

# PRIMJENA RAČUNALA U PLANIRANJU I PRAĆENJU ODRŽAVANJA ELEKTROENERGETSKIH OBJEKATA PRIJENOSNE MREŽE

Prof. dr. sc. Zdravko H e b e l – doc. dr. sc. Mirta B a r a n o v i ć – mr. sc. Slaven Z a k o š e k –  
Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb – Miroslav M e s i ć – Nikola J a m a n –  
Enco G a š p a r i n i – Jadranko R a d o v a n o v i ć – Vanja E s i h – Hrvatska elektroprivreda, Zagreb

UDK 681.3:621.31  
STRUČNI ČLANAK

Planiranje i praćenje održavanja elektroenergetskih objekata prijenosne mreže obavljaju se prema Pravilniku o održavanju Direkcije za upravljanje i prijenos Hrvatske elektroprivrede (HEP). Zbog velikog broja podataka i procedura klasični sustav planiranja i praćenja održavanja bio je spor, nepouzdan, ograničen i neučinkovit.

Interaktivnim pristupom projektanta odnosno izvođača informacijskog sustava (Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb) i korisnika (HEP – Direkcija za upravljanje i prijenos) uspostavljen je ISOHEP – Informacijski sustav održavanja Hrvatske elektroprivrede, koji se u procesu održavanja elektroenergetskih objekata prijenosne mreže primjenjuje već nekoliko godina. Primjena ISOHEP-a bitno je povećala ukupnu kvalitetu i racionalnost planiranja i praćenja održavanja u prijenosnoj mreži elektroenergetskog sustava Republike Hrvatske.

**Ključne riječi:** informacijski sustav, održavanje, prijenosna mreža.

## 1. UVOD

Prijenosna mreža predstavlja jednu od temeljnih sastavnica elektroenergetskog sustava. Sigurnost i pouzdanost rada prijenosne mreže ovise o ispravnosti i raspoloživosti osnovnih elemenata – dalekovoda i transformatorskih stanica. Njihovu ispravnost putem sustava planiranja, pripreme rada, radova i izvješćivanja o radovima omogućuje proces održavanja.

Osnovni principi održavanja polaze od pretpostavke da je tehničku ispravnost aparata i uređaja u rasklopnim postrojenjima moguće postići redovitim periodičkim održavanjem, dok se slučajevi kvarova, smetnji i nedostataka moraju rješavati odmah ili s većom, odnosno manjom odgodom.

Zbog različitosti aparata i uređaja, njihovog velikog broja i zahtjeva suvremenog tehnološkog i poslovnog procesa, uobičajeni, klasični način planiranja i praćenja održavanja postao je spor, neučinkovit i neracionalan. Do takvog se zaključka došlo i krajem osamdesetih godina kada se bilježi prvi pristup informatizaciji održavanja.

Donošenje zajedničkog Pravilnika o održavanju elektroenergetskih objekata prijenosne mreže na razini Direkcije za upravljanje i prijenos nakon formiranja Hrvatske elektroprivrede 1991. godine predstavlja prvi sustavni pristup prijenosnoj djelatnosti nakon više desetljeća odvojenih organizacijskih oblika djelovanja.

Nužnost informatizacije procesa održavanja koja je prepoznata krajem osamdesetih godina, razvojem tehnologije i informatičke opreme, početkom devedesetih godina postala je uvod u cjelovitu i ozbiljnu informatizaciju održavanja.

Nakon utvrđivanja opsega i razine primjene računala u održavanju, interaktivnim postupkom između korisnika i projektanta, u više iteracija, trebalo je definirati temeljna načela budućeg informacijskog sustava.

Za implementaciju ISOHEP-a u procesu održavanja nužno je taj proces kao i Pravilnik o održavanju prilagoditi strogim informatičkim zahtjevima, te osigurati pravodobnu edukaciju djelatnika i opremljenost odgovarajućim računalima i terminalima.

Osnovicu ISOHEP-a čini tehnička baza podataka koja sadrži sve relevantne podatke o uređajima i rasklopnim postrojenjima kao objektima održavanja. Sustav omogućuje praćenje održavanja, evidenciju i praćenje kvarova, smetnji i nedostataka i njihovog otklanjanja, te praćenje i analizu radnih zadataka i rezultata rada.

Podsustav za upravljanje isključenjima dijelova postrojenja i dalekovoda omogućuje smanjenje vremena isključenja, a aktivan podsustav za upravljanje porukama omogućuje kvalitetnu i pravodobnu razmjenu informacija o važnim događajima i stanjima u ISOHEP-u.

Prigodom formiranja, uspostavljanja i korištenja ISOHEP-a, korisnici i projektant stekli su vrijedna



iskustva, a rezultati djelomične primjene sustava u procesu održavanja pokazuju očekivane poslovne i stručne učinke.

Primjenom ISOHEP-a proces održavanja podignut je na znatno višu razinu, a ISOHEP je postao jedna od osnovnih sastavnica uspješnog, učinkovitog i racionalnog održavanja, te osnovica budućeg integriranog sustava raznorodnih programskih aplikacija u okruženju rasklopnih postrojenja.

## 2. OSNOVNE ZNAČAJKE ODRŽAVANJA ELEKTROENERGETSKIH OBJEKATA PRIJENOSNE MREŽE

### 2.1. Uloga održavanja u prijenosnoj djelatnosti

Glavna uloga i zadaća održavanja u prijenosnoj djelatnosti je osiguranje tehničke ispravnosti i raspoloživosti prijenosne mreže. Putem organiziranog sustava planiranja, pripreme radova, obavljanja radova i izvješćivanja, određenim radnim procedurama i primjenom određenih načela može se osigurati kontrolirana i nadzirana tehnička ispravnost elemenata prijenosne mreže – dalekovoda i rasklopnih postrojenja.

Redovito periodično održavanje koje proizlazi iz Pravilnika o održavanju, izvodi se iz rokova održavanja i obveznih radova održavanja, a obuhvaćeno je godišnjim sustavom planiranja i tjednim ciklusom izvođenja radova.

Kvarovi, smetnje i nedostaci (KSN) predstavljaju glavne oblike neplaniranog održavanja, a njihovo otklanjanje, sa ili bez odgode, također direktno utječe na raspoloživost dijelova postrojenja.

Za uspješno izvršenje obveza održavanja nužne su temeljne pretpostavke: raspolaganje kvalitetnim i stručnim djelatnicima, alati i uređaji za održavanje, vozila i mehanizacija, pričuvni dijelovi, rezervna oprema, odgovarajuća financijska sredstva i sl.

