijeka  
[josip.karmeluti@5e-rijeka.hr](mailto:josip.karmeluti@5e-rijeka.hr)

## INFORMACIJSKI SUSTAV ODRŽAVANJA ELEKTROENERGETSKIH OBJEKATA, POSTROJENJA I UREĐAJA

### SAŽETAK

Članak opisuje pristup održavanju tehničkih sustava na primjeru distribucijskih elektroenergetskih objekata, postrojenja i uređaja. Projekt Sustava upravljanja održavanjem (SUO) obuhvaća projektnu pripremu radi uvođenja informacijskog sustava održavanja (IS održavanja) koji treba podržati osnovne ciljeve održavanja: osigurati (i postupno povećati) pouzdanost distribucije električne energije propisane kvalitete, osigurati (i postupno povećati) raspoloživost opreme te razinu sigurnosti imovine, zdravlja i okoline, kao i smanjiti troškove održavanja (ili ih zadržati na istoj razini, udovoljavajući prethodnim ciljevima).

Radi efikasnijeg praćenja procesa održavanja potrebno je odabrati i uvesti specijalizirani informacijski sustav za podršku upravljanju održavanjem koji će omogućiti: utvrđivanje postojećeg stanja svih poslovnih resursa (zaposlenici, rezervni dijelovi i materijal te sredstva za rad), uvođenje preventivnog održavanja te njegovo praćenje i analizu radi planiranja budućih aktivnosti i s time povezanih troškova - tzv. troškovno učinkovito održavanje. U projektu treba također voditi računa o zakonskim i strukovnim zahtjevima te zahtjevima iz područja zaštite okoliša.

Pri tome svakako treba uvažiti postojeće stanje tehničkih sustava, organizacije društva, strukturu zaposlenika (kvalifikacija, stručnost, starosna dob i dr.) te ostalih tehničkih resursa. Uvođenje IS održavanja integrira sve prethodno navedene aktivnosti.

Neke od očekivanih dobiti uvođenja sustava su smanjenje vremena „prometa“ informacija, povećanje poslovne efikasnosti i organiziranosti te smanjenje „papirologije“ u svim segmentima poslovanja, kao i mogućnost kvalitetnijeg i jednostavnijeg planiranja i analize troškova održavanja, obrazloženja pokretanja pojedinih aktivnosti, a sve u funkciji dugoročnog ostvarenja ciljeva održavanja.

**Gljučne riječi:** elektroenergetska distribucijska postrojenja, održavanje tehničkih sustava, raspoloživost, informacijski sustav za podršku upravljanju održavanjem

## COMPUTERIZED MAINTENANCE MANAGEMENT SYSTEM FOR ELECTRIC- POWER EQUIPMENT AND UTILITIES

### SUMMARY

The paper describes maintenance approach on technical systems such as electric-power equipment and utilities. Project of Maintenance Management System implies project preparation in order to implement such computerized maintenance system, which should satisfy basic maintenance goals: to ensure (and even gradually increase) reliability of electricity distribution of required quality, to ensure (and gradually increase) equipment availability and safety level of assets, health and environment, as well as to minimize maintenance costs (or just hold them back, complying with above mentioned goals).

Due to more efficient monitoring of maintenance process, it is important to choose and implement specialized IT system, which should: define existing condition of all business resources (labour, inventory,

spare parts and tools), introduce preventive maintenance, as well as to monitor and analyze it due to future activities and related costs planning - so called cost effective maintenance. The project should take into account legal and professional demands and demands considering environmental protection.

At the same time, it is necessary to accept existing condition of technical systems, company organization, employee structure (qualification, competence, age, etc), as well as other technical resources (equipment, tools, etc). Computerized maintenance management system integrates all above mentioned activities into one unique whole.

Some of expected system benefits would be: reducing the time of information distribution, increasing the business efficiency and organization, reducing the "paperwork" in all business segments, as well as possibility of more qualitative and easier planning and analyzing of, giving explanation on starting up the activities due to long-term achievements of the maintenance goals.

**Key words:** electric-power equipment and utilities, maintenance of technical systems, availability, Computerized Maintenance Management System

## 1. UVOD

Prihvatanjem pravila europskog elektroenergetskog sustava elektroprivredna društva postaju sudionici tržišne utakmice u kojoj će za uspjeh i konkurentnost biti presudno učinkovito gospodariti vlastitim tehničkim sustavima, odnosno promatrano u širem kontekstu, cjelokupnom imovinom.

Održavanje imovine je u elektroprivrednim poslovnim subjektima ključna komponenta upravljanja. Funkcija mu je osigurati maksimalnu raspoloživost kapaciteta za proizvodnju, prijenos i distribuciju električne energije čime će se pojave degradacije, zastoja ili kvarova koji nepovoljno utječu na sposobnost izvršenja njihove zahtijevane funkcije svesti na najmanju moguću mjeru, uz minimalne troškove. Dakle, održavanje se može promatrati i kao investicija u budući profit koji će se ostvariti kroz osiguranje kapaciteta i smanjenje operativnih troškova poslovanja [1]. Održavanjem se također dokazuje i briga te smanjuje negativan utjecaj tehničkih sustava na okoliš.

Uzimajući u obzir ova načela, kao imperativ se nameće uspostaviti jedinstveni sustav upravljanja održavanjem (SUO) tehničkih sustava, što obuhvaća planiranje, organizaciju, pripremu i praćenje izvršenja, dokumentiranje i analizu svih aktivnosti u procesu održavanja. Sve navedene sastavnice upravljanja održavanjem neophodno je podržati primjenom specijaliziranog informacijskog sustava.

## 2. ULOGA INFORMACIJSKIH SUSTAVA ZA PODRŠKU UPRAVLJANJU ODRŽAVANJEM U VOĐENJU POSLOVANJA OPERATERA SUSTAVA ELEKTRODISTRIBUCIJE

Poslovodstvo tvrtke, kao i svi ostali sudionici na tržištu, moraju odrediti ciljeve poslovanja, pri čemu je jedino bitan konačni rezultat. Kod operatera sustava elektrodistribucije za uspješno poslovanje potrebno je uskladiti niz ciljeva - osigurati kontinuiran i siguran pogon uz visoku raspoloživost tehničkih sustava, a električnu energiju distribuirati na siguran, ekološki prihvatljiv i troškovno konkurentan način.

