

**RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE**

**Vladimirs KAREVS**

Doktora studiju programmas „Elektrotehnoloģiju datorvadība” doktorants

**DZELZCEĻA AUTOMĀTIKAS UN TELEMĀTIKAS SISTĒMAS  
MONITORINGA UN DIAGNOSTICĒŠANAS METOŽU IZPĒTE UN  
IZSTRĀDE**

**Promocijas darba kopsavilkums**

**Rīga 2012**

**RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE**  
Enerģētikas un elektrotehnikas fakultāte  
Industriālās elektronikas un elektrotehnikas institūts

**Vladimirs KAREVS**

Doktora studiju programmas „Elektrotehnoloģiju datorvadība” doktorants

**DZELZCEĻA AUTOMĀTIKAS UN TELEMĀTIKAS SISTĒMAS  
MONITORINGA UN DIAGNOSTICĒŠANAS METOŽU IZPĒTE UN  
IZSTRĀDE**

**Promocijas darba kopsavilkums**

Zinātniskais vadītājs  
Dr. habil. sc. ing., profesors  
M.MEZĪTIS

**Rīga 2012**

UDK \_\_\_\_ (\_\_\_\_)

EI 710

Karevs V. Dzelzceļa automātikas un telemātikas sistēmas monitoringa un diagnosticēšanas metožu izpēte un izstrāde. -R.:RTU, 2012.-?? lpp.

Iespiests saskaņā ar IEE institūta 2009.gada 3.februāra lēmumu, protokols Nr.\_\_\_\_

**ISBN .....**

**PROMOCIJAS DARBS**  
**IZVIRZĪTS INŽENIERZINĀTŅU (arhitektūras, ķīmijas, ekonomikas)**  
**DOKTORA GRĀDA IEGŪŠANAI RĪGAS TEHNISKAJĀ UNIVERSITĀTĒ**

Promocijas darbs inženierzinātņu doktora grāda iegūšanai tiek publiski aizstāvēts 2012.g. .... Rīgas Tehniskās universitātes Enerģētikas un elektrotehnikas fakultātē, Kronvalda bulvārī 1, ..... auditorijā.

**OFICIĀLIE RECENZENTI**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**APSTIPRINĀJUMS**

Apstiprinu, ka esmu izstrādājis doto promocijas darbu, kas iesniegts izskatīšanai Rīgas Tehniskajā universitātē inženierzinātņu (vai cita) doktora grāda iegūšanai. Promocijas darbs nav iesniegts nevienā citā universitātē zinātniskā grāda iegūšanai.

Vladimirs Karevs .....(Paraksts)

Datums: .....

Promocijas darbs ir uzrakstīts latviešu valodā, satur ievadu, ... nodaļas, slēdzienu vai secinājumus, literatūras sarakstu, ..... pielikumus, ..... zīmējumus un ilustrācijas, kopā ..... lappuses. Literatūras sarakstā ir ..... nosaukumi.

## SATURS

VISPĀRĪGS DARBA RAKSTUROJUMS.....	5.lpp.
-----------------------------------	--------

Tēmas aktualitātes

Darba mērķis un uzdevumi

Pētījumos izmantotas metodes un līdzekļi

Zinātniska novitāte

Darba sasniegti rezultāti

Darba aprobācija

Autora publikācijas saraksts

Promocijas darba saturs

1. Darba vispārējais apraksts.....	8.lpp.
2. DzATS monitorings un diagnostikas uzdevumu nostādne.....	8.lpp.
3. Parametriska diagnosticēšana.....	11.lpp.
4. Dzelzceļa automātikas sistēmas elementu diagnosticēšana.....	14.lpp.
5. KOPĒJIE SECINĀJUMI.....	24.lpp.
6. IZMANTOTAS LITERATŪRAS SARAKSTS.....	25.lpp.

## VISPĀRĪGS DARBA RAKSTUROJUMS

### Tēmas aktualitātes

Promocijas darba tēmas aktualitāte nosacīta ar to, ka 80% mikroprocesoru sistēmās no aparatūras ir releju daļa, relejus sistēmās diagnosticēšana nav attīstīta lai ļaut pāriet uz optimālu apkalpošanas stratēģiju pēc reāla stāvokļa, releju aparatūras 50% elementu tiek mainīti pēc plāna un daļa no tiem mainīta ātrāk nekā plānots, pastāv releju aparatūras elementi ar mazu nomaiņas periodiskumu. Tas viss kopumā aktualizē diagnosticēšanas un monitoringa metodes izpēti un izstrādāšanu ar mērķi optimizēt DzATS apkalpošanu un paaugstināt drošumu.

