

ZDRAVKO TOŠ, dipl.inž.
Fakultet prometnih znanosti
Zagreb, Vukelićeva 4

Prometna tehnika
Izvorni znanstveni rad
UDK: 621.33+621.39
Primljeno: 06.09.1990.
Prihvaćeno: 24.09.1990.

SUVREMENO RJEŠENJE POVEĆANJA POUZDANOSTI UREĐAJA DALJINSKOG UPRAVLJANJA ELEKTROVUČNIM POSTROJENJIMA

SAŽETAK

O pouzdanosti rada uređaja daljinskog upravljanja elektrovučnim postrojenjima ovisi i pouzdanost funkcioniranja cjelokupnoga vučnog sustava. Upravo stoga veoma je važno utvrditi koji kvarovi i smetnje najčešće uzrokuju ispadanje iz rada pojedinih dijelova ili cjelokupnog elektrovučnog postrojenja.

Za raspoloživost i pouzdanost rada elektrovučnog postrojenja posebno je odlučujuća duljina trajanja kvara ili smetnje, od njihove pojave do otklanjanja greške, odnosno ponovnog ispravnog funkcioniranja.

Ovaj rad se bavi upravo problematikom otkrivanja najčešćih kvarova ili smetnji, kao i onih čije je trajanje najdulje, a posebno načinima i metodama njihova smanjenja ili potpunog eliminiranja. Eliminacija kvarova ili smetnji na znači njihovo apsolutno sprečavanje, nego i preuzimanje njihovih funkcija alternativnim elementima.

1. UVOD

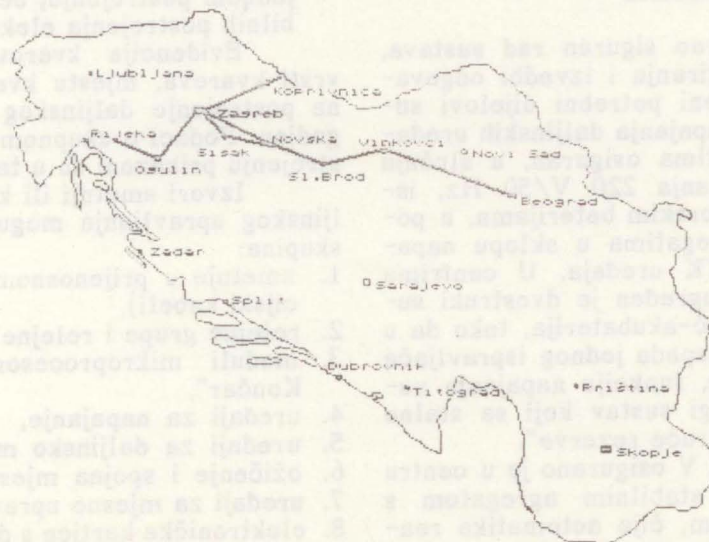
Elektrifikacijom pruga Jugoslavenskih željeznica monofaznim sustavom elektrovuče 25 kV/50 Hz, ugrađivani su i sustavi za daljinsko upravljanje stabilnim postrojenjima električne

vuče. Sustav za daljinsko upravljanje stabilnim postrojenjima elektrovuče ugrađuje se da bi se povećale efikasnost i kvaliteta eksploatacije stabilnih postrojenja, kao i ekonomičnost održavanja cjelokupnog sustava elektrovuče.

Na prugama Jugoslavenskih željeznica najrašireniji je sustav daljinskog upravljanja stabilnim postrojenjima elektrovuče - sustav EFD, proizvod tvornice "Siemens" iz SR Njemačke, koji je ugrađen u postrojenjima elektrovuče na magistralnoj pruzi Jesenice - Gevgelija. Prvi uređaji tog tipa, izvedeni u hibridnoj tranzistorsko-relejnjoj tehnici, pušteni su u pogon 1970. godine.

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

Novijeg su datuma sustavi Sinaut 8 FW, proizvod tvornice "Siemens", koji je ugrađen na pruzi Indija - Subotica i sustav DS-8, proizvod naše tvornice "Rade Končar", a ugrađen je na prugama Dugo Selo - Botovo i Zagreb - Srpske Moravice. Oba sustava izvedena su u poluvodičkoj mikroprocesorskoj tehnici s elektroničkim "real-time" računalima kao vodećim elementima centralnog sustava. Upravljačke i nadzorne



Slika 1. Elektrificirane pruge ŽTP-a Zagreb

funkcije ovih sustava izvedene su putem video-terminala i alfanumeričke tastature umjesto mozaik-ploča primijenjenih na starim sustavima.

Zaokružen sustav daljinskog upravljanja čini područje koje pokriva jedan centar daljinskog upravljanja (CDU), pa su se zbog geografskih pogodnosti formirali centri daljinskog upravljanja u Zagrebu i Vinkovcima, a kako se u ovom radu analizira pouzdanost uređaja, i to onih na kojima se najčešće pojavljuju kvarovi, koji osim toga i najdulje traju, potrebno je načiniti kratki opis konfiguracije sustava daljinskog upravljanja tih dvaju centara.

2. KONFIGURACIJA SUSTAVA DALJINSKOG UPRAVLJANJA

Iz CDU Zagreb upravlja se stabilnim postrojenjima električne vuče na prugama:

- Dobova-Zagreb-Dugo Selo-Novska
- Zagreb-Sunja-Novska
- Sunja-Bosanski Novi
- Ranžirni kolodvor Zagreb
- Dugo Selo-Botovo
- Zagreb-Srpske Moravice

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

Iz CDU Vinkovci upravlja se stabilnim postrojenjima elektrovuče na pruzi:

- Tovarnik-Novska

Na toj pruzi je ugrađen isključivo sustav EFD 300.