U prošlosti je raspoloživost bila znatno ispred svih ostalih kriterija. Uvjeti isporuke električne energije omogućavali su da se troškove opskrbe električnom energijom moglo prenijeti na kupce. U uvjetima nadmetanja, koji danas vrijede na tržištima električne energije to više nije slučaj. Štoviše, u doba trgovanja električnom energijom na burzama, sposobnost njene distribucije po trajno povoljnoj cijeni, odlučuje o tome je li distributer konkurentan, dakle hoće li moći prodati električnu energiju ili će od strane dispečera biti stavljen u drugi plan u korist drugih distributera, odnosno uvoza električne energije. Iz tog razloga poslovodstvo elektrodistribucijskog operatera sustav kojim upravlja ne bi trebalo shvaćati samo kao niz objekata, postrojenja i uređaja koje treba održavati, već kao visoko učinkoviti integrirani sustav kojeg treba voditi na način da se osigura optimalna pogonska raspoloživost.

Pouzdanost objekata, postrojenja i uređaja treba konstantno održavati na visokoj razini. Radi toga treba precizno odrediti komponente koje su tehnički ključne za sigurnost i raspoloživost i upravljati njihovim životnim vijekom na način kojim će se osigurati maksimalna iskoristivost, bez nedopuštenog povećanja rizika ispada čitavog elektrodistribucijskog sustava.

Osnovna mogućnost za to je preventivno održavanje prema vremenskim ciklusima, koje se u pravilu temelji na preporukama proizvođača. Ti ciklusi su definirani s velikim stupnjem sigurnosti, što ima za posljedicu relativno visoke troškove. Takvom strategijom održavanja bez problema se može upravljati "manualno", na temelju sustava kartoteka, pri čemu se radni nalozi za održavanje izdaju kad se dostigne

propisana periodičnost. U modernim elektrodistribucijama primjenjuju se sofisticirani tehnički sustavi za upravljanje i vođenje sustava kojima se kontinuirano ili periodički prati i dijagnosticira stanje i radni parametri komponenata na temelju kojih se može ocijeniti njihovo stanje, stupanj istrošenosti i preostali životni vijek.

Glavni zadatak posloводства operatera sustava elektrodistribucije je da zajedno s vodećim inženjerima definira strategiju održavanja, u skladu s prikupljenim podacima. Pri tome se potrebno usredotočiti na raspoloživost u odnosu na sustav, a ne samo na raspoloživost pojedinih komponenti. Takva strategija naziva se održavanje usmjereno na stanje i uz uvjet da se optimalno provodi, bez daljnjeg je najekonomičnija za pogon sustava. Za njeno provođenje je, osim prikupljenih podataka iz pogona, potreban informacijski sustav za podršku upravljanju održavanjem. Iz saznanja o aktualnom stanju komponenti, podataka pohranjenih u informacijskom sustavu (prethodne aktivnosti održavanja, inspekcije i kontrole, evidencije uzroka kvarova) i pogonskih iskustava gdje su intervali održavanja produženi u odnosu na preporuke proizvođača, moguće je smanjenim opsegom održavanja postići znatne uštede troškova bez značajnijeg povećanja rizika od ispada.

U tu svrhu razvijeni su programi poznati na svjetskom tržištu informacijskih tehnologija pod nazivom Enterprise Asset Management (EAM) Systems, odnosno informacijski sustavi za upravljanje imovinom. Nastali su nadogradnjom, proširenjem i razvojem funkcionalnosti prve generacije računalom podržanih sustava za upravljanje poslovima održavanja, na tržištu poznatih kao Computerised Maintenance Management Systems - CMMS.

Informacijski sustavi za podršku upravljanju održavanjem (CMMS/EAM) su namijenjeni planiranju i pripremi, praćenju te analizi efikasnosti i uspješnosti izvršenja aktivnosti održavanja u poslovnim subjektima (društvima). Razvojem funkcionalnosti dodana im je nova dimenzija pa osim procesa održavanja podržavaju i logističke funkcije poslovanja poduzeća, poput upravljanja zalihama te nabave roba, usluga i radova. Također imaju važnu ulogu pri uspostavljanju, primjeni i provjeri sustava upravljanja kvalitetom (Quality Management) u segmentu održavanja prema ISO normama i drugim strukovnim standardima. Primjenjuju se u svijetu već dugi niz godina i bilježe kontinuirani rast primjene usporedno s razvojem informatičkih tehnologija i povećanjem ulaganja u informatizaciju poslovnih procesa poduzeća. Procjenjuje se da na svjetskoj razini oko 15 - 20 % ukupnih ulaganja u implementaciju EAM/CMMS informacijskih sustava otpada na segment elektroprivrede, jer je uloga održavanja ključna [2].

### **3. OBILJEŽJA INFORMACIJSKIH SUSTAVA ZA PODRŠKU UPRAVLJANJU ODRŽAVANJEM**

#### **3.1. Izbor informacijskog sustava za podršku upravljanju održavanjem**

U svrhu izbora informacijskog sustava za podršku upravljanju održavanjem (IS održavanja) potrebno je uspostaviti više kriterija, od kojih se kao najvažniji mogu izdvojiti:

- a) mogućnost primjene u održavanju tehničkih sustava u elektroprivrednim društvima i ostvarene reference proizvođača informacijskog sustava u tom segmentu tržišta,
- b) mogućnost konfiguriranja i prilagodbe informacijskog sustava poslovnim procesima održavanja u elektrodistribucijskim sustavima,
- c) mogućnost prilagodbe i podrške zakonskim propisima i internim aktima u domeni zaštite na radu i zaštite od požara kod provedbe aktivnosti održavanja,
- d) mogućnost prilagodbe i podrške informacijskog sustava zakonskoj regulativi i zahtjevima međunarodnih računovodstvenih standarda (MRS) u domeni skladišnog poslovanja i upravljanja zalihama te nabavi roba, usluga i radova,
- e) platforma informacijskog sustava održavanja (relacijska baza podataka, operacijski sustav i sučelje) kompatibilna s informacijskom infrastrukturom i standardima poslovnog informacijskog sustava elektrodistribucijske tvrtke,
- f) mogućnost kontinuirane podrške korisnicima i isporuke novih inačica (verzija) informacijskog sustava.

