

Dr. TOMISLAV MLINARIĆ
ZDRAVKO TOŠ, dipl.inž.
Fakultet prometnih znanosti
Zagreb, Vukelićeva 4
KREŠIMIR TRAJBAR, dipl.inž.
ŽTP Zagreb, OOUR ETP
Zagreb, Vodovodna bb

Prometna tehnika
Pregled
UDK: 621.39:621.33
Primljeno: 07.09.1990.
Prihvaćeno: 24.09.1990.

ANALIZA POUZDANOSTI RADA UREĐAJA DALJINSKOG UPRAVLJANJA SPEV-a

SAŽETAK

Na temelju prikupljenih podataka o kvarovima i smetnjama na uređajima daljinskog upravljanja stabilnih postrojenja električne vuče u razdoblju od 1971. do 1988. godine načinjena je analiza, primjenom adekvatnih metoda, iz čega su proizašli odgovarajući zaključci. Posebno je važan zaključak koji upućuje na veliku korisnost preventivnog održavanja razmatranog uređaja.

1. UVOD

Na prugama Jugoslavenskih željeznica, elektrificiranim monofaznim sustavom električne vuče 25 kV/50 Hz, uz elektrifikaciju ugrađivani su i sustavi daljinskog upravljanja stabilnim postrojenjima električne vuče, koji su u odnosu na dosadašnja rješenja elektrovočnih podstanica s ljudskom posadom na istosmjernom sustavu 3 kV, povećali efikasnost i kvalitetu eksploatacije i održavanja cijelog sustava elektrovoče.

Najrašireniji sustav daljinskog upravljanja stabilnim postrojenjima elektrovoče je sustav EFD, proizvod tvornice "Siemens" iz SR Njemačke, koji je izveden u tri varijante: EFD 300, EFD 400 i EFD 402, a ugrađen je u postrojenjima elektrovoče na magistralnoj pruzi Jesenice - Gevgelija na relacijama od Dobove do Zagreba, od Zagreba do Novske na oba kraka; preko Dugog Sela i Siska, a dalje preko Vinkovaca, Beograda, Niša do Skopja, te na pruzi Beograd - Bar. Prvi uređaji tog tipa, izvedeni u hibridnoj tranzistorsko-relejnjoj tehnici, pušteni su u pogon 1970. godine.

Nešto stariji od ovoga je sustav daljinskog upravljanja Telepuls 10, proizvod tvornice SEL, također iz SR Njemačke, izveden potpuno u relejnjoj tehnici, a sustav je primijenjen na pruzi Vrpolje - Kardeljevo sa središtem daljinskog upravljanja u Sarajevu.

Novijeg su datuma sustavi Sinaut 8 FW, proizvedeni u tvornici "Siemens", i ugrađeni na pruzi Inđija - Subotica te sustav DS-8, proizvod naše tvornice "Rade Končar", ugrađen na prugama Dugo Selo - Botovo i Zagreb - Srpske Moravice. Oba sustava izvedena su u poluvodičkoj mikroprocesorskoj tehnici s elektroničkim "real-time" računalima kao vodećim elementi-

ma središnjeg sustava. Upravljačke i nadzorne funkcije ovih sustava izvedene su s pomoću videoterminala i alfanumeričke tastature umjesto mozaik-ploča primijenjenih na starim sustavima.

2. KONFIGURACIJA SUSTAVA DALJINSKOG UPRAVLJANJA

Zaokruženi sustav daljinskog upravljanja čini područje koje pokriva jedan centar daljinskog upravljanja (CDU). Budući da se u ovom radu analizira pouzdanost uređaja obuhvaćenih područjima centara u Zagrebu i Vinkovcima, ukratko će biti opisana konfiguracija sustava daljinskog upravljanja iz tih dvaju centara.

Iz CDU Zagreb upravlja se stabilnim postrojenjima električne vuče na prugama: Dobova - Zagreb - Dugo Selo - Novska, Dugo Selo - Botovo, Sunja - Bosanski Novi i Zagreb - Srpske Moravice, te s četiri postrojenja na Ranžirnom kolodvoru u Zagrebu.

Na prugama Dugo Selo - Botovo i Zagreb - Srpske Moravice primjenjuje se sustav DS-8, a na ostalim prugama tog područja upravljanje je izvedeno putem Siemensovog sustava EFD 300. Komunikacija između centralnih i daljinskih uređaja izvedena je u oba sustava linijskim rasporedom, tako da jedna linija obuhvaća do petnaest daljinskih uređaja i čini tehnološku cjelinu u sklopovskom smislu.

Iz CDU Vinkovci upravlja se stabilnim postrojenjima elektrovoče na pruzi Novska - Tovarnik, gdje je u primjeni isključivo sustav EFD 300. Komunikacija se obavlja identično kao i na području CDU Zagreb gdje su ugrađeni uređaji istog tipa.

Da bi se osigurao siguran rad sustava, poduzeti su pri projektiranju i izvedbi odgovarajući zahvati i ugrađeni potrebni dijelovi sustava. Tako je sustav napajanja daljinskih uređaja u upravljanim mjestima osiguran, u slučaju nestanka napona napajanja 220 V/50 Hz, ispravljačima i akumulatorskim baterijama, a ponegdje i stabilnim agregatima u sklopu napajanja staničnih SS i TK uređaja. U centrima daljinskog upravljanja ugrađen je dvostruki sustav napajanja ispravljač - akubaterija, tako da u slučaju kvara odnosno ispada jednog ispravljača ili pripadne akubaterije, funkciju napajanja automatski preuzima drugi sustav koji se stalno

nalazi u režimu rada "vruće rezerve".

Napajanje 3x380 V osigurano je u centru daljinskog upravljanja stabilnim agregatom s automatskim uključenjem, čija automatika reagira kada bilo koji parametar mrežnog napona odstupa od određene vrijednosti koja se postavi u elektroničkom dijelu te automatike.