Komunikacija se obavlja jednako kao i na području CDU Zagreb gdje su ugrađeni uređaji istog tipa.

3. SIGURAN RAD UREĐAJA

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.

4. OPIS I VRSTE KVAROVA

Na uređajima daljinskog upravljanja vodi se u njihovim centrima u Zagrebu i Vinkovcima evidencija kvarova od dana puštanja u trajni pogon, odnosno od 1. lipnja 1971.

Podaci o stanju sustava koji promatramo dobivaju se iz evidencije kvarova i smetnji 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 u nekoliko istovrsnih skupina tako da svaka skupina predstavlja skup kvarova i smetnji istih ili sličnih značajki, što znači da su u skupinama kvarovi i smetnje istovjetnih uređaja ili njihovih dijelova.

Kvarovi i smetnje u sustavu daljinskog upravljanja mogu se razvrstati po utjecaju na sustav daljinskog upravljanja, a prema tome 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 pruzi
- 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 u jednom postrojenju, bez utjecaja na rad stabilnih postrojenja elektrovuče.

Evidencija kvarova je vođena prema vrsti kvarova, mjestu kvara te prema utjecaju na postrojenje daljinskog upravljanja za svaku godinu. Podaci o ukupnom broju kvarova na postrojenju prikazani su u tablici 1.

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

1. smetnje u prijenosnom putu (telekomunikacijski kabeli),
2. relejne grupe 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. elektroničke kartice s diskretnim elementima,
9. elektroenergetski utjecaji (elektromagnetska indukcija, prenaponi)

Tablica 1.

	'71.	'71.	'73.	'74.	'75.	'76.	'77.	'78.	'79.	'80.	'81.	'82.	'83.	'84.	'85.	'86.	'87.	'88.
A																1		
B		6	5	4	3	4	6	9	5	3	7	9	9	9	7	2	5	4
C	5	13	10	13	12	11	15	29	20	16	18	24	25	25	12	11	15	11
D	14	25	22	25	23	20	25	47	37	30	31	31	34	37	26	33	29	20
E	7	15	15	15	14	15	18	30	25	24	23	26	29	27	24	26	29	32

10. utjecaji trećih osoba (neispravno rukovanje, neovlašten pristup).

Prikaz kvarova od 1971. godine do 1988. godine dan je na slici 2. Tu su kvarovi grafički prikazani kao ukupni zbroj svih vrsta kvarova prema utjecaju na funkcioniranje sustava daljinskog upravljanja, a svrstani su prema navedenim podjelama.

Pri razmatranju broja kvarova po godinama, vrstama kvarova i rangovima treba imati na umu sljedeće činjenice:

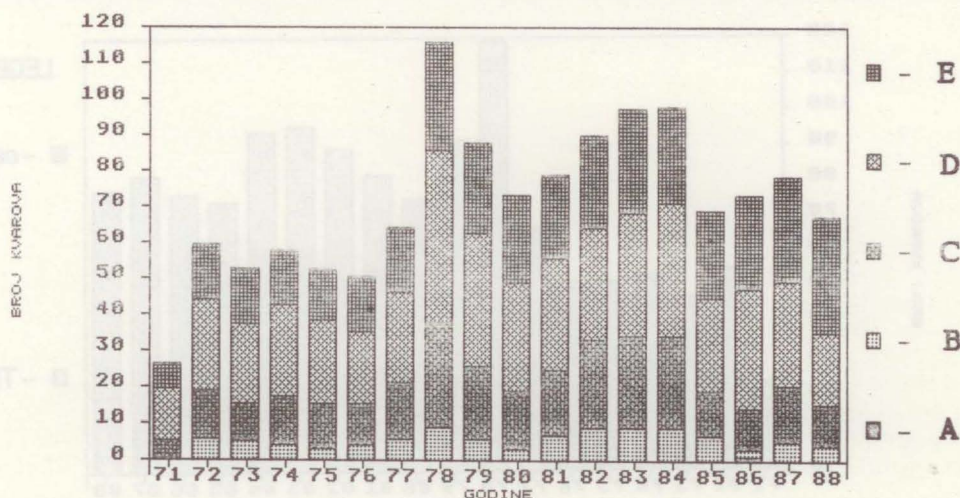
- a) broj kvarova izravno je ovisan o veličini sustava daljinskog upravljanja,
- b) utjecaj kvarova na uređajima daljinskog upravljanja na sustav napajanja elektrovoće određen je redundancijom upravljanja,
- c) broj i težina kvarova povećavaju se starenjem uređaja,
- d) proširenjem sustava novim uređajima povećava se mogućnost kvarova na cijelom sustavu daljinskog upravljanja,
- e) veći zahvati (remonti, revizije i sl.) na uređajima daju kao rezultat smanjenje broja i težine kvarova,
- f) osim dijelova sustava daljinskog upravljanja 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).

Radi boljeg razumijevanja pojave broja, težine i duljine trajanja kvarova nužno je razmotriti kronologiju aktiviranja uređaja daljin-

skog upravljanja elektrovoćnih postrojenja. Kronologija obuhvaća i veće zahvate u svrhu povećanja kvalitete ili proširenja funkcija na već ugrađenim uređajima, vezanih za povećanje željezničkih prometnih kapaciteta. Pojedini dijelovi sustava daljinskog upravljanja elektrovoćnim postrojenjima puštani su u rad ovim redosljedom:

- 1971. godine pušten je u trajni pogon sustav daljinskog upravljanja na pruzi Dobova- Tovarnik,
- 1977. godine aktivirani su uređaji mjesnog upravljanja na prugama Zagreb- Dugo Selo- Novska i Zagreb- Sisak- Novska,
- 1978. godine pušteni su u pogon uređaji daljinskog upravljanja na Ranžirnom kolodvoru u Zagrebu,
- 1982. godine pušten je u trajni pogon sustav daljinskog upravljanja na pruzi Dugo Selo- Botovo koji je izveden u mikroprocesorskoj tehnici,
- 1988. godine aktiviran je računarski sustav DS-8 na pruzi Zagreb - Srpske Moravice, a ugrađena je i nova oprema napajanja u Centru daljinskog upravljanja u Zagrebu.

