

UNIVERZITET U NOVOM SADU  
TEHNIČKI FAKULTET "MIHAJLO PUPIN"  
ZRENJANIN



# DOKTORSKA DISERTACIJA

UTICAJ POJAVA MEHANIČKIH OSCILACIJA NA SIGURNOST  
FUNKCIONISANJA SKLOPOVA U SISTEMU PRENOSA SNAGE  
TEKSTILNIH MAŠINA



**KANDIDAT:**  
Slobodan Stefanović

ZRENJANIN, 2006.

**UNIVERZITET U NOVOM SADU  
TEHNIČKI FAKULTET "MIHAJLO PUPIN"  
ZRENJANIN**



# **DOKTORSKA DISERTACIJA**

**UTICAJ POJAVA MEHANIČKIH OSCILACIJA NA SIGURNOST  
FUNKCIONISANJA SKLOPOVA U SISTEMU PRENOSA SNAGE  
TEKSTILNIH MAŠINA**

**MENTOR:  
prof. dr Živoslav Adamović**

**KANDIDAT:  
mr Slobodan Stefanović**

**ZRENJANIN, 2006.**

UNIVERZITET U NOVOM SADU  
TEHNIČKI FAKULTET „MIHAJLO PUPIN“ ZRENJANIN

**KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA**

Redni broj:  
RBR  
Identifikacioni broj:  
IBR  
Tip dokumentacije: Monografska dokumentacija  
TD  
Tip zapisa: Tekstualni štampani materijal  
TZ  
Vrsta rada: Doktorska disertacija  
VR  
Autor: Mr Slobodan J. Stefanović, dipl. inž. maš.  
AU  
Mentor: Prof. Dr Živoslav Adamović, red. prof.  
MN  
Naslov rada: Uticaj pojava mehaničkih oscilacija na sigurnost funkcionisanja  
sklopova u sistemu prenosa snage tekstilnih mašina  
NR  
Jezik publikacije: Srpski  
JP  
Jezik izvoda: Srpski  
JI  
Zemlja publikovanja: Srbija  
ZP  
Uže geografsko područje: Srbija  
UGP  
Godina: 2006.  
GO  
Izdavač: Autorski reprint  
IZ  
Mesto i adresa: Trg Dositeja Obradovića 6, Zrenjanin  
MA  
Fizički opis rada: (broj poglavlja / strana / tabela / slika / priloga)  
FO 9 / 198 / 164 / 132 / 63  
Naučna oblast: Mašinstvo  
NO  
Naučna disciplina: Analiza mehaničkih oscilacija, sigurnost funkcionisanja,  
ND tehnička dijagnostika, monitoring sistemi (ekspertni sistemi)  
Predmetna odrednica / OE predilica, mehaničke oscilacije (vibracije), sigurnost  
Ključne reči: funkcionisanja, pouzdanost, tehnologija održavanja, optimalni  
PO model, frekventna sigurnost  
UDK: 658. 512. 2  
Čuva se: U biblioteci Tehničkog fakulteta „Mihajlo Pupin“ u Zrenjaninu,  
ČU Trg Dositeja Obradovića 6.

## REZIME

Analiza sigurnosti funkcionisanja sastavnih komponenti sklopa boksa pređenja i sklopa za namotavanje kalemova gotovom pređom kod OE - predilice se može najpreciznije pratiti formiranjem monitoring sistema praćenja njihovog rada. Na osnovu nje vrše se procedure preventivnog održavanja, koje se baziraju na konceptu planskog održavanja koje obuhvataju ocene stvarnog stanja rada i ispravnosti sastavnih komponenti analiziranih sklopova. Ovaj vid praćenja stanja obuhvata korelacionu povezanost pouzdanosti i nivoa mehaničkih oscilacija na sastavnim komponentama analiziranih sklopova i uzroke koje one dovode do njihovih otkaza. Korelacija je izvršena formiranjem univerzalnog optimalnog modela rada analiziranih sklopova prema izabranim mernim mestima na osnovu uticaja mehaničkih oscilacija (vibracija). Metodologija praćenja stanja je obuhvatila nivoe amplitudnih spektra mernih veličina oscilovanja na komponentama analiziranih sklopova za izvršena redosledna merenja. Dobile vrednosti su unešene u univerzalni optimalni model za različite vremenske intervale rada komponenta analiziranih sklopova, pa je na osnovu njih određena zavisnost modela  $(M_{\xi}(t)_{BP}, M_{\xi}(t)_{NK})$  u funkciji eksploatacionog vremena  $(t)$ , koja predstavlja određivanje frekventne sigurnosti rada sklopova. Ova zavisnost podržala je ocenu sigurnosti funkcionisanja sastavnih komponenti analiziranih sklopova u slučajevima kada na njima nisu sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja i kada su ovi postupci sprovedeni.

Datum prihvatanja teme od Nastavno Naučnog veća: 24.12.2001.

DP

Datum odbrane: \_\_\_\_\_

DO

Članovi komisije za odbranu doktorske disertacije:

KO

(Naučni stepen / ime i prezime / zvanje / fakultet)

### **Predsednik:**

Prof. dr Miroslav Lambić, redovni profesor,  
Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin.

### **Član:**

Prof. dr Slobodan Navalušić, redovni profesor,  
Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.

### **Član:**

Prof. dr Dragan Cvetković, redovni profesor,  
Fakultet zaštite na radu, Niš.

### **Član:**

Prof. dr Slobodan Stojadinović, redovni profesor,  
Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin.

### **Član - Mentor:**

Prof. dr Živoslav Adamović, redovni profesor,  
Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin.

NOVI SAD UNIVERSITY  
TEHNICAL FACULTY „MIHAJLO PUPIN“  
ZRENJANIN

**KEY WORDS DOCUMENTATION**

**Curriculum vitae**

Accession number:

AN°

Identification number:

IN°

Document type:

Monographic's publication

DT

Type of record:

Word printed record

TR

Contents code:

Dissertation

CC

Author:

Mr Slobodan J. Stefanovic, Ph. M.

AU

Mentor:

Prof. Dr Zivoslav Adamovic, Ph.D.

MN

Title:

The influence of mechanical oscillations on safety of functioning of textile machines

TI

Language of text:

Serbian

LT

Language of abstract:

Serbian

LA

Country of publication:

Serbia

CP

Publication year:

2006.

PY

Publisher:

Author's reprint

PU

Publ. Place:

Street Dositeja Obradovića 6, Zrenjanin

PP

Physical description:

(chapters / pages / table / pictures / additional lists)

PD

9 / 198 / 164 / 132 / 63

Scientific field:

Mechanical engineering

SF

Scientific discipline:

The safety of functioning of technical system, technical diagnostics, system monitoring.

SD

Subject / Key words:

Technical system OE – refractor, Safety of functioning, Reliably, Maintenance, Dijagnostics, Optimal model, Safeti frequency.

UC

Holding data:

At library of technical faculty „Mihajlo Pupin“ in Zrenjanin

HD

## RESUME

The analysis of functioning of basic components of technical system is the basic type of monitoring systems and state analyzing. Based on this, there are procedures of preventive maintenance, which have the grades of real state of work and components of technical system. This work contains co-relation between levels of mechanical oscillations of components in the system and their influence on the cause of system malfunction. Corelation is based on forming the universal optimal working model for analyzing the system on chosen measurement points based on the influence of mechanical oscillations (vibrations). The methodology of state tracking has levels of amplitude spectres of measurement values and oscillating the components of analyzed systems for those results. The values are the input for basic universal optimal model for different time intervals of system work, and based on those values were definite the model dependence in the time oscillations (t), which represents the dependence of frequent safety of sub - system in function of their work)). These dependence is supported in the functioning of basic components of analyzed system in the cases of their work with and without the basic maintenance.

A – cepted by the Scientific Board on: 24.12.2001.

ASB

Defended:

DE

Thesis defend board:

DB

(Degree / name / surname / faculty)

### **Chairman:**

Ph.D. Miroslav Lambic, full profesor,  
Tehcnical faculty „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin.

### **Member:**

Ph.D. Slobodan Navalusic, full profesor,  
Faculty of tehcnical, Novi Sad.

### **Member:**

Ph.D. Dragan Cvetkovic, full profesor,  
Faculty of occupational safety, Nis.

### **Member:**

Ph.D. Slobodan Stojadinovic, full profesor,  
Tehcnical faculty „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin.

### **Member - Menthor:**

Ph.D. Zivoslav Adamovic, full profesor,  
Tehcnical faculty „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin.

## PREDGOVOR

*Doktorska disertacija pod nazivom "Uticaj pojava mehaničkih oscilacija na sigurnost funkcionisanja sklopova u sistemu prenosa snage tekstilnih mašina" obuhvatila je moja dosadašnja istraživanja u ovoj oblasti čime se bavim svojim višegodišnjim radom.*

*U okviru rada, usredsredio sam se na analizi sigurnosti funkcionisanja sklopa boksa pređenja i sklopa za namotavanje kalemova gotovom pređom kod OE - predilice, jer ovi tehnički sistemi predstavljaju poslednju generaciju predioničkih mašina u tekstilnoj tehnologiji. Analiza je izabrana i iz razloga što se do sada nije dovoljno obrađivala sigurnost funkcionisanja OE – predilica u oznaci R1 sa aspekta mehaničkih oscilacija i ako se zna da se brzina rotora (turbine) kod ovih vrsta predilica kreću i do 130 000 (o/min).*

*U radu je sprovedena analiza pouzdanosti rada komponenata analiziranih sklopova sa aspekta sigurnosti funkcionisanja na osnovu uticaja mehaničkih oscilacija. Korelacije su izvršene u teorijskom i eksperimentalnom delu sa aspekta uticaja mehaničkih oscilacija (vibracija), a takođe je izvršena korelacija u izboru statističke raspodele pouzdanosti i to iz empirijskih podataka rada sklopova. Na osnovu nabrojanih analiza izvršeno je određivanje veka rada sastavnih komponenata analiziranih sklopova čime se postižu značajnije uštede u proizvodnosti predilice. Ovakva jedna analiza dala je mogućnost formiranja monitoring sistema - ekspertnih sistema sigurnosti funkcionisanja rada sklopa boksa pređenja i sklopa za namotavanje kalemova gotovom pređom, čime se mnogo više može uticati na njihovo pravilno preventivno održavanje.*

*Disertacija je urađena pod mentorstvom prof. dr Živoslava Adamovića, kome se ovom prilikom najsrdačnije zahvaljujem na podršci, razumevanju i svim korisnim savetima koje mi je uputio pri njenoj izradi. Zahvaljujem se prof. dr Draganu Cvetkoviću, koji me je od početka hrabrio, savetovao i stalno se angažovao oko eksperimentalnih merenja, a takođe mi je puno pomogao oko obezbeđivanja potrebne opreme i literature. Zahvalan sam i članovima komisije: prof. dr Miroslavu Lambiću, prof. dr Slobodanu Navalušiću i prof. dr Slobodanu Stojadinoviću koji su pomogli u čitanju rukopisa i finalizaciji disertacije.*

*Zahvaljujem se laboratoriji za buku i vibracije Fakulteta zaštite na radu iz Niša, pod rukovodstvom prof. dr Dragana Cvetkovića čija je oprema korišćena u merenju nivoa mehaničkih oscilacija i bez čijeg angažovanja rezultati merenja ne bi mogli da se dobiju.*

*Zahvaljujem se svim saradnicima D.P. Niška industrija tekstila NITEX, Niš, koji su mi puno pomogli oko merenja i dobijanja kvalitetnih podataka merenja.*

*Na kraju se zahvaljujem mojoj porodici koja je imala puno razumevanja za napore koji su me čekali, a koje bez njihovog razumevanja i pomoći ne bih mogao da savladam.*

AUTOR  
Slobodan Stefanović

# SADRŽAJ

<b>1.0. UVOD</b> .....	1
<b>2.0. TEMATIKA ISTRAŽIVANJA</b> .....	4
2.1. Problem istraživanja.....	4
2.2. Predmet istraživanja.....	5
2.3. Zadaci istraživanja.....	6
2.4. Hipoteze.....	6
2.4.1. Glavna hipoteza.....	6
2.4.2. Pomoćne hipoteze.....	8
2.5. Metodologija istraživanja.....	9
2.6. Naučna i društvena opravdanost istraživanja.....	11
2.7. Organizacija istraživanja.....	15
2.8. Dosadašnja istraživanja sigurnosti funkcionisanja rada analiziranih sklopova OE – predilice.....	18
2.8.1. Pregled značajnih obavljenih radova iz naučne oblasti koja sadrži analizu sigurnosti funkcionisanja rada analiziranih sklopova.....	18
2.8.2. Pregled dosadašnjih rezultata istraživanja iz naučne oblasti koja sadrži analizu sigurnosti funkcionisanja rada analiziranih sklopova.....	20
<b>3.0. SISTEM PRENOSA SNAGE</b> .....	21
3.1. Osnovni princip rada OE – predilice.....	21
3.1.1. Tehnički opis sistema prenosa.....	22
3.2. Opis sklopa boks pređenja – srce OE predilice.....	23
3.3. Opis sklopa za namotavanje kalemova gotovom pređom.....	29
3.4. Istraživanje uzroka neispravnosti komponenata sklopova prenosa snage OE predilice – analiza stabla otkaza.....	31
<b>4.0. TEORIJSKA ANALIZA</b> .....	34
4.1. Analiza broja otkaza sastavnih komponenata analiziranih sklopova (sklop – boks pređenja i sklop za namotavanje kalemova gotovom pređom) – OE predilice u posmatranom vremenu njihove eksploatacije.....	34
4.2. Pouzdanost rada komponenata analiziranih sklopova OE – predilice.....	43
4.2.1. Pouzdanost rada komponenata sklopa boksa pređenja i sklopa za namotavanje kalemova gotovom pređom OE predilice, određivanje funkcije gustine $f_e(t)$ , funkcije inteziteta otkaza $\lambda_e(t)$ i funkcije pouzdanosti $R_e(t)$ iz empirijskih podataka.....	45
4.2.2. Određivanje korekcionih vrednosti pouzdanosti rada sastavnih komponenata analiziranih sklopova na osnovu empirijskih (eksploatacionih) podataka.....	55
4.2.3. Određivanje statističke metode raspodele pouzdanosti analiziranih sklopova.....	61
4.2.3.1. Formiranje modela i određivanje prenosnih funkcija pouzdanosti analiziranih sklopova na osnovu empirijskih podataka.....	61
4.2.3.2. Formiranje tabela vrednosti prenosnih funkcija sklopa – boksa pređenja $G_p(t)_{BP}$ i sklopa za namotavanje kalemova gotovom pređom.....	64
4.2.4. Određivanje korekcionih vrednosti pouzdanosti rada komponenata sklopova u slučaju longnormalne statističke raspodele.....	66
4.2.4.1. Korekzione vrednosti pouzdanosti rada komponenata sklopova u slučaju longnormalne statističke raspodele na kojima nisu primenjeni postupci tehnologije preventivnog održavanja.....	67



4.2.4.2. Korekcijske vrednosti pouzdanosti rada komponenata sklopova u slučaju longnormalne statističke raspodele na kojima su primenjeni postupci tehnologije preventivnog održavanja.....	79
4.2.5. Određivanje vremena rada komponenata prema srednjem vremenskom intervalu do otkaza u funkciji pouzdanosti njihovog rada – određivanje vremena rizika rada komponenata analiziranih sklopova.....	90
4.3. Određivanje srednjih vrednosti pojasa amplitude spektralnom analizom slučajnih funkcija.....	93
4.4. Određivanje korelacija – zavisnosti parametara pouzdanosti i amplitude oscilovanja za svaku sastavnu komponentu analiziranih sklopova na osnovu izabranih mernih mesta.....	100
4.4.1. Analitičko određivanje korelacija.....	100
4.4.2. Određivanje realnih koeficijenata polinoma korelacije – zavisnosti parametara pouzdanosti i amplitude oscilovanja za svaku sastavnu komponentu analiziranih sklopova na osnovu izabranih mernih mesta pomoću matematičkog programa MATLAB 6.5.....	102
4.4.3. Dijagrami zavisnosti pouzdanosti u funkciji amplitude oscilovanja za sastavne komponente analiziranih sklopova po mernim mestima.....	104
4.4.4. Određivanje izraza realnih polinoma prema dobijenim realnim koeficijentima za sastavne komponente analiziranih sklopova.....	115
4.5. Zaključna razmatranja teorijske analize.....	118
<b>5.0. EKSPERIMENTALNA ISTRAŽIVANJA.....</b>	<b>123</b>
5.1. Uopšteno o pojavama mehaničkih oscilacija (vibracija) na analiziranim sklopovima OE – predilice.....	123
5.2. Karakter mehaničkih oscilacija (vibracija) na analiziranoj OE - predilici.....	125
5.3. Uopšteno o eksperimentalnoj analizi dobijanja pojasa oscilovanja za svaku sastavnu komponentu analiziranih sklopova.....	125
5.4. Frekventni spektri mernih veličina oscilovanja sastavnih komponenata analiziranih sklopova za izvršena redosledna merenja na konkretnom primeru.....	128
5.5. Određivanje vrednosti frekvenci oscilovanja na prikazanom (referentnom) primeru izvršenih merenja amplitudno – frekventnih karakteristika na izabranim mernim mestima analiziranih sklopova.....	133
5.6. Zaključna razmatranja eksperimentalne analize.....	135
<b>6.0. ANALIZA MODELA.....</b>	<b>136</b>
6.1. Formiranje univerzalnog optimalnog modela rada boksa pređenja prema izabranim mernim mestima na osnovu uticaja mehaničkih oscilacija – određivanje frekventne sigurnosti.....	137
6.2. Formiranje univerzalnog optimalnog modela rada sklopa za namotavanje kalemova gotovom pređom prema izabranim mernim mestima na osnovu uticaja mehaničkih oscilacija – određivanje frekventne sigurnosti.....	142
<b>7.0. EKSPERIMENTALNA ANALIZA MODELA.....</b>	<b>146</b>
7.1. Testiranje modela.....	146
7.2. Testiranje modela na sklopu boksa pređenja.....	147
7.3. Testiranje modela na sklopu za namotavanje kalemova gotovom pređom.....	154
7.4. Zaključna razmatranja o testiranju modela.....	158
<b>8.0. PREDLOG DALJIH ISTRAŽIVANJA MODELA.....</b>	<b>160</b>
<b>9.0. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>163</b>
<b>LITERATURA.....</b>	<b>168</b>
<b>PRILOZI.....</b>	<b>176</b>

## 1.0. UVOD

Razvoj savremenih predioničkih mašina (OE predilica) u poslednje vreme ukazuje na njihov visok tehnološki razvoj, što je u neposrednoj povezanosti sa povećanjem njihove pouzdanosti u radu. Ovi sistemi su u osnovi složeni i po konstrukciji i po nameni kao i pri rukovanju.

Prvi ovakav sistem prenosa snage je predstavljen 1967. godine na sajmu ITMA u Bazelu, čecoslovačkog proizvođača Usti nad Orlici pod oznakom BD-200, sa 60 rotorskih mesta pređenja. Iste godine ovaj proizvođač prodaje pravo licence osnovnog modela BD-200 japanskoj firmi Daiwa / Toyoda, koja 1968. godine uspeva da usavrši ovaj tip predilice i da na tržištu lansira sopstveni model pod oznakom TX-4. Takođe, 1968. godine Čekoslovaci prodaju pravo licence i italijanskoj firmi San-Giorgio.

Godine 1971. čecoslovački proizvođač Usti nad Orlici izrađuje novi model bezvretenske predilice (OE predilice) pod oznakom M-69, koji je tehnološki usavršeniji tip u odnosu na osnovni tip BD-200. Iste godine, nezavisno od proizvođača Usti nad Orlici pojavljuje se još jedan čecoslovački proizvođač ovih mašina Kovotex iz Červeno Kostolec i isporučuje tržištu tip predilice pod oznakom BD-140K u rangu predilice M-69. Od tog vremena počinje masovna proizvodnja ovih tekstilnih mašina različitih svetskih proizvođača.

Godine 1983. na svetskom sajmu ITMA 83 u Milanu, ovakvi tehnički sistemi su izlagani sa brzinama obrtaja rotora (turbine) od 70 000-80 000 (o/min), što ukazuje na njihov intezivan i brzi razvoj. U prilog razvoja proizilazi i činjenica da proizvodnja jednog rotora je 3-4 puta veća u odnosu na jedno prstenasto vreteno kod iste finoće prediva. Na ovom sajmu pojavljuje se veći broj svetskih proizvođača ovih tekstilnih mašina iz različitih zemalja i to:

- ČSSR, Investa, tip BDA 10,
- Engleska, Platt, tip 887,
- Švajcarska, Rieterr, tip M-2/1,
- Italija, Savio, tip FRS,
- SR Nemačka, Schlaforst, tip Autocoro,
- SR Nemačka, Schubert + Salzer, tip RU 11 i tip RU 11-Schpinomat,
- Japan, Toyoda, tip AS.

Godine 1986., u odnosu na ostale svetske proizvođače, izdvaja se švajcarska firma Rieterr, jer jedina počinje proizvodnju mašina za sve faze pripreme i proizvodnje OE prediva tj. od faze čistionice do faze pređenja, što joj apsolutno daje prednosti u odnosu na ostale proizvođače.

Godine 1994. javlja se potreba zbog asortimana roba na tržištu, da se uvedu pored tipičnih finoća za 100% kardirana prediva pamučnog tipa i češljana prediva iz 100% pamuka, iz mešavine PES 50%+češljani pamuk 50%. Iz ovih razloga krajem 1994. godine upoređujući brzine rotora i praktičnu proizvodnju (gr/rotor/h) po proizvođačima, firma Rieterr je bila najbolja u odnosu na ostale svetske proizvođače i ona je jedina razvila celokupnu opremu od čistionice do rotorske bezvretenske predilice za prediva kardiranog i češljanog rotorskog prediva.

Primera radi ostali konkurentni proizvođači ove opreme nisu ponudili tržištu celokupnu opremu već su kupovali opremu od većine proizvođača da bi je objedinili, što naravno sa tačke održavanja ovih mašina nije bila povoljna varijanta (ove godine konkretne svetske firme kao što su; Italijanska firma Masoli je proizvodila čistionicu, karde, pripremu češljanja i češljačice dok je firma VOUK proizvodila razvlačice a firma Savio do tada nije razvila univerzalan tip predilice za proizvodnju kardiranog i češljanog rotorskog prediva; za opremu iz SR Nemačke čistionicu, karde i razvlačice je proizvodila firma Trutzscler, dok je firma Schlaforst proizvodila OE predilicu).

Na sajmu ITMA-95 u Milanu, firma Rieterr izlaže novu varijantu OE - predilice (rotorske bezvretenske predilice) pod oznakom R1 (ovaj tip mašine biće analiziran u ovoj disertaciji) koja u sebi ima ugrađenu jedinicu za pređenje pod nazivom "Ri-Q-Box". Ovaj sistem je sistem logovanja rotora na vazdušnom jastuku kod kojih se ne pokazuju nikakva oštećenja sa brzinama rotora i do 130 000 (o/min). Takođe, u sistemu prenosa OE predilice (rotorske bezvretenske predilice) prvi put je uveden sistem "Can-Link" koji je automatski sistem razvlačenja i daje potpunu vezu I i II prolaza automatski (bez učešća ljudskog rada).

Aprila 1996. godine firma Rieterr je osvojila celokupnu serijsku proizvodnju mašina za rotorsko pređenje i to za kardirano, češljano i predivo iz mikro vlakana (100% viskoza, 100% PAS, 50% PAS/50% viskoza) sa vinoćom vlakana od 12 tex-a (Nm 85).

Godine 2000. firma Rieterr je izvršila konstruktivna poboljšanja u automatu za navezivanje prekida pređe, koja se ogleda u zameni polužnih upravljačkih mehanizama pneumatskim komponentama i upravljanjem.

Razvoj savremenih predioničkih mašina (OE predilice) u poslednje vreme ukazuje na njihov visok tehnološki razvoj, što je u neposrednoj povezanosti sa većom njihovom pouzdanošću u radu. Zahtevi za njihovu sigurnost funkcionisanja su u neposrednoj vezi sa procedurama koje realizuju postupci tehnologije preventivnog održavanja.

Da bi se održao kvalitet i raspoloživost rada savremenih predioničkih mašina (OE predilica) tj. njihova eksploatacija kao najznačajniji faktor u sigurnosti funkcionisanja se ističe pouzdanost. Pouzdanost je verovatnoća rada tehničkog sistema (ili njihovih komponenti) bez otkaza u toku proizvodnog vremena (t).

Kako je sigurnost funkcionisanja zbirni pojam koji se koristi za opisivanje performansi raspoloživosti rada tehničkog sistema, po upotrebnom kvalitetu prema IEC standardu (slika 1.1) u koje spadaju:

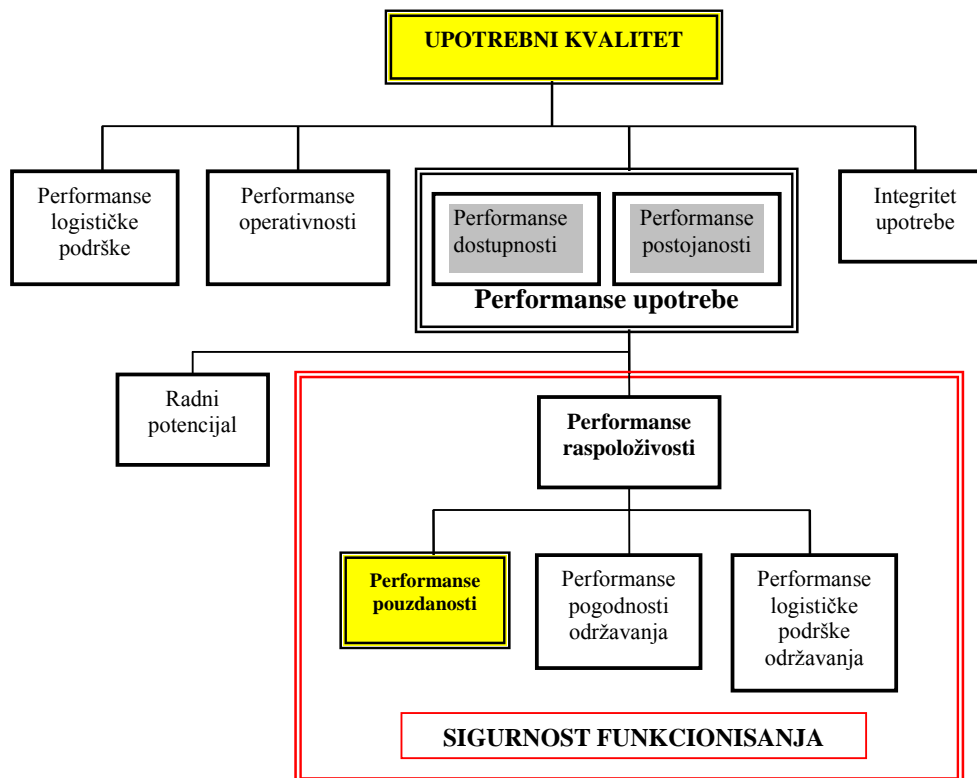
- performanse raspoloživosti,
- performanse pouzdanosti,
- performanse pogodnosti održavanja, i
- performanse logičke podrške održavanja,

ipak analiza sigurnosti rada po mišljenju autora treba biti raspoređena na : performanse pouzdanosti i performanse pogodnosti održavanja.

U analizi pouzdanosti treba koristiti tehničku dijagnostiku koja je pomoćno sredstvo u analizi, i koja pruža eksperimentalne podatke (merne podatke) na osnovu kojih se mogu zaključiti vrednosti ponašanja sistema. Ona doprinosi određivanju pouzdanosti sa što manjim troškovima proizvodnje (najčešće nije neophodno zaustavljati tehnički sistem u radu zbog ocene njegovog stanja) sistema, njegove eksploatacije i održavanja.

Tehnička dijagnostika je u ovom radu bazirana na određivanju amplitudnih spektara nivoa oscilacija na izabranim mernim mestima analiziranih sklopova.

Za određivanje pouzdanosti rada komponenata analiziranih sklopova predioničke mašine (OE - predilice) korišćeni su podaci o raspoloživosti njihovog rada u određenim vremenskim intervalima.



**Slika 1.1 Upotrebnii kvalitet prema IEC standardu /12/**

Na osnovu povećanja nivoa mehaničkih oscilacija raspoloživost je obuhvatila u prvom delu rad komponenta sklopova do otkaza bez učešća preventivnog održavanja, a u drugom delu je obuhvatila učešće sa preventivnim održavanjem.

Za konačnu ocenu pouzdanosti rada komponenta neophodno je odrediti odgovarajuću standardnu statističku raspodelu pouzdanosti. Ona je određena na osnovu prenosnih funkcija pouzdanosti rada komponenta bez učešća preventivnog održavanja.

Imajući u vidu sve potrebne parametre:

- pouzdanosti,
- mehaničkih oscilacija i
- vremena rada komponenta u vremenskom intervalu do otkaza,

formira se model koji se naziva univerzalnim optimalnim modelom rada komponenta analiziranih sklopova, i koji predstavlja univerzalnu jednačinu prenosne funkcije optimalnog rada (zavisnost frekventne sigurnosti u funkciji proizvodnog rada komponenta sklopova).

Funkcionalna zavisnost modela i vremenskog intervala rada komponenta do otkaza predstavljaju pojas sigurnosti funkcionisanja sklopova analizirane OE – predilice, i to predstavlja optimalni režim rada sa najboljom pouzdanošću – optimalni rad sa dozvoljenim rizikom. Na osnovu univerzalnog modela sigurnosti funkcionisanja rada analiziranih sklopova mogu se praviti koncepti planskog održavanja, što u mnogome doprinosi boljoj proizvodnosti analizirane OE - predilice.

Na osnovu svega analiziranog može se formirati algoritam tj. procedure monitornog sistema za praćenje sigurnosti funkcionisanja sklopova prenosa snage savremenih predioničkih mašina – OE predilica.

## 2.0. TEMATIKA ISTRAŽIVANJA

Da bi se odredili svi bitni elementi tematike istraživanja ove doktorske disertacije potrebno je bilo objasniti razmatranja o razvoju predioničkih mašina (OE – predilica) kroz vremenske etape, i njihov razvoj do danas što je učinjeno u prvom poglavlju. U njemu je jasno pokazano zašto je za anлізу izabrana OE – predilica švajcarske firme Rieterr u oznaci R1. Razlozi leže u tome što je ovaj svetski proizvođač 1996. godine osvojio celokupnu serijsku proizvodnju ovih mašina, te se mogu obezbediti svi rezervni njeni delovi čime se planski i nesmetano mogu sprovesti postupci tehnologije preventivnog održavanja i njen remont. Ovim se doprinosi povećanju rada sigurnosti funkcionisanja OE – predilice.

### 2.1. PROBLEM ISTRAŽIVANJA

Da bi se odredili uticaji mehaničkih oscilacija na sigurnost funkcionisanja sklopova u sistemu prenosa snage kod OE - predilice neophodno je postaviti pristup u analizi kontrole njihovih nivoa (pojasa) amplituda koje obuhvataju:

1. Teorijsku analizu,
2. Ekstremnu analizu.

Teorijska analiza obuhvata:

- studiju problema i
- određivanje vrednosti pojasa amplituda spektralnom analizom slučajnih f-ja (računsko određivanje iz dobijenih eksperimentalnih vrednosti dobijenih pojasa amplituda).

Eksperimentalna analiza obuhvata:

- globalno poznavanje procesa,
- eksperiment (dobijanje vrednosti amplituda oscilovanja na izabranim mernim mestima- merenjima),
- identifikaciju dobijenih rezultata.

#### TEORIJSKA ANALIZA sastoji se u:

- Studiji problema koja obuhvata matematičko određivanje osnovnih statističkih parametara koji opisuju karaktere slučajnih f-ja,
- Određivanju vrednosti pojasa spektralnom analizom slučajnih f-ja koja obuhvata matematičko sračunavanje statističkih parametara, i njihovo tabelarno prikazivanje.

#### EKSPERIMENTALNA ANALIZA sastoji se u:

- Globalnom povezivanju procesa oscilovanja koje obuhvata uzroke koje izazivaju mehaničke oscilacije (vibracije) kod elemenata i komponenata analiziranih sklopova OE - predilice. Takođe, ono obuhvata i procedure za sprovođenje toka kontrole nivoa (pojasa) mehaničkih oscilacija na izabranim mernim mestima.
- Eksperimentu koji pokazuje praktična merenja vrednosti amplituda oscilovanja prema tačno utvrđenom mernom mestu sa tačno određenom opremom u različitim vremenskim intervalima rada OE predilice.
- Identifikaciji dobijenih rezultata koja predstavlja tabelarne prikaze vrednosti nivoa mehaničkih oscilacija za sva određena merna mesta.

Posle izvršene teorijske i eksperimentalne analize vrši se poređenje (korelacija) i pristupa se uvođenju najoptimalnijih vrednosti u rezultujućim (optimalni) model.

Da bi se smanjio uticaj mehaničkih oscilacija potrebno je uvesti u praćenje rada sklopova i postupke preventivnog održavanja kako bi se povećala sigurnost funkcionisanja.

Iz tih razloga neophodno je analizirati uticaje delovanja mehaničkih oscilacija na sklopove na kojima se ne sprovode postupci tehnologije preventivnog održavanja kao i na sklopove na kojima se ovi postupci sprovode. Na taj način mogu se odrediti dozvoljeni nivo uticaja mehaničkih oscilacija na sigurni rad OE - predilice.

## 2.2. PREDMET ISTRAŽIVANJA

Predmet istraživanja je obuhvatio analizu rada sklopa boksa pređenja i sklopa za namotavanje kalema gotovom predom kod OE - predilice.

Praćenjem razvoja predioničkih mašina, može se slobodno reći da su OE - predilice mašine koji spadaju u najsavršenije tehničke sisteme predioničke tehnologije danas. S obzirom da je tendencija domaće tekstilne industrije da se priključi proizvodnji najfinijih prediva nameće se potreba za nabavkom i eksploatacijom savremenih predioničkih mašina. Iz ovih razloga D.P. NITEKS iz Niša je kupio 8 savremenih predilica švajcarskog proizvođača *Rieterr* pod oznakom *RI*. Kako su ovo prvi tehnički sistemi moderne generacije kod nas, težnja je da se isti analiziraju u eksploataciji i da se postupcima planskog održavanja obezbedi veća sigurnost njihovog funkcionisanja.

OE - predilica je složen tehnički sistem koji sastoji se od 5 osnovnih sklopova:

1. Pogonske grupe,
2. Prenosa sistema snage od pogonske grupe do boksa pređenja,
3. Sklop boks pređenja (srce OE – predilice),
4. Sklop za namotavanje kalemova gotovom predom i
5. Automat za navezivanje prekinute pređe.

Analiza predmeta istraživanja u ovoj disertaciji bazirana je na određivanju sigurnosti funkcionisanja sklopa boksa pređenja za koga se može reći da predstavlja srce OE - predilice i sklopa za namotavanje kalemova gotovom predom. Oba sklopa su redno povezana, čime rad jednog neposredno uslovljava rad drugog i obrnuto. Svaka sekcija (blok) ima po 20 rotorskih mesta pređenja (boksa pređenja) i isto toliko i sklopova za namotavanje kalemova gotovom predom.

Sastavne komponente ovih sklopa su veoma opterećene u svome radu jer su izložene procesima habanja zbog velikih ugaonih brzina, a s tim i do stohastičnih procesa oscilovanja.

Da bi se pratio stohastični proces oscilovanja neophodno je izvršiti lokaciju mernih mesta za merenje oscilacija i to na način da odabrana merna mesta pružaju najverodostojnije izmerene podatke nivoa oscilovanja.

Kod ove analize uzeta su 7 merna mesta i to:

- od 1-5 kod sklopa boksa pređenja i
- i 6-7 na sklopu za namotavanje kalemova gotovom predom.
- 

Sve ovo je odabrano iz razloga što oba analizirana sklopa su osnova konstrukcije OE - predilice. Analizom koja obuhvata postupke primene tehnologije preventivnog održavanja i metode dijagnosticanja može se uticati na oko 70% sigurnosti funkcionisanja rada sklopova OE - predilice.

## 2.3. ZADACI ISTRAŽIVANJA

Doktorska disertacija pod nazivom "Uticaj pojava mehaničkih oscilacija na sigurnost funkcionisanja sklopova u sistemu prenosa snage kod tekstilnih mašina", obuhvatila je sledeće programske sadržaje koji su kvalitativno i povezano analizirali uticaje pojava mehaničkih oscilacija, tehničke dijagnostike, pouzdanosti, efektivnosti, mobilnosti i tehnologije preventivnog održavanja na OE - predilici tj. na njena dva sklopa (boks predenja i sklopu za namotavanje kalemova gotovom predom).

Na ovako složenom tehničkom sistemu, izvršeno je ispitivanje mehaničkih oscilacija na izabranim kontrolnim mestima primenom amplitudno - frekventne analize i na osnovu dobijenih rezultata ispitivanja, određena je pouzdanost sastavnih delova sklopova prenosa snage. Primenom teorije pouzdanosti na sastavnim delovima sklopova prenosa izvršeno je modeliranje sistema (model sistema je obuhvatio stablo otkaza, i na osnovu toga je formiran algoritam monitoring sistema – zavisnost frekventne sigurnosti od vremena rada analiziranih sklopova), i data je funkcionalna povezanost osnovnih parametara mehaničkih oscilacija i pouzdanosti. Dat je i njihov uticaj na pravilno preventivno održavanje sastavnih konstruktivnih elemenata i komponenata analiziranih sklopova.

Osnovni zadatak disertacije je određivanje frekventnih sigurnosti rada analiziranih sklopova OE predilice.

Da bi osnovni zadatak bio ispunjen izvršeno je formiranje monitoring sistema sigurnosti funkcionisanja (algoritma) OE - predilice. Na osnovu njegove metodologije, izvršice se formiranje univerzalnih optimalnih modela rada analiziranih sklopova prema izabranim mernim mestima na osnovu uticaja mehaničkih oscilacija.

Na osnovu ove analize tj. primenom analiziranog modela određene su štetnosti koje izazivaju mehaničke oscilacije. Takođe, ovaj model je dao i analizu uštede u zameni sastavnih delova sklopova kao i u postizanju boljeg kvaliteta proizvodnosti rada ukupne OE - predilice. Na osnovu njega predviđaju se i stanja funkcionalnosti komponenata sklopova i njihova mobilnost, što dovodi do pravilnijeg preventivnog održavanja sistema i značajnih ušteda u održavanju, funkcionisanju i proizvodnošću (povećanja učinka u proizvodnosti) OE - predilice.

Sprovođenjem ove analize dat je osnov savremenog pristupa u sprovođenju sigurnosti funkcionisanja sastavnih komponenata sklopova OE - predilice.

## 2.4. HIPOTEZE

### 2.4.1. GLAVNA HIPOTEZA

U doktorskoj disertaciji obuhvaćena je glavna hipoteza koja će imati za cilj da se njome postigne viši nivo pouzdanosti rada sklopova i to : boks predenja i sklopa za namotavanje prediva gotovom predom kod OE predilice.

Glavna hipoteza glasi: **Formiranjem univerzalnog optimalnog modela sigurnosti funkcionisanja sklopova (boks predenja i sklopa za namotavanje kalemova gotovom predom) u sistemu prenosa snage tekstilne mašine – OE predilice može se smanjiti uticaj štetnosti mehaničkih oscilacija a samim tim i povećati nivo njihove pouzdanosti čime se povećava njena proizvodnost.**

Da bi se ovo postiglo, uvedeno je formiranje **UNIVERZALNOG OPTIMALNOG MODELA RADA SKLOPOVA** prema izabranim mernim mestima na osnovu uticaja mehaničkih oscilacija. Sa povećanjem nivoa oscilacija smanjuje se pouzdanost rada komponenti sklopova, a važi i obrnuto. Iz ovih razloga održavanje nivoa oscilacija u propisanim granicama (propisanim pojasevima) može se postići uvođenjem postupaka tehnologije preventivnog održavanja.

U formiranju univerzalnog modela, posmatraće se analizirani sklopovi i to u slučaju kada na njih nisu sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja (prvi eksploatacioni slučaj), i oni kod kojih su sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja (drugi eksploatacioni slučaj), čime će se izvršiti analiziranje vrednosti pouzdanosti svake sastavne komponente analiziranih sklopova. Takođe, u analizi će se odrediti vrednosti amplituda i frekvencija mehaničkih oscilacija na izabranim mernim mestima odnosno odrediće se nivoi (pojasevi stohastičkih signala oscilovanja) spektralnom analizom slučajnih funkcija, koje nastaju pri radu komponenata analiziranih sklopova.

Uticaj korelacije pouzdanosti i mehaničkih oscilacija (vibracija) biće obezbeđen **UNIVERZALNOM JEDNAČINOM PRENOSNIH FUNKCIJA OPTIMALNOG RADA MODELA** koja će dati zavisnost frekventne sigurnosti u funkciji vremena rada analiziranih sastavnih sklopova.

Kako će analiza obuhvatiti dva najznačajnija sklopa, iz tih razloga će biti uvedene dve univerzalne jednačine njihovih prenosnih funkcija. Na osnovu ovih jednačina sračunaće se vrednosti frekventne sigurnosti rada sklopova i konstruisati grafici njihove zavisnosti od vremena njihovog eksploatacionog rada  $f(M_{\xi}(t)_{BP}, t)$  - za sklop boksa pređenja i  $f(M_{\xi}(t)_{NP}, t)$  - za sklop za namotavanje kalemova gotovom pređom. Konstrukcija dijagrama će obuhvatiti dva osnovna slučaja: frekventna sigurnost rada sklopova na kojima nisu sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja i frekventna sigurnost sklopova na kojima su sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja.

Na osnovu konstruisanih dijagrama zavisnosti frekventne sigurnosti u funkciji vremena rada sklopova, izvršiće se analiza optimalnog rada analiziranih sklopova, čime će biti određene oblasti sigurnog funkcionisanja njihovog rada.

Formirani model biće zasnovan na osnovu formiranog algoritma monitoring sistema funkcionisanja analiziranih sklopova.

Konstrukcija dijagrama i njihova analiza daće mogućnost modelu da je on univerzalnog tipa za sigurnost funkcionisanja svih OE predilica, jer se njime mogu odrediti oblasti sigurnog rada analiziranih sastavnih sklopova.

Konstrukcija dijagrama prikazaće oblasti sigurnog rada. On će se dobiti uvođenjem tehničke dijagnostike – vibroakustike (primena tehničke dijagnostike biće sagledana u: stalnom merenju nivoa mehaničkih oscilacija na izabranim mernim mestima, vremenskom praćenju stanja rada komponenti sklopova i primenama postupaka tehnologije preventivnog održavanja) čime će se dobiti vrednosti nivoa mehaničkih oscilacija (njihovih amplituda  $A(t)$ ) i korelacija njihovih vrednosti sa vrednostima pouzdanosti daće se zavisnosti pouzdanosti od amplituda  $R_i(t) = f(A(t))$ . Ove korelacije biće određene analitičkim putem pomoću polinoma višeg stepena (do sedmog stepena) i grafičkim putem programiranjem u matematičkom programu MATLAB 6.5.

Pored ove korelacije odrediće se zavisnosti amplituda oscilovanja od frekvenci oscilovanja  $A(t) = f(t)$  na osnovu dobijenih eksperimentalnih merenja, čime će biti određeni koeficijenti njihovih zavisnosti. Konstrukcija kriva biće sprovedena za određivanje **optimalnog nivoa sigurnosti funkcionisanja rada analiziranih sklopova**.

Unošenjem vrednosti svih koeficijenata koji će biti dobijeni, u univerzalnu jednačinu dobiće se vrednosti sigurnosti funkcionisanja rada analiziranih sklopova, na osnovu kojih će se nacrtati dijagrami zavisnosti. Krive koje se dobijaju odrediće pojaseve sigurnog rada analiziranih sklopova, tj. u ovim oblastima analizirani sklopovi imaće siguran i ispravan rad koji određuju **optimalni nivo rada sigurnosti funkcionisanja analiziranih sklopova**.

Sve ostale krive koje se mogu dobiti, a ne pripadaju ovim oblastima, ukazuju na nepravilan i nesiguran rad sklopova. Ovo će nam signalizirati da takav sklop treba odmah



zaustaviti jer isti ne daje potrebnu produktivnost niti kvalitet izrađenog prediva, pa takav sklop, ili neku od njegovih sastavnih komponenti treba zameniti, ili čitav sklop remontovati.

Ovakvim modelom može se vršiti analiza sigurnosti funkcionisanja sklopova u svakom trenutku tj. u svakom trenutku eksploatacionog rada sklopa, što je jako korisno u određivanju veka eksploatacionog rada njegovih sastavnih komponenti. Na osnovu ovih analiza može se tačno odrediti vreme sigurnog rada sklopa na osnovu čega se mogu isplanirati i sprovesti postupci tehnologije planskog preventivnog održavanja, čime se produžuje vek njihovog rada. Analizom se može odrediti i vreme planskog remonta rada analiziranih sklopova.

## 2.4.2. POMOĆNE HIPOTEZE

U kategoriji pomoćnih hipoteza svrstane su one koje obuhvataju sledeće sadržaje bez kojih nije moguće formirati univerzalnu jednačinu prenosnih funkcija optimalnog modela sigurnog funkcionisanja rada analiziranih sklopova.

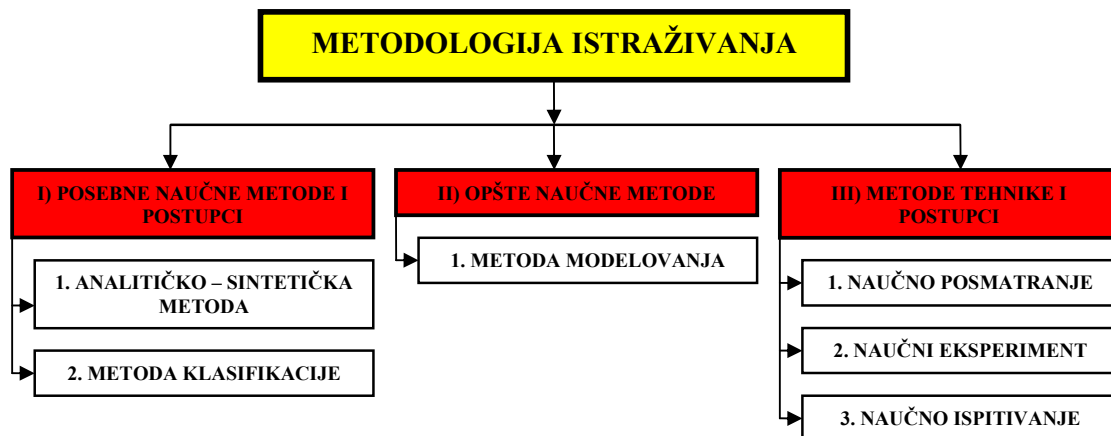
Pomoćne hipoteze obuhvatiće:

1. Objašnjenje osnovnog principa rada analiziranih sklopova OE predilice, iz razloga pravilnog izbora mernih mesta na kojima se mere nivoi amplituda oscilovanja.
2. Analizu stabla otkaza sastavnih komponentata analiziranih sklopova na kome su prikazane neželjene posledice koje nastaju povećanjem nivoa mehaničkih oscilacija pri radu sklopova. Ovim će biti objašnjene posledice koje treba odstraniti pri generalnim remontima ili pri primenama postupaka tehnologije preventivnog održavanja.
3. Analizu određivanja ekstremnih vrednosti pojaseva amplituda za svaku sastavnu komponentu analiziranih sklopova metodama tehničke dijagnostike – vibroakustike, za različite vremenske intervale njihovog eksploatacionog rada u eksploatacionim uslovima. Na osnovu izmerenih ekstremnih vrednosti amplituda izvršiće se osrednjavanje njihovih vrednosti numeričkim putem i to spektralnom analizom slučajnih funkcija (aritmetički srednje vrednosti amplituda  $m_A(t)$ ). Analiza će biti sprovedena na sklopove na kojima nisu sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja i na onima nad kojima su sprovedeni ovi postupci.
4. Analizu otkaza koji su se pojavili na sastavnim komponentama analiziranih sklopova u vremenskom trajanju do 20.02.2002. god. (u ovom vremenskom periodu nisu sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja) i u periodu od 20.02.2002. – 20.04.2005. god. (u ovom vremenskom periodu su sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja) iz razloga povećanog nivoa mehaničkih oscilacija. Na osnovu broja otkaza koji su nastupili u eksploataciji pri radu sastavnih komponenti analiziranih sklopova određiće se iz empirijskih podataka: funkcije gustine otkaza  $f_e(t)$ , funkcije intenziteta otkaza  $\lambda_e(t)$ , i funkcije pouzdanosti  $R_e(t)$ , u slučajevima rada sklopova na kojima nisu sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja, kao i vrednosti ovih funkcija ( $f_{e-o}(t), \lambda_{e-o}(t), R_{e-o}(t)$ ) u slučajevima na kojima su sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja.
5. Analizu funkcije gustine otkaza ( $f_e(t), f_{e-o}(t)$ ), funkcije intenziteta otkaza ( $\lambda_e(t), \lambda_{e-o}(t)$ ) i funkcije pouzdanosti ( $R_e(t), R_{e-o}(t)$ ) određiće se korekzione vrednosti pouzdanosti ( $P_i(t), P_{i-o}(t)$ ), koje imaju za cilj dobijanje preciznijih vrednosti pouzdanosti do merodavnih.

6. Analizom određenih parametara (parametari koji su definisani pomoćnim hipotezama od 1 do 5) izvršiće se formiranje modela i određivanje prenosnih funkcija pouzdanosti analiziranih sklopova i to metodama blok dijagrama. Analiza će se izvršiti pomoću određenih korekcionih vrednosti pouzdanosti ( $P_i(t), P_{i-o}(t)$ ). Unosom korekcionih vrednosti pouzdanosti u opšte oblike prenosnih funkcija ( $G_{BP}(t), G_{NK}(t)$ ) dobiće se grafici prenosnih funkcija kojima se na osnovu njihovog oblika određuje izbor statističke raspodele pouzdanosti.
7. Određivanju statističke raspodele pouzdanosti na osnovu korekcionih vrednosti pouzdanosti rada komponenata sklopova kao krajnje merodavne. Takođe, na osnovu određenih korekcionih vrednosti pouzdanosti, biće određena i vremena rada komponenata sklopova sa dozvoljenim rizikom prema segmentnoj linearnoj funkciji inteziteta otkaza.
8. Određivanje korelacija na osnovu analitičkog polinoma višeg stepena ( $(P-R)_{BP}(t), (P-R)_{NP}(t)$ ). Ovo će biti sprovedeno preko matematičkog programa MATLAB 6.5. formiranjem potprograma, i ove zavisnosti biće prikazane grafičkim putem preko dijagrama.
9. Određivanju vrednosti koeficijenata koji se analiziraju numeričkim putem i koji predstavljaju zavisnosti amplituda i frekvenciji oscilovanja ( $A(f)$ ) merenjima u eksploatacionim uslovima.
10. Formiranju algoritama - monitoring sistema sigurnosti funkcionisanja rada analiziranih sklopova. Ovim formiranjem objedinjuje se tok formiranja univerzalnog optimalnog modela rada sigurnosti funkcionisanja sklopova na izabranim mernim mestima na osnovu uticaja mehaničkih oscilacija.

## 2.5. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Metodologija istraživanja uticaja mehaničkih oscilacija na sigurnost funkcionisanja rada sklopova u sistemu prenosa snage OE predilice je obuhvatila sledeće metode koje su prikazane na slici 2.1.



Slika 2.1 Metodologija istraživanja sigurnosti funkcionisanja sastavnih sklopova OE predilice

## I) POSEBNE NAUČNE METODE I POSTUPCI

### 1. Analitičko – sintetička metoda

Ona je obuhvatila analizu i sintezu osnovnih saznanja sistema prenosa snage OE predilice i predstavlja osnovnu metodu saznanja.

Analize koje su sprovedene u okviru ove metode su:

- a) elementarna i
- b) funkcionalna.

Elementarna analiza je obuhvatila redosled komponenata analiziranih sklopova, dok je funkcionalna analiza obuhvatila sagledavanje funkcija rada sastavnih komponenata analiziranih sklopova u sistemu prenosa snage OE predilice.

Sinteza je obuhvatila sistematičan pristup razmišljanja o funkcionalnosti svake sastavne komponente ka celini tj. ka analiziranom sklopu u sistemu prenosa snage OE predilice.

### 2. Metoda klasifikacije

Ova metoda je iskorišćena za formiranje otkaza na sastavnim komponentama analiziranih sklopova zbog uticaja povećanog dejstva mehaničkih oscilacija, i ona je predstavila sistemsku metodu analize praćenja rada sastavnih komponenti prema putu prerade prediva.

## II) OPŠTE NAUČNE METODE

### 1. Metod modelovanja

Prema stepenu savršenstva formiran je optimalni model sigurnosti funkcionisanja rada analiziranih sklopova prema izabranim mernim mestima na osnovu uticaja mehaničkih oscilacija. Njegovim formiranjem data je zavisnost frekventnih sigurnosti u vremenu rada analiziranih sklopova OE predilice.

## III) METODE, TEHNIKE I POSTUPCI

### 1. Naučno posmatranje

Ono je obuhvatilo teorijske metode koje su bile neophodne za dobijanje rezultata pouzdanosti i vrednosti nivoa mehaničkih oscilacija, jer sve te vrednosti su uvršćene u rezultujući optimalni model koji daje zavisnost frekventne sigurnosti od dužine eksploatacionog vremena rada komponenti analiziranih sklopova. Analiza je sprovedena na dva modela i to: bez primene postupaka tehnologije preventivnog održavanja u radu komponenata analiziranih sklopova i sa primenom ovih postupaka.

### 2. Naučni eksperiment

On je obuhvatio metodologiju rada pri analizi mehaničkih oscilacija i to dijagnostičke metode istraživanja koje su sprovedene primenom amplitudno - frekventne analize. Za merenje spektra oscilacija na sastavnim delovima analiziranih sklopova OE predilice tj. za sprovođenje frekventne analize korišćeni su savremeni instrumenti za merenje vibracija – VIBROMETRI (korišćena oprema kod merenja će biti detaljnije analizirana u delu eksperimentalnih istraživanja). Na osnovu dobijenih rezultata merenja (tj. analize spektra oscilacija), dobijene su veličine njenih nivoa (pojasa) na sastavnim komponentama analiziranih sklopova koje su poslužile kao osnova u sprovođenju analize modela teorije zavisnosti pouzdanosti i amplituda oscilovanja.

### 3. Naučno ispitivanje

Ono je primenjeno na modelu sistema koje je obuhvatilo zavisnosti frekventne sigurnosti rada komponenata analiziranih sklopova čime je definisan radni veka njegovih komponenti na osnovu analize stabla otkaza (analiza stabla otkaza sistema prenosa snage je poslužila za određivanje procedura preventivnog održavanja na osnovu analiziranih stanja komponenti), na osnovu čega je dobijen i algoritam za sprovođenje monitoring sistema sigurnosti funkcionisanja – ekspertnih sistema. Konstrukcijom algoritma dobijen je prikaz modela održavanja prema stanju tj. prikaz ekspertnih sistema u održavanju OE - predilice (prikaz efikasnosti monitoring sistema - ekspertnih sistema) u odnosu na prikaz stabla otkaza održavanja. Na osnovu univerzalnog modela sa sigurnošću se može predvideti siguran rada analiziranih sklopova. Sa njim je lako predvideti i vreme rada komponenti sklopova do otkaza na osnovu čega se mogu planirati srednje generalne opravke i njihovi remont.

Na kraju je izvršena izrada modela koji povezuje uticaje mehaničkih oscilacija i pouzdanosti za sastavne sklopove prenosa snage analizirane OE - predilice. Model je obuhvatio algoritam monitoring sistema, kojom je opisana procedura njegovog formiranja. Model je analiziran u vidu univerzalnog optimalnog modela rada analiziranih sklopova prema izabranim mernim mestima na osnovu uticaja mehaničkih oscilacija.

## 2.6. NAUČNA I DRUŠTVENA OPRAVDANOST ISTRAŽIVANJA

Opravdanost istraživanja se ogleda u sledećoj analizi koja obuhvata ostvarenu produktivnost i neproduktivnost zbog nastanka otkaza sastavnih delova i komponenata analiziranih sklopova zbog uticaja povećanih nivoa mehaničkih oscilacija koje dovode do njihovog habanja.

### Osnovne karakteristike produktivnosti

Osnovne karakteristike produktivnosti analiziranih sklopova zavise od: kvaliteta pređe, okoline za nesmetani rad – OE predilice i od njegove ispravnosti. Kvalitet pređe zavisi od kvaliteta kardirane trake u koje spadaju: dužina vlakana, sirovinski sastav i čistoća kardirane trake. Ove karakteristike su osnovne i one opredeljuju kvalitet prediva. Uslovi okoline se ogledaju u vrednostima osnovna dva parametara koji je predstavljaju, to su vlažnost i temperatura okoline u kojima radi OE - predilica. Za njen nesmetani rad vrednosti ova dva parametra iznose:

1. Vlažnost okoline za savremeni rotorski način pređenja treba da iznosi u granicama 55 – 65 % vlažnosti, a njena vrednost zavisi od sirovinskog sastava prediva koje se prerađuje;
2. Temperatura okoline treba da se kreće u granicama od 22 °C do 25 °C.

Osnovne karakteristike duže ispravnosti analiziranih sklopova OE – predilice se ogledaju u smanjenju uticaja povećanih nivoa mehaničkih oscilacija koje utiču na povećanje pohabanosti u radu sastavnih komponenata analiziranih sklopova. Takođe, na veću produktivnost rada cele OE – predilice utiče i uvođenje postupaka tehnologije preventivnog održavanja. Njima se može doprineti pravovremena zamena i remont istrošenih komponenata sklopova u periodima kada OE - predilicu treba očistiti, čime se postiže ušteda u njenom proizvodnom vremenu rada.

## REZULTATI OSTVARENE PRODUKTIVNOSTI OE PREDILICE

- Ukupan broj planiranih kilograma prediva, koje se može izraditi, odnosi se na četvorosmenski rad OE - predilice tj. rad bez prekida. Kod planiranja rada OE - predilice za smenski rad, mora se predvideti čišćenje OE - predilice u trajanju najviše od jedne smene rada (do 8 sati) i to jednom u radnoj nedelji, kao i pri svakoj promeni partije određene numere prediva. Iz ovoga sledi da je ukupan broj planiranih kilograma prediva jednak ukupnoj proizvodnji (ukupnom radu OE – predilice bez prekida) umanjenim za izgublenu proizvodnju zbog čišćenja OE – predilice u toku rada.
- Broj planiranih kilograma prediva zavisi od: kontinualnog hranjenja OE - predilice kardiranom trakom (materijalom koji se prerađuje u predivo), kao i nesmetanim napajanjem OE - predilice električnom energijom. Ukoliko nisu ispunjeni ovi uslovi OE - predilica nije u mogućnosti da radi, pa iz toga sledi da izgubljena proizvodnja ne može ući u broj planiranih kilograma koji bi se proizveli.
- Za broj planiranih kilograma izrađenog prediva u analizi, uzeće se kao merodavna najoptimalnija vrednost (srednja vrednost) određene norme proizvedenih kilograma prediva određene partije za 8 sati rada OE - predilice (smenska proizvodnja) umanjena za izgublenu produktivnost zbog njenog čišćenja. Izražava se obrascem:

$$P(kg) = \sum_{i=1}^n (P_{sr} - n) - \frac{p \cdot P_{sr}}{8},$$

pri čemu je:

$P(kg)$  - ukupan broj planiranih kilograma prediva za 8 sati rada OE - predilice;

$P_{sr}(kg)$  - najoptimalnija vrednost (srednja vrednost) određene norme proizvedenih kilograma prediva za 8 sati rada OE - predilice;

$n$  - broj osmosatnih smena rada OE - predilice;

$p$  - broj izgubljenih satova rada OE - predilice zbog čišćenja.

- Ukupan broj proizvedenih kilograma prediva ( $P_1$ ) dobija se sumiranjem proizvedenih kilograma prediva po smenama rada OE - predilice u eksploatacionim uslovima.
- Stepen produktivnosti OE - predilice tj. radni (ostvoreni) učinak ( $\xi$ ) određuje se kao količnik broja proizvedenih kilograma prediva ( $P_1$ ) prema broju planiranih kilograma prediva i izražava se:

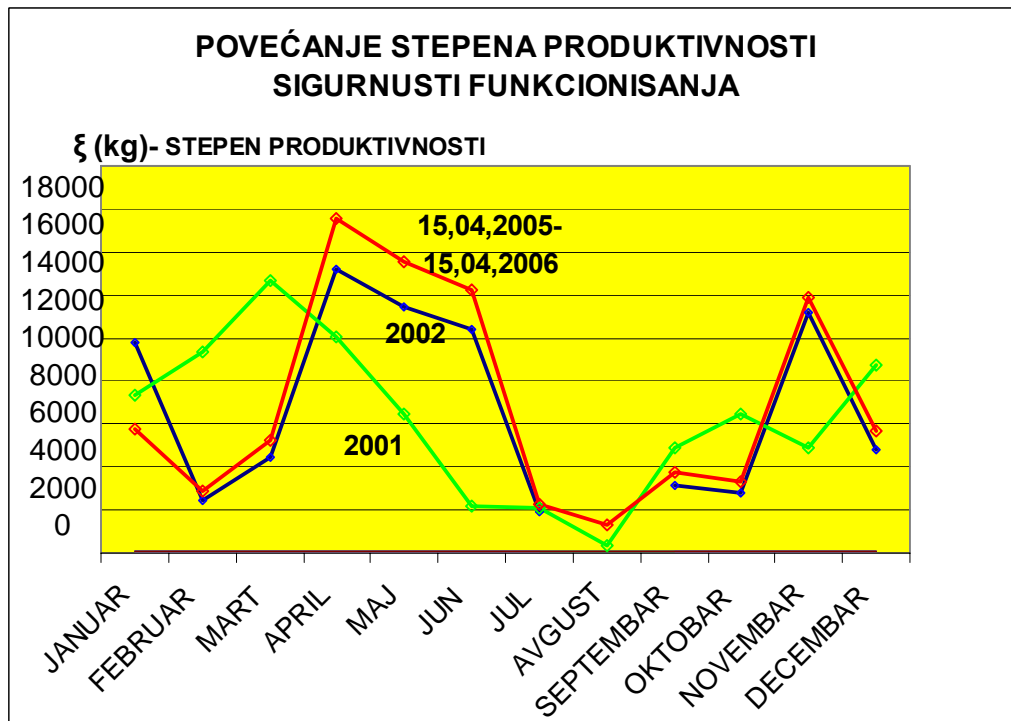
$$\xi = \frac{P}{P_1} (\%).$$

- Neostvoreni učinak OE – predilice ( $\xi_1$ ) dobija se kao razlika 100% učinka rada OE - predilice umanjenim za vrednost stepena proizvodnosti:

$$\xi_1 = 1 - \xi = 100\% - \xi\%.$$

## DOBIJENI GODIŠNJI REZULTATI PRODUKTIVNOSTI OE PREDILICE

Analizom praćenja produktivnosti OE - predilice u periodu od dve kalendarske godine, došlo je do sledećih vrednosti produktivnosti analiziranih sklopova na kojima nisu sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja (prikaz u tabelama 9.1, 9.2 i 9.3 u zaključku disertacije). Takođe, u tabeli 9.3 izvršen je prikaz vrednosti produktivnosti analiziranih sklopova na kojima su sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja odnosno, izvršeno je njihovo praćenje rada uvođenjem optimalnog modela sigurnosti funkcionisanja. Na osnovu prikazanih tabelarnih vrednosti izvršen je grafički prikaz u vidu dijagrama na slici 2.2. Analizom praćenja produktivnosti univerzalnim optimalnim modelom sigurnosti funkcionisanja analiziranih sklopova dobijeno je povećanje u procentualnom iznosu od 17,8725%, čime se potvrdilo njegovo uvođenje. Za istu vrednost se povećala i produktivnost OE – predilice.



Slika 2.2. Dijagram stepena produktivnosti za analizirane vremenske periode praćenja rada analiziranih sklopova OE - predilice

Provera dobijenog stepena produktivnosti se potvrđuje količnikom dobijenih proizvedenih kilograma prediva po mesecima čije su vrednosti iskazane u prikazanom dijagramu na slici 2.2., a sračunate na osnovu sledećeg izraza:

$$P_i = \frac{\sum_{i=1}^{12} \xi_{me\ sec\ i}}{n_{broju-me\ sec\ i}}$$

Poređenjem dobijenih dijagrama i sračunavanjem srednjih vrednosti godišnje produktivnosti dobijaju se vrednosti:

- za 2000. godinu ukupno proizvedenih kilograma prediva je:  $P_1 = \frac{\sum_{i=1}^{12} \xi_{me\ sec\ i}}{n_{broju-me\ sec\ i}} = 75505,5$  (kg);

- za 2001. godinu ukupno proizvedenih kilograma prediva je:  $P_2 = \frac{\sum_{i=1}^{12} \xi_{me\ sec\ i}}{n_{broju-me\ sec\ i}} = 75563,2$  (kg);

- za period 15.04.2005. – 15.04.2006. godine ukupno proizvedenih kilograma prediva je:

$$P_3 = \frac{\sum_{i=1}^{12} \xi_{me\ sec\ i}}{n_{broju-me\ sec\ i}} = 89038,83 \text{ (kg)}.$$

Učinak povećanja proizvodnosti uvođenjem optimalnog modela sigurnosti funkcionisanja se sračunava i iznosi:

$$U_{sr} M_{\xi}(t) - p = \frac{P_1 + P_2}{2} \cdot (1 + \xi) - \frac{P_1 + P_2}{2} = P_3 - \frac{P_1 + P_2}{2} = 89038,83 - \frac{75505,5 + 75563,2}{2} \\ \cong 13504,5(kg).$$

### FINANSIJSKI EFEKTI UŠTEDE

Poznavajući tržišnu vrednost rotorskog prediva čija se najčešće cena kreće na tržištu oko 2 evra za kg. prediva, primenom optimalnog modela sigurnosti funkcionisanja rada analiziranih sklopova ušteda iznosi:

$$U_{sr} M_{\xi}(t) - p = 13504,5(kg) \cdot 2evra = 27009evra.$$

Kako D.P.NITEX iz Niša, poseduje 8 predilica, ukupna finansijska ušteda kod izrade rotorskog prediva iznosi:

$$U_{sr} M_{\xi}(t) - p = 13504,5(kg) \cdot 2evra = 27009evra \cdot 8 = 216072evra.$$

za godinu dana rada OE - predilica sa primenom optimalnog modela sigurnosti funkcionisanja rada njenih analiziranih sklopova.

U dinarskoj protivvrednosti po kursu 1 evro =84 dinara finansijska ušteda iznosi **18 150 048,00 dinara** po godini rada svih osam predilica, odnosno **2 268 810,00 dinara** po jednoj predilici.

**Zaključak:**Primenom univerzalnog optimalnog modela praćanja frekventne sigurnosti rada analiziranih sklopova i uvođenjem postupaka tehnologije preventivnog održavanja direktno se utiče na povećanje dužine rada komponenti sklopova, tako da se mogu održavati nivoi mehaničkih oscilacija u propisanim granicama (ovim postupcima produžava se vek rada komponenti analiziranih sklopova). Na ovaj način povećava se produktivnost rada OE – predilice pa ukupna godišnja ušteda iznosi 18 150 048 dinara. Iz ovih razloga potvrđuje se opravdanost uvođenja optimalnog modela sigurnosti funkcionisanja rada komponenti analiziranih sklopova OE – predilice.

## 2.7. ORGANIZACIJA ISTRAŽIVANJA

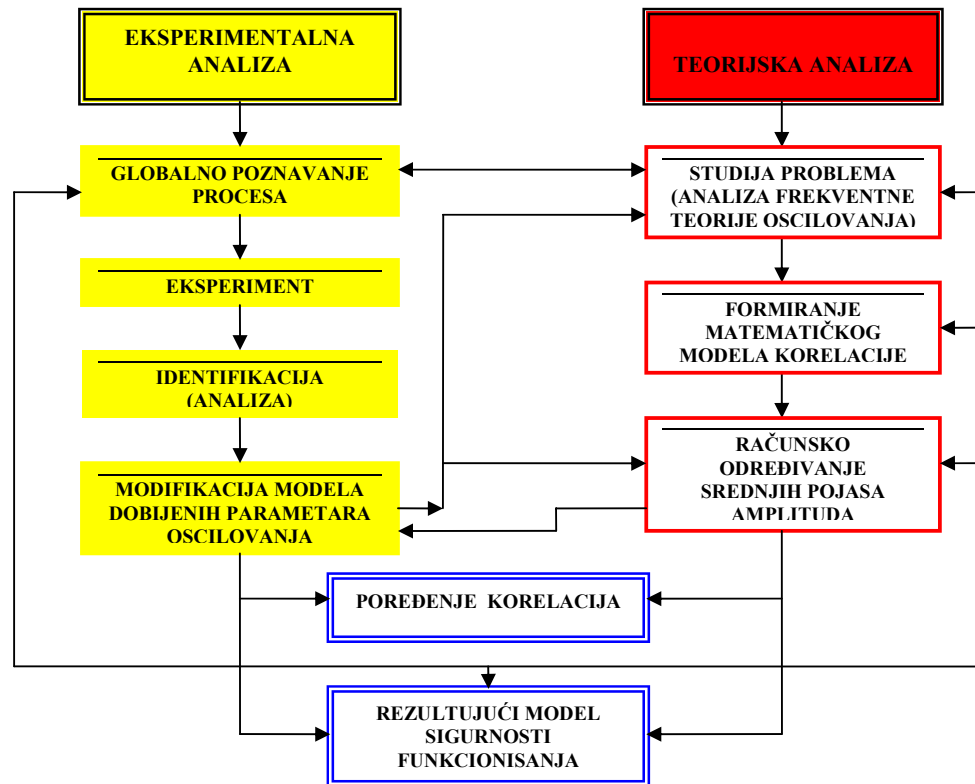
Istraživanja i njihova organizacija je sprovedena u pogonima štapel i rotorske predionice D.P. NITEX iz Niša i u ispitnim laboratorijama firme RIETERR iz Švajcarske. Zadatak merenja i kontrole nivoa mehaničkih oscilacija na karakterističnim mernim mestima analizirane OE – predilice je da razradi plan izvođenja eksperimenta, pri čemu se teži da se sa minimalnim brojem mernih veličina dobijaju dovoljne informacije o identifikaciji i ponašanju rada merenog tehničkog sistema ili nekog njegovog dela.

Izborom odgovarajućih metoda ispitivanja i odgovarajuće oprema za merenje nivoa mehaničkih oscilacija, može se izvršiti povezivanje mernih informacija i intervencijskih promena u cilju postizanja optimalnih modificiranih stanja rada sistema.

Metodologija analize merenja i kontrole nivoa mehaničkih oscilacija na karakterističnim mernim mestima analiziranih sklopova OE - predilice je obuhvaćena sa dva pristupa i to:

1. Teorijskom analizom i
2. Eksperimentalnom analizom.

Analiza merenja i kontrole nivoa mehaničkih oscilacija (vibracija) je iterativni postupak, pri čemu se prvo postavlja teorijski model, a zatim eksperimentalni (prikaz na slici 2.3) /152/.



Slika 2.3. Postavljanje pristupa u analizi kontrole nivoa mehaničkih oscilacija



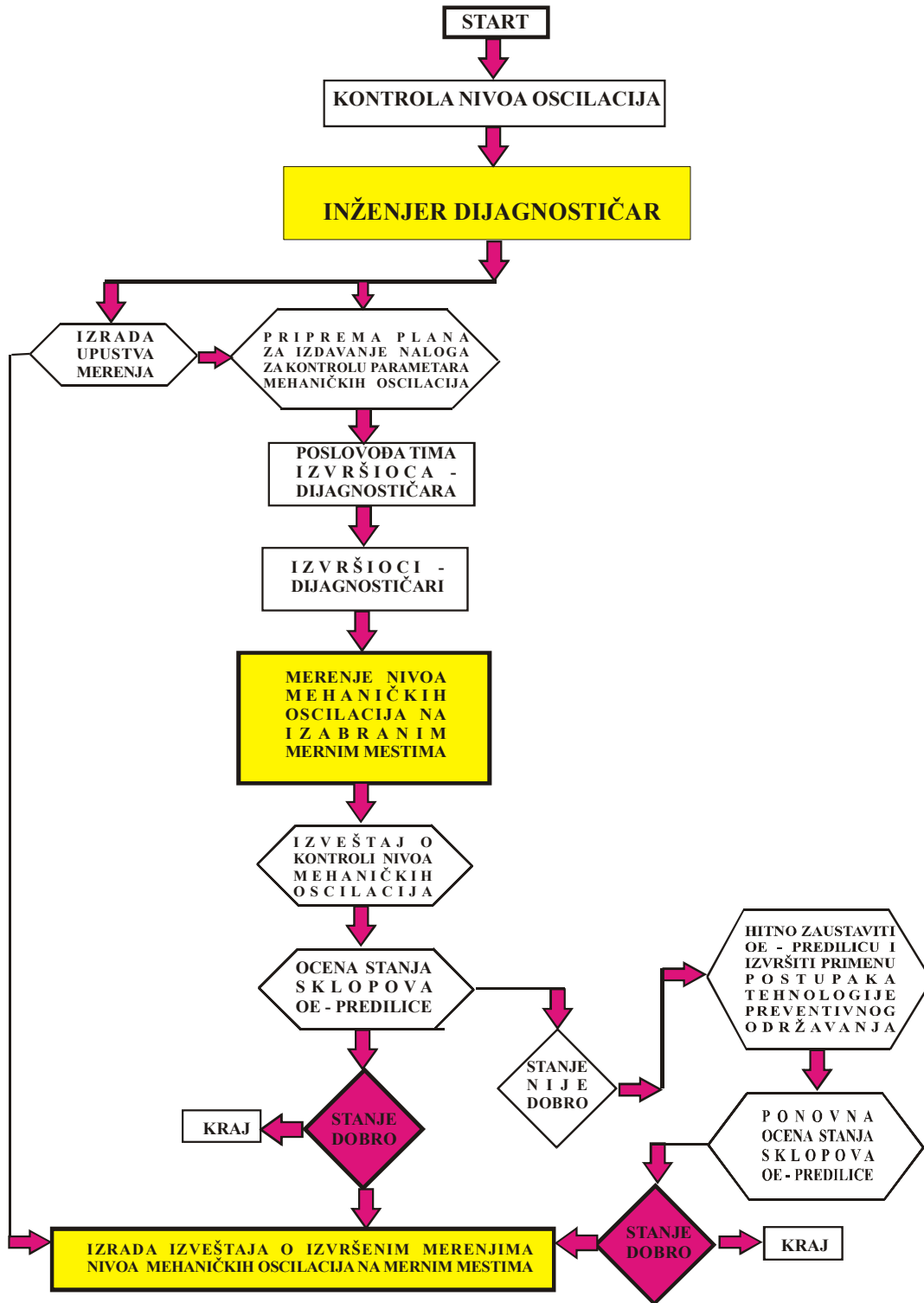
## DIJAGRAM TOKA KONTROLE NIVOVA MEHANIČKIH OSCILACIJA ZA ANALIZIRANE SKLOPOVE OE - PREDILICE

Da bi se blagovremeno i tačno vršila stalna kontrola merenja mehaničkih oscilacija (vibracija) na sklopovima prenosa snage kod OE predilice, neophodno je sprovesti određene procedure. Autor je formirao procedure u okviru informacionog sistema održavanja D.P. NITEX Niš, prema načelima standarda ISO 9000., i ove procedure su bile poštovane pri merenju mehaničkih oscilacija na izabranim karakterističnim mernim mestima i to:

1. Predmetu i području primene;
  2. Definicijama i skraćenicama;
  3. Odobrenja u radu merenja;
  4. Odgovornosti u radu pri merenju;
  5. Određene postupke merenja (biće objašnjeni u eksperimentalnoj analizi) i
  6. Distribuciju podataka (biće objašnjeni u eksperimentalnoj analizi).
1. Predmet i područja primene definišu postupke rada, odgovornosti pri radu, potrebnu dokumentaciju i sadržaj aktivnosti za kontrolu nivoa mehaničkih oscilacija na kontrolnim mestima prema standardu ISO 9000.
  2. Definicije i skraćenice definišu aktivnosti koje se sprovode sa ciljem ocene trenutnog stanja OE - predilice radi preduzimanja planiranih aktivnosti održavanja ili radi davanja određenih prognoza njenog stanja u budućnosti.
  3. Odobrenja su procedure koje odobrava predstavnik rukovodstva za standardizaciju i kvalitet u saradnji sa sektorom održavanja. Definisane procedure se ne smeju menjati ili dopunjavati bez dobijene saglasnosti.
  4. Odgovornosti se odnose na hijerarhijsku strukturnu šemu u načinu rukovođenja pri merenju kontrole mehaničkih oscilacija. Najodgovorniji u lancu pripreme i merenja je inženjer dijagnostičar koji je odgovoran za sledeće (autor je radio pri merenju kao rukovodilac kontrole i izvršilac merenja mehaničkih oscilacija): izdavanju uputstava za korišćenje uređaja za merenje mehaničkih oscilacija, izradi tehničke dokumentacije, obezbeđenju stručnih konsultanata (autor je sarađivao sa laboratorijom za buku i vibracije Fakulteta zaštite na radu iz Niša, pod rukovodstvom prof. dr Dragana Cvetkovića), izradi izveštaja o izvršenim merenjima sa pripadajućim grafičkim dijagramima, oceni stanja OE - predilice na osnovu izvršenih merenja nivoa mehaničkih oscilacija.

Na osnovu iznetih procedura formiran je algoritam organizacije toka kontrole nivoa mehaničkih oscilacija za analizirane sklopove OE - predilice (prikaz na slici 2. 4.).

Ovom procedurom se autor koristio tokom svih merenja mehaničkih oscilacija na karakterističnim izabranim mestima analiziranih sklopova.



Slika 2.4. Algoritam organizacije toka merenja nivoa mehaničkih oscilacija na sklopovima OE - predilice

## 2.8. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA SIGURNOSTI FUNKCIONISANJA RADA ANALIZIRANIH SKLOPOVA OE - PREDILICE

### 2.8.1. PREGLED ZNAČAJNIH OBJAVLJENIH RADOVA I KNJIGA IZ NAUČNE OBLASTI KOJA SADRŽI ANALIZU SIGURNOSTI FUNKCIONISANJA RADA ANALIZIRANIH SKLOPOVA

1. Barzilović, E., Gnjedenko, B.V., O nekatorih aktualnih problemah nadležnosti, Zbornik „Problemi nadležnosti letalnih aparata“, Mašinstroenie, Moskva, 1985. *Osnovni problemi koji se pojavljuju u teoriji pouzdanosti prikazani su u ovom radu. U njemu su prikazani aktuelni problemi pri uvođenju pouzdanosti na sastavne komponente mašinskih sistema u avio industriji. Pouzdanost je analizirana za brze sisteme što je poslužilo u analizi pouzdanosti rotora (turbine) kod OE predilice R1. /25/*
2. Blanchard, B., Fabrysky, W., System engineering and analysis, Prentice Hall Inc., New Jersey, 1981. *U ovoj knjizi izvršen je prikaz analize mašinskih sistema sa aspekta konstruktivnih rešenja, puzdanosti i pogodnosti rada. U njoj su jasno definisana stanja rada sistema koja omogućuju formiranje analize stabla otkaza sastavnih komponenata sistema. Ovakav prilaz omogućuje formiranje univerzalnog stabla otkaza bilo kog mašinskog sistema. /31/*
3. Cvetković, D., Praščević, M., Buka i vibracije, Univerzitet u Nišu, Fakultet zaštite na radu, 2005., *U ovoj knjizi su objašnjeni pojmovi vezani za vibracije u vidu mehaničkih oscilacija kao i postupke i instrumente za njihovo merenje. U disertaciji je iskorišćeno poglavlje br. 7 u kome su opisani instrumenti (osnovni elementi mernog sistema sa njihovim osobinama) koji su korišćeni za merenje veličina vibracija na mernim mestima. /46 /*
4. Deanzer, W., Systems engineering, Verlag Industrille Org., Zurich, 1979. *U ovom radu je izvršen prikaz mašinskih sistema u različitim granama industrije sa aspekta konstruktivnih prikaza različitih sistema prenosa snage. /50/*
5. Dimenberg, F. N., Kolesnikov, K. S., Vibracii v tehnike, Spravočnik tom 3, Mašinstroenie, Moskva, 1980. *U ovoj knjizi je izvršena analiza prilaza osnovnih veličina vibracija – mehaničkih oscilacija, koje se pojavljuju u radu sastavnih komponenata električnih i mašinskih tehničkih sistema. /54/*
6. Gertsbakh, I.B., Models of preventive maintainance, North –Holland, New York, 1967. *Ovde je izvršen prikaz analize modela u preventivnom održavanju, i to u održavanju prema stanju. Modeli su standardnog oblika i obuhvataju prevenciju kako bi se sprečile neželjene posledice koje nastaju na sastavnim komponentama tehničkih sistema na kojima nisu sprovedeni osnovni postupci tehnologije preventivnog održavanja. /64/*

7. Gnjudenko, B.V., Beljajev, J.K., Matematičeskie metodi v teoriji nadežnosti, Nauka, Moskva, 1965. *Prikaz najznačajnijih matematičkih modela u teoriji pouzdanosti je izvršen u ovoj knjizi. Izvršeno je modeliranje povezivanja sastavnih komponenti modela i to: na red, paralelno povezivanje i kombinovano povezivanje. Analiza pouzdanosti je objašnjena za svaki od nabrojanih načina povezivanja. /65/*
8. Hahn, G.J., Shapiro, S., Statistical models in engineering, John Wiley&Sons, New York, 1967. *Prikaz statističkog prikupljanja podataka o mašinskim modelima sa aspekta teorije sigurnosti funkcionisanja je izvršena u ovoj knjizi. Objasnjeni su osnovni modeli funkcionisanja mašinskih sistema. /72/*
9. Harris, C., Crede, C., Shock and vibration handbook in three volumes 3, McGraw-Hill book company, New York-San Francisco-Toronto-Sydney, 1961. *Analiza teorije udara koje prouzrokuju povećani nivoi vibracija – mehaničkih oscilacija, na rad univerzalnih sastavnih komponenti osnovnih mašinskih sistema je izvršena u ovoj knjizi. Takođe u njoj je prikazan i model rezonatnog udara vibracija na rad komponenti sistema. /74/*
10. Hartog, D., Mechanical vibrations, McGRAW-HILL BOOK COMPANY, New York, Toronto, London, 1972. *Ova knjiga predstavlja osnovu analize mehaničkih vibracija – mehaničkih oscilacija, koje nastaju pri radu osnovnih sastavnih komponenti mašinskih sistema. Takođe, u ovoj knjizi su prikazani svi karakteri nastajanja mehaničkih oscilacija pri radu sistema i za različite slučajeve je data matematička forma analize osnovnih njihovih veličina. /75/*
11. Irwin, J., Graf, E., Industrial noise and vibration control, New Jersey, 1979, SAD. *Analiza kontrole vibracija – mehaničkih oscilacija na mašinskim sistemima je detaljno objašnjena u ovoj knjizi. Prikazani su različiti postupci i procedure kojima se određuju algoritmi formiranja kontrole ispravnosti rada sastavnih komponentata na osnovu uticaja mehaničkih oscilacija. /78/*
12. Jardin, A.K., Maintenance, replacement and reliability, Pittman Publ., London, 1973. *Održavanje i zamena sastavnih komponentata sa aspekta teorije pouzdanosti mašinskih sistema je prikazana u ovoj knjizi. U njoj su date procedure za određivanje remontnih stanja mašinskih sistema. /81/*
13. Lipson, C., Sheth, N., Statistical desing and Analysis of Engeneering Experiments, McGraw\_Hill, New York, 1973. *Ovde je izvršena anliza i prilaz u izvođenju eksperimenta sa aspekta statističkog odlučivanja. Eksperiment objašnjava procedure matematičke statistike pri prikupljanju podataka u raspodelama pouzdanosti. /98/*
14. Richard, F., Industrial Engeneering, New York, 1986. *Objašnjenja u analizi industrije mašina sa aspekta mašinskih tehničkih sistema i to sistema prenosa snage. Date su preporuke koje ciljno određuju grupe podsistema na kojima treba sprovesti teoriju pouzdanosti tj. izvršiti prognoziranje pouzdanosti rada sastavnih komponenti mašinskih sistema. /147/*
15. ROTOR Spiner, Gmb, RIETERR, 1995. *Ovo obuhvata sve kataloge koji su objavljeni od proizvođača OE – predilice Rieterr do 2001. godine. U ovim katalogima objašnjena su upustva o načinu korišćenja kao i tehnička upustva o načinu rukovanja OE - predilice. /151/*

16. Sotirović, V., Adamović, A., Metodologija naučno – istraživačkog rada sa statistikom u MS EXCEL – u, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin, 2005., *U ovoj knjizi prikazane su sve osnovne metode i postupci naučno istraživačkog rada. Ona daje objašnjenja: o ulozi istraživanja, metodama istraživanja, strukturama istraživačkog projekta, učenju o istinama i pogreškama, studijama informacija i komunikacija, istraživanju i tehničkom razvoju i statističkim metodama u naučno - istraživačkom radu. Sve nabrojane metode i postupci su korišćeni u izradi ove disertacije. /152/*

## 2.8.2. PREGLED DOSADAŠNJIH REZULTATA ISTRAŽIVANJA IZ NAUČNE OBLASTI KOJA SADRŽI ANALIZU SIGURNOSTI FUNKCIONISANJA RADA ANALIZIRANIH SKLOPOVA

1. Barlow, G., Proshan, F., Statistical Theory of Reliability and Life Testing Probability Models, Holt, richard nad Winston Inc., New York, 1975. *Ovde je izvršen prikaz statističke verovatnoće životnog veka modela sa aspekta teorije pouzdanosti. Modeli su poslužili u formiranju univerzalnog optimalnog modela rada analiziranih sklopova OE predilice. /24/*
2. Brankovskii, M., Lisicin, Sivkoc, A., Issledovanie i ustanenie vibracii turbogeneratorov, Energia, Moskva, 1975. *U ovoj knjizi su prikazani matematički modeli analize turbogeneratora, koji su iskorišćeni kao matematička osnova u formiranju podmodela sistema prenosa snage analiziranih podsistema OE predilice R1. /36/*
3. Knuth, T., Rano otkrivanje oštećenja pomoću analize vibracija, “OMO”, XVII, 4, Beograd, 1988. *Procedure i preporuke kojima se smanjuje negativni uticaj mehaničkih oscilacija – vibracija, prikazan je u ovom radu, a odnosi se kako na sistem u uhodavanju tako i na rad sistema posle izvršenih remonta. Ovo je iskorišćeno u analizi prikupljanja podataka o otkazima koji su nastali povećanjem nivoa mehaničkih oscilacija. /92/*
4. Reliability Centered Maintenance, IEC Draft 56 (Sec.), 317, 1990. *Prioritetni centri pouzdanosti u tehnologiji preventivnog održavanja su prikazani u ovom radu. Oni se odnose na matematičko modeliranje glavnih funkcija pouzdanosti (gustinu otkaza, intenzitet otkaza i pouzdanosti). Centri su rangirani prema prioritetima pojavljivanja otkaza u njihovom radu i obuhvataju preporuke oko određivanja slabih mesta sa aspekta teorije pouzdanosti. /141/.*

### 3.0. SISTEM PRENOSA SNAGE

#### 3.1. OSNOVNI PRINCIP RADA OE - PREDILICE

Osnovi princip rada rotorskog - bezvretenskog postupka pređenja se sastoji u formiranju pređe od pojedinačnih vlakana koja su prethodno izdvojena iz izlazne trake (kardirane trake). Prikaz OE predilice oznake R1 čiji su sklopovi analizirani u ovoj disertaciji je izvršen na slici 3.1.