### 2.2. Osnovni principi održavanja

Glavni objekt održavanja visokonaponske i ostale opreme u transformatorskim stanicama je aparat ili uređaj smješten u određenom dijelu (polju, ormaru, poziciji) postrojenja. Učestalost održavanja i vrste radova (pregled, revizija, remont), te radnje održavanja definira Pravilnik o održavanju, a većina radova obavlja se u isključnom stanju odnosnog dijela postrojenja. Sve obveze održavanja koje proizlaze iz evidencija, krajem tekuće godine, sistematiziraju se u planu radova za slijedeću godinu po vrstama radova i po objektima – rasklopnim postrojenjima.

Ispunjenjem temeljnih pretpostavki pristupa se tjednim ciklusima izvršenja godišnjeg plana radova, a putem izvješćivanja se prati njegova realizacija.

Održavanje mogu izvoditi kvalificirani i stručni djelatnici prema pravilima i mjerama sigurnosti i zaštite pri

radu i uz visoku razinu primjene specijalne mehanizacije i vozila.

Zbog istodobnog izvođenja radova na više mjesta postupak planiranja i praćenja radova treba biti precizan i odgovoran.

### 2.3. Teškoće u planiranju i praćenju održavanja

Veliki broj aparata i uređaja visokonaponske i ostale opreme, različita starost postrojenja, zastupljenost različitih tehnologija opreme, nesređeni, nekompletni i dislocirani tehnički i ostali podaci predstavljaju glavne teškoće koje se javljaju prigodom praćenja i planiranja održavanja. Kada se tome dodaju izostanak pričuvnih dijelova za starije generacije opreme, ograničena financijska sredstva i nemogućnost isključenja, nije jednostavno ispuniti osnovne zahtjeve održavanja.

Veliki broj nesređenih i dislociranih podataka o aparatima i uređajima u rasklopnim postrojenjima, njihov evidentni godišnji prirast i relativno veliki broj nepoznanica u održavanju, proces planiranja i praćenja pokazatelja održavanja, činili su neučinkovitim, neracionalnim i prilično sporim.

Svaki sumarni pregled ili komparacija podataka po bilo kojem kriteriju (vrsta, starost ili karakteristike uređaja) predstavljali su zadaću za koju je trebalo puno vremena, djelatnika i truda, uz rezultate problematične točnosti.

Zaključak o zastarjelosti klasičnog sustava održavanja i naglašena uloga održavanja u osiguranju sigurnosti, pouzdanosti i raspoloživosti postrojenja ili njegovih dijelova u prijenosnoj mreži, izveden je već polovinom osamdesetih godina, pa prvi pokušaji uvođenja informatike u prijenosnu djelatnost na regionalnoj osnovi datiraju iz razdoblja 1986.–1988. godine.

### 2.4. Prvi pristup informatizaciji održavanja

Nakon zaključka o nužnosti informatizacije procesa održavanja javio se problem koji često prati slične projekte: koje aparate i uređaje obuhvatiti informacijskim sustavom, koliko podataka o nekom aparatu optimalno opisuje taj aparat, kakve izlazne liste odgovaraju potrebama održavanja, kakav je zapravo konačni cilj?

Pojednostavljeni pristup ponudio je brzo uspostavljanje “malog” informacijskog sustava s osnovnim podacima o uređaju, mjestu ugradnje i rokovima održavanja.

Složeniji pristup koncentrirao se na dugoročno rješenje s dugotrajnim definiranjem optimalnog broja podataka za uređaje koji će zadovoljiti potrebe šireg kruga korisnika. U velikom broju iteracija opsega podataka nakon duljeg vremena ipak je definiran svima prihvatljiv opseg podataka koji je u usporedbi sa spomenutim “malim” informacijskim sustavom bio višestruko veći.



Zbog različitih razloga prvi pokušaj primjene elektroničkih računala u procesu održavanja nije završen, ali se ne može smatrati neuspjelim s obzirom na sva iskustva i rezultate koji su dobiveni.

### **2.5. Pravilnik o održavanju elektroenergetskih objekata prijenosne mreže**

Pravilnik o održavanju elektroenergetskih objekata prijenosne mreže predstavlja temeljni dokument održavanja. Sadrži definicije osnovnih pojmova, popis radova i njihovu učestalost za sve vrste opreme i uređaja u rasklopnim postrojenjima u obliku tablica.

Iz povijesti Pravilnika može se uočiti kako je nastao u "Elektroprijenosu" Zagreb i u nešto proširenom obliku postao Pravilnik o održavanju bivše države.

Nakon osamostaljenja Republike Hrvatske i osnivanja Hrvatske elektroprivrede izrađen je Pravilnik o održavanju Direkcije za upravljanje i prijenos (1991.g.) koji predstavlja jedan od prvih oblika suvremenog pristupa prijenosnoj djelatnosti. Pravilnik je utvrdio zajedničke osnove i prihvatio zatečene razlike u pogledu različitosti opreme i regionalnih posebnosti. Visoki stupanj suglasnosti potvrdio je činjenicu da se radi o tehnički korektnom i odmjerenom dokumentu kojim je Direkcija za upravljanje i prijenos postavila osnove održavanja u prijenosnoj djelatnosti.

## **3. ODREĐIVANJE OPSEGA PRIMJENE RAČUNALA U PROCESU ODRŽAVANJA**

### **3.1. Nužnost informatizacije održavanja**

Zastarjelost postojećeg načina planiranja i praćenja održavanja i dalje povećanje broja aparata i uređaja, sve veći zahtjevi za točnost podataka i brzo izvođenje sumarnih pokazatelja o održavanju u poslovnom procesu, rezultirali su početkom devedesetih godina slijedećim korakom uvođenja računala u proces održavanja, ali ovoga puta na razini prijenosne mreže Direkcije za upravljanje i prijenos.

Naravno da su iskustva i rezultati iz prvog pokušaja uvođenja računala u proces održavanja predstavljali početnu točku novog projekta.

### **3.2. Interaktivni postupak definiranja temeljnih načela ISOHEP-a**

Nakon odluke o početku realizacije Informatičkog sustava održavanja u Hrvatskoj elektroprivredi (ISOHEP), slijedi postupak definiranja temeljnih načela, a time i počinje interaktivni postupak razmjene informacija korisnika (HEP - Direkcija za upravljanje i prijenos) i projektanta (Fakultet elektrotehnike i računarstva - Zavod za visoki napon i energetiku i Zavod za primijenjenu matematiku). Ocjena mogućnosti i oblika preslikavanja procesa održavanja u informatičko područje, definiranje pojmova i radnih procedura, pre-

gled dokumenata iz radnog procesa, uvid u standardne oblike planiranja i praćenja održavanja i tehnička podjela rasklopnog postrojenja na logičke funkcionalne cjeline, samo su osnovne naznake pripreme faze u definiranju temeljnih načela budućeg informacijskog sustava.