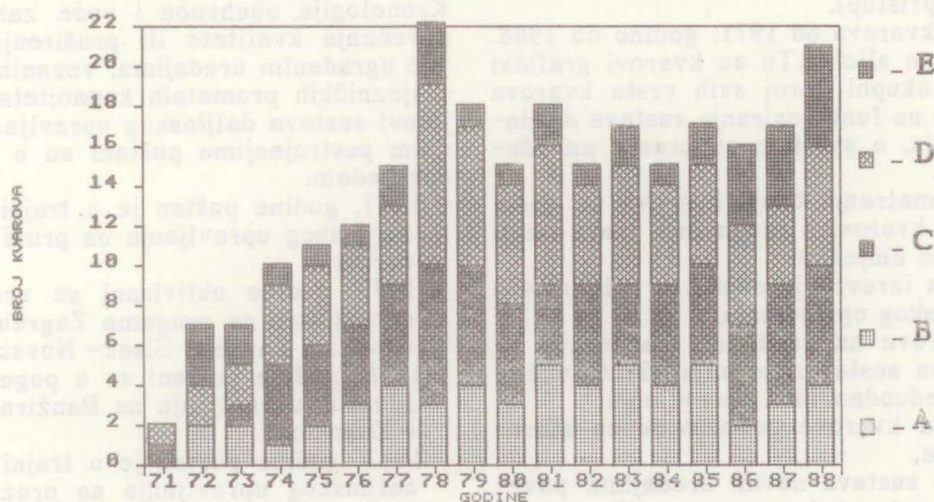
Na navedenim prugama s uređajima daljinskog upravljanja elektrovoćnim postrojenjima u razdoblju od 1971. do 1988. godine pojavljivao se određeni broj kvarova i grešaka, što su statistički prikupljeni i sustavno prikazani u zbirnom obliku u tablici 1. Kako predmet ovog razmatranja nisu svi kvarovi i smetnje, nego samo oni koji su se dogodili na TK kabelima, jer njih možemo smatrati najkritičnijima za po-



Slika 2. Ukupan broj kvarova od 1.6.1971. do 31.12.1988.

Tablica 2.

	'71.	'71.	'73.	'74.	'75.	'76.	'77.	'78.	'79.	'80.	'81.	'82.	'83.	'84.	'85.	'86.	'87.	'88.
A																		
B		2	2	1	2	3	4	3	4	3	5	4	5	4	5	2	3	4
C	1		1	4	4	4	5	7	6	5	4	5	4	5	5	5	6	6
D	1	2	2	4	4	4	4	9	7	6	7	5	6	5	5	5	4	6
E		3	2	1	1	1	2	3	1	1	2	1	2	1	2	4	4	5



Slika 3. Ukupan broj kvarova na prijenosnim putovima (TK kabeli)

uzdan rad elektrovnih postrojenja, u tablici 2 prikazani su samo kvarovi i smetnje koji su se desili u razdoblju od 1971. do 1988. godine.

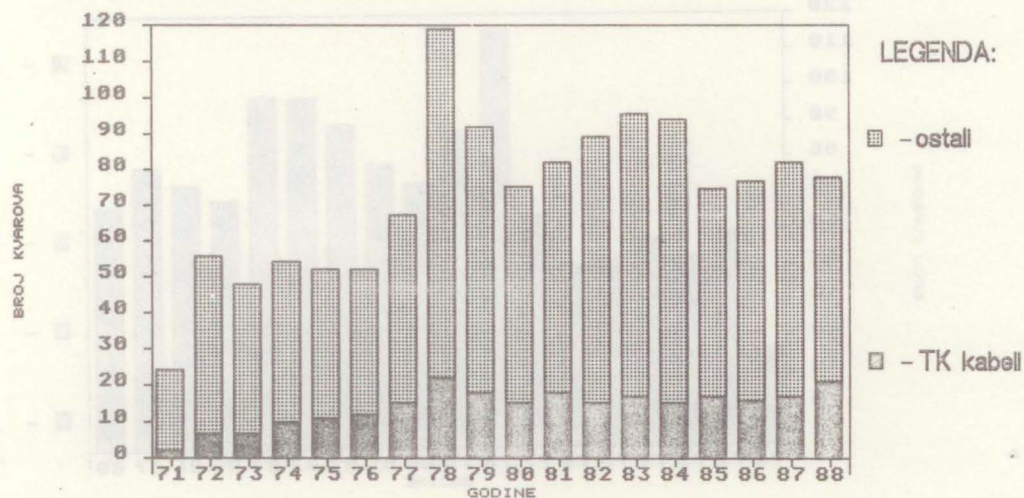
Daljnji tok razmatranja vjerojatno će potvrditi pretpostavku da su greške nastale na TK kabelima odlučujuće za kvalitetan i pouzdan rad uređaja daljinskog upravljanja elektrovnih postrojenja, pa prema tome i za cijeli prometni sustav vuče vlakova.