Slika 3.1. Prikaz OE - predilice oznake R1

Faze ovog načina pređenja (klasičan bezvretenski način pređenja ) sastoje se iz sledećih operacija /167/:

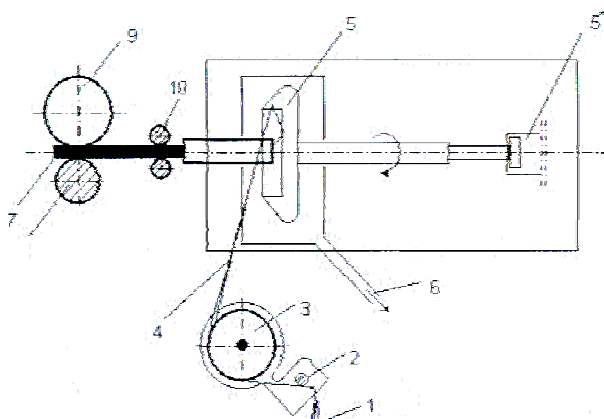
- razvlačenje (I i II), operacija diskretizacije vlakana (odvajanja pojedinačnih vlakana) iz izlazne kardirane trake,
- transport pojedinačnih vlakana uz pomoć struje vazduha,
- slaganje pojedinačnih vlakana (grupisanje) na ulazu u raport,
- upredanje vlakana u raportu i
- namotavanje gotove pređe na izlazu iz rotora.

Jedna od glavnih prednosti bezvretenskog postupka pređenja za prerađu pamuka i hemijskih vlakana pamučnog tipa je u broju radnih faza. Kod klasičnog postupka pređenja na prstenastim predilicama, postupak pređenja se pojavljuje u sedam radnih faza, dok kod savremenog postupka bezvretenskog pređenja pojavljuje se u dve faze pređenja koje su prikazane u tabeli 3.1.

Tabela 3.1 Uporedni prikaz faza pređenja /167/

KLASIČAN POSTUPAK	KLASIČAN BEZVRETENSKI POSTUPAK	SAVREMENI BEZVRETENSKI POSTUPAK
1. ČIŠĆENJE 2. KARDIRANJE 3. RAZVLAČENJE I 4. RAZVLAČENJE II 5. PREDPREĐENJE 6. PRSTENASTO PREDENJE 7. PREMOTAVANJE	1. ČIŠĆENJE 2. KARDIRANJE 3. RAZVLAČENJE I 4. RAZVLAČENJE II 5. BEZVRETENSKO PREDENJE	<b>1. AUTOMATSKA LINIJA MEDUSOBNO POVEZANA:</b> - OTVARANJE - MEŠANJE - ČIŠĆENJE - KARDIRANJE - REGULACIONO RAZVLAČENJE <b>2. BEZVRETENSKO PREDENJE</b>

Prema bezvretenskom postupku pređenja, materijal se u vidu trake (1) sa druge pasaže razvlačenja, preko uvodnog valjka (2) uvodi u zonu dejstva uređaja za razvlakivanje (3). Valjak za razvlakivanje čija je brzina obrtaja od 7000-8000 (o/min) obložen je specijalnom testerastom garniturom tako da se iz trake izvlače pojedinačna vlakna (4), koja se zatim uz pomoć struje vazduha transportuju u rotor za pređenje (5). Izdvojena pojedinačna vlakna uz pomoć vazdušne struje ulaze tangentno na zid rotora. Usled velike brzine rotora (sa prečnikom rotora  $\phi 32$  i brzine rotora 115 000 (o/min)) vlakna se pakuju u žleb rotora u vidu klinastog paralelizovanog snopa. Obrtanjem rotora usled dejstva centrifugalne sile i dejstva Koriolisovog ubrzanja tj. sile, formira se izvestan oblik balona pređe. Ispredena pređa iz rotora se preko odvodnih valjaka (10) namotava na kalem (9). Brzina odvoda pređe se kreće u granicama od 25-220 (m/min), kapacitet kalema je do 5 (kg) sa namotanom pređom na njemu (obično je kapacitet kalema do 2 (kg) sa namotanom pređom). Šema bezvretenskog načina pređenja kod OE predilice tipa R1, proizvođača švajcarske firme Rieterr je prikazana na slici 3.2.



1. Traka vlakana, 2. Uvodni valjak, 3. Valjak za razvlakivanje vlakana, 4. Orjentisana vlakna, 5. Rotor, 5'. Aeroležaj, 6. Dizna odsisavanja prašine iz boksa, 7. Pređa, 8. Vodič niti, 9. Kalem, 10. Valjčići za zatezanje pređe pre namotavanja na kalem

**Slika 3.2. Uprošćeni prikaz načina dobijanja prediva bezvretenskim načinom pređenja**

### 3.1.1. TEHNIČKI OPIS SISTEMA PRENOSA

Tehnički opis sistema prenosa se ogleda kroz sledeće karakteristike tj. tehničke podatke:

- Broj obrtaja rotora se kreće u granicama u zavisnosti od njegovog prečnika (prikaz u tabeli 3.2), i uležišten je sa aeroležajem na vazdušnom jastuku;

**Tabela 3.2 Prikaz broja obrtaja rotora (turbine) u zavisnosti od njegovog prečnika /151/**

R.B.	PREČNIK ROTORA (TURBINE) u (mm)	BROJ OBRTAJA ROTORA (o/min)
1.	30	130 000
2.	32 (analizirani sistem)	115 000 (analizirani sistem)
3.	35	100 000
4.	40	85 000
5.	48	70 000
6.	56	60 000

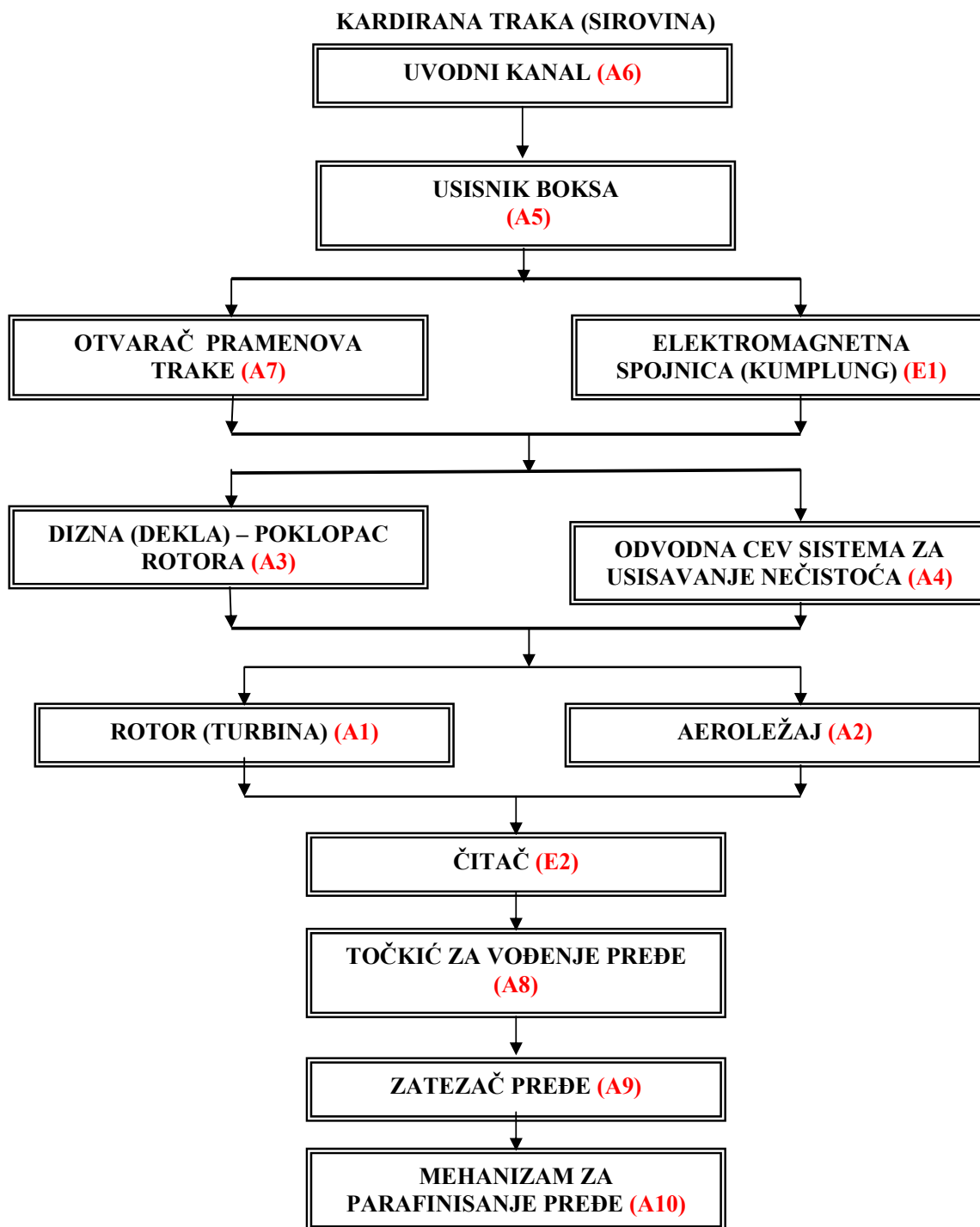
- Maksimalan broj rotora po jednoj predilici kreće se od 220-280 i uvek u stepenu sekcije od 20 rotorskih mesta (analizirani slučaj  $11 \times 20 = 220$  rotorskih mesta);

- Jedinica za pređenje Ri-Q-Box je u području razlačenja od 40 - 400 puta;
- Materijal koji se prerađuje je od prirodnih i sintetičkih vlakana kao i njihova mešavina do dužine vlakana 60 (mm);
- Područje finoće dobijenog prediva se kreće u granicama od 125-10 tex-a (Nm 8-Nm100);
- Brzina liferacije - odvodna brzina se kreće u granicama do 200 (m/min);
- Izveden je savremeni pristup tehničkog rešenja u čišćenju rotora - čišćenje rotora se izvodi pritiskom vazduha;
- Pogon rotora je izveden tangencijalnim ravnim kaišem;
- Ugrađen je sistem čuvara pređe - sistem se ogleda u prekidu hranjenja boksa pređenja kod svakog prekida prediva;
- Ugrađen je uređaj za parafinisanje opcija sa pojedinačnim pogonom. Uređaj se automatski zaustavlja kod prekida prediva i opremljen je velikim prostorom (blokom) za parafin u zatvorenom kućištu;
- Namotavanje kalema isključuje mogućnost namotavanja sloja na sloj kroz periodičnu promenu brzine vodiča prediva za namotavanje;
- Boks pređenja ispreda jednaku finoću trake za sva prediva,
- Ovaj sistem prenosa (kod rotorskog bezvretenskog pređenja) ima do 50% manji broj prekida prediva u odnosu na sistem prstenastog pređenja;
- Promena kalemova i partija se vrši bez starter kalemova (bez kalemova sa drugim predivom);
- Kod ovog sistema prenosa veoma je niska emisija (nivo) buke;
- Ovakav sistem ima elektronsko merenje dužine prediva (sistem daje egzaktno tačnu dužinu prediva);
- Na ovom sistemu pređenja, pogon cilindra za hranjenje je bezstepeno podesiv;
- Broj obrtaja valjka za otvaranje pramenova kreće se u pet intervala, i to u opsegu brzina od 6 500 - 8 500 (o/min);
- Dovodjenje kardirane trake je preko uvodnog kanala i pojedinačnog je hranjenja;
- Prečnik valjaka za otvaranje pramenova trake (razvlakivanje) je 80 (mm);
- Odvođenje nečistoća iz boksa pređenja se vrši preko struje komprimiranog vazduha;
- Na svakoj sekciji boksa pređenja ugrađena je elektronska sekcija za automatsku kontrolu funkcija upravljanja mesta pređenja;
- Transport kalemova (kalemovi namotani predivom) vrši se preko dve posebno upravljane trake na kraju predilice;
- Sastavni elementi boksa pređenja su lako demontažni tj. lako se mogu zameniti u toku rada OE - predilice.

### 3.2 OPIS SKLOPA BOKS PREDENJA – SRCE OE PREDILICE

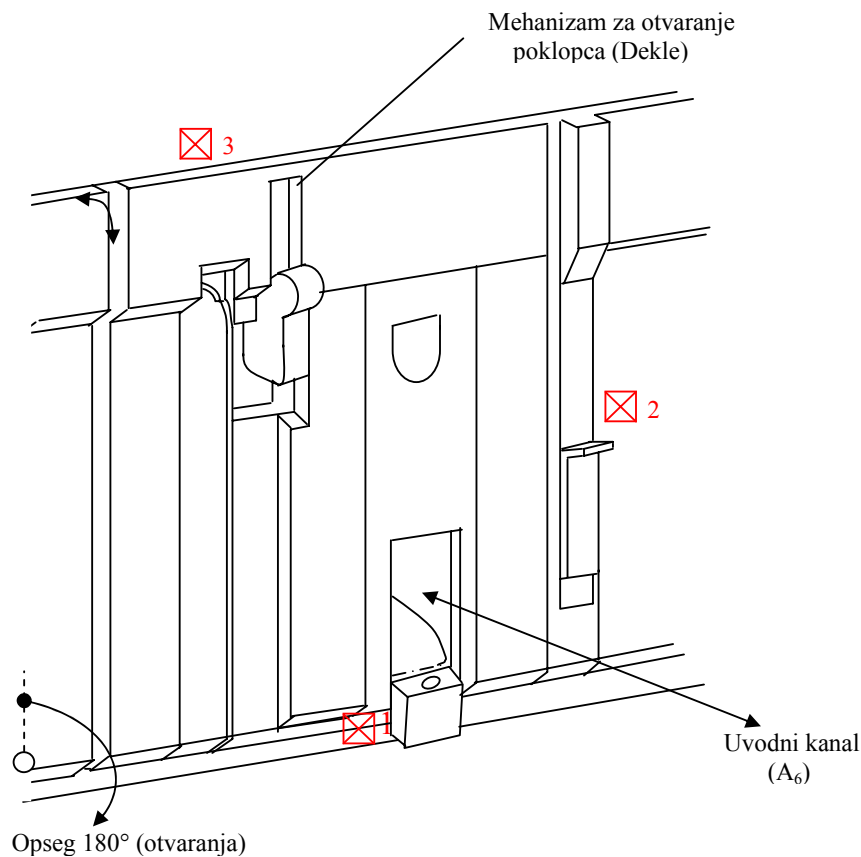
Sistem prenosa snage kod sklopa – boks pređenja je prikazan na slici 3.3 i sastoji se iz sledećih sastavnih komponentata koje su svrstane na osnovu toka prerade kardirane trake (sirovine koja se prerađuje).





Slika 3.3. Sistem prenosa snage sklopa - boks pređenja

**UVODNI KANAL (A6)** - služi za uvođenje kardirane trake u boks pređenja. Uvodni kanal ili mlaznica za odvođenje kardirane trake je izrađena od sinterovane keramike koja ima veliku otpornost na trenje i habanje. Mlaznica je univerzalna za sve tipove kardiranih traka za odvođenje (slika 3.4.).



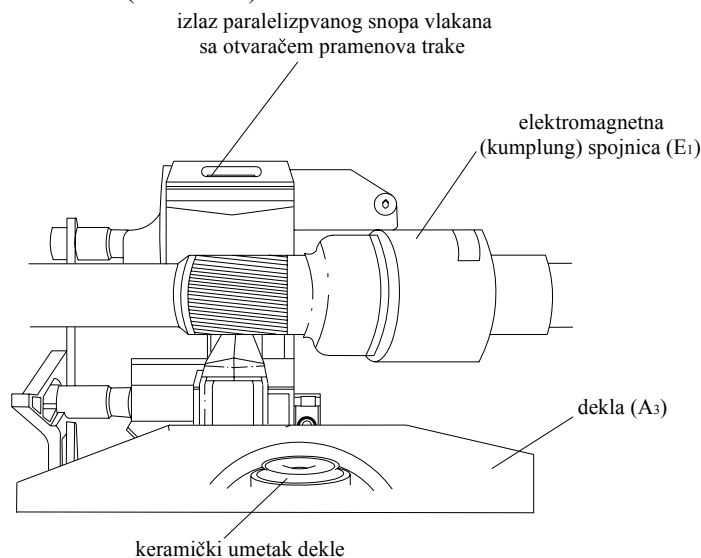
Napomena:  merno mesto

**Slika 3.4. Prednji deo gornjeg dela boksa pređenja**

**OTVARAČ PRAMENOVA TRAKE (A7)** - je čelični valjak na čijem većem prečniku je navučena garnitura za razvlakivanje (češljanje kardirane trake) čime se vrši paralelizacija snopa vlakana. Sa jedne strane ovaj valjak je navučen na ležaj i na njega je oslonjen. Prečnik valjka je  $\varnothing 80$  mm. Ovakvom konstrukcijom valjka omogućuje se pravilno otvaranje (razvlakivanje) uz potpuno očuvanje sopstvenih vlakana iz kardirane trake. Profil zuba je optimalan za nesmetano i potpuno otvaranje pramenova trake. Garnitura sa zupcima je otporna na pojavu trenja čime se postiže veći učinak pri radu sklopa kao i duži vek trajanja. Kod prediva od mešovutih vlakana koja u sebi imaju antistatike (najčešće titanijum dioksid koji se dodaje zbog sjaja prediva) garnitura za razvlakivanje se mnogo brže haba tj. brzo se habaju zupci garniture, i to 3-5 puta brže nego kod prerade prediva bez antistatika (slika 3.8.).

**ELEKTROMAGNETNA SPOJNICA (KUMPLUNG) (E1)** - njena konstrukcija obezbeđuje sigurnost uvlačenja kardirane trake u valjak za razvlakivanje. Ako dođe do povlačenja veće mase kardirane trake ona reaguje i zaustavlja proces pređenja. Brzina obrtaja spojnice kreće se u opsegu od  $v_{ob} = 0,2 \div 0,8$  (m/min). Kardirana traka koja se uvodi elektromagnetnom spojnicom, kreće se u granicama: za pamuk 5,88 tex-a, za mešavinu 5,0 tex-a. Ove vrednosti su konstantne za sve vrste kardiranih traka (slika 3.5.).

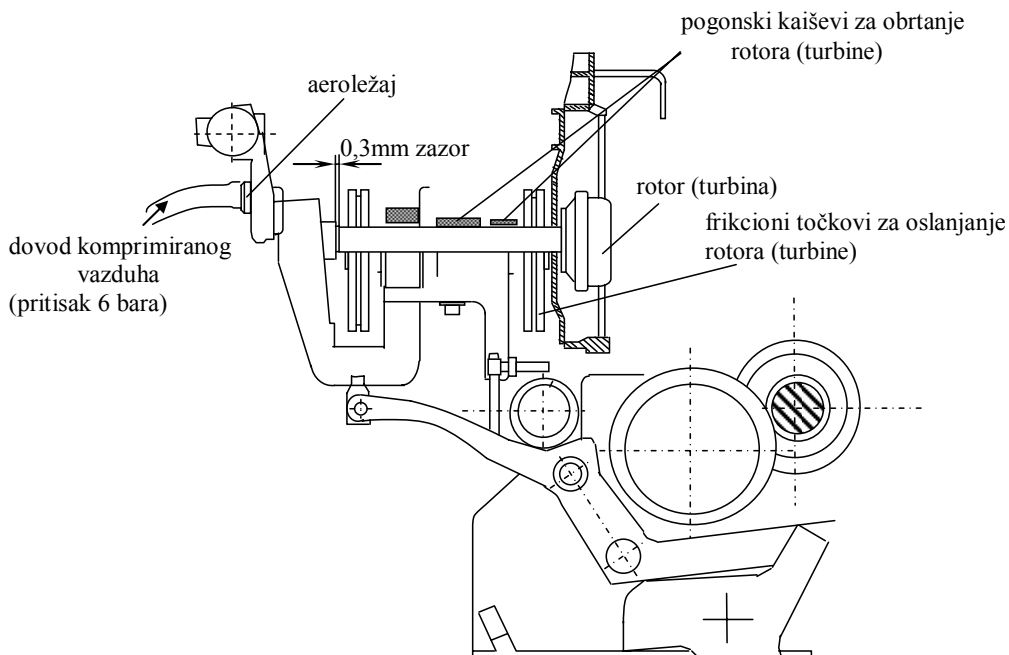
**DIZNA (DEKLA) (A3)** – vrši dovod materijala (pojedinačna vlakna u rotor – turbinu ) i naziva se poklopcem rotora (slika 3.5.).



**Slika 3.5. Prikaz rasklopljenog (otvorenog) stanja mehanizma za obradu kardirane trake**

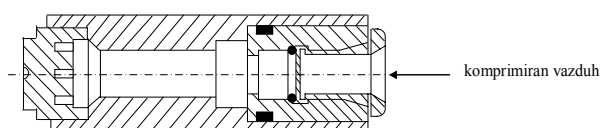
**ODVODNA CEV SISTEMA ZA USISAVANJE NEČISTOĆA (A4)** – konstruktivno putem komprimiranog vazduha odvodna cev povećava iskorišćenost odvajanja nečistoća za 15-25% i ne dolazi do povećanja otpadaka u dobrim vlaknima u odnosu na druge proizvođače ovih predioničkih mašina. Ovo ima za cilj da smanji kidljivost prediva pri pređenju jer ukupno odvajanje nečistoća utiče na smanjenje kidljivosti prediva do 55%. Kroz odvodnu cev se izdvajaju sve nečistoće iz kardirane trake i to neprekidno pri radu OE – predilice (slika 3.8.).

**ROTOR (TURBINA) (A1)** – prečnik rotora kod analiziranog sistema prenosa je  $\varnothing 32$  mm, i koristi se za kvalitetna prediva 10-120 tex-a (8 – 100 Nm). Materijal rotora je specijalno legiran titanov čelik velike otpornosti na habanje i velike tvrdoće do 70 HRC. Brzina rotora je 115 000 (o/min). Konstrukcija ovog tipa rotora ima sledeće prednosti: manja je težina rotora u odnosu na klasične sisteme bezvretenskog pređenja, niža je potrošnja električne energije korišćenjem ovog rešenja rotora, upotreba je univerzalna za sve tipove prediva, velika je otpornost protiv pojave trenja kod naslanjanja pogonskih kaiševa (slika 3.6.).



Slika 3.6. Sklop rotora (turbina) – aeroležaj

**AEROLEŽAJ (A2)** - konstruktivno je izveden kao kombinacija ležaja sa zaštitnim pločama i sastoji se od AERO statičkog ležaja na vazduhu. Ovo je prva konstrukcija do sada ovakvog načina uležištenja. Konstruktivna rešenja aeroležaja do sada su se izvodila sa konvekcionalnim pločama pri čemu se uležištenje za aksijalno pomeranje stalno podmazuje, dok kod ovog načina izvođenja svi procesi se odvijaju preko vazdušnog jastuka tj. preko sloja od vazduha (slika 3.7).

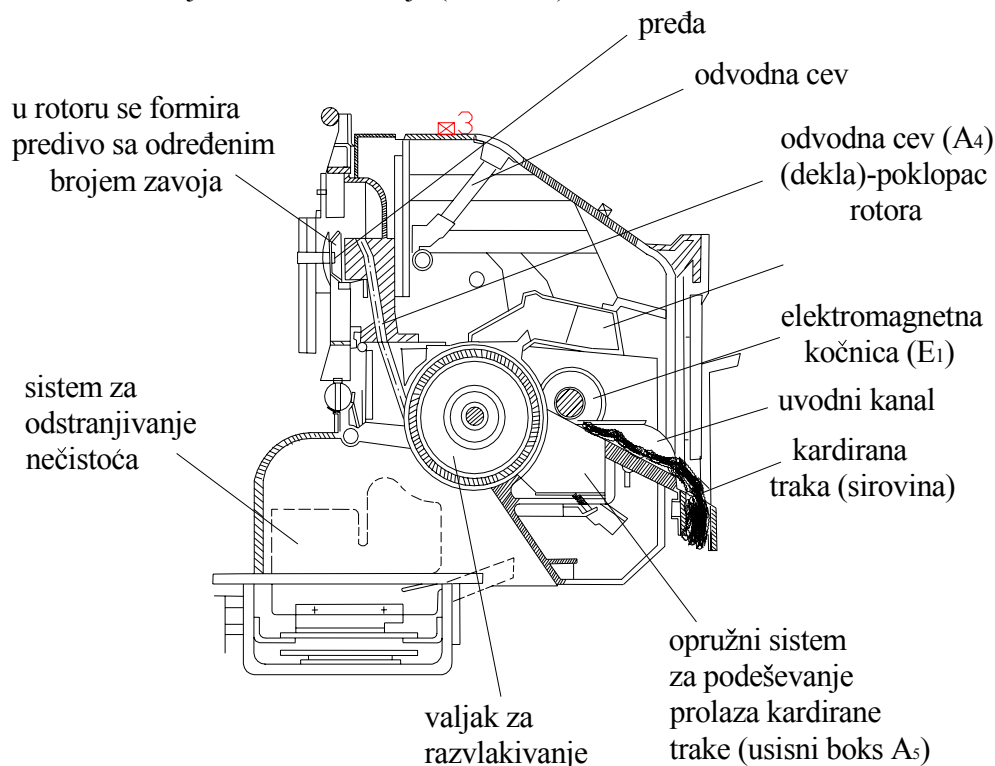


Slika 3.7. Aeroležaj

Ovaj sloj vazduha je komprimiran vazduh i dovodi se na rotor i krajeve rotora. Ovakvo konstruktivno izvođenje aeroležaja ne dozvoljava dejstvo bilo kakvog mehaničkog trenja. Ovakav vazdušni sloj ima za cilj da se stalno dovodi na krajeve rotora tako da se pri najvišem broju obrtaja rotora sprečavaju vibracije. Zbog ovakvog konstruktivnog rešenja, rotor i aeroležaj imaju miran rad, gotovo bez šuma. Zbog svih nabrojanih prednosti ovakav vid konstrukcije obezbeđuje sebi budućnost kao konstruktivno rešenje za predenja sa najvećim brojem obrtaja rotora (do 130 000 o/min). Takođe, čišćenje u toku rada aeroležaja i rotora izvodi se vazduhom pod pritiskom čime se sigurno vrši odstranjivanje i najsitnijih delića nečistoća. Treba istaći da se u rotoru formira predivo sa određenim brojem zavoja.

Iz prethodno objašnjenog, oslanjanje rotora i centričnost u radijalnom pravcu je na oblogama - frikcionim točkovima, dok u aksijalnom pravcu njegovo oslanjanje i centričnost je na vazdušnom jastuku kojeg uslovljava konstrukcija aeroležaja.

**USISNIK BOKSA (A5)** – vrši odstranjivanje nečistoća koje se nalaze u kardiranoj traci pri njenom ulasku u valjak za razvlakivanje (slika 3.8.).



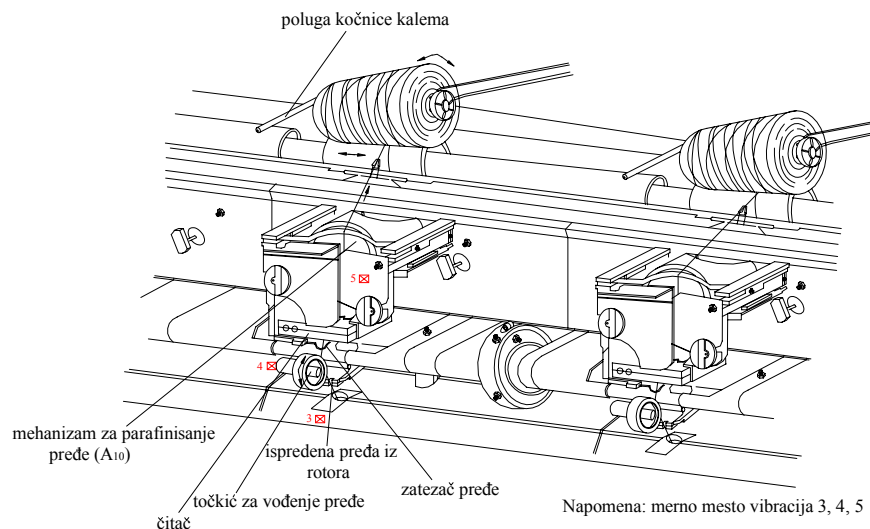
Napomena: ☒ merno mesto vibracija 3

**Slika 3.8. Presek donjeg dela boksa pređenja**

**ELEKTRONSKI ČITAČ (E2)** - vrši kontrolu kvaliteta prediva po ciklusu pređenja u boksu pređenja. Sigurno, i u svakom trenutku signalizira kvalitet pređe po partiji, i automatski daje informacije ako dođe do kidljivosti ili do neodgovarajućih karakteristika prediva. Takođe vrši kontrolu merenja dužine prediva koje je izrađeno u boksu pređenja. Glavne vrste grešaka koje on pronalazi i registruje su: N-nope, S-kratka debela mesta, L-dugačka debela mesta, T-tanki mesta, Mo-moire, C-numera prediva (slika 3.9.).

**TOČKIĆ ZA VOĐENJE PREĐE (A8)** – je od specijalne vrste ebonita (tvrde gume) koji ravnomerno pritiska izrađenu pređu da bi zatezač mogao pravilno da funkcioniše. Kod ovog točkića uzet je takav materijal za oblogu koji je otporan na mehanička oštećenja (usecanje i narisivanje obloge) usled prolaza pređe, a takođe je otporan i na pojavu trenja (slika 3.9.).

**ZATEZAČ PREĐE (A9)** - je konstruktivno napravljen kao jednostavni opružni sistem koji ravnomerno zateže predivo kod bilo koje numere prediva. Kretanje zatezača je oscilatorno harmonijski, pri čemu je njegov ugao otklona  $\alpha = 8-12^\circ$  (slika 3.9.).



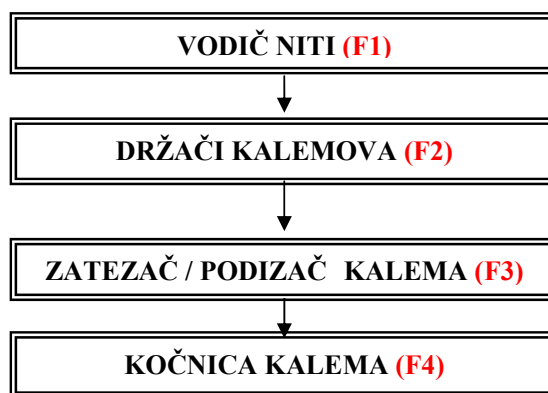
Slika 3.9. Prikaz gornjeg dela boksa pređenja

**MEHANIZAM ZA PARAFINISANJE PREĐE (A10)** - je na pojedinačni pogon kod svakog boksa pređenja. Mehanizam nanošenja parafina na predivo se zaustavlja pri svakom prekidu prediva. Mehanizam ima zatvoreno kućište sa velikim blokom parafina u sebi, što je dobro sa strane nesmetanog rada izrade velike količine prediva sa jednim punjenjem kućišta. Montaža i demontaža kao i zamena parafina je veoma jednostavna. Parafinisanje pređe je neophodno zbog smanjenja uticaja elektrostatičkog trenja u predivu (slika 3.9.).

### 3.3. OPIS SKLOPA ZA NAMOTAVANJE KALEMOVA GOTOVOM PREĐOM

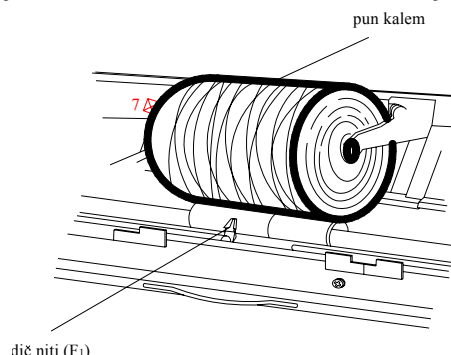
Sistem prenosa snage kod sklopa za namotavanje kalemova gotovom pređom je prikazan na slici 3.10. i sastoji se iz sledećih sastavnih komponenti koje su svrstane na osnovu ispredene pređe koja je dobijena upređanjem iz rotora (turbine) i nastavlja svoj put ka kalemu na kome se namotava.

#### PREĐA KOJA IZLAZI IZ MEHANIZMA ZA PARAFINISANJE



Slika 3.10. Sistem prenosa sklopa za namotavanje kalemova gotovom pređom

**VODIČ NITI (F1)** - služi za ravnomerno i sigurno namotavanje prediva na konusni kalem. Njegovo kretanje je pravolinijsko sa povratnim hodom, broj ciklusa je 120 ciklusa / u minuti. Izrađen je od specijalne vrste keramike sa metalnom oblogom otpornoj na pojavu trenja. Montaža i demontaža su veoma jednostavne (slika 3.11.).

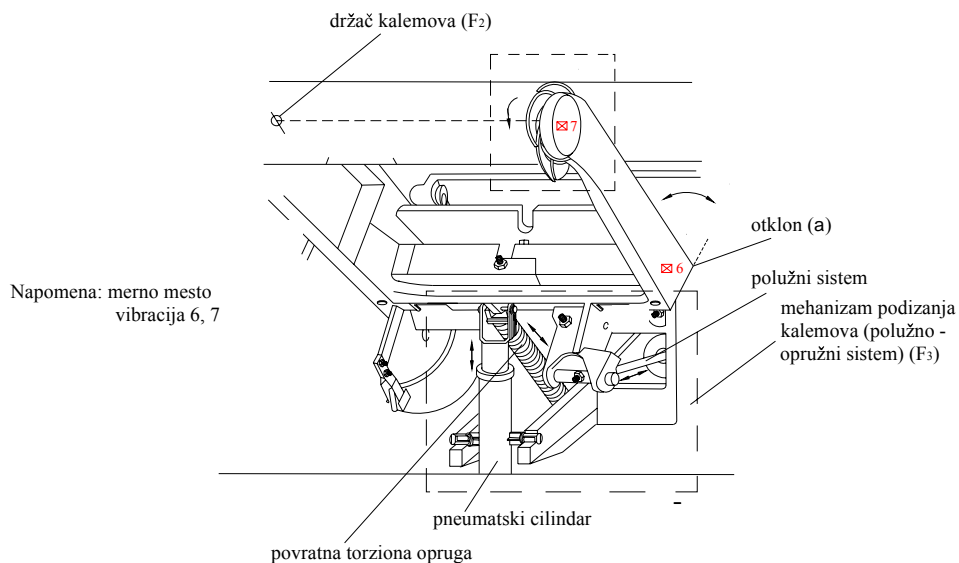


Slika 3.11. Sistem za namotavanje kalemova gotovom predom – prednji deo sklopa

**DRŽAČI KALEMA (F2)** - služe za centriranje i ravnomerno kružno obrtanje kalemova pri namotavanju. Držači su izrađeni od specijalne vrste polimera, posebnog su oblika navučeni su na kotrljane ležajeve. Pri stradanju ležaja, usled ulaska nečistoća u njemu, dolazi do njegovog zaribavanja, ali i do loma umetka držača kalemova (slika 3.12.).

**ZATEZAČ I PODIZAČ KALEMOVA (F3)** - je opružno polužni sistem koji služi za odlaganje punih kalemova na transportnu traku. Opružni sistem je nenapregnut pri namotavanju kalemova predom, dok kod punih kalemova isti se aktivira i odvaja puni kalem od obloga na kojima kalem naleže pri namotavanju (slika 3.12.).

**KOČNICA KALEMOVA (ZAUSTAVLJANJE KALEMOVA PRI PREKIDU PREDE) (F4)** - je sistem koji se sastoji od obloga valjkastog oblika na kojima naleže kalem pri namotavanju, kao i od poluge koja se aktivira pri navezivanju prekinute prede (slika 3.12.).



Slika . Sistem za namotavanje kalemova gotovom predom (2)

Slika 3.12. Sistem za namotavanje kalemova gotovom predom – zadnji deo sklopa

### 3.4. ISTRAŽIVANJA UZROKA NEISPRAVNOSTI KOMPONENATA SKLOPOVA PRENOSA SNAGE OE PREDILICE – ANALIZA STABLA OTKAZA

Otkazi koji su nastupili na sastavnim sklopovima OE – predilice na osnovu povišenih nivoa mehaničkih oscilacija evidentirani su na osnovu organizacije prikupljanja podataka (poglavlje 2.7.) tj. organizacije toka kontrole nivoa mehaničkih oscilacija izmerenih veličina stohastičkih signala na izabranim mernim mestima. Na osnovu svih evidentiranih otkaza na analiziranim sastavnim komponentama sklopova formirana su stabla otkaza sklopova OE – predilice.

Analiza otkaza na sklopovima OE - predilice obuhvatila je primenu metoda analize stabla otkaza koji nastaju usled dejstva mehaničkih oscilacija na analizirane sklopove. Ova analiza će kasnije biti iskorišćena u analizi pouzdanosti rada komponenta analiziranih sklopova.

Sa stanovišta funkcionalnosti i konstruktivnih karakteristika analizirani sklopovi OE - predilice sa oznakom *R1* spadaju u složene tehničke sklopove tekstilne tehnologije sa aspekta rukovanja i sa aspekta tehnologije održavanja. Konstruktivni deo tehničkih sklopova je izveden sa izradom komponenta koje imaju visoki tehnološki nivo (veoma dobre obrade površina, postojanost kao i stabilnost). Međutim, kao i kod svih tehničkih sklopova postoje određena slaba mesta.

Glavni elementi sklopova prenosa su analizirani i na njima su izabrana slaba mesta tehničkih sklopova i definisana su kao jednokratna slaba mesta kod kojih se otkazi ponavljaju, i isti se mogu jednim delom prevazići uvođenjem tehnologije pravilnog održavanje na njima tj. održavanjem nivoa mehaničkih oscilacija u predviđenim pojasevima (u određenim granicama njihove uticajnosti). Neprekidnim praćenjem nastanka otkaza, zbog povećanog delovanja mehaničkih oscilacija, postavlja se i cilj održavanja prema stanju tj. pravilnim preventivnim održavanjem može se ublažiti dejstvo uticaja mehaničkih oscilacija, a time i uticati na smanjenje broja otkaza sastavnih komponenti analiziranih sklopova. Analiza stabla otkaza pokazuje da intenzivno praćenje pojava otkaza dovodi do otkrivanja slabih mesta na tehničkim sklopovima, što je u ovom delu analize i učinjeno.

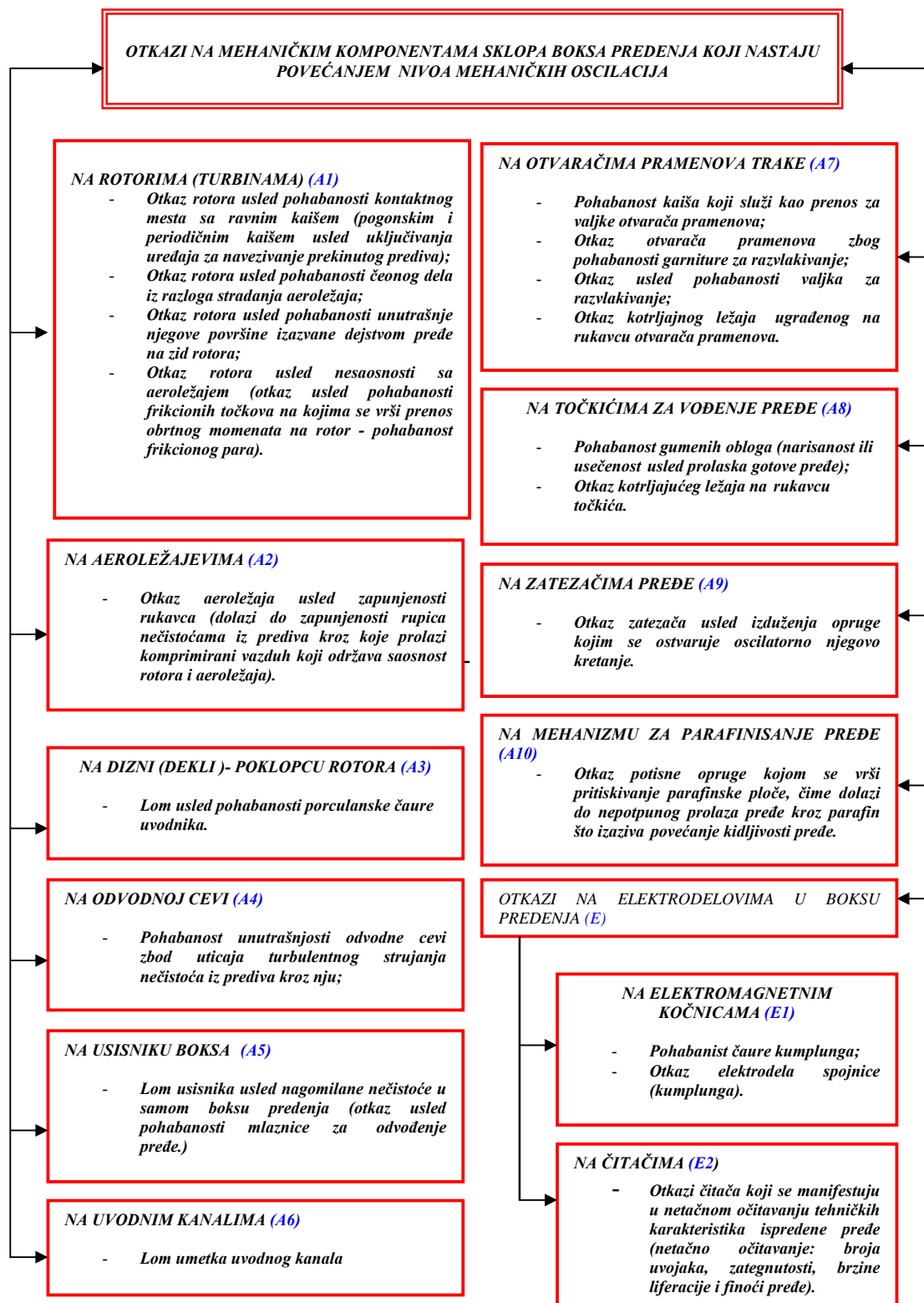
Analiza otkaza predstavljena je deduktivnom tehnikom u kojoj se specifikuju neželjene posledice koje nastaju zbog uticaja mehaničkih oscilacija (vibracija) i koje se javljaju u procesima eksploatacionog rada analiziranih sklopova OE - predilice. Analiza je obuhvatila karakter uzroka otkaza glavnih elemenata sklopova (odnosi se na analizu sklopa boksa pređenja - srca OE predilice i kod sklopa za namotavanja kalemova gotovom predom ) kao i načine na kojima taj uzrok dovodi do otkaza.

Rezultati broja otkaza slabih mesta koji se dobijaju u eksploatacionim uslovima, poslužiće u analizi sigurnosti funkcionisanja rada analiziranih sklopova (određivanju procentualnog učešća otkaza) kao i na određivanju njihovih pouzdanosti što će biti učinjeno u poglavlju 4.0. ove disertacije.

Na slikama 3.13. i 3.14. dati su uzroci uticaja mehaničkih oscilacija koje dovode do otkaza sastavnih delova i komponenta analiziranih sklopova, na osnovu kojih se mogu predvideti postupci tehnologije njihovog preventivnog održavanja.

Na slici 3.13. izvršen je prikaz uzroka otkaza na sklopu boks pređenja zbog povećanog uticaja mehaničkih oscilacija.

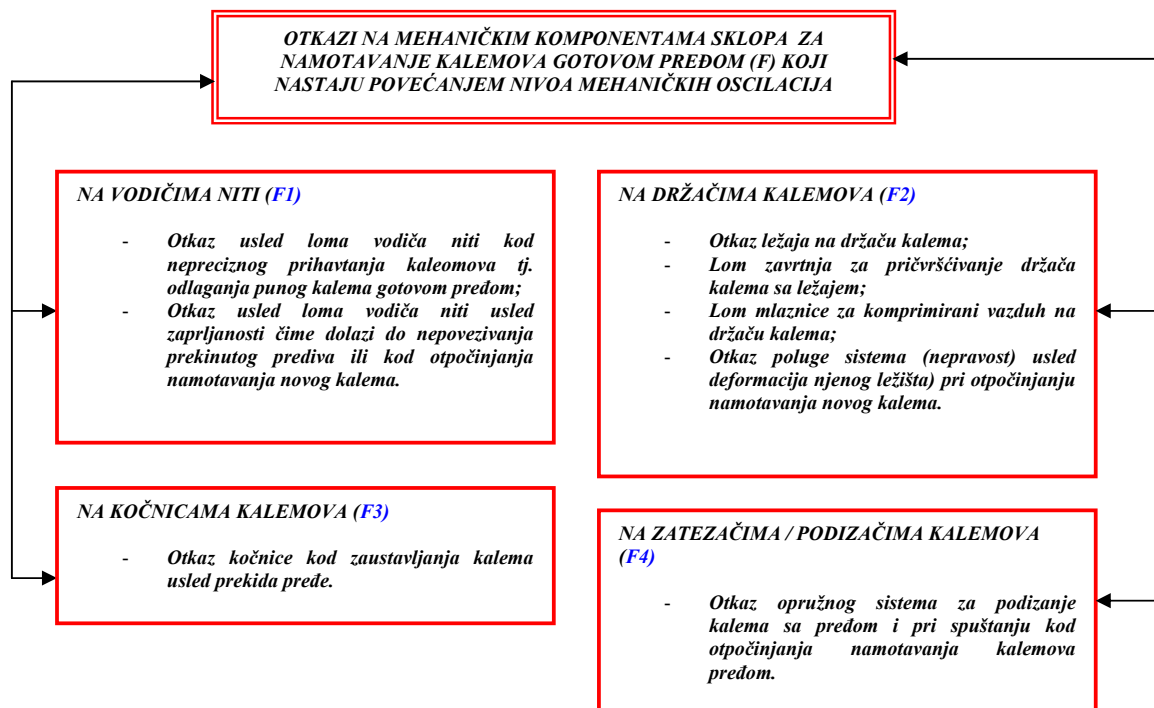




Slika 3.13. Otkazi na sastavnim komponentama boksa pređenja zbog uticaja povećanog dejstva mehaničkih oscilacija

Treba istaći da je analiza obuhvatila otkaze koji se najčešće pojavljuju u eksploataciji rada analiziranih sklopova OE – predilice, a dobijeni su stalnim merenjima nivoa mehaničkih oscilacija čiji povećani nivoi do njih dovode. Otkazi su tako analizirani da jasno ukazuju na krajnje posledice nemogućnosti rada komponenti analiziranih sklopova prenosa snage OE - predilice.

Na slici 3.14. prikazani su najuticajniji otkazi prenosa snage kod komponenata sklopa za namotavanja kalemova gotovom predom, zbog povećanog nivoa mehaničkih oscilacija.



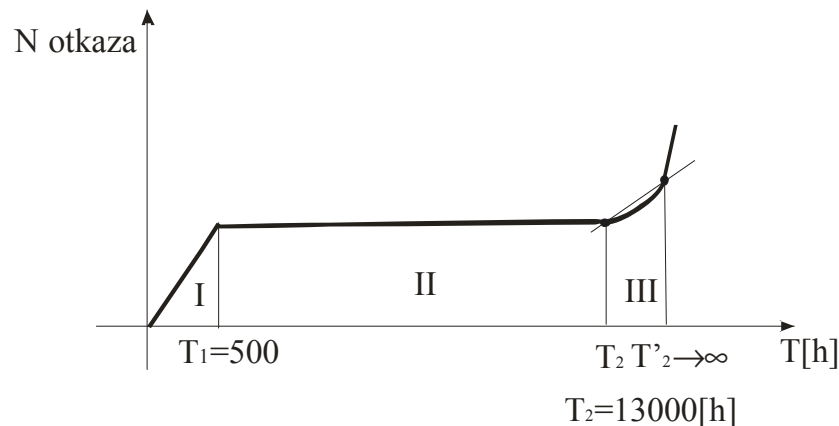
**Slika 3.14. Otkazi na sastavnim komponentama sklopa za namotavanje kalemova gotovom predom zbog povećanog dejstva mehaničkih oscilacija**

## 4.0. TEORIJSKA ANALIZA

### 4.1. ANALIZA BROJA OTKAZA SASTAVNIH KOMPONENATA ANALIZIRANIH SKLOPOVA (SKLOP – BOKS PREDENJA I SKLOP ZA NAMOTAVANJE KALEMOVA GOTOVOM PREDOM) – OE PREDILICE U POSMATRANOM VREMENU NJIHOVE EKSPLOATACIJE

Analizirani sklopovi nisu u početku eksploatacije imali veći broj otkaza njihovih komponenta, već je dolazilo do nepreciznosti u njihovoj montaži koje su dovodile do određenih njihovih zastoja, i može se reći da ovo nisu rani otkazi u uhodavanju sklopova već nedostaci pri puštanju OE - predilice u njen eksploatacioni rad.

Od uhodanog stanja rada OE – predilice postepeno je dolazilo do habanja komponenti sklopova, a u sprezi sa tim i do povećanog nivoa mehaničkih oscilacija koje su dovodile do otkaza pojedinih njihovih komponenta. Prvi otkazi su se pojavili oko 13 000 h rada na sastavnim komponentama analiziranih sklopova OE – predilice.. Od ovog perioda pa do 22.02.2002. godine dolazi do intenzivnog rasta otkaza njihovih sastavnih komponenti, pa se za ovaj period može reći da je on period njihovog nestabilnog rada (prikaz u tabeli 4.1). Ovo se može prikazati dijagramom zavisnosti broja otkaza  $N_{otkaza}$  u funkciji eksploatacionog vremena  $t$  (prikaz na slici 4.1).



**Slika 4.1. Oblasti zavisnosti broja otkaza komponenti analiziranih sklopova na osnovu povećanog nivoa mehaničkih oscilacija u funkciji njihovog vremena eksploatacionog rada bez primene postupaka tehnologije preventivnog održavanja**

Na prikazanoj slici 4.1. jasno se mogu uočiti tri oblasti u kojima nastaju otkazi i to:

1. Oblast pri uhodavanju sklopa  $0 \div (t_1)$ , (*I pojas eksploatacije*);
2. Oblast uhodanog rada sklopa  $(t_1 \div t_2)$ , (*II pojas eksploatacije*);
3. Oblast nestabilnog rada sklopa.  $(t_2 < t'_2 < t_2 \rightarrow \infty)$ , (*III pojas eksploatacije*).

Analiza otkaza sastavnih komponenti analiziranih sklopova biće skoncentrisana na oblasti njihovog nestabilnog rada jer tada dolazi do njihovog intenziviranja. Ako sa  $t_1$ - obeležimo vreme do koga se analizirani sklop uhodavao, a sa  $t_2$  vreme do koga je analizirani sklop imao rad bez otkaza (eksploataciono – uhodan sklop sa oblašću dozvoljenog rizika rada

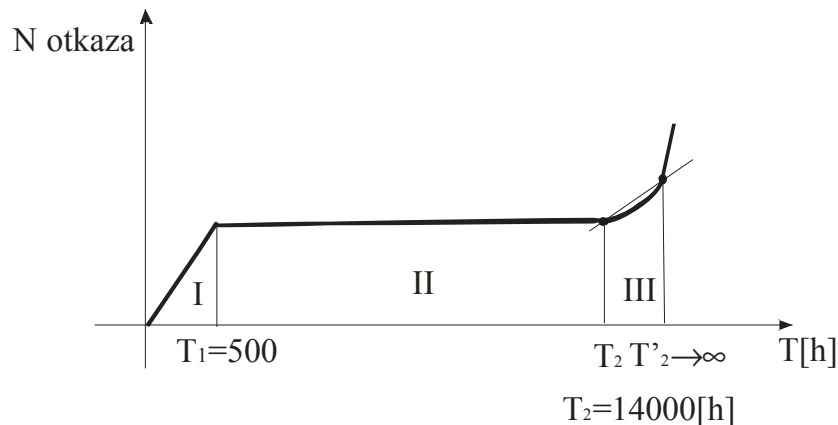
– siguran rad) onda je svaki interval vremena posle vremena  $t_2$  interval nestabilnog njegovog rada  $t_2' > t_2$ , tj. interval rada sa rizikom.

U vremenu do 22.02.2002. godine dolazilo je do otkaza i zamene pohabanih sastavnih komponenata sklopova, i nije se u tom periodu pojavilo vreme uhodavanja jer su sklopovi intenzivno nastavljali sa radom.

Zamena pohabanih sastavnih komponenti je izvršena u periodu od 23.02.2002. godine do 11.03.2002. godine, i ova zamena se smatrala generalnim remontom analiziranih sklopova. Generalni remont je sproveden na svim mestima pređenja tj. na sva 220 mesta pređenja koja se nalaze na OE - predilici.

U periodu od 20.02.2002. godine do 20.05.2005. godine na analiziranim sklopovima sprovodili su se postupci tehnologije preventivnog održavanja, što je dovelo do dužeg veka ispravnosti rada njihovih sastavnih komponenti, i u tom periodu prvi otkazi su se pojavili blizu 14 000 (h) njihove eksploatacije.

Na slici 4.2 izvršen je prikaz zavisnosti broja otkaza  $N_{otkaza}$  u funkciji eksploatacionog vremena  $t$  sastavnih komponenata analiziranih sklopova na kojima su se sprovodili postupci tehnologije preventivnog održavanja.



**Slika 4.2 Oblasti zavisnosti broja otkaza komponenti analiziranih sklopova na osnovu povećanog nivoa mehaničkih oscilacija u funkciji njihovog vremena eksploatacionog rada sa primenom postupaka tehnologije preventivnog održavanja**

Može se konstatovati što je u tabelama 4.1 i 4.2 prikazano, da sastavne komponente: točkić za vođenje pređe -  $A_8$ , zatezač pređe -  $A_9$ , mehanizam za parafinisanje pređe -  $A_{10}$ , zatezač / podizač kalemova -  $F_3$ , gotovo nisu imale niti jedan otkaz, te iz tog razloga u tabelarnom pregledu nisu evidentirani (njihova pouzdanost je bila maksimalna ( $R_{A_8}, R_{A_9}, R_{A_{10}}, R_{F_3} = 1, 0$ )).

Na osnovu broja evidentiranih otkaza koji su nastali povećanjem nivoa mehaničkih oscilacija, izvršena je procedura određivanja pouzdanosti iz eksploatacionih uslova svake sastavne komponente analiziranih sklopova.

U tabelama 4.1 i 4.2, izvršen je prikaz svih otkaza koji su nastali usled povećanog nivoa mehaničkih oscilacija na mernim mestima analiziranih sklopova OE - predilice tj. njihovih sastavnih komponenti. Tabela 4.3 je obuhvatila zabeležene otkaze na sastavnim komponentama analiziranih sklopova na kojima nisu sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja, dok tabela 4.4 je zabeležila sve otkaze na komponentama na kojima su postupci tehnologije preventivnog održavanja sprovedeni.

**Tabela 4.1 Otkazi koji su nastali usled povećanog nivoa mehaničkih oscilacija na mestima analiziranih sklopova i njihovih sastavnih komponentata na kojima nisu sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja**

DATUM OTKAZA	OTKAZI NA MESTIMA - KOMPONENTAMA ANALIZIRANIH SKLOPOVA PREMA REDNIM BROJEVIMA PO MESTIMA PREDENJA												
	Rotorima (A1)	Aero-ležajevima (A2)	Dizni-Dekli (A3)	Odvodnoj cevi (A4)	Usisniku boksa (A5)	Uvodnim kanalima (A6)	Otvaraču pramenova trake (A7)	Vodičima niti (F1)	Držačima kalema (F2)	Zatezačima (F3)	Elektromagnetnoj spojnici (E1)	Elektro-nskim čitačima (E2)	Kočnicama kalemova (F4)
<b>1999. GODINA</b>													
26.10.1999.	6, 9, 12, 22, 28, 29, 30, 31, 35, 36, 37, 39, 41, 42, 43, 44, 54, 55, 58, 62, 64, 65, 66, 72, 74, 85, 86, 87, 90, 98, 99, 102, 104, 107, 110, 112, 119, 122, 127, 137, 138, 139, 141, 142, 143, 153, 155, 157, 166, 168, 169, 171, 174, 184, 190, 191, 192, 195, 202, 212, 216, 218, 219, 220.	6, 9, 12, 22, 28, 29, 30, 31, 35, 36, 37, 39, 41, 42, 43, 44, 54, 55, 58, 62, 64, 65, 66, 72, 74, 85, 86, 87, 90, 98, 99, 102, 104, 107, 110, 112, 119, 122, 127, 137, 138, 139, 141, 142, 143, 153, 155, 157, 166, 168, 169, 171, 174, 184, 190, 191, 192, 195, 202, 212, 216, 218, 219, 220.			218, 220.	74.			6, 9, 11, 12, 15, 17, 19, 22, 28, 29, 30, 31, 35, 36, 39, 41, 42, 43, 44, 54, 55, 59, 64, 65, 66, 72, 74, 85, 86, 87, 99, 101, 102, 103, 107, 109, 110, 112, 122, 123, 127, 131, 135, 137, 138, 139, 141, 142, 149, 153, 157, 165, 169, 174, 184, 185, 187, 190, 192, 199, 202, 212, 216, 218, 219, 220.		9, 19, 37, 65, 153.		
27.10.1999.			102						90, 155, 171.		8, 13, 32, 64, 154.		
12.11.1999.													185
15.11.1999.								127, 185					

DATUM OTKAZA	OTKAZI NA MESTIMA - KOMPONENTAMA ANALIZIRANIH SKLOPOVA PREMA REDNIM BROJEVIMA PO MESTIMA PREDENJA												
	Rotorima (A1)	Aero- ležajevima (A2)	Dizni- Dekli (A3)	Odvodnoj cevi (A4)	Usisniku boksa (A5)	Uvodnim kanalima (A6)	Otvaraču pramenova trake (A7)	Vodičima niti (F1)	Držačima kalema (F2)	Zatezačima (F3)	Elektro- magnetnoj spojnici (E1)	Elektro- nskimi čitačima (E2)	Kočnicama kalemova (F4)
18.11.1999.	195	195	96, 192.										
27.12.1999.	129, 158.	129, 158.						178					
28.12.1999.													109
IZVRŠENO JE PODEŠAVANJE SVIH AEROLEŽAJA I ROTORA KOJI SU ZAMENJENI U PERIODU OD 26.10. 1999. - 04.01.2000.													
2000. GODINA													
05.01.2000.								175					
11.01.2000.								146	28, 68, 102.				
28.01.2000.		101, 113, 132, 184.					184		21, 29, 31, 41.		185		
01.02.2000.									17, 19, 28.				
08.02.2000.									75, 220.				
15.02.2000.	MAŠINA JE GENERALNO OČIŠĆENA												
27.03.2000.											219		
28.03.2000.								61, 72.					
29.03.2000.								188	6				
17.04.2000.				74				109	56				
21.04.2000.							6, 9, 12, 22, 28, 29, 30, 31, 35, 36, 37, 39, 41, 42, 43, 44, 54, 55, 58, 62, 65, 66, 86.						
05.05.2000.	12, 63.	12, 63.	6		74		216		56, 62, 98, 152, 162.				
08.05.2000.	IZVRŠENA JE ZAMENA ULJA U MAŠINI, I IZVRŠENO JE PODMAZIVANJE NA SVIM MESTIMA KOJA SU OBUHVAĆENA KARTOM PODMAZIVANJA												
24.05.2000.	52	52, 62		168			64, 108.						
26.05.2000.									7, 74, 88, 90.				
05.06.2000.	78	78											
12.06.2000.	MAŠINA JE GENERALNO OČIŠĆENA												
28.06.2000.			98				202						
02.11.2000.	67	67											
03.11.2000.	MAŠINA JE GENERALNO OČIŠĆENA, IZVRŠENO JE PRANJE SVIH ROTORA (kom. 220)												

DATUM OTKAZA	OTKAZI NA MESTIMA - KOMPONENTAMA ANALIZIRANIH SKLOPOVA PREMA REDNIM BROJEVIMA PO MESTIMA PREDENJA												
	Rotorima (A1)	Aero- ležajevima (A2)	Dizni- Dekli (A3)	Odvodnoj cevi (A4)	Usisniku boksa (A5)	Uvodnim kanalima (A6)	Otvaraču pramenova trake (A7)	Vodišima niti (F1)	Držačima kalema (F2)	Zatezačima (F3)	Elektro- magnetnoj spojnici(E1)	Elektro- niskim čitačima (E2)	Kočnicama kalemova (F4)
08.11.2000.							194		8, 96, 98, 144, 163, 172.				
13.11.2000.								98, 162					
23.11.2000.	96, 120.	96, 120.			75	218, 220.	80, 91, 146, 205.	5, 27, 87.	29, 33, 43, 89, 183, 187, 197, 199, 216.			6, 121, 123, 144.	
08.12.2000.	218, 220.	218, 220.	218, 220.	220		218, 220.	218, 220.						
22.12.2000.	16	16											
<b>2001. GODINA</b>													
10.01.2001.		88											
18.01.2001.	96	96	96		94, 96	88							
01.02.2001.	84, 162	84, 162, 176	84				84, 162						
04.06.2001.					190	9	126		30, 58, 68, 136, 145, 177, 220.				
11.06.2001.	215	215	153										
12.07.2001.							21						
21.08.2001.		190								56			
19.09.2001.	27, 81, 147	27, 81, 147											
24.09.2001.										58			
26.09.2001.	185	24, 48, 106, 107, 120, 185.					24, 106, 107, 168.						
01.10.2001.								45, 136, 162, 179, 186.					
26.10.2001.	55	55											
29.10.2001.								70					
31.10.2001.	34	34											
05.11.2001.								89					
19.11.2001.		121			58								

DATUM OTKAZA	OTKAZI NA MESTIMA - KOMPONENTAMA ANALIZIRANIH SKLOPOVA PREMA REDNIM BROJEVIMA PO MESTIMA PREDENJA												
	Rotorima (A1)	Aero-ležajevima (A2)	Dizni-Dekli (A3)	Odvodnoj cevi (A4)	Usisniku boksa (A5)	Uvodnim kanalima (A6)	Otvaraču pramenova trake (A7)	Vodičima niti (F1)	Držačima kalema (F2)	Zatezačima (F3)	Elektromagnetnoj Kočnici (E1)	Elektro-nskim čitačima (E2)	Kočnicama kalemova (F4)
20.11.2001.	4	4											
22.11.2001.	97	97											
26.11.2001.		106			98		98						
27.12.2001.	23	23											
<b>2002. GODINA</b>													
08.01.2002.							92						
10.01.2002.	75	75											
16.01.2002.							120						
02.02.2002.	1, 15, 45	1, 15, 45											
06.02.2002.	27	27					40						
12.02.2002.							162						
13.02.2002.	200	200											
15.02.2002.	38	38											
20.02.2002.	GENERALNI REMONT SVIH BOKSEVA PREDENJA I SKLOPOVA ZA NAMOTAVANJE KALEMOVA GOTOVOM PREDOM												

**Tabela 4.2 Otkazi koji su nastali usled povećanog nivoa mehaničkih oscilacija na mestima analiziranih sklopoiva i njihovih sastavnih komponenti na kojima su sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja**

DATUM OTKAZA	OTKAZI NA MESTIMA - KOMPONENTAMA ANALIZIRANIH SKLOPOVA PREMA REDNIM BROJEVIMA PO MESTIMA PREDENJA												
	Rotorima (A1)	Aero-ležajevima (A2)	Dizni-Dekli (A3)	Odvodnoj cevi (A4)	Usisniku boksa (A5)	Uvodnim kanalima (A6)	Otvaraču pramenova trake (A7)	Vodičima niti (F1)	Držačima kalema (F2)	Zatezačima (F3)	Elektromagnetnoj spojnici (E1)	Elektro-nskim čitačima (E2)	Kočnicama kalemova (F4)
<b>2002. GODINA</b>													
20.02.2002	GENERALNI REMONT SVIH BOKSEVA PREDENJA I SKLOPOVA ZA NAMOTAVANJE KALEMOVA GOTOVOM PREDOM												
30 - 31.07.2002	GENERALNO ČIŠĆENJE MAŠINE I PODMAZIVANJE												
02. - 16. 12. 2002.	PRIMENA POSTUPAKA TEHNOLOGIJE PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA I KONTROLA RADA SASTAVNIH KOMPONENATA NA SVIM MESTIMA PREDENJA												
<b>2003. GODINA</b>													
23. - 27. 06.2003.	PRIMENA POSTUPAKA TEHNOLOGIJE PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA I KONTROLA RADA SASTAVNIH KOMPONENATA NA SVIM MESTIMA PREDENJA												
16. - 30. 12. 2003.	PRIMENA POSTUPAKA TEHNOLOGIJE PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA I KONTROLA RADA SASTAVNIH KOMPONENATA NA SVIM MESTIMA PREDENJA												
<b>2004. GODINA</b>													
									6,9,11,12,15,17, 19,21,22,28,29, 30,31,35,36,39, 41,42,43,44,54, 55,58,59,64,65,				



29.03.2004									66,72,74,85,86, 87,90,101,103, 107,109,110,112, 122,123,127,131, 135,137,138,139, 141,142,145,149, 153,155,157,165, 169,171,174,184, 185,190,192,202, 212,218,219				
20.04.2004	6,9,11,12, ,22,28,29, 30,31,35,36,37,39, 41,42,43,44,54, 55,58,62,64,65, 66,72,74,85,86, 87,90,98,99,102, 104,107,110, 112,119,122, 127, 137,138,139, 141,142,153,155, 157,166,168, 169,171,174,184, 190,191,192,195, 202,212,216,218, 219,220. (na ovim mestima izvr{eno je pre{telovanje)	6,9,11,12, ,22,28,29, 30,31,35,36,37,39, 41,42,43,44,54, 55,58,62,64,65, 66,72,74,85,86, 87,90,98,99,102, 104,107,110, 112,119,122, 127, 137,138,139, 141,142,153,155, 157,166,168, 169,171,174,184, 190,191,192,195, 202,212,216,218, 219,220. (na ovim mestima izvr{eno je pre{telovanje)						127,185				185	
21.04.2004					218	74							
26.04.2004			96,102, 192									3,8,9,13,15, 19,32,37,64, 65,154	
15.05.2004													109
24.05.2004													
28.05.2004	129,158,202,212, 216,218,219,220	129,158,202,212, 216,218,219,220											
04.06.2004									117,175, 178				
05.06.2004										68,102			
03.07.2004							6,9,12,22, 24,28,29, 30,31,35, 36,37,39, 41,42,43, 44,54,55, 58,62,64, 65,66,86, 108,184,						

							216						
08.07.2004							218						
10.07.2004	52,63	52,63,101,113,132			74			61,72,109, 188					
15.07.2004			6,84									185	
16.07.2004									1,52,56,57,75,98, 162				
20.07.2004												219	
06.09.2004	GENERALNO ČIŠĆENJE MAŠINE I PODMAZIVANJE												
24.09.2004	67,78	67,78											
25.09.2004			98,218					80,91,146, 194,202, 205,218, 220					
27.09.2004						220							
29.09.2004				220	75,220				5,27,87,98,1 62				
01.10.2004									7,8,33,88,89,96, 144,163,172,183, 187,197,199,216				
16.10.2004												6,121,123, 144	
20.10.2004								84					
28.10.2004	16,84,88,96,120,162	16,84,88,96,162,176	220		96	88							
20.11.2004										136,177,220			
08.12.2004							9						
12.12.2004	27,34,81,147,185, 215	24,27,34,48,81,106,1 20,121,147,185,215	153	74,168									
16.12.2004.								21,106, 107,126, 168					
17.12.2004.	GENERALNO ČIŠĆENJE MAŠINE I PODMAZIVANJE												
	2005. GODINA												
10.01.2005.								45,70,89, 136,179,186					
12.01.2005.					58,190								
13.01.2005.					98								
17.01.2005.												56,58	
21.02.2005.	1,4,15,23,38,45,75, 97,200	1,4,15,23,38,45,75, 97,200											
23.02.2005.								40,92,98, 120,162					
25.02.2005.	209	201											
02.03.2005.								113					

**Zaključak:** Analiza broja otkaza nastalih usled povećanog nivoa mehaničkih oscilacija na sastavnim komponentama analiziranih sklopova OE – predilice u posmatranom vremenu eksploatacije je pokazala da su se prvi otkazi pojavili oko 13 000 (h) njihovog rada i to na sastavnim komponentama na kojima nisu sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja i blizu 14 000 (h) rada na onima na kojima su ovi postupci sprovedeni. Na sastavnim komponentama: točkić za vođenje pređe (A8), zatezač pređe (A9), mehanizam za parafinisanje pređe (A10) i zatezač/podizač kalema (F3) nije dolazilo do njihovog otkaza u radu ni posle 20 000 (h) pa su ove sastavne komponente pokazale maksimalnu pouzdanost  $R_{A8} = R_{A9} = R_{A10} = R_{F3} = 1,0(100\%)$ .

Rangiranje prema vrednostima ukupnih otkaza usled povećanog nivoa mehaničkih oscilacija je prikazano u tabeli 4.3.

**Tabela 4.3 Broj ukupnih otkaza na sastavnim komponentama analiziranih sklopova na kojima nisu sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja i na onima na kojima su sprovedeni**

R.B.	Naziv sastavne komponente sklopa	Broj otkaza sastavnih komponenti na kojima nisu sprovedeni postupci tehnologije održavanja	Broj otkaza sastavnih komponenti na kojima su sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja
1.	Rotor (A1)	96	92
2.	Aeroležaj (A2)	111	96
3.	Dizna (dekla) (A3)	10	9
4.	Odvodna cev (A4)	3	3
5.	Usisnik boksa (A5)	9	8
6.	Uvodni kanal (A6)	7	33
7.	Otvarač pramenova trake	48	48
8.	Vodič niti (F1)	21	20
9.	Držač kalema (F2)	114	92
10.	Elektromagnetna spojnica (E1)	13	14
11.	Elektronski čitač (E2)	5	5
12.	Kočnica kalema (F4)	2	2

Iz table 4.3 proizilazi da postoje tri grupe rizika otkaza koje su svrstane na sledeći način:

I GRUPA – Grupa visokog rizika otkaza u koju spadaju sledeće sastavne komponente analiziranih sklopova: držač kalemova (F2), aeroležaj (A1), rotor (A2).

II GRUPA – Grupa srednjeg rizika otkaza u koju spadaju sledeće sastavne komponente analiziranih sklopova: otvarač pramenova trake (A7) i vodič niti (F1).

III GRUPA – Grupa niskog rizika otkaza u koju spadaju sledeće sastavne komponente analiziranih sklopova: elektromagnetna spojnica (E1), dizna (dekla) (A3), usisnik boksa (A5), uvodni kanal (A6), elektronski čitač (E2), odvodna cev (A4), kočnica kalemova (F4).

Na osnovu rangiranja prema vrednostima otkaza sastavnih komponenti analiziranih sklopova dobijene su grupe rizika u kojima su svrstane komponente prema broju nastalih otkaza čime u analizi sigurnosti funkcionisanja treba vršiti češća merenja na mernim mestima koja obuhvataju rad navedenih komponenti.

## 4.2. POUZDANOST RADA KOMPONENATA ANALIZIRANIH SKLOPOVA OE - PREDILICE

Analiza stabla otkaza (poglavlje 3.4) je pokazala vršne događaje koji su nastupili usled povećanih nivoa mehaničkih oscilacija. Zabeležene vrednosti otkazima su poslužile za određivanje pouzdanosti rada sastavnih komponenti analiziranih sklopova. Na osnovu njih date su preporuke za izvođenje remonta na mehaničkim komponentama analiziranih sklopova (poglavlje 3.4). Određivanje pouzdanosti rada sastavnih komponentata je uzeto kao deo zbirnog pojma sigurnosti funkcionisanja i to njegove performanse (poglavlje 1.0. u uvodu ove disertacije). Pošlo se od upotrebnog kvaliteta rada OE – predilice (slika 1.1.) koji obuhvata:

1. performanse upotrebe (performanse dostupnosti i postojanosti),
2. performanse raspoloživosti (performanse pouzdanosti, pogodnosti održavanja i logičke podrške održavanja).

Da bi nabrojane performanse obezbedile sigurnost funkcionisanja rada sklopova OE – predilice potrebno je bilo izvršiti povezivanje pouzdanosti njihovog rada i postupaka sprovođenja tehnologije preventivnog održavanja.

Za određivanje pouzdanosti sastavnih komponentata analiziranih sklopova koristiće se podaci o otkazima koji su nastali zbog uticaja povećanog nivoa mehaničkih oscilacija (vibracija) i zabeleženi su iz eksploatacije njihovog rada (tabele 4.1 i 4.2).

Za analizu podataka pri određivanju pouzdanosti komponentata analiziranih sklopova korišćene su sledeće predmetode:

**Predmetoda (1):** sastoji se u tome da se za dobijene eksploatacione podatke o otkazima, zbog uticaja povišenog nivoa mehaničkih oscilacija definišu empirijska funkcija gustine raspodele  $f_e(t)$ , empirijska funkcija intenziteta otkaza  $\lambda_e(t)$  i empirijska funkcija pouzdanosti  $R_e(t)$ .

**Podmetoda (2):** koristi se za izbor statističke raspodele pouzdanosti komponentata analiziranih sklopova koja najviše odgovara dobijenim podacima o otkazima koji su nastali zbog uticaja povišenog nivoa mehaničkih oscilacija u eksploataciji njihovog rada.

Ovakve podmetode za određivanje glavnih funkcija u analizi pouzdanosti sastavnih delova i komponentata sklopova: boksa pređenja i sklopa za namotavanje kalemova gotovom pređom, izabrani su na osnovu analize podataka o otkazima nastalih zbog povećanog nivoa mehaničkih oscilacija koji su dobijeni u eksploataciji njihovog rada i predstavljaju najpraktičniji način za određivanje pouzdanosti njihovog rada. Kao analiza podataka pouzdanosti odrediće se funkcije gustine otkaza  $f_e(t)$ , funkcije intenziteta otkaza  $\lambda_e(t)$  i funkcije pouzdanosti  $R_e(t)$ , na osnovu kojih će se odrediti pouzdanost rada komponenti analiziranih sklopova.

Za analizu pouzdanosti, iz eksploataciono dobijenih podataka, koristiće se dve metode u određivanju veka trajanja sastavnih delova analiziranih sklopova i to:

- 1) Metoda kojom se iz dobijenih podataka o otkazima iz eksploatacije merenjem nivoa mehaničkih oscilacija definišu empirijske funkcije: gustine raspodele, intenzitet otkaza i pouzdanost. Grafičkim prikazom dobijenih podataka tj. prema izgledu histograma (i poligona kod određivanja pouzdanosti) može se okvirno zaključiti o kojoj statističkoj raspodeli pouzdanosti se radi, što će se dalje iskoristiti u izboru najpogodnije statističke raspodele pouzdanosti;
- 2) Metoda odabrane statističke raspodele pouzdanosti kod koje funkcija intenziteta otkaza i funkcija pouzdanosti istovremeno predstavljaju odgovarajuće funkcije za prikupljene podatke o otkazima.

Radi potpunije analize o pouzdanosti rada komponenata analiziranih sklopova (na boksevima pređenja i na sklopovima za namotavanje kalemova gotovom pređom) obe navedene metode će biti analizirane i izvršiće se njihova međusobna korelacija zbog tačnijeg ocenjivanja veka trajanja rada komponenti analiziranih sklopova, tj. određivanja sigurnosti funkcionisanja njihovog rada.

Ako imamo ( $n$ ) povezane komponente sklopova u sistemu prenosa snage OE - predilice za koje vršimo analizu pouzdanosti počevši od perioda za  $t = 0$ , onda će u bilo kom trenutku vremena ( $t_i$ ) biti  $n_i(t_i)$  sklopa koji nisu otkazali. U ovom slučaju empirijska funkcija gustine otkaza  $f_e(t)$ , može se odrediti iz obrasca /98/, /181/:

$$f_e(t) = \frac{n_i(t_i) - n_i(t_i + \Delta t_i)}{\Delta t_i} = \frac{n_i(t_i) - n_i(t_i + \Delta t_i)}{n \cdot \Delta t_i}$$

pri čemu je :  $t_i \leq t \leq t_i + \Delta t_i$ .

Empirijska funkcija intenziteta otkaza  $\lambda_e(t)$ , jednaka je količniku odnosa broja otkaza u vremenskom intervalu  $\Delta t_i$  i broju sklopova koji nisu otkazali na početku tog intervala, sa dužinom vremenskog intervala  $\Delta t_i$ .

Ova funkcija se određuje po empirijskom obrascu /101/, /182/:

$$\lambda_e(t) = \frac{n_i(t_i) - n_i(t_i + \Delta t_i)}{\Delta t_i} = \frac{n_i(t_i) - n_i(t_i + \Delta t_i)}{n_i(t_i) \cdot \Delta t_i}$$

pri čemu je :  $t_i \leq t \leq t_i + \Delta t_i$ .

Razlika između empirijske gustine otkaza  $f_e(t)$ , i empirijske funkcije otkaza  $\lambda_e(t)$  je u brzini dešavanja otkaza. Empirijska gustina otkaza je sveukupna brzina dešavanja otkaza, dok je empirijska funkcija intenziteta otkaza trenutna brzina dešavanja otkaza. Empirijska funkcija pouzdanosti  $R_e(t)$  predstavlja verovatnoću bezotkaznog rada povezanih komponenti sklopa (analiziranog sklopa ( $n$ )) u toku vremena  $t$ .

Ona se izražava obrascem /98/, /181/:

$$R_e(t) = \frac{n_1}{n},$$

pri čemu je:

$n_1(t)$  - broj ispravnih sklopova ili komponenti sklopova na kraju vremenskog intervala  $\Delta t_i$ ;

$n(t)$  - ukupan broj komponenti analiziranog sklopa.

Prikazani obrasci u određivanju empirijskih funkcija: gustine otkaza  $f_e(t)$ , funkcije otkaza  $\lambda_e(t)$  i pouzdanosti  $R_e(t)$ , biće primenjeni u određivanju okvirne pouzdanosti rada komponenti analiziranih sklopova (poglavlje 4.2.1. ove disertacije).

Konkretno sračunavanje ovih funkcija biće prikazano na određivanju pouzdanosti rada sastavnih komponenata analiziranih sklopova na kojima nisu primenjeni postupci tehnologije preventivnog održavanja i na onima na kojima su ovi postupci sprovedeni (detaljnije u poglavlju 4.2.1.)

#### 4.2.1. POUZDANOST RADA KOMPONENATA SKLOPA BOKSA PREDENJA I SKLOPA ZA NAMOTAVANJE KALEMOVA GOTOVOM PREĐOM OE - PREDILICE, ODREĐIVANJE FUNKCIJE GUSTINE $f_e(t)$ , FUNKCIJE INTENZITETA OTKAZA $\lambda_e(t)$ I FUNKCIJE POUZDANOSTI $R_e(t)$ IZ EMPIRIJSKIH PODATAKA

##### 1. Sklopovi na kojima nisu primenjeni postupci tehnologije preventivnog održavanja

Prikaz vrednosti dobijenih funkcija gustine otkaza  $f_e(t)$ , funkcija intenziteta otkaza  $\lambda_e(t)$ , i funkcija pouzdanosti  $R_e(t)$  iz empirijskih podataka za svaku analiziranu komponentu sklopova na kojima nisu sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja i na kojima su ovi postupci sprovedeni, prikazani su tabelarno (tabela 4.4, od P.1 do P.24). Način određivanja navedenih funkcija iz empirijskih (eksploatacionih) podataka, biće detaljno prikazana na sastavnoj komponenti rotor (turbina) sklopa boksa pređenja, dok će za sve ostale sastavne komponente analiziranih sklopova vrednosti ovih funkcija biti prikazane u tabelama u prilogu ove disertacije (P.1-P.13), s tim što će dijagrami zavisnosti pouzdanosti od eksploatacionog vremena  $f(R_e, t)$  biti prikazani u ovom poglavlju (slike od 4.4 do 4.16).