### Darba mērķis un uzdevumi

Promocijas darba mērķis ir izskatīt eksistējošus releju un mikroprocesoru sistēmas uzbūvi ar mērķi novērtēt monitoringa un diagnostikas attīstības līmeņi, izpētīt un izstrādāt diagnosticēšanas un monitoringa metodes dzelzceļa automātikas un telemātikas sistēmas (DzATS) releju daļai.

Noteikt sistēmas elementus pakļautus ātram nolietojumam, vai līdz šim brīdim neizskatītiem no diagnostikas viedokļa. Izstrādā monitoringa un diagnostikas papildu aprīkojumu, piemērotu reāla laika monitoringa un diagnostikas veikšanai. Izskatīt iespējas elektromehānisko elementu elektronisko analogu veidošanu ar iebūvētu monitoringa un diagnostikas funkcijām.

Darba atrisināti sekojoši uzdevumi:

- parametriskas diagnosticēšanas izmantošana DzATS;
- matemātiskais aparāts derīguma pakāpes noteikšanai;
- impulsu releju elektromehāniskas sistēmas nolietojuma stāvokļa noteikšanai;
- papildu aprīkojuma uzbūves tehnoloģija;
- elektromehāniska ceļa kodu transmittera aizvietošana ar elektroniska analoga prototips ar pašdiagnostikas funkciju;
- elektroniska ceļa kodu transmittera analoga prototipa drošuma un drošības aprēķins un pierādījums;
- akumulatora iekšējas pretestības novērtēšanas metode ar paaugstinātu precizitāti.

### Pētījumos izmantotas metodes un līdzekļi

Metodoloģijas:

- optimizēšana pēc kritēriju kopuma,

- FTA analīze,
- MIL HDBK – 217,
- IEC 61511,
- IEC 62061,
- EN 50128,
- EN 5012,
- OCT 32.

Mērīšanas un signālu reģistrēšanas līdzekļi:

- PicoScope® 6 - PC Oscilloscope software,
- HiTESTER HIOKI 3550.

Simulācijas rīki:

- Microchip MPLAB V8.3,
- Texas Instruments Tina 9.

Programmēšanas vide:

- C++ Builder,
- Microchip MPLAB ASM,
- HI-TECH C compiler.

Programmēšanas rīki:

- Microchip MPLAB ICD2.

### **Zinātniska novitāte**

Darba zinātniska novitāte saistīta ar DzATS drošuma, drošības, apkalpošanas kvalitātes paaugstināšanu izmantojot izstrādātu koncepciju diagnostikas apakšsistēmas izveidošanai, kura balstīta uz izstrādās diagnostikas metodes un ļauj noteikt elementa derīguma pakāpi.

### **Darba sasniegti rezultāti**

- Skaitliskie kritēriji diagnostikas apakšsistēmas.
- Tehniska stāvokļa novērtēšana izmantojot elementus derīguma pakāpes.
- Pret atteices izturības paaugstināšanai ar adaptīvu gatavību.
- Relatīvus atbilstības un neatbilstības koeficientus izmantošana diagnostikas uzdevumos.
- Apkalpošanas sakuma optimizēšana izmantojot neatbilstības koeficientus kritisko lielumus.
- Elementa parametru vai funkcijas izmaiņas rakstura novērtēšana izmantojot stāvokļa funkcijas.
- Algoritms sistēmas komforta līmeņa noturēšanai.
- Elementa derīguma pakāpi noteikšana izmantojot parametru un funkcijas stāvokļa funkcijas kopumu.
- Impulsu releja enkura un kontaktu sistēmas stāvokļa diagnosticēšanas metode.
- Elektroniskais kodu devējs ar pašdiagnostikas funkciju (P 11-161).
- Akumulatora stāvokļa diagnosticēšanas pēc iekšējās pretestības metodes precizitātes paaugstināšana.
- Slodzes ģenerators izmantošana akumulatora diagnosticēšanas uzdevumos (P 11-160).