Nakon evaluacije informacijskih sustava prema ovim i eventualno dodatnim kriterijima, odabire se onaj koji nedvojbeno dokaže da im može udovoljiti.

### 3.2. Opis glavnih modula informacijskog sustava za podršku upravljanju održavanjem

Vodeći IS održavanja na tržištu su modularne izvedbe. Moduli i struktura IS održavanja prikazani su na slici 1.



Slika 1. Struktura i moduli IS održavanja

Osnovni moduli IS održavanja i funkcionalnosti koje nudi bit će opisani u nastavku.

#### 3.2.1. Objekti održavanja (tehnički sustavi)

Jezgru IS održavanja čini jedinstvena baza objekata održavanja. Objekte održavanja čine oprema, uređaji ili komponente, građevinski objekti te općenito govoreći svi tehnički sustavi u elektrodistribuciji koji se održavaju. Obuhvaćeni su i objekti održavanja koji nisu u izravnoj funkciji distribucije električne energije, ali su nužni za funkcioniranje pogona i obavljanja temeljne djelatnosti.

Bazu podataka objekata održavanja čine:

- temeljna postrojenja, tehnološki sustavi i objekti za distribuciju električne energije:
  - rasklopna postrojenja: transformatorske stanice i razvodna postrojenja te podrazvodi,
  - elektroenergetske veze: nadzemne (dalekovodi) i podzemne (kabelske trase)
  - upravljački centri
  - mjerni (mrežni) centri (za obračun električne energije) itd.
- telekomunikacijska i oprema poslovne i procesne informatike,
- poslovne zgrade i ostali građevinski objekti u sastavu tvrtke, ceste, prometnice, zelene površine te sve ostale nekretnine,
- putnički automobili, autobusi, teretna te ostala vozila i sredstva unutarnjeg transporta.

Kreiranje baze podataka ili šifarnika objekata održavanja je jedna od značajnijih, ali i najopsežnijih aktivnosti u projektu uvođenja informacijskih sustava za podršku upravljanja održavanjem. Može se reći da je ta aktivnost na kritičnom putu terminskog plana izvedbe projekta i u bitnoj mjeri određuje njegovo trajanje. Šifarnik objekata održavanja treba biti smisljeno definiran i hijerarhijski strukturiran, što znači da mora omogućiti jednoznačno definiranje veza tehnički sustav → podsustav → komponenta (element, uređaj). Također je potrebno definirati strukturu i način formiranja nazivlja objekata održavanja, što je vrlo bitno zbog lakšeg pretraživanja baze podataka.

Segment baze podataka IS održavanja koji prikazuje raščlambu objekata održavanja u rasklopnom postrojenju (RP) 110 kV prikazan je na slici 2.

| Sifra objekta održavanja | Opis   | Vrsta objekta održavanja | Lokacija           | Pogonsko stanje | Trošak rada zaposlenika | Trošak rada dobavljača | Trošak materijala |
|--------------------------|--|--------------------------|--------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|-------------------|
| Z10-YA                   | SUSTAV RASKLOPNIH POSTROJENJA                    | Sustav                   | TS Rijeka 110/35kV | U pogonu        | 0,00 kn                 |                        | 0,00 kn           |
| Z10-YAE                  | SUSTAV RASKLOPNOG POSTROJENJA 110kV              | Sustav                   | TS Rijeka 110/35kV | U pogonu        | 590,04 kn               | 110.048,13 kn          | 0,00 kn           |
| Z10-YAEA                 | RASKLOPNO POSTROJENJE 110kV                      | RPVNap                   | TS Rijeka 110/35kV | U pogonu        | 5.581,44 kn             | 542.352,40 kn          | 8.441,13 kn       |
| Z10-YAEA00G5150          | SABIRNICE 110kV-SUSTAV 1                         | Sabin                    | TS Rijeka 110/35kV | U pogonu        | 0,00 kn                 |                        | 0,00 kn           |
| Z10-YAEA00G5250          | SABIRNICE 110kV-SUSTAV 2                         | Sabin                    | TS Rijeka 110/35kV | U pogonu        | 0,00 kn                 |                        | 0,00 kn           |
| Z10-YAEA01               | POLJE 110kV DV 2 TS PEHLIN                       | RPVNap                   | TS Rijeka 110/35kV | U pogonu        | 1.195,52 kn             | 0,00 kn                | 0,00 kn           |
| Z10-YEA01CE001A          | STRUJA u odvodu 110kV polje DV 2 TS PEHLIN       | MjerKrug                 | TS Rijeka 110/35kV | U pogonu        | 0,00 kn                 |                        | 0,00 kn           |
| Z10-YEA01CE001B          | STRUJA u odvodu 110kV polje DV 2 TS PEHLIN       | MjerKrug                 | TS Rijeka 110/35kV | U pogonu        | 0,00 kn                 |                        | 0,00 kn           |
| Z10-YEA01CE001C          | STRUJA u odvodu 110kV polje DV 2 TS PEHLIN       | MjerKrug                 | TS Rijeka 110/35kV | U pogonu        | 0,00 kn                 |                        | 0,00 kn           |
| Z10-YEA01CE101           | NAPON u odvodu 110kV polje DV 2 TS PEHLIN        | MjerKrug                 | TS Rijeka 110/35kV | U pogonu        | 0,00 kn                 |                        | 0,00 kn           |
| Z10-YEA01FE101           | SNAGA delatna 110kV polje DV 2 TS PEHLIN         | MjerKrug                 | TS Rijeka 110/35kV | U pogonu        | 0,00 kn                 |                        | 0,00 kn           |
| Z10-YEA01FE102           | SNAGA delatna 110kV polje DV 2 TS PEHLIN -na KRD | MjerKrug                 | TS Rijeka 110/35kV | U pogonu        | 0,00 kn                 |                        | 0,00 kn           |
| Z10-YEA01FE201           | SNAGA jalova 110kV polje DV 2 TS PEHLIN          | MjerKrug                 | TS Rijeka 110/35kV | U pogonu        | 0,00 kn                 |                        | 0,00 kn           |
| Z10-YEA01FE202           | SNAGA jalova 110kV polje DV 2 TS PEHLIN -na KRD  | MjerKrug                 | TS Rijeka 110/35kV | U pogonu        | 0,00 kn                 |                        | 0,00 kn           |
| Z10-YEA01GS001           | PREKIDAČ 110kV polje DV 2 TS PEHLIN              | PrekidVN                 | TS Rijeka 110/35kV | U pogonu        | 0,00 kn                 | 0,00 kn                | 0,00 kn           |
| Z10-YEA01GS011           | RASTAVLJAČ lin. 110kV polje DV 2 TS PEHLIN       | RastavVl                 | TS Rijeka 110/35kV | U pogonu        | 0,00 kn                 |                        | 0,00 kn           |
| Z10-YEA01GS021           | RASTAVLJAČ lin. e nož.uz. 110kV po DV 2 PEHLIN   | RastavVl                 | TS Rijeka 110/35kV | U pogonu        | 0,00 kn                 |                        | 0,00 kn           |
| Z10-YEA01GS111           | RASTAVLJAČ sabirnički 110kV DV 2 PEHLIN Sustav1  | RastavVl                 | TS Rijeka 110/35kV | U pogonu        | 0,00 kn                 |                        | 0,00 kn           |
| Z10-YEA01GS211           | RASTAVLJAČ sabirnički 110kV DV 2 PEHLIN Sustav2  | RastavVl                 | TS Rijeka 110/35kV | U pogonu        | 0,00 kn                 |                        | 0,00 kn           |
| Z10-YEA01GS301           | TRANSFORMATOR mj. struja 110kV polje DV 2        | TrafomJS                 | TS Rijeka 110/35kV | U pogonu        | 0,00 kn                 | 0,00 kn                | 0,00 kn           |
| Z10-YEA01GS301           | TRANSFORMATOR mj.napon. 110kV polje DV 2         | TrafomMN                 | TS Rijeka 110/35kV | U pogonu        | 0,00 kn                 | 0,00 kn                | 0,00 kn           |
| Z10-YEA01GS601           | PRIGUŠNICA visokotek.ventna 110kV polje DV 2     | PigurVf                  | TS Rijeka 110/35kV | U pogonu        | 132,80 kn               | 0,00 kn                | 0,00 kn           |
| Z10-YEA01GS611           | KONDENZATOR visokotek.ven.110kV polje DV 2       | KondenVN                 | TS Rijeka 110/35kV | U pogonu        | 0,00 kn                 | 0,00 kn                | 0,00 kn           |
| Z10-YEA01GV001           | ODVODNIK prenapona 110kV polje DV 2 TS PEHLIN    | OdvPren                  | TS Rijeka 110/35kV | U pogonu        | 0,00 kn                 |                        | 0,00 kn           |