Podaci iz tablice 2. prikazani su grafički na slici 3. Iz tog prikaza vidljiv je porast kvarova od 1971. do 1978. kad je bio izrazito velik broj grešaka na TK kabelima. Nakon toga pa do

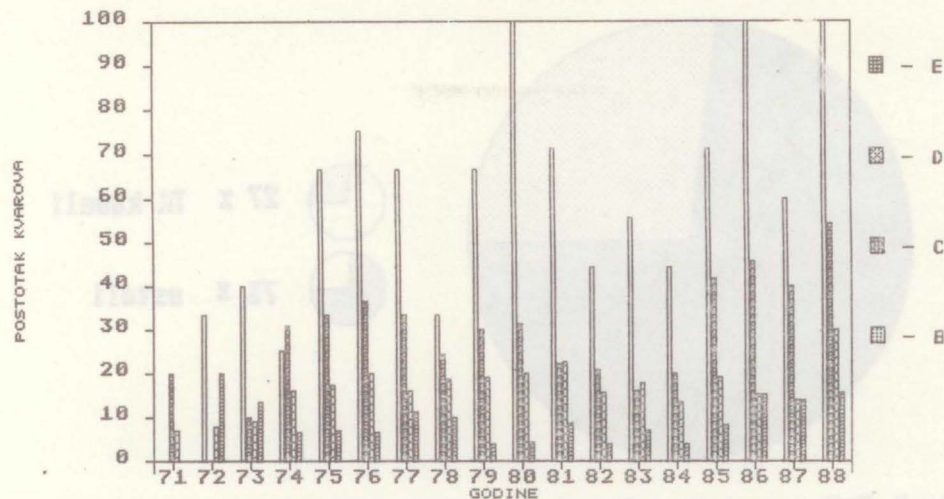
1988. broj grešaka se stabilizira.

Uzrok velikom povećanju kvarova i smetnji do 1978. godine je u tome što je u tim godinama puštan u rad sve veći broj uređaja, a s tim je rastao broj grešaka (zbog "uhodavanja" novih kabelskih dionica, tek puštenih u rad) kao i povećanog broja novougrađenih komunikacijskih jedinica.

Podaci iz tablica 1 i 2 grafički su prikazani na slici 4. Iz ovoga grafa nije moguće uočiti koliki je zapravo utjecaj grešaka na TK kabelima na ukupnu pouzdanost cijelog elektrovnog sustava. Stoga će biti potrebna daljnja



Slika 4. Prikaz kvarova na TK kabelima u odnosu na ukupan broj kvarova



Slika 5. Postotak skupina kvarova TK kabela u odnosu na ukupan broj kvarova

razrada kvarova i smetnji na TK kabelima i njihov utjecaj na raspoloživost i pouzdanost rada uređaja daljinskog upravljanja, pa prema tome i na cjelokupni vučni sustav.

Na slici 5. prikazan je, u postotku, udjel pojedinih skupina kvarova na TK kabelima u ukupnom broju kvarova. Iz grafikona se može uočiti da je u svim tim godinama bitno najveći udjel B kvarova, odnosno ispadanje pojedinih pruga iz pogona. To je u godinama 1980, 1986. i 1988. posebno izraženo. Naime, u te tri godine ispadanje uređaja daljinskog upravljanja iz pogona na pojedinim prugama isključivo je posljedica kvarova na TK kabelima.

Uzroci su velikog povećanja broja grešaka na TK kabelima u 1980. godini uključivanje uređaja daljinskog upravljanja na Ranžirnom kolodvoru u Zagrebu i puštanje u pogon željezničkoga kabelaškog prstena oko čvora Zagreb.

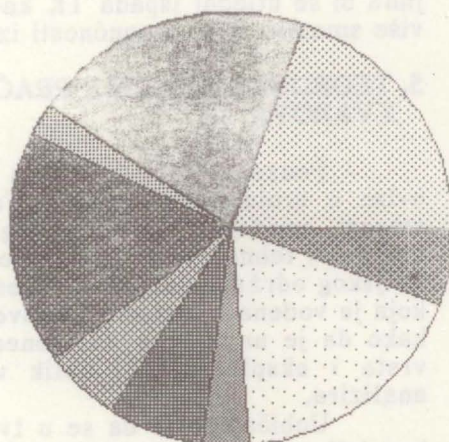
Godine 1986. povećanje kvarova i smetnji vezano je uz radove na polaganju novog TK kabela na relaciji Dugo Selo-Novska. Kako su radovi pri polaganju novoga kabela izvođeni često u neposrednoj blizini starog i već dotrajalog TK kabela, bili su česti prekidi veza zbog

oštećenja postojećega kabela. Nažalost, ispitivanja i mjerenja na novougrađenom kabeu pokazala su velika odstupanja od propisanih normi i standarda, što je također negativno utjecalo na funkcioniranje uređaja daljinskog upravljanja.

Na relaciji Zagreb-Srpske Moravice položen je novi TK kabel, a 1988. pušten je u pogon i računarski sustav što je uzrokovalo povećan broj kvarova i smetnji.

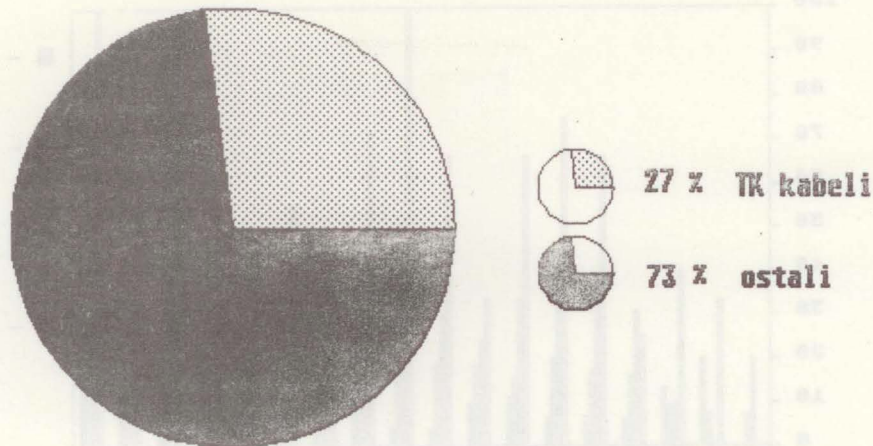
Iz grafa sa slike 6. uočljivo je da kvarovi odnosno smetnje TK kabela pripadaju među najčešće pojavljivane greške u cijelom sustavu. Njihova učestalost je oko 20% kao što je i u kvarova i smetnji u relejnim skupinama i relejnim karticama. Nešto manju ali isto vrlo visoku učestalost grešaka imaju i uređaji za napajanje te elektroničke kartice s diskretnim elementima. Svi ostali tipovi grešaka na uređajima daljinskog upravljanja čine u pojedinačnom opsegu zanemariv dio.