Utvrđivanje aparata ili uređaja kao temeljnog objekta održavanja, njegove lokacije i uloge u postrojenju i skupine podataka koji ga opisuju, te pridruživanje radova održavanja i njihove učestalosti iz Pravilnika o održavanju za promatrani uređaj, predstavljaju osnovu za određivanje temeljnih načela ISOHEP-a s ciljem planiranja i praćenja održavanja. Poznata pravila održavanja s jedne strane i velike mogućnosti informacijskog sustava s druge, nisu dovoljni za brzu realizaciju projekta. Slijedi interaktivan, dugotrajan i precizan postupak obveznih prilagodbi dijela procesa procesa održavanja i Pravilnika o održavanju strogim i egzaktnim informatičkim zahtjevima, naravno bez narušavanja osnovnog tehnološkog i poslovnog procesa.

### **3.3. Prilagodba procesa održavanja informatičkim zahtjevima**

Standardni sustav održavanja utemeljen je na određenim radnim procedurama koje se obavljaju određenim redoslijedom i koje prati određena dokumentacija u skladu s organizacijskom strukturom. Uredan informacijski sustav zahtijeva precizne nove procedure i nove prateće dokumente kojima se osigurava njegova ispravna funkcija. Stoga su nužne određene prilagodbe procesa održavanja novim zahtjevima, posebice prigodom izdavanja radnih zadataka, prijavljivanja kvarova, smetnji i nedostataka, te izvješćivanja o obavljenim radovima. U organizacijskom smislu najveće prilagodbe treba obaviti na razini pripreme rada koja dobiva novo okruženje djelovanja glede ISOHEP-a.

Gotovo najvažnije prilagodbe procesa održavanja informatičkim zahtjevima predstavlja pravodobna i postupna edukacija kadrova i izgrađivanje svijesti djelatnika o ciljevima i pomoći ISOHEP-a u obnašanju osnovne zadaće održavanja u prijenosnoj djelatnosti.

Ne manje važan segment prilagodbe procesa održavanja je i postupak velikih promjena Pravilnika o održavanju u odnosu na zahtjeve ISOHEP-a uz uvjet nepromjenjivosti njegovog osnovnog sadržaja i rokova održavanja, što je moguće obaviti jedino dugotrajnim iterativnim postupkom na razini Direkcije.

### **3.4. Uvjeti za implementaciju ISOHEP-a**

Postupna implementacija jasno definiranog i izgrađenog informacijskog sustava predstavlja također dugotrajnu i ozbiljnu zadaću za što su nužni brojni uvjeti. Raspolaganje dovoljnim brojem djelatnika za skupljanje i sređivanje temeljnih podataka o uređajima, pravodobna edukacija djelatnika za uvođenje



ISOHEP-a u radni proces, opremljenost dovoljnim brojem računala i kolektivna svijest o nužnosti i opravdanosti ISOHEP-a predstavljaju osnovne uvjete za implementaciju ISOHEP-a u okruženju redovnog radnog procesa koji se zbog toga ne smije bitno narušavati niti usporavati.

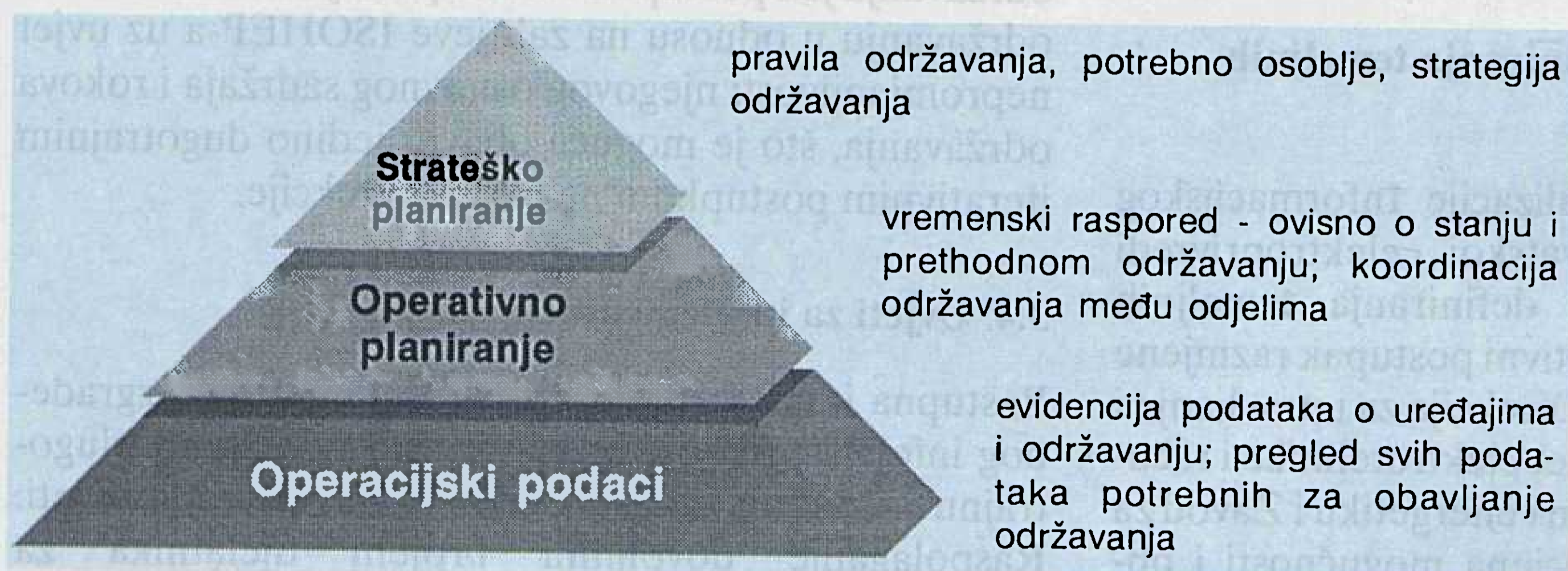
#### 4. ISOHEP – INFORMACIJSKI SUSTAV ODRŽAVANJA U HRVATSKOJ ELEKTROPRIVREDI

##### 4.1. Glavne zadaće ISOHEP-a

ISOHEP je informacijski sustav održavanja opreme u Hrvatskoj elektroprivredi koji se primjenjuje u Direkciji za upravljanje i prienos. Održavanje opreme obavlja se u četiri prienosna područja (PrP): Opatija, Osijek, Split, Zagreb. Svaki PrP obavlja održavanje unutar svojeg područja. U svakom PrP-u u domeni rasklopnih postrojenja postoje specijalistički odjeli za održavanje različitih vrsta uređaja kao što su visokonaponska oprema i pomoćni pogoni, oprema relejne zaštite, oprema mjerenja, oprema telekomunikacija i oprema daljinaskog vođenja. Na pojedinim vrstama opreme, kao što je na primjer mjerni transformator, poslove održavanja obavljaju djelatnici različitih specijalističkih odjela, što zahtijeva dobru koordinaciju aktivnosti.