Slika 2. Baza podataka objekata održavanja u IS održavanja

Svakom objektu održavanja u IS održavanja dodijeljeni su atributi koji definiraju lokaciju objekta održavanja, odgovornu osobu (tehnolog / inženjer održavanja) i troškovni centar kojeg terete troškovi održavanja.

Osim osnovnih podataka, za svaki element u bazi objekata održavanja moguće je pohraniti određeni broj podataka tehničkog karaktera, poput tipa, serijskog broja, proizvođača, datuma nabave, datuma početka eksploatacije i sl. Za istovrsnu opremu (npr. transformatore, prekidače, rastavljače, odvodnike prenapona i sl.) ili objekte moguće je kreirati tzv. natpisnu pločicu ili obrazac koji sadrži skup standardnih tehničkih podataka. Svakom objektu održavanja također je moguće pridružiti i neograničeni broj dokumenata u digitalnom obliku. To mogu biti tekstualni dokumenti, crteži u CAD formatu, slikovni dokumenti, video zapisi itd.

Treba težiti da se sistematizira i u digitalnom obliku pohranjuje sva dokumentacija što se generira tijekom životnog vijeka objekta održavanja, a posebice:

- projektna dokumentacija,
- tehnološke blok sheme,
- upute za rukovanje i održavanje,
- fotografije ugradnje ili montaže,
- elaborate o inspekcijama i ispitivanjima,
- fotografije mjesta i utvrđenih uzroka kvarova.

Osim spomenutog, za svaki objekt održavanja je moguće definirati listu rezervnih dijelova i sklopova potrebnih za održavanje, a ako je instalirano više komada istovrsne opreme, ista lista rezervnih dijelova može se pridružiti svakome od njih. Ova funkcionalnost vrlo je bitna i znatno olakšava pregled raspoloživih zalih za planiranje potreba rezervnih dijelova za održavanje.

### 3.2.2. Program plansko - preventivnog održavanja

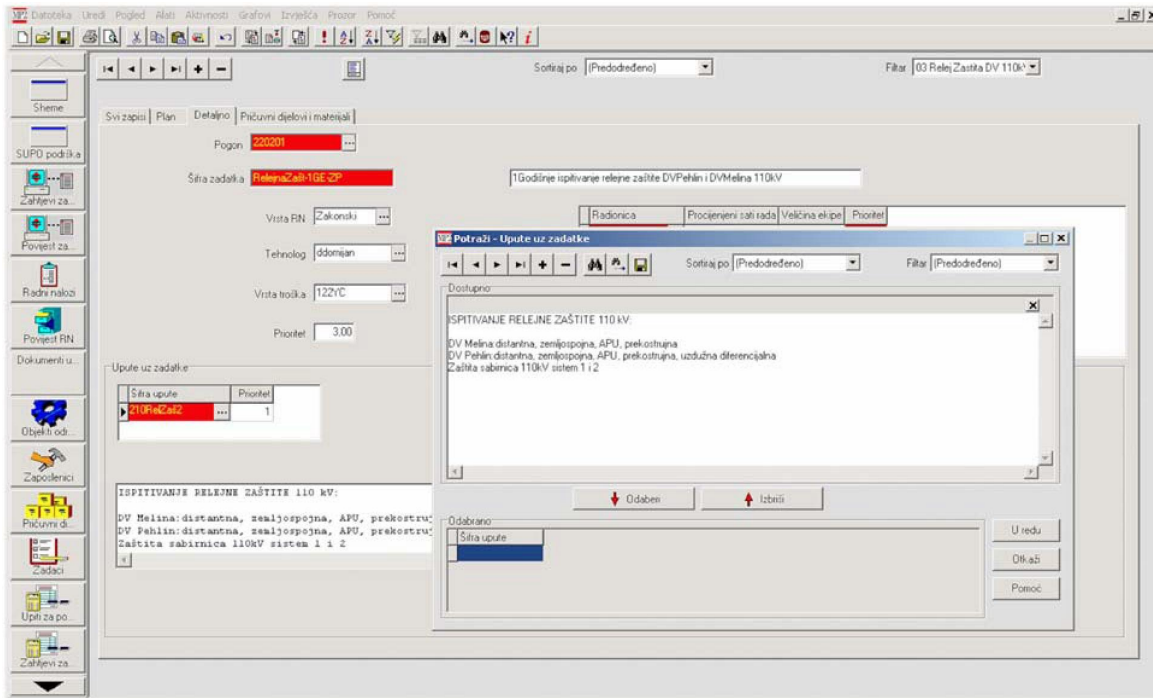
Programom plansko-preventivnog održavanja definiraju se aktivnosti koje je periodički potrebno provoditi na tehničkim sustavima. Nakon što je kreirana baza objekata održavanja, svakom od objekata se u IS održavanja pridružuje lista planiranih aktivnosti održavanja. Opseg programa održavanja definira se temeljem:

- a) zakonskih obveza,
- b) preporuka proizvođača,
- c) najbolje svjetske prakse («Best Practices»),
- d) vlastitih iskustava u eksploataciji.

Za svaku periodičku aktivnost, primjerice ispitivanje ili inspekcijski pregled propisuje se:

- periodičnost izvršenja aktivnosti na vremenskoj osnovi,
- datum zadnjeg izvršenja aktivnosti - na osnovu definirane periodičnosti sustav automatski izračunava datum sljedeće provedbe,
- normative materijala i angažmana zaposlenika koji su potrebni za izvršenje aktivnosti,
- odgovornu osobu za izvršenje aktivnosti,
- uputu ili kontrolnu listu sa svim podacima potrebnim za izvršenje određene aktivnosti.

Način na koji su definirani podaci potrebni za izvršenje jedne aktivnosti preventivnog održavanja prikazan je na slici 3. Radi se o periodičkoj (godišnjoj) aktivnosti ispitivanja relejnih zaštita 110 kV dalekovoda (DV).



Slika 3. Definiranje potrebnih podataka za izvršenje aktivnosti preventivnog održavanja u IS održavanja

### 3.2.3. Evidencija kvarova - zahtjeva za izvršenjem aktivnosti korektivnog održavanja

IS održavanja treba omogućiti evidenciju kvarova i općenito svih zahtjeva za izvršenjem aktivnosti korektivnog održavanja. Zahtjeve može direktno evidentirati osoblje iz održavanja, ili operateri u dispečerskom centru, uklopnici ili sl.

Evidencija kvara sadrži:

- a) šifru prijave kvara - automatskim odbrojavanjem,
- b) prijavitelja kvara,
- c) opis kvara i komentar (zapažanje),
- d) mjesto (objekt održavanja) na kojem se kvar dogodio,
- e) datum i vrijeme podnošenja - sustav dodjeljuje automatski,
- f) osobu kojoj se upućuje prijava kvara. Nakon provjere prijave i pregleda podataka ova osoba je odobravanjem (potvrđivanjem) pretvara u radni nalog.

### 3.2.4. Radni nalog

Za svaku aktivnost preventivnog ili korektivnog održavanja u IS održavanja se kreira radni nalog koji je središnji dokument u održavanju tehničkih sustava.



Radni nalog služi za planiranje i praćenje tehničkog aspekta održavanja - definiranje opsega i tehničkih uputa za izvršenje aktivnosti te pohranjivanje utvrđenih rezultata i zapažanja u arhivu objekta održavanja. Osim toga, funkcija radnog naloga je planiranje potreba, raspoređivanje i evidencija stvarnog angažmana zaposlenika i utrošenog materijala za izvršenje pojedinih aktivnosti, tj. troškova održavanja.

### RADNI NALOG

**Radovi na remontu rastavljača 110 kV - 2007. - HE Rijeka**

|  |                                    |                |
|--|------------------------------------|----------------|
| Tehnolog<br>Istajaj                                | Šifra projekta<br>210-HE Rijeka 07 | REH-elektro 07 |
| Poslovođa<br>Bmataja                               | Podprojekat<br>-                   |                |
| Radnik<br>Dane Prskuč                              | Šifra zadatka<br>-                 |                |
| Izvođač<br>HE Rijeka                               | Razlog ispada<br>-                 |                |
| Ovlašteni rukovoditelj radova<br>B. Mataja         | Vrsta troška<br>123YA              | Remont         |
| Podnositelj zahtjeva<br>Brod telefona podnositelja | Izvodi se pod jamstvom<br>Ne       |                |
| Datum zahtjeva<br>18.7.2007                        | Prioritet<br>1,00                  |                |
| Planirani datum početka<br>24.7.2007               | Datum završetka<br>10.8.2007       |                |
| Planirani datum završetka<br>6.8.2007              |                                    |                |

**Potrebna je DOZVOLA ZA RAD**

|                                   |                                     |                                       |
|-----------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| Radionica izvršenja<br>210-ELEKTR | Procijenjena veličina ekipe<br>2,00 | Procijenjeni sati rada ekipe<br>40,00 |
|-----------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|

| Šifra objekta održavanja | Stara šifra objekta održavanja | Opis objekta održavanja     | Lokacija           |
|--------------------------|--------------------------------|-----------------------------|--------------------|
| 210-YAEA                 |                                | RASKLOPNO POSTROJENJE 110KV | TS Rijeka 110/35KV |

*Izdati Dozvolu za rad za svaki rastavljač na kome se izvode radovi (u svakom polju za sabirničke rastavljače sistema 1 i 2).*

*Prilikom osiguranja mjesta rada strogo poštovati 5 Pravila sigurnosti.*

*Prilikom radova na rastavljačima blok transformatora 1 i 2 koristiti autokolaru uz stalni nadzor propisanog radnika prema djeljivima pod naponom!*