**Tabela 4.4** Određivanje  $f_e(t)$ ,  $\lambda_e(t)$ ,  $R_e(t)$  za sastavnu komponentu rotor (turbina) A1 na kojoj nisu sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja

R. B. mesta pređenja	Vremenski interval $\Delta t_i$ (h)	Broj otkaza u intervalu $\Delta t_i$	$f_e(t)$	$\lambda_e(t)$	$R_e(t)$
6, 9, 12, 22, 28, 29, 30, 31, 35, 36, 37, 39, 41, 42, 43, 44, 54, 55, 58, 62, 64, 65, 66, 72, 74, 85, 86, 87, 90, 98, 99, 102, 104, 107, 110, 112, 119, 122, 127, 137, 138, 139, 141, 142, 153, 155, 157, 166, 168, 169, 171, 174, 184, 190, 191, 192, 195, 202, 212, 216, 218, 219, 220.	$13\ 000 \leq \Delta t_i \leq 14\ 000$ (13 194)	63	$\frac{63}{90 \cdot 14000} = 5 \cdot 10^{-5}$	$\frac{63}{90 \cdot 14000} = 5 \cdot 10^{-5}$	$\frac{90-63}{90} = 0,3$
129, 158	$14\ 000 \leq \Delta t_i \leq 15\ 000$ (14 242)	2	$\frac{2}{90 \cdot 14000} = 5 \cdot 10^{-5}$	$\frac{2}{(90-63) \cdot 14000} = 5,29 \cdot 10^{-6}$	$\frac{27-2}{90} = 0,277$
63 52	$15\ 000 \leq \Delta t_i \leq 16\ 000$ (15 747) (15 993)	2	$\frac{2}{90 \cdot 14000} = 5 \cdot 10^{-5}$	$\frac{2}{(27-2) \cdot 14000} = 5,71 \cdot 10^{-6}$	$\frac{27-2-2}{90} = 0,255$
78 67 96, 120 16	$16\ 000 \leq \Delta t_i \leq 17\ 000$ (16 148) (16 573) (16 759) (16 957)	5	$\frac{5}{90 \cdot 14000} = 3,97 \cdot 10^{-6}$  <i>0,00000397</i>	$\frac{5}{(27-2-2) \cdot 14000} = 1,55 \cdot 10^{-5}$	$\frac{27-2-2-5}{90} = 0,2$
84, 162	$17\ 000 \leq \Delta t_i \leq 18\ 000$ (17 211)	2	$\frac{2}{90 \cdot 14000} = 1,587 \cdot 10^{-6}$	$\frac{2}{(27-2-2-5) \cdot 14000} = 7,93 \cdot 10^{-6}$	$\frac{27-2-2-5-2}{90} = 0,1$
215	$18\ 000 \leq \Delta t_i \leq 19\ 000$				

27, 81, 147 185 34	( 18 317 ) ( 18 437 ) ( 18 540 ) ( 18 867 )	6	$\frac{6}{90 \cdot 14000} = 4,76 \cdot 10^{-6}$	$\frac{6}{16 \cdot 14000} = 2,678 \cdot 10^{-5}$	$\frac{27-11-6}{90} = 0,11$
4 97 23 75 1, 15, 45 200 38	$19\ 000 \leq \Delta t_i \leq 20\ 000$ ( 19 011 ) ( 19 050 ) ( 19 417 ) ( 19 534 ) ( 19 799 ) ( 19 968 ) ( 19 998 )	9	$\frac{9}{90 \cdot 14000} = 7,142 \cdot 10^{-6}$	$\frac{9}{10 \cdot 14000} = 6,428 \cdot 10^{-5}$	$\frac{10-9}{90} = 0,011$
209	$20\ 000 \geq \Delta t_i$ ( 20 102 )	1	$\frac{1}{90 \cdot 14000} = 7,93 \cdot 10^{-7}$	$\frac{1}{1 \cdot 14000} = 7,142 \cdot 10^{-5}$	$\frac{0}{90} = 0$

**2. Sklopovi na kojima su primenjeni postupci tehnologije preventivnog održavanja**

Analiza je obuhvatila ista mesta boksa pređenja i sklopa za namotavanje kalemova gotovom predom kao u slučaju analize iz empirijskih (eksploatacionih uslova).

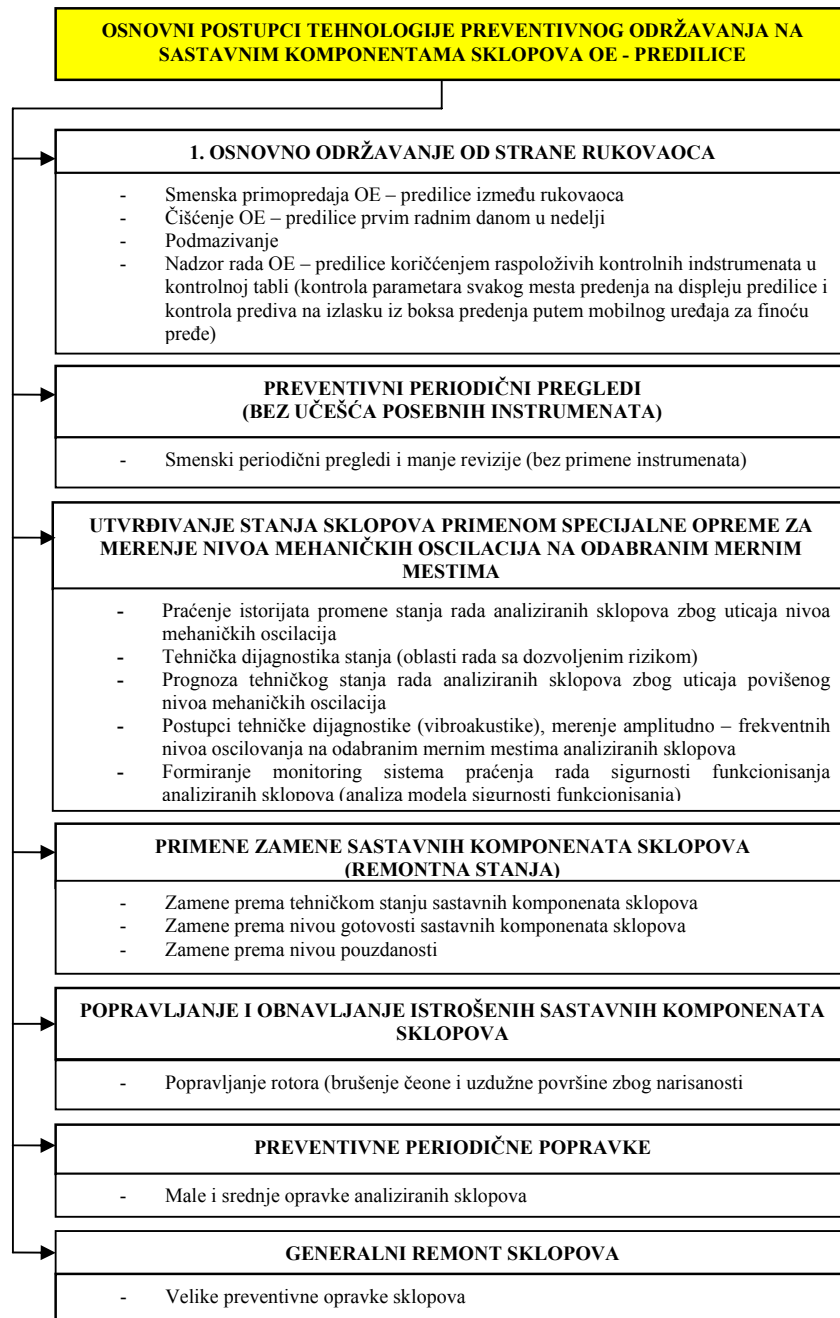
Iz prikazanih tabela 4.5 – (P.13-P.24) pri određivanju funkcija  $f_e(t)$ ,  $\lambda_e(t)$  i pouzdanosti  $R_e(t)$  za svaku sastavnu komponentu analiziranih sklopova uzet je sledeći izbor sistema prenosa pri ovoj analizi i to:

- 90 mesta pređenja,
- 93 mesta sistema za namotavanje kalemova gotovom predom.

Korekcijom tj. upoređivanjem grafika pouzdanosti mogu se odrediti pojasevi pouzdanosti, na osnovu kojih se određuje optimalna pouzdanost sigurnosti rada sastavnih komponenti analiziranih sklopova tj. optimalno vreme rada do otkaza (vreme dozvoljenog rizika).

Način dobijanja vrednosti funkcije gustine otkaza ( $f_{e-o}(t)$ ), funkcije intenziteta otkaza  $\lambda_{e-o}(t)$  i funkcije pouzdanosti  $R_{e-o}(t)$ , iz empirijskih (eksploatacionih) podataka za svaku analiziranu sastavnu komponentu sklopova na kojima su primenjeni postupci tehnologije preventivnog održavanja biće prikazane graficima koji su dobijeni na osnovu sračunatih vrednosti koje su prikazane tabelarno (tabele P.13 – P.24).

Postupci koji su primenjeni odnose se na tehnologiju preventivnog održavanja rada sastavnih komponenti analiziranih sklopova. Obuhvataju /1/: osnovno održavanje od strane rukovaoca – tehnički nadzor, preventivni periodični pregledi (bez učešća posebnih instrumenata), utvrđivanje stanja sklopova primenom specijalne opreme za merenje nivoa mehaničkih oscilacija na odabranim mernim mestima, preventivne zamene sastavnih komponenti sklopova (vreme koje obuhvata remontna stanja sklopova), popravljanje i obnavljanje istrošenih sastavnih komponenti sklopova, preventivne periodične popravke (obuhvataju zamenu delova koji su nastali u oblastima rizika) i generalni remont sklopova. Na slici 4.3. prikazani su osnovni postupci tehnologije preventivnog održavanja koji su sprovedeni u analizi sigurnosti funkcionisanja rada sastavnih komponenti analiziranih sklopova.



**Slika 4.3. Osnovni postupci tehnologije preventivnog održavanja na sastavnim komponentama sklopova OE – predilice**

**Napomena:** Način određivanja vrednosti funkcije gustine otkaza ( $f_e-o(t)$ ), funkcije intenziteta otkaza  $\lambda_e-o(t)$  i funkcije pouzdanosti  $Re-o(t)$ , iz empirijskih (eksploatacionih) podataka, biće detaljno prikazan na sastavnoj komponenti rotor (A1), dok će za sve ostale



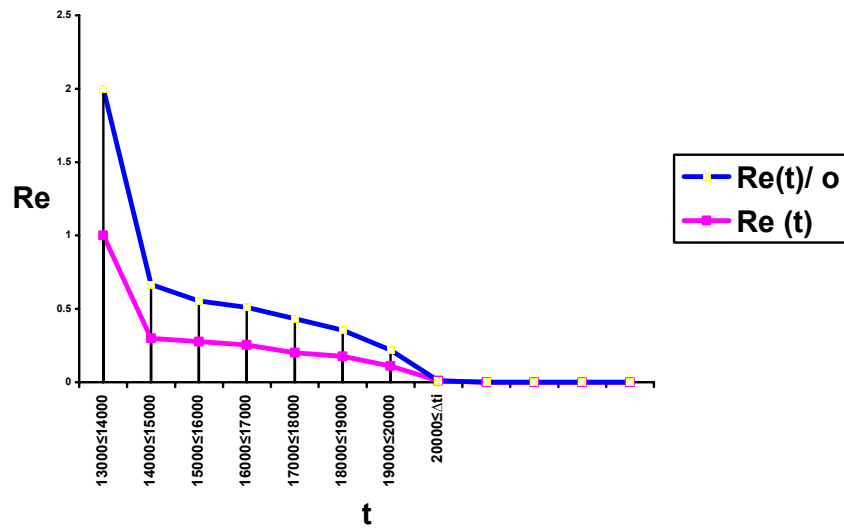
sastavne komponente vrednosti biti prikazane u tabelama u okviru priloga (P.13 – P.24), kao i dobijeni dijagrami pouzdanosti  $f(Re-o(t), t)$  (slike 4.4 – 4.16.).

**Tabela 4.5. Određivanje  $f_e(t)$ ,  $\lambda_e(t)$ ,  $Re(t)$  za sastavnu komponentu rotor (turbina) A1 na kojoj su sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja**

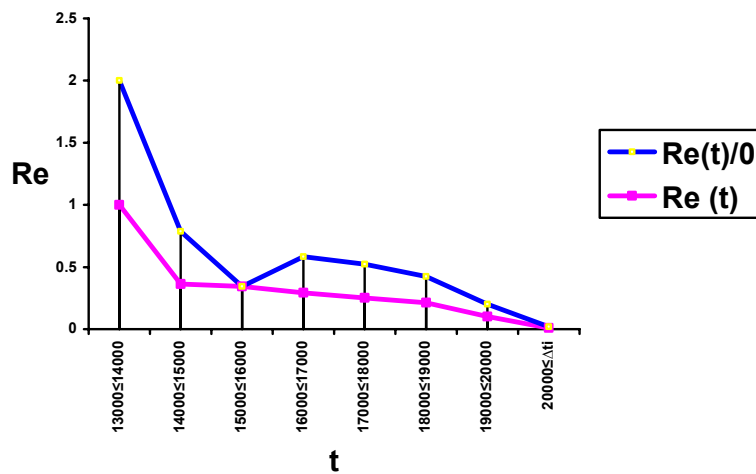
R.B. mesta predenja	Vremenski interval $\Delta t_i$ (h)	Broj otkaza $\Delta t_i$ (h)	$f_{e-o}(t)$	$\lambda_{e-o}(t)$	$R_e - o(t)$
6,9,12,22, 28,29,30,31, 35,36,37,39, 41,42,43,44, 54,55,58,62, 64,65,66,72, 74,85,86,87, 90,98,99,102 . 104,407,110, . . 192,195	(13983)	57	$\frac{57}{90 \cdot 14000} = 4.52 \cdot 10^{-5}$	$\frac{57}{90 \cdot 14000} = 4.52 \cdot 10^{-5}$	$\frac{90-57}{90} = 0.366$
129,158,202, 212,216,218, 219,220	(14830)	8	$\frac{8}{90 \cdot 14000} = 6.35 \cdot 10^{-6}$	$\frac{8}{(90-57) \cdot 14000} = 1.73 \cdot 10^{-5}$	$\frac{33-8}{90} = 0,2777$
52,63	(15800)	2	$\frac{2}{90 \cdot 14000} = 1.587 \cdot 10^{-6}$	$\frac{2}{(33-8) \cdot 14000} = 5.71 \cdot 10^{-6}$	$\frac{33-8-2}{90} = 0.255$
67,78	(16800)	2	$\frac{2}{90 \cdot 14000} = 1.587 \cdot 10^{-6}$	$\frac{2}{(33-8-2) \cdot 14000} = 6.21 \cdot 10^{-6}$	$\frac{33-8-2-2}{90} = 0.233$
16,84,96, 120,162	(17501)	5	$\frac{5}{90 \cdot 14000} = 3.96 \cdot 10^{-6}$	$\frac{5}{(33-8-2-2) \cdot 14000} = 1.7 \cdot 10^{-5}$	$\frac{33-8-2-2-5}{90} = 0.177$
27,34,81, 147,185,215	(18540)	6	$\frac{6}{90 \cdot 14000} = 4.76 \cdot 10^{-6}$	$\frac{6}{(33-8-2-2-5) \cdot 14000} = 2.67 \cdot 10^{-5}$	$\frac{33-8-2-2-5-6}{90} = 0.11$
1,4,15,23,38, 45,75,97,200	(19900)	9	$\frac{9}{90 \cdot 14000} = 7.142 \cdot 10^{-6}$	$\frac{9}{(33-8-2-2-5-6) \cdot 14000} = 6.42 \cdot 10^{-5}$	$\frac{33-8-2-2-5-6-9}{90} = 0.011$
209	(20000)	1	$\frac{1}{90 \cdot 14000} = 7.93 \cdot 10^{-7}$	$\frac{1}{(33-8-2-2-5-6-9) \cdot 14000} = 7.14 \cdot 10^{-5}$	0

**POLIGONI – DIJAGRAMI POUZDANOSTI RADA SASTAVNIH KOMPONENATA ANALIZIRANIH SKLOPOVA IZ EKSPLOATACIONIH USLOVA**

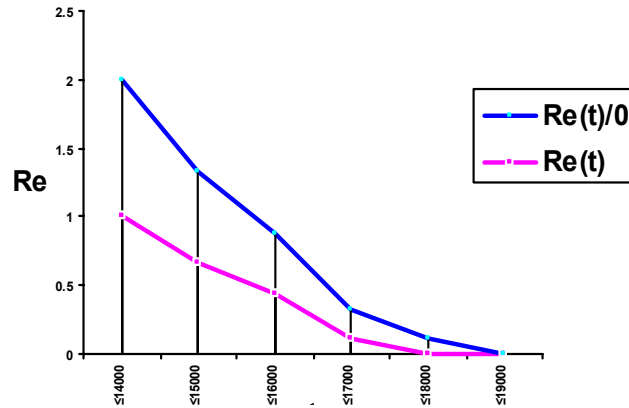
Na slikama 4.4. – 4.16. prikazani su poligoni – dijagrami pouzdanosti rada sastavnih komponenta analiziranih sklopova na osnovu kojih se određuju oblasti pouzdanog (sigurnog) rada komponenti kao i oblasti njegovog smanjenja.



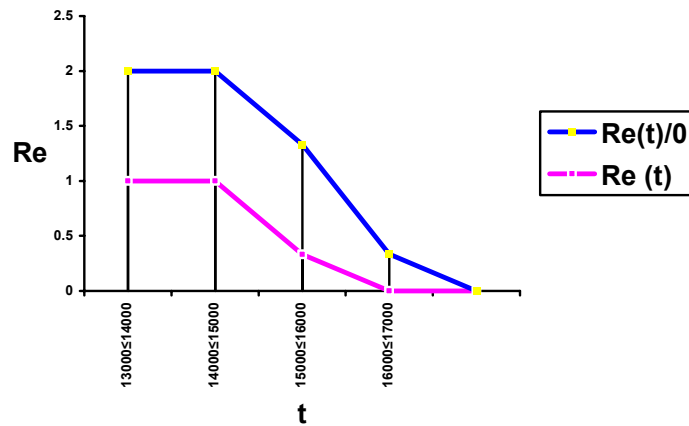
Slika 4.4. Dijagram pouzdanosti iz eksploatacionih uslova za sastavnu komponentu rotor (turbina) – A1



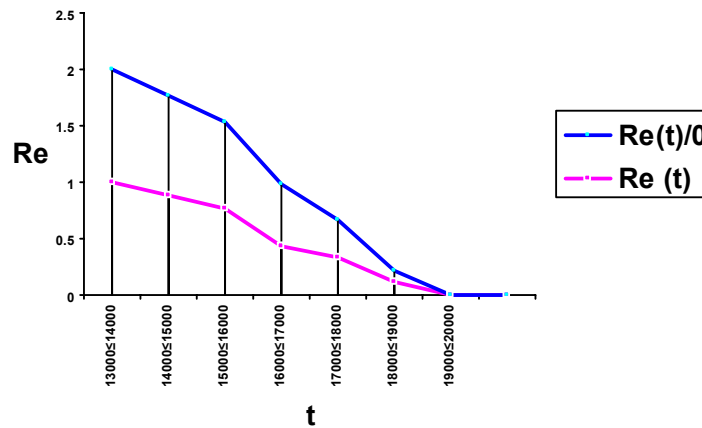
Slika 4.5. Dijagram pouzdanosti iz eksploatacionih uslova za sastavnu komponentu aeroležaj – A2



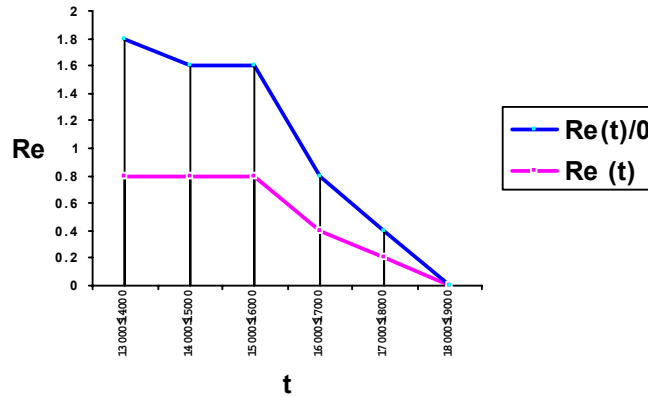
Slika 4.6. Dijagram pouzdanosti iz eksploatacionih uslova za sastavnu komponentu dizna (dekla – poklopac rotora) – A3



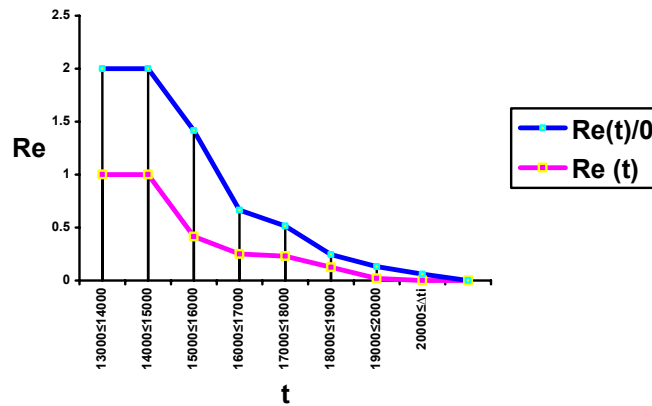
Slika 4.7. Dijagram pouzdanosti iz eksploatacionih uslova za sastavnu komponentu odvodna cev – A4



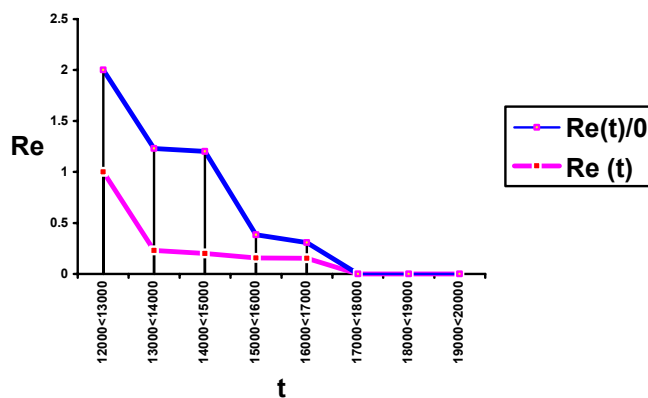
Slika 4.8. Dijagram pouzdanosti iz eksploatacionih uslova za sastavnu komponentu usisnik boksa – A5



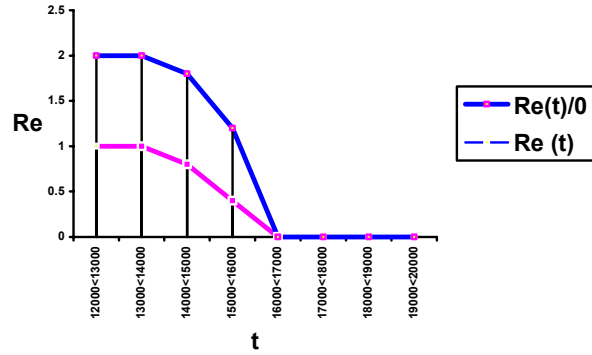
Slika 4.9. Dijagram pouzdanosti iz eksploatacionih uslova za sastavnu komponentu uvodni kanal – A6



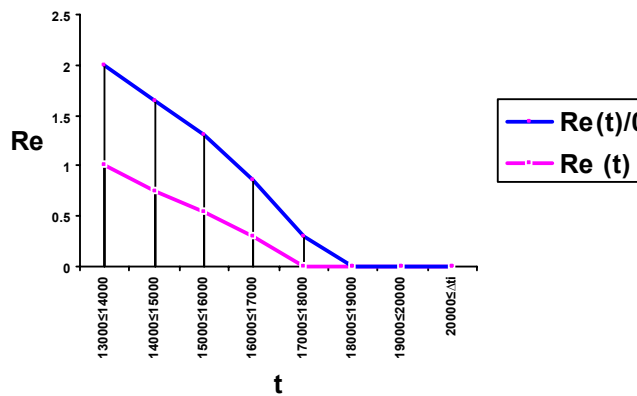
Slika 4.10. Dijagram pouzdanosti iz eksploatacionih uslova za sastavnu komponentu otvarač pramenova trake – A7



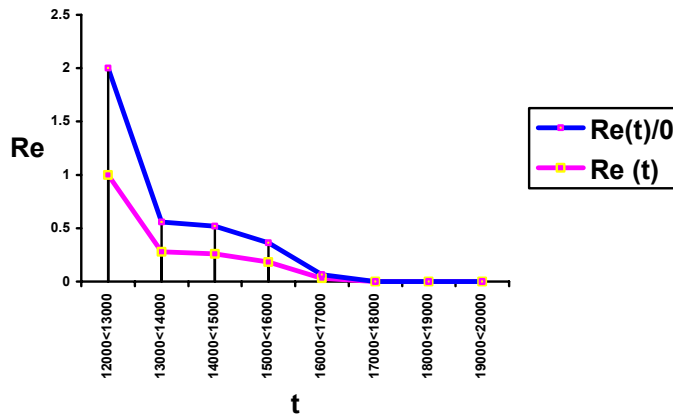
Slika 4.11. Dijagram pouzdanosti iz eksploatacionih uslova za sastavnu komponentu elektromagnetna spojnica – E1



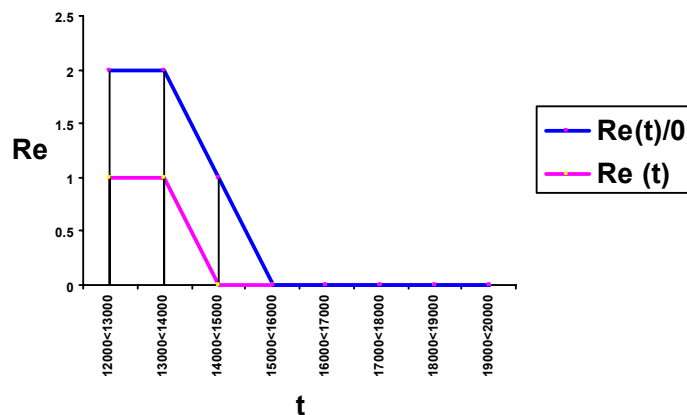
Slika 4.12. Dijagram pouzdanosti iz eksploatacionih uslova za sastavnu komponentu elektronski čitač – E2



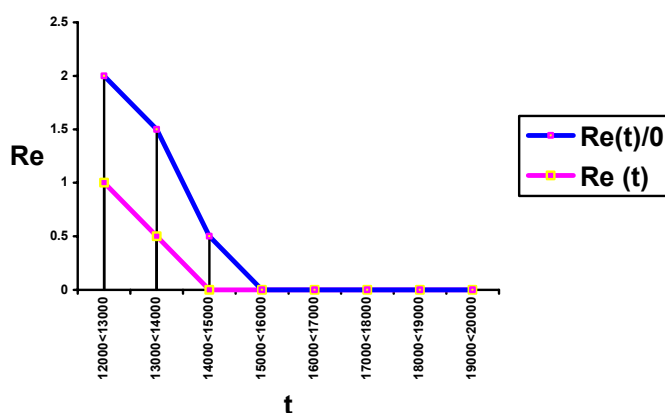
Slika 4.13. Dijagram pouzdanosti iz eksploatacionih uslova za sastavnu komponentu vodič niti – F1



Slika 4.14. Dijagram pouzdanosti iz eksploatacionih uslova za sastavnu komponentu držač kalemova – F2



Slika 4.15. Dijagram pouzdanosti iz eksploatacionih uslova za sastavnu komponentu točič za vođenje pređe – F3



Slika 4.16. Dijagram pouzdanosti iz eksploatacionih uslova za sastavnu komponentu kočnica kalemova – F4

**Zaključak:** Iz dobijenih dijagrama pouzdanosti  $f(R_e, t)$  za eksploatacione uslove rada sastavnih komponenti analiziranih sklopova, mogu se odrediti oblasti njihovog vremena pouzdanog (sigurnog) rada, kao i oblasti smanjenja njihove pouzdanosti (linearni oblik pada pouzdanosti) što će se dalje iskoristiti u određivanju korekcionne vrednosti pouzdanosti  $P_i(t)$ . Redosled analize sastavnih komponenti sklopova biće izvršen prema već utvrđenom redosledu sistema prenosa snage analiziranih sklopova.

Iz prikazanih dijagrama zaključuje se sledeće:

- Vreme ispravnog rada sastavnih komponenti sa maksimalnom pouzdanošću  $R_e(t) = 1,0$ , na kojima nisu sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja (prikaz u tabelama 4.6 i 4.7).

Tabela 4.6 Za komponente sklopa boksa pređenja

Oznaka komponente	A6	A5	A7	E1	A3	A4	A1	A2	E2	A8	A9	A10
Vremenski interval ispravnog rada komponente sa max. pouzdanošću $P_i \max.(t) = 1,0(h)$	>13 000	>13 000	>15 500	>13 000	>13 000	>15 000	>13 000	>13 000	>15 000	20 000 >	20 000 >	20 000 >

Tabela 4.7 Za komponente sklopa za namotavanje kalemova gotovom predom

Oznaka komponente	F1	F2	F3	F4
Vremenski interval ispravnog rada komponente sa max. pouzdanošću $P_i \max.(t) = 1,0(h)$	>13 000	>13 000	20 000 >	>14 000

- Vreme ispravnog rada sastavnih komponenti sa maksimalnom pouzdanošću  $R_e(t) = 1,0$ , na kojima su sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja (prikaz u tabelama 4.8 i 4.9).

Dobijene vrednosti prikazuju okvirne vrednosti pouzdanosti rada sastavnih komponenti sistema sa maksimalnom sigurnošću, od kojih nadalje počinje opadanje pouzdanosti njihovog rada, što će u kasnijoj analizi poslužiti u određivanju konačnih vrednosti pouzdanosti u slučajevima odabrane statističke raspodele kao merodavne.

Tabela 4.8 Za komponente sklopa boksa pređenja na kojima su primenjeni postupci tehnologije preventivnog održavanja

Oznaka komponente	A6	A5	A7	E1	A3	A4	A1	A2	E2	A8	A9	A10
Vremenski interval ispravnog rada komponente sa max. pouzdanošću $P_i \max.(t) = 1,0(h)$	>14 000	>14 000	>15 500	>14 000	>14 000	>16 000	>14 000	>14 000	>16 000	20 000 >	20 000 >	20 000 >

Tabela 4.9 Za komponente sklopa za namotavanje kalemova gotovom predom na kojima su primenjeni postupci tehnologije preventivnog održavanja

Oznaka komponente	F1	F2	F3	F4
Vremenski interval ispravnog rada komponente sa max. pouzdanošću $P_i \max.(t) = 1,0(h)$	>13 000	>13 000	20 000 >	>14 000

#### 4.2.2. ODREĐIVANJE KOREKCIONIH VREDNOSTI POUZDANOSTI RADA SASTAVNIH KOMPONENATA ANALIZIRANIH SKLOPOVA NA OSNOVU EMPIRIJSKIH (EKSPLOATAACIONIH) PODATAKA

Kako su određene eksploatacione vrednosti pouzdanosti koje izražavaju okvirne vrednosti pouzdanosti rada sastavnih komponenata analiziranih sklopova sa maksimalnom sigurnošću (oblasti njihovog vremena sigurnog rada i oblasti smanjenja njihove pouzdanosti) za preciznije njihovo određivanje iskorišćeno je određivanje njihovih korekcionih vrednosti. Ovo je imalo za cilj da se za određivanje ukupne prenosne funkcije pouzdanosti rada komponenata analiziranih sklopova dobiju što preciznije vrednosti pouzdanosti.

Korekzione vrednosti pouzdanosti iz empirijskih (eksploataacionih) podataka prikazane su na slikama od 4.17. do 4.21., a njihove tabelarne vrednosti u sklopu prikazanih slika.

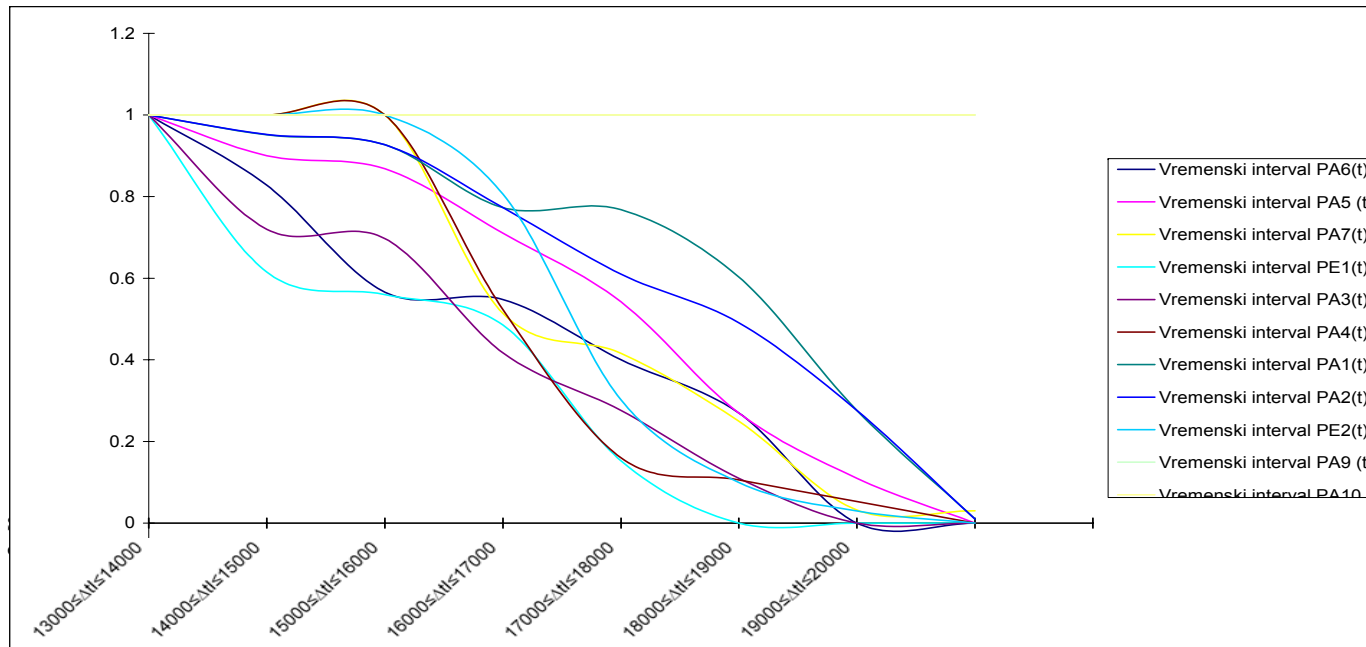
Korekzione vrednosti pouzdanosti dobijaju se kao količnik empirijske funkcije gustine raspodele iz empirijskih vrednosti ( $f_e(t)$ ) i funkcije intenziteta otkaza ( $\lambda_e(t)$ ) za vremenski interval eksploatacionog rada komponenata sklopova (analiza je obuhvatila eksploataciono vreme rada sastavnih komponenti sklopova u trajanju  $13000 \leq \Delta t_i \leq 21000$  časova) i određuje se izrazom /181/:

$$P_i(t) = \frac{f_{e_i}(t)}{\lambda_{e_i}(t)}$$

Dobijene korekzione vrednosti će dalje poslužiti u formiranju tabela vrednosti prenosnih funkcija sklopa boksa pređenja  $G_{BP}(t)$  i sklopa za namotavanje kalemova gotovom pređom  $G_{NK}(t)$ , na osnovu kojih se određuju oblici kriva  $f(G_{BP}(t), t)$  i  $f(G_{NK}(t), t)$  koje određuju oblik statističke raspodele pouzdanosti tj. od oblika krive usvaja se raspodela pouzdanosti koja najviše odovara njihovom obliku.

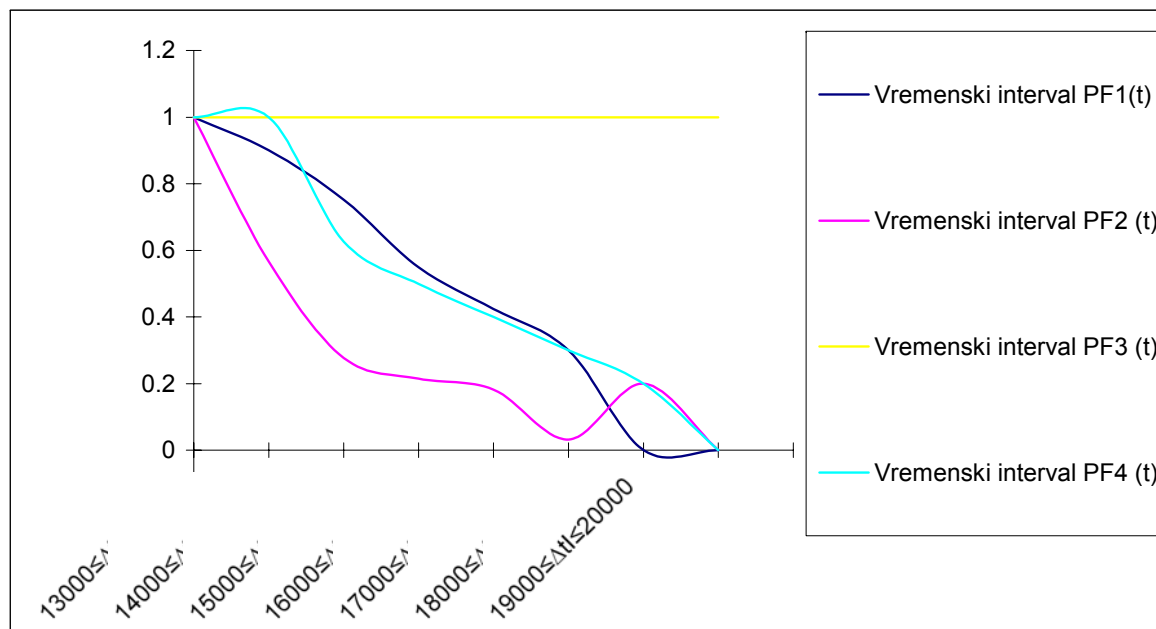


Vremenski interval	$12000 \leq \Delta t \leq 13000$	$13000 \leq \Delta t \leq 14000$	$14000 \leq \Delta t \leq 15000$	$15000 \leq \Delta t \leq 16000$	$16000 \leq \Delta t \leq 17000$	$17000 \leq \Delta t \leq 18000$	$18000 \leq \Delta t \leq 19000$	$19000 \leq \Delta t \leq 20000$
PA6(t)	1	0.828	0.566	0.548	0.4	0.27	0	0
PA5 (t)	1	0.9	0.868	0.71	0.542	0.27	0.11	0
PA7(t)	1	1	1	0.514	0.416	0.25	0.0321	0.0305
PE1(t)	1	0.615	0.56	0.485	0.153	0	0	0
PA3(t)	1	0.72	0.697	0.417	0.276	0.11	0	0
PA4(t)	1	1	1	0.523	0.16	0.106	0.0533	0
PA1(t)	1	0.951	0.927	0.773	0.768	0.603	0.276	0.011
PA2(t)	1	0.952	0.927	0.773	0.61	0.491	0.276	0.01
PE2(t)	1	1	1	0.806	0.302	0.1	0.03	0
PA8(t)	1	1	1	1	1	1	1	1
PA9 (t)	1	1	1	1	1	1	1	1
PA10 (t)	1	1	1	1	1	1	1	1



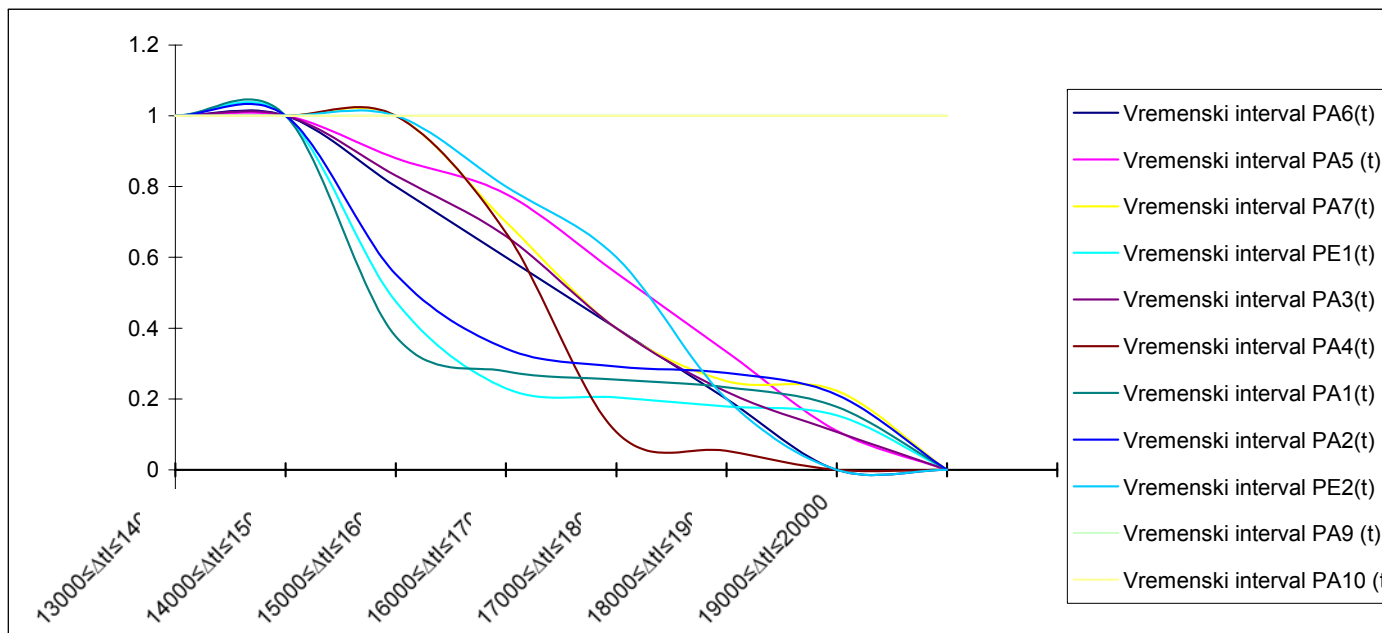
Slika 4.17. Dijagram korekcionih vrednosti pouzdanosti sastavnih komponenata analiziranih sklopova boksa predenja na osnovu empirijskih podataka na kojima nisu primenjeni postupci tehnologije preventivnog odr`avanja

Vremenski interval	$12000 \leq \Delta t \leq 13000$	$13000 \leq \Delta t \leq 14000$	$14000 \leq \Delta t \leq 15000$	$15000 \leq \Delta t \leq 16000$	$16000 \leq \Delta t \leq 17000$	$17000 \leq \Delta t \leq 18000$	$18000 \leq \Delta t \leq 19000$	$19000 \leq \Delta t \leq 20000$
PF1(t)	1	0.9	0.752	0.549	0.424	0.3	0	0
PF2(t)	1	0.5662	0.277	0.215	0.182	0.032	0.2	0
PF3(t)	1	1	1	1	1	1	1	1
PF4(t)	1	1	0.6266	0.5	0.4	0.3	0.2	0



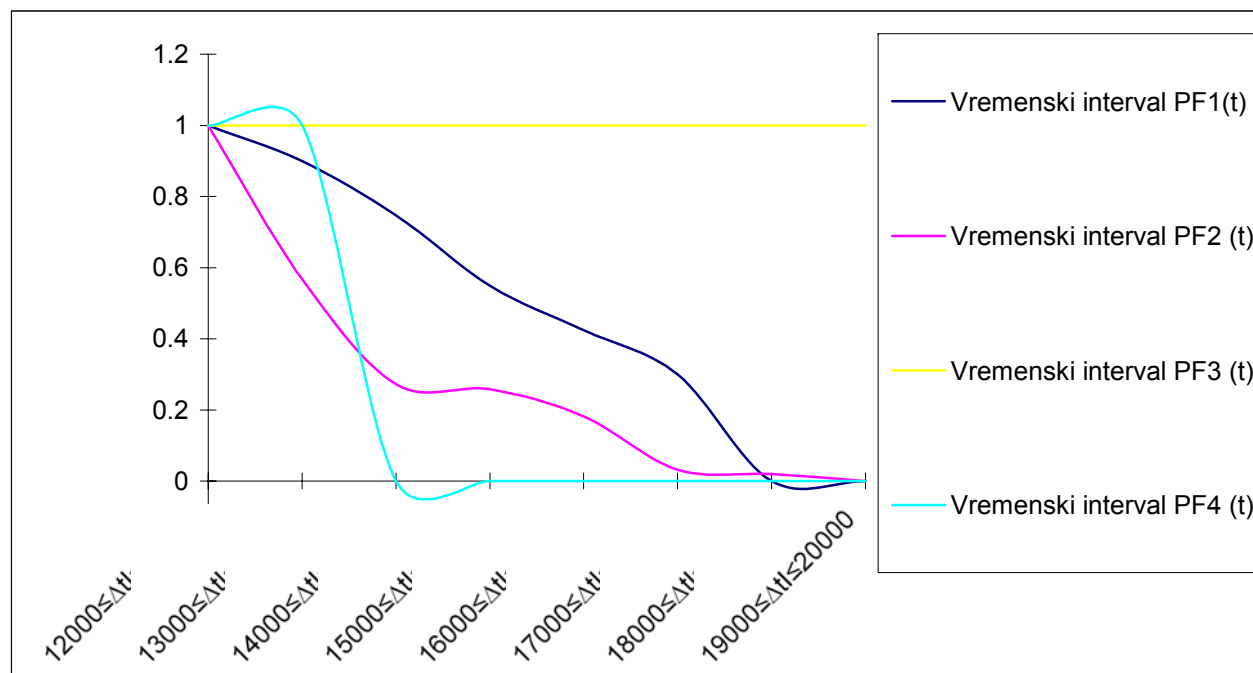
4.18. Dijagram korekcionih vrednosti pouzdanosti sastavnih komponenti analiziranih sklopova za namotavanje kalemova gotovom predom na osnovu empirijskih podataka bez sprovođenja postupaka tehnologije preventivnog održavanja

Vremenski interval	$12000 \leq \Delta t \leq 13000$	$13000 \leq \Delta t \leq 14000$	$14000 \leq \Delta t \leq 15000$	$15000 \leq \Delta t \leq 16000$	$16000 \leq \Delta t \leq 17000$	$17000 \leq \Delta t \leq 18000$	$18000 \leq \Delta t \leq 19000$	$19000 \leq \Delta t \leq 20000$
PA6(t)	1	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0	0
PA5 (t)	1	1	0.88	0.779	0.556	0.333	0.11	0
PA7(t)	1	1	1	0.7	0.4	0.25	0.223	0
PE1(t)	1	1	0.475	0.23	0.204	0.179	0.154	0
PA3(t)	1	1	0.831	0.66	0.4	0.22	0.107	0
PA4(t)	1	1	1	0.67	0.106	0.0533	0	0
PA1(t)	1	1	0.376	0.278	0.255	0.233	0.178	0
PA2(t)	1	1	0.552	0.342	0.292	0.274	0.212	0
PE2(t)	1	1	1	0.8	0.6	0.2	0	0
PA8(t)	1	1	1	1	1	1	1	1
PA9 (t)	1	1	1	1	1	1	1	1
PA10 (t)	1	1	1	1	1	1	1	1



Slika 4.19. Dijagram korekcionih vrednosti pouzdanosti sastavnih komponenti analiziranih sklopova boksa pređenja na osnovu empirijskih podataka na kojima su primenjeni postupci tehnologije preventivnog održavanja

Vremenski interval	$12000 \leq \Delta t \leq 13000$	$13000 \leq \Delta t \leq 14000$	$14000 \leq \Delta t \leq 15000$	$15000 \leq \Delta t \leq 16000$	$16000 \leq \Delta t \leq 17000$	$17000 \leq \Delta t \leq 18000$	$18000 \leq \Delta t \leq 19000$	$19000 \leq \Delta t \leq 20000$
PF1(t)	1	0.899	0.747	0.549	0.424	0.3	0	0
PF2(t)	1	0.568	0.273	0.258	0.182	0.0322	0.02	0
PF3(t)	1	1	1	1	1	1	1	1
PF4(t)	1	1	0,6026	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1



**Slika 4.20. Dijagram korekcionih vrednosti pouzdanosti sastavnih komponenta analiziranih sklopova za namotavanje kalemova gotovom predom na osnovu empirijskih podataka sa primenjenim postupcima tehnologije preventivnog održavanja**

**Zaključak:** Iz oblika kriva korekcionih vrednosti pouzdanosti sastavnih komponenata analiziranih sklopova  $P_i(t)$ , tj. prema nagibu kriva, mogu se analitički predvideti intervali pouzdanosti koji će se kasnije koristiti kao osnova u određivanju merodavne pouzdanosti (pouzdanosti dobijenih iz statističke raspodele).

Analiza je pokazala sledeće zaključke:

**I) Analiza pouzdanosti rada sastavnih komponenti analiziranih sklopova bez primene postupaka tehnologije preventivnog održavanja:**

- Najveću pouzdanost u radu imaju sastavne komponente A8, A9, A10, F3, čija pouzdanost je maksimalna i iznosi  $P_{A8}(t) = P_{A9}(t) = P_{A10}(t) = P_{F3}(t) = 1,0$  i traje u vremenskom intervalu preko  $\Delta t_i \geq 20000(h)$ .
- Na osnovu oblika kriva  $f(P_i(t), t)$ , tj. prema njihovom nagibu u tabeli 4.10 prikazan je redosled vrednosti pouzdanosti i vremena rada komponenata. Analiza je obuhvatila intervale pouzdanosti posle prve manje vrednosti od maksimalne.

**Tabela 4.10 Vrednosti intervala korekcionne pouzdanosti u zavisnosti od analiziranog vremenskog intervala rada sastavnih komponenata analiziranih sklopova na kojima nisu primenjeni postupci tehnologije preventivnog održavanja**

Oznaka sastavne komponente	Vremenski interval analiziranog rada sastavne komponente $\Delta t_1 \leq \Delta t_i \leq \Delta t_2$	Interval pouzdanosti za analizirani vremenski interval $\Delta P_{i1} \leq \Delta P_i \leq \Delta P_{i2}$
<b>Sklop boks pređenja</b>		
A6	13000 ÷ 14000	1,0 ÷ 0,828
A5	13000 ÷ 14000	1,0 ÷ 0,9 ÷ 0,868
A7	13000 ÷ 16000	1,0 ÷ 0,514
E1	13000 ÷ 14000	1,0 ÷ 0,615
A3	13000 ÷ 14000	1,0 ÷ 0,72
A4	13000 ÷ 16000	1,0 ÷ 0,523
A1	13000 ÷ 14000	1,0 ÷ 0,951 ÷ 0,927
A2	13000 ÷ 14000	1,0 ÷ 0,952 ÷ 0,927
E2	13000 ÷ 16000	1,0 ÷ 0,806
<b>Sklop za namotavanje kalemova gotovom predom</b>		
F1	13000 ÷ 14000	1,0 ÷ 0,752
F2	13000 ÷ 14000	1,0 ÷ 0,5662
F4	14 080	1,0 ÷ 0,626

**II) Analiza pouzdanosti rada sastavnih komponenata analiziranih sklopova sa primenama postupaka tehnologije preventivnog održavanja:**

- Najveću pouzdanost u radu imaju sastavne komponente A8, A9, A10, F3, čija pouzdanost je maksimalna i iznosi  $P_{A8-0}(t) = P_{A9-0}(t) = P_{A10-0}(t) = P_{F3-0}(t) = 1,0$  i traje u vremenskom intervalu preko  $\Delta t_i \geq 20000(h)$ .
- Na osnovu oblika kriva  $f(P_{i-0}(t), t)$ , tj. prema njihovom nagibu, redosled vrednosti pouzdanosti i vremena rada komponenata za vreme ovih

pouzdanosti je prikazano tabelarno (tabela 4.11). Analiza je obuhvatila intervale pouzdanosti posle prve manje vrednosti od maksimalne.

**Tabela 4.11 Vrednosti intervala korekcionne pouzdanosti u zavisnosti od analiziranog vremenskog intervala rada sastavnih komponenata analiziranih sklopova na kojima su primenjeni postupci tehnologije preventivnog održavanja**

Oznaka sastavne komponente	Vremenski interval analiziranog rada sastavne komponente $\Delta t_{1-0} \leq \Delta t_{i-0} \leq \Delta t_{2-0}$	Interval pouzdanosti za analizirani vremenski interval $\Delta P_{i-01} \leq \Delta P_{i-0} \leq \Delta P_{i-02}$
<b>Sklop boks pređenja</b>		
A6	13000 ÷ 15000	1,0 ÷ 0,8
A5	13000 ÷ 15000	1,0 ÷ 0,88
A7	13000 ÷ 16000	1,0 ÷ 0,7
E1	13000 ÷ 15000	1,0 ÷ 0,475
A3	13000 ÷ 15000	1,0 ÷ 0,831
A4	13000 ÷ 16300	1,0 ÷ 0,67
A1	13000 ÷ 15000	1,0 ÷ 0,376
A2	13000 ÷ 15000	1,0 ÷ 0,552
E2	13000 ÷ 16300	1,0 ÷ 0,8
<b>Sklop za namotavanje kalemova gotovom pređom</b>		
F1	13000 ÷ 14100	1,0 ÷ 0,899
F2	13000 ÷ 14000	1,0 ÷ 0,568
F4	13000 ÷ 14200	1,0 ÷ 0,6026

#### 4.2.3. ODREĐIVANJE STATISTIČKE METODE RASPODELE POUZDANOSTI ANALIZIRANIH SKLOPOVA

Da bi se odredila statistička metoda raspodele pouzdanosti neophodno je formirati modele i odrediti prenosne funkcije pouzdanosti analiziranih sklopova. Za određivanje tabela prenosnih funkcija sklopa boksa pređenja  $G_{BP}(t)$  i sklopa za namotavanje kalemova gotovom pređom  $G_{NK}(t)$  korišćene su korekcionne vrednosti pouzdanosti  $P_i(t)$ .

##### 4.2.3.1. FORMIRANJE MODELA I ODREĐIVANJE PRENOSNIH FUNKCIJA POUZDANOSTI ANALIZIRANIH SKLOPOVA NA OSNOVU EMPIRIJSKIH PODATAKA

Formiranje modela je obuhvatilo raspored komponenata sklopova prema preradi prediva tj. prema oznakama u redosledu komponenata u stablu otkaza.

Komponente su redosledno raspoređene po sklopovima, od uvodnog kanala do mehanizma za parafinisanje pređe kod boksa pređenja, i od vodiča niti do mehanizma za odlaganje kalemova gotovom pređom kod sklopa za namotavanje kalemova gotovom pređom.

Iz ovih razloga prikazana su dva modela blok dijagrama. Prvi model je složeniji i obuhvata raspored komponenata kod boksa pređenja uzimajući i njihovu funkcionalnost i namenu, tako da je izvršena redukcija složenih struktura blok dijagrama.

Kod drugog modela pristup u rešavanju tj. dobijanju prenosne funkcije je isti, s tim što je ovaj model mnogo jednostavniji za redukciju.

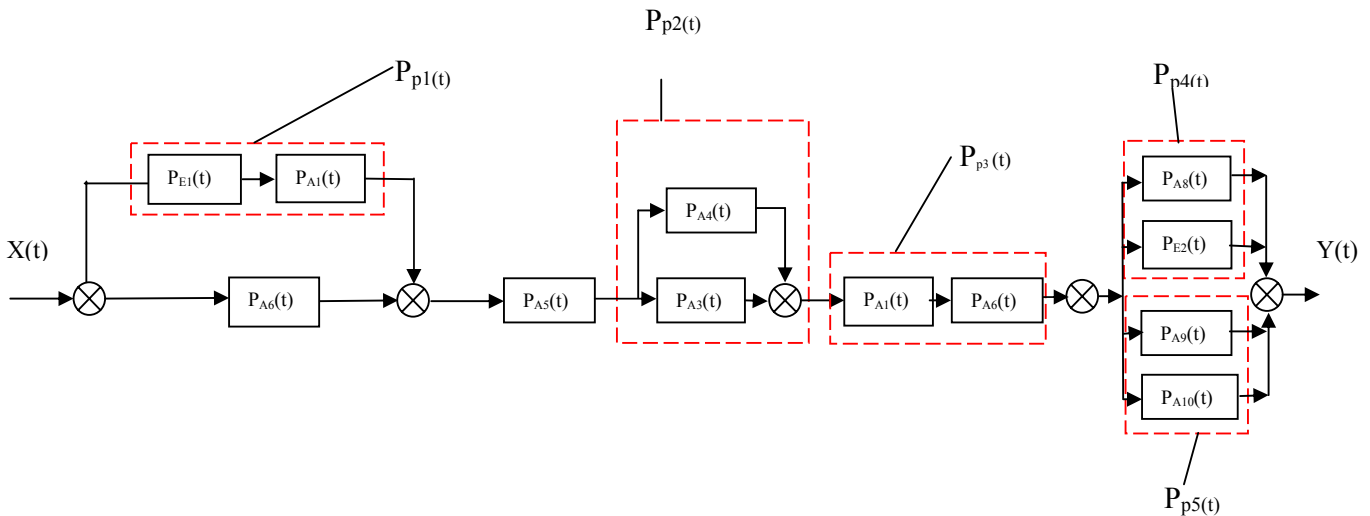
Na osnovu dobijenih konačnih izraza prenosnih funkcija analiziranih sklopova ( $G_p(t)_{BP}$  - za boks pređenja,  $G_p(t)_{NK}$  - za namotavanje kalemova gotovom pređom), i u njima zamenom vrednosti pouzdanosti komponenti  $P_i(t)$  za vremenske intervale  $13000(h) \leq \Delta t_i \leq 20000(h)$  dobijaju se tabelarne vrednosti po pojasevima značajnosti pouzdanosti, iz kojih se konstruišu krive pouzdanosti prenosnih funkcija analiziranih sklopova (tabele 4.12 i 4.13).

**I) Model blok dijagrama prenosne funkcije pouzdanosti kod sklopa boksa pređenja**

Za rešavanje - redukciju ovog modela izvršice se njegovo koračno rešavanje pri dobijanju prenosne funkcije pouzdanosti sklopa  $G_p(t)_{BP}$ .

Kao što se sa slike 4.21. vidi, radi se o otvorenom sistemu automatskog upravljanja pouzdanosti.

Model je prikazan na slici 4.21.



**Slika 4.21. Početni model blok dijagrama prenosne funkcije pouzdanosti kod sklopa boksa pređenja**

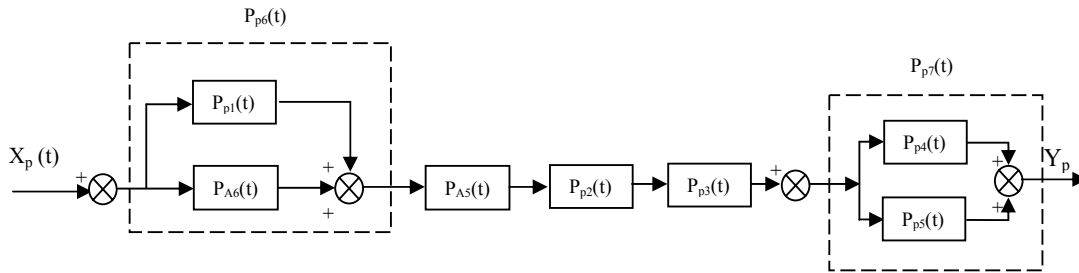
**I Korak:** Određivanje parcijalnih blokova pouzdanosti

$$P_{p1}(t) = P_{E1}(t) \cdot P_{A7}(t), P_{p2}(t) = P_{A4}(t) + P_{A3}(t), P_{p3}(t) = P_{A1}(t) \cdot P_{A2}(t), P_{p4}(t) = P_{A8}(t) + P_{E2}(t),$$

$$P_{p5}(t) = P_{A9}(t) + P_{A10}(t)$$

**II Korak (Slika 4.22.)**

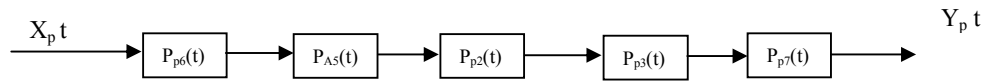
Vrednosti parcijalnih blokova pouzdanosti su:  $P_{p6}(t) = P_{A6}(t) + P_{p1}(t), P_{p7}(t) = P_{p4}(t) + P_{p1}(t).$



Slika 4.22. Redukcija blok dijagrama u II koraku za sklop boksa predenja

**III Korak (Slika 4.23.)**

Vrednosti parcijalnih blokova pouzdanosti su:  $G_{BP} = P_{P6}(t) \cdot P_{A1}(t) \cdot P_{P2}(t) \cdot P_{P3}(t) \cdot P_{P7}(t)$



Slika 4.23. Poslednji korak u određivanju konačne prenosne funkcije modela blok dijagrama za sklop boksa predenja

$$G_{BP}(t) = \frac{Y_p(t)}{X_p(t)} = (P_{A6}(t) + P_{P1}(t)) \cdot P_{A5}(t) \cdot (P_{A4}(t) + P_{A3}(t)) \cdot P_{A1}(t) \cdot P_{A2}(t) \cdot (P_{P4}(t) + P_{P5}(t)) =$$

$$= (P_{A6}(t) + P_{E1}(t) \cdot P_{A7}(t)) \cdot P_{A5}(t) \cdot (P_{A4}(t) + P_{A3}(t)) \cdot P_{A1}(t) \cdot P_{A2}(t) \cdot (P_{A8}(t) + P_{E2}(t) + P_{A9}(t) + P_{A10}(t)) =$$

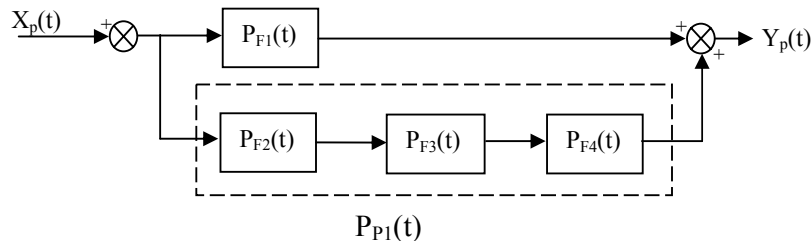
$$= P_{A1}(t) \cdot P_{A2}(t) \cdot P_{A5}(t) \cdot \{(P_{A6}(t) + P_{E1}(t) \cdot P_{A7}(t))\} (P_{A4}(t) + P_{A3}(t)) \cdot (P_{A8}(t) + P_{E2}(t) + P_{A9}(t) + P_{A10}(t))$$

Konačna jednačina vrednosti pouzdanosti na osnovu parcijalnih vrednosti pouzdanosti za sklop boksa predenja je:

$$G_{BP}(t)_p = P_{A1}(t) \cdot P_{A2}(t) \cdot P_{A5}(t) \cdot (P_{A4}(t) + P_{A3}(t)) \cdot \{(P_{A6}(t) + P_{E1}(t) \cdot P_{A7}(t))\} (P_{A8}(t) + P_{E2}(t) + P_{A9}(t) + P_{A10}(t))$$

**II) Model blok dijagrama prenosne funkcije pouzdanosti kod sklopa za namotavanje kalemova gotovom predom**

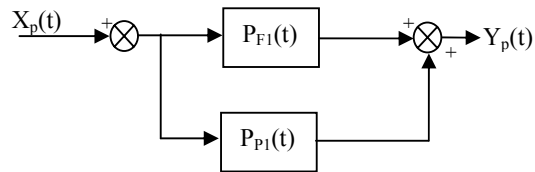
Model blok dijagrama prenosne funkcije pouzdanosti kod sklopa za namotavanje kalemova gotovom predom je prikazan na slici 4.24.



Slika 4.24. Početni model blok dijagrama prenosne funkcije pouzdanosti kod sklopa za namotavanje kalemova gotovom predom



**I Korak** - Određivanje parcijalnih blokova pouzdanosti  $P_{P1}(t) = P_{F2}(t) \cdot P_{F3}(t) \cdot P_{F4}(t)$ .  
(Slika 4.25.)



**Slika 4.25. Slika parcijalnih blokova pouzdanosti**

**II Korak** – Određivanje ukupne prenosne funkcije pouzdanosti sklopa za namotavanje kalemova gotovom predom:

$$G_{NK}(t)_P = \frac{Y_p(t)}{X_p(t)} = P_{F1}(t) + P_{P1}(t) = P_{F2}(t) \cdot P_{F3}(t) \cdot P_{F4}(t) + P_{F1}(t)$$

#### 4.2.3.2. FORMIRANJE TABELA VREDNOSTI PRENOSNIH FUNKCIJA SKLOPA BOKSA PREDENJA $G_p(t)_{BP}$ I SKLOPA ZA NAMOTAVANJE KALEMOVA GOTOVOM PREDOM $G_p(t)_{NK}$

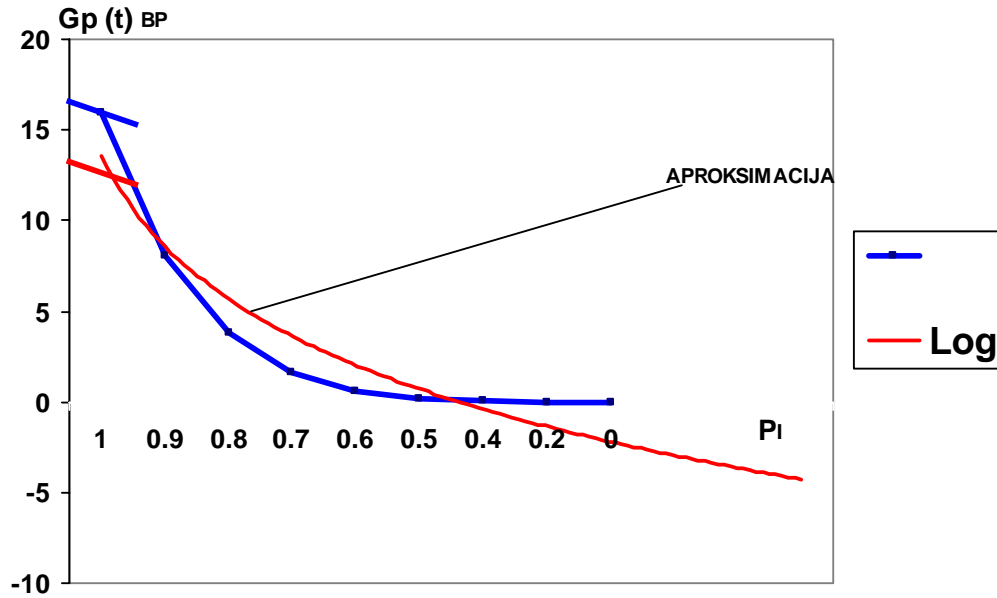
Tabele su formirane na osnovu konačnih izraza prenosnih funkcija pouzdanosti u zavisnosti od vremenskog intervala rada sklopova.

Na osnovu dobijenih vrednosti, izvršen je grafički prikaz zavisnosti  $f(G_p(t)_{BP}, t)$ ,  $f(G_p(t)_{NK}, t)$  (Slike 4.26. i 4.27.).

Prikaz vrednosti prenosne funkcije pouzdanosti sklopa boksa predenja izvršen je tabelarno (Tabela 4.12).

**Tabela 4.12 Vrednosti prenosnih funkcija pouzdanosti sklopa boksa predenja u zavisnosti od vrednosti njegove pouzdanosti**

Vrednosti pouzdanosti $P_i(t)$	Prenosna funkcija pouzdanosti podsistema boksa predenja $G_p(t)_{BP}$	
1,0	Zasene oblasti predstavljaju krajnju granicu zadovoljavajuće pouzdanosti u analizi	16
0,9		8,078
0,8		3,775
0,7		1,6
0,6		0,5972
0,5		0,1875
0,4		0,0458
0,2		0,0006
0		0



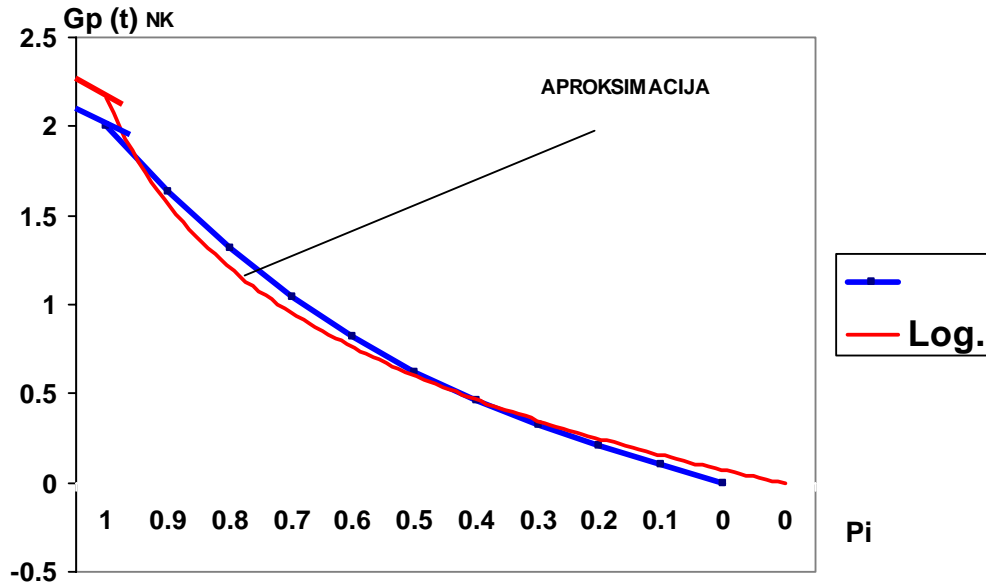
Slika 4.26. Grafik prenosne funkcije boksa pređenja sa aproksimacijom  $G_p(t)_{BP}$

**Napomena:** Zasenčene oblasti  $P_i(t)$  su obuhvatile vrednosti  $P_i(t) \geq 0,5$  jer vrednosti ispod ove granice se ne uzimaju u razmatranje (obuhvataju područja u kojima treba izvršiti remonte sklopa o čemu će biti više reči kod određivanja vrednosti pouzdanosti u slučajevima izabrane statističke raspodele).

Prikaz vrednosti prenosne funkcije pouzdanosti sklopa za namotavanje kalemova gotovom predom izvršen je tabelarno (Tabela 4.13).

Tabela 4.13 Vrednosti prenosnih funkcija pouzdanosti sklopa za namotavanje kalemova gotovom predom u zavisnosti od vrednosti njegove pouzdanosti

Vrednosti pouzdanosti $P_i(t)$	Prenosna funkcija pouzdanosti sklopa za namotavanje kalema gotovom predom $G_p(t)_{NK}$
1,0	2,0
0,9	1,63
0,8	1,312
0,7	1,043
0,6	0,816
0,5	0,625
0,4	0,464
0,3	0,327
0,2	0,208
0,1	0,101



Slika 4.27. Grafik prenosne funkcije sklopa za namotavanje kalemova gotovom predom sa aproksimacijom  $G_p(t)_{NK}$

**Zaključak:** Krive  $f(G_p(t)_{BP}, t)$ ,  $f(G_p(t)_{NK}, t)$  odgovaraju prema svom obliku longnormalnim krivama, pa iz tog razloga za izbor statističke raspodele pouzdanosti uzeće se **longnormalna raspodela**. Prema ovoj raspodeli izvršice se korekcija pouzdanosti svake sastavne komponente analiziranih sklopova.

#### 4.2.4. ODREĐIVANJE KOREKCIONIH VREDNOSTI POUZDANOSTI RADA KOMPONENATA SKLOPOVA U SLUČAJU LONGNORMALNE STATISTIČKE RASPODELE

Na prikazanom grafiku prenosnih funkcija  $G_{BP}(t)_p$ ,  $G_{NK}(t)_p$  određena je statistička raspodela pouzdanosti na osnovu koje će se sprovesti dalje korekcije pouzdanosti rada sastavnih komponenti analiziranih sklopova i dobiće se vrednosti merodavne pouzdanosti.

Da bi smo dobili što preciznije rezultate za određivanje pouzdanosti sigurnog rada komponenti analiziranih sklopova OE - predilice (sklop boks pređenja i sklop za namotavanje kalemova gotovom predom) uzimaće se korekzione vrednosti pouzdanosti na osnovu longnormalne statističke raspodele pouzdanosti kao odabrane raspodele.

Korekzione vrednosti pouzdanosti biće prikazane tabelarno (tabele od 4.14 do 4.38), a dobijaju se pomoću izabrane statističke raspodele pouzdanosti u obliku /12/, /98/, /181/:

$$R_i(t) = 1 - F(t) = 1 - \int_0^t \frac{1}{\sigma \cdot t \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{\ln t - \mu}{\sigma} \right)^2} dt.$$

Uvođenjem smene:  $z = \frac{x - \mu}{\sigma} = \frac{\ln t - \mu}{\sigma}$  i diferenciranjem po  $t$ ,

$$z' = \left( \frac{\ln t - \mu}{\sigma} \right)' = \frac{(\ln t - \mu)' \cdot \sigma - (\ln t - \mu) \cdot \sigma'}{\sigma^2} \Rightarrow \frac{dz}{dt} = \frac{\frac{1}{t} \cdot \sigma}{\sigma^2} = \frac{1}{t \cdot \sigma} \Rightarrow z = \frac{dt}{t \cdot \sigma}.$$

Kako je  $R_i(t) = 1 - \int_{-\infty}^z \varphi(z) dz$ , i  $\varphi(z) = t \cdot \sigma \cdot f(t)$ ; onda je konačni izraz za izračunavanje pouzdanosti rada komponenti analiziranih sklopova /12/, /98/, /181/:

$$R_i(t) = \frac{f(t)}{\lambda(t)} = \frac{\varphi(z)}{\lambda(t) \cdot t \cdot \sigma}.$$

Treba istaći da je  $\sigma$  standardna devijacija prirodnog logaritma, i njene vrednosti se očitavaju iz tabela za normalnu statističku raspodelu.

Na osnovu dobijenih rezultata pouzdanosti konstruisaće se grafici zavisnosti njihove pouzdanosti od vremena rada komponenti sklopova  $f(R_i(t), t)$ , i to u dva slučaja: bez i sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja, na osnovu kojih će se izvršiti grafički prikazi oblasti sigurnosti rada komponenti sklopova. Na osnovu dobijenih oblasti sigurnosti funkcionisanja mogu se predvideti oblasti vremena sigurnog rada, vremena rada sa dozvoljenim rizikom i oblasti rada koji ukazuju na neophodnost izvođenja remonta komponenti i celog sklopa. Ova analiza će poslužiti u određivanju korelacije povezanosti – uticaja zavisnosti, pouzdanosti i amplituda mehaničkih oscilacija na izabranim mernim mestima analiziranih sklopova.

#### **4.2.4.1. KOREKCIONE VREDNOSTI POUZDANOSTI RADA KOMPONENTATA SKLOPOVA U SLUČAJU LONGNORMALNE STATISTIČKE RASPODELE NA KOJIMA NISU PRIMENJENI POSTUPCI TEHNOLOGIJE PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA**

Ova analiza je obuhvatila korekciju vrednosti pouzdanosti rada komponenti sklopova u slučaju izabrane statističke raspodele pouzdanosti. Analiza je primenjena na:

- I. SASTAVNIM KOMPONENTAMA SKLOPA – BOKSA PREDENJA
- II. SASTAVNIM KOMPONENTAMA SKLOPA ZA NAMOTAVANJE KALEMOVA GOTOVOM PREDOM

#### **I) SKLOP BOKS PREDENJA**

##### **1. Uvodni kanal**

Procedura određivanja pouzdanosti na ovoj sastavnoj komponenti u slučaju longnormalne statističke raspodele (kao najpogodnije izabrane raspodele) detaljnije će biti određena, i ona će obraditi proceduru dobijanja vrednosti pouzdanosti za vremenske intervale rada sastavne komponente do otkaza. Ova sprovedena procedura će važiti i kod određivanja pouzdanosti za sve sastavne komponente analiziranih sklopova, i kao osnovne parametre uzima:

- Vremenski interval  $t=13194$  (h) rada komponenti do otkaza,
- Funkcija gustine otkaza  $f_c(t) = 1,428 \cdot 10^{-6}$ ,
- Korekciona vrednost pouzdanosti dobijena iz empirijskih obrazaca  $P_{A_6}(t) \cong \varphi(z)$ .

Korekciona vrednost se dobija iz obrasca:

$$\sigma \approx \frac{\varphi(z)}{t \cdot f_z(t)} \approx \frac{0,828}{13194 \cdot 1,428 \cdot 10^{-6}} \approx 4,394(h);$$

Usvaja se:  $\sigma = 4,394(h) \Rightarrow \varphi(z) = 0,828 \Rightarrow R_{A_6}(t) = \varphi(z) = 0,828$

Iz tabele vrednosti za površinu ispod standardne normalne statističke raspodele pouzdanosti usvajam:  $z = 0,95 \Rightarrow \mu = \ln t - z \cdot \sigma = \ln 13194 - 0,95 \cdot 4,394 = 5,31(h)$

Iz dobijenih vrednosti može se formirati tabela koja obuhvata sve vrednosti parametara (tabela 4.14.). Uzete su vrednosti funkcija raspodele otkaza odmah nakon najvećih vrednosti pouzdanosti jer iste predstavljaju početak otkaznih stanja.

**Tabela 4.14 Obuhvata sve vrednosti parametara koje određuju pouzdanost rada sastavne komponente sklopa boksa pređenja (uvodni kanal) u slučaju longnormalne raspodele pouzdanosti**

Naziv sastavne komponente sklopa	Oznaka komponente	Vremenski interval rada komponente do otkaza $\Delta t, (h)$	$f_{A_6}(t)$	$z$	$\mu$	$\sigma$	$R_{A_6}(t) = \varphi(z)$
Uvodni kanal	A6	13 000	-	-	-	-	<b>1,0</b>
		13 034	$1,428 \cdot 10^{-5}$	1,82	0,055	5,128	<b>0,965</b>
		13 068	$1,428 \cdot 10^{-5}$	1,49	2,03	5,0	<b>0,931</b>
		13 102	$1,428 \cdot 10^{-5}$	1,28	3,35	4,79	<b>0,899</b>
		13 136	$1,428 \cdot 10^{-5}$	1,09	4,47	4,595	<b>0,862</b>
		13 194	$1,428 \cdot 10^{-5}$	0,95	5,31	4,394	<b>0,828</b>
		16 759	$1,428 \cdot 10^{-5}$	-	-	-	<b>0,4</b>
		17 145	$1,428 \cdot 10^{-5}$	-	-	-	<b>0,2</b>

## 2. Usisnik boksa

**Tabela 4.15 Obuhvata sve vrednosti parametara koje određuju pouzdanost rada sastavne komponente sklopa boksa pređenja (usisnik boksa) u slučaju longnormalne raspodele pouzdanosti**

Naziv sastavne komponente sklopa	Oznaka komponente	Vremenski interval rada komponente do otkaza $\Delta t, (h)$	$f_{A_5}(t)$	$z$	$\mu$	$\sigma$	$R_{A_5}(t) = \varphi(z)$
Usisnik boksa	A5	13 000	-	-	-	-	<b>1,0</b>
		13 040	$7,93 \cdot 10^{-6}$	2,07	-10,15	9,48	<b>0,98</b>
		13 080	$7,93 \cdot 10^{-6}$	1,76	-6,8	9,25	<b>0,96</b>
		13 120	$7,93 \cdot 10^{-6}$	1,56	-4,6	9,03	<b>0,94</b>
		13 160	$7,93 \cdot 10^{-6}$	1,41	-2,93	8,81	<b>0,92</b>
		13 194	$7,93 \cdot 10^{-6}$	1,3	-1,69	8,6	<b>0,9</b>

## 3. Otvarač pramenova trake

Tabela 4.16 Obuhvata sve vrednosti parametara koje određuju pouzdanost rada sastavne komponente sklopa boksa pređenja (otvarač pramenova trake) u slučaju longnormalne raspodele pouzdanosti

Naziv sastavne komponente sklopa	Oznaka komponente	Vremenski interval rada komponente do otkaza $\Delta t, (h)$	$f_{A7}(t)$	$z$	$\mu$	$\sigma$	$R_{A7}(t) = \varphi(z)$
Otvarač pramenova trake	A7	15 000	-	-	-	-	<b>1,0</b>
		15 020	$4,16 \cdot 10^{-5}$	1,48	7,96	1,4	<b>0,881</b>
		15 040	$4,16 \cdot 10^{-5}$	0,73	8,72	1,22	<b>0,767</b>
		15 060	$4,16 \cdot 10^{-5}$	0,38	9,23	1,03	<b>0,648</b>
		15089	$4,16 \cdot 10^{-5}$	0,09	9,54	0,85	<b>0,535</b>
		15 615	$4,16 \cdot 10^{-5}$	-	-	-	<b>0,522</b>
		15 747	$4,16 \cdot 10^{-5}$	-	-	-	<b>0,519</b>
		15 993	$4,16 \cdot 10^{-5}$	-	-	-	<b>0,514</b>
		19073	$4,16 \cdot 10^{-5}$	-	-	-	<b>0,321</b>
19 947	$4,16 \cdot 10^{-5}$	-	-	-	<b>0,305</b>		

## 4. Elektromagnetna spojnica

Tabela 4.17 Obuhvata sve vrednosti parametara koje određuju pouzdanost rada sastavne komponente sklopa boksa pređenja (elektromagnetne spojnice) u slučaju longnormalne raspodele pouzdanosti

Naziv sastavne komponente sklopa	Oznaka komponente	Vremenski interval rada komponente do otkaza $\Delta t, (h)$	$f_{E1}(t)$	$z$	$\mu$	$\sigma$	$R_{E1}(t) = \varphi(z)$
Elektromagnetna spojnica	E1	13 000	-	-	-	-	<b>1,0</b>
		13 015	$5,49 \cdot 10^{-6}$	1,72	7,17	1,34	<b>0,965</b>
		13 030	$5,49 \cdot 10^{-6}$	1,37	7,72	1,28	<b>0,914</b>
		13 045	$5,49 \cdot 10^{-6}$	1,13	8,1	1,21	<b>0,871</b>
		13 100	$5,49 \cdot 10^{-6}$	0,65	8,81	1,03	<b>0,742</b>
		13 150	$5,49 \cdot 10^{-6}$	0,29	9,24	0,85	<b>0,613</b>
		16 194	$5,49 \cdot 10^{-6}$	-	-	-	<b>0,484</b>
		17 240	$5,49 \cdot 10^{-6}$	-	-	-	<b>0,153</b>

### 5. Dekla (dizna) – poklopac rotora

**Tabela 4.18** Obuhvata sve vrednosti parametara koje određuju pouzdanost rada sastavne komponente sklopa boksa pređenja (dekla – poklopac rotora) u slučaju longnormalne raspodele pouzdanosti.