Kompjutorski sustav DS-8 je u centru osiguran i cijelim rezervnim komunikacijskim i upravljačkim sustavom, tako da u slučaju kvara bilo kojeg elementa glavnog sustava sve funkcije preuzima rezervni.

3. IZVORI I KRONOLOGIJA KVAROVA

Evidencija kvarova na uređajima daljinskog upravljanja vodi se u centrima daljinskog upravljanja u Zagrebu i Vinkovcima od 1. lipnja 1971. odnosno od dana puštanja u trajni pogon. Podaci o stanju sustava dobivaju se iz evidencije kvarova, koji svojim pokazateljima određuju strategiju održavanja sustava u ispravnom stanju. Kako se takav veliki sustav sastoji od više manjih sustava i elemenata, analiza efikasnosti procesa eksploatacije obuhvaća analizu kvarova i smetnji pojedinih podsustava i elemenata sustava.

Analiza kvarova i smetnji omogućuje otkrivanje zakonitosti pojavljivanja otkaza elemenata ili sustava u cjelini. Radi lakše analize potrebno je kvarove i smetnje razvrstati.

Kvarovi i smetnje u sustavu daljinskog upravljanja mogu se razvrstati po utjecaju na sustav daljinskog upravljanja, a samim time i na sustav napajanja kontaktne mreže. Na taj se način može napraviti podjela u pet skupina:

- A. Cijeli sustav daljinskog upravljanja ne radi
- B. Ne rade uređaji daljinskog upravljanja na jednoj pruži
- C. Ne rade uređaji daljinskog upravljanja na jednoj liniji
- D. Ne rade uređaji daljinskog upravljanja na jednom postrojenju
- E. Ne radi dio uređaja daljinskog upravljanja

jednom postrojenju bez utjecaja na rad stabilnih postrojenja elektrovođe

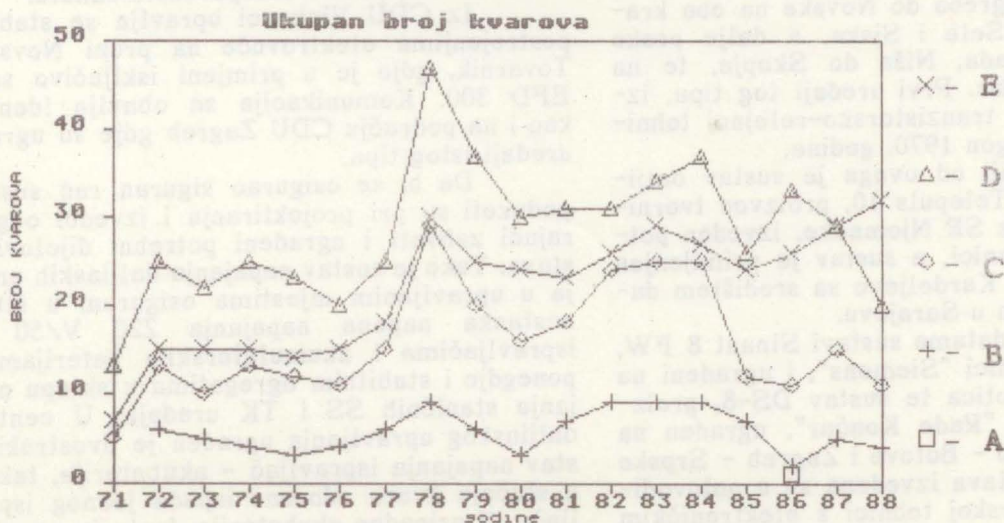
Prikaz kvarova od 1971. godine do zaključno 1988. godine dan je na slici 1. u kojoj su kvarovi grafički prikazani kao ukupni broj kvarova prema utjecaju na funkcioniranje sustava daljinskog upravljanja, a svrstani su prema navedenim podjelama.

Izvori smetnji ili kvarova na sustavu daljinskog upravljanja mogu se podijeliti u deset skupina:

1. Elektroničke kartice s diskretnim elementima,
2. Relejne skupine i relejne kartice,
3. Moduli mikroprocesorskog sustava "Rade Končar",
4. Uređaji za napajanje,
5. Uređaji za daljinsko mjerenje,
6. Ožičenje i spojna mjesta,
7. Uređaji za mjesno upravljanje,
8. Smetnje u prijenosnom putu (telekomunikacijski kabeli),
9. Elektroenergetski utjecaji (elektromagnetska indukcija, prenaponi)
10. Utjecaji trećih osoba (neispravno rukovanje, neovlašten pristup).

Pri razmatranju broja kvarova po godinama, vrsta kvarova i rangova treba imati na umu sljedeće činjenice:

- Broj kvarova izravno je ovisan o veličini sustava daljinskog upravljanja,
- Utjecaj kvarova na uređajima daljinskog upravljanja na sustav napajanja elektrovođe određen je redundancijom u sustavu daljinskog upravljanja,
- Broj i težina kvarova povećavaju se starenjem uređaja,
- Proširenjem sustava novim uređajima povećava se mogućnost kvarova na cijelom sustavu daljinskog upravljanja,
- Veći zahvati (remonti, revizije i sl.) na uređajima daju kao rezultat smanjenje broja i težine kvarova,
- Osim dijelova sustava daljinskog upravljanja



Slika 1. Ukupan broj kvarova od 1.6.1971. do 31.12.1988.

koji čine elementi samih uređaja, važan utjecaj imaju i vanjski dijelovi sustava, u koje se mogu svrstati prijenosni putovi, elektroenergetski objekti (s atmosferskim utjecajima) i radnici na eksploataciji i održavanju (ljudski faktor).