*Uzeti autokolaru prema propisima.*

*Poduzeti mjere za zaštitu prilikom radova na visini.*

*Vidljivo označiti i ograditi mjesto rada.*

*Prilikom izvođenja radova obavezno koristiti osobna zaštitna sredstva.*

*Pridržavati se Zakona o zaštiti na radu i Zakona o državljanom inspektoratu.*

| Šifra zaposlenika | Ime   | Prezime  | Datum rada | Radovni sati | Prakovreneni sati | Šifra objekta održavanja (zaposlenici) |
|-------------------|-------|----------|------------|--------------|-------------------|--|
|                   | Boris | Mataja   | 24.7.2007  | 4,00         |                   | 210-YAEA                               |
|                   | Dane  | Ostović  | 24.7.2007  | 3,00         |                   | 210-YAEA                               |
|                   | Marin | Želječić | 24.7.2007  | 4,00         |                   | 210-YAEA                               |

| Šifra dijela | Opis dijela                                       | Zahtjevana količina | Korištena količina | Datum korištenja | Šifra objekta održavanja (dijelovi) |
|--------------|---|---------------------|--------------------|------------------|-------------------------------------|
| 20145653     | VIJAK M10x25 8.8 - Zn šesterokutna glava DIN 934  | 20,00               | 20,00              | 31.7.2007        | 210-YAEA                            |
| 20174088     | VIJAK M10x35 8.8 - Zn šest. glava, navoj do glave | 20,00               | 20,00              | 31.7.2007        | 210-YAEA                            |
| 21803006     | MATICA M10 5 šesterokutna DIN 934                 | 40,00               | 40,00              | 31.7.2007        | 210-YAEA                            |
| 22001211     | PODLOŠKA M10 - Zn DIN 125                         | 40,00               | 40,00              | 31.7.2007        | 210-YAEA                            |
| 22005011     | PODLOŠKA električna M10 DIN 127                   | 40,00               | 40,00              | 31.7.2007        | 210-YAEA                            |
| 36204047     | STOPICA kabelska za grnjenje; 25mm2; отв. 10,5mm  | 10,00               | 10,00              | 31.7.2007        | 210-YAEA                            |

### ZATVORENO

#### DOZVOLA ZA RAD br. 07-00526

ZNRH-6

Izdavač (vrtnjač): **HE Rijeka**      Ovlašteni rukovoditelj radova: **B. Mataja**

Opis radova: **Radovi na remontu rastavljača 110 kV - 2007. - HE Rijeka**

| Šifra objekta održavanja | Opis objekta održavanja     | Lokacija           | Stara šifra. |
|--------------------------|-----------------------------|--------------------|--------------|
| 210-YAEA                 | RASKLOPNO POSTROJENJE 110KV | TS Rijeka 110/35KV |              |

**PROVESTI SLJEDJEĆE MJERE ZAŠTITE ZA OSIGURANJE MJESTA RADA!**

Cjelokupni konzum 110 kV prebačen na SISTEM 2, SISTEM 1 prazan i u beznaponskom stanju.

1.a. Isključen:  
- Prekidač 110 kV BLOK TRAF0 1  
- Prekidač 110 kV BLOK TRAF0 2  
- Prekidač 110 kV REG TRAF0 5

1.b. Odvojeno od napona:  
- Rastavljačima sistema 1 i 2 110 kV BLOK TRAF0 1  
- Rastavljačima sistema 2 110 kV BLOK TRAF0 2  
- Rastavljačima sistema 2 110 kV REG TRAF0 5  
- Rastavljačima sistema 1 i 2 35 kV REG TRAF0 5

2.a. Osigurano od ponovnog uklopa (blokada):  
- Blokiran zrak rastavljača svih polja 110 kV sistema 1 i 2  
- Isključeni pomoćni i upravljački napon 110 kV BLOK TRAF0 1 i BLOK TRAF0 2 (osim prekidača)  
- Isključeni pomoćni i upravljački napon 110 i 35 kV REG TRAF0 5 (osim prekidača)  
- Isključeni automatski osigurač uzbuđe AG 1 i AG 2 u strojarnici

2.b. Tablice upozorenja postavljene su:  
- Na komandno potvrđivim sklopovima u uklopnici (Polja: BLOK TRAF0 1, BLOK TRAF0 2, REG TRAF0 5, SPOJNO POLJE 110 kV)  
- Na upravljačkim omarinama AG 1 i AG 2 u strojarnici

3. Utvrđivanje beznaponskog stanja:  
- Induktorom napona na mjestima uzemljenja

4. Uzemljeno i kratko spojeno:  
- Mjesto rada (rastavljač 110 kV BLOK TRAF0 1 sistem 1.) uzemljeno preko rastavljača sistema 1 110 kV polja BLOK TRAF0 2 i REG TRAF0 5, moške za uzemljenje postavljene između rastavljača i prekidača 110 kV  
- Uzemljeno polje 110 kV BLOK TRAF0 1 između rastavljača i prekidača 110 kV  
- Uzemljeno u zvezdištima 10,5 kV AG 1 i AG 2 u strojarnici  
- Uzemljeno na 10,5 kV strani na samim izvodima transformatora BLOK TRAF0 1 i BLOK TRAF0 2

5. Ogradrženo je susjedno postrojenje:  
- Postavljena psihološka ograda između REG TRAF0 1 i BLOK TRAF0 2

Napomena: Prilikom radova na rastavljačima pripaziti na propisani sigurnosni razmak od dijelova pod naponom. Uzemljiti autokolaru. Obavezno koristiti osobna zaštitna sredstva.

NA SVA MJESTA ISKLJUČENIH I BLOKIRANIH APARATA OBAVEZNO POSTAVITI OVJESNE KARTICE ZABRANE I UPOZORENJA!  
OBAVEZNA JE PRIMJENA SVIH SIGURNOSNIH PRAVILA O ZAŠTITI NA RADU I PRIMJENA SOBNIH ZAŠTITNIH SREDSTAVA!

Postavljanje mjera osiguranja mjesta rada traži: \_\_\_\_\_

U blizini mjesta rada ostaje pod naponom: \_\_\_\_\_

Priložene su i ostale slične mjere zaštite.