Naziv sastavne komponente sklopa	Oznaka komponente	Vremenski interval rada komponente do otkaza $\Delta t, (h)$	$f_{A3}(t)$	$z$	$\mu$	$\sigma$	$R_{A3}(t) = \varphi(z)$
Dizna - Dekla	A3	13 000	-	-	-	-	<b>1,0</b>
		13 200	$2,38 \cdot 10^{-5}$	1,48	5,1	2,96	<b>0,93</b>
		13 400	$2,38 \cdot 10^{-5}$	1,08	6,58	2,7	<b>0,86</b>
		13 600	$2,38 \cdot 10^{-5}$	0,84	7,46	2,44	<b>0,79</b>
		13 802	$2,38 \cdot 10^{-5}$	0,59	8,24	2,19	<b>0,72</b>

### 6. Odvodna cev

**Tabela 4.19** Obuhvata sve vrednosti parametara koje određuju pouzdanost rada sastavne komponente sklopa boksa pređenja (odvodna cev) u slučaju longnormalne raspodele pouzdanosti

Naziv sastavne komponente sklopa	Oznaka komponente	Vremenski interval rada komponente do otkaza $\Delta t, (h)$	$f_{A4}(t)$	$z$	$\mu$	$\sigma$	$R_{A4}(t) = \varphi(z)$
Odvodna cev	A4	15 000	-	-	-	-	<b>1,0</b>
		15 100	$4,166 \cdot 10^{-5}$	1,29	7,77	1,43	<b>0,9</b>
		15 200	$4,166 \cdot 10^{-5}$	0,85	8,55	1,26	<b>0,8</b>
		15 300	$4,166 \cdot 10^{-5}$	0,56	0,01	1,11	<b>0,712</b>
		15 400	$4,166 \cdot 10^{-5}$	0,3	9,35	0,965	<b>0,618</b>
		15 552	$4,166 \cdot 10^{-5}$	0,06	9,6	0,808	<b>0,523</b>

### 7. Rotor (turbina)

**Tabela 4.20** Obuhvata sve vrednosti parametara koje određuju pouzdanost rada sastavne komponente sklopa boksa pređenja (rotor – turbina) u slučaju longnormalne raspodele pouzdanosti

Naziv sastavne komponente sklopa	Oznaka komponente	Vremenski interval rada komponente do otkaza $\Delta t, (h)$	$f_{A1}(t)$	$z$	$\mu$	$\sigma$	$R_{A1}(t) = \varphi(z)$
		13 000	-	-	-	-	<b>1,0</b>

<b>Rotor</b>	<b>A1</b>	13 400	$5,0 \cdot 10^{-5}$	1,96	6,66	1,45	<b>0,975</b>
		13 800	$5,0 \cdot 10^{-5}$	1,66	7,24	1,38	<b>0,951</b>
		14 240	$5,0 \cdot 10^{-5}$	1,46	7,66	1,30	<b>0,927</b>
		15 747	$5,0 \cdot 10^{-5}$	-	-	-	<b>0,914</b>
		16 148	$5,0 \cdot 10^{-5}$	-	-	-	<b>0,912</b>
		16 573	$5,0 \cdot 10^{-5}$	-	-	-	<b>0,778</b>
		16 759	$5,0 \cdot 10^{-5}$	-	-	-	<b>0,773</b>

### 8. Aeroležaj

**Tabela 4.21** Obuhvata sve vrednosti parametara koje određuju pouzdanost rada sastavne komponente sklopa boksa pređenja (aeroležaj) u slučaju longnormalne raspodele pouzdanosti

Naziv sastavne komponente sklopa	Oznaka komponente	Vremenski interval rada komponente do otkaza $\Delta t, (h)$	$f_{A2}(t)$	$z$	$\mu$	$\sigma$	$R_{A2}(t) = \varphi(z)$
<b>Aeroležaj</b>	<b>A2</b>	13 000	-	-	-	-	<b>1,0</b>
		13 400	$4,54 \cdot 10^{-5}$	1,96	6,36	1,6	<b>0,975</b>
		13 800	$4,54 \cdot 10^{-5}$	1,66	7,0	1,52	<b>0,951</b>
		14 242	$4,54 \cdot 10^{-5}$	1,46	7,47	1,43	<b>0,927</b>
		15 747	$4,54 \cdot 10^{-5}$	-	-	-	<b>0,914</b>
		16 148	$4,54 \cdot 10^{-5}$	-	-	-	<b>0,912</b>
		16 573	$4,54 \cdot 10^{-5}$	-	-	-	<b>0,778</b>
		16 759	$4,54 \cdot 10^{-5}$	-	-	-	<b>0,773</b>

### 9. Čitač

**Tabela 4.23** Obuhvata sve vrednosti parametara koje određuju pouzdanost rada sastavne komponente sklopa boksa pređenja (elektronski čitač) u slučaju longnormalne raspodele pouzdanosti

Naziv sastavne komponente sklopa	Oznaka komponente	Vremenski interval rada komponente do otkaza $\Delta t, (h)$	$f_{E2}(t)$	$z$	$\mu$	$\sigma$	$R_{E2}(t) = \varphi(z)$
<b>Čitač</b>	<b>E2</b>	15 000	-	-	-	-	<b>1,0</b>
		15 020	$1,428 \cdot 10^{-5}$	1,66	2,26	4,43	<b>0,951</b>
		15 040	$1,428 \cdot 10^{-5}$	1,3	4,16	4,2	<b>0,903</b>
		15 060	$1,428 \cdot 10^{-5}$	1,05	5,46	3,96	<b>0,853</b>
		15 089	$1,428 \cdot 10^{-5}$	0,86	6,4	3,74	<b>0,806</b>



Za ostale komponente sklopa boks pređenja pouzdanost iznosi  $R_{A5}(t) = R_{A9}(t) = R_{A10}(t) = 1,0$  i kod istih se nije pojavio ni jedan otkaz u vremenskom periodu njihovog rada  $\Delta t_1 \geq 20000h$ .

## II) SKLOP ZA NAMOTAVANJE KALEMOVA GOTOVOM PREDOM

### 1. Vodič niti

**Tabela 4.23** Obuhvata sve vrednosti parametara koje određuju pouzdanost rada sastavne komponente sklopa za namotavanje kalemova gotovom predom (vodič niti) u slučaju longnormalne raspodele pouzdanosti

Naziv sastavne komponente sklopa	Oznaka komponente	Vremenski interval rada komponente do otkaza $\Delta t, (h)$	$f_{F1}(t)$	$z$	$\mu$	$\sigma$	$R_{F1}(t) = \varphi(z)$
Vodič niti	F1	13 000	-	-	-	-	<b>1,0</b>
		13 770	$7,14 \cdot 10^{-6}$	1,29	- 2,3	9,169	<b>0,9014</b>
		14 860,5	$7,14 \cdot 10^{-6}$	0,68	4,79	7,084	<b>0,7517</b>
		15 552	$7,14 \cdot 10^{-6}$	0,12	9,06	4,933	<b>0,5478</b>
		16 613	$7,14 \cdot 10^{-6}$	-	-	-	<b>0,424</b>

Napomena: Nadalje nema potrebe jer vrednost pouzdanosti je manja  $P_{F1}(t) < 0,5$ .

### 2. Držak kalema

**Napomena:** Zbog velike ekstremne vrednosti pada pouzdanosti, u kratkom vremenskom intervalu rada ove komponente za određivanje pouzdanosti longnormalnom statističkom raspodelom, izvršice se korekcija pouzdanosti putem aproksimacija aritmetičkih sredina u intervalu rada ove komponente tj. u vremenu rada od 130000 ÷ 13520 radnih sati.

$k = \frac{13520 - 13000}{5} = 104(h)$  - koeficijent intervala vremena na osnovu koga su sračunata

ostala vremena rada komponenti i na osnovu njih određene vrednosti pouzdanosti:

$t_1 = 13000(h) \Rightarrow R_{F2} = 1,0; t_2 = 13104(h) \Rightarrow R_{F2_1} = 0,8554; t_3 = 13208(h) \Rightarrow R_{F2_2} = 0,7108;$

$t_4 = 13312(h) \Rightarrow R_{F2_3} = 0,5662.$

Napomena: Nadalje nema potrebe jer vrednost pouzdanosti je manja  $P_{F1}(t) < 0,5$ .

**Tabela 4.24** Obuhvata sve vrednosti parametara koje određuju pouzdanost rada sastavne komponente sklopa za namotavanje kalemova gotovom predom (držak kalema) u slučaju longnormalne raspodele pouzdanosti

Naziv sastavne komponente sklopa	Oznaka komponente	Vremenski interval rada komponente do otkaza $\Delta t, (h)$	$f_{F2}(t)$	$z$	$\mu$	$\sigma$	$R_{F2}(t) = \varphi(z)$
		13 000	-	-	-	-	<b>1,0</b>
		13 104	$5,14 \cdot 10^{-5}$	1,06	8,134	1,27	<b>0,854</b>

Držač kalema	F2	13 208	$5,14 \cdot 10^{-5}$	0,56	8,90	1,05	<b>0,7123</b>
		13 312	$5,14 \cdot 10^{-5}$	0,17	9,40	0,829	<b>0,5662</b>

### 3. Na zatezaču / podizaču kalema

Kod ove sastavne komponente nije dolazilo ni do jednog otkaza, pa je pouzdanost njegovog rada bila maksimalna  $R_{F3}(t) = R_{F3-0} = 1,0$  i kod praćenja rada sklopova bez primene tehnologije preventivnog održavanja kao i sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja.

### 4. Kočnica kalema

**Napomena:** Zbog velike ekstremne vrednosti pada pouzdanosti, u kratkom vremenskom intervalu rada ove komponente za određivanje pouzdanosti longnormalnom statističkom raspodelom, izvršio se korekcija pouzdanosti putem aproksimacija aritmetičkih sredina u intervalu rada ove komponente tj. u vremenu rada od 140000 ÷ 14520 radnih sati.

$$k = \frac{14266 - 14000}{5} = 53,2(h) - \text{koeficijent intervala vremena na osnovu koga su sračunata}$$

ostala vremena rada komponente i na osnovu njih određena vrednost pouzdanosti:

$$t_1 = 14000(h) \Rightarrow R_{F4} = 1,0; t_2 = 14053(h) \Rightarrow R_{F4_1} = 0,9; t_3 = 14106(h) \Rightarrow R_{F4_2} = 0,8;$$

$$t_4 = 14159(h) \Rightarrow R_{F4_3} = 0,7; t_5 = 14212(h) \Rightarrow R_{F4_4} = 0,6.$$

Napomena: Nadalje nema potrebe jer vrednost pouzdanosti je manja  $P_{F1}(t) < 0,5$ .

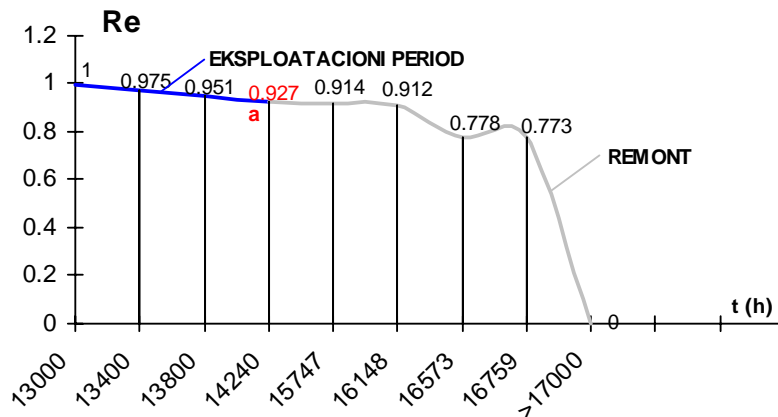
**Tabela 4.25** Obuhvata sve vrednosti parametara koje određuju pouzdanost rada sastavne komponente sklopa za namotavanje kalemova gotovom predom (kočnica kalema) u slučaju longnormalne raspodele pouzdanosti

Naziv sastavne komponente sklopa	Oznaka komponente	Vremenski interval rada komponente do otkaza $\Delta t, (h)$	$f_{F4}(t)$	$z$	$\mu$	$\sigma$	$R_{F4}(t) = \varphi(z)$
Kočnica kalema	F4	14 000	-	-	-	-	<b>1,0</b>
		14 053	$3,57 \cdot 10^{-5}$	1,29	7,233	1,796	<b>0,9014</b>
		14 106	$3,57 \cdot 10^{-5}$	0,85	8,20	1,593	<b>0,8023</b>
		14 159	$3,57 \cdot 10^{-5}$	0,53	8,822	1,388	<b>0,7019</b>
		14 212	$3,57 \cdot 10^{-5}$	0,26	9,253	1,187	<b>0,6026</b>

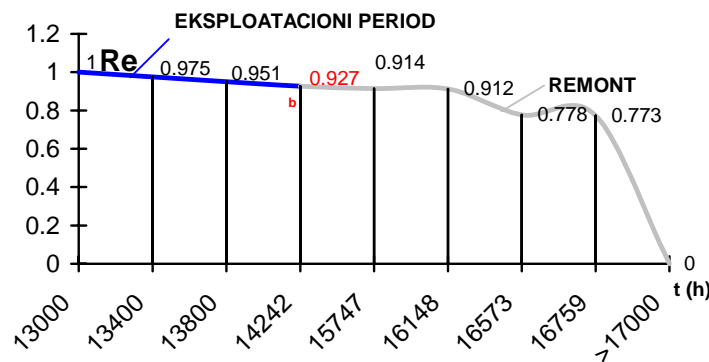
**Napomena:** U analizi pouzdanosti određenih longnormalnom statističkom raspodelom nisu obuhvaćene vrednosti pouzdanosti sastavnih komponenti A8, A9, A10 i F3, jer se vidi iz korekcionih vrednosti pouzdanosti iz empirijskih (eksploatacionih) podataka da su im vrednosti maksimalne  $P_{A8}(t) = P_{A9}(t) = P_{A10}(t) = P_{F3}(t) = 1,0$  za sve vreme posmatranja eksploatacionog rada ovih sastavnih komponenti (analizirano eksploataciono vreme rada se kreće u granicama  $13000 \leq t_i \leq 20000[h]$ ). Ovo važi za obe analize i to bez postupaka i sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja.

## DIJAGRAMI POUZDANOSTI RADA KOMPONENA SKLOPA BOKSA PREDENJA NA KOJIMA NISU SPROVEDENI POSTUPCI TEHNOLOGIJE PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA U SLUČAJU LONGNORMALNE STATISTIČKE RASPODELE

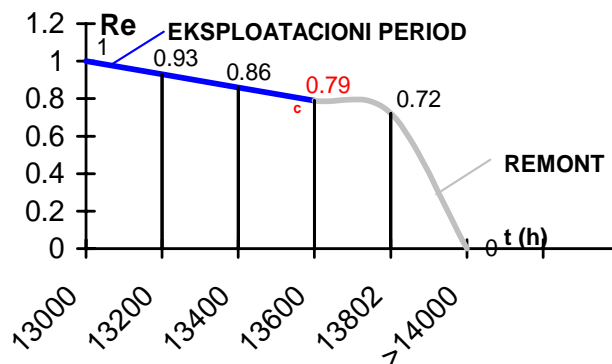
Dijagrami prikazanih pouzdanosti daju tačno određivanje zavisnosti ispravnog rada svake sastavne komponente kao i prevojne tačke prelaza pouzdanosti u stanje remonta (prikazi na slikama 4.28. – 4.36.).



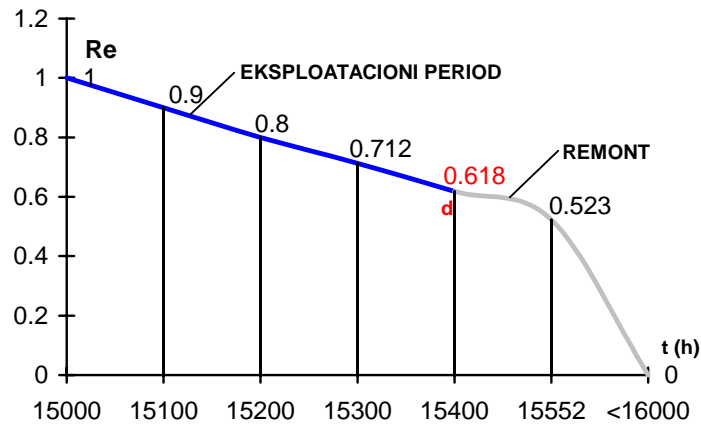
Slika 4.28. Dijagram pouzdanosti za sastavnu komponentu rotor (turbina) – A1



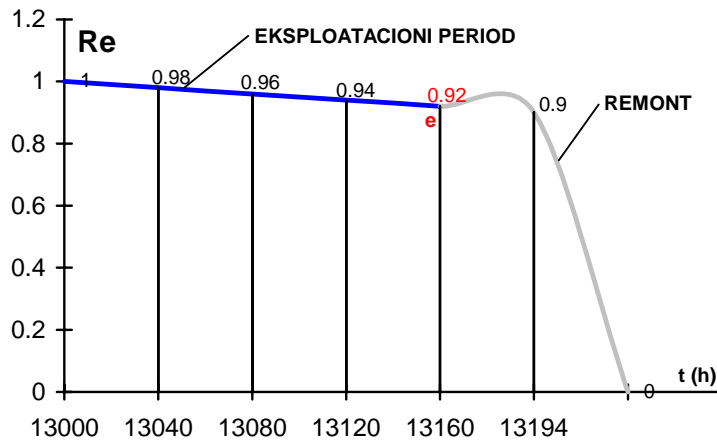
Slika 4.29. Dijagram pouzdanosti za sastavnu komponentu aeroležaj – A2



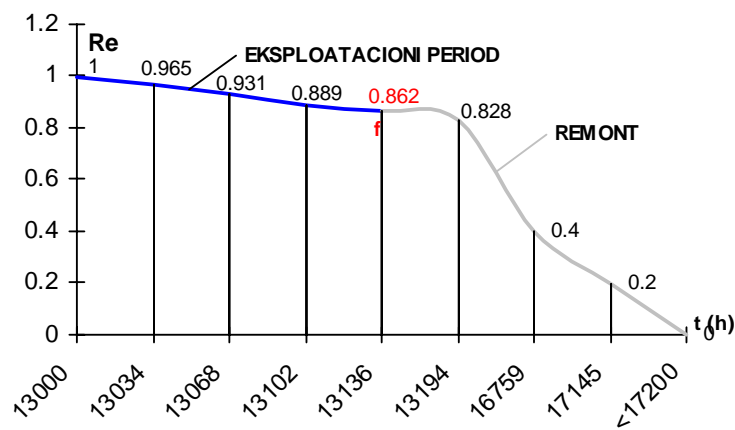
Slika 4.30. Dijagram pouzdanosti za sastavnu komponentu dizna (dekla – poklopac rotora) – A3



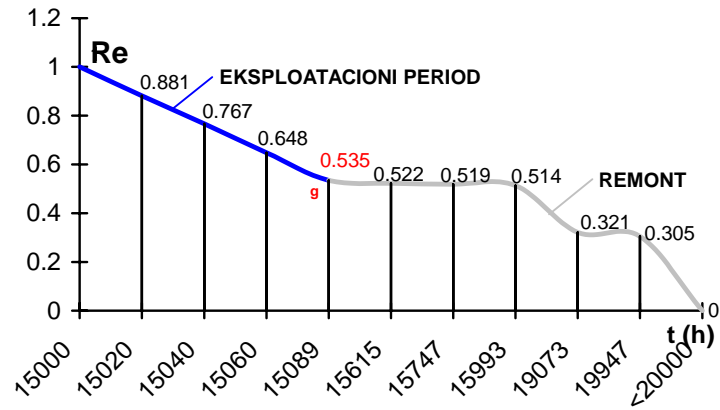
Slika 4.31. Dijagram pouzdanosti za sastavnu komponentu odvodna cev – A4



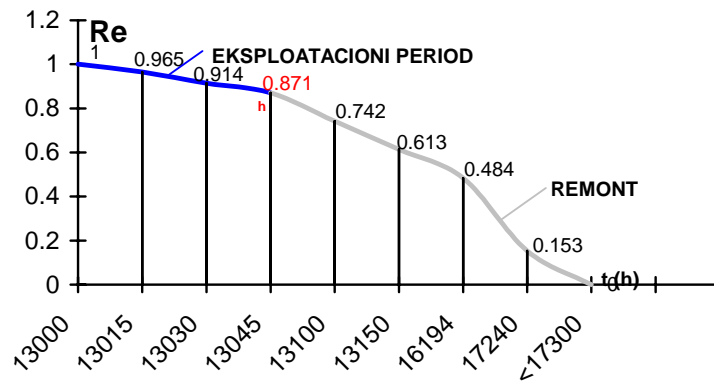
Slika 4.32. Dijagram pouzdanosti za sastavnu komponentu usisnik boksa – A5



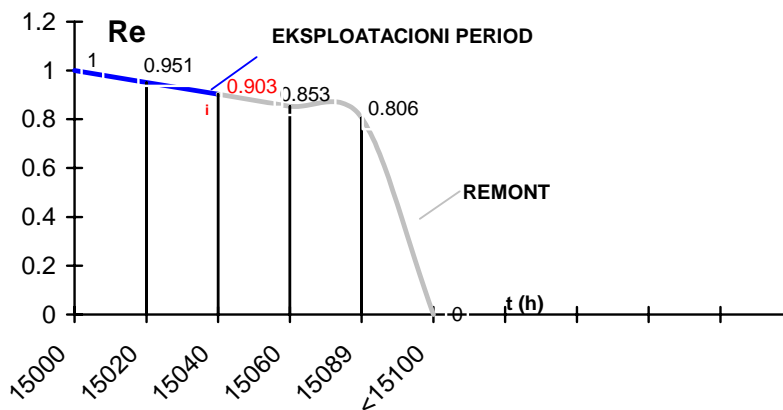
Slika 4.33. Dijagram pouzdanosti za sastavnu komponentu uvodni kanal – A6



Slika 4.34. Dijagram pouzdanosti za sastavnu komponentu otvarač pramenova trake – A7



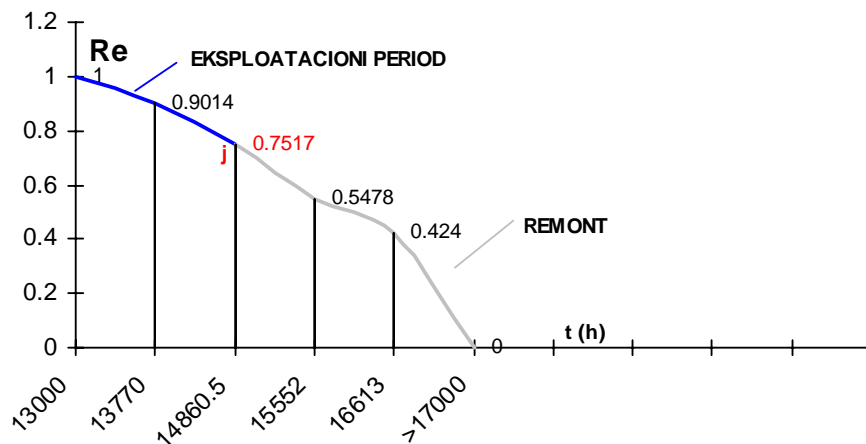
Slika 4.35. Dijagram pouzdanosti za sastavnu komponentu elektromagnetna spojnica – E1



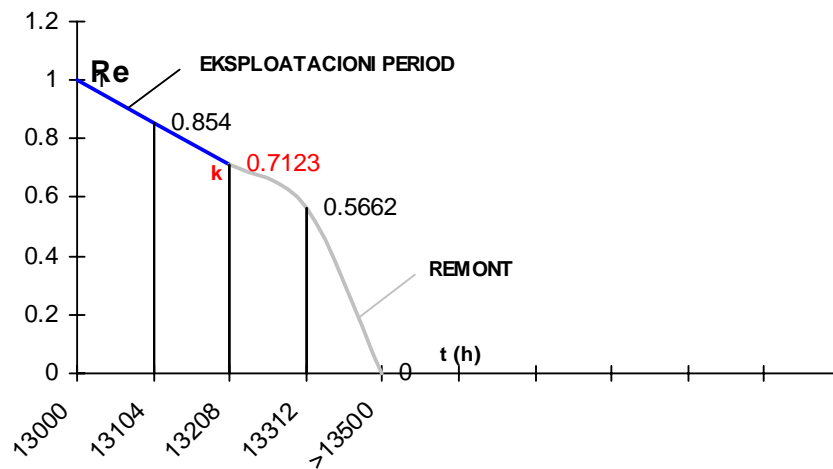
Slika 4.36. Dijagram pouzdanosti za elektronski čitač – E2

## DIJAGRAMI POUZDANOSTI RADA KOMPONENATA SKLOPA ZA NAMOTAVANJE KALEMOVA GOTOVOM PREDOM NA KOJIMA NISU SPROVEDENI POSTUPCI TEHNOLOGIJE PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA U SLUČAJU LONGNORMALNE STATISTIČKE RASPODELE

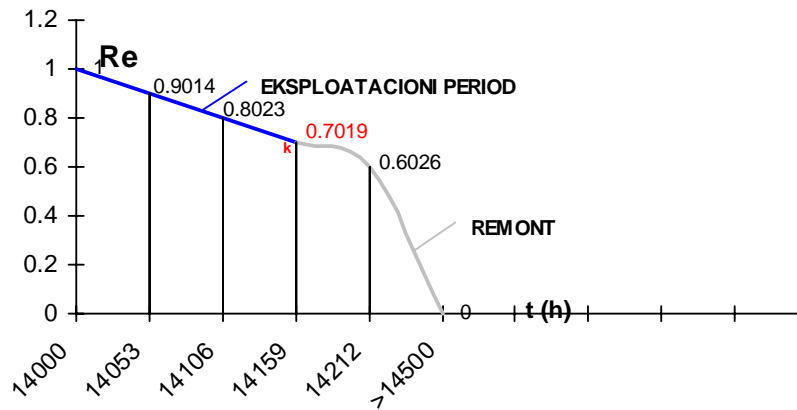
Dijagrami prikazanih pouzdanosti daju tačno određivanje zavisnosti ispravnog rada svake sastavne komponente kao i prevojne tačke prelaza pouzdanosti u stanje remonta (prikazi na slikama 4.37. – 4.39.).



Slika 4.37. Dijagram pouzdanosti za komponentu vodič niti – F1



Slika 4.38. Dijagram pouzdanosti za komponentu držač kalema – F2



Slika 4.39. Dijagram pouzdanosti za komponentu kočnica kalema – F4

**Zaključak:** Na osnovu konstruisanih dijagrama zavisnosti pouzdanosti od eksploatacionog vremena rada svake sastavne komponente analiziranih sklopova u slučaju odabrane statističke raspodele, određena su područja eksploatacionog rada i intervali remonta. Ovo je učinjeno na osnovu određivanja prvih prevojnih tačaka prelaska pouzdanosti iz linearnog oblika u zakrivljeni (parabolični) oblik. Vidljive su tačke prelaska i na osnovu njih je formirana tabela zavisnosti graničnih intervala do koje se analizira pouzdanost svake sastavne komponente (tabela 4.26). Takođe u ovim intervalima se prati i vrednost amplituda oscilovanja na izabranim mernim mestima. Na osnovu ovih intervala u njegovim granicama, dolazimo do oblasti praćenja rada svake sastavne komponente. Dalja analiza sigurnosti funkcionisanja sastavnih komponenti analiziranih sklopova je opredeljena u granicama ovih intervala tj. granicama praćenja njihovog rada do remonta.

Tabela 4.26. Zavisnosti graničnih intervala do koje se analizira pouzdanost svake sastavne komponente analiziranih sklopova na kojima nisu primenjivani postupci tehnologije preventivnog održavanja

Oznaka komponente sklopa	Oznaka prevojne tačke na dijagramu pouzdanosti $P_{t_i}$	Granična vrednost eksploatacionog vremena rada sastavne komponente $\Delta t_{g_i}$	Granična vrednost pouzdanosti za eksploataciono vreme rada sastavne komponente $\Delta p_{g_i}$
<b>SKLOP BOKS PREDENJA</b>			
A6	f	13136	0,862
A5	e	13160	0,92
A7	g	15089	0,535
E1	h	13045	0,871
A3	c	13600	0,79
A4	d	15400	0,618
A1	a	14240	0,927
A2	b	14240	0,927
E2	i	15040	0,903
A8, A9, A10		> 20000	1,0
<b>SKLOP ZA NAMOTAVANJE KALEMOVA GOTOVOM PREDOM</b>			
F1	j	14861	0,7517
F2	k	13208	0,7123
F3		>20000	1,0
F4	l	14159	0,7019

#### 4.2.4.2. KOREKCIONE VREDNOSTI POUZDANOSTI RADA KOMPONENATA SKLOPOVA U SLUČAJU LONGNORMALNE STATISTIČKE RASPODELE NA KOJIMA SU PRIMENJENI POSTUPCI TEHNOLOGIJE PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA

### III) SKLOP BOKSA PREDENJA

#### 1. Uvodni kanal

Procedura određivanja pouzdanosti na ovoj sastavnoj komponenti detaljnije će biti obrađena. Obradiće se procedura dobijanja vrednosti pouzdanosti za vremenske intervale rada sastavne komponente do otkaza, na kojima su sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja. Kao osnovni parametri uzimaju se:

- Vremenski interval  $t=15\ 750$  (h) rada komponente do otkaza,
- Funkcija gustine otkaza  $f_{e_{A6-0}}(t) = 1,33 \cdot 10^{-6}$ ,
- Korekciona vrednost pouzdanosti dobijena iz empirijskih obrazaca  $P_{e_{A6}}(t) \cong \varphi(z)$

Korekciona vrednost standardne devijacije dobija se iz obrasca:

$$\sigma \approx \frac{\varphi(z)}{t \cdot f_z(t)} \approx \frac{0,8}{15750 \cdot 1,33 \cdot 10^{-6}} \approx 3,819(h);$$

Usvaja se:  $|\sigma = 3,8(h) \Rightarrow \varphi(z) = 0,796 \Rightarrow R_{A6-0}(t) = \varphi(z) = 0,796$ .

Iz tabele vrednosti za površinu ispod standardne normalne statističke raspodele pouzdanosti usvaja se:

$$z = 0,84 \Rightarrow \mu = \ln t - z \cdot \sigma = \ln 15750 - 0,84 \cdot 3,8 = 6,47(h)$$

**Napomena:** Nadalje ne treba analizirati vrednosti pouzdanosti jer je  $R(t) = P_z(t) \leq 0,5$  zato što površine koje su obuhvaćene u ovom intervalu pouzdanosti nemaju značajniju vrednost kod standardne longnormalne raspodele.

Dobijene su vrednosti parametara koje obrađuju pouzdanost rada sastavne komponente sklopa boksa pređenja (uvodnog kanala) u slučaju longonormalne raspodele pouzdanosti (tabela. 4.27).

**Tabela 4.27. Obuhvata sve vrednosti parametara koje određuju pouzdanost rada sastavne komponente sklopa boksa pređenja (uvodni kanal) u slučaju longnormalne raspodele pouzdanosti**

Naziv sastavne komponente podsistema	Oznaka komponente	Vremenski interval rada komponente do otkaza $\Delta t, (h)$	$f_{A6-0}(t)$	$z$	$\mu$	$\sigma$	$R_{A6-0}(t) = \varphi(z)$
Uvodni kanal	A6	14 001	-	-	-	-	<b>1,0</b>
		14 300	$1,33 \cdot 10^{-6}$	2,32	-2,495	5,128	<b>0,989</b>
		14 600	$1,33 \cdot 10^{-6}$	1,17	1,17	5,0	<b>0,9563</b>
		14 900	$1,33 \cdot 10^{-6}$	1,38	3,23	4,79	<b>0,916</b>
		15 200	$1,33 \cdot 10^{-6}$	1,16	4,6	4,595	<b>0,877</b>
		15 500	$1,33 \cdot 10^{-6}$	0,98	4,05	4,394	<b>0,836</b>
		15 750	$1,33 \cdot 10^{-6}$	0,84	3,8	-	<b>0,796</b>
		16 850	$1,33 \cdot 10^{-6}$	0,25	2,7	-	<b>0,5987</b>



## 2. Usisnik boksa

**Tabela 4.28** Obuhvata sve vrednosti parametara koje određuju pouzdanost rada sastavne komponente sklopa boksa pređenja (usisnik boksa) u slučaju longnormalne raspodele pouzdanosti

Naziv sastavne komponente podsistema	Oznaka komponente	Vremenski interval rada komponente do otkaza $\Delta t, (h)$	$f_{A5-0}(t)$	$z$	$\mu$	$\sigma$	$R_{A5-0}(t) = \varphi(z)$
Usisnik boksa	A5	14 001	-	-	-	-	<b>1,0</b>
		15 850	$7,14 \cdot 10^{-6}$	1,22	0,094	7,85	<b>0,888</b>
		16 902	$7,14 \cdot 10^{-6}$	0,77	7,43	3,11	<b>0,7794</b>

## 3. Otvarač pramenova trake

**Tabela 4.29** Obuhvata sve vrednosti parametara koje određuju pouzdanost rada sastavne komponente sklopa boksa pređenja (otvarač pramenova trake) u slučaju longnormalne raspodele pouzdanosti

Naziv sastavne komponente sklopa	Oznaka komponente	Vremenski interval rada komponente do otkaza $\Delta t, (h)$	$f_{A7-0}(t)$	$z$	$\mu$	$\sigma$	$R_{A7-0}(t) = \varphi(z)$
Otvarač pramenova trake	A7	15 630	-	-	-	-	<b>1,0</b>
		15 730	$3,64 \cdot 10^{-5}$	1,31	7,595	1,579	<b>0,904</b>
		15 830	$3,64 \cdot 10^{-5}$	0,85	8,186	1,392	<b>0,8023</b>
		15 930	$3,64 \cdot 10^{-5}$	0,53	9,034	1,21	<b>0,7019</b>
		16 030	$3,64 \cdot 10^{-5}$	0,26	9,413	1,0327	<b>0,6026</b>
		16 330	$3,64 \cdot 10^{-5}$	0	9,7	0,841	<b>0,5</b>
		16 820	$3,64 \cdot 10^{-5}$	0	9,73	0,651	<b>0,3989</b>

## 4. Elektromagnetna spojnica

**Tabela 4.30** Obuhvata sve vrednosti parametara koje određuju pouzdanost rada sastavne komponente sklopa boksa pređenja (elektromagnetne spojnice) u slučaju longnormalne raspodele pouzdanosti

Naziv sastavne komponente sklopa	Oznaka komponente	Vremenski interval rada komponente do otkaza $\Delta t, (h)$	$f_{E1-0}(t)$	$z$	$\mu$	$\sigma$	$R_{E1-0}(t) = \varphi(z)$
Elektromagnetna spojnica	E1	14 001	-	-	-	-	<b>1,0</b>
		14 151	$5,12 \cdot 10^{-5}$	1,36	-7,8	12,6	<b>0,913</b>
		14 251	$5,12 \cdot 10^{-5}$	0,94	-1,07	11,32	<b>0,826</b>
		14 351	$5,12 \cdot 10^{-5}$	0,64	3,17	10	<b>0,738</b>
		14 451	$5,12 \cdot 10^{-5}$	0,38	6,25	8,75	<b>0,648</b>

	14 501	$5,12 \cdot 10^{-5}$	0,16	8,38	7,55	<b>0,563</b>
	14 751	$5,12 \cdot 10^{-5}$	-	-	-	<b>0,472</b>
	15 001	$5,12 \cdot 10^{-5}$	-	-	-	<b>0,384</b>
	15 501	$5,12 \cdot 10^{-5}$	-	-	-	<b>0,296</b>
	15 751	$5,12 \cdot 10^{-5}$	-	-	-	<b>0,2107</b>
	16 001	$5,12 \cdot 10^{-5}$	1,13	6,67	2,57	<b>0,21</b>

### 5. Dekla (dizna) – poklopac rotora

**Tabela 4.31** Tabela koja obuhvata sve vrednosti parametara koje određuju pouzdanost rada sastavne komponente sklopa boksa pređenja (dekla – poklopac rotora) u slučaju longnormalne raspodele pouzdanosti

Naziv sastavne komponente sklopa	Oznaka komponente	Vremenski interval rada komponente do otkaza $\Delta t, (h)$	$f_{A3-0}(t)$	$z$	$\mu$	$\sigma$	$R_{A3-0}(t) = \varphi(z)$
<b>Dizna - Dekla</b>	<b>A3</b>	14 128	-	-	-	-	<b>1,0</b>
		14 300	$6,66 \cdot 10^{-5}$	1,59	7,992	0,991	<b>0,944</b>
		14 600	$6,66 \cdot 10^{-5}$	1,21	8,486	0,911	<b>0,886</b>
		14 900	$6,66 \cdot 10^{-5}$	0,96	8,80	0,837	<b>0,831</b>
		15 200	$6,66 \cdot 10^{-5}$	0,75	9,056	0,764	<b>0,773</b>
		15 500	$6,66 \cdot 10^{-5}$	0,43	9,371	0,645	<b>0,666</b>
		15902	$6,66 \cdot 10^{-5}$	0,42	9,41	0,625	<b>0,6628</b>
		16 830	$6,66 \cdot 10^{-5}$	0	9,7	0,356	<b>0,3989</b>

### 6. Odvodna cev

**Tabela 4.32** Obuhvata sve vrednosti parametara koje određuju pouzdanost rada sastavne komponente sklopa boksa pređenja (odvodna cev) u slučaju longnormalne raspodele pouzdanosti

Naziv sastavne komponente sklopa	Oznaka komponente	Vremenski interval rada komponente do otkaza $\Delta t, (h)$	$f_{A4-0}(t)$	$z$	$\mu$	$\sigma$	$R_{A4-0}(t) = \varphi(z)$
<b>Odvodna cev</b>	<b>A4</b>	15 995	-	-	-	-	<b>1,0</b>
		16 150	$4,16 \cdot 10^{-5}$	1,59	7,455	1,405	<b>0,944</b>
		16 300	$4,16 \cdot 10^{-5}$	1,22	8,10	1,309	<b>0,888</b>
		16 450	$4,16 \cdot 10^{-5}$	0,97	8,525	1,219	<b>0,834</b>
		16 600	$4,16 \cdot 10^{-5}$	0,74	8,892	1,115	<b>0,7703</b>
		16 750	$4,16 \cdot 10^{-5}$	0,43	9,31	0,961	<b>0,67</b>
		16 900	$4,16 \cdot 10^{-5}$	0	9,735	0,948	<b>0,6664</b>

## 7. Rotor (turbina)

Tabela 4.33 Obuhvata sve vrednosti parametara koje određuju pouzdanost rada sastavne komponente sklopa boksa pređenja (rotor – turbina) u slučaju longnormalne raspodele pouzdanosti

Naziv sastavne komponente sklopa	Oznaka komponente	Vremenski interval rada komponente do otkaza $\Delta t, (h)$	$f_{A1-0}(t)$	$z$	$\mu$	$\sigma$	$R_{A1-0}(t) = \varphi(z)$
Rotor	A1	13 983	-	-	-	-	<b>1,0</b>
		14 100	$4,52 \cdot 10^{-5}$	1,41	7,518	1,44	<b>0,9207</b>
		14 200	$4,52 \cdot 10^{-5}$	1,0	8,56	1,312	<b>0,8423</b>
		14 300	$4,52 \cdot 10^{-5}$	0,71	9,0014	1,177	<b>0,7611</b>
		14 400	$4,52 \cdot 10^{-5}$	0,47	9,08	1,046	<b>0,6808</b>
		14 500	$4,52 \cdot 10^{-5}$	0,26	9,34	0,919	<b>0,6026</b>
		14 600	$4,52 \cdot 10^{-5}$	0,06	9,54	0,794	<b>0,5239</b>
		14 700	$4,52 \cdot 10^{-5}$	0	9,6	0,662	<b>0,44</b>
14 830	$4,52 \cdot 10^{-5}$	0	9,605	0,547	<b>0,3668</b>		

## 8. Aeroležaj

Tabela 4.34 Obuhvata sve vrednosti parametara koje određuju pouzdanost rada sastavne komponente sklopa boksa pređenja (aeroležaj) u slučaju longnormalne raspodele pouzdanosti

Naziv sastavne komponente sklopa	Oznaka komponente	Vremenski interval rada komponente do otkaza $\Delta t, (h)$	$f_{A2-0}(t)$	$z$	$\mu$	$\sigma$	$R_{A2-0}(t) = \varphi(z)$
Aeroležaj	A2	13 983	-	-	-	-	<b>1,0</b>
		14 100	$4,11 \cdot 10^{-5}$	2,58	5,436	1,596	<b>0,925</b>
		14 200	$4,11 \cdot 10^{-5}$	1,04	7,95	1,548	<b>0,8508</b>
		14 300	$4,11 \cdot 10^{-5}$	0,76	8,56	1,321	<b>0,7764</b>
		14 400	$4,11 \cdot 10^{-5}$	0,53	8,946	1,186	<b>0,7019</b>
		14 500	$4,11 \cdot 10^{-5}$	0,32	9,246	1,049	<b>0,625</b>
		14 600	$4,11 \cdot 10^{-5}$	0,13	9,47	0,919	<b>0,5517</b>
		14 830	$4,11 \cdot 10^{-5}$	0	9,6	-	-

## 9. Čitač

**Tabela 4.35** Obuhvata sve vrednosti parametara koje određuju pouzdanost rada sastavne komponente sklopa boksa predenja (elektronski čitač) u slučaju longnormalne raspodele pouzdanosti.

Naziv sastavne komponente sklopa	Oznaka komponente	Vremenski interval rada komponente do otkaza $\Delta t, (h)$	$f_{E2-0}(t)$	$z$	$\mu$	$\sigma$	$R_{E2-0}(t) = \varphi(z)$
Čitač	E2	15 905	-	-	-	-	<b>1,0</b>
		17 230	$5 \cdot 10^{-2}$	0,85	8,96	0,93	<b>0,8023</b>

Za ostale komponenta sklopa boksa predenja pouzdanost iznosi  $R_{A8}(t) = R_{A9}(t) = R_{A10}(t) = 1,0$  i kod istih se nije pojavio ni jedan otkaz u vremenskom periodu njihovog rada  $\Delta t_1 \geq 20000h$ .

## IV) SKLOP ZA NAMOTAVANJE KALEMOVA GOTOVOM PREDOM

### 1. Vodič niti

**Tabela 4.36** Obuhvata sve vrednosti parametara koje određuju pouzdanost rada sastavne komponente sklopa za namotavanje kalemova gotovom predom (vodič niti) u slučaju longnormalne raspodele pouzdanosti.

Naziv sastavne komponente sklopa	Oznaka komponente	Vremenski interval rada komponente do otkaza $\Delta t, (h)$	$f_{F1-0}(t)$	$z$	$\mu$	$\sigma$	$R_{F1-0}(t) = \varphi(z)$
Vodic niti	F1	13 000	-	-	-	-	<b>1,0</b>
		13 970	$7,14 \cdot 10^{-6}$	1,27	-1,885	9,0	<b>0,898</b>
		14 960	$7,14 \cdot 10^{-6}$	0,67	4,923	7,0	<b>0,7486</b>
		15 850	$7,14 \cdot 10^{-6}$	0,12	9,09	4,84	<b>0,5478</b>

Napomena: Nadalje nema potrebe jer vrednost pouzdanost je manja  $P_{F1-0}(t) < 0,5$ .

### 2. Držač kalema

**Napomena:** Zbog velike ekstremne vrednosti rada pouzdanosti, u kratkom vremenskom intervalu rada ove komponente, izvršiče se korekcija pouzdanosti putem aproksimacija aritmetičkih sredina u intervalu rada ove komponente tj. u vremenu rada od 130000 ÷ 13208 radnih sati.

$k = \frac{13208 - 13000}{5} = 41,6(h)$  - koeficijent intervala vremena na osnovu koga su sračunata

ostala vremena rada komponenti i na osnovu njih određena vrednost pouzdanosti:

$$t_1 = 13000(h) \Rightarrow R_{F2} = 1,0; t_2 = 13104(h) \Rightarrow R_{F2_1} = 0,856; t_3 = 13208(h) \Rightarrow R_{F2_2} = 0,712;$$

$$t_4 = 13312(h) \Rightarrow R_{F2_3} = 0,568;$$

Napomena: Nadalje nema potrebe jer vrednost pouzdanost je manja  $P_{F1}(t) < 0,5$ .

**Tabela 4.37 Obuhvata sve vrednosti parametara koje određuju pouzdanost rada sastavne komponente sklopa za namotavanje kalemova gotovom predom (držač kalema) u slučaju longnormalne raspodele pouzdanosti**

Naziv sastavne komponente sklopa	Oznaka komponente	Vremenski interval rada komponente do otkaza $\Delta t, (h)$	$f_{F2-0}(t)$	$z$	$\mu$	$\sigma$	$R_{F2-0}(t) = \varphi(z)$
Držač kalema	F2	13 000	-	-	-	-	<b>1,0</b>
		13 104	$5,14 \cdot 10^{-5}$	1,07	8,118	1,273	<b>0,8577</b>
		13 208	$5,14 \cdot 10^{-5}$	0,56	8,90	1,049	<b>0,7123</b>
		13 312	$5,14 \cdot 10^{-5}$	0,17	9,40	0,83	<b>0,568</b>

### 3. Na zatezaču / podizaču kalema

Kod ove sastavne komponente nije došlo ni do jednog otkaza pa je pouzdanost njegovog rada bila maksimalna  $R_{F3}(t) = R_{F3-0} = 1,0$  kod praćenja sklopa bez održavanja i sa održavanjem.

### 4. Kočnica kalema

**Napomena:** Zbog velike ekstremne vrednosti rada pouzdanosti, u kratkom vremenskom intervalu rada ove komponente za određivanje pouzdanosti longnormalnom statističkom raspodelom, izvršice se korekcija pouzdanosti putem aproksimacija aritmetičkih sredina u intervalu rada ove komponente tj. u vremenu rada od 14000 ÷ 14520 radnih sati.

$k = \frac{14520 - 14000}{5} = 104(h)$  - koeficijent intervala vremena na osnovu koga su sračunata

ostala vremena rada komponenti i na osnovu njih određena vrednost pouzdanosti:

$t_1 = 14000(h) \Rightarrow R_{F4} = 1,0; t_2 = 14104(h) \Rightarrow R_{F4_1} = 0,9; t_3 = 14208(h) \Rightarrow R_{F4_2} = 0,8;$

$t_4 = 14312(h) \Rightarrow R_{F4_3} = 0,7; t_5 = 14416(h) \Rightarrow R_{F4_4} = 0,6.$

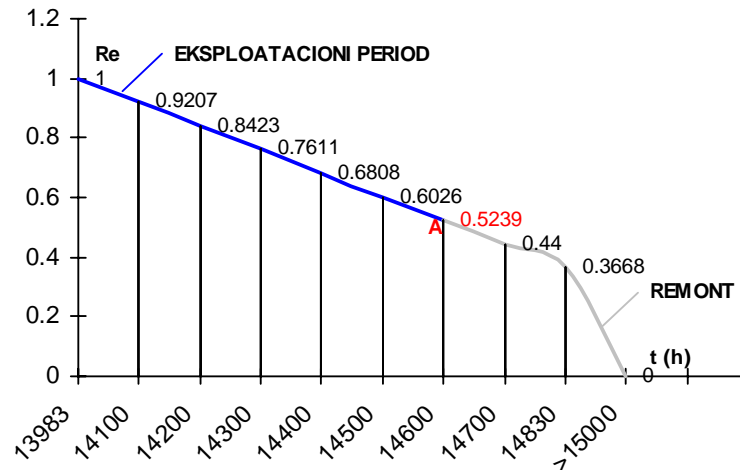
Napomena: Nadalje nema potrebe jer vrednost pouzdanosti je manja  $P_{F1}(t) < 0,5$ .

**Tabela 4.38 Obuhvata sve vrednosti parametara koje određuju pouzdanost rada sastavne komponente sklopa za namotavanje kalemova gotovom predom (kočnica kalema) u slučaju longnormalne raspodele pouzdanosti**

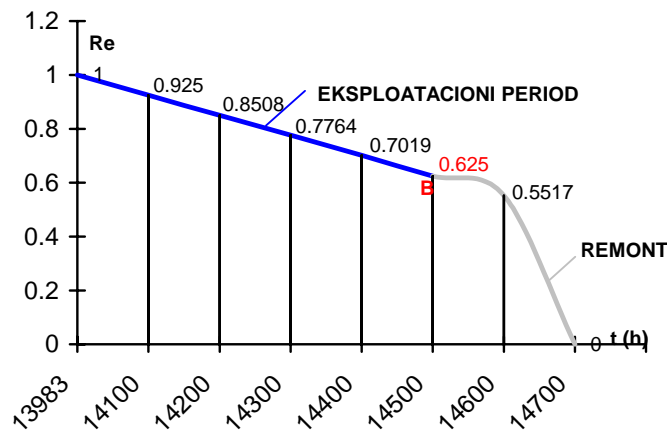
Naziv sastavne komponente sklopa	Oznaka komponente	Vremenski interval rada komponente do otkaza $\Delta t, (h)$	$f_{F4-0}(t)$	$z$	$\mu$	$\sigma$	$R_{F4-0}(t) = \varphi(z)$
Kočnica kalema	F4	14 000	-	-	-	-	<b>1,0</b>
		14 104	$7,14 \cdot 10^{-5}$	1,29	8,40	0,895	<b>0,9014</b>
		14 208	$7,14 \cdot 10^{-5}$	0,85	8,89	0,79	<b>0,8023</b>
		14 312	$7,14 \cdot 10^{-5}$	0,53	9,20	0,6868	<b>0,7019</b>
		14 416	$7,14 \cdot 10^{-5}$	0,26	9,423	0,5854	<b>0,6026</b>

## DIJAGRAMI POUZDANOSTI RADA KOMPONENATA SKLOPA BOKSA PREDENJA NA KOJIMA SU SPROVEDENI POSTUPCI TEHNOLOGIJE PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA U SLUČAJU LONGNORMALNE STATISTIČKE RASPODELE

Dijagrami određenih pouzdanosti prikazani su na slikama 4.40. – 4.48.

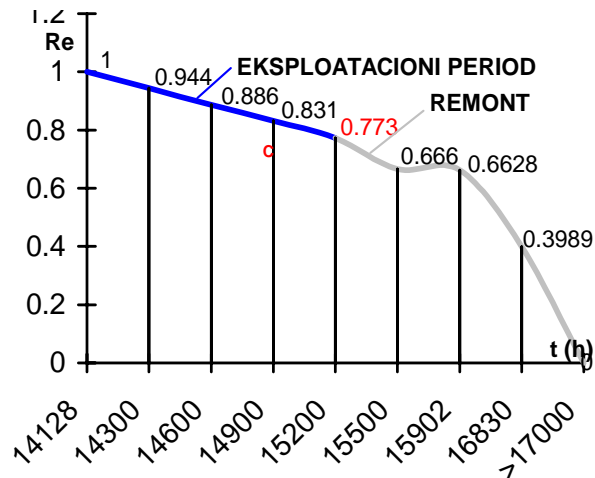


Slika 4.40. Dijagram pouzdanosti za sastavnu komponentu rotor (turbina) – A1

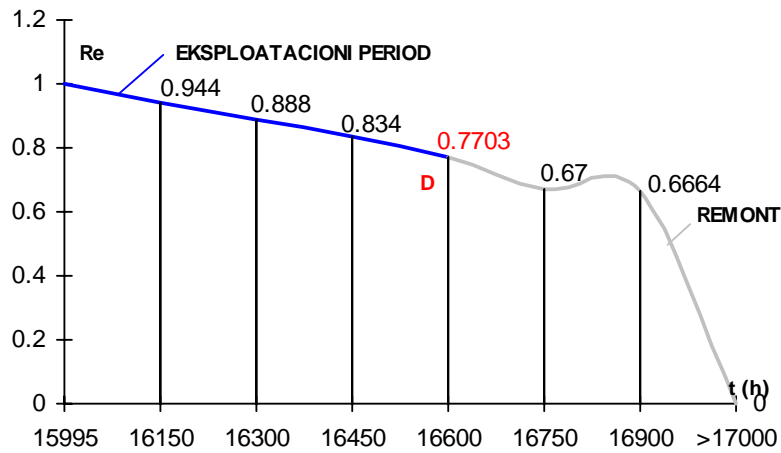


Slika 4.41. Dijagram pouzdanosti za sastavnu komponentu aeroležaj – A2

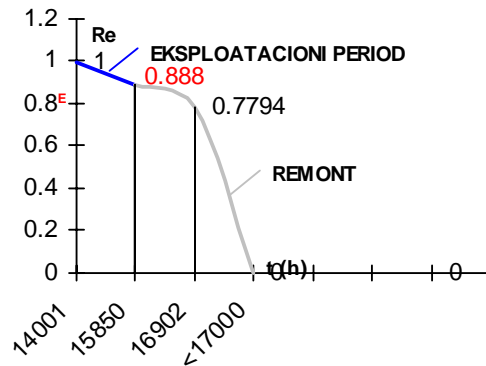
**Napomena:** Niske vrednosti graničnih pouzdanosti za sastavne komponente rotor (A1) i aeroležaj (A2) sklopa boksa predenja su iz razloga što nisu vršene zamene ovih komponenti novim, već je na njima vršen remont koji je obuhvatio brušenje vratila rotora i čišćenje otvora (rupica) na aeroležajevima. Ovo je učinjeno zbog visokih cena ovih komponenti na tržištu.



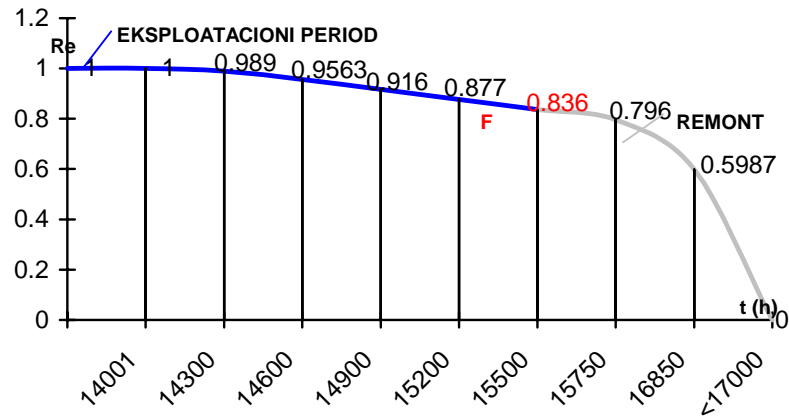
Slika 4.42. Dijagram pouzdanosti za sastavnu komponentu dizna (dekla – poklopac rotora) – A3



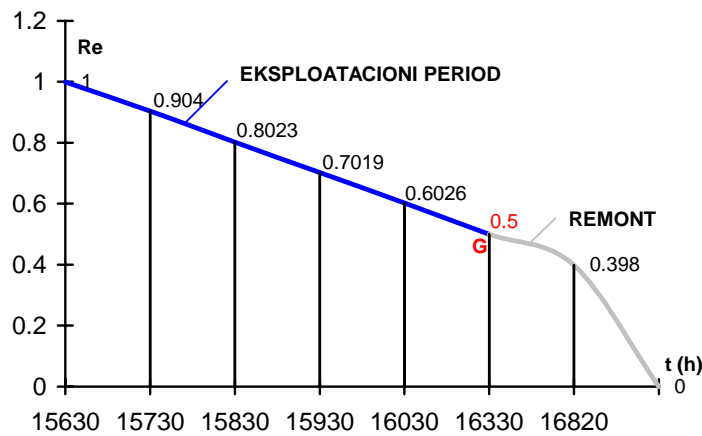
Slika 4.43. Dijagram pouzdanosti za sastavnu komponentu odvodna cev – A4



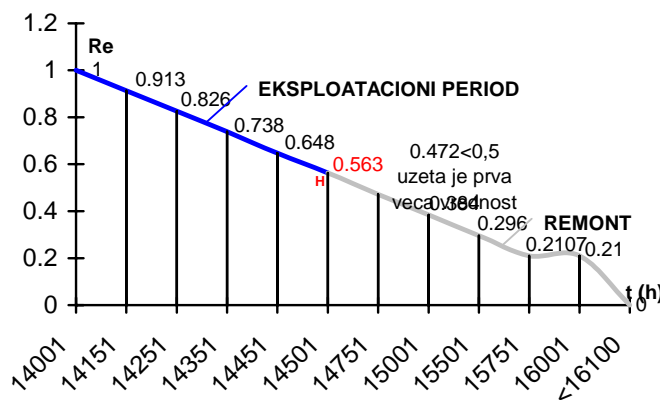
Slika 4.44. Dijagram pouzdanosti za sastavnu komponentu usisnik boksa – A5



Slika 4.45. Dijagram pouzdanosti za sastavnu komponentu uvodni kanal – A6

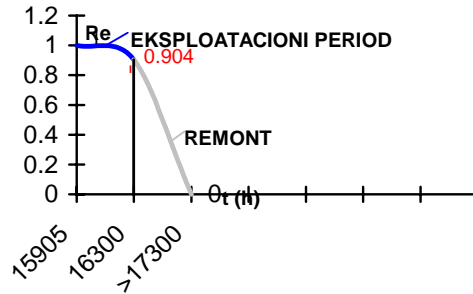


Slika 4.46. Dijagram pouzdanosti za sastavnu komponentu otvarač pramenova trake – A7



Slika 4.47. Dijagram pouzdanosti za sastavnu komponentu elektromagnetna spojnica – E1

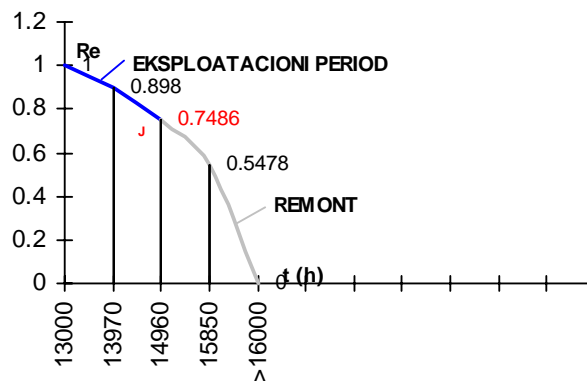




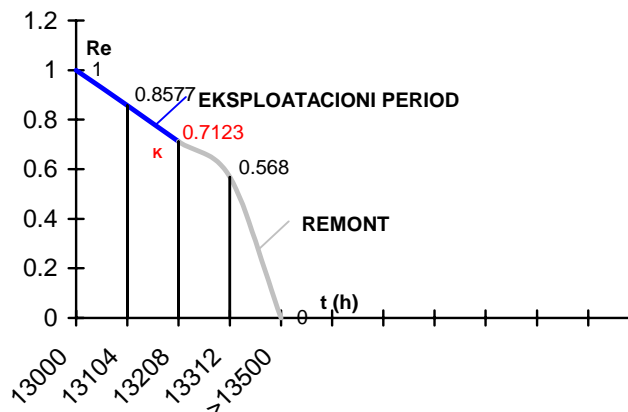
Slika 4.48. Dijagram pouzdanosti za sastavnu komponentu elektronski čitač – E2

**DIJAGRAMI POUZDANOSTI RADA KOMPONENATA SKLOPA ZA NAMOTAVANJE KALEMOVA GOTOVOM PREDOM NA KOJIMA SU SPROVEDENI POSTUPCI TEHNOLOGIJE PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA U SLUČAJU LONGNORMALNE STATISTIČKE RASPODELE**

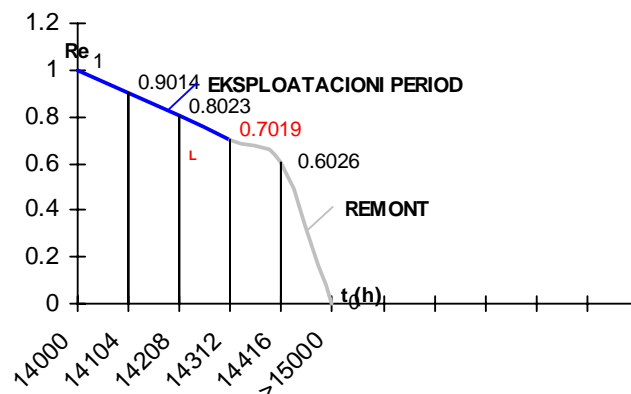
Dijagrami određenih pouzdanosti prikazani su na slikama 4.49. – 4.51.



Slika 4.49. Dijagram pouzdanosti za sastavnu komponentu vodič niti – F1



Slika 4.50. Dijagram pouzdanosti za sastavnu komponentu držač kalema – F2



Slika 4.51. Dijagram pouzdanosti za sastavnu komponentu kočnica kalema – F4

**Zaključak:** Na osnovu dobijenih dijagrama izvršen je tabelarni prikaz (Tabela 4.39) graničnih vrednosti eksploatacionih stanja rada sastavnih komponenti analiziranih sklopova kod kojih su primenjeni postupci tehnologije preventivnog održavanja.

**Tabela 4.39 Zavisnosti graničnih intervala do koje se analizira pouzdanost svake sastavne komponente analiziranih sklopova na kojima su primenjeni postupci tehnologije preventivnog održavanja**

Oznaka komponente sklopa	Oznaka prevojne tačke na dijagramu pouzdanosti $p_{t_i}$	Granična vrednost eksploatacionog vremena rada sastavne komponente $\Delta t_{g_i}$	Granična vrednost pouzdanosti za eksploataciono vreme rada sastavne komponente $\Delta p_{g_i}$
<b>SKLOP BOKS PREDENJA</b>			
A6	F	15500	0,868
A5	E	15850	0,888
A7	G	16330	0,5
E1	H	14501	0,563
A3	C	15200	0,773
A4	D	16600	0,7703
A1	A	14600	0,5239
A2	B	14500	0,625
E2	I	17230	0,904
A8, A9, A10		>20000	1,0
<b>SKLOP ZA NAMOTAVANJE KALEMOVA GOTOVOM PREDOM</b>			
F1	J	14960	0,7486
F2	K	13208	0,7123
F3		>20000	1,0
F4	L	14312	0,7019

Na osnovu prikazanih vrednosti u Tabeli 4.39 jasno su određene granične vrednosti pouzdanosti u zavisnosti od eksploatacionog rada svake sastavne komponente analiziranih sklopova. Ove vrednosti su merodavne i korišće se u određivanju korelacija zavisnosti.

#### 4.2.5. ODREĐIVANJE VREMENA RADA KOMPONENATA PREMA SREDNJEM VREMENSKOM INTERVALU DO OTKAZA U FUNKCIJI POUZDANOSTI NJIHOVOG RADA - ODREĐIVANJE VREMENA RIZIKA RADA KOMPONENATA ANALIZIRANIH SKLOPOVA

Na osnovu konstruisanih dijagrama zavisnosti pouzdanosti rada sastavnih komponenti analiziranih sklopova  $f(R_e(t), t)$  (prikazi na slikama 4.28. – 4.51.) određena su područja eksploatacionog rada i intervali do njihovog remonta. Ovo je bilo neophodno kako bi se sprovela analiza određivanja vremena rada sastavnih komponentata prema srednjem intervalu do otkaza.

Redosled vremena sigurnosti rada komponenti analiziranih sklopova (boks predenja i sklopa za namotavanje kalemova gotovom predom) sa dozvoljenim rizikom biće određena prema intervalima vremena rada komponentata i to: vremenima sigurnog rada do otkaza komponenti sklopa ( $t_2$ ) i vremenima rada sa pojavom prvih otkaza komponenti sklopa ( $t'_2$ ).

Autor se opredelio za ovu analizu jer se može utvrditi i dozvoljeni rizik rada komponenti sklopova kako bi se planiralo vreme za remont i nastavila proizvodnost bez obzira na rizik koji se svrstava u dozvoljeni.

Analiza određivanja vremena sigurnosti rada komponenti sklopova sa dozvoljenim rizikom biće sprovedena prema segmentnoj linearnoj funkciji intenziteta otkaza iz empirijskih podataka rada komponenti i to u vremenskom intervalu  $t_2 \leq t_R \leq t'_2$ , pri čemu je  $t_R$  - vreme dozvoljenog rada komponente (vreme sa dozvoljenim rizikom).

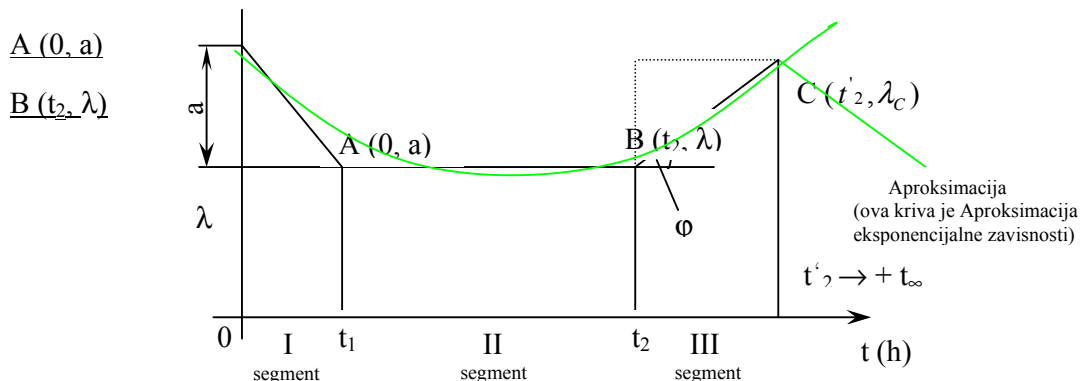
Svaka funkcija intenziteta otkaza može se aproksimirati na način što se njen grafik podeli na određeni broj segmenata (prikaz na slici 4.52.).

U ovoj analizi uzeta su tri segmenta i to /181/:

**I segment:** Rad komponenti sklopova pri njegovom uhodavanju (vreme  $t_1$ ). Uhodavanje sklopova je ujedno i uhodavanje OE - predilice, i ono je trajalo 500 (h).

**II segment:** Rad komponenti sklopova (vremenski interval  $t_1 < t \leq t_2$ ).

**III segment:** Rad komponenti sklopova sa dozvoljenim rizikom (vremenski interval  $t_2 < t \leq t'_2$ ).



A, i B su koeficijenti pravca prave

Slika 4.52. Segmentna podela funkcije intenziteta otkaza  $\lambda(t)$

Funkcija intenziteta otkaza na prikazanim segmentima je:

1.  $\lambda_{(t)} = a - A \cdot t, 0 \leq t \leq t_1 = const.$  u ovom vremenskom intervalu nije dolazilo do otkaza ni jedne sastavne komponente sklopova, pa se ovaj period naziva periodom uhodavanja.
2.  $a = \lambda(t), t_1 < t \leq t_2 = const.$  ovo je period sigurnog rada komponenti sklopova.
3.  $\lambda'_{(t)} = \lambda_{C(t_2)} + B(t' - t_2), t_2 < t' < t'_2,$  period nastanka prvih otkaza (period rizika).

Analiza određivanja vremena sigurnosti rada komponenata sklopova sa dozvoljenim rizikom je vezana za analizu perioda nastanka prvih otkaza (segment III na slici 4.52.), i za ovaj period funkcija pouzdanosti se izražava formulom /181/:

$$R_i(t') = e^{-\left[ at_1 - \frac{At_1^2}{2} + \lambda_{C(t_2)}(t' - t_2) + \frac{B}{2}(t' - t_2)^2 \right]}$$

pri čemu je  $a, A = 0$ , jer u periodu uhodavanja sklopova nije dolazilo do otkaza analiziranih sastavnih komponenata.

Sređivanjem jednačina pouzdanosti prema vremenu  $t'$ , dobija se konačni izraz u obliku univerzalne kvadratne jednačine koja karakteriše vreme dozvoljenog rizika:

$$\frac{B}{2}t'^2 + (\lambda_{C(t_2)} - B \cdot t_2) \cdot t' + \left( \ln R_i(t')_{sr} - \lambda_{C(t_2)} \cdot t_1 + \frac{B}{2}t_2^2 \right) = 0,$$

čija su rešenja:  $t_{I,II}$ , pri čemu se vreme dozvoljenog rizika ( $t_R$ ) izračunava kao zbir vremena do prvih otkaza  $t_2$ , i vremena  $t_{I,II}$  (jedno od rešenja vrednosti vremena iz univerzalne kvadratne jednačine),

$$t_R = t_2 + t_{I,II}.$$

U univerzalnoj kvadratnoj jednačini vrednosti koje u njoj figurišu (čine je) su sledeće:  $\frac{B}{2} \leftarrow$  koeficijent uz kvadratni član, i to je koeficijent pravca prave koji se određuje izrazom

$$B = tg \varphi = \frac{\lambda_{C(t'_2)} - \lambda_{C(t_2)}}{t_2 - t_1}, \text{ kod koga je } \lambda_{C(t'_2)} = \frac{f_C(t)}{R_i(t)}, \text{ dok vrednost pouzdanosti } R_i(t'_2) \text{ se}$$

uzima iz longnormalne statističke raspodele pouzdanosti za vremenski period rizika (vreme  $t'_2$ ) a izražava se kao srednja vrednost pouzdanosti  $R_i(t'_2)_{sr}$  za vremenski interval vremena

$$\text{rizika } t'_2, \text{ tj. } R_i(t'_2)_{sr} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i(t'_2)}{n}.$$

$\lambda_{C(t_2)} - B \cdot t_2 \leftarrow$  koeficijent koji ide uz linearni član;

$$\left( \ln R_i(t')_{sr} - \lambda_{C(t_2)} \cdot t_1 + \frac{B}{2} \cdot t_2^2 \right) - \text{konstantni koeficijent.}$$

Na osnovu univerzalne kvadratne jednačine, može se formirati tabelarni prikaz vrednosti njenih rešenja koja dovode do određivanja vremena dozvoljenog rizika u radu komponenata analiziranih sklopova (tabele 4.40 i 4.41). Tabelarni prikazi su obuhvatili vrednosti za dva načina analiziranja vremena sigurnosti rada komponenata sa dozvoljenim rizikom i to:

1. Bez primene postupaka tehnologije preventivnog održavanja u toku rada komponenti analiziranih sklopova i
2. Sa primenom postupaka tehnologije preventivnog održavanja u toku rada komponenti analiziranih sklopova.

**Tabela 4.40** Vremena sigurnosti rada komponenti analiziranih sklopova sa dozvoljenim rizikom na kojima nisu sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja

Vrednosti	SKLOP – BOKS PREDENJA								
	$A_6$	$A_5$	$A_7$	$E_1$	$A_3$	$A_4$	$A_1$	$A_2$	$E_2$
$\lambda_{C(t_2)}$	$1,428 \cdot 10^{-5}$	$7,93 \cdot 10^{-6}$	$4,16 \cdot 10^{-5}$	$5,49 \cdot 10^{-6}$	$2,38 \cdot 10^{-5}$	$4,166 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$4,54 \cdot 10^{-5}$	$1,428 \cdot 10^{-5}$
$t_1(h)$	500	500	500	500	500	500	500	500	500
$t_2(h)$	13 000	13 000	15 000	13 000	13 000	15 000	13 000	13 000	15 000
$t'_2(h)$	13136	13160	15089	13045	13600	15400	14240	14240	15060
$R_i(t'_2)_{sr}$	0,931	0,971	0,767	0,9335	0,895	0,809	0,963	0,963	0,903
Rešenja kvadratne jednačine $t_{I,II}$	68	80	40	23	300	190	600	600	300
Vreme granice dozvoljenog rizika $t_R$	<b>13068</b>	<b>13080</b>	<b>15040</b>	<b>13023</b>	<b>13300</b>	<b>15190</b>	<b>13600</b>	<b>13600</b>	<b>15040</b>
Vrednosti	SKLOP ZA NAMOTAVANJE KALEMOVA GOTOVOM PRE\OM								
	$F_1$			$F_2$			$F_4$		
$\lambda_{C(t_2)}$	$7,14 \cdot 10^{-6}$			$5,14 \cdot 10^{-5}$			$3,57 \cdot 10^{-5}$		
$t_1(h)$	500			500			500		
$t_2(h)$	13000			13000			14000		
$t'_2(h)$	14861			13208			14159		
$R_i(t'_2)_{sr}$	0,876			0,856			0,85		
Rešenja kvadratne jednačine $t_{I,II}$	955			89			80		
Vreme granice dozvoljenog rizika $t_R$	<b>13955</b>			<b>13089</b>			<b>14080</b>		

**Tabela 4.41** Vremena sigurnosti rada komponenti analiziranih sklopova sa dozvoljenim rizikom na kojima su sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja

Vrednosti	SKLOP – BOKS PREDENJA								
	$A_6$	$A_5$	$A_7$	$E_1$	$A_3$	$A_4$	$A_1$	$A_2$	$E_2$
$\lambda_{C(t_2)}$	$1,428 \cdot 10^{-5}$	$7,93 \cdot 10^{-6}$	$4,16 \cdot 10^{-5}$	$5,49 \cdot 10^{-6}$	$2,38 \cdot 10^{-5}$	$4,166 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$4,54 \cdot 10^{-5}$	$1,428 \cdot 10^{-5}$
$t_1(h)$	500	500	500	500	500	500	500	500	500
$t_2(h)$	14000	14000	15630	14000	14000	15995	13983	13983	15905
$t'_2(h)$	15500	15850	16330	14501	15200	16600	14600	14500	17230
$R_i(t'_2)_{sr}$	0,934	0,944	0,75	0,7815	0,886	0,866	0,761	0,8125	0,904

Rešenja kvadratne jednačine $t_{I,II}$	450	962	175	301	600	305	317	267	498
Vreme granice dozvoljenog rizika $t_R - 0$	14450	14962	15805	14301	14600	16300	14300	14250	16300
Vrednosti	<b>SKLOP ZA NAMOTAVANJE KALEMOVA GOTOVOM PREDOM</b>								
	$F_1$			$F_2$			$F_4$		
$\lambda_{C(t_2)}$	$7,14 \cdot 10^{-6}$			$5,14 \cdot 10^{-5}$			$7,14 \cdot 10^{-5}$		
$t_1(h)$	500			500			500		
$t_2(h)$	13000			13000			14000		
$t'_2(h)$	14960			13208			14312		
$R_i(t_2)_{sr}$	0,874			0,856			0,85		
Rešenja kvadratne jednačine $t_{I,II}$	1095			104			156		
Vreme granice dozvoljenog rizika $t_R$	14095			13104			14156		

### 4.3. ODREĐIVANJE SREDNJIH VREDNOSTI POJASA AMPLITUDA SPEKTRALNOM ANALIZOM SLUČAJNIH FUNKCIJA

Sprovođenje spektralne analize slučajnih funkcija biće određeno osnovnim statističkim parametrom koji opisuje karakter slučajnih funkcija, a od presudne je važnosti u analizi modela sigurnosti funkcionisanja komponenti analiziranih sklopova. Osnovni statistički parametar koji je analiziran je **aritmetička srednja vrednost  $m_A$  (srednje aritmetičko očekivanje zavisnosti amplitude oscilovanja)** na mernom mestu u funkciji eksploatacionog rada komponenti sklopova.

Treba napomenuti da se kod spektralne analize slučajnih funkcija aritmetička srednja vrednost pojasa amplituda i frekvencija oscilovanja njihove zavisnosti ne mogu izraziti eksplicitno, pa se njihova srednja vrednost može sračunati za diskretno raspoređene veličine.

Aritmetička srednja vrednost  $m_A$  slučajne funkcije  $A(t)$  izračunava se po sledećem izrazu /54/:

$$A_{i,k} = m_A = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n A_i(t),$$

pri čemu su:

$i$  - broj mesta merenja,  $k$  - broj oznake sastavne komponente sklopa,  $N$  - broj jednakih podintervala vremena  $T$  trajanja slučajnih funkcija,  $A_i(t)$  - vrednosti amplituda slučajnih funkcija u posmatranom vremenu trajanja  $T$ , na izabranim mernim mestima.

Vrednosti amplituda i frekvencija su u zavisnosti ( $f = f(A_i)$ ) i u funkciji vremena trajanja  $T$ , pa se za anлізу slučajnih funkcija usvaja dovoljno veliki interval vremena koji se zatim deli na jednaki broj intervala  $\Delta t = \frac{T}{N}$ .

Kod sprovedene analize merenja vrednosti amplituda i frekvencija na izabranim mernim mestima su merene u trajanju od četiri minute, i to za svako merenje po jedan minut. Ovo se odnosi na zapise zavisnosti amplituda od vremena trajanja merenja. Merenja su

sprovedena u tačno predviđenim intervalima rada komponenata analiziranih sklopova i to u eksploatacionom radu sklopova u vremenu analize njihovog rada od 13 000 – 20 000 sati (kod rada sklopova nad kojima nisu sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja), i od 14 000 – 20 000 sati rada (kod rada sklopova na kojima su sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja).

Eksplisitna zavisnost određivanja srednjih vrednosti pojasa amplituda spektralnom analizom slučajnih funkcija, za sprovedena merenja u tačno određenom eksploatacionom radu sklopa i na tačno utvrđenom mestu merenja, izražava se na sledeći način:

$$A_{i,k} = m_A = \lim_{n \rightarrow 4} \frac{1}{4} [A_1(t) + A_2(t) + A_3(t) + A_4(t)],$$

pri čemu su  $[A_1(t)_i, A_2(t)_i, A_3(t)_i, A_4(t)_i]$  vrednosti amplituda na izabranom mernom mestu sklopa, za četiri ponovljena merenja iz razloga što tačnijih rezultata merenja. Ovo ponavljanje merenja ima za cilj da se odrede preciznije vrednosti pojasa amplituda oscilovanja kako bi se njihovom aritmetičkom sredinom odredila vrednost jedne srednje amplitude koja je merodavana kao veličina u analizi optimalnog modela sigurnosti funkcionisanja rada sklopova tj. u određivanju optimalne frekventne sigurnosti rada sklopova.

U nastavku biće prikazane tabelarne vrednosti srednje amplitude za posmatrani interval eksploatacionog rada sklopova koje su dobijene aritmetičkom sredinom izmerenih amplituda (srednja vrednost amplituda od četiri izmerenih). Ove vrednosti amplituda imaju za cilj da se na osnovu njihovih vrednosti i dobijenih vrednosti pouzdanosti odrede koeficijenti polinoma njihove korelacije (zavisnosti) što će biti učinjeno u poglavlju 4.4.1. Tabelarni zapis srednjih vrednosti amplituda (optimalne vrednosti) biće prikazan u dva slučaja i to: na analizi sklopova na kojima nisu sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja i na onima na kojima jesu.

U tabelama od 4.42 do 4.73, izvršen je prikaz sračunatih srednjih vrednosti amplituda  $A_k(t)_i$  (za uzastopna četiri merenja svake sastavne komponente analiziranih sklopova) u zavisnosti od eksploatacionog vremena rada  $t$  oba sklopa, i to na tačno definisanim mernim mestima za četiri uzastopna merenja za svaki interval navedenog eksploatacionog vremena rada sastavnih komponenti  $t_i(h)$  (u poglavlju 5.).

**MERNO MESTO 1:** obuhvata komponentu sklopa boks pređenja i to uvodni kanal (A6)

**Tabela 4.42 Srednje vrednosti amplituda za merno mesto 1, bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik			Rizik		Remont
	$t$ (h)	13 000	13 034	13 068	13 102	13 136
$A_1(t)_{A_6}$ ( $m/s^2$ )	10,05	10,091	10,133	10,175	10,217	> 12,217

**Tabela 4.43 Srednje vrednosti amplituda za merno mesto 1, sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik			Rizik				Remont
	$t$ (h)	14 001	14 300	14 450	14 600	14 900	15 200	15 500
$A_1(t)_{A_6-0}$ ( $m/s^2$ )	9,983	10,022	10,061	10,10	10,139	10,178	10,217	> 10,217

**MERNO MESTO 2:** obuhvata komponente sklopa boksa predenja i to na elektromagnetnoj spojnici E1, valjku za otvaranje pramenova trake A7, dizni (dekli) A3 i na odvodnoj cevi sistema za usisavanje nečistoća A4.

**Tabela 4.44 Srednje vrednosti amplituda za merno mesto 2 za komponentu elektromagnetna spojnica E1, bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik			Rizik		Remont
$t$ (h)	13 000	13 015	13 023	10 030	13 045	> 13 045
$A_2(t)_{E_1}$ ( $m/s^2$ )	10,627	10,90	11,171	12,716	14,26	> 14,26

**Tabela 4.45 Srednje vrednosti amplituda za merno mesto 2 za komponentu elektromagnetna spojnica E1, sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik				Rizik			Remont
$t$ (h)	14 001	14 151	14 251	14 301	14 351	14 451	14 501	> 14 501
$A_2(t)_{E_1-0}$ ( $m/s^2$ )	10,035	10,414	10,792	11,171	12,20	13,23	14,26	> 14,26

**Tabela 4.46 Srednje vrednosti amplituda za merno mesto 2 za komponentu otvarač pramenova trake A7, bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik			Rizik		Remont
$t$ (h)	15 000	15 020	15 040	15 074	15 089	> 15 089
$A_2(t)_{A_7}$ ( $m/s^2$ )	10,627	10,90	11,171	13,50	14,26	> 14,26

**Tabela 4.47 Srednje vrednosti amplituda za merno mesto 2 za komponentu otvarač pramenova trake A7, sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik			Rizik				Remont
$t$ (h)	15 630	15 730	15 805	15 830	15 930	16 030	16 330	> 16330
$A_2(t)_{A_7-0}$ ( $m/s^2$ )	10,035	10,603	11,171	11,943	12,716	13,49	14,26	> 14,26

**Tabela 4.48 Srednje vrednosti amplituda za merno mesto 2 za komponentu diznu (deklu) A3, bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik		Rizik								Remont
$t$ (h)	13 000	13 050	13 150	13 200	13 300	13 400	13 450	13 500	13 550	13 600	> 13 600
$A_2(t)_{A_3}$ ( $m/s^2$ )	10,627	10,763	10,90	11,035	11,171	12,446	13,053	13,443	13,86	14,26	>14,26

**Tabela 4.49 Srednje vrednosti amplituda za merno mesto 2 za komponentu diznu (deklu) A3, sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik			Rizik		Remont
$t$ (h)	14 128	14 300	14 600	14 900	15 200	>15200
$A_2(t)_{A_3-0}$ ( $m/s^2$ )	10,035	10,603	11,171	12,446	14,26	>14,26



**Tabela 4.50 Srednje vrednosti amplituda za merno mesto 2 za komponentu odvodna cev sistema za usisavanje nečistoća A4, bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik			Rizik					Remont
$t$ (h)	15 000	15 100	15 190	15 200	15 300	15 330	15 370	15 400	>15 400
$A_2(t)_{A_4}$ ( $m/s^2$ )	10,627	10,90	11,171	12,20	13,23	13,68	13,98	14,26	>14,26

**Tabela 4.51 Srednje vrednosti amplituda za merno mesto 2 za komponentu odvodna cev sistema za usisavanje nečistoća A4, sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik			Rizik		Remont
$t$ (h)	15 995	16 150	16 300	16 450	16 600	>16600
$A_2(t)_{A_4-0}$ ( $m/s^2$ )	10,035	10,603	11,171	12,446	14,26	>14,26

**Tabela 4.52 Srednje vrednosti amplituda za merno mesto 2 za komponentu usisnik boksa A5, bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik				Rizik					Remont
$t$ (h)	13 000	13 040	13 060	13 080	13 100	13 120	13 135	13 150	13 160	>13 160
$A_2(t)_{A_5}$ ( $m/s^2$ )	10,627	10,90	11,056	11,171	11,788	12,446	13,052	13,865	14,26	> 14,26

**Tabela 4.53 Srednje vrednosti amplituda za merno mesto 2 za komponentu usisnik boksa A5, sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik		Rizik			Remont
$t$ (h)	14 001	14 962	15 258	15 554	15 850	>15 850
$A_2(t)_{A_5-0}$ ( $m/s^2$ )	10,035	11,171	12,123	13,215	14,26	> 14,26

**MERNO MESTO 3:** obuhvata komponente sklopa boksa predenja i to: rotor (turbina) A1 i aeroležaj A2

**Tabela 4.54 Srednje vrednosti amplituda za merno mesto 3 za komponentu rotor (turbina) A1, bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik				Rizik							Remont
$t$ (h)	13000	13400	13550	13600	13608	13616	13625	13800	13946	14092	14 240	>12 240
$A_3(t)_{A_1}$ ( $m/s^2$ )	8,084	8,10	8,116	8,133	8,425	8,789	9,45	10,765	11,625	11,783	12,082	>12,082

**Tabela 4.55 Srednje vrednosti amplituda za merno mesto 3 za komponentu rotor (turbina) A1, sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik				Rizik					Remont
$t$ (h)	13 983	14 100	14 200	14 300	14 400	14 500	14 530	14 565	14 600	>14 600
$A_3(t)_{A_1-0}$ ( $m/s^2$ )	7,368	7,623	7,878	8,133	9,45	10,765	11,265	11,783	12,082	12,082

**Tabela 4.56 Srednje vrednosti amplituda za merno mesto 3 za komponentu aeroležaj A2, bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik			Rizik						Remont	
	$t$ (h)	13 000	13 400	13 600	13 680	13 750	13 800	13 875	13 945		14 090
$A_3(t)_{A_2}$ ( $m/s^2$ )	8,084	8,108	8,133	8,356	9,123	10,107	10,523	11,213	11,652	12,082	>12,082

**Tabela 4.57 Srednje vrednosti amplituda za merno mesto 3 za komponentu aeroležaj A2, sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik				Rizik					Remont
	$t$ (h)	13 983	14 100	14 200	14 250	14 300	14 400	14 440	14 475	
$A_3(t)_{A_2-0}$ ( $m/s^2$ )	7,368	7,623	7,878	8,133	9,45	10,765	11,256	11,832	12,082	>12,082

**MERNO MESTO 4:** obuhvata komponente sklopa boksa pređenja: točkić za vođenje pređe A8, i elektronski čitač E2

**Tabela 4.58 Srednje vrednosti amplituda za merno mesto 4 za komponentu točkić za vođenje pređe A8, bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik								
	$t$ (h)	13 000	14 000	15 000	16 000	17 000	18 000	19 000	20 000
$A_4(t)_{A_8}$ ( $m/s^2$ )	2,117	2,182	2,247	2,312	2,378	2,442	2,507	2,573	

**Tabela 4.59 Srednje vrednosti amplituda za merno mesto 4 za komponentu točkić za vođenje pređe A8, sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik								
	$t$ (h)	13 000	14 000	15 000	16 000	17 000	18 000	19 000	20 000
$A_4(t)_{A_8-0}$ ( $m/s^2$ )	1,933	2,014	2,096	2,177	2,259	2,34	2,422	2,504	

**Tabela 4.60 Srednje vrednosti amplituda za merno mesto 4 za komponentu elektronski čitač E2, bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik			Rizik		Remont
	$t$ (h)	15 000	15 020	15 040	15 060	
$A_4(t)_{E_2}$ ( $m/s^2$ )	2,115	2,116	2,118	2,119	2,122	>2,122

**Tabela 4.61 Srednje vrednosti amplituda za merno mesto 4 za komponentu elektronski čitač E2, sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik	Rizik	Remont
$t$ (h)	15 905	16300	>16 300
$A_4(t)_{E_2-0}$ ( $m/s^2$ )	2,175	2,291	>2,291

**MERNO MESTO 5:** obuhvata komponente sklopa boksa pređenja: zatezač pređe A9 i mehanizam za parafinisanje pređe A10.

**Tabela 4.62 Srednje vrednosti amplituda za merno mesto 5 za komponentu zatezač prede A9, bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik								
	$t$ (h)	13 000	14 000	15 000	16 000	17 000	18 000	19 000	20 000
$A_5(t)_{A_9}$ ( $m/s^2$ )	0,6627	0,7041	0,745	0,787	0,828	0,87	0,911	0,9525	

**Tabela 4.63 Srednje vrednosti amplituda za merno mesto 5 za komponentu zatezač prede A9, sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik								
	$t$ (h)	13 000	14 000	15 000	16 000	17 000	18 000	19 000	20 000
$A_5(t)_{A_9-0}$ ( $m/s^2$ )	0,5599	0,601	0,6421	0,6832	0,7243	0,7654	0,8065	0,8477	

**Tabela 4.64 Srednje vrednosti amplituda za merno mesto 5 za komponentu mehanizam za parafinisanje prede A10, bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik								
	$t$ (h)	13 000	14 000	15 000	16 000	17 000	18 000	19 000	20 000
$A_5(t)_{A_{10}}$ ( $m/s^2$ )	0,6627	0,7041	0,745	0,787	0,828	0,87	0,911	0,9525	

**Tabela 4.65 Srednje vrednosti amplituda za merno mesto 5 za komponentu mehanizam za parafinisanje prede A10, sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik								
	$t$ (h)	13 000	14 000	15 000	16 000	17 000	18 000	19 000	20 000
$A_5(t)_{A_{10-0}}$ ( $m/s^2$ )	0,5599	0,601	0,6421	0,6832	0,7243	0,7654	0,8065	0,8477	

**MERNO MESTO 6:** obuhvata komponente sklopa za namotavanje kalemova gotovom predom i to: vodič niti F1 i zatezač / podizač kalem F3.