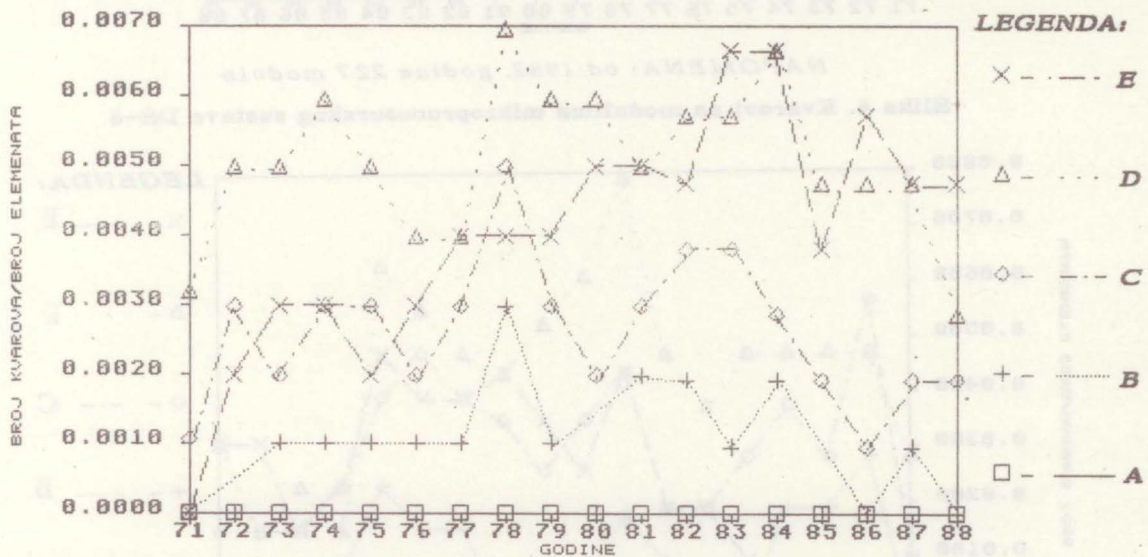
Da bi se bolje razumjelo kretanje broja i težine kvarova, nužno je navesti i kronologiju aktiviranja uređaja daljinskog upravljanja elektrovnim postrojenjima, odnosno većih zahvata na njima. Dijelovi sustava puštani su u pogon kako slijedi:

- 1971. godine: Sustav daljinskog upravljanja Dobova-Tovarnik pušten u trajni pogon,
- 1977. godine: Aktivirani su uređaji mjesnog upravljanja na prugama Zagreb-Dugo Selo-Novska i Zagreb-Sisak-Novska,

- 1978. godine: Pušteni u pogon uređaji daljinskog upravljanja na Ranžirnom kolodvoru u Zagrebu,
- 1982. godine: U trajni pogon pušten sustav daljinskog upravljanja na pruzi Dugo Selo-Botovo (izveden u mikroprocesorskoj tehnici),
- 1988. godine: Aktiviran je računarski sustav DS-8 na pruzi Zagreb-Srpske Moravice i ugrađena je nova oprema napajanja u Centru daljinskog upravljanja u Zagrebu.

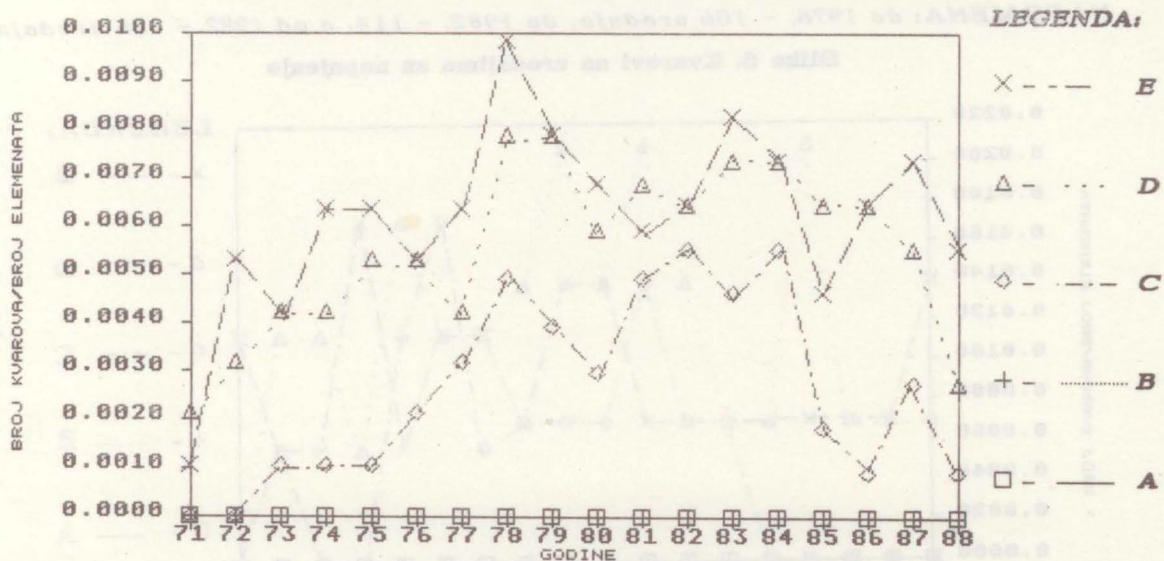
Evidencija kvarova vođena je po elementima izvora smetnji odnosno kvarova na sustavu daljinskog upravljanja, a prema utjecaju na sustav, što je grafički obrađeno na slikama od 2. do 11.