Zadatak ISOHEP-a je potpora osnovnih ciljeva u održavanju, kao što su: ispravnost, sigurnost, pouzdanost i raspoloživost u prienosnoj mreži, učinkovito i racionalno održavanje, sustavno planiranje i praćenje održavanja, te optimizacija potrebitih isključenja dijelova rasklopnih postrojenja.

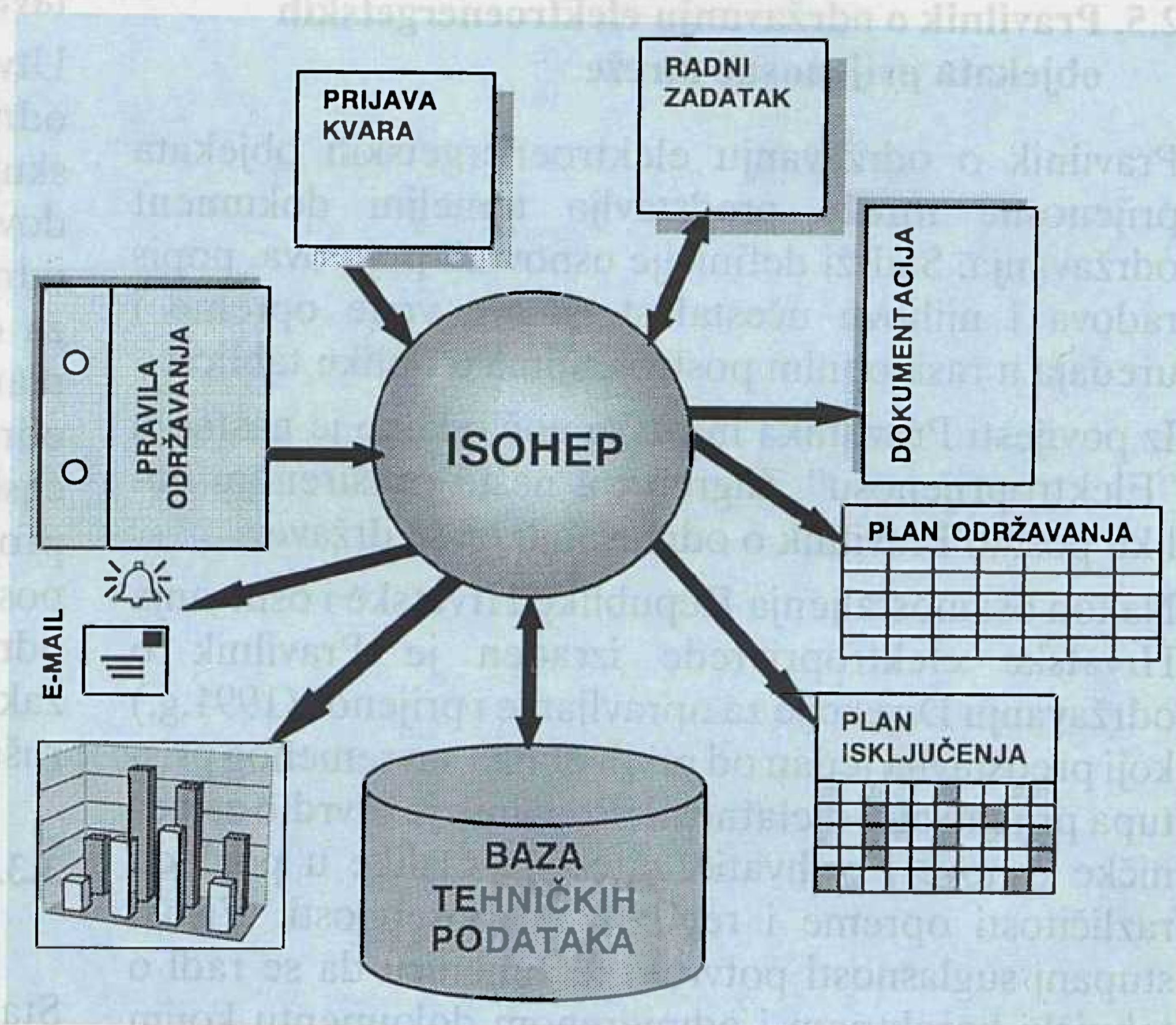
ISOHEP je zamišljen kao sustav koji će u domeni održavanja pokrivati sve tri razine informacijske piramide: operativnu razinu, razinu operativnog planiranja, te razinu strateškog planiranja. Na slici 1. prikazana je informacijska piramida uz prikaz aktivnosti na pojedinim razinama. Svaka viša razina u informacijskoj piramidi predstavlja fino prerađene informacije iz niže razine čime se i količina informacija smanjuje.



Slika 1. Informacijske razine ISOHEP-a

##### 4.2. Osnovna struktura ISOHEP-a

Na slici 2. prikazana je osnovna struktura ISOHEP-a. Osnovicu ISOHEP-a čini baza tehničkih podataka koja sadrži podatke u uređajima, dijelovima postrojenja i postrojenjima.



Slika 2. Osnovna struktura ISOHEP-a

Pravilima održavanja, koja su definirana Pravilnikom o održavanju, određen je tehnološki proces održavanja. Sustav omogućuje planiranje i praćenje održavanja, evidenciju i praćenje kvarova, smetnji i nedostataka (KSN: K-kvar, S-smetnja, N-nedostatak), evidenciju popravaka KSN te izdavanje i praćenje radnih zadataka i rezultata rada.