Graf sa slike 7. pokazuje da broj ispada TK kabela obuhvaća nešto više od 1/4 kvarova i smetnji od ukupnog broja grešaka vezanih uz skupinu smetnji tipa C. To znači da četvrtinu uzroka nerada pojedinih linija uređaja izazivaju

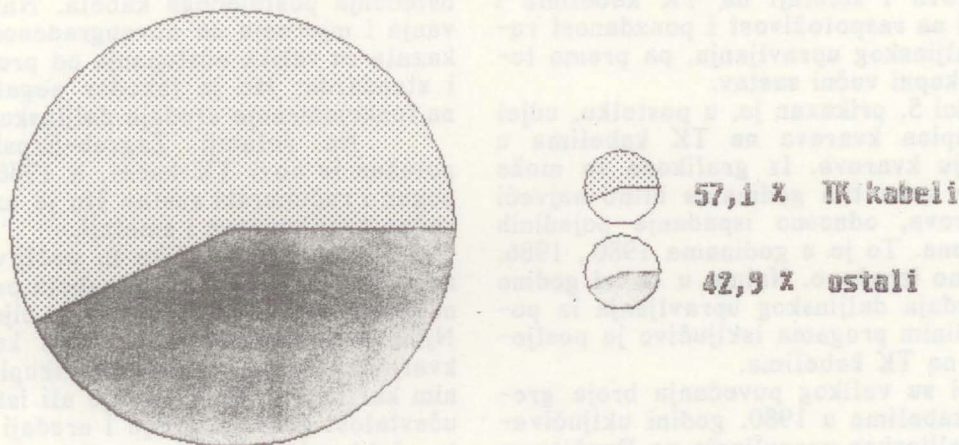


1	A	19.8%	255
2	B	28.6%	265
3	C	2.4%	31
4	D	17.5%	226
5	E	5.6%	72
6	F	7.0%	90
7	G	3.5%	45
8	H	18.0%	232
9	I	5.4%	70
10	J	0.2%	3

Slika 6. Prikaz odnosa broja smetnji odnosno kvarova po izvoru smetnji u odnosu na ukupan broj smetnji odnosno kvarova



Slika 7. Prikaz postotka udjela kvarova i smetnji TK uređaja u odnosu na sve ostale greške sustava vezane na skupinu grešaka tipa C



Slika 8. Prikaz postotka udjela kvarova i smetnji TK uređaja u odnosu na sve ostale greška sustava vezane na skupinu grešaka tipa B

kvarovi i smetnje na TK kabelima. Ovdje valja istaknuti, radi egzaktnosti, da se na jednoj liniji nalazi nekoliko elektrovučnih postrojenja. Svih ostalih devet skupina kvarova i smetnji, s obzirom na izvor, čine preostalih 3/4 od ukupnog broja grešaka.

To je još očitije ilustrirano slikom 8 na kojoj grafikon pokazuje da je preko 57 % ispada uređaja daljinskog upravljanja iz pogona na pojedinim prugama uzrokovano kvarovima i smetnjama na TK kabelima, a da tek nešto oko 43 % slučajeva ispada pojedinih pruga pripada ostalim izvorima smetnji.

Kako je iz prakse poznato da su kvarovi na TK kabelima po svom značaju dugotrajni, njihovo otklanjanje uglavnom najdulje traje. Naime, opće je poznato da pri greškama na kabelima, od trenutka nastanka pa preko obavijesti, izlaska stručnih radnika na teren, lokacije greške te do njenog definitivnog otklanjanja prođe najmanje 12 sati, a vrlo često i nekoliko dana. Za to vrijeme uređaj daljinskog upravljanja je izvan pogona i upravljanje elektrovučnim postrojenjima obavlja manualno permanentno

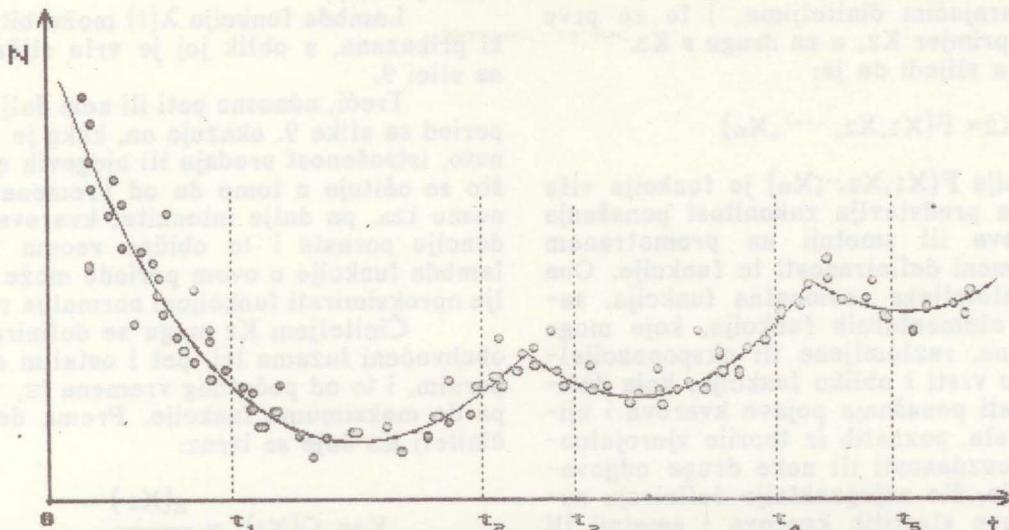
dežurno osoblje.