Evidencija kvarova na novom mikroprocesorskom sustavu DS-8, proizvodnje "Rade



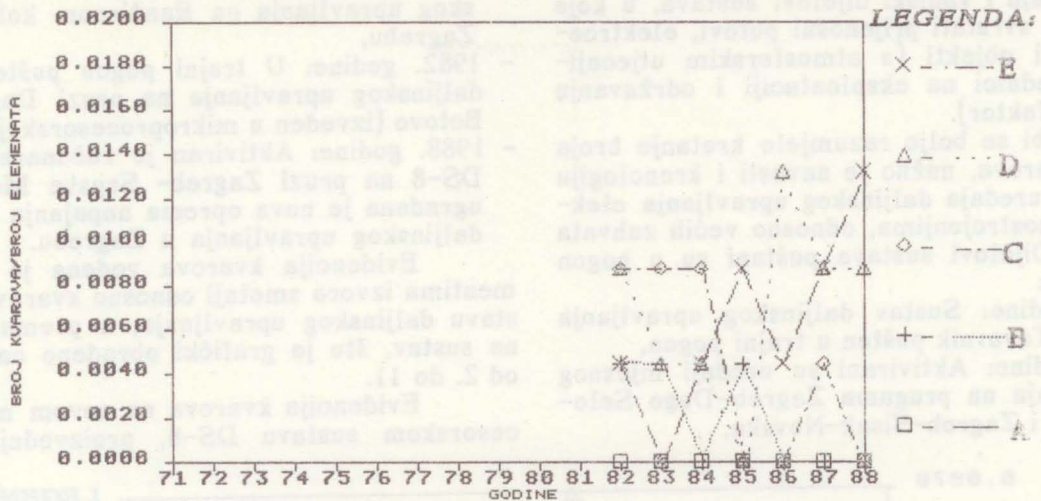
NAPOMENA: do 1978 - 944 elementa, od 1988 - 1008, a od 1982 - 1056 elementa

Slika 2. Kvarovi na elektroničkim karticama s diskretnim elementima



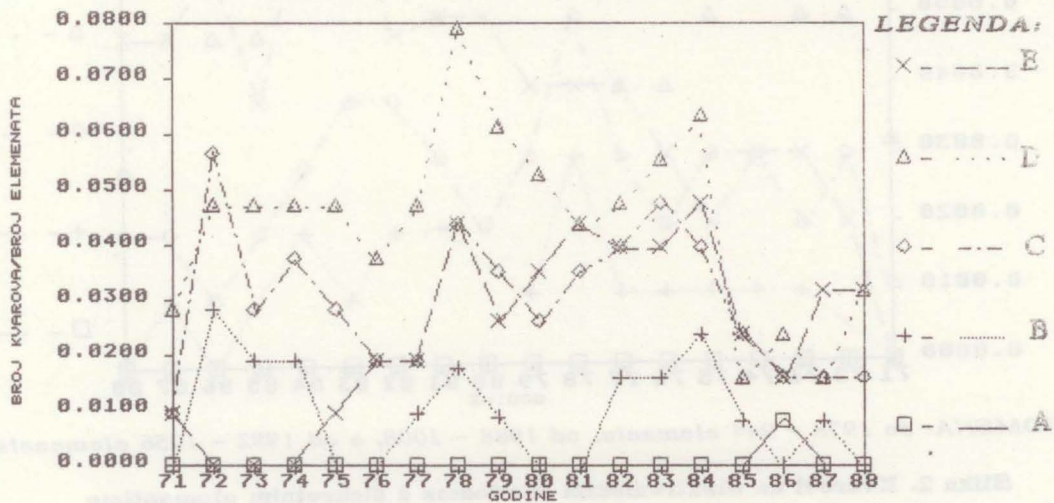
NAPOMENA: do 1978 - 945 elementa, do 1982 - 1017, a od 1982 - 1089 elementa

Slika 3. Kvarovi na relejnim skupinama i relejnim karticama



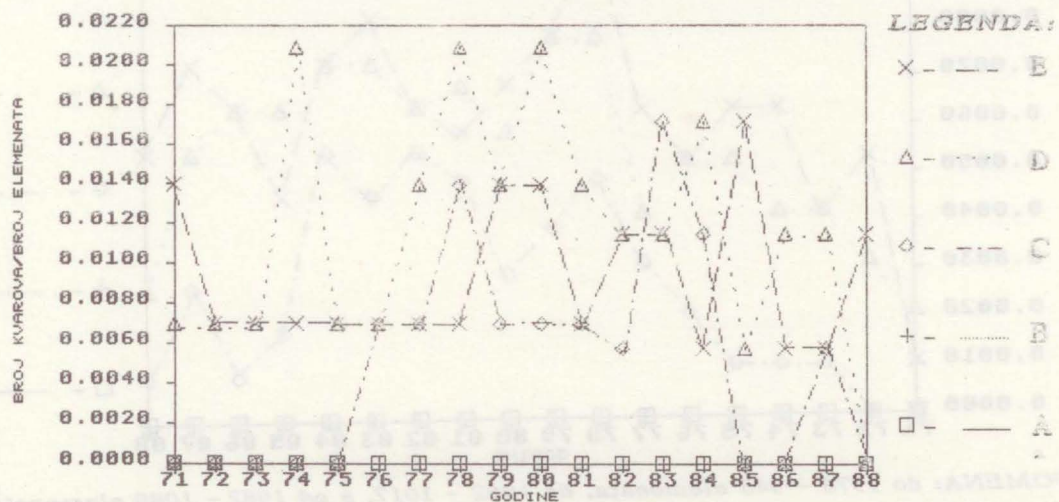
NAPOMENA: od 1982. godine 227 modula

Slika 4. Kvarovi na modulima mikroprocesorskog sustava DS-6



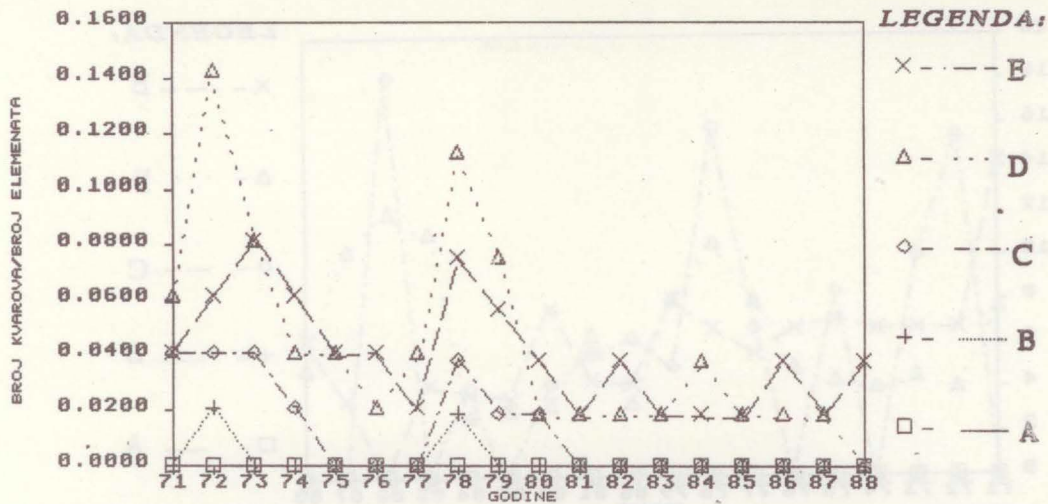
NAPOMENA: do 1978. - 106 uređaja, do 1982. - 114, a od 1982. - 126 uređaja