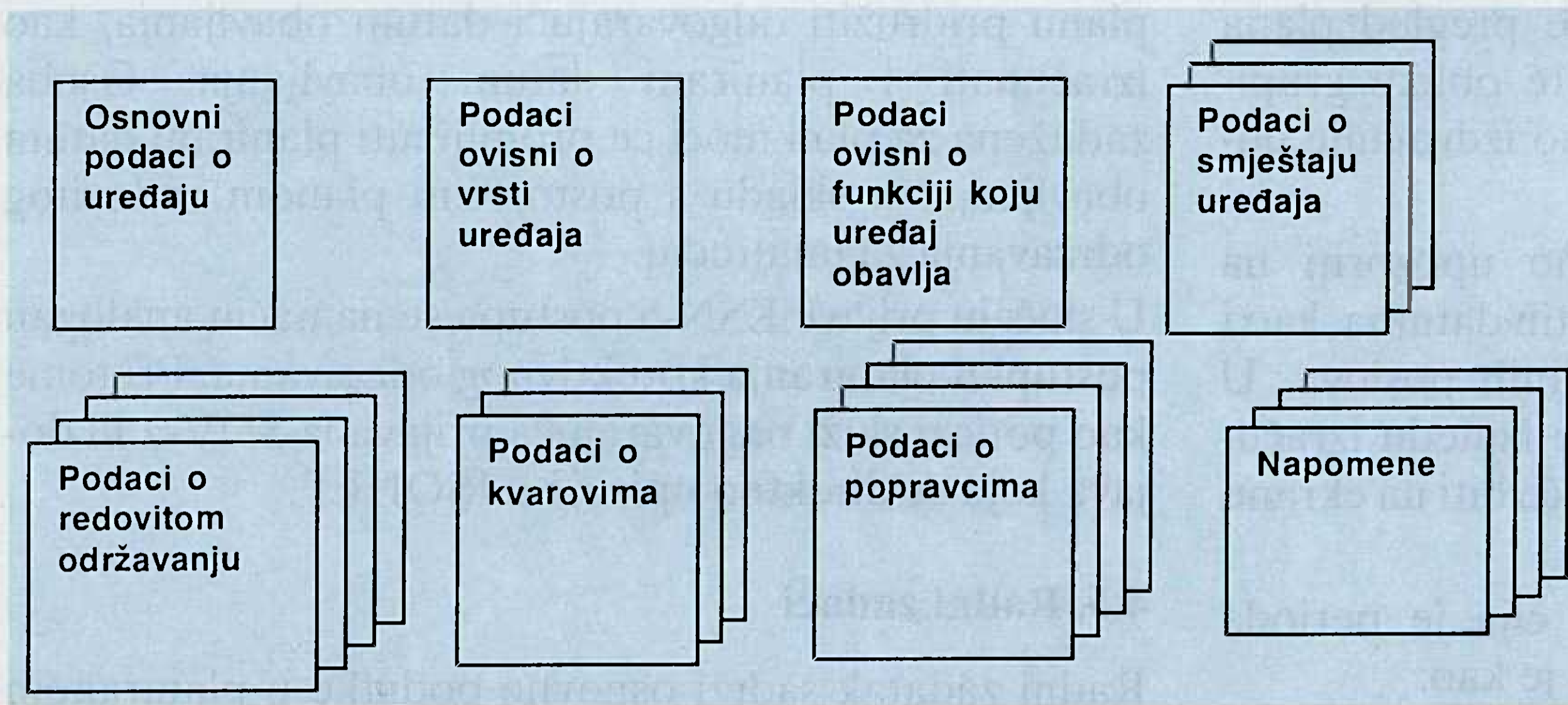
Evidencija, praćenje i upravljanje zahtjevima za isključenje dijelova postrojenja omogućuje optimizaciju broja i trajanja potrebitih isključenja. Aktivan sustav za upravljanje porukama olakšava korisnicima rad i pravodobno ih izvješćuje o svim za njih važnim događajima i stanjima.

Baza tehničkih podataka sadrži podatke o uređajima, pri čemu se pod pojmom uređaj smatra bilo koja jedinica opreme koju je potrebno održavati. Za svaki uređaj u bazi tehničkih podataka evidentiraju se svi po-

daci relevantni za održavanje. Podaci o uređajima klasificirani su u nekoliko kategorija prikazanih na slici 3.

Kategorija osnovnih podataka zajednička je za sve uređaje, bez obzira na vrstu. To su podaci o proizvođaču, godini proizvodnje, tvorničkom broju, inventarskoj oznaci, vrsti i izvedbi uređaja, itd.





Slika 3. Kategorije podataka o uređajima

Ovisno o vrsti uređaja, evidentirat će se različite vrste podataka. Tako se, naprimjer, najsloženiji uređaj - transformator- opisuje kroz desetak ekrana, dok se za neke jednostavne uređaje evidentira samo nekoliko podataka. Za svaki uređaj, ovisno o vrsti, evidentiraju se podaci o funkciji koju trenutno obavlja. Smještaj pojedinog uređaja prati se kroz povijest. Smještaj se opisuje pomoću lokacije (transformatorska stanica) i pozicije unutar lokacije. Podaci o preventivnom održavanju, kvarovima, smetnjama i nedostacima, te popravcima također se prate kroz povijest. Sve ostale informacije o uređajima koje se ne mogu opisati kroz navedene strukturirane kategorije, opisuju se u obliku napomena uz uređaj. Podaci o smještaju, održavanju, kvarovima, popravcima i napomene prate se kroz povijest te je time omogućena sveobuhvatna analiza ponašanja i stanja pojedinog uređaja.

### 4.3. Oblici održavanja

U ISOHEP-u razlikuju se dvije osnovne vrste održavanja: preventivno održavanje (Pravilnik o održavanju) i korektivno održavanje (otklanjanje KSN). S obzirom na način poticanja održavanja uređaja definirane su dvije osnovne kategorije: periodično održavanje (točno određeni vremenski razmaci) ili održavanje na poticaj.

Za svaku vrstu uređaja postoji odgovarajući skup pravila održavanja. Pravilom je opisan posao koji se obavlja zajedno s pripadajućom periodom obavljanja. Međutim, pojedini poslovi se mogu obavljati s različitim učestalostima, ovisno o karakteristikama uređaja, smještaju uređaja ili funkcijom koju uređaj obavlja. Zbog toga je omogućeno da se za svaki posao definiraju različiti uvjeti, te periode obavljanja za uređaje koji zadovoljavaju dani uvjet.

Pravila održavanja mogu se opisati na sljedeći način:

Neka postoji  $nt$  različitih vrsta uređaja.

Za svaki uređaj zadane vrste  $k$ ,  $k \in (1, nt)$  evidentira se  $m_k$  različitih vrsta podataka (atributa),  $\{A_{i,1}, \dots, A_{i,m_k}\}$  čije su domene  $\{V_{i,1}, \dots, V_{i,m_k}\}$ . Neka skup  $\{A_{i,1}, \dots, A_{i,m_k}\}$  uključuje i attribute kojima je opisan smještaju uređaja, te karakteristike lokacije i pozicije na kojima se uređaj nalazi.

Za svaku vrstu uređaja definira se  $nw_i$  poslova periodičkog održavanja:

$w_{i,j}$ , gdje je  $j=1, \dots, nw_i$ ,  $i=1, \dots, nt$

Pojedini posao  $w_{i,j}$  opisan je kao:

$w_{i,j} = (d_{i,j}, s_{i,j}, g_{i,j})$ ;  $i=1, \dots, nt$ ;  $j=1, \dots, nw_i$

gdje  $d_{i,j}$  označava opis posla,  $s_{i,j}$  potrebu za isključenjem, a  $g_{i,j}$  oznaku odjela koji obavlja predmetni posao.