Stoga kvarovi i greške na TK kabelima zahtijevaju pri održavanju uređaja daljinskog upravljanja posebnu pažnju i tretman, pa je potrebno pronaći nova rješenja i nove metode kojima bi se utjecaj ispada TK kabelskih veza što više smanjio, a po mogućnosti izbjegao.

5. TEORIJSKA ANALIZA PRAĆENJA KVAROVA

Pouzdanost i kvaliteta nekog uređaja ovise o brojnim činiteljima. To su uglavnom: starost uređaja, vrijeme njegove nabavke i ugradnje, tehnologija njegova redovitog i investicijskog održavanja, kao i investicijska politika koja je vođena u vrijeme njegove nabavke. Svakako da je najvažnija komponenta razmatranja vrsta i eksploatacijski oblik uređaja koji se analizira.

Uobičajeno je da se u tvornici, pri proizvodnji određenog uređaja profesionalnog statusa, čine opsežna ispitivanja, čiji se rezultati sustavno svrstavaju, na temelju čega se dobiva



Slika 9. Aproximativni dijagram statističke raspodjele kvarova i smetnji ispitivanog uređaja

statistička raspodjela grešaka. Međutim, češće se takvo praćenje čini na već ugrađenim uređajima koji su u funkciji nekoga širega sustava u eksploataciji. Na temelju tako dobivenih rezultata čini se odgovarajući dijagram koji je predložen na slici 9.

Kvarovi i smetnje svrstavaju se u nekoliko karakterističnih skupina, koje se još nazivaju i karakterističnim fazama vijeka trajanja nekog uređaja.

Iz takvog dijagrama prikazanog na slici 9. mogu se definirati osnovne faze vijeka trajanja konkretnog uređaja. To su:

Prva faza ($t=0-t_1$)

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

Druga faza ($t=t_1-t_2$)

To je razdoblje nakon saniranja svih početnih grešaka. To je razdoblje optimalnih uvjeta funkcioniranja uređaja, a greške, što se pojavljuju kao slučajni događaji, u prihvatljivo su malom broju. To dakako ovisi prvenstveno o kvaliteti instaliranog uređaja, uvjetima rada, a i o kvaliteti održavanja. U tom razdoblju broj grešaka relativno je malen i relativno konstantan.

Treća faza (t_2-t_3)

U tom razdoblju uređaj počinje pokazivati abnormalan porast grešaka, te su tada povećani zahtjevi na ekipe redovitog održavanja.

To je vrijeme kada se moraju poduzeti ozbiljni zahvati na održavanju uređaja. To je obično obavljanje investicijskog održavanja. Izmjenom dotrajalih dijelova na uređaju, on se počinje ponašati kao i novougrađena oprema, dok ne dosegne stanje koje karakterizira točka t_3 .

Četvrta faza (t_3-t_4)

Uređaj se ponaša slično kao i u drugoj fazi, ali s nešto višom razinom slučajnih grešaka, jer je većina uređaja starije izvedbe, samo su novi ili regenerirani elementi koji su ugrađeni u trećoj fazi.

Peta faza (t_4-t_5)

Pri kraju razdoblja obuhvaćenog četvrtom fazom uređaj, zbog dotrajalosti, pokazuje tendenciju ubrzanog povećanja broja kvarova i smetnji, što je ozbiljno upozorenje za radikalnije zahvate. Ako se procijeni da nisu opravdane nove investicije, obavlja se investicijsko održavanje, pri čemu se svi loši i dotrajali elementi i sklopovi zamjenjuju novim ili regeneriranim dijelovima, nakon čega, u sljedećoj fazi, uređaj normalno obavlja svoje projektirane funkcije.

Šesta faza (t_5-t_6)

Slična je drugoj i četvrtoj fazi samo s nešto povišenom razinom slučajnih grešaka.

Ciklusi faza mogu se teoretski protezati u nedogled, ali u praktičnom smislu to ima svoj limes koji je uvjetovan ekonomskim i eksploatacijskim razlozima. Smetnje i kvarovi na nekim uređajima definirani su odgovarajućim dijagramom na slici 9. Greške na nekom uređaju mogu se iz praktičnih razloga podijeliti u dvije skupine:

- kvarovi i smetnje na uređaju, uzrokovani neispravnošću drugih uređaja i
- kvarovi i smetnje na uređaju nastali zbog neispravnosti tog uređaja.

Te dvije skupine pojava moguće je definirati odgovarajućim činiteljima, i to za prvu skupinu s na primjer K₂, a za drugu s K₃.

Iz toga slijedi da je:

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

Funkcija $F(X_1, X_2, \dots, X_n)$ je funkcija više varijabli, koja predstavlja zakonitost ponašanja pojave kvarova ili smetnji na promatranom uređaju u domeni definiranosti te funkcije. Ona je ujedno 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, što najegzaktnije definiraju zakonitosti pojave vlastitih kvarova i smetnji ili vanjskih utjecaja na promatrani uređaj.

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

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

gdje je:

$f(X_1)$ - funkcija realne varijable X_1 , koja definira zakonitosti pojave kvarova ili smetnji na nekom uređaju, uzrokovanih nedostacima tog 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 uređaju uzrokovanih neispravnosću drugih uređaja s funkcionalno ili slučajno uzajamnim vezama

Iz definicije (1) slijedi da je vrijednost funkcije $F(X_1, X_2, \dots, X_n)$ u granicama od 1 pa na više, što znači da povećanje vanjskih kvarova uzrokuje veći broj ispada uređaja.