Slika 5. Kvarovi na uređajima za napajanje



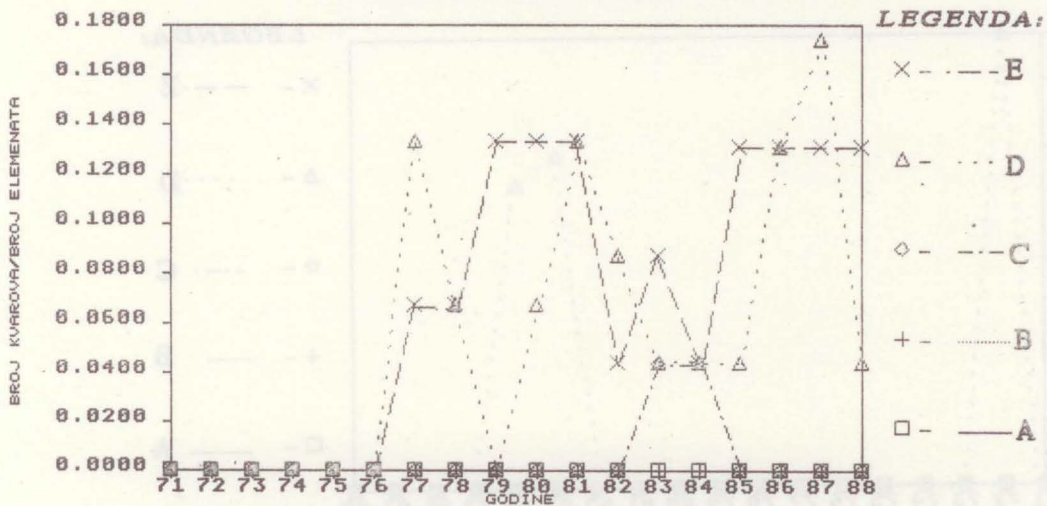
NAPOMENA: do 1982. godine 144 uređaja, a od 1982. godine 175 uređaja

Slika 6. Kvarovi na uređajima za daljinsko mjerenje



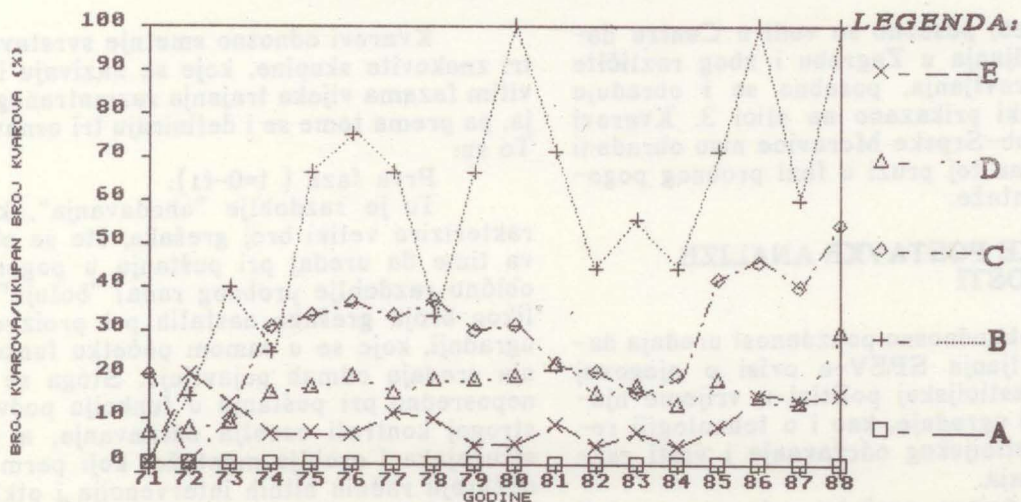
NAPOMENA: Broj regleta: 612, a do 1978. godine 49 spojnih elemenata, do 1982. 53 elementa, a od 1982. godine 62 spojna elementa