Slika 4. Prikaz radnog naloga i dozvole za rad iz IS održavanja

U elektroenergetskim postrojenjima naročita se pažnja posvećuje provođenju pravila i mjera zaštite na radu. IS održavanja mora omogućiti definiranje i evidenciju potrebnih mjera sigurnosti na radu za provedbu aktivnosti održavanja na siguran način. Svi relevantni dokumenti zaštite na radu propisani internim pravilnicima i biltenima tvrtke (npr. Dozvola za rad, Obavijest o završetku radova, Isprava o razgraničenju ovlasti) moraju biti integrirani u IS održavanja koji treba omogućiti njihovo kreiranje, izdavanje, ispis i arhiviranje u elektroničkom obliku. Na Slici 4. prikazan je primjer radnog naloga i dozvole za rad s definiranim mjerama zaštite za osiguranje mjesta rada kod izvršenja radova na remontu rastavljača 110 kV.

### 3.2.5. Upravljanje zaposlenicima

Modul upravljanja zaposlenicima (ljudskim resursima, kadrovima) sadrži osobne podatke o svim zaposlenicima, a služi ponajprije za evidenciju osoblja koje se izravno raspoređuje na radne naloge za izvršenje aktivnosti održavanja. Za svakog zaposlenika evidentirana je cijena sata rada čime se omogućuje praćenje komponente troška vlastite radne snage u održavanju. Osim toga, može se izvršiti evidencija osposobljenosti, specijalističkog obrazovanja i ostalih znanja zaposlenika koja su relevantna za održavanje tehničkih sustava.

### 3.2.6. Evidencija zaliha rezervnih dijelova i potrošnog materijala, skladišno poslovanje i nabava

Upravljanje zalihama i nabava su važni logistički procesi za obavljanje funkcije održavanja tehničkih sustava pa su zbog toga i integralni dio informacijskih sustava za podršku upravljanju održavanjem. U segmentu skladišnog poslovanja i upravljanja zalihama IS održavanja nudi sljedeće mogućnosti:

- a) evidenciju materijalnih zaliha (rezervni dijelovi, komponente, sklopovi, potrošni materijal) i definiranje zamjenskih dijelova,
- b) rezerviranje materijala za radne naloge,
- c) praćenje skladišnih transakcija (prometa zaliha) i kreiranje svih dokumenata skladišnog poslovanja,
- d) inventuru (popis zaliha),
- e) definiranje metode obnove zaliha min/max ili signalna,
- f) praćenje iskorištenja zaliha u određenom vremenskom periodu,
- g) praćenje isporuka po dobavljačima,
- h) ABC analizu zaliha po vrijednosti i korištenju, definiranje ekonomičnih količina narudžbe (ENK),
- i) primjenu barkod čitača u evidenciji, praćenju prometa i inventuri zaliha.

U pogledu funkcije nabave, IS održavanja treba omogućiti podršku cjelokupnom procesu ugovaranja roba, usluga i radova, od slanja upita za dostavu ponuda, evidentiranja ponuđenih cijena, do finalizacije nabave putem narudžbe.

#### 4. STRATEGIJA UPRAVLJANJA ODRŽAVANJEM

U svijetu je tijekom godina, usporedno s razvojem tehničkih sustava, utemeljeno više koncepcija održavanja [3]. Iako se u praksi mogu pronaći svi koncepti, pa čak i njihove kombinacije, pojednostavnjeno gledajući može se reći da su u elektroenergetskim objektima, postrojenjima i uređajima prisutna tri tipa održavanja i to:

- a) **korektivno** održavanje koje se provodi nakon što je došlo do pojave kvara, a cilj mu je vraćanje tehničkog sustava u funkcionalno stanje,
- b) **preventivno održavanje** koje se vrši u unaprijed definiranim intervalima s ciljem da se spriječi pojava kvarova u tijeku eksploatacije - preventivno održavanje obuhvaća održavanje prema vremenskim ciklusima, održavanje po stanju i održavanje predviđanjem (prediktivno),
- c) **modifikacije postrojenja** su zahvati koji se obavljaju na postrojenju u cilju poboljšanja funkcionalnosti opreme te povećanja raspoloživosti postrojenja. Prilikom razmatranja potrebe i koristi izvođenja modifikacije, osim tehničkog aspekta, potrebno je uzeti u obzir i financijski kroz provođenje analize isplativosti (Cost Benefit Analysis).

Idealnom strategijom održavanja mogla bi se proglasiti ona kojom će se postići planirana ili ciljana raspoloživost tehničkog sustava uz minimalne (optimalne) troškove, što će proizaći iz izbora optimalnih omjera preventivnog i korektivnog održavanja te provedbe modifikacija.

Izbor strategije održavanja ovisan je i o tome u kojoj je fazi životnog vijeka tehnički sustav. U početnoj fazi životnog vijeka treba prepoznati i rješavati tzv. dječje bolesti. Istovremeno treba razraditi i uspostaviti program preventivnog održavanja i dosljedno ga provoditi. Na onim tipovima opreme gdje su primjenjive, treba težiti maksimalnoj primjeni tehnika prediktivnog održavanja. Ovakav pristup problematici održavanja temelji se na raspoloživim funkcijama i mogućnostima, posebice korištenju numeričkih releja, odnosno terminala polja koji omogućuju: samonadzor numeričkih uređaja, nadzor analognih i logičkih krugova (ulaza i izlaza), nadzor pojedinih parametara primarne opreme, zapis kvarova i događaja, mjerenje i praćenje pojedinih veličina, sumiranje (događaja i veličina), blokade, automatiku, alarmiranje, dijagnostiku i prognozu, raščlambu pogonskih događaja i kvarova, otkrivanje neregularnih pojava i događaja, praćenje statističkih podataka, praćenje povijesti uređaja, opreme i postrojenja.

Najčešće i prokušane tehnike preventivnog održavanja po stanju su:

- infracrvena termografija,
- ispitivanje električne izolacije (otpora i dielektrične čvrstoće),
- ispitivanje i analiza ulja energetskih transformatora (kromatografija),
- kapacitivna proba akumulatorskih baterija
- mjerenje radnih parametara - temperatura, tlak, protok i sl.,
- mjerenje vibracija, buke i temperature rotirajućih strojeva (generatora električne energije i diesel - električnih agregata).