**Tabela 4.66 Srednje vrednosti amplituda za merno mesto 6 za komponentu vodič niti F1, bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik			Rizik	Remont
	$t$ (h)	13 000	13 770	13 955	14 861
$A_6(t)_{F_1}$ ( $m/s^2$ )	1,403	1,551	1,70	1,847	>1,847

**Tabela 4.67 Srednje vrednosti amplituda za merno mesto 6 za komponentu vodič niti F1, sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik			Rizik	Remont
	$t$ (h)	13 000	13 970	14 095	14 960
$A_6(t)_{F_1-0}$ ( $m/s^2$ )	1,403	1,551	1,70	1,847	>1,847

**Tabela 4.68 Srednje vrednosti amplituda za merno mesto 6 za komponentu zatezač / podizač kalema F3, bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik								
	$t$ (h)	13 000	14 000	15 000	16 000	17 000	18 000	19 000	20 000
$A_6(t)_{F_3}$ ( $m/s^2$ )	1,403	1,466	1,53	1,593	1,656	1,72	1,783	1,847	

**Tabela 4.69 Srednje vrednosti amplituda za merno mesto 6 za komponentu zatezač / podizač kalema F3, sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik								
	$t$ (h)	13 000	14 000	15 000	16 000	17 000	18 000	19 000	20 000
$A_6(t)_{F_3-0}$ ( $m/s^2$ )	1,403	1,466	1,53	1,593	1,656	1,72	1,783	1,847	

**MERNO MESTO 7:** obuhvata komponente sklopa za namotavanje kalemova gotovom predom i to: držač kalema F2 i kočnica kalema F4.

**Tabela 4.70 Srednje vrednosti amplituda za merno mesto 7 za komponentu držač kalema F2, bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik		Rizik		Remont
	13 000	13 089	13 104	13 208	>13 208
$A_7(t)_{F_2}$ ( $m/s^2$ )	1,859	2,040	2,22	2,398	> 2,398

**Tabela 4.71 Srednje vrednosti amplituda za merno mesto 7 za komponentu držač kalema F2, sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik		Rizik	Remont
	13 000	13 104	13 208	>13 208
$A_7(t)_{F_2-0}$ ( $m/s^2$ )	1,638	1,812	1,987	> 1,987

**Tabela 4.72 Srednje vrednosti amplituda za merno mesto 7 za komponentu kočnica kalema F4, bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik					Rizik				Remont
	14 000	14 030	14 053	14 065	14 080	14 106	14 122	14 139	14 159	>14 159
$A_7(t)_{F_4}$ ( $m/s^2$ )	1,859	1,895	1,994	1,958	2,13	2,263	2,304	2,365	2,398	> 2,398

**Tabela 4.73 Srednje vrednosti amplituda za merno mesto 7 za komponentu kočnica kalema F4, sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik					Rizik				Remont
	14 000	14 040	14 080	14 104	14 156	14 208	14 252	14 289	14 312	>14 312
$A_7(t)_{F_4-0}$ ( $m/s^2$ )	1,638	1,665	1,698	1,725	1,813	1,90	1,926	1,958	1,987	> 1,987

#### 4.4. ODREĐIVANJE KORELACIJA – ZAVISNOSTI PARAMETARA POUZDANOSTI I AMPLITUDA OSCILOVANJA ZA SVAKU SASTAVNU KOMPONENTU ANALIZIRANIH SKLOPOVA NA OSNOVU IZABRANIH MERNIH MESTA

Kako pouzdanost rada sastavnih komponenti analiziranih sklopova direktno zavisi od veličina vrednosti amplituda mehaničkih oscilacija na izabranim mernim mestima potrebno je izvršiti korelacije njihove uzajamnosti - povezanosti. Kako su merodavne pouzdanosti rada analiziranih sklopova određene na osnovu odabrane statističke raspodele, a vrednosti amplituda su određene na osnovu srednjih aritmetičkih očekivanja zavisnosti veličina amplituda oscilovanja, neophodno je ove parametre uzajamno povezati odnosno, odrediti njihovu zavisnost korelacija povezanosti.

##### 4.4.1. ANALITIČKO ODREĐIVANJE KORELACIJA

Analiza zavisnosti (korelacije) prikazana je aproksimacijom pomoću polinoma sedmog stepena, jer je najčešći broj tačaka u zavisnosti - korelaciji  $R_i(t) = A_i(t)$  manji ili jednak sedam ( $n \leq 7$ ) (tabelarni prikaz u prilogu P.25 – P.56).

Analiza je obuhvatila polinom sedmog stepena sa realnim koeficijentima  $(a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7)$ , i ako se pođe od opšteg oblika prikaza realnog polinoma  $n$  – tog stepena u zapisu /38/:

$$f(x) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0,$$

pri čemu su  $a_i \in R, i = 0, 1, 2, 3, \dots, n$  i  $n \in N$  onda se on naziva polinomom sa realnim koeficijentima što je iskorišćeno kao osnova u analitičkom određivanju polinoma višeg stepena (najčešće 7-og stepena).

Korelacija analitičkog polinoma 7-og stepena ovom polinomu  $n$  – tog stepena, biće:

1. Za sklop boks pređenja:

$$(P - R)_{BP}(t) = a_7 A_{BP}^7 + a_6 A_{BP}^6 + a_5 A_{BP}^5 + a_4 A_{BP}^4 + a_3 A_{BP}^3 + a_2 A_{BP}^2 + a_1 A_{BP} + a_0$$

2. Za sklop za namotavanja kalemova gotovom pređom:

$$(P - R)_{NP}(t) = a_7 A_{NK}^7 + a_6 A_{NK}^6 + a_5 A_{NK}^5 + a_4 A_{NK}^4 + a_3 A_{NK}^3 + a_2 A_{NK}^2 + a_1 A_{NK} + a_0$$

Polinomi se dobijaju do 7-og stepena pa treba odrediti za svaki polinom njegove realne parametre (koeficijente).

Za određivanje njihovih realnih parametara postaviće se sistem jednačina u opštem obliku koji obuhvata vrednosti koordinata tačaka koje određuju ovu zavisnost .

$$a_7 \cdot A_1^7 + a_6 \cdot A_1^6 + a_5 \cdot A_1^5 + a_4 \cdot A_1^4 + a_3 \cdot A_1^3 + a_2 \cdot A_1^2 + a_1 \cdot A_1 + a_0 = R^1 \dots\dots\dots(1)$$

$$a_7 \cdot A_2^7 + a_6 \cdot A_2^6 + a_5 \cdot A_2^5 + a_4 \cdot A_2^4 + a_3 \cdot A_2^3 + a_2 \cdot A_2^2 + a_1 \cdot A_2 + a_0 = R^2 \dots\dots(2)$$

$$a_7 \cdot A_3^7 + a_6 \cdot A_3^6 + a_5 \cdot A_3^5 + a_4 \cdot A_3^4 + a_3 \cdot A_3^3 + a_2 \cdot A_3^2 + a_1 \cdot A_3 + a_0 = R^3 \dots\dots(3)$$

$$a_7 \cdot A_4^7 + a_6 \cdot A_4^6 + a_5 \cdot A_4^5 + a_4 \cdot A_4^4 + a_3 \cdot A_4^3 + a_2 \cdot A_4^2 + a_1 \cdot A_4 + a_0 = R^4 \dots\dots(4)$$

$$a_7 \cdot A_5^7 + a_6 \cdot A_5^6 + a_5 \cdot A_5^5 + a_4 \cdot A_5^4 + a_3 \cdot A_5^3 + a_2 \cdot A_5^2 + a_1 \cdot A_5 + a_0 = R^5 \dots\dots(5)$$

$$a_7 \cdot A_6^7 + a_6 \cdot A_6^6 + a_5 \cdot A_6^5 + a_4 \cdot A_6^4 + a_3 \cdot A_6^3 + a_2 \cdot A_6^2 + a_1 \cdot A_6 + a_0 = R^6 \dots\dots(6)$$

$$a_7 \cdot A_7^7 + a_6 \cdot A_7^6 + a_5 \cdot A_7^5 + a_4 \cdot A_7^4 + a_3 \cdot A_7^3 + a_2 \cdot A_7^2 + a_1 \cdot A_7 + a_0 = R^7 \dots\dots(7)$$

$$a_7 \cdot A_8^7 + a_6 \cdot A_8^6 + a_5 \cdot A_8^5 + a_4 \cdot A_8^4 + a_3 \cdot A_8^3 + a_2 \cdot A_8^2 + a_1 \cdot A_8 + a_0 = R^8 \dots\dots(8)$$

Determinanta sistema je:

$$D = \begin{vmatrix} A_1^8 & A_1^7 & A_1^6 & A_1^5 & A_1^4 & A_1^3 & A_1^2 & A_1 \\ A_2^8 & A_2^7 & A_2^6 & A_2^5 & A_2^4 & A_2^3 & A_2^2 & A_2 \\ A_3^8 & A_3^7 & A_3^6 & A_3^5 & A_3^4 & A_3^3 & A_3^2 & A_3 \\ A_4^8 & A_4^7 & A_4^6 & A_4^5 & A_4^4 & A_4^3 & A_4^2 & A_4 \\ A_5^8 & A_5^7 & A_5^6 & A_5^5 & A_5^4 & A_5^3 & A_5^2 & A_5 \\ A_6^8 & A_6^7 & A_6^6 & A_6^5 & A_6^4 & A_6^3 & A_6^2 & A_6 \\ A_7^8 & A_7^7 & A_7^6 & A_7^5 & A_7^4 & A_7^3 & A_7^2 & A_7 \\ A_8^8 & A_8^7 & A_8^6 & A_8^5 & A_8^4 & A_8^3 & A_8^2 & A_8 \end{vmatrix}$$

Determinanta D<sub>1</sub> je:

$$D_1 = \begin{vmatrix} R^1 & A_1^7 & A_1^6 & A_1^5 & A_1^4 & A_1^3 & A_1^2 & A_1 \\ R^2 & A_2^7 & A_2^6 & A_2^5 & A_2^4 & A_2^3 & A_2^2 & A_2 \\ R^3 & A_3^7 & A_3^6 & A_3^5 & A_3^4 & A_3^3 & A_3^2 & A_3 \\ R^4 & A_4^7 & A_4^6 & A_4^5 & A_4^4 & A_4^3 & A_4^2 & A_4 \\ R^5 & A_5^7 & A_5^6 & A_5^5 & A_5^4 & A_5^3 & A_5^2 & A_5 \\ R^6 & A_6^7 & A_6^6 & A_6^5 & A_6^4 & A_6^3 & A_6^2 & A_6 \\ R^7 & A_7^7 & A_7^6 & A_7^5 & A_7^4 & A_7^3 & A_7^2 & A_7 \\ R^8 & A_8^7 & A_8^6 & A_8^5 & A_8^4 & A_8^3 & A_8^2 & A_8 \end{vmatrix}$$

Koeficijent polinoma:  $a_7 = \frac{D_1}{D}$ , ostali koeficijenti se dobijaju zamenom odgovarajućih kolona determinanti sa kolonom koja obuhvata pouzdanost:  $a_6 = \frac{D_2}{D}, a_5 = \frac{D_3}{D}, a_4 = \frac{D_4}{D}, a_3 = \frac{D_5}{D}, a_2 = \frac{D_6}{D}, a_1 = \frac{D_7}{D}, a_0 = \frac{D_8}{D}$ .

Analitički pristup je standardni pristup određivanja realnih koeficijenata polinoma i biće primenjen za sastavnu komponentu uvodni kanal  $A_6$ , na kojoj nisu primenjeni postupci tehnologije preventivnog održavanja i to iz vrednosti date tabelarnim prikazom zavisnosti - korelacije (prikaz u tabeli 4.74).

**Tabela 4.74 Zavisnost vrednosti amplituda od pouzdanosti za merno mesto 1, bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik			Rizik		Remont
	13 000	13 034	13 068	13 102	13 136	>13 136
$t$ (h)						
$A_1(t)_{A_6}$ (m/s <sup>2</sup> )	10,05	10,091	10,133	10,175	10,217	>10,217
$R_{A_6}(t)$	1,0	0,965	0,931	0,899	0,862	>0,862

Koordinate tačaka zavisnosti – korelacije su:

$$T_1(10,05;1,0), T_2(10,091;0,965), T_3(10,133;0,931), T_4(10,175;0,899), T_5(10,217;0,862).$$

Uvođenjem vrednosti tačaka za sastavnu komponentu ( $A_6$ ) dobija se sistem jednačina:

$$(10,05)^5 a_5 + (10,05)^4 a_4 + (10,05)^3 a_3 + (10,05)^2 a_2 + 10,05 a_1 + a_0 = 1,0 \dots\dots(1)$$

$$(10,091)^5 a_5 + (10,091)^4 a_4 + (10,091)^3 a_3 + (10,091)^2 a_2 + 10,091 a_1 + a_0 = 0,965 \dots(2)$$

$$(10,113)^5 a_5 + (10,113)^4 a_4 + (10,113)^3 a_3 + (10,113)^2 a_2 + 10,113 a_1 + a_0 = 0,931 \dots(3)$$

$$(10,175)^5 a_5 + (10,175)^4 a_4 + (10,175)^3 a_3 + (10,175)^2 a_2 + 10,175 a_1 + a_0 = 0,899 \dots(4)$$

$$(10,217)^5 a_5 + (10,217)^4 a_4 + (10,217)^3 a_3 + (10,217)^2 a_2 + 10,217 a_1 + a_0 = 0,862 \dots(5)$$

Dobijeni sistem jednačina za sastavnu komponentu uvodni kanal ( $A_6$ ) je analitički prikazan i ova procedura važi i za određivanje svih realnih koeficijenata polinoma ostalih sastavnih komponenti analiziranih sklopova, na osnovu određivanja svih potrebnih kvadratnih determinanti oblika  $8 \times 8$ . Na osnovu dobijenih determinanti ( $D_1, D_2, D_3, D_4, D_5$ ), i determinante sistema  $D$ , vrši se određivanje realnih koeficijenata zavisnosti – korelacije  $a_5^i, a_4^i, a_3^i, a_2^i, a_1^i, a_0^i$ .

Da bi se dobile što tačnije vrednosti koeficijenata polinoma ( $a_5^i, a_4^i, a_3^i, a_2^i, a_1^i, a_0^i$ ) u odnosu na one koje se dobijaju analitičkim pristupom, izvršeno je programiranje dobijanja realnih koeficijenata polinoma pomoću matematičkog programa *Matlab 6.5*. Ovim programom sa velikom sigurnošću dobijaju se koeficijenti polinoma koji određuju zavisnost – korelacije vrednosti amplituda u funkciji pouzdanosti  $A_i^{u=1,\dots,10} = f(R_i^{i=1,\dots,10})$  a takođe, pomoću njega vrši se crtanje grafika njihove zavisnosti za svaku sastavnu komponentu analiziranog sklopa. Prikaz će biti izvršen u koordinatnom sistemu  $R_i O A_i$ , tj. ravanskom sistemu, u narednom potpoglavlju (prikaz na slikama od 4.67 do 4.98).

#### 4.4.2. ODREĐIVANJE REALNIH KOEFICIJENATA POLINOMA KORELACIJE – ZAVISNOSTI PARAMETARA POUZDANOSTI I AMPLITUDA OSCILOVANJA ZA SVAKU SASTAVNU KOMPONENTU ANALIZIRANIH SKLOPOVA NA OSNOVU IZABRANIH MERNIH MESTA POMOĆU MATEMATIČKOG PROGRAMA *MATLAB 6.5*.

Da bi se dobile tačne vrednosti realnih koeficijenata kao i crtanje grafika zavisnosti – korelacije izvršeno je programiranje u matematičkom programu *MATLAB 6.5* koje je urađeno na sledeći način:

##### **%podaci za aproksimaciju**

```
x=[ A11(t)A6 A12(t)A6 A13(t)A6 A14(t)A6 A15(t)A6 A16(t)A6 A17(t)A6 A18(t)A6 A19(t)A6 A110(t)A6 ]
```

```
y=[ RA61(t) RA62(t) RA63(t) RA64(t) RA65(t) RA66(t) RA67(t) RA68(t) RA69(t) RA610(t) ]
```

##### **%stepen polinoma kojim se vrsi aproksimacija**

```
n=1.....8
```

##### **%vektor c sadrzi koeficijente polinoma stepena n**

```
c= polzfit (x, y, n)
```

##### **%PRIKAZIVANJE VREDNOSTI KOJE SE APROKSIMIRAJU (ZVEZDICE) I**

##### **%POLINOMA KOJIM JE IZVRSENA APROKSIMACIJA**

```
x1= A11(t)A6 : 0.01: A110(t)A6 ;
```

```
y1=polyval (c, x1);
```

```
plot (x1, y1, x, y, ' * ');
```

Da bi matematički program mogao da se primeni potrebno je tabelarno prikazati zavisnosti veličina amplituda  $A_i^{u=1,\dots,10} = f(R_i^{i=1,\dots,10})$  od vrednosti pouzdanosti u tačnom eksploatacionom vremenskom periodu izvršenih merenja. Prikaz je izvršen u tabelama od P.25 do P.56, (u prilogu) za dva eksploataciona slučaja i to:

1. Kada nisu primenjeni postupci tehnologije preventivnog održavanja i
2. Kada su primenjeni postupci tehnologije preventivnog održavanja.

Korišćenjem matematičkog programa dobijene su sledeće vrednosti realnih koeficijenata polinoma koji su prikazani u tabelama od 4.75 do 4.78).

**Tabela 4.75 Vrednosti realnih koeficijenata polinoma bez primene postupaka tehnologije preventivnog održavanja za sklop boks pređenja**

Oznaka koeficijenta	$a^i_7$	$a^i_6$	$a^i_5$	$a^i_4$	$a^i_3$	$a^i_2$	$a^i_1$	$a^i_0$
$A_6$	0	0	0	0	0	0	-0,104	1,0695
$E_1$	0	0,0001	0,0023	-0,0217	0,0767	0	0	0
$A_7$	0	0,0002	-0,0052	0,0851	-0,78	3,8038	-7,71	0
$A_3$	0	0	-0,0004	0,0081	-0,091	0,6108	-2,2305	3,4306
$A_4$	0	0	0,0004	-0,0083	0,1043	-0,7797	3,2326	-5,7308
$A_5$	0	0	0,0001	-0,0017	0,021	-0,156	0,6421	-1,1303
$A_1$	0	0	-0,0006	0,0099	-0,0995	0,6008	-2,008	2,8667
$A_2$	0	0	-0,0006	0,0108	-0,109	0,6551	-2,181	3,1023
$A_8$	0	0	0	0	0	0	0	1
$E_2$	0,0676	-0,5151	1,3634	-1,2833	0	0	0,6094	0
$A_9$	0	0	0	0	0	0	0	1
$A_{10}$	0	0	0	0	0	0	0	1

**Tabela 4.76 Vrednosti realnih koeficijenata polinoma sa primenom postupaka tehnologije preventivnog održavanja za sklop boks pređenja**

Oznaka koeficijenta	$a^i_7$	$a^i_6$	$a^i_5$	$a^i_4$	$a^i_3$	$a^i_2$	$a^i_1$	$a^i_0$
$A_6$	0,0001	-0,0046	0,0694	-0,0467	1,178	0	0	0
$E_1$	0	0	-0,0015	0,0236	-0,2107	0,9977	-1,9616	0
$A_7$	0	0	-0,0014	0,0223	-0,2	0,95411	-1,8898	0
$A_3$	0	0,0001	-0,0017	0,0111	-0,0236	0	0	0
$A_4$	0	0,0001	-0,0013	0,0084	-0,0156	0	0	0
$A_5$	0	0	0,0005	-0,0056	0,0233	0	0	0
$A_1$	0	0	0,0003	-0,0057	0,0547	0,3158	1,0059	-1,3647
$A_2$	0	-0,0001	0,0025	-0,0398	0,3826	-2,1925	6,9312	-0,932
$A_8$	0	0	0	0	0	0	0	1
$E_2$	-0,032	0,0788	0	0	0	0	0	0
$A_9$	0	0	0	0	0	0	0	1
$A_{10}$	0	0	0	0	0	0	0	1



**Tabela 4.77** Vrednosti realnih koeficijenata polinoma bez primene postupaka tehnologije preventivnog održavanja za sklop za namotavanje kalemova gotovom predom

Oznaka koeficijenta	$a^i_7$	$a^i_6$	$a^i_5$	$a^i_4$	$a^i_3$	$a^i_2$	$a^i_1$	$a^i_0$
$F_1$	-0,0206	0,1432	0	0	0	-0,8716	0	2,158
$F_3$	0	0	0	0	0	0	0	1
$F_2$	-0,0358	0,1414	0	-0,406	0	0	1,4829	0
$F_4$	-0,0048	0,0718	-0,4557	1,6048	-3,3851	4,2771	-2,9973	0,8987

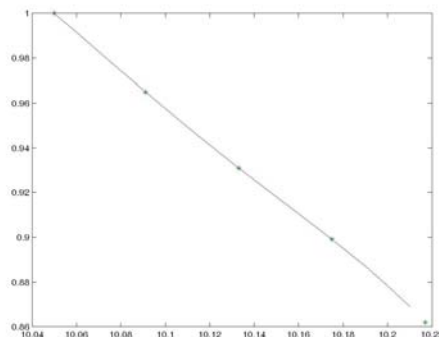
**Tabela 4.78** Vrednosti realnih koeficijenata polinoma sa primenom postupaka tehnologije preventivnog održavanja za sklop za namotavanje kalemova gotovom predom

Oznaka koeficijenta	$a^i_7$	$a^i_6$	$a^i_5$	$a^i_4$	$a^i_3$	$a^i_2$	$a^i_1$	$a^i_0$
$F_1$	$-3,617 \cdot 10^{-12}$	0	$1,078 \cdot 10^{-4}$	0	0	0,9175	0	2,2577
$F_3$	0	0	0	0	0	0	0	1
$F_2$	$1,22 \cdot 10^{-11}$	0	$-4 \cdot 10^{-4}$	0	0	0,9337	0	0
$F_4$	-0,0094	0,1189	-0,6441	1,9357	-3,4869	3,765	-2,2562	0,5789

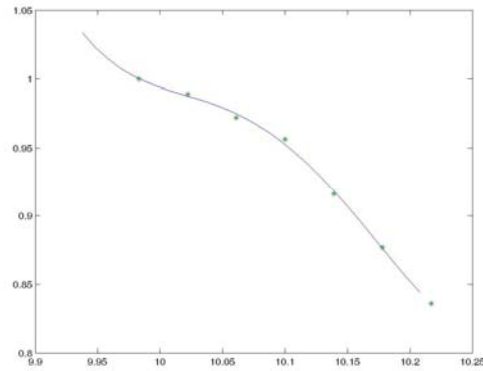
#### 4.4.3. DIJAGRAMI ZAVISNOSTI POUZDANOSTI U FUNKCIJI AMPLITUDA OSCILOVANJA ZA SASTAVNE KOMPONENTE ANALIZIRANIH SKLOPOVA PO MERNIM MESTIMA

Konstrukcija dijagrama je izvršena na osnovu vrednosti pouzdanosti za oblast dozvoljenog rizika i srednjim vrednostima pojasa amplituda mehaničkih oscilacija na izabranim mernim mestima (slike 4.53. – 4.84.). Ove referentne krive prikazuju optimalne vrednosti korelacija zavisnosti, i na osnovu njih mogu se proveriti u svakom trenutku vrednosti pouzdanosti, da li je ista približna krivi u određenoj tački ili se rasipa. Ako je njena vrednost veoma udaljena izvan optimalne krive korelacije (prikazane krive na dijagramima zavisnosti sastavne komponente analiziranog sklopa) onda i njena vrednost pouzdanosti se smanjuje i može se predvideti stanje nedozvoljenog rada (stanje rada sa rizikom). Na osnovu takve analize potrebno je primeniti postupke tehnologije preventivnog održavanja ili izvršiti remont sastavne komponente.

##### MERNO MESTO 1.

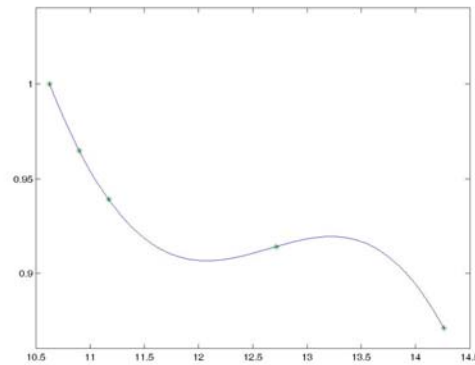


**Slika 4.53.** Dijagram zavisnosti pouzdanosti u funkciji amplituda oscilovanja za sastavnu komponentu A6 (uvodni kanal) bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja

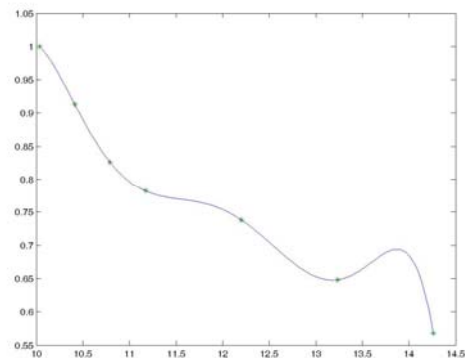


**Slika 4.54. Dijagram zavisnosti pouzdanosti u funkciji amplituda oscilovanja za sastavnu komponentu A6 (uvodni kanal) sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja**

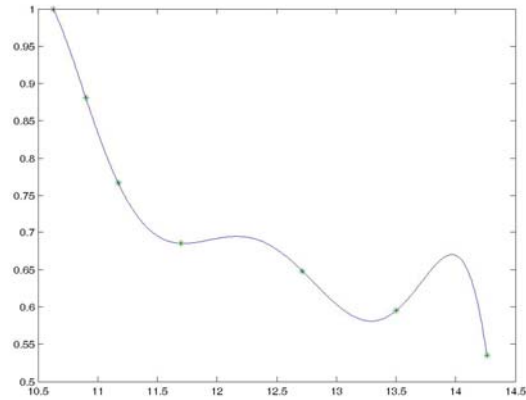
#### MERNO MESTO 2.



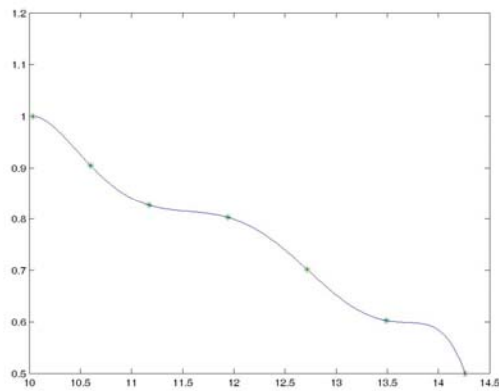
**Slika 4.55. Dijagram zavisnosti pouzdanosti u funkciji amplituda oscilovanja za sastavnu komponentu E1 (elektromagnetna spojnica) bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja**



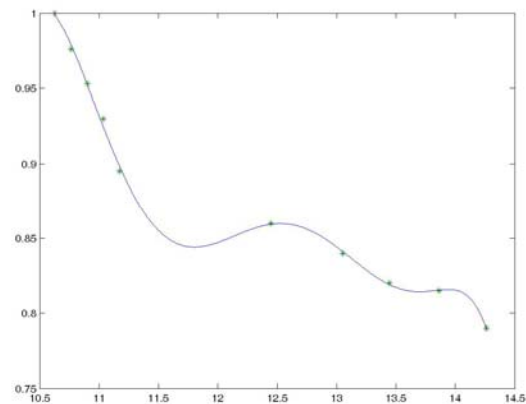
**Slika 4.56. Dijagram zavisnosti pouzdanosti u funkciji amplituda oscilovanja za sastavnu komponentu E1 (elektromagnetna spojnica) sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja**



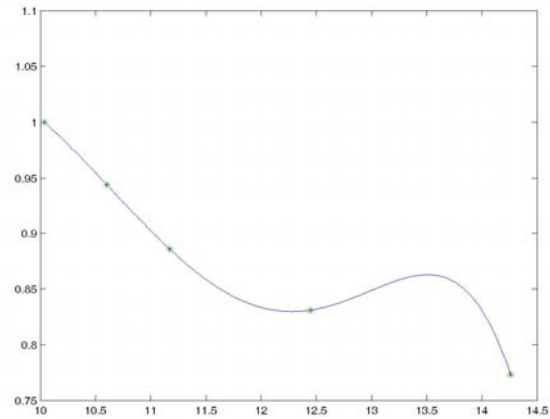
**Slika 4.57.** Dijagram zavisnosti pouzdanosti u funkciji amplituda oscilovanja za sastavnu komponentu A7 (valjak za otvaranje pramenova trake) bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja



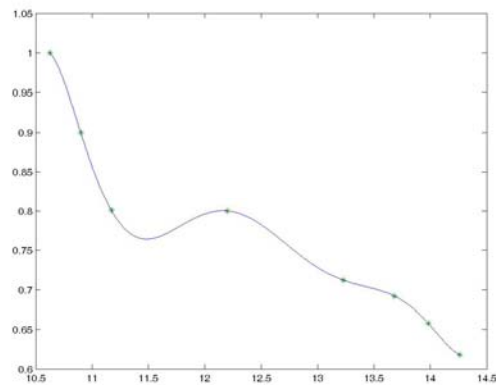
**Slika 4.58.** Dijagram zavisnosti pouzdanosti u funkciji amplituda oscilovanja za sastavnu komponentu A7 (valjak za otvaranje pramenova trake) sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja



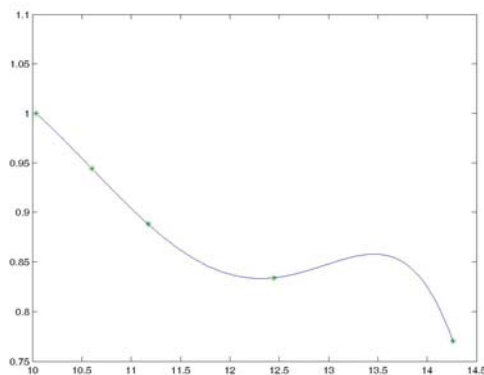
**Slika 4.59.** Dijagram zavisnosti pouzdanosti u funkciji amplituda oscilovanja za sastavnu komponentu A3 (diznu - deklu) bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja



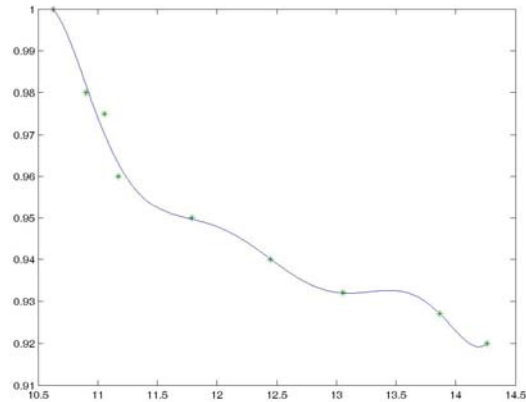
**Slika 4.60.** Dijagram zavisnosti pouzdanosti u funkciji amplituda oscilovanja za sastavnu komponentu A3 (diznu - deklu) sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja



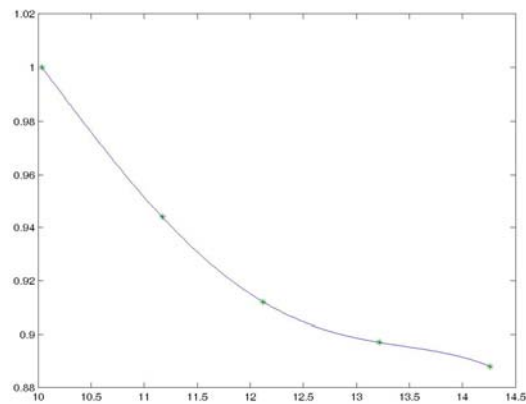
**Slika 4.61.** Dijagram zavisnosti pouzdanosti u funkciji amplituda oscilovanja za sastavnu komponentu A4 (odvodna cev) bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja



**Slika 4.62.** Dijagram zavisnosti pouzdanosti u funkciji amplituda oscilovanja za sastavnu komponentu A4 (odvodna cev) sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja

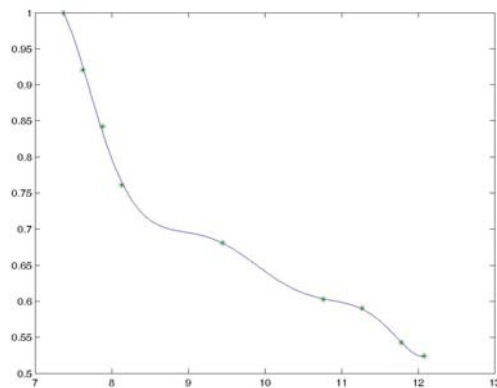


**Slika 4.63. Dijagram zavisnosti pouzdanosti u funkciji amplituda oscilovanja za sastavnu komponentu A5 (usisnik boksa) bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja**

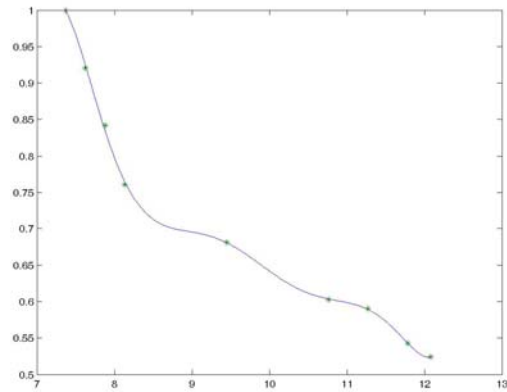


**Slika 4.64. Dijagram zavisnosti pouzdanosti u funkciji amplituda oscilovanja za sastavnu komponentu A5 (usisnik boksa) sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja**

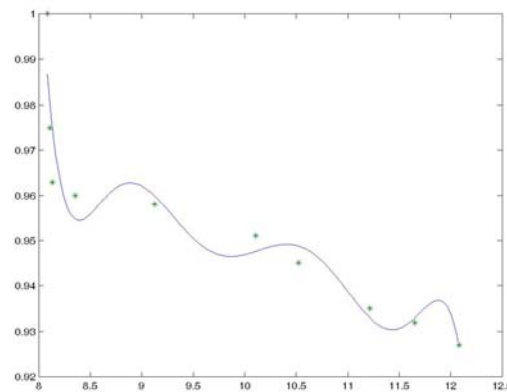
### MERNO MESTO 3.



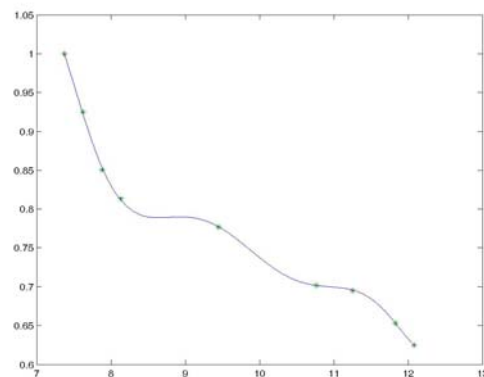
**Slika 4.65. Dijagram zavisnosti pouzdanosti u funkciji amplituda oscilovanja za sastavnu komponentu A1 (rotor - turbina) bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja**



**Slika 4.66.** Dijagram zavisnosti pouzdanosti u funkciji amplituda oscilovanja za sastavnu komponentu A1 (rotor - turbina) sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja

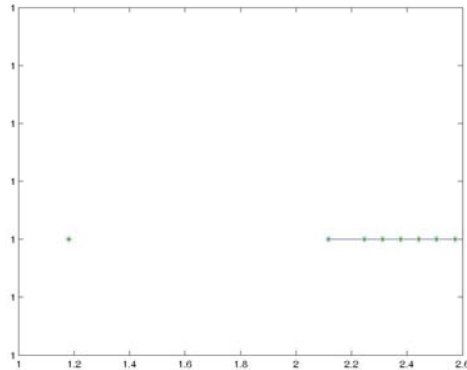


**Slika 4.67.** Dijagram zavisnosti pouzdanosti u funkciji amplituda oscilovanja za sastavnu komponentu A2 (aeroležaj) bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja

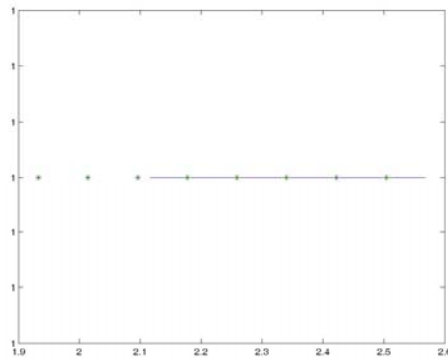


**Slika 4.68.** Dijagram zavisnosti pouzdanosti u funkciji amplituda oscilovanja za sastavnu komponentu A2 (aeroležaj) sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja

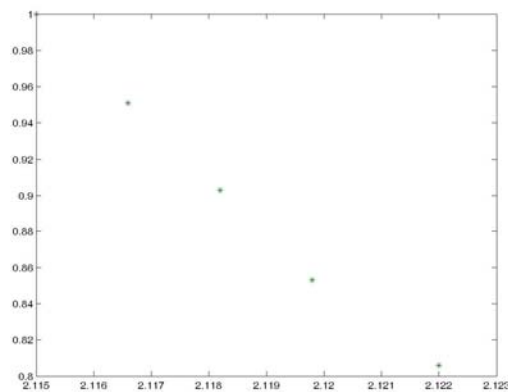
## MERNO MESTO 4.



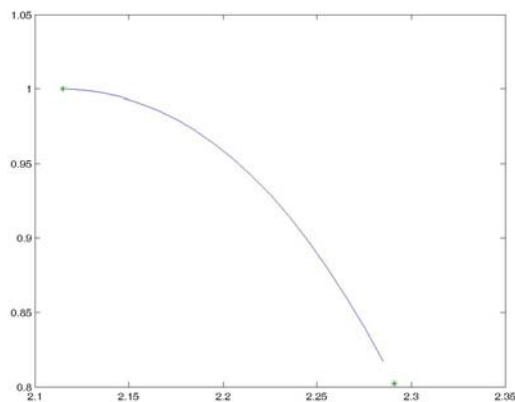
Slika 4.69. Dijagram zavisnosti pouzdanosti u funkciji amplituda oscilovanja za sastavnu komponentu A8 (točkić za vođenje prede) bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja



Slika 4.70. Dijagram zavisnosti pouzdanosti u funkciji amplituda oscilovanja za sastavnu komponentu A8 (točkić za vođenje prede) sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja

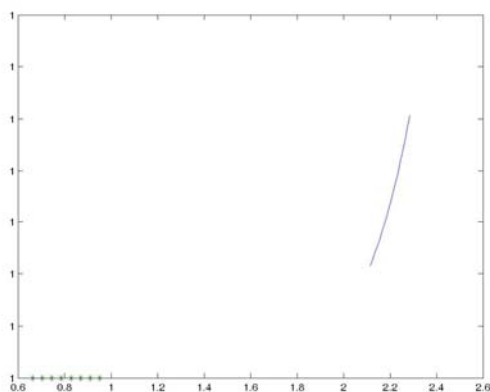


Slika 4.71. Dijagram zavisnosti pouzdanosti u funkciji amplituda oscilovanja za sastavnu komponentu E2 (elektronski čitač) bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja

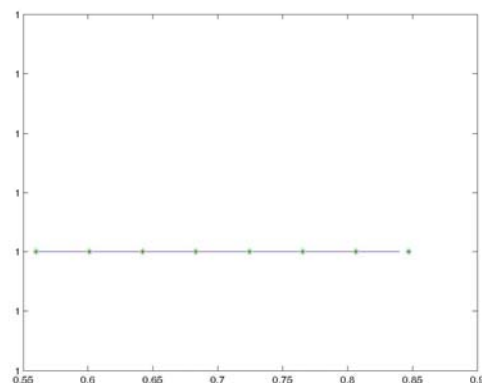


**Slika 4.72. Dijagram zavisnosti pouzdanosti u funkciji amplituda oscilovanja za sastavnu komponentu E2 (elektronski čitač) sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja**

**MERNO MESTO 5.**

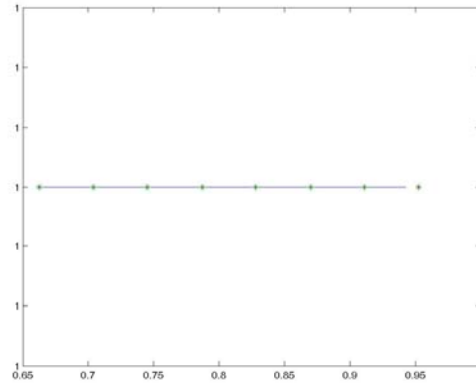


**Slika 4.73. Dijagram zavisnosti pouzdanosti u funkciji amplituda oscilovanja za sastavnu komponentu A9 (zatezač pređe) bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja**

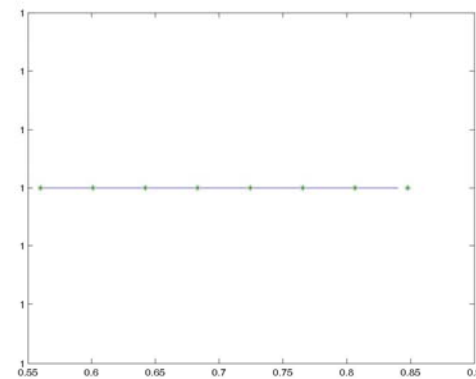


**Slika 4.74. Dijagram zavisnosti pouzdanosti u funkciji amplituda oscilovanja za sastavnu komponentu A9 (zatezač pređe) sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja**



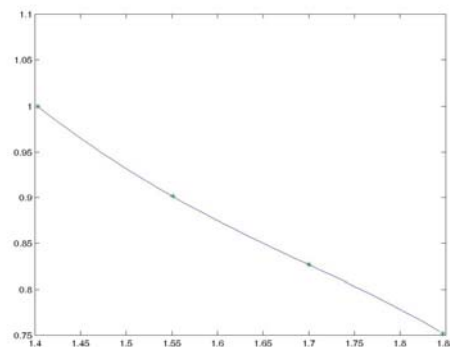


**Slika 4.75.** Dijagram zavisnosti pouzdanosti u funkciji amplituda oscilovanja za sastavnu komponentu A10 (mehanizam za parafinisanje prede) bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja

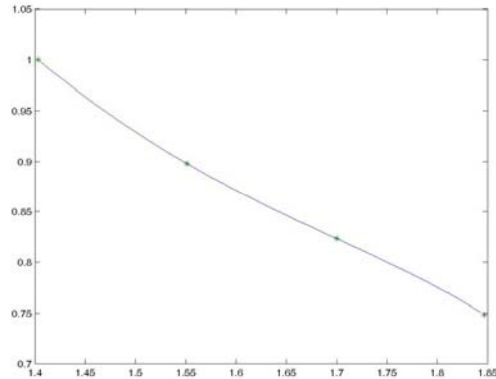


**Slika 4.76.** Dijagram zavisnosti pouzdanosti u funkciji amplituda oscilovanja za sastavnu komponentu A10 (mehanizam za parafinisanje prede) sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja

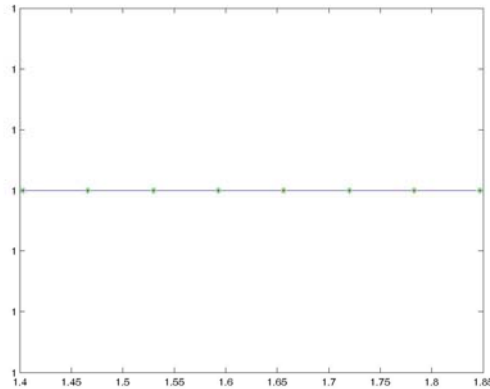
#### MERNO MESTO 6.



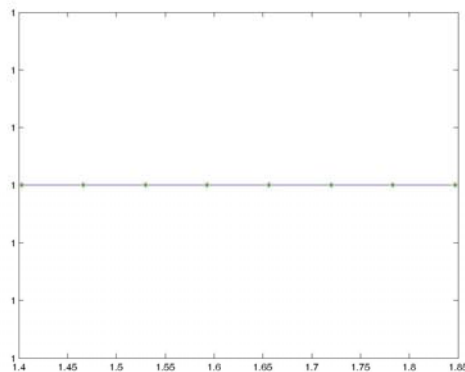
**Slika 4.77.** Dijagram zavisnosti pouzdanosti u funkciji amplituda oscilovanja za sastavnu komponentu F1 (vodič niti) bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja



**Slika 4.78. Dijagram zavisnosti pouzdanosti u funkciji amplituda oscilovanja za sastavnu komponentu F1 (vodič niti) sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja**

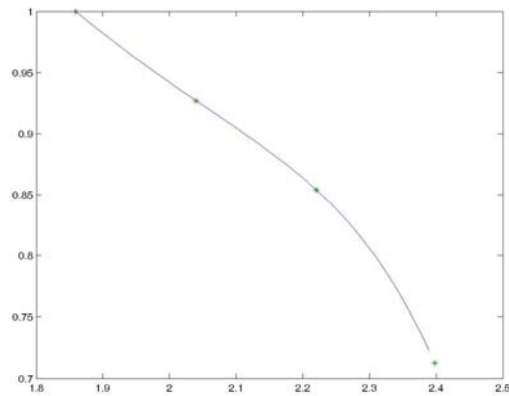


**Slika 4.79. Dijagram zavisnosti pouzdanosti u funkciji amplituda oscilovanja za sastavnu komponentu F3 (zatezaču / podizaču kalema) bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja**

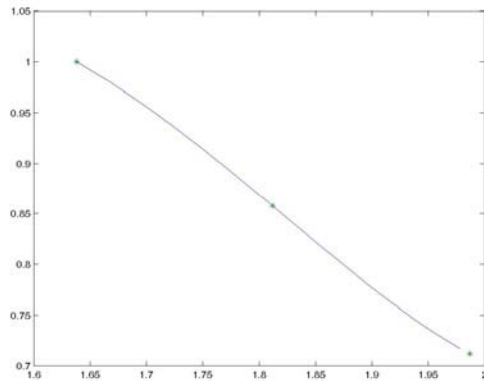


**Slika 4.80. Dijagram zavisnosti pouzdanosti u funkciji amplituda oscilovanja za sastavnu komponentu F3 (zatezaču / podizaču kalema) sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja**

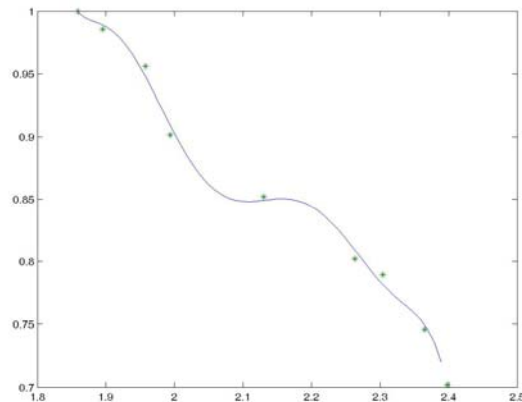
## MERNO MESTO 7.



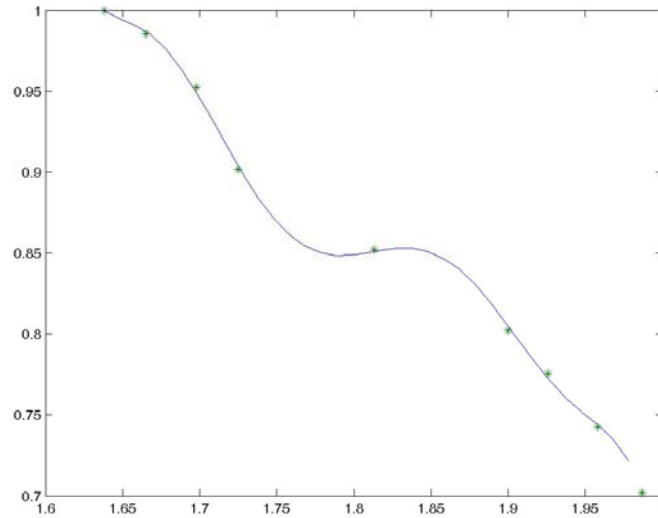
**Slika 4.81.** Dijagram zavisnosti pouzdanosti u funkciji amplituda oscilovanja za sastavnu komponentu F2 (držač kalema) bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja



**Slika 4.82.** Dijagram zavisnosti pouzdanosti u funkciji amplituda oscilovanja za sastavnu komponentu F2 (držač kalema) sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja



**Slika 4.83.** Dijagram zavisnosti pouzdanosti u funkciji amplituda oscilovanja za sastavnu komponentu F4 (kočnica kalema) bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja



**Slika 4.84. Dijagram zavisnosti pouzdanosti u funkciji amplituda oscilovanja za sastavnu komponentu F4 (kočnica kalema) sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja**

#### 4.4.4. ODREĐIVANJE IZRAZA REALNIH POLINOMA PREMA DOBIJENIM REALNIM KOEFICIJENTIMA ZA SASTAVNE KOMPONENTE ANALIZIRANIH SKLOPOVA

Na osnovu određenih realnih koeficijenata dobijaju se konačni izrazi realnih polinoma koji prikazuju zavisnosti - korelacije vrednosti pouzdanosti i amplituda, koji će kao takvi koristiti u analizi modela sigurnosti funkcionisanja analiziranih sklopova. Na osnovu njihovih izraza biće određeni koeficijenti smene  $\xi_1, \xi_2, \xi_3, \xi_4, \xi_5, \xi_6, \xi_7, \xi_8, \xi_9, \xi_{10}, \xi_{11}$ , u analizi modela u poglavlju 6.

Opšti oblici realnih polinoma prema izabranim mernim mestima na analiziranim sklopovima su izraženi u tabelama od 79 do 82.

#### SKLOP – BOKS PREDENJA

- a) bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja (tabela 4.79.)

**Tabela 4.79 Izrazi realnih polinoma korelacije za sklop boks predenja na kome nisu sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja**

Oznaka mernog mesta	Oznaka sastavne komponente	Konačni izraz realnog polinoma
MERNO MESTO 1.	A6	$(P - R)_{A6} = -0,104A_1(t)_{A6} + 1,0695$

MERNO MESTO 2.	E1	$(P - R)_{E1} = 0,0001A^6_2(t)_{E1} + 0,0023A^5_2(t)_{E1} - 0,0217A^4_2(t)_{E1} + 0,0767A^3_2(t)_{E1} = A^3_2(t)_{E1} [0,0001A^3_2(t)_{E1} + 0,0023A^2_2(t)_{E1} - 0,0217A_2(t)_{E1} + 0,0767]$
	A7	$(P - R)_{A7} = A_2(t)_{A7} [0,0002A^5_2(t)_{A7} - 0,0052A^4_2(t)_{A7} + 0,0851A^3_2(t)_{A7} - 0,78A^2_2(t)_{A7} + 3,8038A_2(t)_{A7} - 7,71]$
	A3	$(P - R)_{A3} = -0,0004A^5_2(t)_{A3} + 0,0081A^4_2(t)_{A3} - 0,0916A^3_2(t)_{A3} + 0,6108A^2_2(t)_{A3} - 2,2305A_2(t)_{A3} + 3,4306$
	A4	$(P - R)_{A4} = 0,0004A^5_2(t)_{A4} - 0,0083A^4_2(t)_{A4} + 0,1043A^3_2(t)_{A4} - 0,7797A^2_2(t)_{A4} + 3,2326A_2(t)_{A4} - 5,7308$
	A5	$(P - R)_{A5} = 0,0001A^5_2(t)_{A5} - 0,0017A^4_2(t)_{A5} + 0,021A^3_2(t)_{A5} - 0,156A^2_2(t)_{A5} + 0,6421A_2(t)_{A5} - 1,1303$
MERNO MESTO 3.	A1	$(P - R)_{A1} = -0,0006A^5_3(t)_{A1} + 0,0099A^4_3(t)_{A1} - 0,0995A^3_3(t)_{A1} + 0,6008A^2_3(t)_{A1} - 2,008A_3(t)_{A1} + 2,8667$
	A2	$(P - R)_{A2} = -0,0006A^5_3(t)_{A2} + 0,0108A^4_3(t)_{A2} - 0,1090A^3_3(t)_{A2} + 0,6551A^2_3(t)_{A2} - 2,181A_3(t)_{A2} + 3,1023$
MERNO MESTO 4.	A8	$(P - R)_{A8} = 1,0$
	E2	$(P - R)_{E2} = A_4(t)_{E2} [0,0676A^6_4(t)_{E2} - 0,5151A^5_4(t)_{E2} + 1,3634A^4_4(t)_{E2} - 1,2833A^3_4(t)_{E2} + 0,6094]$
MERNO MESTO 5.	A9	$(P - R)_{A9} = 1,0$
	A10	$(P - R)_{A10} = 1,0$

b) sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja (Tabela 4.80)

**Tabela 4.80 Izrazi realnih polinoma korelacije za sklop boks pređenja na kome su sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja**

Oznaka mernog mesta	Oznaka sastavne komponente	Konačni izraz realnog polinoma
MERNO MESTO 1.	A6	$(P - R)_{A6-0} = A^3_1(t)_{A6-0} [0,0001A^4_1(t)_{A6-0} - 0,0046A^3_1(t)_{A6-0} + 0,0694A^2_1(t)_{A6-0} + 0,0467A_1(t)_{A6-0} + 1,178]$
MERNO MESTO 2.	E1	$(P - R)_{E1-0} = A_2(t)_{E1-0} [-0,0015A^4_2(t)_{E2-0} + 0,0236A^3_2(t)_{E2-0} - 0,2107A^2_2(t)_{E2-0} + 0,9977A_2(t)_{E2-0} - 1,9616]$
	A7	$(P - R)_{A7-0} = A_2(t)_{A7-0} [-0,0014A^4_2(t)_{A7-0} + 0,0223A^3_2(t)_{A7-0} - 0,2A^2_2(t)_{A7-0} + 0,9541A_2(t)_{A7-0} - 1,8898]$
	A3	$(P - R)_{A3-0} = A^3_2(t)_{A3-0} [0,0001A^3_2(t)_{A3-0} - 0,0017A^2_2(t)_{A3-0} + 0,0111A_2(t)_{A3-0} - 0,0236]$
	A4	$(P - R)_{A4-0} = A^3_2(t)_{A4-0} [0,0001A^3_2(t)_{A4-0} - 0,0013A^2_2(t)_{A4-0} + 0,0084A_2(t)_{A4-0} - 0,0156]$
	A5	$(P - R)_{A5-0} = A^3_2(t)_{A5-0} [0,0005A^2_2(t)_{A5-0} - 0,0056A_2(t)_{A4-0} + 0,0233]$

MERNO MESTO 3.	A1	$(P - R)_{A1-0} = 0,0003A^5_3(t)_{A7-0} - 0,0057A^4_3(t)_{A7-0} + 0,0547A^3_3(t)_{A7-0} - 0,3158A^2_3(t)_{A7-0} + 1,0059A_3(t)_{A7-0} - 1,3647$
	A2	$(P - R)_{A2-0} = -0,0001A^6_3(t)_{A2-0} + 0,0025A^5_3(t)_{A2-0} - 0,0398A^4_3(t)_{A2-0} + 0,3826A^3_3(t)_{A2-0} - 2,1925A^2_3(t)_{A2-0} + 6,9312A_3(t)_{A2-0} - 0,932$
MERNO MESTO 4.	A8	$(P - R)_{A8-0} = 1,0$
	E2	$(P - R)_{E2-0} = A^6_4(t)_{E2-0} [-0,032A_4(t)_{E2-0} + 0,0788]$
MERNO MESTO 5.	A9	$(P - R)_{A9-0} = 1,0$
	A10	$(P - R)_{A10-0} = 1,0$

**SKLOP ZA NAMOTAVANJE KALEMOVA GOTOVOM PREDOM**

c) bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja (Tabela 4.81)

**Tabela 4.81 Izrazi realnih polinoma korelacije za sklop za namotavanje kalemova gotovom predom na kome nisu sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja**

Oznaka mernog mesta	Oznaka sastavne komponente	Konačni izraz realnog polinoma
MERNO MESTO 6.	F1	$(P - R)_{F1} = -0,0206A^7_6(t)_{F1} + 0,1432A^5_6(t)_{F1} - 0,8716A^2_6(t)_{F1} + 2,158$
	F3	$(P - R)_{F3} = 1,0$
MERNO MESTO 7.	F2	$(P - R)_{F2} = A_7(t)_{F2} [-0,0358A^6_7(t)_{F2} + 0,1414A^5_7(t)_{F2} - 0,406A^3_7(t)_{F2} + 1,4829]$
	F4	$(P - R)_{F4} = \begin{bmatrix} -0,0048A^7_7(t)_{F4} + 0,0718A^6_7(t)_{F4} - 0,4557A^5_7(t)_{F4} + 1,6048A^4_7(t)_{F4} + \\ -3,3851A^3_7(t)_{F4} + 4,2771A^2_7(t)_{F4} - 2,9973A_7(t)_{F4} + 0,8987 \end{bmatrix}$

d) sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja (Tabela 4.82).

**Tabela 4.82 Izrazi realnih polinoma korelacije za sklop za namotavanje kalemova gotovom predom na kome su sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja**

Oznaka mernog mesta	Oznaka sastavne komponente	Konačni izraz realnog polinoma
MERNO MESTO 6.	F1	$(P - R)_{F1-0} = -3,617 \cdot 10^{-12} A^7_6(t)_{F1-0} + 1,078 \cdot 10^{-4} A^5_6(t)_{F1-0} + 0,9175A^2_6(t)_{F1-0} + 2,2577$
	F3	$(P - R)_{F3-0} = 1,0$
MERNO MESTO 7.	F2	$(P - R)_{F2-0} = A_7^2(t)_{F2-0} [1,22 \cdot 10^{-11} A^5_7(t)_{F2-0} - 4 \cdot 10^{-4} A^3_7(t)_{F2-0} + 0,9337]$
	F4	$(P - R)_{F4-0} = \begin{bmatrix} -0,0094A^7_7(t)_{F4-0} + 0,1189A^6_7(t)_{F4-0} - 0,6441A^5_7(t)_{F4-0} + 1,9357A^4_7(t)_{F4-0} + \\ -3,4869A^3_7(t)_{F4-0} + 3,765A^2_7(t)_{F4-0} - 2,2562A_7(t)_{F4-0} + 0,5789 \end{bmatrix}$

#### 4.5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA TEORIJSKE ANALIZE

Analiza otkaza na sastavnim komponentama analiziranih sklopova koji nastaju usled povećanog nivoa mehaničkih oscilacija je pokazala da primenom postupaka tehnologije preventivnog održavanja smanjuje se njihov procenat i izražava se kao količnik broja otkaza sastavnih komponenti na kojima su sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja prema broju otkaza komponenti na kojima nisu sprovedeni ovi postupci (tabela 4.83):

$$N_{otkaza} = 1 - \frac{N_{otkaza-0}}{N_{otkaza}}$$

**Tabela 4.83 Procentulano smanjenje otkaza sastavnih komponenti analiziranih sklopova zbog povećanog nivoa mehaničkih oscilacija usled primene postupaka tehnologije preventivnog održavanja**

R.B.	Naziv komponente sklopa	Procenat smanjenja
1.	Rotor (A1)	4,2%
2.	Aeroležaj (A2)	13,5%
3.	Dizna (A3)	10%
4.	Odvodna cev (A4) – isti procenat otkaza i bez primene postupaka tehnologije preventivnog održavanja i sa njihovom primenom	0
5.	Usisnik boksa (A5)	12,1%
6.	Uvodni kanal (A6) – ovaj procenat nije uzet u razmatranje iz razloga što pri generalnom remontu nije izvršena zamena svih pohabanih uvodnih kanala (njegovih keramičkih umetaka) pa su isti nastali pri daljem radu OE predilice. Ovo ukazuje da je potrebno pri sprovođenju generalnih remonta zameniti sve uvodne kanale. Primeniti tehnologiju njihovog obnavljanja nije moguće.	(4,7 puta % povećanja - ovo procentualno smanjenje nije razmatrano) uzeto je kao 0%
7.	Otvarač pramenova trake (A7) – isti procenat otkaza i bez primene postupaka tehnologije preventivnog održavanja i sa njihovom primenom	0%
8.	Elektromagnetna spojica (E1)	7,7%
9.	Elektronski čitač (E2)	0%
10.	Točkić za vođenje prede (A8), Zatezač prede (A9), Mehanizam za parafinisanje prede (A10), Zatezač/podizač kalema (F3) - isti procenat otkaza i bez primene postupaka tehnologije preventivnog održavanja i sa njihovom primenom	0%
11.	Vodič niti (F1)	4,8%
12.	Držač kalemova (F2)	20%
13.	Kočnica kalema (F4)	0%

**Ukupno smanjenje procenta otkaza (njegova srednja vrednost) iznosi:**

- za sklop boks predenja  $\cong 9,933\%$ ,
- za sklop za namotavanje kalemova gotovom predom  $\cong 12,4\%$ .

Određivanjem dijagrama pouzdanosti  $f(Re_i, t)$  dobijaju se oblasti pouzdanog rada sastavnih komponenti analiziranih sklopova. Analiza je pokazala poređenje vremena ispravnog rada sastavnih komponenti analiziranih sklopova sa maksimalnom pouzdanošću na kojima nisu sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja i na onima na kojima jesu. Ona ukazuje na procenat povećanja vremena ispravnog rada komponenti analiziranih sklopova (tabela 4.84) koja se dobija kao količnik donje granice vremena ispravnog rada na sastavnim komponentama na kojima su sprovedeni postupci tehnologije održavanja sa maksimalnom pouzdanošću prema onim komponentama na kojima nisu.

**Tabela 4.84 Procenti povećanja vremena ispravnog rada komponenti analiziranih sklopova koji se dobijaju analizom dijagrama pouzdanosti**

R.B.	Naziv komponente sklopa	Procenat smanjenja
1.	Rotor (A1)	$T_{ispravnograda} = \frac{14000}{13000} = 7,7\%$
2.	Aeroležaj (A2)	7,7%
3.	Dizna (A3)	7,7%
4.	Odvodna cev (A4) – isti procenat bez nastanka povećanja i bez primene postupaka tehnologije preventivnog održavanja i sa njihovom primenom	0%
5.	Usisnik boksa (A5)	7,7%
6.	Uvodni kanal (A6)	7,7%
7.	Otvarač pramenova trake (A7) – isti procenat nastanka povećanja vremena ispravnog rada i bez primene postupaka tehnologije preventivnog održavanja i sa njihovom primenom	0%
8.	Elektromagnetna spojnica (E1)	7,7%
9.	Elektronski čitač (E2)	$T_{ispravnograda} = \frac{16000}{15000} = 6,7\%$
10.	Toččić za vođenje prede (A8), Zatezač prede (A9), Mehanizam za parafinisanje prede (A10), Zatezač/podizač kalema (F3) - isti procenat povećanja vremena ispravnog rada i bez primene postupaka tehnologije preventivnog održavanja i sa njihovom primenom	0%
11.	Vodič niti (F1) - isti procenat povećanja vremena ispravnog rada i bez primene postupaka tehnologije preventivnog održavanja i sa njihovom primenom	0%
12.	Držač kalemova (F2) - isti procenat povećanja vremena ispravnog rada i bez primene postupaka tehnologije preventivnog održavanja i sa njihovom primenom	0%
13.	Kočnica kalema (F4) - isti procenat nastanka povećanja vremena ispravnog rada i bez primene postupaka tehnologije preventivnog održavanja i sa njihovom primenom	0%

**Ukupni deo ove analize je pokazao da procentualni učinak povećanja vremena ispravnosti rada komponenti analiziranih sklopova na kojima su sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja iznosi :**

- **za sklop boks predenja**  $\cong 7,557\%$ ,
- **za sklop za namotavanje kalemova gotovom predom**  $\cong 0\%$ .

Uvođenjem korekcionih vrednosti pouzdanosti analizirani su intervali pouzdanosti posle prve manje vrednosti od maksimalne za komponente na kojima nisu sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja i na onima na kojima su ovi postupci sprovedeni. One su pokazale povećanje vrednosti učinka pouzdanosti u radu sastavnih komponenti analiziranih sklopova.

Uvođenjem longnormalne statističke raspodele pouzdanosti koja se dobija formiranjem modela i određivanjem prenosnih funkcija pouzdanosti analiziranih sklopova na osnovu empirijskih obrazaca dobijaju se korekzione vrednosti pouzdanosti kao merodavne. Na osnovu njih izvršena je konstrukcija dijagrama zavisnosti pouzdanosti od eksploatacionog vremena rada svake sastavne komponente analiziranih sklopova. Ovim se određuju područja intervala početka njihovog remonta. Početni intervali remonta dobijaju se na osnovu određenih prvih prevojnih tačaka prelaska pouzdanosti iz linearnog oblika u zakrivljeni (parabolični) oblik.

Određivanjem vremena rada komponenti analiziranih sklopova prema srednjem vremenskom intervalu do njihovog otkaza određuje se vreme rizika do remonta njihovog



rada. Određivanje vremena sigurnosti rada sastavnih komponenti analiziranih sklopova sa dozvoljenim rizikom je izvršeno prema univerzalnoj kvadratnoj jednačini koja je primenjena na slučajevima kada nisu sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja na sastavnim komponentama analiziranih sklopova i kada su ovi postupci sprovedeni. Procenat povećanja sigurnosti rada sastavnih komponenti analiziranih sklopova sa dozvoljenim rizikom se izražava kao količnik vremena granice dozvoljenog rizika sa sprovedenim postupcima tehnologije preventivnog održavanja ( $t_{R-0}$ ) i bez primene ovih postupaka ( $t_R$ ):

$$P_{sr_i} = \frac{t_{R-0}}{t_R},$$

pri čemu je:  $P_{sr_i}$  - procenat povećanja sigurnosti rada sastavnih komponenti analiziranih sklopova sa dozvoljenim rizikom.

Dobijeni procenat povećanja sigurnosti rada za sastavne komponente analiziranih sklopova je (tabela 4.85):

**Tabela 4.85 Procenat povećanja vremena ispravnog rada komponenti analiziranih sklopova koja se dobijaju analizom srednjeg vremenskog intervala do otkaza**

R.B.	Naziv komponente sklopa	Procenat povećanja
1.	Rotor (A1)	$P_{sr_{A_1}} = \frac{14300}{13600} = 5,2\%$
2.	Aeroležaj (A2)	$P_{sr_{A_2}} = \frac{14250}{13600} = 4,8\%$
3.	Dizna (A3)	$P_{sr_{A_3}} = \frac{14600}{13300} = 10\%$
4.	Odvodna cev (A4)	$P_{sr_{A_4}} = \frac{16300}{15190} = 7,3\%$
5.	Usisnik boksa (A5)	$P_{sr_{A_5}} = \frac{14962}{13080} = 14,4\%$
6.	Uvodni kanal (A6)	$P_{sr_{A_6}} = \frac{14450}{13068} = 10,6\%$
7.	Otvarač pramenova trake (A7)	$P_{sr_{A_7}} = \frac{15805}{15040} = 5\%$
8.	Elektromagnetna spojnica (E1)	$P_{sr_{E_1}} = \frac{14301}{13023} = 9,8\%$
9.	Elektronski čitač (E2)	$P_{sr_{E_2}} = \frac{16300}{15040} = 8,4\%$
10.	Točkić za vođenje prede (A8), Zatezač prede (A9), Mehanizam za parafinisanje prede (A10), Zatezač/podizač kalema (F3) - isti procenat povećanja vremena sigurnog rada i bez primene postupaka tehnologije preventivnog održavanja i sa njihovom primenom	0%
11.	Vodič niti (F1)	$P_{sr_{F_1}} = \frac{14095}{13955} = 1\%$
12.	Držač kalemova (F2)	$P_{sr_{F_2}} = \frac{13104}{13089} = 1\%$
13.	Kočnica kalema (F4)	$P_{sr_{F_4}} = \frac{14156}{14080} = 0,55\%$

**Ukupan procenat povećanja vremena ispravnog rada komponenti analiziranih sklopova koja se dobija analizom srednjeg vremenskog intervala do otkaza iznosi:**

- za sklop boks pređenja  $P_{sr_i} \cong 8,4\%$ ,
- za sklop za namotavanje kalemova gotovom predom  $P_{sr_i} \cong 0,85\%$ .

Analiza srednjih vrednosti amplituda ( $A_k(t)$ ) u zavisnosti od eksploatacionog vremena rada sastavnih komponenti ( $t$ ) do zadnje vrednosti vremena dozvoljenog rizika za oba analizirana sklopa na tačno definisanim mernim mestima je pokazala procenat smanjenja oscilovanja tj. smanjenja nivoa vrednosti amplituda. Ovo je postignuto uvođenjem postupaka tehnologije preventivnog održavanja. Prema mernim mestima procenat smanjenja nivoa oscilovanja se izražava kao količnik srednjih vrednosti amplituda na sastavnim komponentama analiziranih sklopova na kojima su sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja  $A_k(t)_{i-0}$  prema srednjim vrednostima amplituda na sastavnim komponentama na kojima nisu ovi postupci sprovedeni  $A_k(t)_i$  i izražava se:

$$p_{A_k}(t)_i = 1 - \frac{A_k(t)_{i-0}}{A_k(t)_i},$$

pri čemu je:  $p_{A_k}(t)_i$  - procenat smanjenja oscilovanja na mernim mestima analiziranih sklopova OE predilice.

Iz tabela 4.42 – 4.73 ove disertacije, uzete su sračunate srednje vrednosti amplituda oscilovanja u zavisnosti od eksploatacionog vremena rada sastavnih komponenti analiziranih sklopova (do zadnjih vrednosti vremena sa dozvoljenim rizikom) kako bi se odredile vrednosti procenta smanjenja oscilovanja koje su prikazane u tabeli 4.86 po mernim mestima.

**Tabela 4.86 Procenat smanjenja oscilovanja na mernim mestima**

Merno mesto	Naziv komponente sklopa	Procenat smanjenja oscilovanja
1.	Uvodni kanal (A6)	$p_{A_1}(t)_{A_6} = 1,1\%$
2.	Dizna (A3)	0%
	Odvodna cev (A4)	0%
	Usisnik boksa (A5)	0%
	Otvarač pramenova trake (A7)	0%
	Elektromagnetna spojnica (E1)	0%
3.	Rotor (A1)	0%
	Aeroležaj (A2)	0%
4.	Točkić za vođenje pređe (A8)	2,7%
	Elektronski čitač (E2)	- 3%
5.	Zatezač pređe (A9)	11% (preko 20000 (h) rada)
	Mehanizam za parafinisanje pređe (A10)	4,6% (preko 20000 (h) rada)
6.	Vodič niti (F1)	0%
	Zatezač/podizač kalema (F3)	0%
7.	Držač kalemova (F2)	11,2%
	Kočnica kalema (F4)	14,9%

**Ukupan procenat smanjenja vrednosti amplituda oscilovanja na izabranim mernim mestima iznosi:**

- za sklop boks pređenja  $P_A(t)_i \cong 3,28\%$ ,
- za sklop za namotavanje kalemova gotovom predom  $P_A(t)_i \cong 13,05\%$ ,

Iz dosadašnje analize vrednosti ukupnog povećanja sigurnosti funkcionisanja sastavnih sklopova OE – predilice iznose:

#### 1) SKLOP BOKS PREDENJA

- Otkazi koji nastaju usled povećanog nivoa mehaničkih oscilacija se smanjuju uvođenjem postupaka tehnologije preventivnog održavanja za 9,933%;
- Analizom dijagrama pouzdanosti  $f(R_e, t)$  u funkciji eksploatacionog vremena rada sastavnih komponenti analiziranih sklopova povećava se procenat vremena ispravnog rada za 7,557%;
- Analizom određivanja vremena sigurnosti rada sastavnih komponenti analiziranih sklopova prema srednjem vremenskom intervalu do otkaza, povećava se njihov procenat rada sa dozvoljenim rizikom za 8,4%;
- Analizom srednjih vrednosti amplituda oscilovanja na mernim mestima uvođenjem postupaka tehnologije preventivnog održavanja smanjuje se vrednost amplituda čime se povećava vrednost sigurnosti funkcionisanja za 3,28%.

**Iz sprovedenih analiza ukupan procenat povećanja sigurnosti funkcionisanja sastavnih komponenti sklopa boks pređenja iznosi  $M_{\xi}(t)_{BP} \cong 29,17\%$ .**

#### 2) SKLOP ZA NAMOTAVANJE KALEMOVA GOTOVOM PREDOM

Napomena: Analize su iste primenjivane kao kod sklopa boks pređenja.

**Iz sprovedenih analiza ukupan procenat povećanja sigurnosti funkcionisanja sastavnih komponenti sklopa za namotavanje kalemova gotovom predom iznosi  $M_{\xi}(t)_{NK} \cong 6,575\%$ .**

**Ukupno povećanje srednje vrednosti sigurnosti funkcionisanja iznosi:**

$$M_{\xi}(t) = \frac{M_{\xi}(t)_{BP} + M_{\xi}(t)_{NK}}{2} = \frac{29,17\% + 6,575}{2} = \frac{35,745\%}{2} = 17,8725\%.$$

Za određivanje korelacija – zavisnosti parametara pouzdanosti i amplituda oscilovanja za svaku sastavnu komponentu analiziranih sklopova na osnovu izabranih mernih mesta izvršeno je programiranje u matematičkom programu MATLAB 6.5. Na osnovu njega su dobijene vrednosti realnih koeficijenata polinoma kojim su nacrtani dijagrami korelacije zavisnosti. Dobijene referentne krive na dijagramima zavisnosti prikazuju optimalne vrednosti korelacija parametara pouzdanosti i amplituda oscilovanja analiziranih sklopova. Njime se mogu proveriti u svakom trenutku eksploatacionog vremena vrednosti pouzdanosti svake sastavne komponente analiziranih sklopova, čime se može predvideti njihovo stanje ispravnosti rada. Dobijeni realni koeficijenti polinoma su uvedeni u opšti oblik polinoma i dobijaju se izrazi kojima se određuju koeficijenti smena ( $\xi_1 \div \xi_{11}$ ) u analizi modela određivanja srednjih vrednosti frekventne sigurnosti rada analiziranih sklopova OE – predilice.

## 5.0. EKSPERIMENTALNA ISTRAŽIVANJA

### 5.1. UOPŠTENO O POJAVAMA MEHANIČKIH OSCILACIJA NA ANALIZIRANIM SKLOPOVIMA OE - PREDILICE

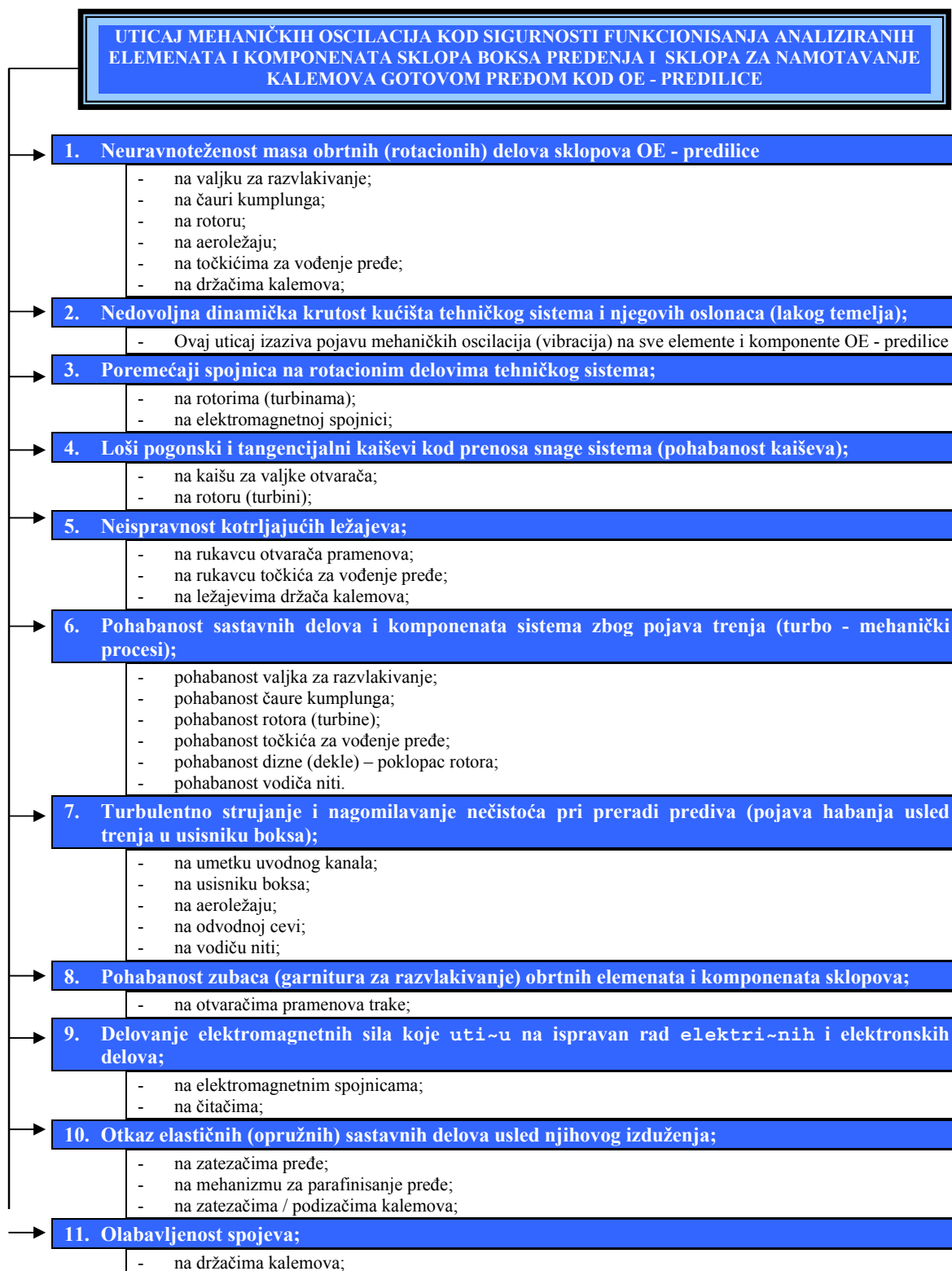
Mehaničke oscilacije na sastavnim delovima analiziranih sklopova OE - predilice, nastaju prinudno i posledica su delovanja dinamičkih sila koje se unutar sistema menjaju po svom pravcu i intenzitetu (veličini).

Identifikacija njihovog nastanka polazi od determinističkog koncepta nastanka dinamičkih sila.

Kod analizirane OE - predilice svaki pojedinačni izvor generiše mehaničke oscilacije. Najčešći uzroci koje izazivaju mehaničke oscilacije (vibracije) kod sastavnih elemenata i komponenti analizirane OE - predilice su:

1. Neuravnoteženost masa obrtnih delova (rotacionih delova);
2. Nedovoljna dinamička krutost kućišta i njegovih oslonaca (lakog temelja);
3. Poremećaji spojnice i ležajeva na rotacionim delovima;
4. Loši pogonski i tangencijalni kaiševi kod prenosa snage sistema (pohabanost kaiševa);
5. Neispravnost kotrljajućih ležajeva;
6. Pohabanost sastavnih delova i komponenti zbog pojava trenja (turbo - mehanički procesi);
7. Turbulentno strujanje i nagomilavanje nečistoća pri preradi prediva (pojava habanja usled trenja u usisniku boksa);
8. Pohabanost zubaca (garnitura za razvlakivanje) obrtnih elemenata i komponenti;
9. Delovanje elektromagnetnih sila koje utiču na ispravan rad električnih i elektronskih delova;
10. Otkaz elastičnih (opružnih) sastavnih delova usled pojava njihovog izduženja;
11. Olabavljenost spojeva.

Na osnovu nabrojanih uzroka koje izazivaju mehaničke oscilacije (vibracije) kod elemenata i komponenti analizirane OE – predilice izvršene su podele njihovog uticaja na sklopu boksa pređenja i sklopu za namotavanje kalemova gotovom pređom (slika 5.1.).



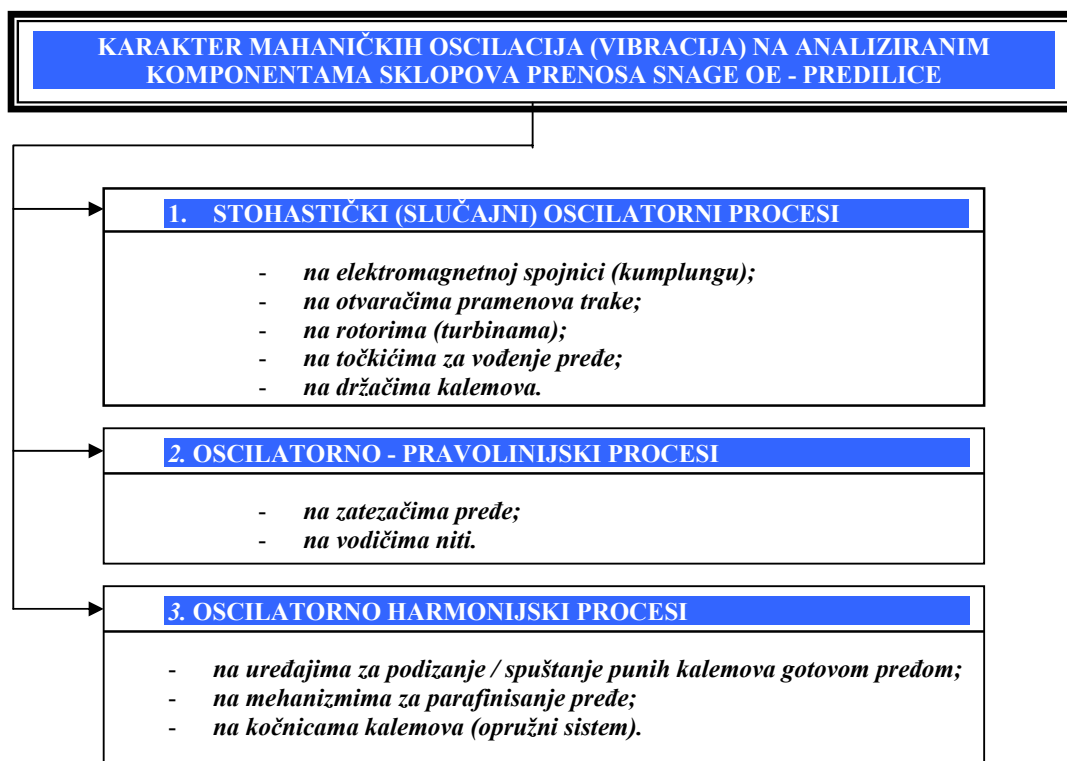
Slika 5.1. Tok delovanja mehaničkih oscilacija na analizirane sklopove - OE predilice

## 5.2. KARAKTER MEHANIČKIH OSCILACIJA (VIBRACIJA) NA ANALIZIRANOJ OE - PREDILICI

Analizom mehaničkih oscilacija, pridaje se značaj karakteru nastajanja ovih pojava tj. vrstama pojava koje izazivaju otkaze sastavnih delova i komponenata analizirane OE - predilice.