Slika 7. Kvarovi na ožičenju i spojnim mjestima

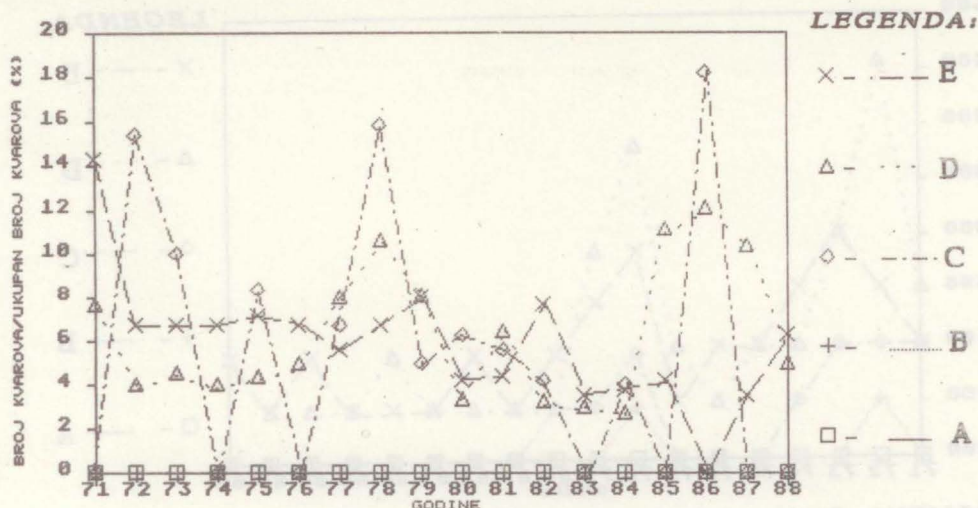


NAPOMENA: od 1977. godine 15 uređaja, a od 1982. godine 23 uređaja

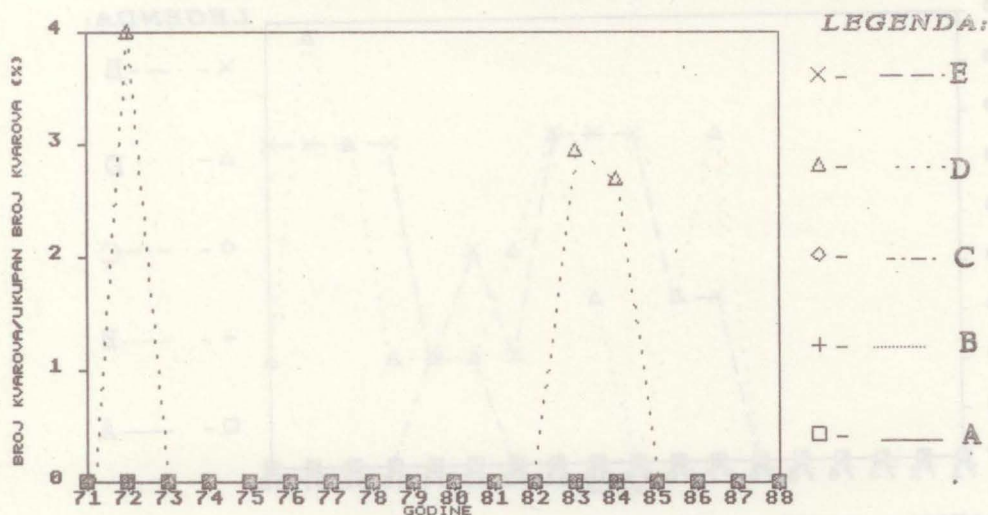
Slika 8. Kvarovi na uređajima za mjesno upravljanje



Slika 9. Postotak kvarova i smetnji na prijenosnim putovima (TK kabeli) u odnosu na ukupan broj kvarova prema utjecaju na sustav daljinskog upravljanja



Slika 10. Postotak kvarova nastalih elektromagnetskim utjecajima (elektromagnetska indukcija, prenapon i sl.) u odnosu na ukupan broj kvarova



Slika 11. Postotak kvarova zbog utjecaja treće osobe (neispravno rukovanje i sl.) u odnosu na ukupan broj kvarova

Končar" Zagreb, posebno se vodi u Centru daljinskog upravljanja u Zagrebu i zbog različite koncepcije upravljanja, posebno se i obrađuju kako je grafički prikazano na slici 3. Kvarovi na pruži Zagreb-Srpske Moravice nisu obrađeni jer su uređaji na toj pruži u fazi probnog pogo- na i u fazi montaže.

4. TEORETSKE POSTAVKE ANALIZE POUZDANOSTI

Kvaliteta odnosno pouzdanost uređaja daljinskog upravljanja SPEV-a ovisi o njegovoj starosti, o investicijskoj politici u vrijeme njegove nabavke i ugradnje, kao i o tehnologiji redovitog i investicijskog održavanja i vrsti razmatranog uređaja.

Praćenje pojave grešaka, odnosno smetnji ili kvarova karakterizirano je određenom krivuljom koja je prikazana na slici 12.

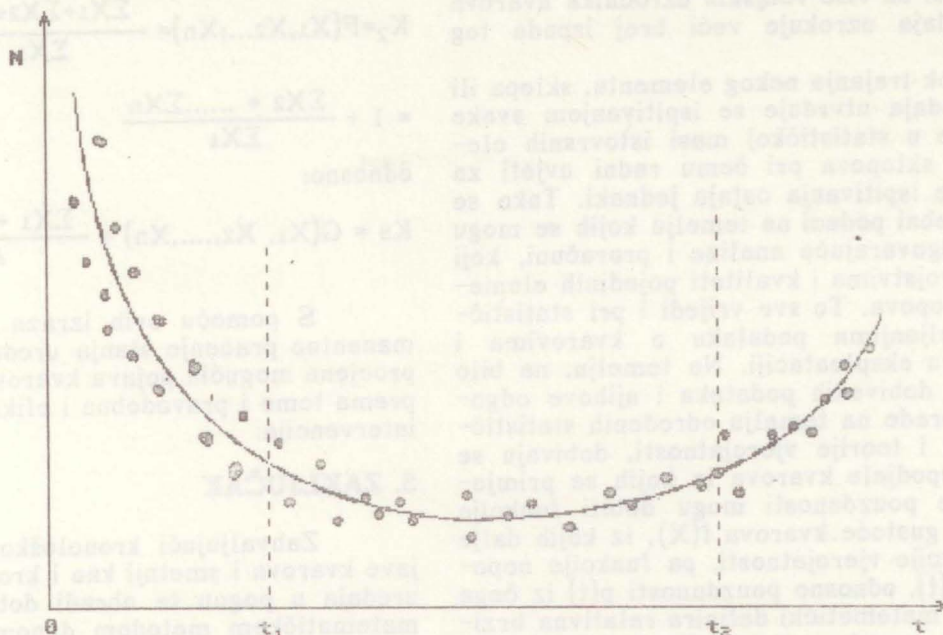
Kvarovi odnosno smetnje svrstavaju se u tri znakovite skupine, koje se nazivaju i znakovitim fazama vijeka trajanja razmatranog uređaja, pa prema tome se i definiraju tri osnovne faze. To su:

Prva faza ($t=0-t_1$):

To je razdoblje "uhodavanja", koje karakterizira veliki broj grešaka, što se objašnjava time da uređaj pri puštanju u pogon (to je obično razdoblje probnog rada) "boluje" od velikog broja grešaka nastalih pri proizvodnji ili ugradnji, koje se u samom početku funkcioniranja uređaja odmah pojavljuju. Stoga se uređaji neposredno pri puštanju u funkciju podvrgavaju strogoj kontroli osoblja održavanja, a posebno stručnjaka i osoblja montaže, koji permanentno dežuraju radnih hitnih intervencija i otklanjanja eventualnih grešaka, smetnji ili kvarova.