Za svaki posao  $w_{i,j}$  definira se  $nc_{i,j}$  uvjeta obavljanja,  $c_{i,j,k}$ ,  $k=1, \dots, nc_{i,j}$ , gdje je  $nc_{i,j} \geq 1$ :

$$c_{i,j,k} = (f_{i,j,k}, p_{i,j,k}), k = 1, \dots, nc_{i,j}$$

Pri tome je  $f_{i,j,k}$  formula koju mora zadovoljavati uređaj vrste "i" da bi se na njemu obavljao posao  $w_{i,j}$  s periodom  $p_{i,j,k}$

Formula  $f_{i,j,k}$ , ( $i=1, \dots, nt$ ;  $j=1, \dots, nw_i$ ;  $k=1, \dots, nc_{i,j}$ ) može biti:

- T (tautologija); tada se posao  $w_{i,j}$  se obavlja za sve uređaje vrste "i",
- definirana na sljedeći način:
  - $A_{i,m} \text{ RelOp } c$  i  $c \text{ RelOp } A_{i,m}$  su formule, pri čemu je RelOp relacijski operator iz skupa  $\{=, \neq, >, \geq, <, \leq\}$ , a  $c$  je konstanta iz skupa  $V_{i,m}$
  - Ako su  $G$  i  $H$  formule, tada su  $G \wedge H$ ,  $G \vee H$ ,  $\neg G$ ,  $\neg H$  također formule
  - Ništa drugo nije formula.

Pri tome mora biti zadovoljeno pravilo isključivanja, koje se definira sljedećim izrazima.

Neka je  $D_i$  skup uređaja vrste  $i$ , i neka su:

$$D_{i,j,k} = \{d \mid d \in D_i \wedge f_{i,j,k}(d)\}, k \in (1, nc_{i,j})$$

$$D_{i,j,p} = \{d \mid d \in D_i \wedge p_{i,j,p}(d)\}, p \in (1, nc_{i,j})$$

Tada mora vrijediti:

$$D_{i,j,k} \cap D_{i,j,p} = \emptyset, \forall k, k \in (1, nc_{i,j}), \forall p, p \in (1, nc_{i,j}), k \neq p$$

To drugim riječima znači da ne mogu postojati dvije različite periode za obavljanje istog posla na jednom uređaju.

### 4.4. Planiranje održavanja

Osnovu za izradu plana redovitog održavanja čine datumi posljednjeg obavljanja nekog posla na određenom uređaju i pripadajuće periode. Na temelju tog podatka u plan održavanja automatski se upisuju izračunati datumi sljedećeg održavanja koji predstavljaju osnovu za izradu plana.

Planovi redovitog održavanja izrađuju se zasebno za svaki odjel. Osoba zadužena za planiranje, na temelju izračunatih datuma i plana isključenja, dogovora s drugim sudionicima te planova drugih odjela određuje planirane datume održavanja.

Zbog velikog broja uređaja i poslova koje treba obaviti za svaki uređaj, plan održavanja sadrži mnogo pozicija, koje je stoga nužno obrađivati u srodnim grupama.



Programska podrška zato omogućuje pregled plana prema različitim kriterijima i različite oblike grupiranja poslova, čime je pojednostavljeno izdvajanje poslova i pozicija plana.

Korisnika je vrlo važno pravodobno upozoriti na raskorak između planiranih i izračunatih datuma, kao i na stupanj hitnosti obavljanja pojedinih poslova. U slučaju da postoji uočljivo odstupanje između izračunatog datuma i planiranog datuma, to će biti na ekranu prikazano drugačijom bojom.

Uočljivo odstupanje za neki posao čija je perioda obavljanja jednaka  $T$  dana definirano je kao:

$$U_T = \min(T/2, 365)$$

Poslovi koji kasne definirani na sljedeći način:

- kao osnova za određivanje poslova koji kasne, poslova koji jako kasne i propuštenih poslova uzima se izračunati datum obavljanja i "današnji datum" (TODAY).
- pretpostavimo da je  $O$  neki posao na određenom uređaju koji se obavlja s periodom  $T$ . U promatranom periodu posao  $O$  se treba obaviti  $n$  puta, tj. u promatranom periodu na treba obaviti poslove  $o_k$ ,  $k=1, \dots, n$ .

Zbog lakšeg uočavanje poslova različite razine hitnosti definiraju se sljedeći termini:

- ♦ posao  $o_k$  s izračunatim datumom obavljanja  $i_k$  kasni ako vrijedi:  
 $i_k > \text{TODAY}$
- ♦ posao  $o_k$  s izračunatim datumom obavljanja  $i_k$  jako kasni ako je:  
 $i_k + U_T > \text{TODAY}$  (ili  $i_k + \min(T/2, 365) > \text{TODAY}$ )
- ♦ posao  $o_k$  s izračunatim datumom obavljanja  $i_k$  je propušten ako je:  
 $i_k + T > \text{TODAY}$ .

U tom je slučaju sljedeći posao,  $o_{k+1}$ , tj. posao s izračunatim datumom  $i_{k+1} = i_k + T$  hitan.

Zakašnjeni poslovi različitog stupnja hitnosti na ekranu se prikazuju crveno, reverzno crveno, odnosno reverzno treperavo crveno, kako bi bili što uočljiviji. Također postoji mogućnost dohvata i analize poslova iz plana prema stupnjevima hitnosti.

Za obavljanje poslova održavanja prema stanju potreban je odgovarajući poticaj. Temeljem poticaj iz sustava daljinskog vođenja - SDV, (primjerice, dostignut broj oprecija nakon kojeg slijedi održavanje) kao izračunati datum upisuje se datum rečenog događaja. Posao dobiva posebnu oznaku u planu, a zaduženoj osobi automatski se generira poruka za planiranje.

Poticaj za održavanje prema stanju može proizići kao rezultat redovitog pregleda, a razine hitnosti su: odmah - hitna intervencija, u nekom zadanom periodu, u okviru sljedećeg redovitog održavanja.

U slučaju da je potrebna hitna intervencija, zaduženom djelatniku generira se odgovarajuća poruka nakon koje se izdaje radni zadatak za obavljanje hitne intervencije. U ostala dva slučaja poslu će se u

planu pridružiti odgovarajući datum obavljanja, kao izračunati i planirani datum obavljanja. Osoba zadužena za plan moći će promijeniti planirani datum obavljanja, u skladu s postojećim planom redovitog održavanja za taj uređaj.

U slučaju prijave KSN-a postupa se na način analogan postupku planiranja korektivnog održavanja. Pri tome kao poticaj služi odgovarajuća prijava iz SDV-a ili dojava koja se direktno upisuje u ISOHEP.