### **Darba aprobācija**

1. The 49<sup>th</sup> International Scientific Conference “Power and Electrical Engineering”, Riga Technical University, Riga, Latvia, 2009
2. 11th Conference of Young Scientists of Lithuania „Science – Lithuania’s Future. TRANSPORT“, VGTU, Vilnius, Lithuania, 2008
3. 12th Conference of Young Scientists of Lithuania „Science – Lithuania’s Future. TRANSPORT“, VGTU, Vilnius, Lithuania, 2009

4. The 50<sup>th</sup> International Scientific Conference “Power and Electrical Engineering”, Riga Technical University, Riga, Latvia, 2009
5. The 51<sup>th</sup> International Scientific Conference “Power and Electrical Engineering”, Riga Technical University, Riga, Latvia, 2010
6. 7th International Scientific Conference “TRANSBALTICA 2011”, VGTU, Vilnius, Lithuania, 2011
7. The 52<sup>th</sup> International Scientific Conference “Power and Electrical Engineering”, Riga Technical University, Riga, Latvia, 2011
8. The 52<sup>th</sup> International Scientific Conference “Power and Electrical Engineering”, Riga Technical University, Riga, Latvia, 2011
9. International symposium and doctoral school of electrical engineering, dedicated to the 150th anniversary of Michael Dolivo-Dobrovolsky, Ronishi, Latvia, 24-26 may, 2012

#### **Autora publikācijas saraksts**

1. Karevs V., Mezītis M. „Model of diagnostic subsystem”, KTU, 2012.
2. Karevs V., Mezītis M. „Power consumption and control of storage battery”, KTU, 2012.
3. Karevs V., Mezītis M., Ivanovs M. „Electronic code transmitter ECT”, DZTI 2011.g.
4. Karevs V., Mezītis M. „Condition monitoring for electromechanical relays in railway automation”, RTU ISC 2011.g. 52. STARPTAUTISKĀS ZINĀTNISKĀS KONFERENCES e-resurs.
5. Karevs V., Mezītis M. „Automatic device with fault tolerance”, Vilnius, VGTU, Journal: Transport, 2011 – 103-108 p.
6. Karevs V., Mezītis M. „Numerical criteria for diagnostic subsystems, RTU zinātniskie raksti”, Scientific Proceedings of Riga Technical University „Mašīnzinātne un transports”, Rīga, 2010
7. Karevs V., Mezītis M. „Using compatible with load power supply on Latvian railway”, RTU zinātniskie raksti, Scientific Proceedings of Riga Technical University „Mašīnzinātne un transports”, Rīga, 2010
8. Karevs V., Mezītis M. Automatic Measurement for Internal Resistance of Battery in Uninterruptible Power Source//Rīgas Tehniskās universitātes zinātniskie raksti. 4.sēr., Enerģētika un elektrotehnika. 2009
9. Karevs V., Mezītis M. Modernized Universal Measuring Device for Mechanic // RTU zinātniskie raksti. 6. sēr., Mašīnzinātne un transports. - 30. sēj. (2008), 180.-185. lpp.
10. Karevs V., Mezītis M. Application of Electronic Gauges for Automatic Devices Diagnostics // RTU zinātniskie raksti. 6. sēr., Mašīnzinātne un transports. - 30. sēj. (2008), 186.-190. lpp.
11. Карев В., Мезитис М. „Электронный датчик для систем железнодорожной автоматики”, Транспорт, сборник докладов 11-й конференции молодых учёных Литвы «Наука – будущее Литвы», Vilnius “Technika” 2009
12. Карев В., Мезитис М. „Источник питания аппаратуры СЦБ.Функциональные схемы”. Транспорт. Сборник докладов 11-й конференции молодых учёных Литвы «Наука – будущее Литвы», Vilnius “Technika” 2009

## Promocijas darba saturs

### IEVADS

1. Diagnostikas apakšsistēmas uzdevums	18.lpp.
2. Elementa stāvokļa skaitliskais novērtējums	48.lpp.
3. Dzelzceļa automātikas sistēmas elementu diagnosticēšana	61.lpp.
4. Kodu devēju diagnosticēšana	85.lpp.
5. Akumulatoru diagnosticēšana	100.lpp.
Kopēji secinājumi	123.lpp.
Izmantotas literatūras saraksts	125.lpp.
Pielikumi	132.lpp.

## 1. Darba vispārējais apraksts

Pirmajā daļā izskatīti vispārējie jautājumi monitoringa un diagnostikas apakšsistēmas uzbūvei, apkalpošanas izmaksas optimizācija izmantojot diagnosticēšanas rezultātus, kritēriji diagnostikas apakšsistēmas optimizēšanai; esošie instrumenti, ko izmanto diagnostika un tas priekšrocības un trūkumus, kā arī instrumentu attīstībā; drošums sistēmās, to galvenās mezglus un elementus drošums, priekšrocībām klastera sistēmas uzbūvei.

Otrajā daļā izskatīti jautājumi saistībā ar informācijas apstrādes monitoringa un diagnostikas apakšsistēmā; matemātiskais aparāts pārejai no fiziskās lielumos uz relatīviem koeficientiem; apkalpošanas momenta sakuma optimizācija; cēloņu un seku attiecības analizē; elementus apraksts izmantojot derīguma pakāpi un stāvokļa funkcijas parametru aprakstu.