U praksi se vijek trajanja nekog elementa, sklopa ili cijelog uređaja određuje ispitivanjem svake komponente u statističkoj masi istovrsnih elemenata ili sklopova, pri čemu radni uvjeti za sve vrijeme ispitivanja ostaju jednaki. Tako se dobiju 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 na uređajima u eksploataciji.

Na temelju tako dobivenih ili prikupljenih podataka dobivaju se krivulje raspodjele kvarova i smetnji iz kojih se primjenom teorije pouzdanosti mogu dobiti funkcije distribucije gustoće kvarova $f(X)$ iz kojih daljnjom matematičkom obradom slijede funkcije vjerojatnosti, funkcije nepouzdanosti $q(t)$, funkcije pouzdanosti $p(t)$, kao i funkcija relativne brzine opadanja pouzdanosti definirana kao "lambda"

funkcija $\lambda(t)$.

Lambda funkcija $\lambda(t)$ može biti i grafički prikazana, a oblik joj je vrlo sličan funkciji na slici 9.

Treći, odnosno peti ili neki daljnji neparni period sa slike 9. ukazuje na, kako je već istaknuto, istrošenost uređaja ili njegovih elemenata, što se očituje u tome da od vremena t_2, t_4 odnosno t_{2n} , pa dalje intenzitet kvarova ima tendenciju porasta i to obično veoma brzo. Tok lambda funkcije u ovom periodu može se najbolje aproksimirati funkcijom normalne raspodjele.

Činiteljem K₂ mogu se definirati periodi obuhvaćeni fazama tri, pet i ostalim daljim neparanim, i to od početnog vremena t_2, t_4, \dots, t_{2n} pa do maksimuma funkcije. Prema definiciji za činitelj K₃ daje se izraz:

$$K_3 = G(X_1) = \frac{g(X_1)}{\bar{A}} \quad (2)$$

gdje su:

$g(X_1)$ - funkcija realnih varijabli X_1 koja definira zakonitosti pojave kvarova odnosno količine ispada iz pogona promatranih uređaja u razdoblju razmatranja, koji su posljedica nedostataka analiziranog uređaja

\bar{A} - prosječni broj kvarova uređaja iz razdoblja normalnog rada postrojenja, definiranog u slici 9 periodima faze dva, četiri i ostalim, ako ih ima, parnim fazama. Taj podatak može biti korišten iz tvorničkih ili iskusvenih pokazatelja

Činitelj K₃ može biti jednak, manji ili veći od jedinice, odnosno:

$$K_3 \leq 1$$

Kako su podaci u bazi podataka statistički prikupljene veličine koje uglavnom nisu definirane odgovarajućim funkcijama, to je pri matematičkoj obradi podataka puno prikladnije operirati odgovarajućim zbrojevima prezentiranih podataka, pa se prethodni izrazi [1] i [2] mogu pisati u sljedećem obliku:

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

odnosno:

$$K_3 = G(X_1) = \frac{\sum X_1}{\bar{A}} \quad (4)$$

S pomoću izraza (3) i (4) moguće je permanentno praćenje stanja uređaja i pravodobna procjena mogućih pojava kvarova ili smetnji, pa prema tome i pravodobna i efikasna preventivna intervencija.

Analize uređaja koji obrađuje ovaj članak obavljene su korištenjem prethodnih teorijskih pretpostavki i pokazale su više nego zadovoljavajuće rezultate.

6. ZAKLJUČAK

Analize na promatranom uređaju pokazale su da su najčešći uzroci ispadanja iz pogona linija daljinskog upravljanja elektrovučnim postrojenjima ili cijele pruge bili kvarovi i smetnje na TK kabelima. Posebnu teškoću čini duljina trajanja otklanjanja kvara. Prema tomu, najčešći i najdugotrajniji ispadi iz rada uređaja daljinskog upravljanja elektrovučnim postrojenjima uzrokovani su kvarovima i smetnjama na TK kabelima. Efikasnim otklanjanjem tih vrsta grešaka postigla bi se vrlo velika raspoloživost i pouzdanost rada cjelokupnoga promatranoga prometnog sustava.

Optimalno rješenje postiglo bi se uvođenjem barem jednoga rezervnog voda za prijenos informacija od CDU-a prema perifernim jedinicama i obratno. Grafički prikaz te izvedbe dan je na slici 10.

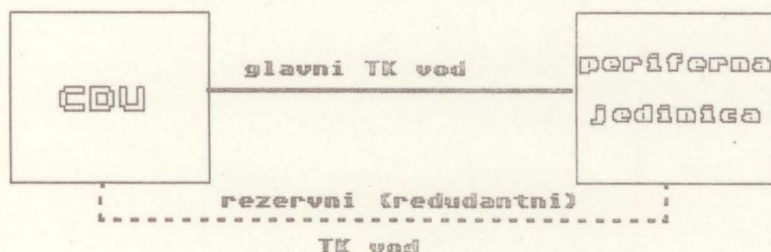
Prednost ovakve izvedbe očituje se u tome što se pojavom greške na TK kabelu signalizira nastali kvar, isključuje pokvareni kabel i istodobno uključuje rezervni odnosno redun-

dantni vod. Uređaj i dalje funkcionira preko rezervnog voda sve dok se ne otkloni kvar na glavnom TK kabelu i rad uređaja povrati u normalno eksploatacijsko stanje. Pritom je posebno važno da uređaj bude prilagođen glavnom i rezervnom TK vodu.

Ako postoji automatsko alarmiranje i preklapanje s glavnog na rezervni vod i obratno, uređaj pri pojavi greške praktično ne ispada iz pogona, što znači da je osigurano neprekidno i pouzdano funkcioniranje komunikacijskih jedinica uređaja daljinskog upravljanja, pa prema tome i cjelokupnog elektrovučnoga prometnog sustava.