Karakter (vrste) mehaničkih oscilacija na kontrolnim mestima na sklopovima prenosa snage kod bokseva pređenja i sklopa za namotavanje kalemova gotovom predom pojavljuju se u tri oblika, i to kao (slika 5.2.) /57/:

1. Stohastički (slučajni) oscilatorni procesi;
2. Proces oscilovanja kod oscilatornog - pravolinijskog kretanja;
3. Proces oscilovanja kod oscilatorno - harmonijskog kretanja.



Slika 5.2.. Dijagram klasifikacije karaktera mehaničkih oscilacija na analiziranim komponentama sklopoava prenosa snage OE - predilice

## 5.3. UOPŠTENO O EKSPERIMENTALNOJ ANALIZI DOBIJANJA POJASA OSCILOVANJA ZA SVAKU SASTAVNU KOMPONENTU ANALIZIRANIH SKLOPOVA

Eksperimentalna analiza je prikazana kroz tri osnovne etape proučavanja mehaničkih oscilacija na izabranim mernim mestima i obuhvatila je:

1. **Globalno poznavanje procesa oscilovanja;**
2. **Eksperiment merenja nivoa mehaničkih oscilacija;**
3. **Identifikaciju dobijenih rezultata (analiza).**

## 1. *Globalno poznavanje procesa oscilovanja (izbor mernih mesta na kojima je vršeno merenje nivoa mehaničkih oscilacija)*

Merenja mehaničkih oscilacija su obuhvatila sedam izabраниh mernih mesta čiji je položaj prikazan slikovito u poglavlju 3., a nalaze se na sledećim mestima i to;

**I merno mesto:** nalazi se odmah ispod uvodnog kanala;

**II merno mesto:** nalazi se odmah pored poluge za otvaranje poklopca rotora (dekle);

**III merno mesto:** nalazi se pri vrhu kosog dela poklopca rotora (onoliko blizu koliko dozvoljava prostor za pristup akcelometra);

**IV merno mesto:** nalazi se na rukavcu točkića za vođenje pređe;

**V merno mesto:** nalazi se na sredini poklopca (kućišta) mehanizma za parafinisanje pređe;

**VI merno mesto:** nalazi se u donjem delu poluge opružnog mehanizma podizača kalemova;

**VII merno mesto:** nalazi se na suprotnoj strani držača kalemova i to na vrhu poluge opružnog mehanizma podizača kalemova.

Izbor položaja mernih mesta je biran iz sledećih razloga:

- merno mesto **I**, izabrano je tako da se što tačnije mogu odrediti parametri mehaničkih oscilacija koje nastaju usled uvlačenja kardirane trake u proces prerade - pređenja;
- merno mesto **II**, izabrano je tako što se u tom položaju mogu odrediti parametri mehaničkih oscilacija koje nastaju u radu elektromagnetne spojnice i valjka za otvaranje pramenova kardirane trake;
- merno mesto **III**, izabrano je na kosom delu poklopca rotora (dekle) i to tako da bi se što bliže prišlo rotoru i aeroležaju. Rotor (turbina) i aeroležaj su zatvoreni u posebnom kućištu tako da nije moguće izvršiti merenje u njihovoj zoni rada, već se to mora uraditi preko poklopca rotora.
- merno mesto **IV**, izabrano je na suprotnoj strani točkića za vođenje pređe, i to na držaču odnosno kućištu rukavca u kome se oslanja točkić.
- merno mesto **V**, izabrano je na sredini poklopca tj. na kućištu mehanizma za parafinisanje prediva. Ovim položajem mernog mesta, vrše se merenja mehaničkih koje izazivaju prolazak prediva preko parafinskog punjenja odnosno koje izaziva opružni sistem potiskivanja parafina.
- merno mesto **VI**, izabrano je tako da se sa ove lokacije kontrolišu vrednosti mehaničkih oscilacija (vibracija) koje nastaju pravolinijski - oscilatornim kretanjem vodiča niti, i kružnim kretanjem valjka za okretanje kalemova pri namotavanju kalemova gotovom pređom. Ovaj valjak i konusni valjak na kome se namotava gotova pređa su u paru.
- merno mesto **VII**, izabrano je tako da se sa ove lokacije mogu meriti vrednosti mehaničkih oscilacija koje nastaju pri radu držača kalemova (plastičnog umetka kao držača koji je navučen na kotrljajni ležaj, a sve se to oslanja na gornji deo poluge opružnog mehanizma za podizanje kalemova).

## 2. *Eksperiment merenja nivoa mehaničkih oscilacija*

Merenje vrednosti mehaničkih oscilacija (vibracija) na izabranim mernim mestima (kako je u prethodnom delu objašnjeno) izvršeno je sledećom mernom opremom koja sačinjava merni lanac:

1. Uređaj za merenje vrednosti mehaničkih oscilacija (vibracija), dejta kolektor oznake 2526 MK2;
2. Akcelometar oznake 4391;
3. Softverski paket za obradu podataka, softverski program SENTINEL.

Navedena oprema je najnovije generacije merne opreme i koristi se za dobijanje vrednosti mehaničkih oscilacija (vibracija).

Eksperiment je obuhvatio sledeće kombinacije merenja nivoa mehaničkih oscilacija na konstruktivnim komponentama ugrađenih u sklop boks pređenja i sklop za namotavanje kalemova gotovom predom. Ovim kombinacijama se težilo da se dobiju što precizniji rezultati merenja mehaničkih oscilacija (vibracija). Kandidat se opredelio za sledeći redosled merenja u kojima su uključene sledeće kombinacije sastavnih komponentata u sklopovima i to:

**Merenje I.** Obuhvata merenje nivoa mehaničkih oscilacija kada su u sklopovima ugrađene sve nove komponente;

**Merenje II.** Obuhvata merenje nivoa mehaničkih oscilacija kada su u sklopovima ugrađene ispravne komponente i nalaze se u eksploataciji.

**Merenje III.** Obuhvata merenje nivoa mehaničkih oscilacija kada su u sklopovima ugrađene pohabane komponente (osim ležaja i umetka držača kalemova koji su uzeti kao novi jer u protivnom ne bi moglo da se izvrši merenje, jer je to krajnje mesto gde se završava proces, pa ne bi moglo da se izvrši namotavanje prediva na kalem kao završna faza pređenja).

**Merenje IV.** Obuhvata kontrolno (ponovno) merenje, merenja III (ponovljeno je zbog dobijanja preciznijih nivoa oscilovanja tj. pojaseva amplituda i frekvencija).

### 3. Identifikacija dobijenih rezultata (analiza)

Merenjem kontrole mehaničkih oscilacija tj. merenjem parametara slučajnih veličina (stohastičkih slučajnih funkcija) na izabranim kontrolnim mestima, izvršeni su prikazi u prostornom OXYZ sistemu, pri čemu su na OX - osi prikazane vrednosti funkcije amplitude od frekvencije ( $A(f)$ ), na OY - osi vreme oscilovanja ( $t$ ) dok su na OZ - osi prikazane vrednosti amplituda oscilovanja. Ove vrednosti u prostornom sistemu su prikazane za svaki signal na mernom mestu i to za redosled merenja. Ovakav način prikaza za redosled merenja je najkorisniji jer on daje pravu sliku spektra nivoa oscilovanja te se na osnovu njihovih vrednosti određuju vrednosti pojasa oscilovanja zavisnosti **amplituda od frekvence oscilovanja**.

Kako je zavisnost amplitude u funkciji vremena oscilovanja ( $t$ ) neperiodična veličina tj. ona je slučajna (stohastična) veličina, što se zaključuje iz prikazanih spektara oscilovanja, tada je neophodno za njihovu analizu izvršiti razlaganje ovakvog spektra (slučajnih funkcija  $A(t)$ ) na sumu harmoničnih komponentata, na osnovu čega se određuju frekventni spektri oscilovanja (prikazi na slikama 5.3 do 5.16.), koji su prikazali primer izvršenih merenja amplitudno – frekventne karakteristike na mernim mestima analiziranih sklopova.

Na osnovu grafičkog prikaza (dijagrama) oscilovanja slučajnih (stohastičkih) funkcija, mogu se odrediti vrednosti nivoa oscilacija (amplituda i frekvencija) za svaku sastavnu komponentu analiziranih sklopova. Ove vrednosti su prikazane merenjem dobijenih rezultata u pojasnom delu oscilovanja (pojasni deo obuhvata max. i min. vrednosti amplituda i frekvencija) za redosledna merenja, dok se njihove srednje vrednosti određuju spektralnom analizom slučajnih funkcija i to na osnovu stohastičkih parametara koje opisuju



slučajne funkcije (ovaj deo analize je izvršen u terorijskom delu analize vrednosti mehaničkih oscilacije).

#### 5.4. FREKVENTNI SPEKTRI MERNIH VELIČINA OSCILOVANJA SASTAVNIH KOMPONENATA ANALIZIRANIH SKLOPOVA ZA IZVRŠENA REDOSLEDNA MERENJA NA KONKRETNOM PRIMERU

Frekventni spektri oscilovanja su izabrani tako što svaki predstavlja pojas umirujućeg rada komponente sklopa tj. odziva, i prikazani su na dijagramima oscilovanja  $A=f(f)$ , za izvršena merenja i to za svako merno mesto (i to na primeru izvršenih merenja amplitudno – frekventne karakteristike na mernim mestima analiziranih sklopova).

Iz dobijenih dijagrama koji su nastali obradom podataka iz merenja, određene su veličine ekstremnih vrednosti (max. i min.) amplituda i frekvencija. Prikazi su izvršeni dijagramima i to redosledno uz svaki dijagram oscilovanja. Eksperimentalno dobijene vrednosti, koristiće se u analizi korelacija odnosno, povezivanju zavisnosti parametara pouzdanosti rada komponenta sklopa i uticaja mehaničkih oscilacija na njihov rad. Takođe, ove vrednosti će poslužiti i u određivanju stabilnosti (analize dozvoljenog rada sa rizikom) svakog mernog mesta tj. svake konstruktivne komponente analiziranih sklopova.

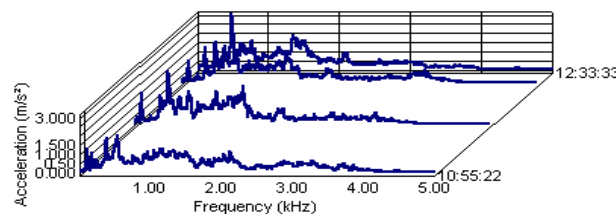
U nastavku, biće prikazan jedan od primera izvršenih merenja amplitudno – frekventnih karakteristika na mernim mestima analiziranih sklopova. Na osnovu njega određuju se ekstremne vrednosti zavisnosti  $(A_i, f_i, \omega_i)$  koje će biti korišćene u određivanju kružnih brzina zavisnosti amplitude oscilovanja od frekvenci.

Na osnovu navedenih procedura merenja, mogu se eksperimentalnim putem odrediti zavisnosti koeficijenata nivoa amplituda i frekvenci, čije će se vrednosti kasnije uneti u univerzalni optimalni model oko određivanja frekventne sigurnosti rada analiziranih sklopova, kao bitni parametri u analizi sigurnosti funkcionisanja.

Na osnovu dobijenih eksperimentalnih podataka, određiće se koeficijenti korelacija amplitude i frekvencija za svaku sastavnu komponentu analiziranih sklopova.

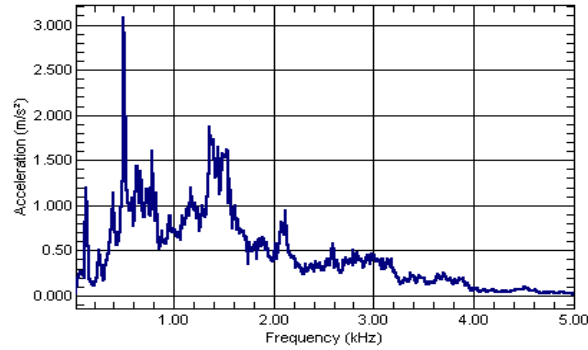
Procedura prikupljanja eksperimentalnih podataka je prikazana na dijagramima i to u prostornom i ravanskom sistemu za primer izvršenih merenja u određenim vremenskim intervalima (prikaz na slikama 5.3. do 5.16.).

Area: Predionica Unit: Predilica  
Machine: Sekcija 1 Point: Merno mesto 1  
Measurement: 2 - as Date: 04/15/2005 Time: 12:33:33



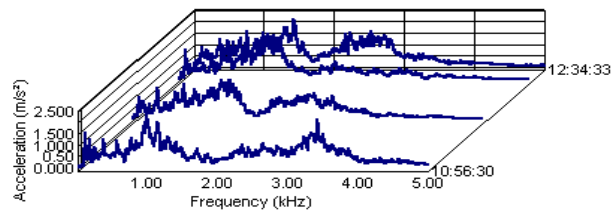
Slika 5.3. Prostorni prikaz oscilovanja za merno mesto 1

Area: Predionica Unit: Predilica  
 Machine: Sekcija 1 Point: Merno mesto 1  
 Measurement: 2 - as Date: 04/15/2005 Time: 12:33:33



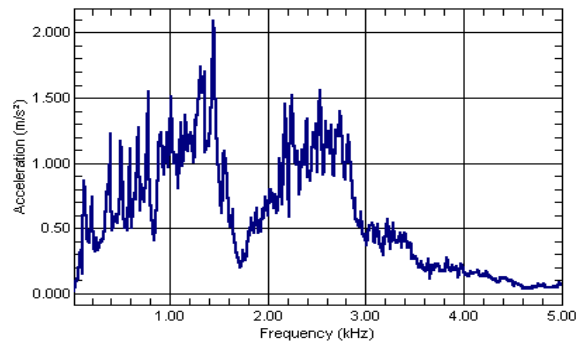
Slika 5.4. Ravanski prikaz oscilovanja za merno mesto 1

Area: Predionica Unit: Predilica  
 Machine: Sekcija 1 Point: Merno mesto 2  
 Measurement: 2 - as Date: 04/15/2005 Time: 12:34:33



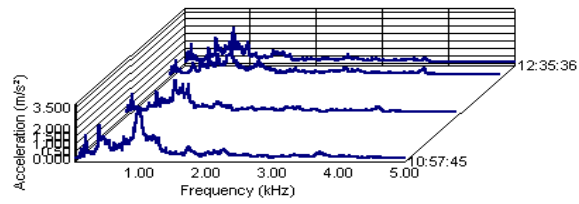
Slika 5.5. Prostorni prikaz oscilovanja za merno mesto 2

Area: Predionica Unit: Predilica  
 Machine: Sekcija 1 Point: Merno mesto 2  
 Measurement: 2 - as Date: 04/15/2005 Time: 12:34:33



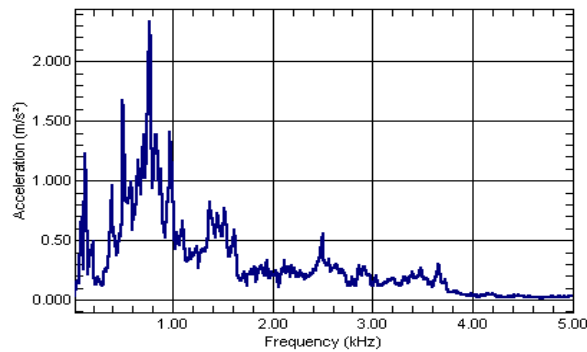
Slika 5.6. Ravanski prikaz oscilovanja za merno mesto 2

Area: Predionica Unit: Predilica  
 Machine: Sekcija 1 Point: Merno mesto 3  
 Measurement: 2 - as Date: 04/15/2005 Time: 12:35:36



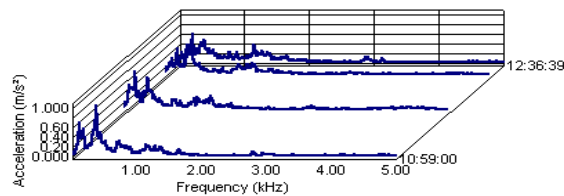
Slika 5.7. Prostorni prikaz oscilovanja za merno mesto 3

Area: Predionica Unit: Predilica  
 Machine: Sekcija 1 Point: Merno mesto 3  
 Measurement: 2 - as Date: 04/15/2005 Time: 12:35:36



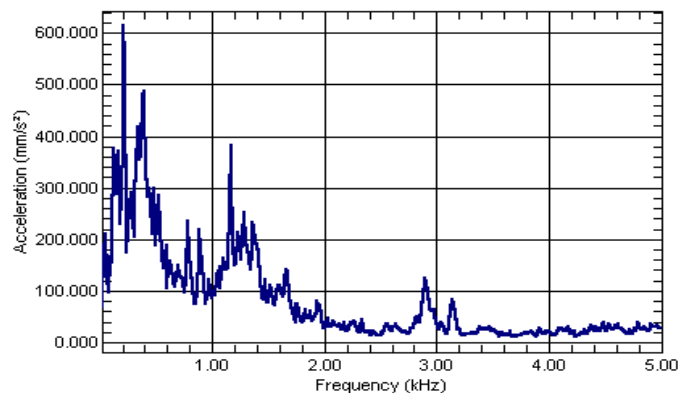
Slika 5.8. Ravanski prikaz oscilovanja za merno mesto 3

Area: Predionica Unit: Predilica  
 Machine: Sekcija 1 Point: Merno mesto 4  
 Measurement: 2 - as Date: 04/15/2005 Time: 12:36:39



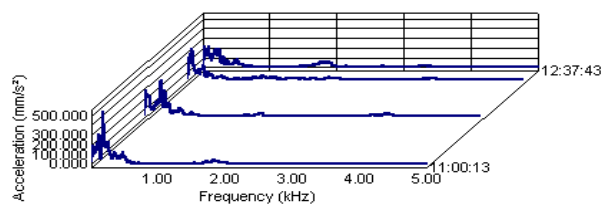
Slika 5.9. Prostorni prikaz oscilovanja za merno mesto 4

Area: Predionica Unit: Predilica  
 Machine: Sekcija 1 Point: Merno mesto 4  
 Measurement: 2 - as Date: 04/15/2005 Time: 12:36:39



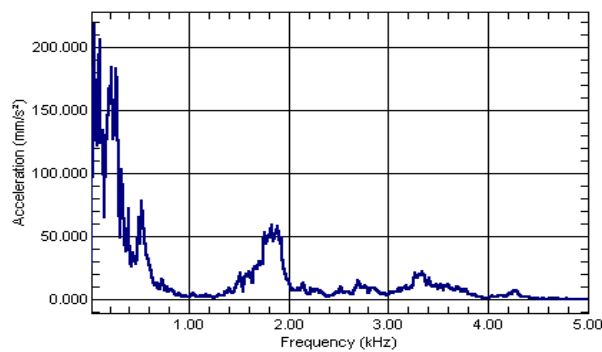
**Slika 5.10. Ravanski prikaz oscilovanja za merno mesto 4**

**Area:** Predionica **Unit:** Predilica  
**Machine:** Sekcija 1 **Point:** Merno mesto 5  
**Measurement:** 2 - as **Date:** 04/15/2005 **Time:** 12:37:43



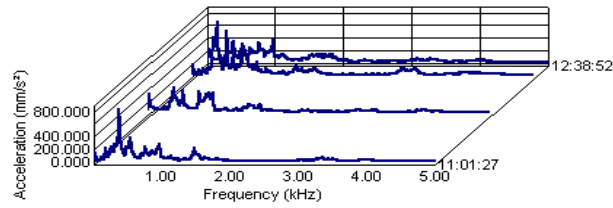
**Slika 5.11. Prostorni prikaz oscilovanja za merno mesto 5**

**Area:** Predionica **Unit:** Predilica  
**Machine:** Sekcija 1 **Point:** Merno mesto 5  
**Measurement:** 2 - as **Date:** 04/15/2005 **Time:** 12:37:43



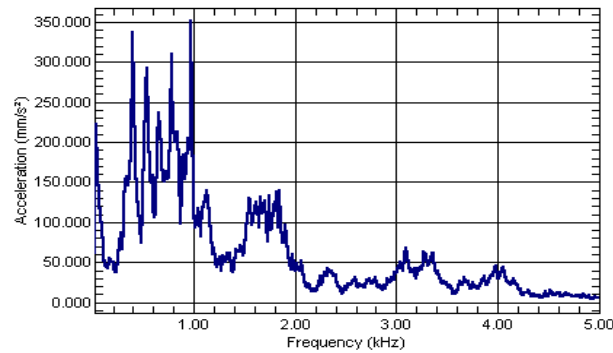
**Slika 5.12. Ravanski prikaz oscilovanja za merno mesto 5**

**Area:** Predionica **Unit:** Predilica  
**Machine:** Sekcija 1 **Point:** Merno mesto 6  
**Measurement:** 2 - as **Date:** 04/15/2005 **Time:** 12:38:52



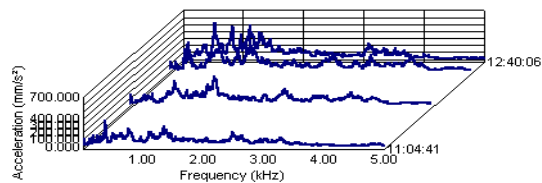
**Slika 5.13. Prostorni prikaz oscilovanja za merno mesto 6**

**Area:** Predionica **Unit:** Predilica  
**Machine:** Sekcija 1 **Point:** Merno mesto 6  
**Measurement:** 2 - as **Date:** 04/15/2005 **Time:** 12:38:52



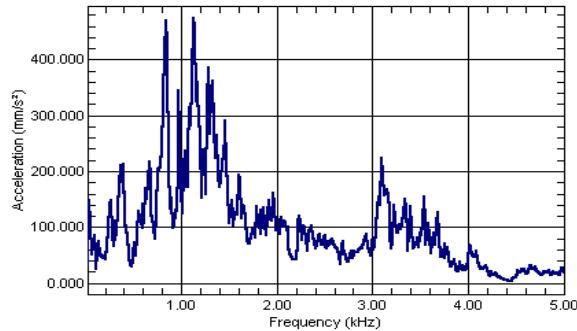
**Slika 5.14. Ravanski prikaz oscilovanja za merno mesto 6**

**Area:** Predionica **Unit:** Predilica  
**Machine:** Sekcija 1 **Point:** Merno mesto 7  
**Measurement:** 2 - as **Date:** 04/15/2005 **Time:** 12:40:06



**Slika 5.15. Prostorni prikaz oscilovanja za merno mesto 7**

**Area:** Predionica **Unit:** Predilica  
**Machine:** Sekcija 1 **Point:** Merno mesto 7  
**Measurement:** 2 - as **Date:** 04/15/2005 **Time:** 12:40:06



Slika 5.16. Ravanski prikaz oscilovanja za merno mesto 7

### 5.5. ODREĐIVANJE VREDNOSTI FREKVENCIJA OSCILOVANJA NA PRIKAZANOM (REFERENTNOM) PRIMERU IZVRŠENIH MERENJA AMPLITUDNO – FREKVENTNIH KARAKTERISTIKA NA IZABRANIM MERNIM MESTIMA ANALIZIRANIH SKLOPOVA

Određivanje zavisnosti (korelacija) frekvenci oscilovanja u funkciji amplituda oscilovanja  $f_i = A_i(f_i)$ , određuje se na osnovu zabeleženih spektara stohastičkih (slučajnih) oscilatornih signala. Vrednosti ovih signala se prikazuju numeričkim (iterativnim) vrednostima, a dobijaju se prema ekstremnim vrednostima (pikovima signala) stohastičkih oscilatornih procesa. Posmatrani spektri obuhvataju opseg do umirujućeg dela stohastičnog signala i određuju se kao aritmetička sredina ekstremnih vrednosti stohastičkih signala.

Analiza u određivanju korelacija zavisnosti frekvenci oscilovanja u funkciji amplituda oscilovanja  $f_i = A_i(f_i)$ , počela je od njihovih dobijenih vrednosti putem softverskog paketa za obradu podataka SENTINEL. Ovim programskim paketom dobijene su sve numeričke vrednosti svih tačaka izmerenih veličina prikazanih stohastičkih signala na odabranom referentnom primeru.

Prikazani primer izmerenih signala je referentan iz razloga jer je isti nastao merenjem posle izvršenog generalnog remonta OE - predilice. Zabeležen je 15.04.2005. godine kada je već izvršeno uhadavanje rada OE - predilice posle sprovedenog generalnog remonta (pojas II – pojas sigurnog rada analiziranih sklopova). Takođe, on je značajan jer je merenje sprovedeno na boksu predenja br. 1 koji se nalazi odmah nakon pogonske grupe OE - predilice, tako da je najopterećeniji u pogledu uticaja mehaničkih oscilacija na njegov rad.

Kružna frekvencija u zavisnosti od frekvence oscilovanja na analiziranim mernim mestima sklopova  $\omega_i = f(f_i)$ , može se izraziti preko standardnog obrasca /81/:

$$\omega_i = 2 \cdot \pi \cdot f_i,$$

pri čemu je: koeficijent ugla u ravni  $2 \cdot \pi = const.$ , pa je njihova zavisnost linearna, tj. vrednost kružne frekvence je uvećana za proizvod konstantnog koeficijenta  $2 \cdot \pi$ .

Za određivanje kružnih frekvenci na izabranim mernim mestima  $(\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4, \omega_5, \omega_6, \omega_7)$  poći će se od numeričkih vrednosti zavisnosti amplitudno - frekventnih karakteristika (njihove vrednosti su prikazane tabelarno u prilogu). U analizi modela će se uzimati dve karakteristične vrednosti tj. ekstremne vrednosti kružnih frekvenci  $(\omega_{i_{max}}, \omega_{i_{min}})$  koje su u zavisnosti od ekstremnih vrednosti amplituda oscilovanja

$(A_{i,max.}, A_{i,min.})$ . Prikaz ovih karakterističnih vrednosti nalaze se u tabeli 5.1.

**Tabela 5.1 Ekstremne vrednosti  $(A_i, f_i, \omega_i)$  na analiziranom karakterističnom primeru**

Oznaka mernog mesta	Ekstremne vrednosti amplitude oscilovanja $A_i \left[ \frac{m}{s^2} \right]$		Ekstremne vrednosti frekvenci oscilovanja $f_i [kHz]$		Sračunate ekstremne vrednosti kružnih frekvenci oscilovanja $\omega_i \left[ \frac{rad}{s} \right]$	
	max.	min.	max.	min.	max.	min.
1.	1,86919	0,24401	1,3625	2,2875	8560,84	14372,78
2.	2,08647	0,32188	1,4375	0,2375	9032,08	1492,26
3.	2,32841	0,121944	0,7625	0,2875	4790,93	1806,416
4.	0,61359	0,07333	0,2125	1,5625	1335,18	9817,48
5.	0,21745	0,0014266	0,05	1,25	314,16	7854
6.	0,350707	0,0138086	0,975	2,1625	6126,11	13587,4
7.	0,473413	0,0255573	1,125	0,1125	7068,58	706,86

Na osnovu prikazanih ekstremnih numeričkih vrednosti zavisnosti amplituda i kružnih frekvenci oscilovanja mogu se odrediti koeficijenti korelacija u obliku:

$$\lambda_i(\max, \min) = \frac{A_i(\max., \min)}{\omega_i(\max., \min)} \left[ \frac{m}{rad \cdot s} \right],$$

nazvaćemo ih **kružnim brzinama u ravni zavisnosti amplitude oscilovanja od frekvenci**, pri čemu je:  $i$  – broj mernog mesta zabeleženih rezultata oscilovanja  $i = 1,2,3,4,5,6,7$ .

Vrednosti dobijenih koeficijenata korelacija prikazani su tabelarno (tabela 5.2).

**Tabela 5.2 Vrednosti koeficijenata korelacije**

Oznaka mernog mesta	Koeficijenti korelacije	
	$\lambda_{\max.}$	$\lambda_{\min.}$
1.	$2,183 \cdot 10^{-4}$	$1,697 \cdot 10^{-5}$
2.	$2,31 \cdot 10^{-4}$	$2,157 \cdot 10^{-4}$
3.	$4,86 \cdot 10^{-4}$	$6,75 \cdot 10^{-5}$
4.	$4,596 \cdot 10^{-4}$	$7,47 \cdot 10^{-6}$
5.	$6,921 \cdot 10^{-4}$	$1,816 \cdot 10^{-7}$
6.	$5,725 \cdot 10^{-4}$	$1,016 \cdot 10^{-6}$
7.	$6,697 \cdot 10^{-4}$	$3,616 \cdot 10^{-5}$

## 5.6. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA EKSPERIMENTALNE ANALIZE

U prvom delu ovog poglavlja eksperimentalna analiza je obuhvatila karakter pojava uticaja mehaničkih oscilacija na analiziranim sklopovima OE – predilice. Navedeni su najčešći uzroci koji nastaju povećanjem nivoa mehaničkih oscilacija. Rangirani su po uticajnosti nastajanja otkaza do kojih dovode ove pojave. Na osnovu njih je izvršen prikaz toka delovanja mehaničkih oscilacija na analizirane sklopove OE – predilice. Takođe u ovom delu analize objašnjen je i karakter mehaničkih oscilacija na kontrolnim mernim mestima na analiziranim sklopovima.

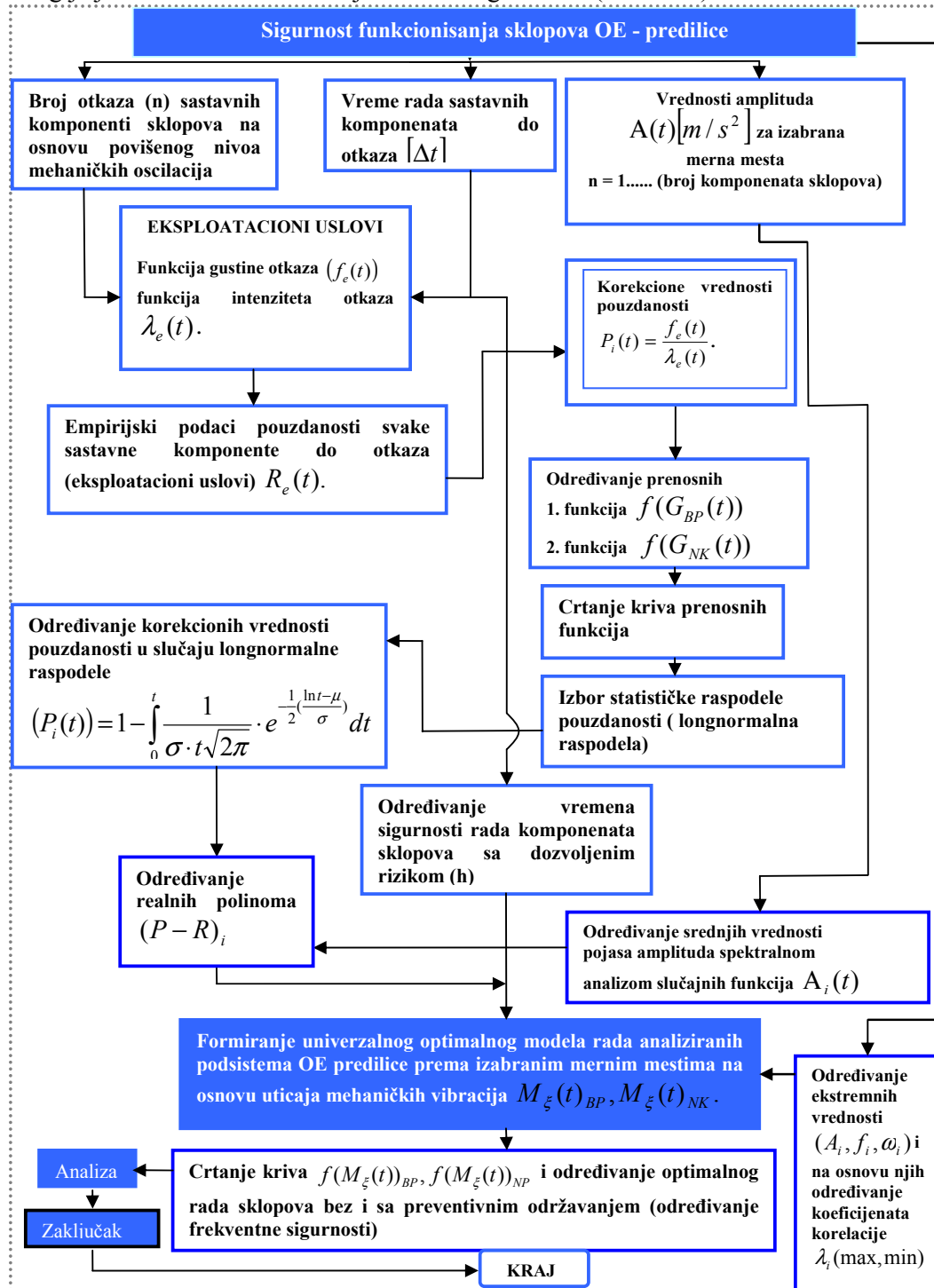
U drugom delu ovog poglavlja izvršena je eksperimentalna analiza dobijanja pojasa oscilovanja za svaku sastavnu komponentu analiziranih sklopova. Ona je obuhvatila lokacije izabranih mernih mesta na kojima su vršena merenja mehaničkih oscilacija, kao i potrebna objašnjenja o izboru položaja mernih mesta, izbor opreme kojom je sprovedena eksperimentalna analiza u vidu mernog lanca, kao i redosled izvršenih merenja.

U trećem delu ovog poglavlja objašnjena je identifikacija dobijenih rezultata putem zabeleženih dijagrama u prostornom sistemu *OXYZ* na kojima su prikazane zavisnosti amplituda oscilovanja od frekvenci oscilovanja. Ove zavisnosti su prikazane i u ravanskom sistemu *OXY*. Iz dobijenih dijagrama određene su veličine ekstremnih vrednosti amplituda i frekvenci. Ovako dobijene vrednosti zavisnosti ( $A_i, f_i, \omega_i$ ) korišćene su u određivanju kružnih brzina zavisnosti amplituda oscilovanja od frekvenci. Dobijene zavisnosti se unose u univerzalni optimalni model oko određivanja frekventnih sigurnosti rada analiziranih sklopova OE – predilice, odnosno kao bitni parametri bez kojih nije bilo moguće odrediti sigurnost funkcionisanja sastavnih sklopova OE – predilice. Procedura prikupljanja eksperimentalnih podataka je prikazana na referentnom primeru. Na njemu su određene vrednosti frekvenci oscilovanja. Na osnovu dobijenih eksperimentalnih vrednosti mehaničkih oscilacija na izabranim mernim mestima analiziranih sklopova određen je koeficijent korelacije zavisnosti amplitude od kružnih frekvenci koji je nazvan kružnom brzinom u ravni zavisnosti amplitude oscilovanja od frekvenci. Njegove numeričke vrednosti su prikazane u ovom delu poglavlja. Ovo je bilo neophodno jer bez vrednosti koeficijenata korelacije nije moguće odrediti krive frekventne sigurnosti rada analiziranih sklopova.



## 6.0. ANALIZA MODELA

Analiza modela je obuhvatila metodologiju pomoću algoritma u određivanju sigurnosti funkcionisanja sastavnih komponenti analiziranih sklopova kod OE - predilice. Metodologija je obuhvatila konstrukciju monitoring sistema (slika 6.1.).



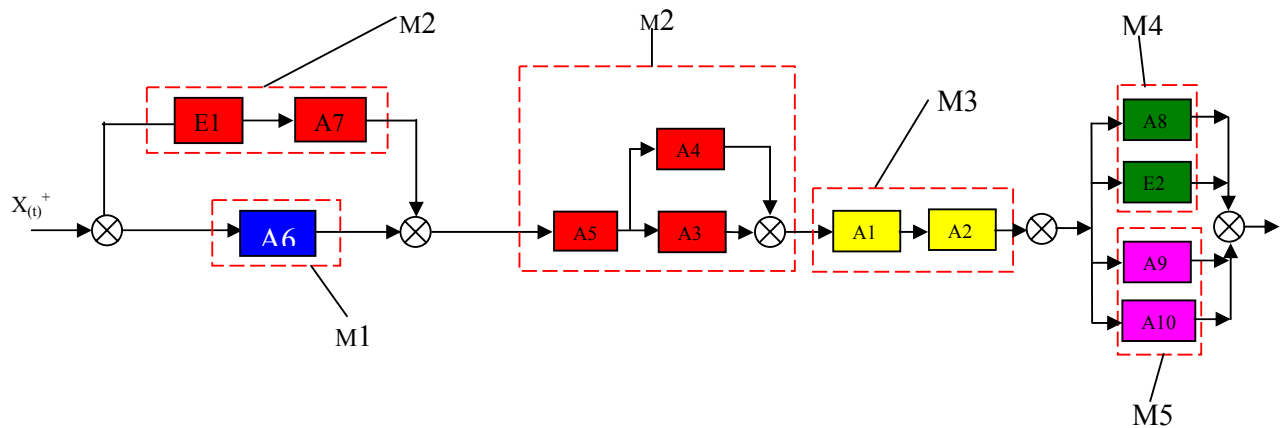
Slika 6.1. Monitoring sistem (algoritam) metodologije određivanja sigurnosti funkcionisanja analiziranih sklopova – OE predilice

## 6.1. FORMIRANJE UNIVERZALNOG OPTIMALNOG MODELA RADA BOKSA PREDENJA PREMA IZABRANIM MERNIM MESTIMA NA OSNOVU UTICAJA MEHANIČKIH OSCILACIJA – ODREĐIVANJE FREKVENTNE SIGURNOSTI

Da bi se formirao univerzalni optimalni model sigurnosti funkcionisanja neophodno je bilo odrediti sve nabrojane parametre teorijske i eksperimentalne analize (koji su određeni ili analitičkim ili eksperimentalnim putem u poglavljima 4.0. i 5.0.) a zatim iste povezati u matematičkom obliku. Ovo je učinjeno analitičkim putem u obliku prenosnih funkcija optimalnog rada modela  $M_{\xi}(t)_{BP}$ ,  $M_{\xi}(t)_{NK}$  koji će definisati frekventnu sigurnost rada analiziranih sklopova (detaljna matematička izvođenja će biti objašnjena u ovom poglavlju).

Analiza modela je sprovedena korakačno i to u određivanju podmodela prema izabranim mernim mestima za određivanje nivoa mehaničkih oscilacija, a zatim je izvršena struktura blok šeme povezivanja podmodela na način kretanja prerade pređe od ulaza (kardirana traka) ka izlazu (put pređe).

Strukturalna blok šema prenosa na izabranim mernim mestima prikazana je na slici 6.2.



Slika 6.2. Prikaz sklopova boksa pređenja preko strukturalnih blokova

pri čemu je:

**M1** – merno mesto nivoa oscilacija na uvodnom kanalu,

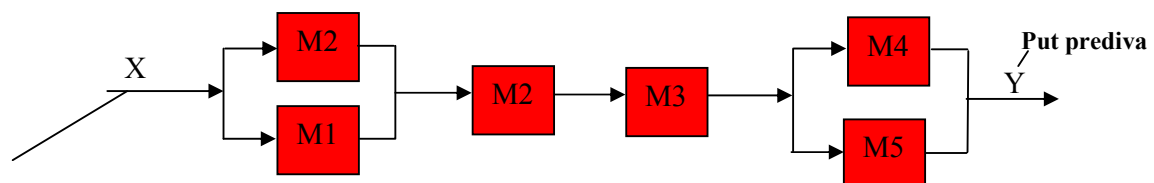
**M2** – merno mesto nivoa oscilacija na poklopcu rotora (dekle),

**M3** – merno mesto nivoa oscilacija na kosom delu poklopca rotora (dekle),

**M4** – merno mesto nivoa oscilacija na rukavcu točkica za vođenje pređe,

**M5** – merno mesto nivoa oscilacija na mehanizmu za parafinisanje pređe.

Sa uvedenim oznakama mernih mesta  $M_i$  ( $i=1...5$ ) transformacija strukture blok dijagrama izgleda na sledeći način (slika 6.3):



Kardirana traka

Slika 6.3. Transformisani strukturalni blok dijagram prenosa prema podmodelima sklopa boksa pređenja

**Napomena:** Ova struktura blok dijagrama će se dalje koristiti za određivanje opšteg oblika prenosne funkcije optimalnog modela  $M_{\xi}(t)_{BP}$  koja će se definisati kao frekventna sigurnost rada boksa predenja.

Da bi se izvršio opšti oblik prenosne funkcije optimalnog modela, neophodno je odrediti izraze za podmodele ( $M_i$ ) koji su obuhvaćeni lokacijama mernih mesta nivoa oscilacija.

**1) Merno mesto 1,** obuhvata komponentu – uvodni kanal (A6), koja je statična komponenta tako da je  $\omega_{A6} = 0$ , pa se kao merodovna brzina koja utiče na nivo oscilacija  $\omega_{A6}(t) = f(A_1(t)_{A6})$  uzima ulazna brzina kardirane trake  $v_{iz}(t)$  koja iznosi koliko i brzina elektromagnetne spojnice  $\omega_{A6} = \omega_{E1} \neq \omega_1$ .

$\omega_1(t)$ - je ugaona kružna brzina sklopa na mernom mestu 1, i u funkciji je amplitude oscilovanja  $A_1(t)_{A6}$ .

$$v_{izl.}(t) = v_{K.T} = v_{A6} = v_{E1} = 0,2 \div 0,8 [m/mm]$$

$$v_{A6} = v_{E1} \Rightarrow \omega_{A6} = \omega_{E1} = \frac{v_{A6}}{d_{E1}} = \frac{v_{E1}}{d_{E1}} \neq \omega_1(t).$$

Jednačina podmodela 1 je:

$$M_I = \frac{R_{A6}(t) \cdot A_1(t)_{A6}}{\omega_{E1} = f(\omega_1)} \cdot t_1 = \frac{(P-R)_{A6}(t)}{\omega_1} \cdot t$$

$R_{A6}(t)$  - pouzdanost rada uvodnog kanala u korisnom periodu rada;

$A_1(t)_{A6} [m/s^2]$  - amplituda oscilovanja uvodnog kanala u korisnom periodu rada na mernom mestu 1;

$\omega_{E1} [rad/s]$  - kružna brzina elektromotorne spojnice;

$t_1 [s]$  - vreme ispravnog rada komponente – uvodnog kanala;

$(P-R)_{A6}(t)$ - polinom sa realnim koeficijentima koji daje zavisnost pouzdanosti rada komponente uvodnog kanala u funkciji vrednosti nivoa mehaničkih oscilacija na mernom mestu 1.

**2) Merno mesto 2,** obuhvata komponente: elektromagnetnu spojnicu (E1), valjak za otvaranje pramenova trake (A7), diznu (deklu) – poklopac rotora (A3), odvodnu cev (A4) i usisnik boksa (A5). Kako su sastavne komponente: dizna (dekla), odvod na cev i usisnik boksa statične komponente kao merodavna brzina uzeće se kružna brzina valjka za razvlakivanje ( $\omega_{A7}$ ).

$$v_{A3} = v_{A4} = v_{A5} = const \Rightarrow \omega_{A3} = \omega_{A4} = \omega_{A5} = \omega_{E1} = \omega_{A7} \neq \omega_2.$$

$\omega_2(t)$ - je ugaona kružna brzina sklopa na mernom mestu 2, i u funkciji je amplitude oscilovanja  $A_2(t)_{E1}, A_2(t)_{A7}, A_2(t)_{A3}, A_2(t)_{A4}, A_2(t)_{A5}$ .

Prvi deo za sastavne komponente E1 i A7 iznosi:

$$M_{EI} = \frac{R_{E1}(t) \cdot A_2(t)_{E1}}{\omega_{E1} = f(\omega_2)} \cdot t_2 = \frac{(P-R)_{E1}(t)}{\omega_2} \cdot t,$$

$$\vdots$$

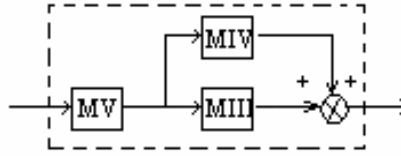
$$M_{VII} = \frac{R_{A7}(t) \cdot A_2(t)_{A7}}{\omega_{A7} = f(\omega_2)} \cdot t_3 = \frac{(P-R)_{A7}(t)}{\omega_2} \cdot t,$$

$(P-R)_{E1,A7}(t)$ - polinomi sa realnim koeficijentima, koji daju zavisnost pouzdanosti rada komponente za elektromagnetnu spojnicu (E1) i za otvarač pramenova trake (A7), u funkciji vrednosti nivoa mehaničkih oscilacija na mernom mestu 2.

Izraz za rezultujući prvi deo podmodela 2 iznosi:

$$M'_{III} = M_{EI} \cdot M_{VII}$$

Drugi deo je za sastavne komponente A3, A4, A5 i iznosi (slika 6.4):



Slika 6.4. Drugi deo podmodela 2

$$M_{III} = \frac{R_{A3}(t) \cdot A_2(t)_{A3}}{\omega_{A7} = f(\omega_2)} \cdot t_4 = \frac{(P-R)_{A3}(t)}{\omega_2} \cdot t, \quad M_{IV} = \frac{R_{A4}(t) \cdot A_2(t)_{A4}}{\omega_{A7} = f(\omega_2)} \cdot t_5 = \frac{(P-R)_{A4}(t)}{\omega_2} \cdot t,$$

$$M_V = \frac{R_{A5}(t) \cdot A_2(t)_{A5}}{\omega_{A7} = f(\omega_2)} \cdot t_6 = \frac{(P-R)_{A5}(t)}{\omega_2} \cdot t;$$

$(P-R)_{A3,4,5}(t)$ - polinomi sa realnim koeficijentima koji daju zavisnost pouzdanosti rada komponente za diznu (deklu) – poklopac rotora (A3), odvodnu cev (A4) i usisnik boksa (A5) u funkciji je vrednosti nivoa mehaničkih oscilacija na mernom mestu 2.

Pa je izraz za rezultujući drugi deo podmodela 2 :

$$M''_{III} = M_V \cdot (M_{III} + M_{IV})$$

Konačna jednačina podmodela 1 i 2 do podmodela 3 je:

$$M_{1,2} = (M_1 + M'_{III}) \cdot M''_{III} = (M_1 + (M_{EI} \cdot M_{VII})) \cdot (M_V \cdot (M_{III} + M_{IV})) =$$

$$M_{1,2} = \left[ \frac{R_{A6}(t) \cdot A_1(t)_{A6}}{\omega_{E1}} \cdot t_1 + \left( \frac{R_{E1}(t) \cdot A_2(t)_{E1}}{\omega_{E1}} \cdot t_2 \cdot \frac{R_{A7}(t) \cdot A_2(t)_{A7}}{\omega_{A7}} \cdot t_3 \right) \cdot \left( R_{A5}(t) \cdot t_6 (R_{A4}(t) \cdot t_5 + R_{A3}(t) \cdot t_4) \cdot \frac{A_2(t)_{A5,A4,A3}}{\omega_{A7}} \right) \right] =$$

$$M_{1,2} = \left[ \frac{(P-R)_{A6}(t)}{\omega_1} \cdot t + \left( \frac{(P-R)_{E1}(t)}{\omega_2} \cdot t \cdot \frac{(P-R)_{A7}(t)}{\omega_2} \cdot t \right) \cdot \left( \frac{(P-R)_{A5}(t)}{\omega_2} \cdot t \cdot \left( \frac{(P-R)_{A3}(t)}{\omega_2} + \frac{(P-R)_{A4}(t)}{\omega_2} \right) \right) \right]$$

**3) Merno mesto 3**, obuhvata komponente: rotor (A1) i aeroležaj (A2). Kako je aeroležaj statička komponenta merodavnih brzina koja utiče na nivo mehaničkih oscilacija je brzina rotora  $\vartheta_{A1} = \vartheta_{rot} = 115000[\%/min]$ .

$$\omega_{A1} = \omega_{A2} = \frac{2\pi n_{rot.}}{60} = \frac{\pi \cdot n_{rot.}}{30}$$

$$\omega_{A1} = \omega_{A2} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_{rot.}}{3600} \cong 200[\%/sec] \neq \omega_3.$$

$\omega_3(t)$ - je ugaona kružna brzina sklopa na mernom mestu 3, i u funkciji je amplitude oscilovanja  $A_3(t)_{A1}, A_3(t)_{A2}$ .

Jednačina podmodela 3 je:

$$M_3 = M_I \cdot M_{II} = \frac{R_{A1}(t) \cdot A_3(t)_{A1}}{\omega_{A1} = f(\omega_3)} \cdot t_7 \cdot \frac{R_{A2}(t) \cdot A_3(t)_{A2}}{\omega_{A1} = f(\omega_3)} \cdot t_8 = \frac{(P-R)_{A1}(t)}{\omega_3} \cdot t \cdot \frac{(P-R)_{A2}(t)}{\omega_3} \cdot t$$

$$M_3 = \frac{t^2}{\omega_3^2} \left( (P-R)_{A1}(t) \cdot (P-R)_{A2}(t) \right)$$

$(P-R)_{A1,2}(t)$ - polinomi sa realnim koeficijentima koji daju zavisnost pouzdanosti rada komponente za rotor (A1) i aeroležaj (A2), u funkciji je vrednosti nivoa mehaničkih oscilacija na mernom mestu 3.

**4) Merno mesto 4**, obuhvata komponente – elektronski čitač (E2) koji je statična komponenta i točkić za vođenje pređe (A8), njihove kružne brzine određuje se na osnovu brzine liferacije (izlazne brzine) koja iznosi:

$$v_{izl} = 25 \div 220[m/min] \Rightarrow \omega_{izl} \neq \omega_4.$$

$\omega_4(t)$ - je ugaona kružna brzina sklopa na mernom mestu 4, i u funkciji je amplitude oscilovanja  $A_4(t)_{E2}, A_4(t)_{A8}$ .

Jednačina podmodela 4 je:

$$\begin{aligned} M_4 &= M_{EII} + M_{VIII} = \frac{R_{E2}(t) \cdot A_4(t)_{E2}}{\omega_{izl} = f(\omega_4)} \cdot t_9 + \frac{R_{A8} \cdot A_4(t)_{A8}}{\omega_{izl} = f(\omega_4)} \cdot t_{10} = \\ &= \frac{(P-R)_{E2}(t)}{\omega_4} \cdot t + \frac{(P-R)_{A8}(t)}{\omega_4} \cdot t = \frac{t}{\omega_4} \left[ (P-R)_{E2}(t) + (P-R)_{A8}(t) \right] \end{aligned}$$

$(P-R)_{E2,A8}(t)$ - polinomi sa realnim koeficijentima koji daju zavisnost pouzdanosti rada komponente za električni čitač (E2) i točkić za vođenje pređe (A8), u funkciji vrednosti nivoa mehaničkih oscilacija na mernom mestu 4.

**5) Merno mesto 5**, obuhvata komponente – zatezač pređe (A9) i mehanizam za parafinisanje pređe (A10). Zatezač pređe izvodi harmonijsko – ciklično kretanje sa 60 ciklusa u minuti (ciklus obuhvata kretanje zatezača za određeni ugao  $\alpha$  i zatim njegov povratak u prvobitni položaj, kao merodovna brzina uzeće se brzina liferacije (izlazna brzina)

$$\vartheta_{if.} = \vartheta_{izl.} \neq \omega_5.$$

$\omega_5(t)$ - je ugaona kružna brzina sklopa na mernom mestu 5, i u funkciji je amplitude oscilovanja  $A_5(t)_{A_9}, A_5(t)_{A_{10}}$ .

Jednačina podmodela 5 je:

$$\begin{aligned} M_5 &= M_{IX} + M_X = \frac{R_{A_9}(t) \cdot A_5(t)_{A_9}}{\omega_{izl} = f(\omega_5)} \cdot t_{11} + \frac{R_{A_{10}} \cdot A_5(t)_{A_{10}}}{\omega_{izl} = f(\omega_5)} \cdot t_{12} = \\ &= \frac{(P-R)_{A_9}(t)}{\omega_5} \cdot t + \frac{(P-R)_{A_{10}}(t)}{\omega_5} \cdot t = \frac{t}{\omega_5} [(P-R)_{A_9}(t) + (P-R)_{A_{10}}(t)] \end{aligned}$$

Opšti oblik univerzalne jednačine optimalnog modela sklopa boksa pređenja je:

$$M_{\xi}(t)_{BP} = M_{1,2} \cdot M_3 (M_4 + M_5) = \left[ \begin{aligned} &\frac{(P-R)_{A_6}(t)}{\omega_1} \cdot t + \left\{ \frac{t^2}{\omega_2^2} (P-R)_{E1}(t) \cdot (P-R)_{A_7}(t) \right\} \cdot \\ &\cdot \frac{(P-R)_{A_5}(t)}{\omega_2} \cdot \frac{t}{\omega_2} \{ (P-R)_{A_3}(t) + (P-R)_{A_4}(t) \} \cdot \\ &\cdot \frac{t^2}{\omega_3^2} \{ (P-R)_{A_1}(t) \cdot (P-R)_{A_2}(t) \} \cdot \frac{t}{\omega_4} \left\{ \begin{aligned} &(P-R)_{E2}(t) + \\ &+ (P-R)_{A_8}(t) + \\ &\frac{t}{\omega_5} \{ (P-R)_{A_9}(t) + \} \\ &(P-R)_{A_{10}}(t) \} \end{aligned} \right\} \end{aligned} \right]$$

Uvođenjem smena:

$$\begin{aligned} (P-R)_{A_6}(t) &= \xi_1; \\ (P-R)_{E1}(t) \cdot (P-R)_{A_7}(t) \cdot (P-R)_{A_5}(t) &= (P-R)_{E1,A_7,A_5}(t) = \xi_2; \\ (P-R)_{A_3}(t) &= \xi_3; \\ (P-R)_{A_4}(t) &= \xi_4; \\ (P-R)_{A_1}(t) \cdot (P-R)_{A_2}(t) &= \xi_5; \\ (P-R)_{E2}(t) &= \xi_6; \\ (P-R)_{A_8}(t) &= \xi_7; \\ (P-R)_{A_9}(t) &= \xi_8; \\ (P-R)_{A_{10}}(t) &= \xi_9. \end{aligned}$$

Dobija se smenski opšti oblik univerzalne jednačine optimalnog modela sigurnosti funkcionisanja sklopa boksa pređenja:

$$M_{\xi}(t)_{BP} = \frac{Y(t)}{X(t)} = \left[ \left( \frac{t}{\omega_1} \cdot \xi_1 + \left( \frac{t}{\omega_2} \right)^3 \cdot \xi_2 (\xi_3 + \xi_4) \right) \right] \cdot \left( \frac{t}{\omega_3} \right)^2 \cdot \xi_5 \left\{ \frac{t}{\omega_4} (\xi_6 + \xi_7) + \frac{t}{\omega_5} (\xi_8 + \xi_9) \right\} =$$

$$= \left( \frac{t^2}{\omega_3} \right)^2 \xi_5 \left\{ \frac{1}{\omega_1} \xi_1 + \frac{t^2}{\omega_3^2} \cdot \xi_2 (\xi_3 + \xi_4) \right\} \cdot \left\{ \frac{1}{\omega_4} (\xi_6 + \xi_7) + \frac{1}{\omega_5} (\xi_8 + \xi_9) \right\}.$$

Uvođenjem kružnih brzina u ravni zavisnosti amplituda oscilovanja od frekvenci – uvođenjem koeficijenata korelacija  $(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7)$  dobija se opšti oblik univerzalne jednačine prenosne funkcije optimalnog modela sigurnosti rada boksa pređenja prema izabranim mernim mestima na osnovu uticaja mehaničkih oscilacija.

$$M_{\xi}(t)_{BP} = \frac{Y(t)}{X(t)} = \lambda^2_3 \cdot t^4 \cdot \xi_5 \{ \lambda_1 \cdot \xi_1 + \lambda^3_2 \cdot t^2 \cdot \xi_2 (\xi_3 + \xi_4) \} \cdot \{ \lambda_4 \cdot (\xi_6 + \xi_7) + \lambda_5 \cdot (\xi_8 + \xi_9) \}.$$

Analiza ove jednačine biće korišćena u dva slučaja:

1. slučaj: Za vremenski period do 20. 02. 2002. god.;
2. slučaj: Za vremenski period od 20.05. 2002. god. – 20.05. 2005. god.

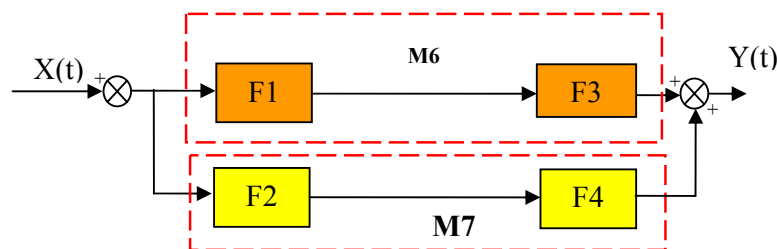
Prvi slučaj je obuhvatio sigurnost funkcionisanja rada bokseva pređenja bez primene postupaka tehnologije preventivnog održavanja njegovih sastavnih komponentata.

Drugi slučaj je obuhvatio sigurnost funkcionisanja rada boksa pređenja sa primenom postupaka tehnologije preventivnog održavanja njegovih sastavnih komponentata.

## 6.2. FORMIRANJE UNIVERZALNOG OPTIMALNOG MODELA RADA SKLOPA ZA NAMOTAVANJE KALEMOVA GOTOVOM PREĐOM PREMA IZABRANIM MERNIM MESTIMA NA OSNOVU UTICAJA MEHANIČKIH OSCILACIJA – ODREĐIVANJE FREKVENTNE SIGURNOSTI

Kod ove analize pošlo se od načina određivanja podmodela prema izabranim mernim mestima za određivanje nivoa mehaničkih oscilacija, a zatim je izvršena strukturna blok šema povezivanja podmodela na način kretanja prerade pređe i njenog odlaganja.

Strukturna blok šema prenosa na izabranim mernim mestima prikazana je na slici 6.5.,



Slika 6.5. Prikaz sklopa za namotavanje kalema gotovom pređom preko strukturnih blokova

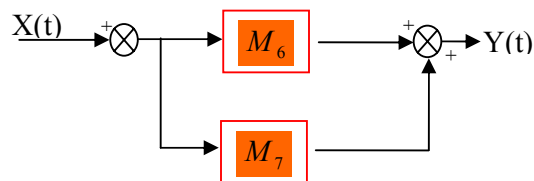
pri čemu je:

**M6** - merno mesto nivoa oscilacija na vodiču niti i na valjku za okretanje kalema pri njegovom namotavanju gotovom predom,

**M7** – merno mesto nivoa oscilacija na zatezaču / podizaču kalema, i na držaču kalema.

**NAPOMENA:** Kod formiranja ovog modela pošlo se od blok dijagrama koji se razlikuje od modela blok dijagrama kod određivanja prenosne funkcije pouzdanosti. Razlog leži u tome što merno mesto 6 obuhvata deo uticaja zatezača / podizača (F3) dok drugi deo koji čini ovu podgrupu kočnica kalemova (F4) pripada mernom mestu 7, pa je neophodno njihove uticaje razlikovati. Kod određivanja prenosne funkcije pouzdanosti ovo nije bilo od posebnog značaja, dok kod određivanja optimalnog modela sklopa za namotavanje kalemova gotovom predom ima veliki značaj, jer se on određuje prema mernim mestima i uticaja rada svake komponente sklopa koje izazivaju pojavu mehaničkih oscilacija.

Sa uvedenim oznakama mernih mesta ( M6 i M7) transformacija strukture blok dijagrama izgleda na sledeći način (slika 6.6):



**Slika 6.6. Transformacija strukture blok dijagrama prenosa prema podmodelima sklopa za namotavanje kalemova gotovom predom**

Analiza modela je sprovedena koračno i to u određivanju podmodela prema izabranim mernim mestima za određivanje nivoa mehaničkih oscilacija (vibracija), a zatim je izvršena struktura blok šeme povezivanja podmodela na način kretanja prerade pređe od ulaza prediva (vodič niti) ka izlazu (put pređe) tj. završnoj fazi (namotavanje gotovog prediva na kalem).

**Napomena:** Ova struktura blok dijagrama će se dalje koristiti za određivanje opšteg oblika prenosne funkcije optimalnog modela  $M_{\xi}(t)_{NK}$  koja će se definisati kao frekventna sigurnost rada sklopa za namotavanje kalemova gotovom predom.

Da bi se izvršio opšti oblik prenosne funkcije optimalnog modela, neophodno je odrediti izraze za podmodele ( $M_i$ ) koji su obuhvaćeni lokacijama mernih mesta nivoa oscilacija.

#### **6. Merno mesto 6, obuhvata komponente – vodič niti (F1) i zatezač/podizač kalema (F3).**

Vodič niti se kreće u pravolinijski – aksijalnom pravcu i to sa 60 ciklusa u toku jedne minute (30 ciklusa u jednom aksijalnom smeru i toliko u drugom), na način što vodi ispredeno predivo sa jednog kraja na drugi kraj kalema na kome se vrši namotavanje. Kao merodavna brzina se uzima brzina jednog ciklusa kretanja vodiča  $\vartheta_{\text{VODIČ-NITI}}(t) = \omega_{F_1}(t) = f(A_6(t)_{F_1}) \neq \omega_6$ .

Zatezač/podizač kalema se aktivira onda kada otpočne proces namotavanja gotove pređe na kalem i onda kada je kalem potpuno namotan predom, čime se on oslobađa od valjka za okretanje kalema pri namotavanju podižući se naviše. Merodavna kružna brzina je brzina



valjka za okretanja kalema (valjak je identičnog oblika kao kalem i deluje na njega u paru)  
 $\omega_{VALJKA}(t) \neq \omega_6(t)$ .

$\omega_6(t)$ - je ugaona kružna brzina sklopa na mernom mestu 6, i u funkciji je amplitude oscilovanja  $A_6(t)_{F_1}$ ,  $A_6(t)_{F_3}$ .

Jednačina podmodela 6 je:

$$M_6 = M_6' \cdot M_6'' = \frac{R_{F_1}(t) \cdot A_6(t)_{F_1}}{\omega_{F_1} = f(\omega_6)} \cdot t_{13} \cdot \frac{R_{F_3}(t) \cdot A_6(t)_{F_3}}{\omega_{F_3} = f(\omega_6)} \cdot t_{14} = \frac{(P-R)_{F_1}(t)}{\omega_6} \cdot t \cdot \frac{(P-R)_{F_3}(t)}{\omega_6} \cdot t$$

$$M_6 = \frac{t^2}{\omega_6^2} \left( (P-R)_{F_1}(t) \cdot (P-R)_{F_3}(t) \right)$$

$R_{F_1}(t)$  - pouzdanost rada vodiča niti u korisnom periodu rada;

$R_{F_3}(t)$  - pouzdanost zatezača/podizača kalema u korisnom periodu rada;

$A_6(t)_{F_1} \left[ \frac{m}{s^2} \right]$  - amplituda oscilovanja vodiča niti u korisnom periodu rada na mernom mestu 6;

$A_6(t)_{F_3} \left[ \frac{m}{s^2} \right]$  - amplituda oscilovanja zatezača/podizača kalema u korisnom periodu rada na mernom mestu 6;

$t_{13}, t_{14} [s]$  - vreme ispravnog rada komponenti na mernom mestu 6;

$(P-R)_{F_1}(t)$  - polinom sa realnim koeficijentima koji daje zavisnost pouzdanosti rada komponente vodiča niti u funkciji vrednosti nivoa mehaničkih oscilacija na mernom mestu 6.

$(P-R)_{F_3}(t)$  - polinom sa realnim koeficijentima koji daje zavisnost pouzdanosti rada komponente zatezač/podizač kalema u funkciji vrednosti nivoa mehaničkih oscilacija na mernom mestu 6.

### 7. Merno mesto 7, obuhvata komponente: držač kalema (F2) i kočnicu kalema (F4).

Držač kalema ima kružno kretanje i okreće se preko kotrljajnog ležaja, preko koga naleže u čvrstom spoju. Merodavna brzina okretanja je kružna brzina ležaja ( $\omega_{LEŽAJA}(t)$ ), koja se razlikuje od kružne brzine na mernom mestu 7.

$$\omega_{F_2} = \omega_{LEŽAJA}(t) \neq \omega_{F_4}(t) = f(A_7(t)_{F_2, F_4}) \neq \omega_7.$$

$\omega_7(t)$ - je ugaona kružna brzina sklopa na mernom mestu 7, i u funkciji je amplitude oscilovanja  $A_7(t)_{F_2}$ ,  $A_7(t)_{F_4}$ .

Jednačina podmodela 7 je:

$$M_7 = M_7' \cdot M_7'' = \frac{R_{F_2}(t) \cdot A_7(t)_{F_2}}{\omega_{F_2} = f(\omega_7)} \cdot t_{15} \cdot \frac{R_{F_4}(t) \cdot A_7(t)_{F_4}}{\omega_{F_4} = f(\omega_7)} \cdot t_{16} = \frac{(P-R)_{F_2}(t)}{\omega_7} \cdot t \cdot \frac{(P-R)_{F_4}(t)}{\omega_7} \cdot t$$

$$M_7 = \frac{t^2}{\omega_7^2} \left( (P-R)_{F_2}(t) \cdot (P-R)_{F_4}(t) \right)$$

$R_{F_2}(t)$  - pouzdanost rada držača kalema u korisnom periodu rada;

$R_{F_4}(t)$  - pouzdanost kočnice kalema u korisnom periodu rada;

$A_7(t)_{F_2} \left[ \frac{m}{s^2} \right]$  - amplituda oscilovanja držača kalema u korisnom periodu rada na mernom mestu 7;

$A_7(t)_{F_4} \left[ \frac{m}{s^2} \right]$  - amplituda oscilovanja kočnice kalema u korisnom periodu rada na mernom mestu 7;

$t_{15}, t_{16} [s]$  - vreme ispravnog rada komponenti na mernom mestu 7;

$(P-R)_{F_2}(t)$  - polinom sa realnim koeficijentima koji daje zavisnost pouzdanosti rada komponente držača kalema u funkciji vrednosti nivoa mehaničkih oscilacija na mernom mestu 7.

$(P-R)_{F_4}(t)$  - polinom sa realnim koeficijentima koji daje zavisnost pouzdanosti rada komponente kočnica kalema u funkciji vrednosti nivoa mehaničkih oscilacija na mernom mestu 7.

Opšti oblik univerzalne jednačine optimalnog modela sklopa za namotavanje kalemova gotovom pređom je:

$$M_{\xi}(t)_{NK} = M_6 + M_7 = \left( \frac{t^2}{\omega_6^2} (P-R)_{F_1}(t) \cdot (P-R)_{F_3}(t) \right) + \left( \frac{t^2}{\omega_7^2} (P-R)_{F_2}(t) \cdot (P-R)_{F_4}(t) \right).$$

Uvođenjem smena:

$$(P-R)_{F_1}(t) \cdot (P-R)_{F_3}(t) = \xi_{10};$$

$$(P-R)_{F_2}(t) \cdot (P-R)_{F_4}(t) = \xi_{11}.$$

dobija se univerzalna jednačina optimalnog modela sigurnosti funkcionisanja sklopa za namotavanje kalemova gotovom pređom:

$$M_{\xi}(t)_{NK} = \frac{Y(t)}{X(t)} = t^4 \left( \frac{\xi_{10}}{\omega_6^2} + \frac{\xi_{11}}{\omega_7^2} \right).$$

Ova jednačina predstavlja univerzalnu jednačinu prenosne funkcije optimalnog modela rada sklopa za namotavanje kalemova gotovom pređom prema izabranim mernim mestima na osnovu uticaja mehaničkih oscilacija, i ona daje zavisnost frekventne sigurnosti njegovog rada.

Analiza ove jednačine biće korišćena u dva slučaja:

3. slučaj: Za vremenski period do 20. 02. 2002. god.;
4. slučaj: Za vremenski period od 20.02. 2002. god. – 20.05. 2005. god.

Prvi slučaj je obuhvatio sigurnost funkcionisanja rada sklopa za namotavanje kalemova gotovom pređom bez primene postupaka tehnologije preventivnog održavanja njegovih sastavnih komponenata.

Drugi slučaj je obuhvatio sigurnost funkcionisanja rada sklopa za namotavanje kalemova gotovom pređom sa primenom postupaka tehnologije preventivnog održavanja.

## 7.0. EKSPERIMENTALNA ANALIZA MODELA

### 7.1. TESTIRANJE MODELA

Na osnovu dobijenih konačnih jednačina prenosnih funkcija optimalnih modela sigurnosti funkcionisanja, izvršeno je testiranje modela. Testiranje modela se prostire u konstrukciji kriva zavisnosti optimalnog modela sigurnosti funkcionisanja rada analiziranih sklopova prema izabranim mernim mestima na kojima su vršena merenja nivoa mehaničkih oscilacija. Konstrukcija dijagrama obuhvata vrednosti eksploatacionog rada sastavnih komponenti analiziranih sklopova (njihove vrednosti se nanose na apcisi  $t_i$ ) dok vrednosti frekventne sigurnosti ( $M_{\xi}(t)$ ) se nanose na ordinati ravanskog koordinatnog sistema  $xOy$ . Analiza modela obuhvata vremenski period praćenja rada analiziranih sklopova i to, period ispravnog i sigurnog rada komponenti analiziranih sklopova (period rada komponenti sklopa sa dozvoljenim rizikom i i rizikom).

Konstrukcijom dijagrama u ravanskom sistemu mogu se odrediti oblasti koje ograničavaju krive zavisnosti frekventne sigurnosti i koje određuju ispravnost rada analiziranih sklopova u zavisnosti od eksploatacionog rada. Ova stanja nazivaju se **graničnim stanjima** dozvoljenog rada sklopa, jer iznad ovih stanja sklop ne radi sa dovoljnom sigurnošću što ukazuje da je to rad u oblastima nedozvoljenih stanja (neispravan rad). Uvek kada se primete nedozvoljena stanja sklop treba odmah zaustaviti, i primeniti postupke tehnologije preventivnog održavanja, a ako su vrednosti amplituda u granicama remontnih oblasti (oblast nakon oblasti rizika) onda treba izvršiti njegov remont.

U testiranju modela uzete su sledeće vrednosti potrebnih parametara koji obrazuju univerzalnu jednačinu prenosne funkcije optimalnog modela rada sigurnosti funkcionisanja analiziranih sklopova.

Potrebne vrednosti parametara modela su podeljene u 4 grupe:

**I grupa:** Eksploataciono vreme rada sastavnih komponenti analiziranih sklopova (vremenski period analize rada koji obuhvata: vreme eksploatacionog perioda sa vremenom dozvoljenog rizika) koje je uzeto u analizi određivanja pouzdanosti na osnovu odabrane statističke raspodele;

**II grupa:** Srednje vrednosti amplituda oscilovanja na izabranim mernim mestima za period do dozvoljenog rizika;

**III grupa:** Određivanje koeficijenata smene realnih polinoma ( $\xi_i$ ) prema srednjim vrednostima amplituda za sva izabrana merna mesta (do dozvoljenog rizika);

**IV grupa:** Ekstremne vrednosti kružnih brzina u ravni, u zavisnosti od amplituda stohastičkih signala zabeleženih na izabranim mernim mestima. Za ovaj parametar korišćena su dva slučaja u analizi sigurnosti funkcionisanja i to: vrednosti minimalnih ekstrema korelacija ( $\lambda_{\min}$ ) i vrednosti maksimalnih ekstrema korelacija ( $\lambda_{\max}$ ).

Sračunate vrednosti svih činilaca optimalnog modela sigurnosti funkcionisanja rada analiziranih sklopova prema izabranim mernim mestima na kojima su vršena merenja nivoa mehaničkih oscilacija su prikazani u tabelama 7.1 – 7.8.

Treba istaći da je analiza testiranja modela sprovedena za dva karakteristična slučaja i to: sigurnost funkcionisanja rada analiziranih sklopova na kojima nisu sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja i na onima na kojima su ovi postupci sprovedeni.

7.2. TESTIRANJE MODELA NA SKLOPU BOKSA PREDENJA

Testiranje modela na sklopu boksa predenja izvršeno je prema dobijenim numeričkim vrednostima činioca optimalnog modela sigurnosti funkcionisanja njegovog rada. Vrednosti činioca su prikazani u tabelama 7.1 – 7.4 ove disertacije. Na osnovu njih su konstruisane granične krive koje su prikazane na dijagramima (slike 7.1 i 7.2).

Tabela 7.1 Vrednosti činioca optimalnog modela sigurnosti funkcionisanja rada komponenti sklopa boksa predenja na izabranim mernim mestima na kojima nisu sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja u eksploatacionom periodu rada sa dozvoljenim rizikom – optimalni model sigurnosti funkcionisanja za  $\lambda_{max}$ .

Eksploataciono vreme rada sastavnih komponenti sklopa sa dozvoljenim rizikom (h)	MERNO MESTO 1			MERNO MESTO 2								MERNO MESTO 3				
	$A_1(t)_{A6}$	$\xi_1$	$\lambda_{1max}$	$A_2(t)_{E1}$	$A_2(t)_{A7}$	$A_2(t)_{A5}$	$\xi_2$	$A_2(t)_{A3}$	$\xi_3$	$A_2(t)_{A4}$	$\xi_4$	$\lambda_{2max}$	$A_3(t)_{A1}$	$A_3(t)_{A2}$	$\xi_5$	$\lambda_{3max}$
13 000	10,05	0,0243	2,183 · 10 <sup>-4</sup>	10,627	10,627	10,627	110242	10,627	-12,124	10,627	13,586	2,31 · 10 <sup>-4</sup>	8,084	8,084	19,82	4,86 · 10 <sup>-4</sup>
13 023	10,05	0,0243		11,171	10,627	10,627	150107	10,627	-12,124	10,627	13,586		8,084	8,084	19,82	
13 068	10,133	0,0156		10,627	10,627	10,627	110242	10,627	-12,124	10,627	13,586		8,084	8,084	19,82	
13 080	10,05	0,0243		10,627	10,627	11,171	145212	10,627	-12,124	10,627	13,586		8,084	8,084	19,82	
13 300	10,05	0,0243		10,627	10,627	10,627	110242	10,763	-13,095	10,627	13,586		8,084	8,084	19,82	
13 600	10,05	0,0243		10,627	10,627	10,627	110242	10,627	-12,124	10,627	13,586		8,133	8,133	21,39	
13 600 – 15 000	U ovom vremenskom intervalu nije sprovedena analiza iz razloga što su sastavne komponente sklopa imale siguran rad jer su pojedine bile zamenjene novim															
15 000	10,05	0,0243	2,183 · 10 <sup>-4</sup>	10,627	10,627	10,627	110242	10,627	-12,124	10,627	13,586	2,31 · 10 <sup>-4</sup>	8,084	8,084	19,82	4,86 · 10 <sup>-4</sup>
15 040	10,05	0,0243		10,627	10,627	10,627	110242	10,627	-12,124	10,627	13,586		8,084	8,084	19,82	
15 060	10,05	0,0243		10,627	10,627	10,627	110242	10,627	-12,124	10,627	13,586		8,084	8,084	19,82	
15 080	10,05	0,0243		10,627	10,627	10,627	110242	10,627	-12,124	10,627	13,586		8,084	8,084	19,82	
15 190	10,05	0,0243		10,627	10,627	10,627	110242	10,627	-12,124	10,627	13,586		8,084	8,084	19,82	
15 400	10,05	0,0243		10,627	10,627	10,627	110242	10,627	-12,124	10,627	13,586		8,084	8,084	19,82	
		MERNO MESTO 4			MERNO MESTO 5											
	$A_4(t)_{A8}$	$\xi_6$	$A_4(t)_{E2}$	$\xi_7$	$\lambda_{4max}$	$A_5(t)_{A9}$	$\xi_8$	$A_5(t)_{A10}$	$\xi_9$	$\lambda_{5max}$	$M_{\xi}(t)_{BP} \cdot 10^{10}$					
13 000	2,117	1,0	2,115	-0,00127		0,6627	1,0	0,6627	1,0		8,274					
13 023	2,117	1,0	2,115	-0,00127		0,6627	1,0	0,6627	1,0		11,37					
13 068	2,117	1,0	2,115	-0,00127		0,6627	1,0	0,6627	1,0		7,145					
13 080	2,117	1,0	2,115	-0,00127		0,6627	1,0	0,6627	1,0		11,3					
13 300	2,117	1,0	2,115	-0,00127		0,6627	1,0	0,6627	1,0		3,184					
13 600	2,117	1,0	2,115	-0,00127		0,6627	1,0	0,6627	1,0		11,7					

15 000	2,247	1,0	2,115	-0,00127	4,596 · 10 <sup>-4</sup>	0,6421	1,0	0,745	1,0	6,921 · 10 <sup>-4</sup>	19,524
15 040	2,247	1,0	2,115	-0,00127		0,6421	1,0	0,745	1,0		19,836
15 060	2,247	1,0	2,1198	0,01144		0,6421	1,0	0,745	1,0		20,062
15 080	2,247	1,0	2,115	-0,00127		0,6421	1,0	0,745	1,0		20,15
15 190	2,247	1,0	2,115	-0,00127		0,6421	1,0	0,745	1,0		21,053
15 400	2,247	1,0	2,115	-0,00127		0,6421	1,0	0,745	1,0		22,863

Napomena: Posle zasenčanog polja treba izvršiti zamenu sastavne komponente ili sprovesti njen remont (ova napomena važi za sve tabele u ovom poglavlju).

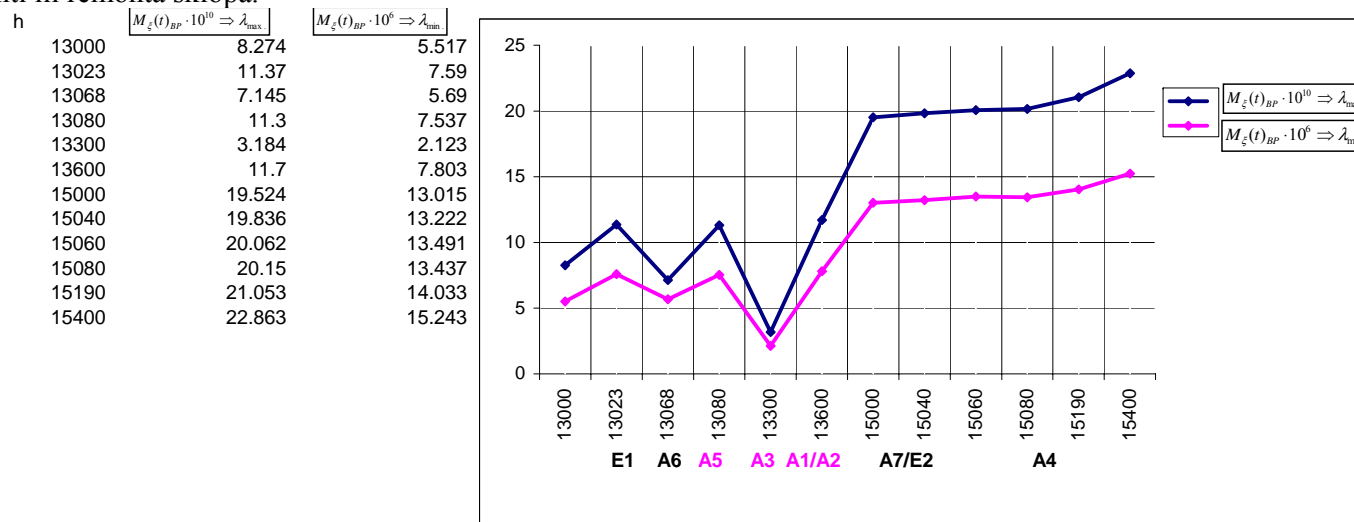
Tabela 7.2 Vrednosti činioca optimalnog modela sigurnosti funkcionisanja rada komponenti sklopa boksa predenja na izabranim mernim mestima na kojima nisu sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja u eksploatacionom periodu rada sa dozvoljenim rizikom – optimalni model sigurnosti funkcionisanja za  $\lambda_{min}$ .

Eksploataciono vreme rada sastavnih komponenti sklopa sa dozvoljenim rizikom (h)	MERNO MESTO 1			MERNO MESTO 2								MERNO MESTO 3				
	$A_1(t)_{A6}$	$\xi_1$	$\lambda_{1min}$	$A_2(t)_{E1}$	$A_2(t)_{A7}$	$A_2(t)_{A5}$	$\xi_2$	$A_2(t)_{A3}$	$\xi_3$	$A_2(t)_{A4}$	$\xi_4$	$\lambda_{2min}$	$A_3(t)_{A1}$	$A_3(t)_{A2}$	$\xi_5$	$\lambda_{3min}$
13 000	10,05	0,0243	1,697 · 10 <sup>-5</sup>	10,627	10,627	10,627	110242	10,627	-12,124	10,627	13,586	2,157 · 10 <sup>-4</sup>	8,084	8,084	19,82	6,75 · 10 <sup>-5</sup>
13 023	10,05	0,0243		11,171	10,627	10,627	150107	10,627	-12,124	10,627	13,586		8,084	8,084	19,82	
13 068	10,133	0,0156		10,627	10,627	10,627	110242	10,627	-12,124	10,627	13,586		8,084	8,084	19,82	
13 080	10,05	0,0243		10,627	10,627	11,171	145212	10,627	-12,124	10,627	13,586		8,084	8,084	19,82	
13 300	10,05	0,0243		10,627	10,627	10,627	110242	10,763	-13,095	10,627	13,586		8,084	8,084	19,82	
13 600	10,05	0,0243		10,627	10,627	10,627	110242	10,627	-12,124	10,627	13,586		8,133	8,133	21,39	
13 600 – 15 000	U ovom vremenskom intervalu nije sprovedena analiza iz razloga što su sastavne komponente sklopa imale siguran rad jer su pojedine bile zamenjene novim															
15 000	10,05	0,0243	1,697 · 10 <sup>-5</sup>	10,627	10,627	10,627	110242	10,627	-12,124	10,627	13,586	2,157 · 10 <sup>-4</sup>	8,084	8,084	19,82	6,75 · 10 <sup>-5</sup>
15 040	10,05	0,0243		10,627	10,627	10,627	110242	10,627	-12,124	10,627	13,586		8,084	8,084	19,82	
15 060	10,05	0,0243		10,627	10,627	10,627	110242	10,627	-12,124	10,627	13,586		8,084	8,084	19,82	
13 080	10,05	0,0243		10,627	10,627	10,627	110242	10,627	-12,124	10,627	13,586		8,084	8,084	19,82	
15 190	10,05	0,0243		10,627	10,627	10,627	110242	10,627	-12,124	10,627	13,586		8,084	8,084	19,82	
15 400	10,05	0,0243		10,627	10,627	10,627	110242	10,627	-12,124	10,627	13,586		8,084	8,084	19,82	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>MERNO MESTO 4</p> <p><math>A_4(t)_{A8}</math>   <math>\xi_6</math>   <math>A_4(t)_{E2}</math>   <math>\xi_7</math>   <math>\lambda_{4min}</math></p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>MERNO MESTO 5</p> <p><math>A_5(t)_{A9}</math>   <math>\xi_8</math>   <math>A_5(t)_{A10}</math>   <math>\xi_9</math>   <math>\lambda_{5min}</math></p> </div> </div> <p style="text-align: right;"><math>M_{\xi}(t)_{BP} \cdot 10^6</math></p>																
13 000	2,117	1,0	2,115	-0,00127		0,6627	1,0	0,6627	1,0		5,517					
13 023	2,117	1,0	2,115	-0,00127		0,6627	1,0	0,6627	1,0		7,59					
13 068	2,117	1,0	2,115	-0,00127		0,6627	1,0	0,6627	1,0		5,69					
13 080	2,117	1,0	2,115	-0,00127		0,6627	1,0	0,6627	1,0		7,537					
13 300	2,117	1,0	2,115	-0,00127		0,6627	1,0	0,6627	1,0		2,123					

13 600	2,117	1,0	2,115	-0,00127	$7,47 \cdot 10^{-6}$	0,6627	1,0	0,6627	1,0	$1,816 \cdot 10^{-7}$	7,803
15 000	2,247	1,0	2,115	-0,00127		0,6421	1,0	0,745	1,0		13,015
15 040	2,247	1,0	2,115	-0,00127		0,6421	1,0	0,745	1,0		13,222
15 060	2,247	1,0	2,1198	0,01144		0,6421	1,0	0,745	1,0		13,491
15 080	2,247	1,0	2,115	-0,00127		0,6421	1,0	0,745	1,0		13,437
15 190	2,247	1,0	2,115	-0,00127		0,6421	1,0	0,745	1,0		14,033
15 400	2,247	1,0	2,115	-0,00127		0,6421	1,0	0,745	1,0		15,243

Na slici 7.1 prikazane su krive zavisnosti frekventnih sigurnosti od eksploatacionog vremena rada sastavnih komponenti boksa pređenja za optimalni model sigurnosti. Optimalni model sigurnosti obuhvata vrednosti rada komponenata sa dozvoljenim rizikom. Na prikazanoj slici jasno se uočava pojas apsolutno sigurnog rada analiziranog sklopa i on se nalazi između vrednosti prikazanih kriva zavisnosti  $M_{\xi}(t)_{BP} = f(t)$ . Iz dobijenog dijagrama se jasno zaključuje da je rizičan pojas sigurnosti funkcionisanja rada sklopa boksa pređenja u trenutku njegovog rada od 13 300 (h). Zbog toga potrebno je naročito obratiti pažnju u ovom eksploatacionom periodu tj. oko ovog perioda vršiti stalnu proveru vrednosti amplituda mehaničkih oscilacija na izabranim mernim mestima. Takođe, na prikazanom dijagramu su naznačeni i vremenski periodi zamene svih potrebnih sastavnih komponenti sklopa kako bi se dobila najveća vrednosti sigurnosti funkcionisanja.