Trešā daļā izskatīts monitoringa un diagnostikas metode elektromehāniskam relejam; izvērtē elementus, sadalītus pēc to drošuma pakāpi, piemērotību diagnosticēšanas; pārejas procesi impulsu releja spolē; enkura klātbūtnes ietekme uz ārējā elektromagnētisko lauku; reālā laika elektromehāniskas sistēmas stāvokļa diagnosticēšanas metode; īsteno tehnoloģiju papildu aprīkojuma uzbūvei.

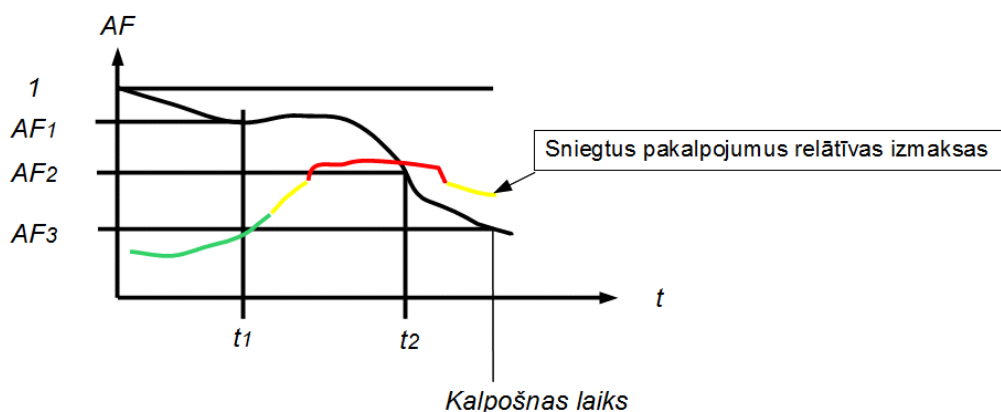
Ceturtā daļā izskatīts monitoringa un diagnostikas metode elektromehāniska kodu ceļa transmitteram; elektromehāniska kodu ceļa transmittera elektroniskā analoga uzbūve; vispārējās prasības drošības uzbūvei attiecībā uz elektroiekārtām procesos ar paaugstinātu risku; elektroniska transmittera prototipa uzbūves principu; prototipa drošuma un drošības aprēķins un to skaitlisko novērtējumu.

Piektā daļā izskatīts monitoringa un diagnostikas metode neapkalpojamai akumulatora baterijai; akumulatora funkcijas barošanas shēmā; iekšējas pretestības novērtējuma metode ar lielāku precizitāti; nosacījumi iekšējās pretestības novērtējuma metodei precizēšanai; sekojoša slodzes ģenerators iespējas izmantošana akumulatora diagnostikai.

## 2. DzATS monitorings un diagnostikas uzdevumu nostādne

Diagnostikas apakšsistēmas minimālais uzdevums – realizēt paņēmieni, kad savāktas informācijas par raksturojumiem pietiek elementa stāvokļa noteikšanai un savākšana notiek bez ietekmēs uz sistēmas pamata uzdevumus izpildīšanu.

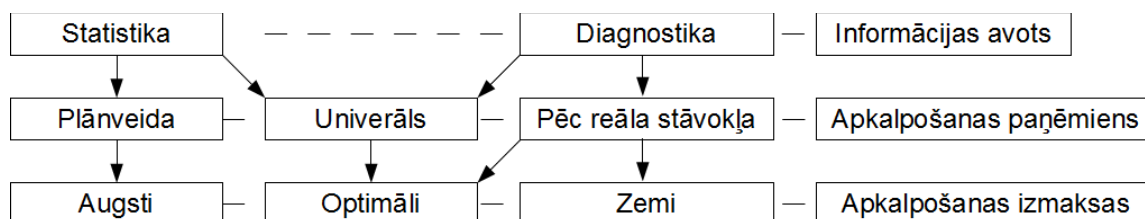
DzATS drošums raksturojas ar gatavības funkciju  $AF(t)$  un gatavības koeficientu  $AF$  (att.1.) un degradācijas koeficientu  $DgF(t)$  ko ietekme  $RCPS$  uz sniegtus pakalpojumus relatīvam izmaksas.



1. att. Gatavības funkcija  $AF(t, RCPS)$  un apkalpošanas izmaksas  $RCPS$

Apkalpošanas stratēģija optimizēšanas mērķus kopums:  $AF \rightarrow 1; DgF \rightarrow 0; RCPS \rightarrow \min$ .