Druga faza (t_1-t_2):

To je razdoblje u kojem su sanirane sve



Slika 12. Grafički prikaz pojave smetnji, odnosno kvarova na promatranom uređaju

N- broj smetnji odnosno kvarova na uređaju

t- vrijeme pojave kvara odnosno smetnje računano od puštanja u pogon, kad je $t=0$

početne greške i kad egzistira razdoblje optimalnih uvjeta funkcioniranja grešaka, što se pojavljuju kao slučajni događaji u prihvatljivo malom broju, što je dakako ovisno prvenstveno o kvaliteti instaliranog uređaja, uvjetima rada, a svakako i o kvaliteti održavanja. U tom razdoblju broj grešaka je relativno malen i relativno konstantan.

Treća faza ($t_2-\infty$):

U tom razdoblju dolazi do izražaja zamorenost i istrošenost materijala što se manifestira naglim i sve bržim povećanjem broja grešaka u jedinici vremena, što ima vrlo veliki utjecaj na smanjenje pouzdanosti funkcioniranja kako pojedinih elemenata tako i cjelokupnog sustava.

Smetnje i kvarovi na željezničkim stabilnim ili mobilnim kapacitetima i uređajima definirani su odgovarajućim već objašnjenim dijagramom. Međutim, kako je smetnje i kvarove uputno podijeliti u dvije skupine, prvu gdje je kvar ili smetnja na promatranom uređaju uzrokovana neispravnosću drugog uređaja i drugu gdje je kvar ili smetnja na promatranom uređaju nastala kao posljedica neispravnosti samog uređaja, te je ove pojave moguće definirati odgovarajućim činiteljima, na primjer K_2 i K_3 i to tako da je:

$$K_2 = F(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

gdje je:

$F(X_1, X_2, \dots, X_n)$ -funkcija više varijabli koja predstavlja zakonitosti ponašanja pojave kvarova ili smetnji na promatranom uređaju u području definiranosti te

funkcije.

Funkcija $F(X_1, X_2, \dots, X_n)$ je razlomljena racionalna funkcija sastavljena od elementarnih funkcija, koje mogu biti cjelobrojne, razlomljene ili eksponencijalne, što ovisi o vrsti i obliku funkcije, koja definira zakonitosti ponašanja pojave kvarova i njihovih raspodjela, poznatih iz teorije vjerojatnosti, teorije pouzdanosti ili neke druge odgovarajuće funkcije, koje najegzaktnije definiraju zakonitosti pojave vlastitih kvarova ili vanjskih utjecaja na promatrani uređaj.

Uzmimo da je opći oblik funkcije $F(X_1, X_2, \dots, X_n)$ definiran izrazom:

$$K_2 = F(X_1, X_2, \dots, X_n) = \frac{f(X_1) + f(X_2) + f(X_n)}{f(X_1)} = 1 + \frac{f(X_2) + f(X_3) + \dots + f(X_n)}{f(X_1)} \quad [1]$$

gdje je:

$f(X_1)$ - funkcija realne varijable X_1 , koja definira zakonitosti pojave kvarova ili smetnji na nekom promatranom uređaju uzrokovanih nedostacima odnosno kvarovima ili smetnjama promatranog uređaja

$f(X_2) + f(X_3) + \dots + f(X_n)$ - funkcija realnih varijabli X_2, \dots, X_n koje definiraju zakonitosti pojave kvarova, odnosno količine kvarova ili smetnji na promatranom uređaju uzrokovanih neispravnosću drugih uređaja ili stabilnih i mobilnih željezničkih kapaciteta.

Iz te definicije slijedi da se vrijednost funkcije $F(X_1, X_2, \dots, X_n)$ kreće od 1 pa na vi-

še, što znači da više vanjskih uzročnika kvarova nekog uređaja uzrokuje veći broj ispada tog uređaja.

Vijek trajanja nekog elementa, sklopa ili cijelog uređaja utvrđuje se ispitivanjem svake komponente u statističkoj masi istovrsnih elemenata ili sklopova pri čemu radni uvjeti za sve vrijeme ispitivanja ostaju jednaki. Tako se dobiju potrebni podaci na temelju kojih se mogu provesti odgovarajuće analize i proračuni, koji govore o svojstvima i kvaliteti pojedinih elemenata ili sklopova. To sve vrijedi i pri statističkim prikupljanjima podataka o kvarovima i smetnjama u eksploataciji. Na temelju, na bilo koji način, dobivenih podataka i njihove odgovarajuće obrade na temelju određenih statističkih metoda i teorije vjerojatnosti, dobivaju se krivulje raspodjele kvarova iz kojih se primjenom teorije pouzdanosti mogu dobiti funkcije distribucije gustoće kvarova $f(X)$, iz kojih dalje slijede funkcije vjerojatnosti, pa funkcije nepouzdanosti $q(t)$, odnosno pouzdanosti $p(t)$ iz čega se na kraju matematički definira relativna brzina opadanja pouzdanosti kao "lambda" funkcija $\lambda(t)$.