#### 4.5. Radni zadaci

Radni zadatak sadrži osnovne podatke o planiranom poslu i ispis konkretnih vrsta poslova za određeni uređaj. Da bi se minimizirali troškovi održavanja, na jedan radni zadatak mogu se istodobno zadati različiti oblici poslova (redovito održavanje, popravci KSN, demontaža i instalacija uređaja). Radni zadatak izdaje se za: jednu lokaciju (s više različitih pozicija), jednu poziciju unutar lokacije (obično je povezano s isključenjem), jedan dalekovod, dionicu dalekovoda. Nakon obavljenog posla upisuju se rezultati rada. Za obavljene poslove u ISOHEP se upisuju novi datumi obavljanja posla, a poslovi koji nisu obavljani se oslobađaju kako bi mogli biti zadani ne neki drugi radni zadatak. Odgođeni popravci koji zbog različitih razloga nisu obavljani također čekaju novi radni zadatak. U izvješću o obavljenim radovima evidentiraju se djelatnici, njihovi utrošeni radni sati i prijedeni kilometri. Za upotrijebljene pričuvne dijelove evidentiraju se brojevi dokumenata pomoću kojih su isti podignuti sa skladišta.

#### 4.6. Planiranje isključenja

Prilikom obavljanja poslova održavanja na visokonaponskoj opremi vrlo je često potrebno isključiti odnosni dio postrojenja. Održavanje se treba organizirati tako da broj i učestalost isključenja bude što je moguće manji. Zbog toga je posebna pažnja u ISOHEP-u posvećena planiranju i obradi zahtjeva za isključenje. Obrada zahtjeva za isključenje sastoji se od nekoliko koraka: postavljanje zahtjeva za isključenje na razini odjela, objedinjavanje zahtjeva za isključenje i prosljeđivanje dispečerskoj službi, te prosljeđivanje odobrenja dobivenog od dispečera odnosnim odjelima.

Korisnici mogu u svakom trenutku vidjeti sve postavljene zahtjeve za isključenje i odobrenja. Na kalendaru koji se pojavljuje u svakom trenutku kada je potrebno upisati neki datum, posebno su označeni datumi za koje postoje zahtjevi ili planirano isključenje za pojedinu lokaciju i poziciju. Djelatnik koji planira radove u drugom odjelu može vidjeti sve potrebne informacije, te svoje radove planirati upravo u to vrijeme.

#### 4.7. Obavješćivanje korisnika

Sustav obavješćivanja korisnika omogućuje pojedinom korisniku ili grupi korisnika da dobije pravodobnu obavijest o nekom važnom događaju u okruženju ISOHEP-a.



Definiraju se vrste događaja ili stanja, tekst poruke, korisnici ili grupe korisnika koji trebaju biti obaviješteni, te mehanizmi djelovanja poticaja do slanja obavijesti na točne adrese.

Sustav za obavješćivanje korisnika može poslužiti i za međusobnu komunikaciju korisnika, a svaku poruku prati zvučno i vizualno upozorenje. Postoji mogućnost da korisnici koji su priključeni na Internet/Intranet dobivaju ISOHEP poštu na isti način kao i sve ostale e-mail poruke.

## 5. ISKUSTVA U PRIMJENI ISOHEP-a U DIREKCIJI ZA UPRAVLJANJE I PRIJENOS

### 5.1. Iskustva u primjeni ISOHEP-a

ISOHEP omogućuje osobama zaduženim za održavanje u Direkciji za upravljanje i prijenos obavljanje poslova pomoću računala. Svaki korisnik u svakom trenutku može dobiti sve potrebne informacije za donošenje odluka o održavanju. Sve unesene informacije mogu se ispisati u obliku odgovarajućeg dokumenta.

Korisnici ISOHEP-a (sada ih ima oko 200) prošli su osnovnu obuku u trajanju 2 do 5 dana. Upoznavanje svih funkcija omogućeno je preko sustava novosti, integriranog u ISOHEP, a na raspolaganju korisnicima je i paralelan sustav za trening. Sustav za trening omogućuje korisnicima da isprobaju funkcije sustava bez bojazni da će uništiti postojeće podatke.

Za sada ISOHEP pokriva operativnu domenu, te domenu operativnog planiranja, a u budućnosti se planira

integracija sustava u distribuiranu bazu podataka, planiranje na višim razinama i povezivanje sa srodnim sustavima u HEP-u.

Uspostavljanje ISOHEP-a u postojećem standardnom radnom procesu bio je složen, dugotrajan i vrlo opsežan posao koji je uspješno obavljen interaktivnom suradnjom korisnika i obrađivača. Široki krug korisnika i njihova neujednačenost, ograničen broj djelatnika i vremena potrebnog za urednu postupnu implementaciju elemenata ISOHEP-a, ograničena financijska sredstva, vrlo veliki broj uređaja i podataka dislociranih u Prijenosnim područjima i transformatorskim stanicama te kontinuirana izgradnja svijesti o potrebi i budućim efektima, samo su neki od problema koji su pratili tijekom uspostavljanja ISOHEP-a.

Sređivanje svih podataka prema strogim zahtjevima ISOHEP-a, prilagodba Pravilnika o održavanju potrebama ISOHEP-a s brojnim poboljšanjima, kvalitetno unaprjeđenje procesa održavanja, brzo i točno raspolaganje podacima o opremi i uređajima prigodom redovitog održavanja i hitnih intervencija, te ukupno pozitivno okruženje ISOHEP-a, samo su glavne naznake dostignutih ciljeva ISOHEP-a koji će se već u bliskoj budućnosti sve više širiti i povećavati.

### 5.2. Rekapitulacija pokazatelja o primjeni ISOHEP-a za veljaču 1999.

Pregled unesenih uređaja u ISOHEP – zbirno prema vrsti po PrP-ovima Direkcije za upravljanje i prijenos prikazan je u slijedećoj tablici.