Mora se napomenuti da je optimalni model sigurnosti funkcionisanja rada boksa pređenja formiran u oblastima rada sastavnih komponenti sa dozvoljenim rizikom, jer sa nedozvoljenim rizikom ulazi se u rizično polje rada sklopa pa sa odmah treba intervenisati u delu zamene pohabanih sastavnih komponenti ili remonta sklopa.



Slika 7.1. Dijagram frekventne sigurnosti u zavisnosti od eksploatacionog vremena rada sastavnih komponenti sklopa boksa pređenja na kojima nisu sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja - optimalni model

Tabela 7.3 Vrednosti činioca optimalnog modela sigurnosti funkcionisanja rada komponenti sklopa boks pređenja na izabranim mernim mestima na kojima su sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja u eksploatacionom periodu rada sa dozvoljenim rizikom – optimalni model sigurnosti funkcionisanja za  $\lambda_{max}$ .

Eksploataciono vreme rada sastavnih komponenti sklopa sa dozvoljenim rizikom (h)	MERNO MESTO 1			MERNO MESTO 2								MERNO MESTO 3				
	$A_1(t)_{A6}$	$\xi_1$	$\lambda_{1max}$	$A_2(t)_{E1}$	$A_2(t)_{A7}$	$A_2(t)_{A5}$	$\xi_2$	$A_2(t)_{A3}$	$\xi_3$	$A_2(t)_{A4}$	$\xi_4$	$\lambda_{2max}$	$A_3(t)_{A1}$	$A_3(t)_{A2}$	$\xi_5$	$\lambda_{3max}$
13 983	9,983	4025	$2,183 \cdot 10^{-4}$	10,035	10,035	10,035	33022,37	10,035	17,381	10,035	39,411	$2,31 \cdot 10^{-4}$	7,368	7,368	52,582	$4,86 \cdot 10^{-4}$
14 001	9,983	4025		10,035	10,035	10,035	33022,37	10,035	17,381	10,035	39,411		7,368	7,368	52,582	
14 100	9,983	4025		10,035	10,035	10,035	33022,37	10,035	17,381	10,035	39,411		7,623	7,623	47,96	
14 128	9,983	4025		10,035	10,035	10,035	33022,37	10,035	17,381	10,035	39,411		7,623	7,623	47,96	
14 151	9,983	4025		10,414	10,035	10,035	33022,37	10,035	17,381	10,035	39,411		7,623	7,623	47,96	
14 200	9,983	4025		10,414	10,035	10,035	40916,5	10,035	17,381	10,035	39,411		7,878	7,878	39,93	
14 250	9,983	4025		10,792	10,035	10,035	40916,5	10,035	17,381	10,035	39,411		7,878	8,133	25,55	
14 251	9,983	4025		10,792	10,035	10,035	50329,14	10,035	17,381	10,035	39,411		7,878	7,368	61,8	
14 300	10,022	4085,62		11,171	10,035	10,035	50329,14	10,603	25,51	10,035	39,411		8,133	7,368	66,794	
14 301	10,022	4085,62		10,035	10,035	10,035	61413,61	10,603	25,51	10,035	39,411		7,368	7,368	52,582	
14 450	10,061	4148,6		10,035	10,035	10,035	33022,37	10,603	25,51	10,035	39,411		7,368	7,368	52,582	
14 600	9,983	4025		10,035	10,035	10,035	33022,37	11,171	38,56	10,035	39,411		7,368	7,368	52,582	
14 962	9,983	4025		10,035	10,035	11,171	33022,37	10,035	17,381	10,035	39,411		7,368	7,368	52,582	
15 000	9,983	4025		10,035	10,035	10,035	60474,33	10,035	17,381	10,035	39,411		7,368	7,368	52,582	
15 630	9,983	4025		10,035	10,035	10,035	33022,37	10,035	17,381	10,035	39,411		7,368	7,368	52,582	
15 730	9,983	4025		10,035	10,603	10,035	33022,37	10,035	17,381	10,035	39,411		7,368	7,368	52,582	
15 805	9,983	4025		10,035	11,171	10,035	45508,245	10,035	17,381	10,035	39,411		7,368	7,368	52,582	
15 905	9,983	4025		10,035	10,035	10,035	61702,17	10,035	17,381	10,035	39,411		7,368	7,368	52,582	
15 995	9,983	4025		10,035	10,035	10,035	33022,37	10,035	17,381	10,035	39,411		7,368	7,368	52,582	
16 000	9,983	4025		10,035	10,035	10,035	33022,37	10,035	17,381	10,035	39,411		7,368	7,368	52,582	
16 150	9,983	4025	10,035	10,035	10,035	33022,37	10,035	17,381	10,603	55,37	7,368	7,368	52,582			
16 300	9,983	4025	10,035	10,035	10,035	33022,37	10,035	17,381	11,171	77,508	7,368	7,368	52,582			
17 000	9,983	4025	10,035	10,035	10,035	33022,37	10,035	17,381	10,035	39,411	7,368	7,368	52,582			
MERNO MESTO 4				MERNO MESTO 5								$M_{\xi}(t)_{BP} \cdot 10^{12}$				
$A_4(t)_{A8}$	$\xi_6$	$A_4(t)_{E2}$	$\xi_7$	$\lambda_{4max}$	$A_5(t)_{A9}$	$\xi_8$	$A_5(t)_{A10}$	$\xi_9$	$\lambda_{5max}$							
13 983	2,014	1,0	2,014	0,9578	0,5599	1,0	0,5599	1,0		4,89						
14 001	2,014	1,0	2,014	0,9578	0,601	1,0	0,601	1,0		4,9						

14 100	2,014	1,0	2,014	0,9578	4,596 · 10 <sup>-4</sup>	0,601	1,0	0,601	1,0	6,921 · 10 <sup>-4</sup>	4,69
14 128	2,014	1,0	2,014	0,9578		0,601	1,0	0,601	1,0		4,7466
14 151	2,014	1,0	2,014	0,9578		0,601	1,0	0,601	1,0		5,938
14 200	2,014	1,0	2,014	0,9578		0,601	1,0	0,601	1,0		5,048
14 250	2,014	1,0	2,014	0,9578		0,601	1,0	0,601	1,0		4,0571
14 251	2,014	1,0	2,014	0,9578		0,601	1,0	0,601	1,0		9,818
14 300	2,014	1,0	2,014	0,9578		0,601	1,0	0,601	1,0		15,09
14 301	2,014	1,0	2,014	0,9578		0,601	1,0	0,601	1,0		6,399
14 450	2,014	1,0	2,014	0,9578		0,601	1,0	0,601	1,0		6,81
14 600	2,014	1,0	2,014	0,9578		0,601	1,0	0,601	1,0		8,7
14 962	2,014	1,0	2,014	0,9578		0,601	1,0	0,601	1,0		13,442
15 000	2,096	1,0	2,096	0,994		0,601	1,0	0,601	1,0		7,519
15 630	2,096	1,0	2,096	0,994		0,6421	1,0	0,6421	1,0		9,624
15 730	2,096	1,0	2,096	0,994		0,6421	1,0	0,6421	1,0		13,777
15 805	2,096	1,0	2,096	0,994		0,6421	1,0	0,6421	1,0		19,224
15 905	2,096	1,0	2,115	0,9953		0,6421	1,0	0,6421	1,0		10,673
15 995	2,096	1,0	2,115	0,9953		0,6421	1,0	0,6421	1,0		11,04
16 000	2,177	1,0	2,115	0,9953		0,6832	1,0	0,6832	1,0		11,06
16 150	2,177	1,0	2,115	0,9953		0,6832	1,0	0,6832	1,0		14,983
16 300	2,177	1,0	2,115	0,9953		0,6832	1,0	0,6832	1,0		20,658
17 000	2,259	1,0	2,291	0,793	0,7243	1,0	0,7243	1,0	15,295		

Tabela 7.4 Vrednosti činioca optimalnog modela sigurnosti funkcionisanja rada komponenti sklopa bok pređenja na izabranim mernim mestima na kojima su sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja u eksploatacionom periodu rada sa dozvoljenim rizikom – optimalni model sigurnosti funkcionisanja za  $\lambda_{\min}$ .

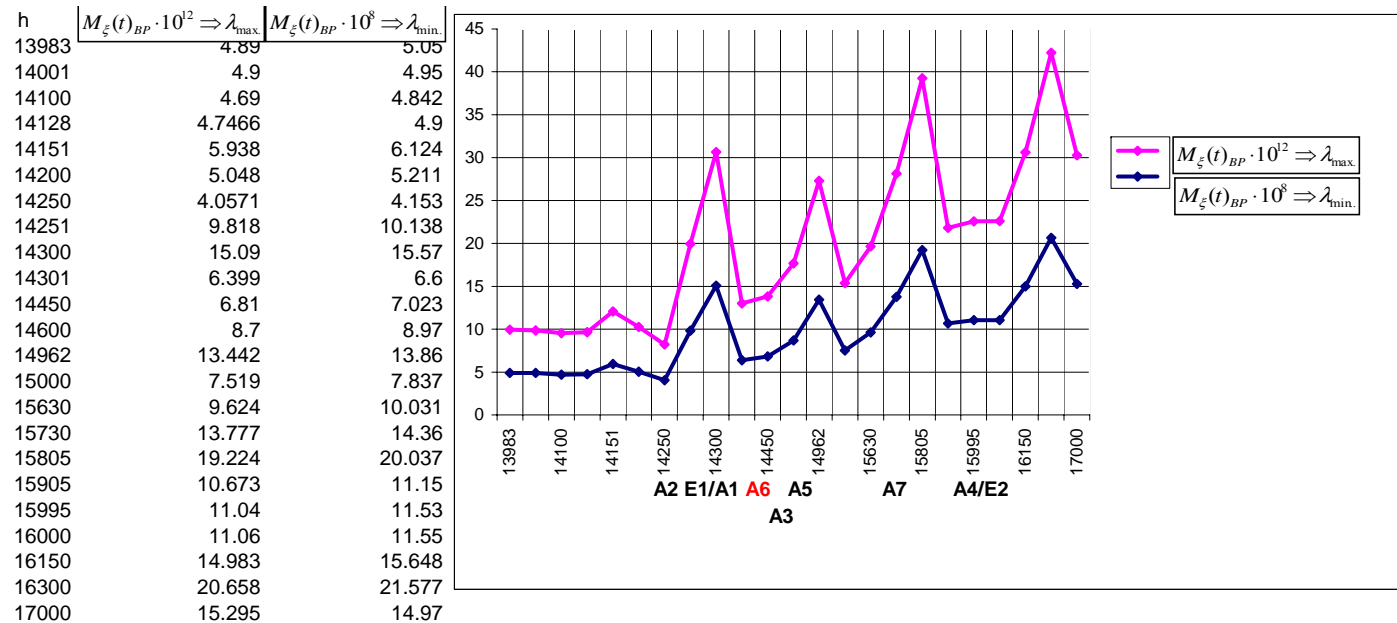
Eksploataciono vreme rada sastavnih komponenti sklopa sa dozvoljenim rizikom (h)	MERNO MESTO 1			MERNO MESTO 2								MERNO MESTO 3				
	$A_1(t)_{A6}$	$\xi_1$	$\lambda_{1\min}$	$A_2(t)_{E1}$	$A_2(t)_{A7}$	$A_2(t)_{A5}$	$\xi_2$	$A_2(t)_{A3}$	$\xi_3$	$A_2(t)_{A4}$	$\xi_4$	$\lambda_{2\min}$	$A_3(t)_{A1}$	$A_3(t)_{A2}$	$\xi_5$	$\lambda_{3\min}$
13 983	9,983	4025		10,035	10,035	10,035	33022,37	10,035	17,381	10,035	39,411		7,368	7,368	52,582	
14 100	9,983	4025		10,035	10,035	10,035	33022,37	10,035	17,381	10,035	39,411		7,623	7,623	47,96	
14 128	9,983	4025		10,035	10,035	10,035	33022,37	10,035	17,381	10,035	39,411		7,623	7,623	47,96	
14 151	9,983	4025		10,414	10,035	10,035	33022,37	10,035	17,381	10,035	39,411		7,623	7,623	47,96	
14 200	9,983	4025		10,414	10,035	10,035	40916,5	10,035	17,381	10,035	39,411		7,878	7,878	39,93	
14 250	9,983	4025		10,792	10,035	10,035	40916,5	10,035	17,381	10,035	39,411		7,878	8,133	25,55	
14 251	9,983	4025		10,792	10,035	10,035	50329,14	10,035	17,381	10,035	39,411		7,878	7,368	61,8	
14 300	10,022	4085,62		11,171	10,035	10,035	50329,14	10,603	25,51	10,035	39,411		8,133	7,368	66,794	



14 301	10,022	4085,62	1,697 · 10 <sup>-5</sup>	10,035	10,035	10,035	61413,61	10,603	25,51	10,035	39,411	2,157 · 10 <sup>-4</sup>	7,368	7,368	52,582	6,75 · 10 <sup>-5</sup>		
14 450	10,061	4148,6		10,035	10,035	10,035	33022,37	10,603	25,51	10,035	39,411		7,368	7,368	52,582			
14 600	9,983	4025		10,035	10,035	10,035	33022,37	11,171	38,56	10,035	39,411		7,368	7,368	52,582			
14 962	9,983	4025		10,035	10,035	11,171	33022,37	10,035	17,381	10,035	39,411		7,368	7,368	52,582			
15 000	9,983	4025		10,035	10,035	10,035	60474,33	10,035	17,381	10,035	39,411		7,368	7,368	52,582			
15 630	9,983	4025		10,035	10,035	10,035	33022,37	10,035	17,381	10,035	39,411		7,368	7,368	52,582			
15 730	9,983	4025		10,035	10,603	10,035	33022,37	10,035	17,381	10,035	39,411		7,368	7,368	52,582			
15 805	9,983	4025		10,035	11,171	10,035	45508,245	10,035	17,381	10,035	39,411		7,368	7,368	52,582			
15 905	9,983	4025		10,035	10,035	10,035	61702,17	10,035	17,381	10,035	39,411		7,368	7,368	52,582			
15 995	9,983	4025		10,035	10,035	10,035	33022,37	10,035	17,381	10,035	39,411		7,368	7,368	52,582			
16 000	9,983	4025		10,035	10,035	10,035	33022,37	10,035	17,381	10,035	39,411		7,368	7,368	52,582			
16 150	9,983	4025		10,035	10,035	10,035	33022,37	10,035	17,381	10,603	55,37		7,368	7,368	52,582			
16 300	9,983	4025		10,035	10,035	10,035	33022,37	10,035	17,381	11,171	77,508		7,368	7,368	52,582			
17 000	9,983	4025		10,035	10,035	10,035	33022,37	10,035	17,381	10,035	39,411		7,368	7,368	52,582			
MERNO MESTO 4				MERNO MESTO 5														
	$A_4(t)_{A8}$	$\xi_6$		$A_4(t)_{E2}$	$\xi_7$	$\lambda_{4min}$	$A_5(t)_{A9}$	$\xi_8$	$A_5(t)_{A10}$	$\xi_9$	$\lambda_{5min}$		$M_\xi(t)_{BP} \cdot 10^8$					
13 983	2,014	1,0		2,014	0,9578	7,47 · 10 <sup>-6</sup>	0,5599	1,0	0,5599	1,0	1,816 · 10 <sup>-7</sup>		5,05					
14 100	2,014	1,0	2,014	0,9578	0,601		1,0	0,601	1,0	4,842								
14 128	2,014	1,0	2,014	0,9578	0,601		1,0	0,601	1,0	4,9								
14 151	2,014	1,0	2,014	0,9578	0,601		1,0	0,601	1,0	6,124								
14 200	2,014	1,0	2,014	0,9578	0,601		1,0	0,601	1,0	5,211								
14 250	2,014	1,0	2,014	0,9578	0,601		1,0	0,601	1,0	4,153								
14 251	2,014	1,0	2,014	0,9578	0,601		1,0	0,601	1,0	10,138								
14 300	2,014	1,0	2,014	0,9578	0,601		1,0	0,601	1,0	15,57								
14 301	2,014	1,0	2,014	0,9578	0,601		1,0	0,601	1,0	6,6								
14 450	2,014	1,0	2,014	0,9578	0,601		1,0	0,601	1,0	7,023								
14 600	2,014	1,0	2,014	0,9578	0,601		1,0	0,601	1,0	8,97								
14 962	2,014	1,0	2,014	0,9578	0,601		1,0	0,601	1,0	13,86								
15 000	2,096	1,0	2,096	0,994	0,601		1,0	0,601	1,0	7,837								
15 630	2,096	1,0	2,096	0,994	0,6421		1,0	0,6421	1,0	10,031								
15 730	2,096	1,0	2,096	0,994	0,6421		1,0	0,6421	1,0	14,36								
15 805	2,096	1,0	2,096	0,994	0,6421		1,0	0,6421	1,0	20,037								
15 905	2,096	1,0	2,115	0,9953	0,6421		1,0	0,6421	1,0	11,15								
15 995	2,096	1,0	2,115	0,9953	0,6421	1,0	0,6421	1,0	11,53									
16 000	2,177	1,0	2,115	0,9953	0,6832	1,0	0,6832	1,0	11,55									
16 150	2,177	1,0	2,115	0,9953	0,6832	1,0	0,6832	1,0	15,648									
16 300	2,177	1,0	2,115	0,9953	0,6832	1,0	0,6832	1,0	21,577									
17 000	2,259	1,0	2,291	0,793	0,7243	1,0	0,7243	1,0	14,97									

Na slici 7.2. prikazane su krive zavisnosti frekventnih sigurnosti u zavisnosti od eksploatacionog vremena rada sastavnih komponenti boksa predenja za optimalni model sigurnosti. Optimalni model sigurnosti obuhvata vrednosti rada komponenata sa dozvoljenim rizikom. Na prikazanoj slici jasno se uočava pojas apsolutno sigurnog rada analiziranog sklopa i on se nalazi između vrednosti prikazanih kriva zavisnosti  $M_{\xi}(t)_{BP} = f(t)$ . Iz dobijenog dijagrama se jasno zaključuje da je rizičan pojas sigurnosti funkcionisanja rada sklopa boksa predenja u trenutku njegovog rada od 14 250 (h). Zbog toga potrebno je obratiti pažnju u ovom eksploatacionom periodu tj. oko ovog perioda vršiti stalnu proveru vrednosti amplituda mehaničkih oscilacija na izabranim mernim mestima. Takođe, na prikazanom dijagramu su naznačeni i vremenski periodi zamene svih potrebnih sastavnih komponenti boksa predenja kako bi se dobila najveća vrednosti njihovih sigurnosti funkcionisanja.

Mora se napomenuti da je optimalni model sigurnosti funkcionisanja rada boksa predenja formiran u oblastima rada sastavnih komponenti sa dozvoljenim rizikom, jer sa nedozvoljenim rizikom ulazi se u rizično polje rada sklopa pa sa odmah treba intervenisati u delu zamene pohabanih sastavnih komponenti ili remonta sklopa.



Slika 7.2. Dijagram frekventne sigurnosti u zavisnosti od eksploatacionog vremena rada sastavnih komponenti sklopa boksa predenja na kojima su sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja - optimalni model

7.3. TESTIRANJE MODELA NA SKLOPU ZA NAMOTAVANJE KALEMOVA GOTOVOM PREDOM

Testiranje modela na sklopu za namotavanje kalemova gotovom predom izvršeno je prema dobijenim numeričkim vrednostima činioca optimalnog modela sigurnosti funkcionisanja njegovog rada. Vrednosti činioca su prikazani u tabelama 7.5 – 7.8 ove disertacije. Na osnovu njih su konstruisane granične krive koje su prikazane na dijagramima (slike 7.3. i 7.4.).

Tabela 7.5 Vrednosti činioca optimalnog modela sigurnosti funkcionisanja rada komponenti sklopa za namotavanje kalemova gotovom predom na izabranim mernim mestima na kojima nisu sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja u eksploatacionom periodu rada sa dozvoljenim rizikom – optimalni model sigurnosti funkcionisanja za  $\lambda_{max}$ .

Eksploataciono vreme rada sastavnih komponenti sklopa sa dozvoljenim rizikom (h)	MERNO MESTO 6				MERNO MESTO 7				Frekventna sigurnost $M_{\xi}(t)_{NK} \cdot 10^9$
	$A_6(t)_{F1}$	$A_6(t)_{F3}$	$\xi_{10}$	$\lambda_{6max}$	$A_7(t)_{F2}$	$A_7(t)_{F4}$	$\xi_{11}$	$\lambda_{7max}$	
13 000	1,403	1,403	1,0	$5,725 \cdot 10^{-4}$	1,859	1,859	0,00616	$6,697 \cdot 10^{-4}$	9,439
13 089	1,403	1,403	1,0		2,04	1,859	0,0052		9,685
13 770	1,551	1,403	0,9		1,859	1,859	0,00616		11,88
13 955	1,7	1,403	0,823		1,859	1,859	0,00616		10,334
13 970	1,403	1,551	1,0		1,859	1,859	0,00616		12,568
14 000	1,403	1,551	1,0		1,859	1,859	0,00616		12,695
14 030	1,403	1,551	1,0		1,859	1,859	0,00616		12,804
14 053	1,403	1,551	1,0		1,859	1,994	0,00295		12,832
14 065	1,403	1,551	1,0		1,859	1,958	0,00252		12,868
14 080	1,403	1,551	1,0		1,859	2,13	0,002626		12,925
14 095	1,403	1,7	1,0		1,859	1,859	0,00616		13,043

Napomena: Posle zasenčanog polja treba izvršiti zamenu sastavne komponente ili sprovesti njen remont (ova napomena važi za sve tabele u ovom poglavlju).

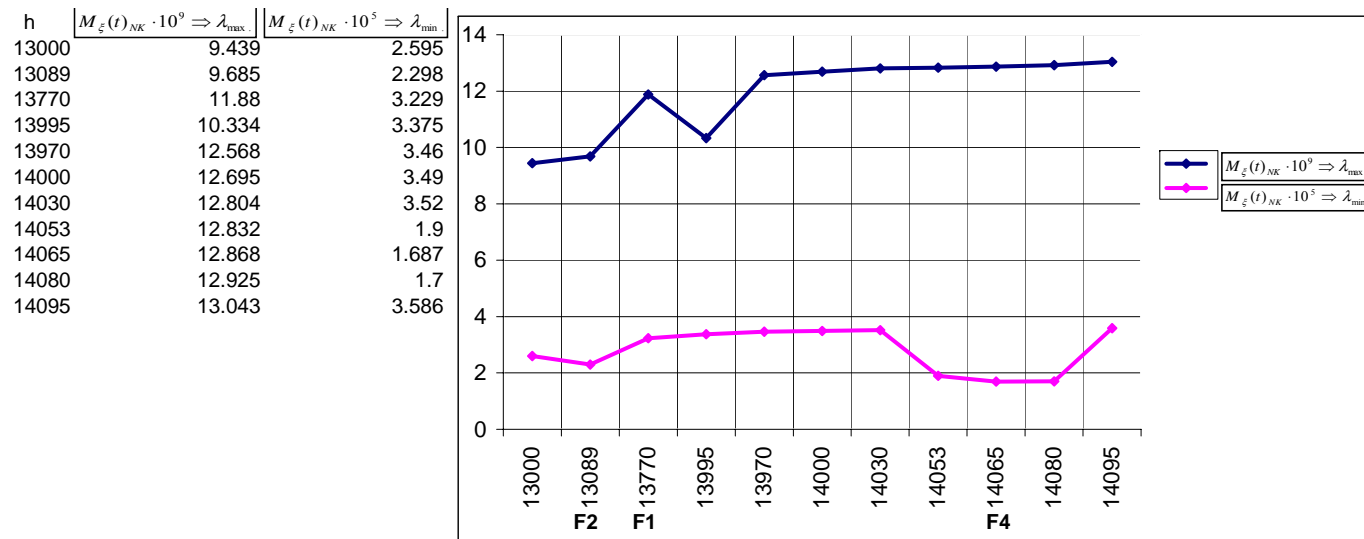
Tabela 7.6 Vrednosti činioca optimalnog modela sigurnosti funkcionisanja rada komponenti sklopa za namotavanje kalemova gotovom predom na izabranim mernim mestima na kojima nisu sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja u eksploatacionom periodu rada sa dozvoljenim rizikom – optimalni model sigurnosti funkcionisanja za  $\lambda_{min}$ .

Eksploataciono vreme rada sastavnih komponenti sklopa sa dozvoljenim rizikom (h)	MERNO MESTO 6				MERNO MESTO 7				Frekventna sigurnost $M_{\xi}(t)_{NK} \cdot 10^5$
	$A_6(t)_{F1}$	$A_6(t)_{F3}$	$\xi_{10}$	$\lambda_{6min}$	$A_6(t)_{F2}$	$A_6(t)_{F4}$	$\xi_{11}$	$\lambda_{7min}$	
13 000	1,403	1,403	1,0		1,859	1,859	0,00616		2,595
13 089	1,403	1,403	1,0		2,04	1,859	0,0052		2,298

13 770	1,551	1,403	0,9	$1,016 \cdot 10^{-6}$	1,859	1,859	0,00616	$3,616 \cdot 10^{-5}$	3,229
13 955	1,7	1,403	0,823		1,859	1,859	0,00616		3,375
13 970	1,403	1,551	1,0		1,859	1,859	0,00616		3,46
14 000	1,403	1,551	1,0		1,859	1,859	0,00616		3,49
14 030	1,403	1,551	1,0		1,859	1,859	0,00616		3,52
14 053	1,403	1,551	1,0		1,859	1,994	0,00295		1,9
14 065	1,403	1,551	1,0		1,859	1,958	0,00252		1,687
14 080	1,403	1,551	1,0		1,859	2,13	0,002626		1,7
14 095	1,403	1,7	1,0		1,859	1,859	0,00616		3,586

Na slici 7.3 prikazane su krive zavisnosti frekventnih sigurnosti od eksploatacionog vremena rada sastavnih komponenti sklopa za namotavanje kalemova gotovom predom za optimalni model sigurnosti. Optimalni model sigurnosti obuhvata vrednosti rada komponenata sa dozvoljenim rizikom. Na prikazanoj slici jasno se uočava pojas apsolutno sigurnog rada analiziranog sklopa i on se nalazi između vrednosti prikazanih kriva zavisnosti  $M_{\xi}(t)_{NK} = f(t)$ .

Iz dobijenog dijagrama se jasno zaključuje da je rizičan pojas sigurnosti funkcionisanja rada sklopa za namotavanje kalemova gotovom predom u oblasti njegovog rada od 13 089 (h) do 13 995(h). Zbog toga potrebno je naročito obratiti pažnju u ovom eksploatacionom periodu tj. oko ovog perioda vršiti stalnu proveru vrednosti amplituda mehaničkih oscilacija na izabranim mernim mestima. Takođe, na prikazanom dijagramu su naznačeni i vremenski periodi zamene svih potrebnih sastavnih komponenti sklopa kako bi se dobila najveća vrednosti sigurnosti funkcionisanja.



Slika 7.3. Dijagram frekventne sigurnosti u zavisnosti od eksploatacionog vremena rada sastavnih komponenti sklopa za namotavanje kalemova gotovom predom na kojima nisu sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja - optimalni model

Tabela 7.7 Vrednosti činioca optimalnog modela sigurnosti funkcionisanja rada komponenti sklopa za namotavanje kalemova gotovom predom na izabranim mernim mestima na kojima su sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja u eksploatacionom periodu rada sa dozvoljenim rizikom – optimalni model sigurnosti funkcionisanja za  $\lambda_{max}$ .

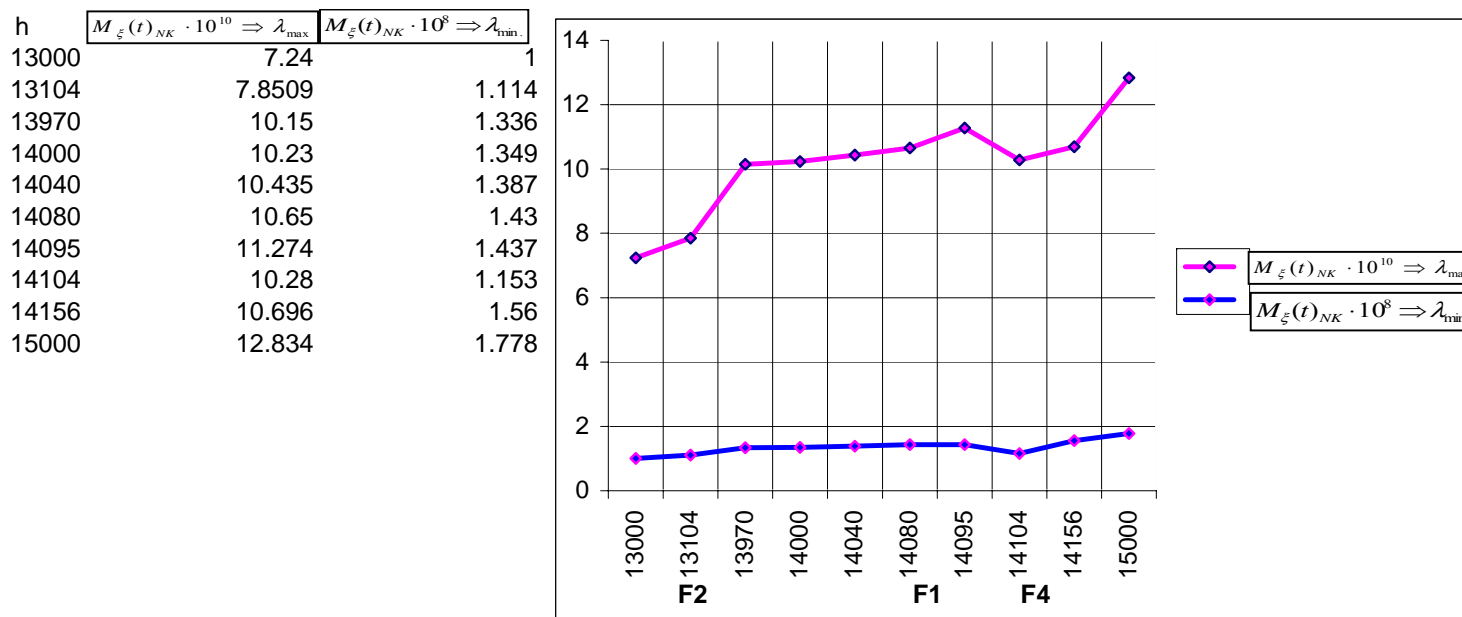
Eksploataciono vreme rada sastavnih komponenti sklopa sa dozvoljenim rizikom (h)	MERNO MESTO 6				MERNO MESTO 6				Frekventna sigurnost $M_{\xi}(t)_{NK} \cdot 10^{10}$
	$A_6(t)_{F1}$	$A_6(t)_{F3}$	$\xi_{10}$	$\lambda_{6max}$	$A_7(t)_{F2}$	$A_7(t)_{F4}$	$\xi_{11}$	$\lambda_{7max}$	
13 000	1,403	1,403	4,064	$5,725 \cdot 10^{-4}$	1,638	1,638	2,683	$6,697 \cdot 10^{-4}$	7,24
13 104	1,403	1,403	4,064		1,812	1,638	2,968		7,8509
13 970	1,551	1,403	4,4658		1,638	1,638	2,683		10,15
14 000	1,551	1,466	4,4658		1,638	1,638	2,683		10,23
14 040	1,551	1,466	4,4658		1,638	1,665	2,727		10,435
14 080	1,551	1,466	4,4658		1,638	1,698	2,781		10,65
14 095	1,7	1,466	4,91		1,638	1,698	2,781		11,274
14 104	1,403	1,466	4,064		1,638	1,725	2,825		10,28
14 156	1,403	1,466	4,064		1,638	1,812	2,969		10,696
15 000	1,403	1,53	4,064		1,638	1,638	2,683		12,834

Tabela 7.8 Vrednosti činioca optimalnog modela sigurnosti funkcionisanja rada komponenti sklopa za namotavanje kalemova gotovom predom na izabranim mernim mestima na kojima su sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja u eksploatacionom periodu rada sa dozvoljenim rizikom – optimalni model sigurnosti funkcionisanja za  $\lambda_{min}$ .

Eksploataciono vreme rada sastavnih komponenti sklopa sa dozvoljenim rizikom (h)	MERNO MESTO 6				MERNO MESTO 6				Frekventna sigurnost $M_{\xi}(t)_{NK} \cdot 10^8$
	$A_6(t)_{F1}$	$A_6(t)_{F3}$	$\xi_{10}$	$\lambda_{6min}$	$A_6(t)_{F2}$	$A_6(t)_{F4}$	$\xi_{11}$	$\lambda_{7min}$	
13 000	1,403	1,403	4,064	$1,016 \cdot 10^{-6}$	1,638	1,638	2,683	$3,616 \cdot 10^{-5}$	1,0
13 104	1,403	1,403	4,064		1,812	1,638	2,968		1,144
13 970	1,551	1,403	4,4658		1,638	1,638	2,683		1,336
14 000	1,551	1,466	4,4658		1,638	1,638	2,683		1,349
14 040	1,551	1,466	4,4658		1,638	1,665	2,727		1,387
14 080	1,551	1,466	4,4658		1,638	1,698	2,781		1,43
14 095	1,7	1,466	4,91		1,638	1,698	2,781		1,437
14 104	1,403	1,466	4,064		1,638	1,725	2,825		1,153
14 156	1,403	1,466	4,064		1,638	1,812	2,969		1,56
15 000	1,403	1,53	4,064		1,638	1,638	2,683		1,778

Na slici 7.4. prikazane su krive zavisnosti frekventnih sigurnosti od eksploatacionog vremena rada sastavnih komponenti sklopa za namotavanje kalemova gotovom predom za optimalni model sigurnosti. Optimalni model sigurnosti obuhvata vrednosti rada komponenta sa dozvoljenim rizikom. Na prikazanoj slici jasno se uočava pojas apsolutno sigurnog rada analiziranog sklopa i on se nalazi između vrednosti prikazanih kriva zavisnosti  $M_{\xi}(t)_{NK} = f(t)$ .

Iz dobijenog dijagrama se jasno zaključuje da je rizičan pojas sigurnosti funkcionisanja rada sklopa za namotavanje kalemova gotovom predom u oblasti njegovog rada od 13 089 (h) do 13 104 (h). Zbog toga potrebno je obratiti pažnju u ovom eksploatacionom periodu tj. oko ovog perioda vršiti stalnu proveru vrednosti amplituda mehaničkih oscilacija na izabranim mernim mestima. Takođe, na prikazanom dijagramu su naznačeni i vremenski periodi zamene svih potrebnih sastavnih komponenti sklopa kako bi se dobila najveća vrednosti sigurnosti funkcionisanja.



Slika 7.4. Dijagram frekventne sigurnosti u zavisnosti od eksploatacionog vremena rada sastavnih komponenti sklopa za namotavanje kalemova gotovom predom na kojima su sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja - optimalni model

## 7.4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA U TESTIRANJU MODELA

Testiranje optimalnog modela  $M_{\xi}(t) = f(t)$  je sprovedeno u konstruisanju dijagrama na kojima su ucrtane krive zavisnosti optimalnog modela sigurnosti funkcionisanja rada analiziranih sklopova OE – predilice prema izabranim mernim mestima na kojima su vršena meranja nivoa mehaničkih oscilacija. Testiranje je obuhvatilo analizu na sklopovima analiziranih prenosa na kojima nisu sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja i na onima na kojima su ovi postupci sprovedeni u slučajevima koji su obuhvatili ekstremne vrednosti korelacija ( $\lambda_{\min.}, \lambda_{\max.}$ ). Na osnovu analize testiranja došlo se do sledećih vrednosti:

### 1. SKLOP BOKSA PREDENJA

#### a) Bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja

Iz konstruisanih dijagrama za krive  $M_{\xi}(t)_{BP} = f(t)_{\lambda_{\max.}}$ ,  $M_{\xi}(t)_{BP} = f(t)_{\lambda_{\min.}}$  može se zaključiti da je ukupan rizičan pojas vremena eksploatacije analiziranog sklopa u periodu  $t \approx 13300(h)$  što ukazuje da u tom vremenskom periodu eksploatacije treba vršiti stalnu proveru vrednosti amplituda mehaničkih oscilacija. Vrednosti zavisnosti sigurnosti funkcionisanja za ovaj eksploatacioni period iznose  $M_{\xi}(t)_{BP_{\lambda_{\max.}}} = 3,184 \cdot 10^{10}$  i  $M_{\xi}(t)_{BP_{\lambda_{\min.}}} = 2,123 \cdot 10^6$ . Najbolja sigurnost počinje u periodu od  $t_i \approx 15190(h)$  i ima vrednosti  $M_{\xi}(t)_{BP_{\lambda_{\max.}}} = 21,053 \cdot 10^{10}$  i  $M_{\xi}(t)_{BP_{\lambda_{\min.}}} = 14,033 \cdot 10^6$ . Ukupan procenat smanjenja rizika odnosno povećanja sigurnosti funkcionisanja iznosi  $R_{(t_i-t)} = (21,053 \cdot 10^{10} - 14,233 \cdot 10^6) - (3,181 \cdot 10^{10} - 2,123 \cdot 10^6) = 1,79 \cdot 10^{11}$ . Ova analiza ukazuje da se naročito mora obratiti pažnja u primeni dijagnosticanja jer ukupan procentualni iznos je veoma veliki u delu rizika za naznačeni pojas eksploatacionog vremena od  $t \approx 13300(h)$ .

Takođe na konstruisanim dijagramima na krivama zavisnosti naznačena su vremena zamene sastavnih komponenti sklopa jer eksploatacija posle naznačenog vremena stvara rizik u njenom radu. Ovo važi za sve sastavne komponente analiziranih sklopova.

#### b) Sa primenom postupaka tehnologije preventivnog održavanja

Iz konstruisanih dijagrama za krive  $M_{\xi}(t)_{BP} = f(t)_{\lambda_{\max.}}$ ,  $M_{\xi}(t)_{BP} = f(t)_{\lambda_{\min.}}$  može se zaključiti da je ukupan rizičan pojas vremena eksploatacije analiziranog sklopa u periodu  $t \approx 14250(h)$  što ukazuje da u tom vremenskom periodu eksploatacije treba vršiti stalnu proveru vrednosti amplituda mehaničkih oscilacija. Vrednosti zavisnosti sigurnosti funkcionisanja za ovaj eksploatacioni period iznose  $M_{\xi}(t)_{BP_{\lambda_{\max.}}} = 4,0571 \cdot 10^{12}$  i  $M_{\xi}(t)_{BP_{\lambda_{\min.}}} = 4,153 \cdot 10^8$ . Najbolja sigurnost počinje u periodu od  $t_i \approx 16150(h)$  i ima vrednosti  $M_{\xi}(t)_{BP_{\lambda_{\max.}}} = 14,983 \cdot 10^{12}$  i  $M_{\xi}(t)_{BP_{\lambda_{\min.}}} = 15,648 \cdot 10^8$ .

Ukupan procenat smanjenja rizika i povećanja sigurnosti funkcionisanja iznosi  $R_{(t_i-t)}^* = (14,983 \cdot 10^{12} - 15,648 \cdot 10^8) - (4,0571 \cdot 10^{12} - 4,153 \cdot 10^8) = 1,09 \cdot 10^{13}$ . Ova analiza ukazuje da se naročito mora obratiti pažnja u primani dijagnosticanja jer ukupan procentualni iznos je veoma veliki u delu rizika za naznačeni pojas eksploatacionog vremena od  $t \approx 14250(h)$ .

Ukupan učinak povećanja sigurnosti funkcionisanja za sklop boksa pređenja koji istovremeno predstavlja i smanjenje rizika iznosi:

$$U_{sr}M_{\xi}(t)_{(\lambda_{\min.}, \lambda_{\max.})_{BP}} = \frac{R_{(t_I-t)}^* - R_{(t_I-t)}}{R_{(t_I-t)}^*} = \frac{1,09 \cdot 10^{13} - 1,79 \cdot 10^{11}}{1,09 \cdot 10^{13}} \approx 0,98 \approx 98\%.$$

## 2. SKLOP ZA NAMOTAVANJE KALEMOVA GOTOVOM PREĐOM

### a) Bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja

Polje rizičnog rada odnosno, pojas vremena rizika sigurnosti funkcionisanja analiziranih sklopova iznosi 13089–13995(h), tj. 13 770 (h) i u tom vremenskom periodu eksploatacije neophodno je vršiti stalnu kontrolu nivoa mehaničkih oscilacija. Ova provera se ogleda u stalnom merenju vrednosti amplituda zabeleženih stohastičkih signala na izabranim mernim mestima. Vrednosti zavisnosti sigurnosti funkcionisanja za ovaj eksploatacioni period iznose:  $M_{\xi}(t)_{NK_{\lambda_{\max.}}} = 11,88 \cdot 10^9$  i  $M_{\xi}(t)_{NK_{\lambda_{\min.}}} = 3,229 \cdot 10^5$ . Najbolja sigurnost funkcionisanja je u periodu od  $t_I \approx 14065(h)$  i ima vrednosti  $M_{\xi}(t)_{NK_{\lambda_{\max.}}} = 12,868 \cdot 10^9$  i  $M_{\xi}(t)_{NK_{\lambda_{\min.}}} = 1,687 \cdot 10^5$ . Ukupan procenat smanjenja rizika odnosno povećanja sigurnosti funkcionisanja iznosi  $R_{(t_I-t)} = (12,868 \cdot 10^9 - 1,687 \cdot 10^5) - (11,88 \cdot 10^9 - 3,229 \cdot 10^5) \approx 9,9 \cdot 10^8$ .

### b) Sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja

Analiza rada sastavnih komponenti je sprovedena na isti način kao i kod sklopova na kojima nisu sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja.

Polje rizičnog rada odnosno, pojas vremena rizika sigurnosti funkcionisanja analiziranih sklopova iznosi 13089–13104(h), tj. 13 104 (h) i u tom vremenskom periodu eksploatacije neophodno je vršiti stalnu kontrolu nivoa mehaničkih oscilacija. Ova provera se ogleda u stalnom merenju vrednosti amplituda zabeleženih stohastičkih signala na izabranim mernim mestima. Vrednosti zavisnosti sigurnosti funkcionisanja za ovaj eksploatacioni period iznose:  $M_{\xi}(t)_{NK_{\lambda_{\max.}}} = 7,8509 \cdot 10^{10}$  i  $M_{\xi}(t)_{NK_{\lambda_{\min.}}} = 1,114 \cdot 10^8$ . Najbolja sigurnost je u periodu od  $t_I \approx 14104(h)$  i ima vrednosti  $M_{\xi}(t)_{NK_{\lambda_{\max.}}} = 10,28 \cdot 10^{10}$  i  $M_{\xi}(t)_{NK_{\lambda_{\min.}}} = 1,153 \cdot 10^8$ . Ukupan procenat smanjenja rizika odnosno povećanja sigurnosti funkcionisanja iznosi

$$R_{(t_I-t)}^* = (10,28 \cdot 10^{10} - 1,153 \cdot 10^8) - (7,8509 \cdot 10^{10} - 1,114 \cdot 10^8) \approx 2,4 \cdot 10^{10}.$$

Ukupan učinak povećanja sigurnosti funkcionisanja sklopa za namotavanje kalemova gotovom pređom koji istovremeno predstavlja i smanjenje rizika iznosi:

$$U_{sr}M_{\xi}(t)_{(\lambda_{\min.}, \lambda_{\max.})_{NK}} = \frac{R_{(t_I-t)}^* - R_{(t_I-t)}}{R_{(t_I-t)}^*} = \frac{2,4 \cdot 10^{10} - 9,9 \cdot 10^9}{2,4 \cdot 10^{10}} \approx 0,95 = 95,0\%.$$

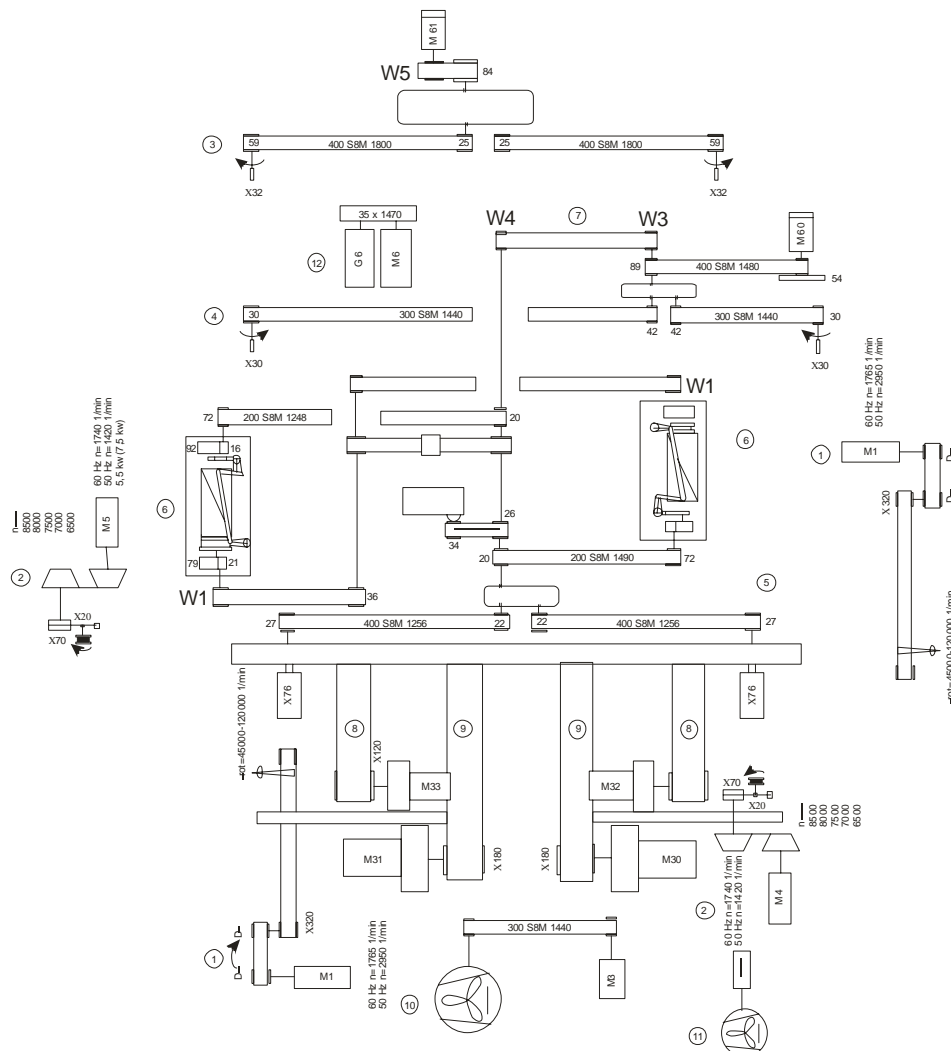
**Zaključak: Ukupna srednja vrednost sigurnosti funkcionisanja oba analizirana sklopa primenom optimalnog modela sigurnosti funkcionisanja iznosi:**

$$U_{sr}M_{\xi}(t)_{(\lambda_{\max.}, \lambda_{\min.})} = \frac{U_{sr}M_{\xi}(t)_{(\lambda_{\max.}, \lambda_{\min.})_{BP}} + U_{sr}M_{\xi}(t)_{(\lambda_{\max.}, \lambda_{\min.})_{NK}}}{2} = \frac{98\% + 95\%}{2} = 96,675\%.$$



## 8.0. PREDLOG DALJEG ISTRAŽIVANJA MODELA

Dalje istraživanje modela biće predloženo na osnovu prostornog plana predilice (slika 8.1.) i obuhvatiće lokacijska merna mesta u cilju uticaja mehaničkih oscilacija na njih, a obuhvatiće dva mesta predenja jedno nasuprot drugog.

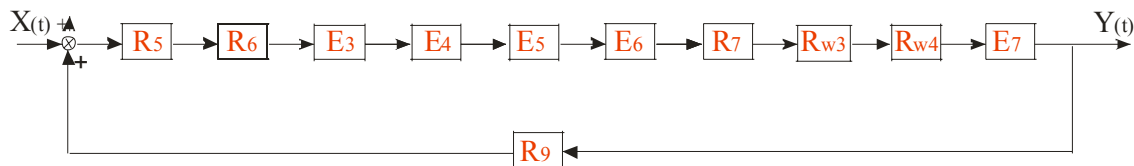


(1) – rotor, (2) – valjak na otvaraču, (3) – dovodni valjak, (4) – odvodni valjak, (5) – zavojni bubanj ( $R_5$ ), (6) – sistem poprečnog potiskivanja ( $R_6$ ), (7) – zavojni napon vuče glavnog vretena ( $E_3$ ), (9) – sistem za uklanjanje nečistoća iz boksa predenja ( $E_4$ ), (10) – glavni ventilator ( $E_5$ ), (11) – pomoćni (dodatni) ventilator ( $E_6$ ), (12) – generator ( $R_7$ ), (W1) – uređaj za pomeranje ugla glavne spirale (zavojnice) ( $R_{W1}$ ), (W3/4) – uređaj za promenu napona vuče glavnog vučnog vretena ( $R_{W3,W4}$ ) i (W5) – uređaj za promenu zahvata zupčanika

**Slika 8.1. Prostorni plan sistema prenosa snage OE predilice na dva mesta predenja jedno nasuprot drugog**

Kako se vidi sa slike 8.1 neispitane komponente prenosa snage su: (5) – zavojni bubanj ( $R_5$ ), (6) – sistem poprečnog potiskivanja ( $R_6$ ), (7) – zavojni napon vuče glavnog vretena ( $E_3$ ), (9) – sistem za uklanjanje nečistoća iz boksa pređenja ( $E_4$ ), (10) – glavni ventilator ( $E_5$ ), (11) – pomoćni (dodatni) ventilator ( $E_6$ ), (12) – generator ( $R_7$ ), (W1) – uređaj za pomeranje ugla glavne spirale (zavojnice) ( $R_{w1}$ ), (W3/4) – uređaj za promenu napona vuče glavnog vučnog vretena ( $R_{w3,w4}$ ) i (W5) – uređaj za promenu zahvata zupčanika ( $R_7$ ). Sve ove komponente zajedno sa analiziranim sastavnim komponentama sklopa boksa pređenja i sklopa za namotavanje kalemova gotovom pređom čine ukupan prenos snage po jednom mestu pređenja jedne sekcije (kao što je već rečeno jedna sekcija ima 20 bokseva pređenja). Uvođenjem dodatnog modela koji se bazira na analiziranim modelima sklopova, može se izvršiti sveukupni uticaj mehaničkih oscilacija po svakoj jedinici sekcije OE predilice i time doprineti da se izvrši celokupna dijagnostika neželjenih posledica koje nastaju pod uticajem povišenog nivoa mehaničkih oscilacija.

Predlog strukture blok šeme prenosa snage dodatnog modela prikazan je na slici 8.2



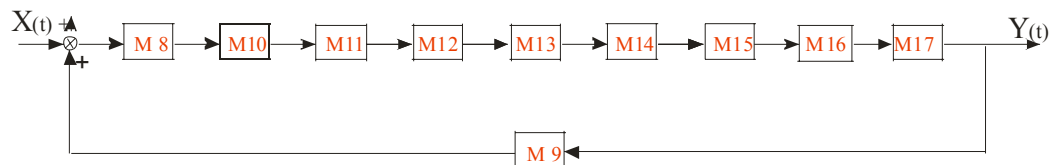
Slika 8.2. Prenos snage dodatnog modela

Formiranje dodatnog modela, po mišljenju kandidata, treba da obuhvati sledeća merna mesta i to:

1. **Merno mesto 8**, na kućištu zavojnog bubnja ( $M_8$ );
2. **Merno mesto 9**, na sredini kućišta sistema za poprečno potiskivanje ( $M_9$ );
3. **Merno mesto 10**, na motoru M 60 koji je pogonski za napon vuče i to na izlaznom vratilu ( $M_{10}$ );
4. **Merno mesto 11**, na motoru M 31 na izlaznom vratilu koji služi za pogon pumpe vakuma za uklanjanje nečistoća iz boksa pređenja ( $M_{11}$ );
5. **Merno mesto 12**, na kućištu motora glavnog ventilatora M 3 sa strane gde je izlazno vratilo ( $M_{12}$ );
6. **Merno mesto 13**, na kućištu motora dopunskog ventilatora M 59 sa strane gde je izlazno vratilo ( $M_{13}$ );
7. **Merno mesto 14**, na kućišti glavnog generatora ( $M_{14}$ );
8. **Merno mesto 15**, na kućištu uređaja za pomeranje ugla glavne spirale ( $M_{15}$ );
9. **Merno mesto 16**, na izlaznim vratilima remenica W3 i W4 uređaja za promenu napona vuče ( $M_{16}$ );
10. **Merno mesto 17**, na izlaznom vratilu motora M 61, uređaja za promenu zahvata zupčanika ( $M_{17}$ ).

Sva nabrojana merna mesta su karakteristična i predstavljaju slaba mesta prenosa sistema snage na kojima je izražen znatan uticaj mehaničkih oscilacija.

Transformisani strukturni blok dijagram dodatnog modela prema mernim mestima prikazan je na slici 8.3



**Slika 8.3. Transformisani strukturni blok dijagram dodatnog modela**

Pri formiranju dodatnog modela na navedenim izabranim mernim mestima treba obratiti naročitu pažnju na brzine i gabarite sastavnih komponenata ovog dela sistema prenosa snage.

Analiza dodatnog modela takođe, treba da obuhvati metodologiju pomoću algoritma i to koračno u određivanju sigurnosti funkcionisanja sastavnih komponenti prikazane na monitoring sistemu (slika 6.1).

## 9.0. ZAKLJUČAK

Primenom univerzalnog optimalnog modela praćenja frekventne sigurnosti rada komponenata analiziranih sklopova i uvođenjem postupaka tehnologije preventivnog održavanja direktno se utiče na praćenje dužine njihovog ispravnog rada. Ovim modelom mogu se prognozirati ispravna stanja rada sklopova u granicama dozvoljenog rizika čime se postiže ušteda koja se manifestuje u većoj proizvodnosti celokupne OE – predilice.

Sigurnost funkcionisanja je određena uvođenjem algoritma monitoring sistema (ekspertnih sistema) koji opisuje procedure dobijanja referentnih kriva frekventnih sigurnosti za slučajeve praćenja stanja sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja i bez njih.

Na osnovu vrednosti svih parametara kao učesnika (koji su određeni analitičkim ili eksperimentalnim putem) u formiranju univerzalnog optimalnog modela rada sastavnih komponenti analiziranih sklopova OE predilice prema izabranim mernim mestima izvršena je analiza univerzalnog optimalnog modela sigurnosti funkcionisanja rada analiziranih sklopova. Ona je sprovedena koračno u određivanju podmodela prema izabranim mernim mestima merenjem nivoa mehaničkih oscilacija, a zatim je izvršeno povezivanje podmodela u strukturne blok šeme – strukturne blok dijagrame. Na osnovu analitičkog pristupa određeni su matematički izrazi podmodela koji su obuhvaćeni lokacijskim mernim mestima nivoa mehaničkih oscilacija i izvršeno je njihovo međusobno povezivanje na osnovu strukturnih blok šema, čime su određeni analitički opšti oblici prenosnih funkcija optimalnog rada modela  $M_{\xi}(t)_{BP}$ ,  $M_{\xi}(t)_{NK}$ , koji su definisali frekventne sigurnosti rada analiziranih sklopova.

Formiranjem univerzalnog optimalnog modela određuju se vrednosti frekventnih sigurnosti rada analiziranih sklopova u svakom eksploatacionom vremenu rada i na osnovu toga mogu se predvideti njihova radna stanja.

Određivanjem frekventnih sigurnosti rada analiziranih sklopova sprovedeno je testiranje modela koje je obuhvatilo konstrukciju kriva zavisnosti optimalnog modela sigurnosti funkcionisanja rada analiziranih sklopova u funkciji njihovog rada i to u vremenskom periodu praćenja rada sklopova kada oni imaju siguran i ispravan rad (vrednosti su date u tabelama 7.1 – 7.8). Dijagrami su konstruisani u ravanskom sistemu i njime su određene oblasti koje ograničavaju zavisnosti frekventne sigurnosti od eksploatacionog rada analiziranih sklopova sa dozvoljenim rizikom. Analiza je sprovedena u dva slučaja i to na analiziranim sklopovima na kojima nisu sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja i na onima na kojima su sprovedeni ovi postupci. Na osnovu konstruisanih dijagrama određena su granična stanja sigurnog funkcionisanja rada analiziranih sklopova i određen je učinak povećanja sigurnosti funkcionisanja:  $U_{\max.} M_{\xi}(t)_{BP}$ ,  $U_{\min.} M_{\xi}(t)_{BP}$  - za sklop boks pređenja i  $U_{\max.} M_{\xi}(t)_{NK}$ ,  $U_{\min.} M_{\xi}(t)_{NK}$  - za sklop za namotavanje kalemova gotovom pređom.

Učinak povećanja sigurnosti funkcionisanja je definisan kao količnik: razlike sigurnosti funkcionisanja ekstremnih vrednosti sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja i bez ovih postupaka (u brojiocu), i sa vrednostima sigurnosti funkcionisanja ekstremne vrednosti sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja (u imeniocu) i izražen je:

$$U_{\max.} M_{\xi}(t) = \frac{M_{\xi}(t) \max.(sa \cdot održavanjem) - M_{\xi}(t) \max.(bez \cdot održavanja)}{M_{\xi}(t) \max.(sa \cdot održavanjem)} \{za \cdot \lambda_{\max}\}$$

$$U_{\min.} M_{\xi}(t) = \frac{M_{\xi}(t) \min.(sa \cdot održavanjem) - M_{\xi}(t) \min.(bez \cdot održavanja)}{M_{\xi}(t) \min.(sa \cdot održavanjem)} \{za \cdot \lambda_{\min}\}$$

Analizom referentnih graničnih kriva koje su dale zavisnosti frekventne sigurnosti od eksploatacionog rada analiziranih sklopova sa dozvoljenim rizikom došlo se do sledećih zaključaka:

1. Učinak povećanja sigurnosti funkcionisanja primenom univerzalnog modela sigurnosti funkcionisanja za sklop boksa pređenja iznosi:

- $U_{\max.} M_{\xi}(t)_{BP} = 0,9889(98,89\%)$  za vrednosti  $\lambda_{\max.}$
- $U_{\min.} M_{\xi}(t)_{BP} = 0,993(99,3\%)$  za vrednosti  $\lambda_{\max.}$
- $U_{\max.} M_{\xi}(t)_{BP} = 0,9929(99,29\%)$  za vrednosti  $\lambda_{\min.}$
- $U_{\min.} M_{\xi}(t)_{BP} = 0,99488(99,488\%)$  za vrednosti  $\lambda_{\min.}$

Srednje vrednosti učinka sa maksimalnom vrednošću koeficijenta korelacije  $\lambda_{\max.}$  je:

$$U_{sr.} M_{\xi}(t)_{BP} = \frac{U_{\max.} M_{\xi}(t)_{BP} + U_{\min.} M_{\xi}(t)_{BP}}{2} = \frac{99,3\% + 98,89\%}{2} \cong 99,1\%$$

Srednje vrednosti učinka sa minimalnom vrednošću koeficijenta korelacije  $\lambda_{\min.}$  je:

$$U_{sr.} M_{\xi}(t)_{BP} = \frac{U_{\max.} M_{\xi}(t)_{BP} + U_{\min.} M_{\xi}(t)_{BP}}{2} = \frac{99,488\% + 99,29\%}{2} \cong 99,4\%$$

2. Učinak povećanja sigurnosti funkcionisanja primenom univerzalnog modela sigurnosti funkcionisanja za sklop za namotavanje kalemova gotovom predom iznosi:

- $U_{\max.} M_{\xi}(t)_{NK} = 0,8983(89,83\%)$  za vrednosti  $\lambda_{\max.}$
- $U_{\min.} M_{\xi}(t)_{NK} = 0,8696(86,96\%)$  za vrednosti  $\lambda_{\max.}$
- $U_{\max.} M_{\xi}(t)_{NK} = 0,998(99,8\%)$  za vrednosti  $\lambda_{\min.}$
- $U_{\min.} M_{\xi}(t)_{NK} = 0,998(99,8\%)$  za vrednosti  $\lambda_{\min.}$

Srednje vrednosti učinka sa maksimalnom vrednošću koeficijenta korelacije  $\lambda_{\max.}$  je:

$$U_{sr.} M_{\xi}(t)_{NK} = \frac{U_{\max.} M_{\xi}(t)_{NK} + U_{\min.} M_{\xi}(t)_{NK}}{2} = \frac{89,83\% + 86,96\%}{2} \cong 88,4\%$$

Srednje vrednosti učinka sa minimalnom vrednošću koeficijenta korelacije  $\lambda_{\min.}$  je:

$$U_{sr.} M_{\xi}(t)_{NK} = \frac{U_{\max.} M_{\xi}(t)_{NK} + U_{\min.} M_{\xi}(t)_{NK}}{2} = \frac{99,8\% + 99,8\%}{2} \cong 99,8\%$$

**Iz analize učinka zaključuje se da povećanje sigurnosti primenom optimalnog modela povećava njenu srednju vrednost:**

$$1. \text{ Sklop – boksa predenja do } U_{sr.M_{\xi}(t)_{BP(\lambda_{max}, \lambda_{min})}} = \frac{99,1\% + 99,4\%}{2} = 99,25\% ;$$

$$2. \text{ Sklop – za namotavanje kalemova gotovom predom } U_{sr.M_{\xi}(t)_{NK(\lambda_{max}, \lambda_{min})}} = \frac{88,4\% + 99,8\%}{2} = 94,1\%.$$

**Ukupna srednja vrednost učinka povećanja sigurnosti funkcionisanja primenom optimalnog modela iznosi:**

$$U_{sr.M_{\xi}(t)_{(\lambda_{max}, \lambda_{min})}} = \frac{U_{sr.M_{\xi}(t)_{BP(\lambda_{max}, \lambda_{min})}} + U_{sr.M_{\xi}(t)_{NK(\lambda_{max}, \lambda_{min})}}}{2} = \frac{99,25\% + 94,1\%}{2} = 96,675\%.$$

Ovim se opravdava uvođenje ovog modela pri sigurnosti funkcionisanja sastavnih delova analiziranih sklopova jer se njime vrše značajnije uštede tj. povećava se proizvodnost OE predilice u vrednostima koje obuhvataju prikazane učinke.

Poređenja radi, biće izvršena analiza procenualnog iznosa stepena učunka (stepena produktivnosti) ( $\xi_{I,II}, \xi_0$ ) za rad OE – perilice u 2000. i 2001. godini (u tom vremenu nije primenjivan model sigurnosti funkcionisanja analiziranih sklopova) kao i u periodu od 15.04.2005. – 15.04.2006. godine (u tom vremenu je primenjivan model sigurnosti funkcionisanja analiziranih sklopova). Stepenn produktivnost rada u ovom eksploatacionom periodu je prikazana u tabelama 9.1-9.3.

**Tabela 9.1 Stepenn produktivnost OE - predilice u 2000. godini**

R. B.	Proizvodni mesec	Ukupno planiranih kg. prediva (P)	Ukupno proizvedenih kg. perediva (P1)	Stepenn produktivnosti $\xi_I$ (%)
1.	JANUAR	11 423,16	9 753,1	85,4
2.	FEBRUAR	4 446,6	2 413,1	54,3
3.	MART	5 388,37	4 439,3	82,4
4.	APRIL	15 241,62	13 170,4	86,4
5.	MAJ	14 382,07	11 488	80
6.	JUN	13 134	10 390,9	79,1
7.	JUL	2 355	1 926,9	81,8
8.	AVGUST	-	-	-
9.	SEPTEMBAR	3 662,2	3 164,2	86,4
10.	OKTOBAR	3 677,75	2 794,4	76
11.	NOVEMBAR	11 973,3	11 175,3	93,3
12.	DECEMBAR	5 703,75	4 786,5	84

**Tabela 9.2 Stepenn produktivnost OE - predilice u 2001. godini**

R. B.	Proizvodni mesec	Ukupno planiranih kg. prediva (P)	Ukupno proizvedenih kg. perediva (P2)	Stepenn produktivnosti $\xi_{II}$ (%)
1.	JANUAR	9291,6	7 362,6	73,8
2.	FEBRUAR	11042,4	9 381,8	82,3
3.	MART	15256,4	12 660,9	79,5
4.	APRIL	12113,9	10 078,1	79,8
5.	MAJ	7706,6	6 481,6	81,1
6.	JUN	2754,1	2 168,6	73
7.	JUL	2555,6	2 082,8	77,3
8.	AVGUST	550	366,7	50
9.	SEPTEMBAR	5736,3	4 861,3	82
10.	OKTOBAR	7687,4	6 443,8	80,7
11.	NOVEMBAR	5460	4 920	81,3
12.	DECEMBAR	10462,2	8 755	81,5

Procentualni iznos stepena učinka (stepena produktivnosti) za 2000. godinu:

$$\xi_I = \frac{\sum_{i=1}^{11} \xi_{me\ sec\ i}}{n_{broju\ me\ sec\ i}} = \frac{85,4 + 54,3 + 82,4 + 86,4 + 80 + 79,1 + 81,8 + 86,4 + 76 + 93,3 + 84}{11} = 80,82\%$$

Procentualni iznos stepena učinka (stepena produktivnosti) za 2001. godinu:

$$\xi_{II} = \frac{\sum_{i=1}^{12} \xi_{me\ sec\ i}}{n_{broju\ me\ sec\ i}} = \frac{73,8 + 82,3 + 79,5 + 79,8 + 81,1 + 73 + 77,3 + 50 + 82 + 80,7 + 81,3 + 80,5}{12} = 76,78\%$$

Srednji procentualni iznos stepena učinka (stepena produktivnosti) je:

$$\xi_{sred.} = \frac{\xi_I + \xi_{II}}{2} \cong 78,8\%.$$

Procentualni srednji iznos stepena učinka (stepena produktivnosti  $\xi_0$ ) za vremenski period 15.04.2005. – 15.04.2006. godine rada sastavnih komponenti analiziranih sklopova OE – predilice je obuhvatio njihov rad sa primenom modela sigurnosti njihovog funkcionisanja. U ovom periodu je bilo kontinualno hranjenje predilice sirovinom (kardiranom trakom) i analiza je sprovedena odmah nakon izvršenog generalnog remonta analiziranih sklopova. Stepenn produktivnost u ovom eksploatacionom periodu je prikazana u tabeli 9.3.

**Tabela 9.3 Stepenn produktivnost OE - predilice u periodu 15.04.2005. – 15.04.2006. godine**

R. B.	Proizvodni mesec	Ukupno planiranih kg. prediva (P)	Ukupno proizvedenih kg. prediva (P1)	Stepenn produktivnosti $\xi_I$ (%)
<b>2005. GODINA</b>				
1.	APRIL (1/2)	8 576,36	5 748,26	49,2
2.	MAJ	2 919,2	2 848	97,5
3.	JUN	5 416	5 232,8	96,5
4.	JUL	15 912,7	15 524,6	97,5
5.	AVGUST	14 083,16	13 541,5	96
6.	SEPTEMBAR	12 615,75	12 248,3	97
7.	OKTOBAR	2 350,8	2 271,3	96,5
8.	NOVEMBAR	1 379,5	1 334,16	96,6
9.	DECEMBAR	3 916,3	3 729,8	95
<b>2006. GODINA</b>				
10.	JANUAR	3 386,13	3 293,9	97,2
11.	FEBRUAR	12 350,94	11 875,9	96
12.	MART	5 732,4	5 642,1	98,4
13.	APRIL (1/2)	8 576,36	5 748,26	49,2

Procentualni iznos stepena učinka (stepena produktivnosti) za period 15.04.2005. – 15.04.2006. godine iznosi:

$$\xi_0 = \frac{\sum_{i=1}^{12} \xi_{me\ sec\ i}}{n_{broju\ me\ sec\ i}} = \frac{98,4 + 97,5 + 96,5 + 97,5 + 96 + 97 + 96,5 + 96,6 + 95 + 97,2 + 96 + 98,4}{12} = 96,675\%$$

Na osnovu poređenja navedenih vrednosti procentualnog stepena učinka, jasno se zaključuje da njegova vrednost iznosi:  $\xi = M_{\xi}(t) = \xi_0 - \xi_{sred.} = 96,675\% - 78,8\% = 17,875\%$  čime je to ujedno i vrednost ukupnog povećanja srednje vrednosti sigurnosti funkcionisanja analiziranih sklopova OE – predilice. Iz ovoga se zaključuje da uvođenjem modela sigurnost funkcionisanja analiziranih sklopova sigurnost se povećava za procentualnu vrednost koja iznosi 17,875%. Ova vrednost je dobijena i u zaključnim razmatranjima teorijske analize ove disertacije čime se potvrđuje ispravnost uvođenja ovog modela.

Analiza modela je pokazala i do kojih graničnih vrednosti analizirani sklopovi u procesima eksploatacije imaju ispravan i siguran rad. Konstruisane granične krive su odredile zavisnost frekventne sigurnosti u funkciji eksploatacionog rada analiziranih sklopova sa dozvoljenim rizikom – optimalni rad analiziranih sklopova. Vrednosti frekventnih sigurnosti  $M_{\xi}(t)_{BP,NK} = f(t_R)$  iznad graničnih krivih predstavljaju stanja rada analiziranih sklopova sa nedozvoljenim rizikom tj. njihova nedozvoljena stanja ispravnosti rada.

Kako su u Evropi i kod nas u predionicama najzastupljeniji OE - predilice švajcarske firme Ritter u oznaci R1, kao vodećeg svetskog proizvođača ovih tehničkih sistema, formiranjem univerzalnog optimalnog modela i njegovom primenom tačno se mogu pratiti radna stanja sklopova boksa predenja i sklopova za namotavanje kalemova gotovom predom, čime se u mnogome može produžiti njihov eksploatacioni vek.

Iz svih nabrojanih razloga treba težiti uvođenju i primeni ovog modela kao referentnog u određivanju frekventnih sigurnosti ispravnog rada analiziranih sklopova OE – predilice oznake R1.



## L I T E R A T U R A

1. Adamović, Ž., Tehnologija održavanja, Univerzitet u Novom Sadu, 1998.
2. Adamović, Ž., Tehnička dijagnostika, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1998.
3. Adamović, Ž., A METHOD FOR QUANTIFYING THE EFFECTIVENESS OF ULTRASONIC INSPECTION TO IDENTIFY AND LOCATE FLAWS IN WELDS, Maintenance Management International, 3 (1994), 6-13, Kingston (Canada), 1994.
4. Adamović, Ž., TOOL MONITORING ON COMPUTER NUMERICAL CONTROL (CNC) MACHINES, Maintenance Management International, 4 (1995), 5-11, Tokyo (Japan), 1995.
5. Adamović, Ž., MAINTENANCE CONSIDERATIONS IN GENERATING CAPACITY RELIABILITY ASSESSMENT – METHODOLOGY AND APPLICATION, Maintenance Management International, 4 (1996), 3-10, Kingston (Canada), 1996.
6. Adamović, Ž., THE COST OF DOWNTIME FOR MAINTENANCE: PRELIMINARY CONSIDERATIONS, Maintenance Management International, 5 (1996), 14-21, Chicago (USA), 1996.
7. Adamović, Ž., Osnovi teorije mehanizama i robota, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1998.
8. Adamović, Ž., Hidraulika i pneumatika – Izabrani primeri iz prakse, Tehnički fakultet „M. Pupin“, Zrenjanin, 1998.
9. Adamović, Ž., Tehnička dijagnostika u mašinstvu, Naučna knjiga, Beograd, 1991.
10. Adamović, Ž., Preventivno održavanje u mašinstvu, Građevinska knjiga, Beograd, 1988.
11. Adamović, Ž., Logistički sistem održavanja, Privredni pregled, Beograd, 1987.
12. Adamović, Ž., Kucora, I., Radovanović, D., Sigurnost funkcionisanja tehničkih sistema, Tehnički fakultet „M. Pupin“, Zrenjanin, 1999.
13. Adamović, Ž., Cvetković, D., Vujić, D., Stefanović, S., Preventivno održavanje tekstilnih mašina, TEHDIS, Smederevo, 2001.
14. Adamović, Ž., Tehnička dijagnostika, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1998.
15. Adamović, Ž., Golubović, D., Hidraulika i pneumatika, Tehnički fakultet „M. Pupin“, Zrenjanin, 2002.
16. Adamović, Ž., Kucora, I., Radovanović, D., Projektovanje tehničkih sistema sa aspekta održavanja, Tehnički fakultet „M. Pupin“, Zrenjanin, 2000.
17. Adamović, Ž., Stefanović, S., Procedure za sprovođenje kontrole mehaničkih oscilacija i način prikupljanja dobijenih podataka na tehničkim sistemima, XVIII Jugoslovenska konferencija sa međunarodnim učešćem „Buka i vibracije“, Fakultet zaštite na radu, Niš, 2002.
18. Application of Reliability – centered maintenance to naval aircraft, weapon systems and support equipment, MIL-HDBK-266, DoD, USA, 1981.
19. Arnold D., Auf dem Weg zum Autonomem Materialfluss, Logistik im Unternehmen, Nov./Dez., 1989.
20. Arsenić, Ž., Vasić B., Efektivnost tehničkih sistema – Rešavanje karakterističnih problema primenom računara, Mašinski fakultet, Beograd, 1991.

21. Bajarija, H.J., Reliability, Maintainability, Safety and Human Factor (RMSH) consideration in automotive industry, SAE Paper 780053, 1983.
22. Baldwin, A., Furianetto, L., Održavanje po stanju, OMO, Beograd, 1980.
23. Barlow, R., Proshan, F., Mathematical theory of reliability, John Willey & Sons, New York, 1965.
24. Barlow, R., Proshan, F., Planned replacement, Studies in App. Probability and Management, Stanford University, 1962.
25. Barzilović, E., Gnjudenko, B.V., O nekatorih aktualnih problemah nadležnosti, Zbornik „Problemi nadležnosti letalnih aparatorov“, Mašinstroenie, Moskva, 1985.
26. Bazovsky, I., Reliability theory and practice, Prentice-Hall, N.J., 1961.
27. Bučevac I., Održavanje mašine i opreme, Savez inženjera i tehničara Srbije, Beograd, 1996.
28. Baldini, A., Furlaneto, L., Održavanje po stanju (prevod sa italijanskog), Milano, 1980.
29. Barlow, G., Proshan, F., Statistical Theory of Reliability and Life Testing Probability Models, Holt, Richard nad Winston Inc., New York, 1975.
30. Bhaduru, B., Basu, S., Medelling total life cycle cost, Proc. ImechE, Vol. 200, No. A1, 1986.
31. Blanchard, B., Fabrysky, W., System engineering and analysis, Prentice Hall Inc., New Jersey, 1981.
32. Blanchard, B., Design and manage to life cycle cost, M/A Press, Portland, 1978.
33. British Standard: Glosary of maintenance terms in Terotechnology, BS 3811, London, 1984.
34. Brehmer, L., Technishe Diegnostik in der Flugzeuginstandhaltung, information der ziliven Luftfahrt 11, 1975.
35. Bradarević, S., Planiranje održavanja, Mašinski fakultet, Zenica, 1987.
36. Brankovskii, M., Lisicin, Sivkoc, A., Issledovanie i ustanenie vibracii turbogeneratorov, Energia, Moskva, 1975.
37. Bendat, D., Pirsol, A., Measurement and analysis of random data, John Wiley & Sons inc, New York-London-Sydney, 1967.
38. Bronštejn, I.N., Semendjajev, K.A., Matematički priručnik za inženjere i studente, Tehnička knjiga, Zagreb, 1975.
39. Calabro, S.R., Reliability principles and practice, McGraw\_Hall, New York, 1962.
40. Callick, E.B., Terotechnology – principles and practice, teretecology Handbook, HMSO, London, 1978.
41. Carp, R., Walkeman, R., Weissler, H., A low-cost interactiv diagnostic tester, SAE Paper 850426, 1985.
42. Charnes, A., Cooper, W., Rhodes, E., measuring efficiency of decizion making units, Euro.J. of Oper.Research, No. 2/2, 1978.
43. Connor, M.P., Structured analysis in desing technique, Sistems analysis and design-a foundation for the 1980, Norht\_Holland, New York, 1981.
44. Coriollis, K., The true cost of aircraft in service, JANE’S DEFENCE WEEKLY, September 1986.
45. Cox, D.R., Renewal theory, John Willey & Sons, New Jork, 1963.
46. Cvetković, D., Prašević, M., Buka i vibracije ,Fakultet zaštite na radu, Univerzitet u Nišu, 2005. Niš.

47. Cvetković, S., Stefanović, S., Metode merenja i kontrole parametara uticajnih za pojave uzroka štetnih događaja, Savetovanje sa međunarodnim učešćem „PREVING“, Beograd, 2001.
48. Conference Papers, National Conference on Computer for Managers, 1978., 1980., 1982., i 1984., London
49. Černiček, I., Teorija sistema, Stilos, Novi Sad, 1996.
50. Deanzer, W., Systems engineering, Verlag Industrille Org., Zurich, 1979.
51. Devis, B., Optimising the ATE Test Mix, reprinted from Elektronik Production, 1980.
52. Dowson, D., Monitoring, Introduction to tribological prognosis, Tribology int., 1970.
53. Dimitrijević, P., Upravljanje kvalitetom, Tehnički fakultet „M. Pupin“, Zrenjanin, 1997.
54. Dimenberg, F. N., Kolesnikov, K. S., Vibracii v tehnike, Spravočnik tom 3, Mašinstroenie, Moskva, 1980.
55. Đokić, V., Teorija i metode konstruisanja mašinskih sistema, Gradina, Niš, 1993.
56. Engineering design serviceability guideleines – construction and industrial machinery, SAE Inf. Report J817a, 1976.
57. Fitch, J.C., Proactive Maintanace Can Yield More Than a 10-fold Savings Over Conventional Predictive/ Preventive Maintenance Programs, diagnetics, Inc., 1997.
58. Fitch, J.C., The Ten Most Comon Reasons Why Oil Analysis Programs Fail and the Strategies That Effestively overcome Them, diagnostec, Inc., 1997.
59. Fiorello, M., Problems in avionics Lyfe – cycle analysis, 32<sup>nd</sup>Mil. Oper. Res. Symp., 1973.
60. Fox, T., Clarke, D., The operator’s role in the determination of bus whole life costs, Proc. ImescE, No. C422/80, 1980.
61. Gligorić, B., Teorija i tehnika merenja, Naučna knjiga, Beograd, 1984.
62. Gasich, V., The system concept and the design engineer, Automotive Engineering, Vol. 94, No. 11, 1986.
63. Gaylo, B., A practical reliability and avialability program for power plants, Combustion, September, 1980.
64. Gertsbakh, I.B., Models of preventive maintainance, North –Holland, New York, 1967.
65. Gnjedenko, B.V., Beljajev, J.K., Matematičeskie metodi v teorii nadežnosti, Nauka, Moskva, 1965.
66. Graham, I., Jones, P.L., Knopwledge, uncertainty and decision, Champan and Hall, London – New York, 1988.
67. Guide on formal design review, Fourth draft, IEC 56 (Secr.) 229, 1988.
68. Guide on meintainability of equipment, IEC Publication 706, 1987.
69. Gemble, B., Logistic command pushes reliability program, DEFENCE ELECTRONICS, september 1986.
70. Grujić, N., Razvoj metoda dijagnosticiranja stanja radne ispravnosti tehničkih sistema, Viša tehnička škola, Požarevac, 1998.
71. Hahn, G.J., Shapiro, S., Statistical models in engineering, John Willey&Sons, New York, 1967.
72. Hood, R.K., Procuring equipment items that meet R, M and S Requirements, SAE Paper 781025, 1978.

73. Hewet, R., The British and European Scenario, Conference Maintenance management by Computer, London, 1977.
74. Harris, C., Crede, C., Shock and vibration handbook in three volumes 3, McGraw-Hill book company, New York-San Francisco-Toronto-Sydney, 1961.
75. Hartog, D., Mechanical vibrations, McGRAW-HILL BOOK COMPANY, New York, Toronto, London, 1972.
76. Ivković, S., Primena računara za određivanje verodostojnosti podataka o trajanju otkaza elemenata rudarskih mašina, Simpozijum RGM, Zbornik radova, Beograd, 1991.
77. Ivanović, G., i dr., Primena analize stabla otkaza u projektovanju motornog vozila, Saopštenja 92/93, Kragujevac, 1990.
78. Irwin, J., Graf, E., Industrial noise and vibration control, New Jersey, 1979, SAD.
79. Interni standardi Niške industrije tekstila NITEX, Niš.
80. IM Priručnik, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1987.
81. Jardin, A.K., Maintenance, replacement and reliability, Pittman Publ., London, 1973.
82. Johanson, T., Serviceability-a design discipline, SAE Paper 780279, 1978.
83. Jovanović, D., Organizacija održavanja mašina, Mašinski fakultet, Beograd, 1989.
84. Jovičić, S., Jedan prilog određivanja efektivnosti, naučno-tehnički pregled, Beograd, Br. 6,
85. 1980.
86. Jovičić, S., Pouzdanost, Pogodnost za održavanje, Raspoloživost, Održavanje, Logistička podrška – savremeni pogledi i standardi, Naučna knjiga, Beograd, 1988.
87. Jeremić, B., Teretehnologija, Eskod, Kragujevac, 1992.
88. Jevremović, V., Stefanović, S., Stošić, M., Dijagnostička laboratorijska oprema za kontrolu parametara sirovina i štapel vlakna, V Međunarodno savetovanje „DEMI“, Banja Luka, 2002.
89. Kimura, Y., Tribology as Maintenance Tool, „New Directions in tribology“, First World Tribology Congress, London, 8-12 Sept., 1997.
90. Kodžopeljić, J., Uticaj održavanja i remonta TMS na efektivnost sistema u kome vrši svoju funkciju, Vojnotehnički Glasnik, Beograd, Br. 2, 1979.
91. Kuhn, A., Hellingrath, B., Kloth, M., Expertsysteme in der Logistik, Logistik im Unternehmen, Oct. 1989.
92. Knuth, T., Rano otkrivanje oštećenja pomoću analize vibracija, „OMO“, XVII, 4, Beograd, 1988.
93. Knežević, J., Upravljanje procesima održavanja i obnavljanja tehničkih sistema na osnovu teorije pouzdanosti, časopis „OMO“, Beograd, 1988.
94. Kvalitet – Rečnik, JUS-ISO 8402, Beograd, 1991.
95. Krčevinac, S., Ekspertni sistemi (predavanje), FON, Beograd, 1988.
96. Kos, F., Blagojević, J., Tehnologija pređenja, DITT Leskovačkog basena, VTTŠ, Leskovac, 1978.
97. Lenka, A., Rehnitz, J., Scwinguspruttechnik, VEB Veleg Technik, Berlin, 1974.
98. Lipson, C., Sheth, N., Statistical desing and Analysis of Engeneering Experiments, McGraw\_Hill, New York, 1973.
99. Lally, P., CALS technology at the crossroads, Prof. Engineering, Nov. 1991.