Praktične su također i primjene raznoraznih senzora i sličnih osjetila te uređaja u funkciji nadzora i kontrole određenih veličina i parametara, u svrhu što ranije detekcije i otklanjanja poremećaja ili stanja koja mogu dovesti do kvarova ili otkaza funkcionalnosti. Radi se o sljedećim veličinama i parametrima [4]:



- naponi (prenaponi, pogonski naponi, indikacija),
- struje (pogonska, kvara, nesimetrija, kroz izolaciju),
- stanje pogonskog mehanizma prekidača te zakretni moment,
- broj prorada,
- položaj uređaja (uključeno, isključeno, međupoložaj),
- tlak ili koncentracija plina (SF<sub>6</sub>, N<sub>2</sub>, zrak),
- hidraulički ili dinamički tlak,
- brzina i istrošenost kontakata,
- protok medija,
- temperatura medija ili "toplih točaka" (IC termografija),
- vlažnost (ulja, plina SF<sub>6</sub>, zraka),
- ultrazvuk,
- električni luk ili parcijalna izbijanja,
- prisutnost slobodnih stranih tijela i čestica,
- otopljeni plinovi (npr. u trafoulju),
- vibracije,
- deformacije ili prostorni pomaci.

Prema kriteriju "važnosti ili vrijednosti" opreme u elektroenergetskom sustavu najčešća je primjena kod VN i SN postrojenja, energetskih transformatora i prekidača.

Na tehničkim sustavima gdje tehnike prediktivnog održavanja nisu primjenjive, potrebno je provoditi preventivno održavanje prema vremenskim ciklusima. Osim toga, preporučljivo je iskoristiti svaku priliku, primjerice neplanirani zastoj ili bilo koji trenutak kad je sustav izvan pogona za pregled i praćenje stanja vitalne opreme. Takvim pristupom pokazuje se briga o tehničkom sustavu i stječe uvid o njegovom "zdravlju", što je ključni parametar u planiranju opsega, učestalosti izvođenja te eventualnom produženju intervala između redovitih remonata / servisa.

Opisana strategija održavanja po karakteru je dinamička i usmjerena je na upravljanje procesom održavanja, a ne samo njegovom provođenju. Ovaj pristup u skladu je s najboljom svjetskom praksom («Best Practices») održavanja tehničkih sustava i njegova primjena trebala bi rezultirati postizanjem optimalne raspoloživosti.

Uloga IS održavanja u cjelokupnom procesu koji obuhvaća definiranje strategije održavanja, podrške njenoj realizaciji i analizi rezultata primjene je nezaobilazna. Analizom podataka sadržanih u informacijskom sustavu najbrže se uspostavlja povratna veza, odnosno utvrđuje efekt primjene strategije održavanja i dobivaju podaci potrebni za provođenje eventualnih korekcija.

Kod implementacije IS održavanja preporuča se fazni pristup kojim će se:

- izvršiti detaljna snimka stanja i poslovnih procesa te u obliku projektne tehničke dokumentacije utvrditi sve zahtjeve i potrebe korisnika,
- implementacija IS održavanja u pojedine organizacijske cjeline korisnika provoditi postupno, najprije kroz pilot postrojenja, objekt ili sl.
- pratiti, analizirati i nadograđivati IS održavanja te uvoditi koncepcije (pristupe) održavanja prema kriterijima važnosti, zahtjevima na raspoloživost objekata, postrojenja i uređaja [5].

## 5. ZAKLJUČAK

Uvođenjem IS održavanja uspostavlja se jedinstveni sustav upravljanja održavanjem tehničkih sustava u elektrodistribuciji koji obuhvaća standardizaciju poslovnih procesa planiranja, organizacije, izvršenja i dokumentiranja svih aktivnosti u procesu održavanja. Primjenom IS održavanja postiže se razina tehnološke kompatibilnosti i mogućnost transparentne prezentacije načina upravljanja vlastitom imovinom. Također se provodi temeljita priprema za uspostavljanje i certifikaciju sustava upravljanja kvalitetom. IS održavanja treba promatrati i kao komponentu sustava upravljanja znanjem i alat koji omogućuje pohranjivanje, razmjenu i korištenje podataka, informacija i znanja bitnih za upravljanje procesom održavanja.

Uz podršku posloводства potrebno je usvajati razine strategija plansko - preventivnog održavanja pri čemu bez podrške IS održavanja, prema iskustvu autora, ne možemo kvalitetno «održavati», tj. donositi ispravne tehničke i poslovne odluke u provođenju planiranih aktivnosti održavanja. IS održavanja je prema tome nezaobilazan u podršci dinamičkom upravljanju strategijom održavanja u cilju postizanja visoke raspoloživosti tehničkih sustava. Strategije održavanja se kasnije mogu nadograđivati podacima temeljenim na vjerojatnosti, riziku, kritičnosti ili pouzdanosti [6].

Poslovanjem elektroprivrednih društava u europskom elektroenergetskom sustavu očekuje se još već uloga IS održavanja u troškovnom optimiranju procesa održavanja, racionalizaciji upravljanja i smanjenju razine zaliha te optimiranju broja i iskoristivosti vlastitih zaposlenika u održavanju.

## LITERATURA

- [1] T. O'Hanlon, «Mission & Vision Statements for Maintenance & Reliability», CMRP Publisher, <http://www.Reliability.com>, 2005.
- [2] K. Brckan, Ž. Dorić, R. Blomberg, «Sustav upravljanja poslovanjem održavanja u proizvodnim pogonima HEP-a», Energija. god. 55 (2006.). br. 2., HEP, 2006.
- [3] Skupina autora, «Održavanje opreme», Inženjerski priručnik IP4, poglavlje 9, Školska knjiga, Zagreb, 2002.
- [4] A. Pavić, D. Orešković, G. Šagovac, J. Jozić, «Nužnost novog pristupa održavanju elektrodistribucijskih postrojenja», HK CIGRE, 2. simpozij o elektrodistributivnoj djelatnosti, Zbornik radova, Šibenik, svibanj 2000.
- [5] J. Karneluti, K. Brckan, «Sustav upravljanja održavanjem u IVB - Istarskom vodovodu Buzet», Poslovni projekt - Priprema za uvođenje informacijskog sustava održavanja u IVB, 5E d.o.o. Rijeka, Buzet, 2008.
- [6] S. Miletić, «Pregled suvremenih metoda održavanja distribucijske mreže», 8. savjetovanje HRO CIGRE, Zbornik radova, Cavtat, studeni 2007