Kao rezervni TK vodovi mogu se koristiti već postojeći željeznički, poštanski ili kabeli specijalnih namjena. Postoji i mogućnost rješenja radiodispečerskom vezom koja već dugo egzistira, a mogućnosti joj nisu do kraja iskoristene. Digitalizacijom prijenosnih sustava, u okviru postojećih, moguće je također povećati iskoristivost TK vodova, a time dobiti mogućnost redundantnih putova.

Sve te izvedbe zahtijevaju širu analizu i optimalna projektna rješenja.



Slika 10. Shematski prikaz redundantnog rješenja TK vodova sustava daljinskog upravljanja EVP-a

SUMMARY

MODERN SOLUTION OF ADVANCED ELECTRIC TRACTION SYSTEM REMOTE CONTROL RELIABILITY LEVEL

Respective reliability of the operation of the entire traction system depends upon the reliability of the operation of the electric traction system remote control equipment. For this purpose, respective establishing of the types of failures and problems which cause individual units or the entire traction system to stop operating is very significant.

The duration period of a failure or a problem from the time of its being reported to the time of its being repaired i.e. until the start of proper functioning again, appears particularly critical for the availability and reliability of operation of the electric traction system.

This paper deals with the very problem of detection of most recurrent failures and problems as well as those of major duration particularly with the methods and types of their reduction or total elimination. The elimination of failures and problems does not understand their absolute and permanent elimination but

only in the case of their appearance the taking over of their functions by alternative elements.

LITERATURA

- [1] Ž. PAUŠE: Vjerojatnost informacija stohastičkih procesa. Zagreb, 1974.
- [2] Z. VUKOVIĆ: Ekonomika elektroničkih sistema. Zagreb, 1968.
- [3] A.J. KOROLJEV: Nadežnost železnodorožnoj avtomatiki i telemehaniki. Moskva, 1962.
- [4] I. PAVLIĆ: Statistička teorija i primjena. Zagreb, 1965.
- [5] L.M. SHOOMAN: Problemistic Reliability. New York, 1968.
- [6] M. ZOMIĆ, Ž. ADAMOVIĆ: Pouzdanost u funkciji održavanja tehničkih sistema. Beograd, 1985.
- [7] K. FISCHER I OSTALI: Sicherungen des Schienen- und Strassenverkehrs. Berlin, 1980.
- [8] T. MLINARIĆ: Suvremeni pristup analizi sigurnosti i pouzdanosti u željezničkom prometu, Suvremeni promet, 1985, 2-3.
- [9] T. MLINARIĆ: Prilog vrednovanju tehnološke pouzdanosti i sigurnosti željezničkog prometa. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu 1987.

- [10] Z. TOŠ: Analiza utjecaja vanjskih elemenata na pouzdanost žičare "Sljeme". Suvremeni promet, 1988, 3.
- [11] Z. TOŠ: Sigurnost prometa na putnim prijelazima u funkciji povećanja brzine vlakova uz smanjenje zaustavnog puta. Suvremeni promet, 1988, 4-5.
- [12] Z. TOŠ, T. MLINARIĆ I DRUGI: Ispitivanje komunikacijskog dijela uređaja daljinskog upravljanja na pruzi Zagreb-Dugo Selo-Novska s prijedlozima revizije komunikacijskog siste-

ma u svrhu usklađivanja sa standardima. Zagreb, FPZ Zagreb, 1988.

- [13] T. MLINARIĆ, Z. TOŠ I DRUGI: Provjera kvalitete pružnog STKA kabela i prijedlog tehničkog rješenja za priključak uređaja daljinskog upravljanja na relaciji Sunja-Bosanski Novi. Zagreb, FPZ Zagreb, 1987.
- [14] Trofrekventni prijenosni sistem FK 102, dokumentacija uređaja daljinskog upravljanja. SIEMENS (prijevod), 1971.



Slika 10. Shematski prikaz daljinskog upravljanja EVP-a

LITERATURA

[1] Z. TOŠ: Vještina i pouzdanost električnih uređaja. Suvremeni promet, Zagreb, 1974.

[2] I. VUKOVIĆ: Elektronički uređaji za daljinsko upravljanje. Suvremeni promet, Zagreb, 1978.

[3] A. KOROLEV: Nedostaci tehnoloških rješenja u daljinskom upravljanju. Suvremeni promet, Zagreb, 1982.

[4] I. FAJLIĆ: Sigurnost prometa u daljinskom upravljanju. Suvremeni promet, Zagreb, 1982.

[5] J. M. SHOHAM: Problems of Reliability. New York, 1966.

[6] M. ŽOŠIĆ, Z. ADAMOVIĆ: Pouzdanost u telemehanici. Suvremeni promet, Zagreb, 1982.

[7] R. FISHER: OŠTA: Suvremeni promet, Zagreb, 1982.

[8] T. MLINARIĆ: Suvremeni promet, Zagreb, 1982.

[9] T. MLINARIĆ: Pregled razvoja telemehanike. Suvremeni promet, Zagreb, 1982.

SUMMARY

MODERN SOLUTION OF ADVANCED ELECTRIC TRACTION SYSTEM REMOTE CONTROL RELIABILITY LEVEL

Respective reliability of the operation of the entire traction system depends upon the reliability of the operation of the electric traction control system. The paper deals with the way of increasing the reliability of the operation of the entire traction system to the highest possible level.

The duration period of a failure or a problem from the time of its being reported to the time of its being repaired is called the mean time to failure (MTTF). The reliability of proper functioning again appears particularly important for the availability and reliability of operation of the electric traction system.

This paper deals with the way of increasing the reliability of most resistant failures and problems as well as those of major duration particularly with the methods and types of their reduction or total elimination. The elimination of failures and problems does not necessarily mean complete and permanent elimination but their avoidance and permanent elimination for