## ISOHEP IZVJEŠĆE

1999. g. - mjesec VELJAČA

ODJEL ZA ODRŽAVANJE - ODSJEK ZA ODRŽAVANJE TRAFOSTANICA

Pregled unesenih uređaja zbirno prema vrstama

Vrsta uređaja	PrP OP	PrP OS	PrP ST	PrP ZG	DUP
1. Energetski transformator	48	39	73	68	228
2. Prigušnica	0	0	0	0	0
3. Regulacijska sklopka	45	33	55	48	181
4. Naponski mjerni transformator	464	227	715	808	2214
5. Strujni mjerni transformator	649	363	1111	1214	3337
6. Prekidač	194	103	348	360	1005
7. Rastavljač	572	369	1454	1381	3776
8. Sabirnice	53	35	76	100	264
9. Odvodnik prenapona	525	182	807	546	2060
10. Visokonaponski osigurač	6	0	279	166	451
11. Uzemljenje	39	17	41	5	102
12. Kondenzatorska baterija	0	0	13	12	25



<i>Vrsta uređaja</i>	<i>PrP OP</i>	<i>PrP OS</i>	<i>PrP ST</i>	<i>PrP ZG</i>	<i>DUP</i>
13. Omski otpornik za uzemljenje zvjezdišta	19	15	19	24	77
14. Posuda pod tlakom	10	35	161	120	326
15. Metalom oklop. postr. izolirano plinom SF6	0	0	4	4	8
16. Kompresor	31	23	26	44	124
17. Sušionik zraka	3	2	3	8	16
18. Razvod komprimiranog zraka	12	21	0	18	51
19. Komandna ploča	109	15	17	20	161
20. Komandni ormar	175	92	182	323	772
21. Ormar KSO	68	3	47	22	140
22. Ormar odvodnih releja	11	16	62	41	130
23. Kabelska mreža 6-35 kV	0	0	0	1	1
24. Akumulatorska baterija	75	48	72	121	316
25. Ispravljač	75	51	67	128	321
26. Pretvarač napona	0	3	4	0	7
27. Statički prekidač - prebacivač	1	1	0	0	2
28. Preklopna automatika	0	1	0	0	1
29. Razvod istosmjernog napona	26	16	56	102	200
30. Razvod izmjeničnog napona	20	18	33	14	85
31. Diesel agregat	4	3	3	1	11
<b>Ukupno</b>	<b>3234</b>	<b>1731</b>	<b>5728</b>	<b>5699</b>	<b>16392</b>
<b>%</b>	<b>19.73</b>	<b>10.56</b>	<b>34.94</b>	<b>34.77</b>	<b>100.00</b>

### 5.3. ISOHEP – sastavnica modernog održavanja

ISOHEP danas predstavlja jednu od glavnih sastavnica modernog održavanja i bitno je pripomogao podizanju kvalitete održavanja na visoku razinu. Brzi dohvat podataka o uređajima u svakom trenutku, neprocjenjiva potpora u analizi pogonskih događaja, praćenje povijesti uređaja, komparativne mogućnosti na razinama uređaja ili čak sklopova uređaja, indirektni utjecaj na tehničku i radnu disciplinu, brzi transfer informacija među korisnicima, točnost i urednost svih podataka nužnih za planiranje i pogonske odluke, skraćivanje radnih procedura, predstavljaju sumarno bitnu sastavnicu modernog održavanja uz izražene efekte racionalnosti u svim segmentima procesa održavanja.

### 5.4. ISOHEP – osnova budućeg integriranog informacijskog sustava

U okruženju održavanja Direkcije za upravljanje i prijenos danas postoje pojedinačne programske aplikacije u različitim dijelovima poslovnog i tehnološkog procesa, kao što su: sustav daljinskog vođenja (SDV), financijsko-ekonomsko poslovanje, kadrovska

evidencija, evidencija prijeđenih kilometara i utroška goriva vozila, statistika pogonskih događaja, analiza karakteristika elektroenergetskog konzuma, podsustav za mjerenja, podsustav za relejnu zaštitu, itd.

S obzirom na veličinu, značenje i ulogu, ISOHEP je sigurno osnova budućeg integriranog informacijskog sustava koji bi trebao osigurati velike mogućnosti razmjene informacija među podsustavima i informatički oblikovati ukupno okruženje procesa održavanja elektroenergetskih objekata prijenosne mreže.

### COMPUTER-AIDED MAINTENANCE PLANNING OF ELECTRIC POWER TRANSMISSION NETWORK PLANTS

Maintenance planning and monitoring of electric power transmission network plants is governed by Maintenance Rules issued by the Control and Transmission Division of the Croatian National Electricity (HEP). Due to a large amount of data and procedures, the traditional maintenance planning and monitoring system was very slow, unreliable, limited and inefficient.

An interactive approach of the consultant (Faculty of Electrical Engineering and Computing, Zagreb) and the user



(HEP) led to the establishment of ISOHEP - Maintenance Information System of Croatian National Electricity, which has been used for several years in the maintenance process of transmission network plants. The application of ISOHEP has significantly improved the overall quality and efficiency of maintenance planning and monitoring in Croatia's electric power transmission network.

#### **DIE ANWENDUNG DER RECHNER BEIM PLANEN UND DAUERÜBERWACHEN DER WARTUNG ELEKTROENERGETISCHER ANLAGEN IN ÜBERTRAGUNGSNETZEN**

Entwerfen und Dauerüberwachen der Wartung elektroenergetischer Anlagen in Übertragungsnetzen wird laut den Instandhaltungsregeln der Verwaltung für Betriebssteuerung und Energieübertragung der Kroatischen Verbundgesellschaft durchgeführt. Wegen der großen Daten- und Verfahrenanzahl war das herkömmliche System des Planens und Dauerüberwachens zu träge, unzuverlässig, begrenzt und leistungsunfähig.

Durch Zusammenwirken der Fachleute für Entwerfen und Ausführen des Datenverarbeitungssystems (Fakultät für Elektrotechnik und Computerwesen, Zagreb) mit dem Benutzer (Kroatische Verbundgesellschaft – Verwaltung für Betriebssteuerung und Energieübertragung) kam das neue ISOHEP genannte System der Datenverarbeitung im Planen und Dauerüberwachen der Wartung in der Kroatischen Verbundgesellschaft zustande. Das System ist im Wartungsverfahren elektroenergetischer Anlagen des

Übertragungsnetzes bereits einige Jahre im Einsatz. Durch die Anwendung von ISOHEP ist die gesammte Qualität und die Zweckmässigkeit des Planens und Dauerüberwachens im Übertragungsnetz der Verbundgesellschaft der Republik Kroatien wesentlich gesteigert worden.

Naslov pisaca:

**Prof. dr. sc. Zdravko Hebel, dipl. ing.  
doc. dr. sc. Mirta Baranović, dipl. ing.  
mr. sc. Slaven Zakošek, dipl. ing.  
Fakultet elektrotehnike i računarstva  
Unska 3, 10000 Zagreb, Hrvatska**

**Nikola Mesić, dipl. ing.  
Nikola Jaman, dipl. ing.  
Enco Gašparini, dipl. ing.  
Jadranko Radovanović, dipl. ing.  
Vanja Esih, dipl. ing.  
Hrvatska elektroprivreda,  
Direkcija za upravljanje i prijenos  
Ulica grada Vukovara 37,  
10000 Zagreb, Hrvatska**

Uredništvo primilo rukopis:  
2000-01-12.