100. Lazarević, B., Jovanović, V., Vučković, M., Projektovanje informacionih sistema, Naučna knjiga, Beograd, 1988.
101. Lawrenson, J., Effective spare parts menagement, Int.J. of Phus. Distr.&Menagement, MCB Univ. Press, Bradford, 1986.
102. Lee, F., Gardner, I., Thompson, G., Maintainability aspects of process plant pipe joints, Proc, ImeshE Vol. 201, No. A1, 1987.
103. Level of repair, DoD USA (Navy), MIL\_STD\_1390A
104. Life cycle costing, IEC doc. 56, 219, 1987.
105. LOGISTICS 2010 (Logistics strategic planning guide), DoD USA, 1988.
106. Loyd, D., Lipow, M., Reliability menagement, methods and mathematics, Prentice-Hall, N.J., 1961.
107. Lambić, M., Inženjerstvo i inovacije, Tehnički fakultet „M. Pupin“, Zrenjanin, 1996.
108. Lipovac, D., Sotirović, V., Letić, D., Metode operacionih istraživanja, Tehnički fakultet „M. Pupin“, Zrenjanin, 1995.
109. Majstorović, V., Inteligentno održavanje, XXII Majski skup održavalaca Jugoslavije, Novi Sad, 1997.
110. Maksimović, R., Kamberović, B., ISO 9000 i održavanje, XXIII Jugoslovenski majski skup “Održavanje tehničkih sistema”, Kragujevac, 1998.
111. Miltenović, V., Mašinski elementi, Mašinski fakultet, Niš, 2004.
112. Mišlin, M., Prognoziranje tehničkoga sastojanja mašina, kolos, Moskva, 1976.
113. Maintainability prodiction, MIL-HDBK-472, DoD, USA, 1966.
114. Mehdorn, H., Logistik im Werksverbund, Logistik im Unternehmen, Nov./Dez., 1990.
115. Minić, S., Todorović, J., Izbor koncepcije i modela preventivnog održavanja prema stanju motornih vozila, Vojnotehnički Glasnik, Beograd, Br. 4, 1990.
116. Minić, S., Istraživanje modela preventivnog održavanja prema stanju i njihova primena na motornim vozilima, Magistarski rad, Mašinski fakultet, Beograd, 1988.
117. Multi-level production/inventory control systemas: Theory and practice (ed. L.B.Schwartz), North-Holland, Amsterdam-New York, 1981.
118. Milačić, V., Metod laboratorijskih merenja (drugi deo), Ispitivanje mašinskih konstrukcija, Predavanja održana na postdiplomskim studijama mašinskog fakulteta, Beograd.
119. Niven, B., Maintenance-some legal aspects, Proc. ImechE, Vol. 201, No. B3, 1987.
120. Nakajima, S., “TPM DEVELOPEMENT PROGRAM INPLEMENTING TOTAL PRODUCTIVE MAINTENENCE”, Productivitu Press, Cambridge, Massachusetts, Norwalk, Connecticut, 1989.
121. Nilson, N., Principles of Artificial Inteligence, Los Altos, 1983.
122. Navalušić, S., Mašinski elementi, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2003.
123. Optimale Instandhaltungs-methoden-ein praktischer Leitfaden (Aut. kolektiv), VEB Verlag Technik, Berlin, 1983.
124. Održavanje IIS-Prilaz, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1997.
125. Održavanje tehničkih sistema, Institut za industrijske sisteme, Novi Sad, 1984.
126. Prasad, B., “CONCURRENT ENGINEERING-INTEGRATED PRODUCT AND PROCESS ORGANIZATION”, Vol. 1, Prentice-Hill, New Jersey, 1996.

127. Papić, Lj., Bičo, O., Analiza stabla otkaza, Seminar "Kvalitet u održavanju", Čačak, 1997.
128. Papić, Lj., Naučni problemi razvoja efektivnih tehnoloških sistema, Istraživački centar za pouzdanost i upravljanje kvalitetom u tehnici, Čačak, 1996.
129. Papić, Lj., Računarska podrška za automatsku analizu otkaza korišćenjem metode FMECA, Seminar "Kvalitet u održavanju", Čačak, 1997.
130. Papić, Lj., Novi prilaz istraživanju performansi efektivnosti tehničkih sistema, Seminar "Kvalitet u održavanju", Čačak, 1997.
131. Petrović, B., Razvoj proizvoda, Institut za industrijske sisteme, Novi Sad, 1997.
132. Palsson, L., Akselsson, H., Life cycle costing in the Swedish railways, Proc. ImeshE, Vol. 199, No. D2, 1985.
133. Patton, D., Improving serviceability, SEA Paper 780431, 1978.
134. Petrić, J., Jevtić, M., i dr., Analiza pouzdanosti, Savremena administracija, Beograd, 1979.
135. Petrović, R., Šanborn, A., Vujošević, M., Hierarchical multilevel spare parts inventory systems, Elsevier, Amsterdam, 1986.
136. Pieruschka, E., Mathematical foundation of reliability theory, Alabama, 1958.
137. Pogodnost osržavanja-Verifikacija-Demonstracija-Ocena (Maintainability Verification, Demonstration, Evaluation, DoD USA, MIL-SDT-471 A), prevod TU SSNO, Beograd, 1984.
138. Pouzdanost: Osnovni termini i definicije, JUS A.A2.005, 1985.
139. Quality, Dependability and Statistics – Terms and definition, ISO/DIS 8042 (add. ISO/DIS 11853).
140. Quality Technology Handbook, IPC Sceince and Technology Press Lit, Guildford, 1972.
141. Reliability Centered Maintenance, IEC Draft 56(Sec.), 317, 1990.
142. Reliability engineering (ed. Von Allven) < ARINC Research Corp., Prentice Hall, New Jersey, 1964.
143. Remontoprigodnost mašin (red. P. Volkov), Mašinstroenie, Moskva, 1975.
144. Roll, Y., Galany, B., Seroussy, D., Measuring the efficiencu of maintenance units in the Israeli Air Forces, Euro. J. Of Oper. Research, No. 43, 1989.
145. Rac, A., Savremena strategija održavanja tribomehaničkih sistema, XII Majski skup održavalaca Jugoslavije, Novi Sad, 1997.
146. Rejec, E., Teretehnologija, Informator, Zagreb, 1974.
147. Richard, F., Industrial Engineeering, New York, 1986.
148. Rogers, L., Bichard, S., Thermography-expecstations and achievements-an analysis of present roles and imminent changes, National Conference on Condition monitoring, London, 1983.
149. Roth, P., Diagnosis od Automata foilures, IBM Journal od Research and Development, 10, 1966.
150. Rakanović, R., Ispitivanje mašinskih konstrukcija, Mašinski fakultet, Kraljevo, 1997.
151. ROTOR Spiner, Gmb, RIETERR, 1995.
152. Sotirović, V., Adamović, Ž., Metodologija naučno – istraživačkog rada sa statistikom u MS EXCEL – u, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin, 2005.
153. Sabo, B., Klasične tehnologije opravke i obnavljanja mašinskih delova, XXII Majski skup održavalaca Jugoslavije, Novi Sad, 1997.
154. Sargen, L., Principles of Inventory, New York, 1963.

155. Stute, G., Jetter, H., Programierbare Staureungen (PC) fur Fertigungseeinrichtungen, wz-Z ind. Fertierengung 64, Springer-Verlag, Munchen, 1974.
156. Savić, V., Trošenje elemenata mašina-uzroci, posledice i uticaj na brzinu trošenja, Savetovanje održavalaca Podunavskog regiona, Smederevo, 1985.
157. Serghides, V., Fielding, J., A maintainability-prediction methodology for use in aircraft design, Maintenance Menagement Int, Amsterdam, No. 6, 1987.
158. Sigurnost funkcionisanja i kvalitet usluge, JUS/IEC 50(191)
159. Stefanović, S., Dašić, P., Ivanović, P., Jevremović, V., Primena kontrolnih karata za dobijanje informacija o kvalitetu proizvoda u tekstilnoj industriji, Konferencija sa međunarodnim učešćem "28 JUPITER KONFERENCIJA", Mašinski fakultet, Beograd, 2002.
160. Stefanović, S., Dašić, P., Jevremović, V., Razvoj upravljanja zalihama rezervnih delova za potrebe održavanja tehničkih sistema u NITEX-u, V Međunarodno savetovanje "DEMI", Banja Luka, 2002.
161. Stefanović, S., Opšti uzročnici nastajanja mehaničkih vibracija kod tehničkih sistema u tekstilnoj industriji, Časopis "OMO", br. 7-8/2001., Beograd.
162. Stefanović, S., Ugrenović, M., Produktivnost savremenih mašina za pređenje u zavisnosti od dijagnostičkih parametara otkaza na sistemu prenosa snage, Časopis TEHDIS br. 1/2002., Beograd.
163. Stefanović, S., Srbulović, N., Informacioni sistem preventivnih periodičnih popravki tehničkih sistema u tekstilnoj industriji, Časopis "OMO", br. 1-2/2002., Beograd.
164. Stefanović, S., Uticaj dijagnostičkih parametara otkaza na proizvodnost savremenih mašina za pređenje vlakana, Časopis TEHDIS, br. 1/2003., Beograd.
165. Stefanović, S., Formiranje univerzalnog optimalnog modela rada boksa pređenja i namotavanje kalemova gotovom predom kod tehničkog sistema OE – predilice prema izabranim mernim mestima na osnovu uticaja mehaničkih oscilacija (vibracija) – određivanje frekventne sigurnosti, XXIX Majski skup održavalaca Srbije i Crne Gore „Menadžment znanja u održavanju“, 18 – 19 Maj, Vrnjačka Banja.
166. Šilobad, M., Beker, I., Zahtevi standarda ISO 14001 i održavanje, XXIII Jugoslovenski Majski skup "Održavanje tehničkih sistema", Kragujevac, 1998.
167. Šunjka, S., Tehnologija pređenja, Tehnički fakultet Mihajlo Pupin, Zrenjanin, 1997.
168. Terminološki rečnik iz operacionih istraživanja, SYMOPIS, Beograd-Zagreb, 1983.
169. Thompson, G., The reduction of plant maintenance costs through design, Maintenance, Vol.7., No.2, 1992.
170. Todorović, J., Zelenović, D., Efektivnost sistema u mašinstvu, Naučna knjiga, Beograd, 1981.
171. Todorović, J., Osnovi teorije održavanja, Mašinski fakultet, Beograd, 1984.
172. Tocelli, R., Manutenzione preditive gastita da celcalatore, Prodnre 12, Milano, 1976.
173. Todorović, J., Inženjerstvo održavanja tehničkih sistema, Jugoslovensko društvo za motore i vozila, Beograd, 1993.
174. Todorović, J., Vasić, B., Teorija efektivnosti, Mašinski fakultet, Beograd, 1994.
175. Troyer, D., Contimination Monitoring For Maximum Uptime, Diagnostics, Inc., 1997.
176. Vujanović, N., Teorija pouzdanosti tehničkih sistema, Vojnoizdavački i tehnički centar, Beograd, 1990.
177. Vukadinović, S., Teodorović, D., Elementi teorije pouzdanosti i teorije obnavljanja tehničkih sistema, Privredni pregled, Beograd, 1979.

178. Veličković, D., Fizičke štetnosti buka i vibracije (knjiga 1), Univerzitet u Nišu, Niš, 1986.
179. Veličković, D., Fizičke štetnosti buka i vibracije (knjiga 2), Univerzitet u Nišu, Niš, 1990.
180. Veinović, S., Istraživanje dinamičkih svojstava dizel motora za vozila, Mašinski fakultet, Kragujevac, 1978.
181. Vujanović, N., Teorije pouzdanosti tehničkih sistema, Vojnoizdavački i novinski centar, Beograd, 1990.
182. What is TPM, Maintenance, Vol. 7, No. 1, March 1992.
183. Wohllebe, H., Technische Diagnostik im Maschinenbau, Veb Verlag technick, Dresden, 1978.
184. Ward, E.P., The dynamics of Planning, Pergaman Press, Oxford, 1970.
185. Zahtevi programa pogodnosti održavanja (Maintainability program requirements), MIL-STD-470, DoD USA, 1966; prevod TU SSNO, Beograd, 1984.
186. Zelenović, D., Flexibility - A condition for effective production system, Vith Int. Conf. on Prod. Res., Novi Sad, 1981.
187. Zelenović, D., Proizvodni sistemi, Naučna knjiga, Beograd, 1987.
188. Zelenović, D., Istraživanje uticaja na pojavu otkaza u procesima obrade primenom statističkih metoda, Tehnika-Mašinstvo, Beograd, Br. 11, 1971.
189. Zuhorn, D., Erfolgskriterien fuer eine Effiziente Europaeische Logistik, Logistik im Unternehmen, Jan./Feb. 1990.
190. Zelenović, D., Upravljanje proizvodnim sistemima, Naučna knjiga, Beograd, 1984.
191. Zelenović, D., Osnove teorije industrijskih sistema, FIN-IIS, Novi Sad, 1980.
192. Zeljković, V., Maksimović, S., Proračun pouzdanosti mehaničkih elemenata i konstrukcija, Lola institut, Beograd, 1998.
193. Zbornik radova sa Savetovališta održavalaca Podunavskog regiona, Smederevo, 1985.
194. Zbornik radova "XXIII Jugoslovenski Majski skup, Održavanje tehničkih sistema", Kragujevac, 1998.



## PRILOZI

Tabela P.1 Određivanje  $f_e(t)$ ,  $\lambda_e(t)$ ,  $R_e(t)$  za sastavnu komponentu aeroležaj A2

R. B. mesta predenja	Vremenski interval $\Delta t_i$ (h)	Broj otkaza u intervalu $\Delta t_i$	$f_e(t)$	$\lambda_e(t)$	$R_e(t)$
6, 9, 12, 22, 28, 29, 30, 31, 35, 36, 37, 39, 41, 42, 43, 44, 54, 55, 58, 62, 64, 65, 66, 72, 74, 85, 86, 87, 90, 98, 99, 102, 104, 107, 110, 112, 119, 122, 127, 137, 138, 139, 141, 142, 153, 155, 157, 166, 168, 169, 171, 174, 184, 190, 191, 192, 195, 202, 212, 216, 218, 219, 220.	$13\ 000 \leq \Delta t_i \leq 14\ 000$ (13 194)	63	$\frac{63}{99 \cdot 14000} = 4,54 \cdot 10^{-5}$	$\frac{63}{99 \cdot 14000} = 4,54 \cdot 10^{-5}$	$\frac{36}{99} = 0,363$
129, 158	$14\ 000 \leq \Delta t_i \leq 15\ 000$ (14 242)	2	$\frac{2}{99 \cdot 14000} = 1,44 \cdot 10^{-6}$	$\frac{2}{36 \cdot 14000} = 3,96 \cdot 10^{-6}$	$\frac{36-2}{99} = 0,343$
101, 113, 132 63 52	$15\ 000 \leq \Delta t_i \leq 16\ 000$ (15 089) (15 747) (15 993)	5	$\frac{5}{99 \cdot 14000} = 3,6 \cdot 10^{-6}$	$\frac{5}{36 \cdot 14000} = 1,05 \cdot 10^{-5}$	$\frac{36-2-5}{99} = 0,292$
78 67 96 16	$16\ 000 \leq \Delta t_i \leq 17\ 000$ (16 148) (16 573) (16 759) (16 957)	4	$\frac{4}{99 \cdot 14000} = 2,88 \cdot 10^{-6}$	$\frac{4}{(36-2-5) \cdot 14000} = 9,85 \cdot 10^{-6}$	$\frac{36-2-5-4}{99} = 0,252$
88 84, 162, 176	$17\ 000 \leq \Delta t_i \leq 18\ 000$ (17 002) (17 211)	4	$\frac{4}{99 \cdot 14000} = 2,88 \cdot 10^{-6}$	$\frac{4}{(36-2-5-4) \cdot 14000} = 1,142 \cdot 10^{-5}$	$\frac{36-2-5-4-4}{99} = 0,212$
215 27, 81, 147 24, 48, 106, 120, 185 34 121	$18\ 000 \leq \Delta t_i \leq 19\ 000$ (18 317) (18 437) (18 540) (18 867) (18 992)	11	$\frac{11}{99 \cdot 14000} = 7,93 \cdot 10^{-6}$	$\frac{4}{(36-2-5-4-4) \cdot 14000} = 3,74 \cdot 10^{-5}$	$\frac{36-2-5-4-4-11}{99} = 0,101$
4 97 23 75 4, 15, 45 200 38	$19\ 000 \leq \Delta t_i \leq 20\ 000$ (19 011) (19 050) (19 417) (19 534) (19 799) (19 968) (19 998)	9	$\frac{9}{99 \cdot 14000} = 6,493 \cdot 10^{-6}$	$\frac{4}{(36-2-5-4-4-11) \cdot 14000} = 6,428 \cdot 10^{-5}$	$\frac{36-2-5-4-4-11-9}{99} = 0,0101$
209	$20\ 000 \geq \Delta t_i$ (20 102)	1	$\frac{1}{99 \cdot 14000} = 7,21 \cdot 10^{-7}$	$\frac{1}{1 \cdot 14000} = 7,142 \cdot 10^{-5}$	$\frac{0}{90} = 0$

Tabela P.2 Određivanje  $f_e(t)$ ,  $\lambda_e(t)$ ,  $R_e(t)$  za sastavnu komponentu dizna (dekla) A3

R. B. mesta predenja	Vremenski interval $\Delta t_i$ (h)	Broj otkaza u intervalu $\Delta t_i$	$f_e(t)$	$\lambda_e(t)$	$R_e(t)$
96, 102, 192	$13\ 000 \leq \Delta t_i \leq 14\ 000$ (13 802)	3	$2,38 \cdot 10^{-5}$	$2,38 \cdot 10^{-5}$	0,666
-	$14\ 000 \leq \Delta t_i \leq 15\ 000$	-	-	-	-

6, 84	$15\ 000 \leq \Delta t_i \leq 16\ 000$ ( 15 147, 15 747)	2	$1,587 \cdot 10^{-5}$	$2,38 \cdot 10^{-5}$	0,44
98, 218, 220	$16\ 000 \leq \Delta t_i \leq 17\ 000$ ( 16 321, 16 826)	3	$2,38 \cdot 10^{-5}$	$5,3571 \cdot 10^{-5}$	0,111
-	$17\ 000 \leq \Delta t_i \leq 18\ 000$	-	-	-	-
153	$18\ 000 \leq \Delta t_i \leq 19\ 000$ ( 18 317)	1	$7,936 \cdot 10^{-6}$	$7,142 \cdot 10^{-5}$	0

Tabela P.3 Određivanje  $f_e(t)$ ,  $\lambda_e(t)$ ,  $R_e(t)$  za sastavnu komponentu odvodna cev A4

R. B. mesta predenja	Vremenski interval $\Delta t_i$ (h)	Broj otkaza u inetrvalu $\Delta t_i$	$f_e(t)$	$\lambda_e(t)$	$R_e(t)$
-	$13\ 000 \leq \Delta t_i \leq 14\ 000$	-	-	-	-
-	$14\ 000 \leq \Delta t_i \leq 15\ 000$	-	-	-	-
74 168	$15\ 000 \leq \Delta t_i \leq 16\ 000$ ( 15 552, 15 993)	2	$4,166 \cdot 10^{-5}$	$4,166 \cdot 10^{-5}$	0,33
220	$16\ 000 \leq \Delta t_i \leq 17\ 000$ ( 16 826)	1	$2,083 \cdot 10^{-5}$	$6,25 \cdot 10^{-5}$	0

Tabela P.4 Određivanje  $f_e(t)$ ,  $\lambda_e(t)$ ,  $R_e(t)$  za sastavnu komponentu usisnik boksa A5

R. B. mesta predenja	Vremenski interval $\Delta t_i$ (h)	Broj otkaza u inetrvalu $\Delta t_i$	$f_e(t)$	$\lambda_e(t)$	$R_e(t)$
218	$13\ 000 \leq \Delta t_i \leq 14\ 000$ ( 13 194)	1	$7,93 \cdot 10^{-6}$	$7,93 \cdot 10^{-6}$	0,88
-	$14\ 000 \leq \Delta t_i \leq 15\ 000$	-	-	-	-
74	$15\ 000 \leq \Delta t_i \leq 16\ 000$ ( 15 747)	1	$7,93 \cdot 10^{-6}$	$8,93 \cdot 10^{-6}$	0,777
75 220	$16\ 000 \leq \Delta t_i \leq 17\ 000$ ( 16 759, 16 826)	2	$1,58 \cdot 10^{-5}$	$2,04 \cdot 10^{-5}$	0,444
94, 96	$17\ 000 \leq \Delta t_i \leq 18\ 000$ ( 17 145)	2	$1,58 \cdot 10^{-5}$	$3,57 \cdot 10^{-5}$	0,33
190 58	$18\ 000 \leq \Delta t_i \leq 19\ 000$ ( 18 291, 18 992)	2	$1,58 \cdot 10^{-5}$	$7,14 \cdot 10^{-5}$	0,11
98	$19\ 000 \leq \Delta t_i \leq 20\ 000$ ( 19 073)	1	$7,93 \cdot 10^{-6}$	$7,14 \cdot 10^{-5}$	0

Tabela P.5 Određivanje  $f_e(t)$ ,  $\lambda_e(t)$ ,  $R_e(t)$  za sastavnu komponentu uvodni kanal A6

R. B. mesta predenja	Vremenski interval $\Delta t_i$ (h)	Broj otkaza u inetrvalu $\Delta t_i$	$f_e(t)$	$\lambda_e(t)$	$R_e(t)$
74	$13\ 000 \leq \Delta t_i \leq 14\ 000$ ( 13 194)	1	$1,428 \cdot 10^{-5}$	$1,428 \cdot 10^{-5}$	0,8
-	$14\ 000 \leq \Delta t_i \leq 15\ 000$	-	-	-	-
-	$15\ 000 \leq \Delta t_i \leq 16\ 000$ ( 15 747)	-	-	-	-

218, 220	$16\ 000 \leq \Delta t_i \leq 17\ 000$ ( 16 759 )	2	$2,85 \cdot 10^{-5}$	$3,571 \cdot 10^{-5}$	0,4
88	$17\ 000 \leq \Delta t_i \leq 18\ 000$ ( 17 145 )	1	$1,428 \cdot 10^{-5}$	$3,571 \cdot 10^{-5}$	0,2
9	$18\ 000 \leq \Delta t_i \leq 19\ 000$ ( 18 291 )	1	$1,428 \cdot 10^{-5}$	$7,14 \cdot 10^{-5}$	0

Tabela P.6 Određivanje  $f_e(t)$ ,  $\lambda_e(t)$ ,  $R_e(t)$  za sastavnu komponentu otvarač pramenova trake A7

R. B. mesta predenja	Vremenski interval $\Delta t_i$ (h)	Broj otkaza u inetrvalu $\Delta t_i$	$f_e(t)$	$\lambda_e(t)$	$R_e(t)$
-	$13\ 000 \leq \Delta t_i \leq 14\ 000$	-	-	-	-
-	$14\ 000 \leq \Delta t_i \leq 15\ 000$	-	-	-	-
184 6, 9, 12, 22, 24, 28, 29, 30, 31, 35, 36, 37, 39, 41, 42, 43, 44, 54, 55, 58, 62, 64, 65, 66, , 86, 216 108	$15\ 000 \leq \Delta t_i \leq 16\ 000$ ( 15 089 ) ( 15 615 )  ( 15 747 ) ( 15 993 )	28	$4,16 \cdot 10^{-5}$	$4,16 \cdot 10^{-5}$	0,416
202 194 80, 91, 146, 205 218, 220	$16\ 000 \leq \Delta t_i \leq 17\ 000$ ( 16 321 ) ( 16 573 ) ( 16 759 ) ( 16 826 )	8	$1,19 \cdot 10^{-5}$	$2,86 \cdot 10^{-5}$	0,25
84	$17\ 000 \leq \Delta t_i \leq 18\ 000$ ( 17 211 )	1	$1,5 \cdot 10^{-6}$	$5,95 \cdot 10^{-6}$	0,23
126 21 106, 107, 168	$18\ 000 \leq \Delta t_i \leq 19\ 000$ ( 18 291 ) ( 18 390 ) ( 18 540 )	5	$7,44 \cdot 10^{-6}$	$3,24 \cdot 10^{-5}$	0,125
98 92 120 40 162	$19\ 000 \leq \Delta t_i \leq 20\ 000$ ( 19 073 ) ( 19 493 ) ( 19 616 ) ( 19 863 ) ( 19 947 )	5	$7,44 \cdot 10^{-6}$	$5,95 \cdot 10^{-6}$	0,0208
113	$20\ 000 \geq \Delta t_i$ ( 20 102 )	1	$1,5 \cdot 10^{-6}$	$7,143 \cdot 10^{-5}$	0

Tabela P.7 Određivanje  $f_e(t)$ ,  $\lambda_e(t)$ ,  $R_e(t)$  za sastavnu komponentu vodič niti F1

R. B. mesta predenja	Vremenski interval $\Delta t_i$ (h)	Broj otkaza u inetrvalu $\Delta t_i$	$f_e(t)$	$\lambda_e(t)$	$R_e(t)$
127, 185	$13\ 000 \leq \Delta t_i \leq 14\ 000$ ( 13 770 )	2	$7,14 \cdot 10^{-6}$	$7,14 \cdot 10^{-6}$	1,0
178 175 146	$14\ 000 \leq \Delta t_i \leq 15\ 000$ ( 14 242 ) ( 14 770 ) ( 14 860,5 )	3	$1,07 \cdot 10^{-5}$	$1,19 \cdot 10^{-5}$	0,75
61, 72 188 109	$15\ 000 \leq \Delta t_i \leq 16\ 000$ ( 15 271 ) ( 15 298 )	4	$1,43 \cdot 10^{-5}$	$1,9 \cdot 10^{-5}$	0,55

	( 15 552)				
98, 162 5, 27, 87	$16\ 000 \leq \Delta t_i \leq$ 17 000 ( 16 613) ( 16 759)	5	$1,785 \cdot 10^{-5}$	$3,25 \cdot 10^{-5}$	0,3
-	$17\ 000 \leq \Delta t_i \leq$ 18 000	-	-	-	-
45, 136, 179, 186 70 89	$18\ 000 \leq \Delta t_i \leq$ 19 000 ( 18 617 ) ( 18 854) ( 18 937)	6	$2,142 \cdot 10^{-5}$	$7,142 \cdot 10^{-5}$	0
-	$19\ 000 \leq \Delta t_i \leq$ 20 000 ( 19 073)	-	-	-	-
-	$20\ 000 \geq \Delta t_i$	-	-	-	-

Tabela P.8 Određivanje  $f_e(t)$ ,  $\lambda_e(t)$ ,  $R_e(t)$  za sastavnu komponentu držač kalemova F2

R. B. mesta predenja	Vremenski interval $\Delta t_i$ (h)	Broj otkaza u intervalu $\Delta t_i$	$f_e(t)$	$\lambda_e(t)$	$R_e(t)$
6, 9, 11, 12, 15, 17, 19, 21, 22, 28, 29, 30, 31, 35, 36, 39, 41, 42, 43, 44, 54, 55, 58, 59, 64, 65, 66, 72, 74, 85, 86, 87, 90, 99, 101, 103, 107, 109, 110, 112, 122, 123, 127, 131, 135, 137, 138, 139, 141, 142, 145, 149, 153, 155, 157, 165, 169, 171, 174, 184, 185, 190, 192, 202, 212, 218, 219,	$13\ 000 \leq \Delta t_i \leq$ 14 000 (13194) (13218)	67	$\frac{67}{93 \cdot 14000} = 5.14 \cdot 10^{-5}$	$\frac{67}{93 \cdot 14000} = 5.14 \cdot 10^{-5}$	$\frac{93-67}{93} = 0,28$
68, 102	$14\ 000 \leq \Delta t_i \leq$ 15 000 (14860,5)	2	$\frac{2}{93 \cdot 14000} = 1.5 \cdot 10^{-6}$	$\frac{2}{(93-67) \cdot 14000} = 5,4 \cdot 10^{-6}$	$\frac{26-2}{93} = 0,26$
56,57,62,75,98,152,162	$15\ 000 \leq \Delta t_i \leq$ 16 000 (15552) (15747) (15187)	7	$\frac{7}{93 \cdot 14000} = 5.3 \cdot 10^{-6}$	$\frac{7}{(26-7) \cdot 14000} = 2.63 \cdot 10^{-5}$	$\frac{24-7}{93} = 0,182$
7,8,33,88, 89,96,144, 163,172, 183,187, 197,199, 216	$16\ 000 \leq \Delta t_i \leq$ 187000 ( 16 042) ( 16 573) ( 16 759 )	14	$\frac{14}{93 \cdot 14000} = 1.07 \cdot 10^{-5}$	$\frac{14}{(79-14) \cdot 14000} = 2 \cdot 10^{-4}$	$\frac{17-14}{93} = 0,032$
-	$17\ 000 \leq \Delta t_i \leq$ 18 000	-	-	-	-
136,177,220	$18\ 000 \leq \Delta t_i \leq$ 19 000 ( 18 291 )	3	$\frac{3}{93 \cdot 14000} = 2.3 \cdot 10^{-6}$	$\frac{3}{(5-3) \cdot 14000} = 1.07 \cdot 10^{-4}$	0

**Tabela P.9 Određivanje  $f_e(t)$ ,  $\lambda_e(t)$ ,  $R_e(t)$  za sastavnu komponentu zatezač/podizač kalemova ( $F_3$ )**

R. B. mesta predenja	Vremenski interval $\Delta t_i$ (h)	Broj otkaza u inetrvalu $\Delta t_i$	$f_e(t)$	$\lambda_e(t)$	$R_e(t)$
-	$13\ 000 \leq \Delta t_i \leq 14\ 000$	-	-	-	1,0
109	$14\ 000 \leq \Delta t_i \leq 15\ 000$ (14 266)	1	0,0000714	0,0000714	0

**Tabela P.10 Određivanje  $f_e(t)$ ,  $\lambda_e(t)$ ,  $R_e(t)$  za sastavnu komponentu kočnica kalema ( $F_4$ )**

R. B. mesta predenja	Vremenski interval $\Delta t_i$ (h)	Broj otkaza u inetrvalu $\Delta t_i$	$f_e(t)$	$\lambda_e(t)$	$R_e(t)$
185	$13\ 000 \leq \Delta t_i \leq 14\ 000$ (13 754)	1	0,0000357	0,0000357	1,0
109	$14\ 000 \leq \Delta t_i \leq 15\ 000$ (14 266)	1	0,0000357	0,0000714	0,5

**Tabela P.11 Određivanje  $f_e(t)$ ,  $\lambda_e(t)$ ,  $R_e(t)$  za sastavnu komponentu elektromagnetna spojnica E1**

R. B. mesta predenja	Vremenski interval $\Delta t_i$ (h)	Broj otkaza u inetrvalu $\Delta t_i$	$f_e(t)$	$\lambda_e(t)$	$R_e(t)$
9,19,37,65,153, 8,13,32,64, 154	$13\ 000 \leq \Delta t_i \leq 14\ 000$ (13 194) (13 2128)	10	$5,49 \cdot 10^{-6}$	$5,49 \cdot 10^{-6}$	0,23
-	$14\ 000 \leq \Delta t_i \leq 15\ 000$	-	-	-	0,2
219	$15\ 000 \leq \Delta t_i \leq 16\ 000$ (15 240)	1	$5,49 \cdot 10^{-6}$	$1,9 \cdot 10^{-5}$	0,55
98, 162 5, 27, 87	$16\ 000 \leq \Delta t_i \leq 17\ 000$ (16 613) (16 759)	5	$1,785 \cdot 10^{-5}$	$2,38 \cdot 10^{-5}$	0,153
-	$17\ 000 \leq \Delta t_i \leq 18\ 000$	-	-	-	-
-	$18\ 000 \leq \Delta t_i \leq 19\ 000$	-	-	-	0

**Tabela P.12 Određivanje  $f_e(t)$ ,  $\lambda_e(t)$ ,  $R_e(t)$  za sastavnu komponentu elektronski čitač E2**

R. B. mesta predenja	Vremenski interval $\Delta t_i$ (h)	Broj otkaza u inetrvalu $\Delta t_i$	$f_e(t)$	$\lambda_e(t)$	$R_e(t)$
-	$13\ 000 \leq \Delta t_i \leq 14\ 000$	-	-	-	1,0
185	$14\ 000 \leq \Delta t_i \leq 15\ 000$ (15 089)	1	$1,428 \cdot 10^{-5}$	$1,428 \cdot 10^{-5}$	0,8
-	$15\ 000 \leq \Delta t_i \leq 16\ 000$	-	-	-	0,4
6,121,123,144	$16\ 000 \leq \Delta t_i \leq 17\ 000$ (16 759)	4	$5,71 \cdot 10^{-5}$	$7,14 \cdot 10^{-5}$	0

**Tabela P.13** Određivanje  $f_{e-o}(t)$ ,  $\lambda_{e-o}(t)$ ,  $R_{e-o}(t)$  za sastavnu komponentu aeroležaj (A2) na kojoj su sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja

R.B. mesta pređenja	Vremenski interval $\Delta t_i$ (h)	Broj otkaza $\Delta t_i$ (h)	$f_{e-o}(t)$	$\lambda_{e-o}(t)$	$R_{e-o}(t)$
6,9,12,22,28, 29,30,31,35,36, 37,39,41,42,43, 44,54,55,58, 62,64,65,66, 72,74,85, . . 192,195	(13983)	57	$\frac{57}{99 \cdot 14000} = 4.11 \cdot 10^{-5}$	$\frac{57}{99 \cdot 14000} = 4.11 \cdot 10^{-5}$	$\frac{99-57}{99} = 0.424$
129,158,202, 212,216,218, 219,220	(14830)	8	$\frac{8}{99 \cdot 14000} = 5.77 \cdot 10^{-6}$	$\frac{8}{(99-57) \cdot 14000} = 1.36 \cdot 10^{-5}$	$\frac{42-8}{99} = 0.343$
52,63,101, 113,132	(15800)	5	$\frac{5}{99 \cdot 14000} = 3.6 \cdot 10^{-6}$	$\frac{5}{(99-57-8) \cdot 14000} = 1.05 \cdot 10^{-5}$	$\frac{42-8-5}{99} = 0.292$
67,78	(16800)	2	$\frac{2}{99 \cdot 14000} = 1.44 \cdot 10^{-6}$	$\frac{2}{29 \cdot 14000} = 4.92 \cdot 10^{-6}$	$\frac{42-8-5-2}{99} = 0.272$
16,84,88, 96,162,176	(17501)	6	$\frac{6}{99 \cdot 14000} = 4.33 \cdot 10^{-6}$	$\frac{6}{27 \cdot 14000} = 1.58 \cdot 10^{-5}$	$\frac{42-8-5-2-6}{99} = 0.212$
24,27,34,48, 81,106,120, 121,185,215, 147	(18540)	11	$\frac{11}{99 \cdot 14000} = 7.93 \cdot 10^{-6}$	$\frac{11}{21 \cdot 14000} = 3.74 \cdot 10^{-5}$	$\frac{42-8-5-2-6-11}{99} = 0.01$
1,4,15,23, 38,45,75, 97,200	(19900)	9	$\frac{9}{99 \cdot 14000} = 6.49 \cdot 10^{-6}$	$\frac{9}{10 \cdot 14000} = 6.42 \cdot 10^{-5}$	$\frac{42-8-5-2-6-11-9}{99} = 0.001$
201	(20000)	1	$\frac{1}{99 \cdot 14000} = 7.21 \cdot 10^{-6}$	$\frac{1}{1 \cdot 14000} = 7.14 \cdot 10^{-5}$	0

**Tabela P.14 Određivanje  $f_{e-o}(t)$ ,  $\lambda_{e-o}(t)$ ,  $R_{e-o}(t)$  za sastavnu komponentu dizna – dekla (A3) na kojoj su sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja**

R.B. mesta predenja	Vremenski interval $\Delta t_i$ (h)	Broj otkaza $\Delta t_i$ (h)	$f_{e-o}(t)$	$\lambda_{e-o}(t)$	$R_{e-o}(t)$
96,102,192	(14128)	3	$\frac{3}{9 \cdot 15000} = 6.66 \cdot 10^{-5}$	$\frac{3}{9 \cdot 15000} = 6.66 \cdot 10^{-5}$	$\frac{9-3}{9} = 0.666$
6,84	(15902)	2	$\frac{2}{9 \cdot 15000} = 1.48 \cdot 10^{-5}$	$\frac{2}{(9-3) \cdot 15000} = 2.222 \cdot 10^{-5}$	$\frac{9-3-2}{9} = 0.444$
98,218	(16830)	2	$\frac{2}{9 \cdot 15000} = 1.48 \cdot 10^{-5}$	$\frac{2}{(9-3-2) \cdot 15000} = 3.33 \cdot 10^{-5}$	$\frac{9-3-2-2}{9} = 0.22$
220	(17510)	1	$\frac{1}{9 \cdot 15000} = 7.4 \cdot 10^{-6}$	$\frac{2}{(9-3-2-2) \cdot 15000} = 3.33 \cdot 10^{-5}$	$\frac{9-3-2-2-1}{9} = 0.11$
153	(18540)	1	$\frac{1}{9 \cdot 15000} = 7.4 \cdot 10^{-6}$	$\frac{2}{(9-3-2-2-1) \cdot 15000} = 6.66 \cdot 10^{-5}$	0

**Tabela P.15 Određivanje  $f_{e-o}(t)$ ,  $\lambda_{e-o}(t)$ ,  $R_{e-o}(t)$  za sastavnu komponentu odvodna cev za usisavanje nečistoća (A4) na kojoj su sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja**

R.B. mesta predenja	Vremenski interval $\Delta t_i$ (h)	Broj otkaza $\Delta t_i$ (h)	$f_{e-o}(t)$	$\lambda_{e-o}(t)$	$R_{e-o}(t)$
74,168	(16900)	2	$\frac{2}{3 \cdot 16000} = 4.16 \cdot 10^{-5}$	$\frac{2}{3 \cdot 16000} = 4.16 \cdot 10^{-5}$	$\frac{3-2}{3} = 0.333$
220	(18540)	1	$\frac{1}{3 \cdot 16000} = 2.08 \cdot 10^{-5}$	$\frac{1}{(3-1) \cdot 16000} = 3.12 \cdot 10^{-5}$	$\frac{3-2-1}{3} = 0$

**Tabela P.16 Određivanje  $f_{e-o}(t)$ ,  $\lambda_{e-o}(t)$ ,  $R_{e-o}(t)$  za sastavnu komponentu usisnik boksa (A5) na kojoj su sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja**

R.B. mesta predenja	Vremenski interval $\Delta t_i$ (h)	Broj otkaza $\Delta t_i$ (h)	$f_{e-o}(t)$	$\lambda_{e-o}(t)$	$R_{e-o}(t)$
218	(14001)	1	$\frac{1}{9 \cdot 15000} = 7.4 \cdot 10^{-6}$	$\frac{1}{9 \cdot 15000} = 7.4 \cdot 10^{-6}$	$\frac{9-1}{9} = 0.88$
74	(15850)	1	$\frac{1}{9 \cdot 15000} = 7.4 \cdot 10^{-6}$	$\frac{1}{(9-1) \cdot 15000} = 8.33 \cdot 10^{-6}$	$\frac{9-1-1}{9} = 0.77$
75,220	(16902)	2	$\frac{2}{9 \cdot 15000} = 1.48 \cdot 10^{-5}$	$\frac{2}{(9-1-1) \cdot 15000} = 1.9 \cdot 10^{-5}$	$\frac{9-1-1-2}{9} = 0.55$
96	(17504)	2	$\frac{2}{9 \cdot 15000} = 1.48 \cdot 10^{-5}$	$\frac{2}{(9-1-1-2) \cdot 15000} = 2.66 \cdot 10^{-5}$	$\frac{9-1-1-2-2}{9} = 0.33$
58,190	(18992)	2	$\frac{2}{9 \cdot 15000} = 1.48 \cdot 10^{-5}$	$\frac{2}{(9-1-1-2-2) \cdot 15000} = 4.44 \cdot 10^{-5}$	$\frac{9-1-1-2-2-2}{9} = 0.11$
98	(18992)	1	$\frac{1}{9 \cdot 15000} = 7.4 \cdot 10^{-6}$	$\frac{1}{(9-1-1-2-2-2) \cdot 15000} = 6.66 \cdot 10^{-5}$	0

**Tabela P.17 Određivanje  $f_{e-o}(t)$ ,  $\lambda_{e-o}(t)$ ,  $R_{e-o}(t)$  za sastavnu komponentu uvodni kanal (A6) na kojoj su sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja**

R.B. mesta predenja	Vremenski interval $\Delta t_i$ (h)	Broj otkaza $\Delta t_i$ (h)	$f_{e-o}(t)$	$\lambda_{e-o}(t)$	$R_{e-o}(t)$
74	(14001)	1	$\frac{1}{5 \cdot 15000} = 1.33 \cdot 10^{-5}$	$\frac{1}{5 \cdot 15000} = 1.33 \cdot 10^{-5}$	$\frac{5-1}{5} = 0.8$
218	(15750)	1	$\frac{1}{5 \cdot 15000} = 1.33 \cdot 10^{-5}$	$\frac{1}{(5-1) \cdot 15000} = 1.66 \cdot 10^{-5}$	$\frac{5-1-1}{5} = 0.8$
220	(16850)	1	$\frac{1}{5 \cdot 15000} = 1.33 \cdot 10^{-5}$	$\frac{1}{(5-1-1) \cdot 15000} = 2.22 \cdot 10^{-5}$	$\frac{5-1-1-1}{5} = 0.4$



88	(17504)	1	$\frac{1}{5 \cdot 15000} = 1.33 \cdot 10^{-5}$	$\frac{1}{(5-1-1-1) \cdot 15000} = 3.33 \cdot 10^{-5}$	$\frac{5-1-1-1-1}{5} = 0.2$
9	(18420)	1	$\frac{1}{5 \cdot 15000} = 1.33 \cdot 10^{-5}$	$\frac{1}{1 \cdot 15000} = 6.66 \cdot 10^{-5}$	0

**Tabela P.18** Određivanje  $f_{e-o}(t)$ ,  $\lambda_{e-o}(t)$ ,  $R_{e-o}(t)$  za sastavnu komponentu otvarač pramenova trake (A7) na kojoj su sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja

R.B. mesta predenja	Vremenski interval $\Delta t_i$ (h)	Broj otkaza $\Delta t_i$ (h)	$f_{e-o}(t)$	$\lambda_{e-o}(t)$	$R_{e-o}(t)$
6,9,12,22,24, 28,29,30,31 , 35,36,37, 39,41,42, 43,44,54, 55,58,62, 64,65,66 86,108,184, 216	(15630)	28	$\frac{28}{48 \cdot 16000} = 3.64 \cdot 10^{-5}$	$\frac{28}{48 \cdot 16000} = 3.64 \cdot 10^{-5}$	$\frac{48-28}{48} = 0.416$
80,91,146, 194,202,205, 218,220	(16820)	8	$\frac{8}{48 \cdot 16000} = 1.04 \cdot 10^{-5}$	$\frac{8}{(48-28) \cdot 16000} = 2.5 \cdot 10^{-5}$	$\frac{48-28-8}{48} = 0,2.83$
84	(17320)	1	$\frac{1}{48 \cdot 16000} = 1.3 \cdot 10^{-6}$	$\frac{1}{(48-28-8) \cdot 16000} = 5.2 \cdot 10^{-5}$	$\frac{48-28-8-1}{48} = 0,1197$
21,106,107, 126,168	(18600)	5	$\frac{5}{48 \cdot 16000} = 6.51 \cdot 10^{-6}$	$\frac{5}{(48-28-8-1) \cdot 16000} = 2.84 \cdot 10^{-5}$	$\frac{48-28-8-1-5}{48} = 0,1089$
40,92,98, 120,162	(19950)	5	$\frac{5}{48 \cdot 16000} = 6.51 \cdot 10^{-6}$	$\frac{5}{6 \cdot 16000} = 5.2 \cdot 10^{-5}$	$\frac{48-20-1-5-5}{48} = 0,0589$
113	(20102)	1	$\frac{1}{48 \cdot 16000} = 1.3 \cdot 10^{-6}$	$\frac{5}{1 \cdot 16000} = 6.25 \cdot 10^{-5}$	0

**Tabela P.19** Određivanje  $f_{e-o}(t)$ ,  $\lambda_{e-o}(t)$ ,  $R_{e-o}(t)$  za sastavnu komponentu vodič niti (F1) na kojoj su sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja

R.B. mesta pređenja	Vremenski interval $\Delta t_i$ (h)	Broj otkaza $\Delta t_i$ (h)	$f_{e-o}(t)$	$\lambda_{e-o}(t)$	$R_{e-o}(t)$
127,185	(13970)	2	$\frac{2}{20 \cdot 14000} = 7.14 \cdot 10^{-6}$	$\frac{2}{20 \cdot 14000} = 7.14 \cdot 10^{-6}$	$\frac{20-2}{20} = 0.9$
117,175, 178	(14960)	3	$\frac{3}{20 \cdot 14000} = 1.07 \cdot 10^{-5}$	$\frac{3}{(20-2) \cdot 14000} = 1.19 \cdot 10^{-5}$	$\frac{20-2-3}{20} = 0,75$
61,72, 109,188	(15850)	4	$\frac{4}{20 \cdot 14000} = 1.42 \cdot 10^{-5}$	$\frac{4}{(20-2-3) \cdot 14000} = 1.9 \cdot 10^{-5}$	$\frac{20-2-3-4}{20} = 0,55$
5,27,87, 98,162	(16900)	5	$\frac{5}{20 \cdot 14000} = 1.78 \cdot 10^{-5}$	$\frac{5}{(20-2-3-4) \cdot 14000} = 3.24 \cdot 10^{-5}$	$\frac{20-2-3-4-5}{20} = 0,3$
45,70,89, 136,179, 186	(18937)	6	$\frac{6}{20 \cdot 14000} = 2.14 \cdot 10^{-5}$	$\frac{6}{10.75 \cdot 14000} = 7.14 \cdot 10^{-5}$	0

**Tabela P.20** Određivanje  $f_{e-o}(t)$ ,  $\lambda_{e-o}(t)$ ,  $R_{e-o}(t)$  za sastavnu komponentu držač kalemova (F2) na kojoj su sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja

R. B. mesta pređenja	Vremenski interval rada do otkaza $\Delta t_i$ [h]	Broj otkaza (n)	$f_{e-o}(t)$	$\lambda_{e-o}(t)$	$R_{e-o}(t)$
6, 9, 11, 12, 15, 17, 19, 21, 22, 28, 29,30, 31, 35, 36, 39, 41, 42, 43, 44, 54, 55, 58, 59, 64, 65, 66, 72, 74, 85, 86, 87, 90, 99, 101, 103, 107, 109, 110,	(13520)	67	$\frac{67}{93 \cdot 14000} = 5,14 \cdot 10^{-5}$	$\frac{67}{93 \cdot 14000} = 5,14 \cdot 10^{-5}$	$\frac{93-67}{93} = 0.28$

112, 122, 123, 127, 131, 135, 137, 138, 139, 141, 142, 145, 149, 153, 155, 157, 165, 169, 171, 174, 184, 185, 190, 192, 202, 212, 218, 219					
68, 102	(14990)	2	$\frac{2}{93 \cdot 14000} = 1,5 \cdot 10^{-6}$	$\frac{2}{(93-67) \cdot 14000} = 5,49 \cdot 10^{-6}$	$\frac{93-67-2}{93} = 0,258$
1, 52, 56, 57, 75, 98, 162,	(15920)	7	$\frac{7}{93 \cdot 14000} = 5,37 \cdot 10^{-6}$	$\frac{2}{(93-67-2) \cdot 14000} = 2,08 \cdot 10^{-5}$	$\frac{93-67-2-7}{93} = 0,182$
7, 8, 33, 88, 89, 96, 144, 163, 172, 183, 187, 197, 199, 216	(16940)	14	$\frac{14}{93 \cdot 14000} = 1,07 \cdot 10^{-5}$	$\frac{14}{(93-67-2-7) \cdot 14000} = 5,88 \cdot 10^{-5}$	$\frac{93-67-2-7-14}{93} = 0,0322$
136, 177, 220	(18000)	3	$\frac{3}{93 \cdot 14000} = 2,3 \cdot 10^{-6}$	$\frac{3}{(93-67-2-7-14) \cdot 14000} = 7,14 \cdot 10^{-5}$	$\frac{93-67-2-7-14-3}{93} = 0$

**Tabela P.21** Određivanje  $f_{e-0}(t)$ ,  $\lambda_{e-0}(t)$ ,  $R_{e-0}(t)$  za sastavnu komponentu na zatezačima / podizačima kalemova (F3) na kojoj su sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja

R. B. mesta pređenja	Vremenski interval rada do otkaza $\Delta t_i [h]$	Broj otkaza (n)	$f_{e-0}(t)$	$\lambda_{e-0}(t)$	$R_{e-0}(t)$
109	(14 730)	1	$\frac{1}{1 \cdot 15000} = 6,66 \cdot 10^{-5}$	$\frac{1}{1 \cdot 15000} = 6,66 \cdot 10^{-5}$	0

**Tabela P.22** Određivanje  $f_{e-o}(t)$ ,  $\lambda_{e-o}(t)$ ,  $R_{e-o}(t)$  za sastavnu komponentu na kočnicama kalemova (F4) na kojoj su sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja

R. B. mesta predenja	Vremenski interval rada do otkaza $\Delta t_i [h]$	Broj otkaza (n)	$f_{e-o}(t)$	$\lambda_{e-o}(t)$	$R_{e-o}(t)$
185	(13990)	1	$\frac{1}{1 \cdot 14000} = 7,14 \cdot 10^{-5}$	$\frac{1}{1 \cdot 14000} = 7,14 \cdot 10^{-5}$	0
109	(14520)	1	$\frac{1}{1 \cdot 14000} = 7,14 \cdot 10^{-5}$	$\frac{1}{2 \cdot 14000} = 3,57 \cdot 10^{-5}$	$\frac{2-1}{2} = 0,5$

**Tabela P.23** Određivanje  $f_{e-o}(t)$ ,  $\lambda_{e-o}(t)$ ,  $R_{e-o}(t)$  za sastavnu komponentu elektromagnetna spojnica - kumplung (E1) na kojoj su sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja

R.B. mesta predenja	Vremenski interval $\Delta t_i$ (h)	Broj otkaza $\Delta t_i$ (h)	$f_{e-o}(t)$	$\lambda_{e-o}(t)$	$R_{e-o}(t)$
8,9,13,19,32 , 37,64,65,15 , 3, 154	14120	10	$\frac{10}{13 \cdot 15000} = 5,128 \cdot 10^{-5}$	$\frac{10}{13 \cdot 15000} = 5,128 \cdot 10^{-5}$	$\frac{13-10}{13} = 0,23$
219	(16001)	1	$\frac{1}{13 \cdot 15000} = 5,12 \cdot 10^{-6}$	$\frac{1}{(13-10) \cdot 15000} = 2,22 \cdot 10^{-5}$	$\frac{3-1}{13} = 0,153$
56,58	(19103)	2	$\frac{2}{13 \cdot 15000} = 1,025 \cdot 10^{-5}$	$\frac{2}{(13-10-1) \cdot 15000} = 6,66 \cdot 10^{-5}$	0

**Tabela P.24** Određivanje  $f_{e-o}(t)$ ,  $\lambda_{e-o}(t)$ ,  $R_{e-o}(t)$  za sastavnu komponentu elektronski čitači (E2) na kojoj su sprovedeni postupci tehnologije preventivnog održavanja

R.B. mesta predenja	Vremenski interval $\Delta t_i$ (h)	Broj otkaza $\Delta t_i$ (h)	$f_{e-o}(t)$	$\lambda_{e-o}(t)$	$R_{e-o}(t)$
185	(15905)	1	$\frac{1}{6 \cdot 16000} = 1,25 \cdot 10^{-5}$	$\frac{1}{5 \cdot 16000} = 1,25 \cdot 10^{-5}$	$\frac{5-1}{5} = 0,8$
6,121, 123,144	(17230)	4	$\frac{4}{5 \cdot 16000} = 5 \cdot 10^{-5}$	$\frac{4}{(5-1) \cdot 16000} = 6,25 \cdot 10^{-5}$	0

**MERNO MESTO 1:** obuhvata komponentu sklopa boksa predenja i to uvodni kanal (A6)

**Tabela P.25 Zavisnosti vrednosti amplituda od pouzdanosti za merno mesto 1, bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik			Rizik		Remont
	$t$ (h)	13 000	13 034	13 068	13 102	
$A_1(t)_{A_6}$ ( $m/s^2$ )	10,05	10,091	10,133	10,175	10,217	> 12,217
$R_{A_6}(t)$	1,0	0,965	0,931	0,899	0,862	> 0,862

**Tabela P.26 Zavisnosti vrednosti amplituda od pouzdanosti za merno mesto 1, sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik			Rizik				Remont
	$t$ (h)	14 001	14 300	14 450	14 600	14 900	15 200	
$A_1(t)_{A_6}$ ( $m/s^2$ )	9,983	10,022	10,061	10,10	10,139	10,178	10,217	> 10,217
$R_{A_6-0}(t)$	1,0	0,989	0,972	0,9563	0,916	0,877	0,836	> 836

**MERNO MESTO 2:** obuhvata komponente sklopa boksa pređenja i to: na elektromagnetnoj spojnici E1, valjku za otvaranje pramenova trake A7, dizni (dekli) A3, odvodnoj cevi sistema za usisavanje nečistoća A4 i usisniku boksa A5.

**Tabela P.27 Zavisnosti vrednosti amplituda od pouzdanosti za merno mesto 2 za komponentu elektromagnetna spojnica E1, bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik			Rizik		Remont
	$t$ (h)	13 000	13 015	13 023	13 030	
$A_2(t)_{E_1}$ ( $m/s^2$ )	10,627	10,90	11,171	12,716	14,26	> 14,26
$R_{E_1}(t)$	1,0	0,965	0,939	0,914	0,871	> 871

**Tabela P.28 Zavisnosti vrednosti amplituda od pouzdanosti za merno mesto 2 komponentu elektromagnetna spojnica E1, sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik				Rizik			Remont
	$t$ (h)	14 001	14 151	14 251	14 301	14 351	14 451	
$A_2(t)_{E_1}$ ( $m/s^2$ )	10,035	10,414	10,792	11,171	12,20	13,23	14,26	> 14,26
$R_{E_1-0}(t)$	1,0	0,913	0,826	0,782	0,738	0,648	0,568	> 568

**Tabela P.29 Zavisnosti vrednosti amplituda od pouzdanosti za merno mesto 2 za komponentu otvarač pramenova trake A7, bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik			Rizik		Remont		
	$t$ (h)	15 000	15 020	15 040	15 050	15 060	15 074	15 089
$A_2(t)_{A_7}$ ( $m/s^2$ )	10,627	10,90	11,171	11,70	12,715	13,50	14,26	> 14,26
$R_{A_7}(t)$	1,0	0,881	0,767	0,685	0,648	0,595	0,535	> 535

**Tabela P.30 Zavisnosti vrednosti amplituda od pouzdanosti za merno mesto 2 za komponentu otvarač pramenova trake A7, sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik			Rizik				Remont
$t$ (h)	15 630	15 730	15 805	15 830	15 930	16 030	16 330	> 16330
$A_2(t)_{A_7}$ ( $m/s^2$ )	10,035	10,603	11,171	11,943	12,716	13,49	14,26	> 14,26
$R_{A7-0}(t)$	1,0	0,904	0,827	0,8028	0,7019	0,6026	0,5	> 0,5

**Tabela P.31 Zavisnosti vrednosti amplituda od pouzdanosti za merno mesto 2 za komponentu dizna (dekla) A3, bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik					Rizik					Remont
$t$ (h)	13 000	13 050	13 150	13 200	13 300	13 400	13 450	13 500	13 550	13 600	> 13600
$A_2(t)_{A_3}$ ( $m/s^2$ )	10,627	10,763	10,90	11,035	11,171	12,446	13,053	13,443	13,86	14,26	>14,26
$R_{A3}(t)$	1,0	0,976	0,953	0,93	0,895	0,86	0,84	0,82	0,815	0,79	> 79

**Tabela P.32 Zavisnosti vrednosti amplituda od pouzdanosti za merno mesto 2 za komponentu dizna (dekla) A3, sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik			Rizik		Remont
$t$ (h)	14 128	14 300	14 600	14 900	15 200	>15200
$A_2(t)_{A_3}$ ( $m/s^2$ )	10,035	10,603	11,171	12,446	14,26	>14,26
$R_{A3-0}(t)$	1,0	0,944	0,886	0,831	0,773	> 0,773

**Tabela P.33 Zavisnosti vrednosti amplituda od pouzdanosti za merno mesto 2 za komponentu odvodna cev sistema za usisavanje nečistoća A4, bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik			Rizik					Remont
$t$ (h)	15 000	15 100	15 190	15 200	15 300	15 330	15 370	15 400	>15 400
$A_2(t)_{A_4}$ ( $m/s^2$ )	10,627	10,90	11,171	12,20	13,23	13,68	13,98	14,26	>14,26
$R_{A4}(t)$	1,0	0,9	0,801	0,8	0,712	0,692	0,658	0,618	> 0,618

**Tabela P.34 Zavisnosti vrednosti amplituda od pouzdanosti za merno mesto 2 za komponentu odvodna cev sistema za usisavanje nečistoća A4, sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik			Rizik		Remont
$t$ (h)	15 995	16 150	16 300	16 450	16 600	>16600
$A_2(t)_{A_4}$ ( $m/s^2$ )	10,035	10,603	11,171	12,446	14,26	>14,26
$R_{A4-0}(t)$	1,0	0,944	0,888	0,834	0,7703	>0,7703

**Tabela P.35 Zavisnosti vrednosti amplituda od pouzdanosti za merno mesto 2 za komponentu usisnik boksa A5, bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik				Rizik					Remont
	$t$ (h)	13 000	13 040	13 060	13 080	13 100	13 120	13 135	13 150	
$A_2(t)_{A_5}$ ( $m/s^2$ )	10,627	10,90	11,056	11,171	11,788	12,446	13,052	13,865	14,26	> 14,26
$R_{A_5}(t)$	1,0	0,98	0,975	0,96	0,95	0,94	0,932	0,927	0,92	> 0,92

**Tabela P.36 Zavisnosti vrednosti amplituda od pouzdanosti za merno mesto 2 za komponentu usisnik boksa A5, sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik		Rizik			Remont
	$t$ (h)	14 001	14 962	15 258	15 554	
$A_2(t)_{A_5}$ ( $m/s^2$ )	10,035	11,171	12,123	13,215	14,26	> 14,26
$R_{A_5-0}(t)$	1,0	0,944	0,912	0,897	0,888	> 0,888

**MERNO MESTO 3:** obuhvata komponente sklopa boksa predenja i to: rotor (turbina) A1 i aeroležaj A2

**Tabela P.37 Zavisnosti vrednosti amplituda od pouzdanosti za merno mesto 3 za komponentu rotor (turbina) A1, bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik				Rizik							Remont
	$t$ (h)	13 000	13 400	13 550	13 600	13 608	13 616	13 625	13 800	13 946	14 092	
$A_3(t)_{A_1}$ ( $m/s^2$ )	8,084	8,10	8,116	8,133	8,425	8,789	9,45	10,765	11,625	11,783	12,082	>12,082
$R_{A_1}(t)$	1,0	0,975	0,969	0,963	0,962	0,960	0,957	0,951	0,938	0,932	0,927	> 0,927

**Tabela P.38 Zavisnosti vrednosti amplituda od pouzdanosti za merno mesto 3 za komponentu rotor (turbina) A1, sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik				Rizik					Remont
	$t$ (h)	13 983	14 100	14 200	14 300	14 400	14 500	14 530	14 565	
$A_3(t)_{A_1}$ ( $m/s^2$ )	7,368	7,623	7,878	8,133	9,45	10,765	11,265	11,783	12,082	12,082
$R_{A_1-0}(t)$	1,0	0,9207	0,8423	0,7611	0,6808	0,6026	0,5903	0,5425	0,5239	>0,5239

**Tabela P.39 Zavisnosti vrednosti amplituda od pouzdanosti za merno mesto 3 za komponentu aeroležaj A2, bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik						Rizik				Remont
	$t$ (h)	13 000	13 400	13 600	13 680	13 750	13 800	13 875	13 945	14 090	
$A_3(t)_{A_2}$ ( $m/s^2$ )	8,084	8,108	8,133	8,356	9,123	10,107	10,523	11,2213	11,652	12,082	>12,082
$R_{A_2}(t)$	1,0	0,975	0,963	0,96	0,958	0,951	0,945	0,935	0,932	0,927	> 0,927

**Tabela P.40 Zavisnosti vrednosti amplituda od pouzdanosti za merno mesto 3 za komponentu aeroležaj A2, sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik				Rizik					Remont
	13 983	14 100	14 200	14 250	14 300	14 400	14 440	14 475	14 500	
$t$ (h)										>14 500
$A_3(t)_{A_2}$ ( $m/s^2$ )	7,368	7,623	7,878	8,133	9,45	10,765	11,256	11,832	12,082	>12,082
$R_{A_2-0}(t)$	1,0	0,925	0,8508	0,8136	0,7764	0,7019	0,695	0,653	0,625	>0,625

**MERNO MESTO 4:** obuhvata komponente sklopa boksa predenja: točkić za vođenje pređe A8, i elektronski čitač E2

**Tabela P.41 Zavisnosti vrednosti amplituda od pouzdanosti za merno mesto 4 za komponentu točkić za vođenje pređe A8, bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik								
	13 000	14 000	15 000	16 000	17 000	18 000	19 000	20 000	
$A_4(t)_{A_8}$ ( $m/s^2$ )	2,117	2,182	2,247	2,312	2,378	2,442	2,507	2,573	
$R_{A_8}(t)$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	

**Tabela P.42 Zavisnosti vrednosti amplituda od pouzdanosti za merno mesto 4 za komponentu točkić za vođenje pređe A8, sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik								
	13 000	14 000	15 000	16 000	17 000	18 000	19 000	20 000	
$A_4(t)_{A_8}$ ( $m/s^2$ )	1,933	2,014	2,096	2,177	2,259	2,34	2,422	2,504	
$R_{A_8-0}(t)$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	

**Tabela P.43 Zavisnosti vrednosti amplituda od pouzdanosti za merno mesto 4 za komponentu elektronski čitač E2, bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik				Rizik	Remont
	15 000	15 020	15 040	15 060	15 089	> 15 089
$A_4(t)_{E_2}$ ( $m/s^2$ )	2,115	2,1166	2,1182	2,1198	2,122	>2,122
$R_{E_2}(t)$	1,0	0,951	0,903	0,853	0,806	> 0,806

**Tabela P.44 Zavisnosti vrednosti amplituda od pouzdanosti za merno mesto 4 za komponentu elektronski čitač E2, sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik	Rizik	Remont
$t$ (h)	15 905	16 300	>17 230
$A_4(t)_{E_2}$ ( $m/s^2$ )	2,115	2,291	>2,291
$R_{E_2-0}(t)$	1,0	0,8023	>0,8023



**MERNO MESTO 5:** obuhvata komponente sklopa boksa pređenja: zatezač prede A9 i mehanizam za parafinisanje prede A10

**Tabela P.45 Zavisnosti vrednosti amplituda od pouzdanosti za merno mesto 5 za komponentu zatezač prede A9, bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik								
	$t$ (h)	13 000	14 000	15 000	16 000	17 000	18 000	19 000	20 000
$A_5(t)_{A_9}$ ( $m/s^2$ )	0,6627	0,7041	0,745	0,787	0,828	0,87	0,911	0,9525	
$R_{A9}(t)$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

**Tabela P.46 Zavisnosti vrednosti amplituda od pouzdanosti za merno mesto 5 za komponentu zatezač prede A9, sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik								
	$t$ (h)	13 000	14 000	15 000	16 000	17 000	18 000	19 000	20 000
$A_5(t)_{A_9}$ ( $m/s^2$ )	0,5599	0,601	0,6421	0,6832	0,7243	0,7654	0,8065	0,8477	
$R_{A9-0}(t)$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

**Tabela P.47 Zavisnosti vrednosti amplituda od pouzdanosti za merno mesto 5 za komponentu mehanizam za parafinisanje prede A10, bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik								
	$t$ (h)	13 000	14 000	15 000	16 000	17 000	18 000	19 000	20 000
$A_5(t)_{A_{10}}$ ( $m/s^2$ )	0,6627	0,7041	0,745	0,787	0,828	0,87	0,911	0,9525	
$R_{A10}(t)$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

**Tabela P.48 Zavisnosti vrednosti amplituda od pouzdanosti za merno mesto 5 za komponentu mehanizam za parafinisanje prede A10, sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik								
	$t$ (h)	13 000	14 000	15 000	16 000	17 000	18 000	19 000	20 000
$A_5(t)_{A_{10}}$ ( $m/s^2$ )	0,5599	0,601	0,6421	0,6832	0,7243	0,7654	0,8065	0,8477	
$R_{A10-0}(t)$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

**MERNO MESTO 6:** obuhvata komponente sklopa za namotavanje kalemova gotovom predom i to: vodič niti F1 i na zatezaču / podizaču kalema F3.

**Tabela P.49 Zavisnosti vrednosti amplituda od pouzdanosti za merno mesto 6 za komponentu vodič niti F1, bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik			Rizik	Remont
	$t$ (h)	13 000	13 770	13 955	14 861
					>14 861

$A_6(t)_{F_1}$ ( $m/s^2$ )	1,403	1,551	1,70	1,847	>1,847
$R_{F_1}(t)$	1,0	0,9014	0,8266	0,7517	>0,7517

**Tabela P.50** Zavisnosti vrednosti amplituda od pouzdanosti za merno mesto 6 za komponentu vodič niti F1, sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik			Rizik	Remont
$t$ (h)	13 000	13 970	14 095	14 960	>14 960
$A_6(t)_{F_1}$ ( $m/s^2$ )	1,403	1,551	1,70	1,847	>1,847
$R_{F_1-0}(t)$	1,0	0,898	0,8233	0,7486	>0,7486

**Tabela P.51** Zavisnosti vrednosti amplituda od pouzdanosti za merno mesto 6 za komponentu zatezač / podizač kalema F3, bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik							
$t$ (h)	13 000	14 000	15 000	16 000	17 000	18 000	19 000	20 000
$A_6(t)_{F_3}$ ( $m/s^2$ )	1,403	1,466	1,53	1,593	1,656	1,72	1,783	1,847
$R_{F_3}(t)$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

**Tabela P.52** Zavisnosti vrednosti amplituda od pouzdanosti za merno mesto 6 za komponentu zatezač / podizač kalema F3, sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik							
$t$ (h)	13 000	14 000	15 000	16 000	17 000	18 000	19 000	20 000
$A_6(t)_{F_3}$ ( $m/s^2$ )	1,403	1,466	1,53	1,593	1,656	1,72	1,783	1,847
$R_{F_3-0}(t)$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

**MERNO MESTO 7:** obuhvata komponente sklopa za namotavanje kalemova gotovom prelom i to: držač kalema F2 i kočnica kalema F4.

**Tabela P.53** Zavisnosti vrednosti amplituda od pouzdanosti za merno mesto 7 za komponentu držač kalema F2, bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik		Rizik		Remont
$t$ (h)	13 000	13 089	13 104	13 208	>13 208
$A_7(t)_{F_2}$ ( $m/s^2$ )	1,859	2,040	2,22	2,398	> 2,398
$R_{F_2}(t)$	1,0	0,927	0,854	0,7123	>0,7123

**Tabela P.54** Zavisnosti vrednosti amplituda od pouzdanosti za merno mesto 7 za komponentu držač kalema F2, sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik		Rizik	Remont
$t$ (h)	13 000	13 104	13 208	>13 208

$A_7(t)_{F_3}$ ( $m/s^2$ )	1,638	1,812	1,987	> 1,987
$R_{F_2-0}(t)$	1,0	0,8577	0,7123	>0,7123

**Tabela P.55 Zavisnosti vrednosti amplituda od pouzdanosti za merno mesto 7 za komponentu kočnica kalem F4, bez postupaka tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik					Rizik				Remont
	t (h)	14 000	14 030	14 053	14 065	14 080	14 106	14 122	14 139	
$A_7(t)_{F_3}$ ( $m/s^2$ )	1,859	1,895	1,994	1,958	2,13	2,263	2,304	2,365	2,398	> 2,398
$R_{F_4}(t)$	1,0	0,9856	0,9014	0,8562	0,852	0,8023	0,7895	0,7459	0,7019	>0,7019

**Tabela P.56 Zavisnosti vrednosti amplituda od pouzdanosti za merno mesto 7 za komponentu kočnica kalem F4, sa postupcima tehnologije preventivnog održavanja**

Posmatrana oblast	Dozvoljeni rizik					Rizik				Remont
	t (h)	14 000	14 040	14 080	14 104	14 156	14 208	14 252	14 289	
$A_7(t)_{F_3}$ ( $m/s^2$ )	1,638	1,665	1,698	1,725	1,813	1,90	1,926	1,958	1,987	> 1,987
$R_{F_4-0}(t)$	1,0	0,9856	0,523	0,9014	0,852	0,8023	0,7756	0,7423	0,7019	>0,7019

**Napomena:** Aproksimacije pouzdanosti kao srednje vrednosti između određenih intervala eksploatacionog vremena biće određene prema linearnoj zavisnosti pouzdanosti što se vidi iz prikazanih dijagrama sastavnih komponenti analiziranih sklopova, i svuda gde je ovakva aproksimacija analitički određena prikazana je zasenčanim poljem u okviru ovih tabela.

### NUMERIČKE VREDNOSTI EKSTREMA (VREDNOSTI PIKOVA AMPLITUDA OSCILOVANJA) STOHAŠTIČKIH VELIČINA IZ PRIKAZANIH DIJAGRAMA AMPLITUDNO - FREKVENTNIH KARAKTERISTIKA

**MERNO MESTO 1.** Oblast analize je obuhvatila vrednosti frekvenci u opsegu spektra oscilovanja  $f_{i_i}(A_{i_i}) = 0,6 \div 2,675 [kHz]$ .

**Tabela P.57 Ekstremne vrednosti oscilacija na mernom mestu 1**

R. B.	Frekvencija oscilovanja $f_{i_i} [kHz]$	Amplituda oscilovanja $A_{i_i} \left[ \frac{m}{s^2} \right]$	Ekstremne vrednosti signala (pikovi amplitude oscilovanja)	
			max.	min.
1.	0,6	0,774508		✓
2.	0,625	1,42658	✓	
3.	0,7875	1,5987	✓	
4.	0,85	0,51426		✓
5.	1,175	1,18904	✓	
6.	1,2625	0,71591		✓
7.	1,3625	1,86919 max.	✓	
8.	1,4625	1,12771		✓
9.	1,525	1,61334	✓	
10.	1,7375	0,34385		✓
11.	1,9875	0,37388		✓
12.	2,1125	0,93978	✓	
13.	2,2875	0,24401 min.		✓
14.	2,575	0,47569	✓	
15.	2,675	0,24913		✓

Napomena: simbol “✓” označava oblik ekstremne vrednosti.

**MERNO MESTO 2.** Oblast analize je obuhvatila vrednost frekvencije u opsegu spektra oscilovanja  $f_2$  ( $A_2(t)$ ) =  $0.125 \div 3.2158$ .

**Tabela P.58 Ekstremne vrednosti oscilacija na mernom mestu 2**

R.B.	Frekvencija oscilovanja $f_2$ [kHz]	Amplituda oscilovanja $A_2$ [m/s <sup>2</sup> ]	Ekstremne vrednosti	
			max.	min.
1.	0.125	0.86459	√	
2.	0.2	0.738865	√	
3.	0.2375	0.321888 min.		√
4.	0.3875	1.222	√	
5.	0.4125	0.482526		√
6.	0.5	1.16902	√	
7.	0.5625	0.480573		√
8.	0.5875	1.10921	√	
9.	0.6625	1.13778		√
10.	0.7	0.630226	√	
11.	0.775	1.54841		√
12.	0.8375	0.40709	√	
13.	0.9125	1.23055		√
14.	0.9375	0.908048	√	
15.	1.0125	1.5091		√
16.	1.0875	0.808686	√	
17.	1.1125	1.81111	√	
18.	1.15	1.36238	√	
19.	1.2375	1.00814		√
20.	1.35	1.69952	√	
21.	1.4	1.13338		√
22.	1.4375	2.08647 max.	√	
23.	1.525	0.618508		√
24.	1.5625	1.09554	√	
25.	1.775	0.255972		√
26.	2.175	1.45173	√	
27.	2.2125	0.584085		√
28.	2.25	1.5196	√	
29.	2.325	0.755221		√
30.	2.4	1.33967	√	
31.	2.4375	0.861419		√
32.	2.5375	1.56012	√	
33.	2.5625	0.907071		√
34.	2.5875	1.31599	√	
35.	2.675	0.901456		√
36.	2.7375	1.39582	√	
37.	2.7875	0.87216		√
38.	2.825	1.21224	√	
39.	2.975	0.431503		√
40.	3.25	0.338244		√

**MERNO MESTO 3.** Oblast analize je obuhvatila vrednost frekvencije u opsegu spektra oscilovanja  $f_3$  ( $A_3(t)$ ) =  $0.125 \div 1.66$ .

**Tabela P.59 Ekstremne vrednosti oscilacija na mernom mestu 3**

R.B.	Frekvencija oscilovanja $f_3$ [kHz]	Amplituda oscilovanja $A_3$ [m/s <sup>2</sup> ]	Ekstremne vrednosti	
			max.	min.
1.	0.125	1.22933	√	
2.	0.15	0.216667		√
3.	0.2	0.487897	√	
4.	0.2875	0.121944 min.		√
5.	0.3875	0.954921	√	
6.	0.4375	0.373888		√
7.	0.5	1.66925	√	
8.	0.6	0.584085		√
9.	0.7625	2.32841 max.	√	
10.	0.8	0.937588		√
11.	0.8375	1.38117	√	
12.	0.925	0.525005		√
13.	0.975	1.40364	√	
14.	1.025	0.426864		√
15.	1.1	0.660987	√	
16.	1.1375	0.31969		√
17.	1.2375	0.445662	√	

18.	1.2625	0.269399		√
19.	1.375	0.816743	√	
20.	1.66	0.208793 min.		√

Analiza kružnih frekvencija biće sprovedena za dva karakteristične vrednosti amplituda ( $A_{i\max}$ ,  $A_{i\min}$ ).

**MERNO MESTO 4.** Oblast analize je obuhvatila vrednost frekvenci u opsegu spektra oscilovanja  $f_4(A_4(t)) = 0.025 \div 1.5625 \text{ KHz}$ .

**Tabela P.60 Ekstremne vrednosti oscilacija na mernom mestu 4**

1.	0.025	0.0839503		√
2.	0.125	0.375503	√	
3.	0.15	0.287616		√
4.	0.1625	0.37001	√	
5.	0.175	0.229391		√
6.	0.2125	0.613591 (max.)	√	
7.	0.2375	0.173302		√
8.	0.275	0.289691	√	
9.	0.3	0.206138		√
10.	0.3875	0.486643	√	
11.	0.75	0.0981709		√
12.	0.7875	0.234274	√	
13.	0.85	0.0757109		√
14.	0.8875	0.219443	√	
15.	0.9375	0.075833		√
16.	1.1625	0.381728	√	
17.	1.2	0.150598		√
18.	1.2875	0.252644	√	
19.	1.3375	0.141809		√
20.	1.3625	0.231771	√	
21.	1.5625	0.0733306 (min.)		√

**MERNO MESTO 5.** Oblast analize je obuhva vrednost frekvenci u opsegu spektra oscilovanja  $f_5(A_5(t)) = 0.5 \div 2.0 \text{ [kHz]}$ .

**Tabela P.61 Ekstremne vrednosti oscilacija na mernom mestu 5**

R.B.	Frekvencija oscilovanja $F_s[\text{kHz}]$	Amplituda oscilovanja $A_s[\text{m/S}^2]$	Ekstremne vrednosti	
			max.	min.
1.	0.05	0.21745	√	
2.	0.075	0.12224 max.		√
3.	0.1	0.205427	√	
4.	0.15	0.0645187		√
5.	0.225	0.18431	√	
6.	0.2375	0.12668		√
7.	0.2625	0.182753	√	
8.	0.425	0.0257937		√
9.	0.525	0.0782967	√	
10.	1.25	0.00142663		√
11.	1.825	0.0588274	√	
12.	1.85	0.045736		√
13.	1.8875	0.0581256 min.	√	
14.	2.0	0.0137857		√

**MERNO MESTO 6.** Oblast analize je obuhvatila vrednost frekvencije u opsegu spektra oscilovanja  $f_6(A_6(t)) = 0.0375 \div 2.1625$ .

**Tabela P.62 Ekstremne vrednosti oscilacija na mernom mestu 6**

R.B.	Frekvencija oscilovanja $f_i[\text{kHz}]$	Amplituda oscilovanja $A_i[\text{m/s}^2]$	Ekstremne vrednosti	
			max.	min.
1.	0.0375	0.222906	√	
2.	0.15	0.0431347		√
3.	0.4	0.337708	√	
4.	0.475	0.0746274		√
5.	0.5375	0.292299	√	
6.	0.6125	0.105754		√
7.	0.65	0.237462	√	
8.	0.7125	0.15046		√
9.	0.775	0.310457	√	
10.	0.8625	0.0981248		√

11.	0.975	0.350707 max.	√	
12.	1.0625	0.0821038		√
13.	1.125	0.139169	√	
14.	1.225	0.0441112		√
15.	1.85	0.139749	√	
16.	2.1625	0.0138086 max.		√

**MERNO MESTO 7.** Oblast analize je obuhvatila vrednost frekvenci u opsegu spektra oscilovanja  $f_7$  ( $A_7(t)$ ) =  $0.0375 \div 2.175$  [kHz]

**Tabela P.63** Ekstremne vrednosti oscilacija na mernom mestu 7

R.B.	Frekvencija oscilovanja $F_i$ [kHz]	Amplituda oscilovanja $A_i$ [m/S <sup>2</sup> ]	Eksperimentalna vrednost	
			max.	min.
1.	0.0375	0.147347	√	
2.	0.1125	0.0255573 min		√
3.	0.2625	0.147347	√	
4.	0.2875	0.0660828		√
5.	0.3625	0.211645	√	
6.	0.475	0.0298601		√
7.	0.6625	0.216497	√	
8.	0.725	0.0801508		√
9.	0.8375	0.470911	√	
10.	0.9125	0.0977587		√
11.	0.975	0.345489	√	
12.	1.0125	0.124613		√
13.	1.125	0.473413 max	√	
14.	1.2125	0.152163		√
15.	1.2875	0.3855313	√	
16.	1.4	0.172066		√
17.	1.4625	0.290316	√	
18.	1.5875	0.122935		√
19.	1.6	0.194068	√	
20.	1.7	0.0713927		√
21.	1.9625	0.160225	√	
22.	2.175	0.0424938		√

## BIOGRAFSKI PRIKAZ

Mr Slobodan Stefanović dipl. ing. mašinstva, rođen je 11.10.1965. godine u Nišu. Osnovnu, mašinsko - tehničku školu kao i Mašinski fakultet završio je u Nišu, diplomiravši sa ocenom 10 (deset).

Dana 31. 03. 2000. godine magistrirao je na Mašinskom fakultetu u Nišu na katedri za mašinske konstrukcije - smer železniški, sa prosekom ocena 9,33 i odbranio magistrski rad pod nazivom "Izbor sistema prenosa snage za železnička vučna vozila na J.Ž.", pod mentorstvom prof. dr Randela Bogdanovića, i stekao akademsko zvanje magistra mašinskih nauka.

Sada radi na izradi doktorske disertacije pod nazivom "Uticaj pojava mehaničkih oscilacija na sigurnost funkcionisanja sklopova u sistemu prenosa snage tekstilnih mašina", pod mentorstvom prof. dr Živoslava Adamovića, redovnog profesora Tehničkog fakulteta "Mihajlo Pupin" u Zrenjaninu. Disertacija mu je odobrena 24. 12. 2001. god. na Univerzitetu u Novom Sadu.

## RADNA, NASTAVNA I PEDAGOŠKA DELATNOST

Mr Slobodan Stefanović dipl. ing. mašinstva, započeo je radno iskustvo 01.09.1994. godine, u "EI-Niš" u konstruktivnom birou fabrike mašinskih delova na poslovima konstruktora mašina i uređaja. Bio je zaposlen i kao : tehnički direktor u radnoj organizaciji "Elmatik-Niš", i kao predavač u srednje tehničkoj školi "Dušan Trivunac" u Svrliju. Takođe, bio je zaposlen u Niškoj industriji tekstila Ratko Pavlović - NITEX, na poslovima pomoćnika direktora za tehnička pitanja u fabrici tj. koordinatora mašinskog održavanja tehničkih sistema u fabrici. Na ovim poslovima je sproveo niz rekonstrukcija opreme i instalacija kao i investicionih programa u uvođenju novih tehnologija u funkciji procesa rada, a takođe je bio i vodeći projektant iz oblasti standardizacije i informacionog sistema održavanja tehničkih sistema. Treba reći da je mr Slobodan Stefanović, bio i u užem rukovodstvu fabrike kao član nadzornog odbora fabrike.

Bio je direktor fabrike mašinskih delova "FMD" u EI HOLDING KORPORACIJI, Niš (blizu jednog mandata) kao i vršilac dužnosti direktora fabrike "ALATNICA" u EI HOLDING KORPORACIJI, Niš. (1/2 mandata).

Obavljao je funkciju predsednika Upravnog odbora D.O.O. "SINTEKA" iz Gadžinog Hana i bio je član upravnog odbora Naučno istraživačkog centra "EI-IRIN" u Nišu.

Od 15.10.2003. godine radi kao viši predavač na Višoj tehničko tehnološkoj školi u Vranju i izvodi nastavu iz predmeta: Automatizacija proizvodnje, Projektovanje proizvodnje, Mašinski materijali, Materijali i Tehnologija zavarivanja na odsecima mašinskom, ekonomskom i nastavničkom.

Mr Slobodan Stefanović dipl. ing. maš. je predsednik društva za TEHNIČKU DIJAGNOSTIKU SRBIJE - TEHDIS.

- Član je izdavačkog saveta časopisa društva "Tehnička dijagnostika", Beograd.
- Glavni i odgovorni urednik je naučno stručnog časopisa "Hidraulika i Pneumatika", Niš.
- Član je izdavačkog saveta časopisa "Održavanje mašina", Smederevo.
- Član je izdavačkog saveta časopisa "Menadžment znanja", Zrenjanin.

Dobitnik je zlatne plakete 2005. god. za izuzetan diprinos razvoju tehničke dijagnostike u Srbiji od strane društva za tehničku dijagnostiku TEHDIS.

Mr Slobodan Stefanović dipl. ing. mašinstva, je sudski veštak za oblast mašinstva i povremeno je angažovan od strane Trgovinskog suda u Nišu na ovim poslovima.

Iz sadržaja radne, nastavne, pedagoške i stručne delatnosti proizilazi da mr Slobodan Stefanović dipl. ing. mašinstva, proučava i bavi se različitim oblastima inženjerske tehnike u proizvodnom inženjerstvu a naročito u izučavanju: materijala u različitim oblastima tehnike, automatizacionim procesima proizvodnje (oblasti hidraulike i pneumatike), savremenim tehnologijama projektovanja proizvodnje pomoću računara, tehničkom dijagnostikom, tribologijom i podmazivanjem, železničkim inženjerstvom, tekstilnim inženjerstvom i dr.

Do danas je objavio:

- 17 monografija i knjiga - koje su recenzirane i objavljene.
- 78 naučno – stručna rada koji su objavljeni i publikovani.

Oženjen je i otac je dvoje dece. Sa porodicom živi u Nišu.