Lambda funkcija $\lambda(t)$ ima svoj grafički prikaz koji je po svom obliku vrlo sličan funkciji prikazanoj na slici 12. Treće razdoblje ukazuje na istrošenost uređaja ili njegovih elemenata što se očituje u činjenici da u razdoblju od mena t_2 pa dalje intenzitet kvarova ima tendencivreju porasta i to obično veoma brzu. Tok lambda funkcije u ovom razdoblju može se najbolje aproksimirati funkcijom normalne razdiobe.

Ovo razdoblje najbolje definira član K_3 odnosno funkcija:

$$K_3 = G(X_1, X_2, \dots, X_n) = \frac{g(X_1) + g(X_2) + \dots + g(X_n)}{\bar{A}} \quad [2]$$

gdje su:

$g(X_1) + g(X_2) + \dots + g(X_n)$ - funkcije realnih varijabli X_1, X_2, \dots, X_n koje definiraju zakonitost pojava kvarova odnosno količina ispada iz pogona promatranih uređaja u razdoblju razmatranja, koji su posljedica nedostataka uređaja što se analizira odnosno njegovih sastavnih dijelova

\bar{A} - prosječni broj kvarova uređaja iz razdoblja normalnog rada postrojenja koji je na slici 12 definiran između t_1 - t_2 . Taj podatak može biti uzet iz tvorničkih ili iskustvenih podataka.

Činitelj K_3 uvijek je jednak jedinici ili veći od nje što se može kraće pisati: $K_3 \geq 1$.

Kako su podaci u bazi podataka statistički prikupljene veličine koje nisu definirane odgovarajućim funkcijama to je pri matematičkoj obradi podataka puno prihvatljivije operirati s odgovarajućim zbrojevima prezentiranih podataka. Stoga se prethodni izrazi [1] i [2] mogu pisati i ovako:

$$K_2 = F(X_1, X_2, \dots, X_n) = \frac{\Sigma X_1 + \Sigma X_2 + \dots + \Sigma X_n}{\Sigma X_1} = 1 + \frac{\Sigma X_2 + \dots + \Sigma X_n}{\Sigma X_1} \quad [3]$$

odnosno:

$$K_3 = G(X_1, X_2, \dots, X_n) = \frac{\Sigma X_1 + \Sigma X_2 + \dots + \Sigma X_n}{A} \quad [4]$$

S pomoću ovih izraza moguće je permanentno praćenje stanja uređaja i pravodobna procjena mogućih pojava kvarova ili smetnji, pa prema tome i pravodobna i efikasna preventivna intervencija.

5. ZAKLJUČAK

Zahvaljujući kronološkom praćenju pojave kvarova i smetnji kao i kronologiji puštanja uređaja u pogon te obradi dobivenih podataka matematičkom metodom danom u poglavlju 4, utvrđeno je da je određeni tip i broj sastavnih dijelova uređaja dotrajao i da ih treba izmijeniti. Tako je 1985. godine nabavljena prva veća količina rezervnih dijelova i od tada se sustavno zamjenjuju dotrajali dijelovi novima, kako pri redovnom održavanju, tako i pri većim zahvatima na sustavu (remonti, revizije i sl.). Kako je nabavka rezervnih dijelova od 1985. godine tekla više-manje uredno, i održavanje uređaja je dalo adekvatne rezultate u smanjenju kvarova, a što je još važnije u smanjenju trajanja neispravnog stanja, a time i povećanju pouzdanosti sustava.

U analizi klasičnih relejnih i procesorskih sklopova, prema pokazateljima, teško je usporediti koji od njih pouzdanije funkcionira, stoga što su mikroprocesorski uređaji u pogonu relativno kratko vrijeme pa se može ustvrditi da su nastali kvarovi i smetnje još uvijek u području kvarova vezanih za "uhodavanje" sustava u eksploataciju. Korisno bi bilo nešto širim analizom utvrditi prosječni vijek trajanja elemenata, barem onih koji se češće kvare, da bi se na temelju te analize uvela njihova redovita zamjena nakon kritičnog vremena rada. Na taj bi se način povećala pouzdanost i raspoloživost promatranih uređaja što bi sigurno pridonijelo visokoj eksploatacijskoj efikasnosti uređaja daljinskog upravljanja stabilnih postrojenja elektrovučne, a time i cjelokupnoga željezničkoga prometnog sustava.

SUMMARY

REVIEW OF REMOTE CONTROL EQUIPMENT RELIABILITY LEVEL

Based upon the compiled data on respective failures and problems reported of the remote control equipment for the stable capacities of electric traction in the period of 1971 to 1988 a review has been completed by applica-

tion of adequate methods from which originated the corresponding conclusions presented here. Particularly important is the conclusion referring us to high usefulness of preventive maintenance of the equipment.

LITERATURA

- [1] Z. VUKOVIĆ: Ekonomika elektroničkih sistema. Zagreb, 1968.
- [2] I. PAVLIĆ: Statistička teorija i primjena. Zagreb, 1965.
- [3] Ž. PAUŠE: Vjerojatnost informacija stohastičkih procesa. Zagreb, 1974.
- [4] L.M. SHOUMAN: Problemistic Reliability. New York, 1968.
- [5] M. TOMIĆ, Ž. ADAMOVIĆ: Pouzdanost u funkciji održavanja tehničkih sistema. Beograd, 1985.
- [6] K. FISCHER i ostali: Sicherungen des Schienen- und Strassenverkehrs. Berlin, 1980.
- [7] T. MLINARIĆ: Suvremeni pristup analizi sigurnosti i pouzdanosti u željezničkom prometu. Suvremeni promet, 1985, 2-3.
- [8] T. MLINARIĆ: Prilog vrednovanju tehnološke pouzdanosti i sigurnosti željezničkog prometa. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, 1987.
- [9] Z. TOŠ: Analiza utjecaja vanjskih elemenata na pouzdanost žičare "Sljeme". Suvremeni promet, 1988, 3.
- [10] Z. TOŠ: Sigurnost prometa na putnim prijelazima u funkciji povećanja brzine vlakova uz smanjenje zaustavnog puta. Suvremeni promet, 1988, 4-5.