DzATS plānveida apkalpošana ir optimāla ar mērķi sasniegt  $AF \rightarrow 1$  un nav optimāla pēc izmaksām  $RCPS \rightarrow \min$ .



2. att. Apkalpošanas paņēmieni

DzATS drošuma kritēriji atbrīvo atbildīgus elementus no argumentācijas par daļēju darbību, kas nozīmē ka tie atjaunoti pēc grafika (att.2.).

Diagnosticēšana pirms sakums ir informācija par simptomiem, kas saistīti ar konkrēta veida nepareizu darbību, atteici vai bojājumu:

$$\mathcal{F}(F_i) \rightarrow S(F_i) \ni \{s_i\}, \text{ kur } s_i - \text{simptoms}, F_i - \text{notikums.}$$

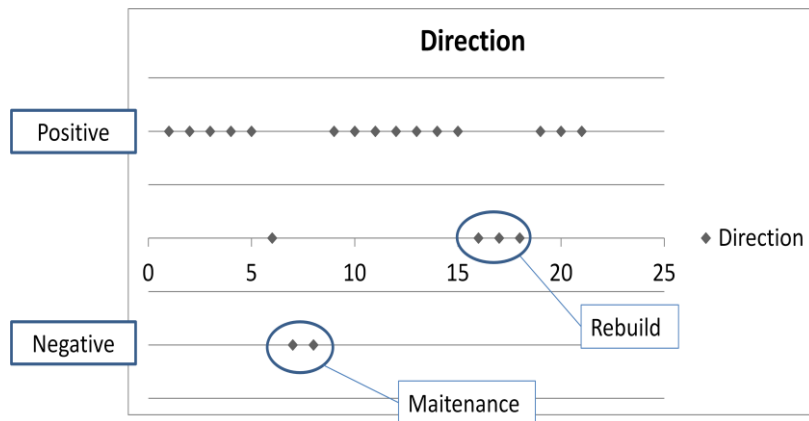
### Diagnostikas apakšsistēmas optimizācijas kritēriji

Diagnostikas apakšsistēmas optimizācija pieprasa definēt skaitliskie kritēriji  $Cr^n$ , kas ļauj novērtēt apakšsistēmu  $Cr^{DSS} = (Cr^1, Cr^2, \dots, Cr^n, \dots, Cr^N)$ .

Darba piedāvāta sasniedzama dziļuma kritērija izmantota metodes efektivitātes un ticamības noteikšanai  $PD(Prm) = \frac{Prm^D}{Prm^\Sigma} \cdot 100\%$ .

Promocijas darbā tendences kritēriju izmantosim diagnostikas apakšsistēmas kvalitātes un apkalpošanas sakuma nepieciešamībai

$$Dir = \begin{cases} 1, & \text{if } p^{true} > r^+ \cdot (Pr^{false} + Pr^{skip}) \\ 0, & \text{if } p^{true} \cong r^0 \cdot (Pr^{false} + Pr^{skip}) \\ -1, & \text{if } p^{true} < r^- \cdot (Pr^{false} + Pr^{skip}) \end{cases}.$$



3.att. Tendences kritērija izmantošana

### Validācija

Validācija – no ražotāja noteiktus raksturojumus un īpašības apstiprināšana. Tas nozīmē, ka testēšanai notiek pēc ražotāja vai izstrādātāja, ne viss pēc lietotājam piemērotas metodikas.

Diagnosticēšanas sistēmas modeļi nodrošina informācijas plūsmu par elementa tekošu darbspējīgu stāvokli un izmanto momentānu elementa izņemšanu no sistēmas uz laika momentus, kad elementa stāvoklis neietekmē uz sistēmas funkcionēšanu, un ievieto atpakaļ sistēmā tikai validēto elementu.

Izņemšanas ātrums  $SPEED_{replacement} \rightarrow \infty$ , aizvietošanas frekvenci  $F_{replacement} = const$ , validācijas periodiskums  $T_{validation} = 2 \cdot (F_{replacement})^{-1}$ .

Validācijas periodiskums  $T_{validation}$  definē informācijas atjaunošanas plūsmas ātrumu.

Positīvs validācijas rezultāts ir pamatojums elementa atgriešanas sistēmā, citādi analogs paliek sistēmā.

Validācijas procedūras rezultāti iekārtoti derīguma pakāpes līmeni

$$DV(Idle) = \begin{cases} 1 & \text{ja elements ir valids} \\ 0 & \text{ja element nav valids} \end{cases}$$

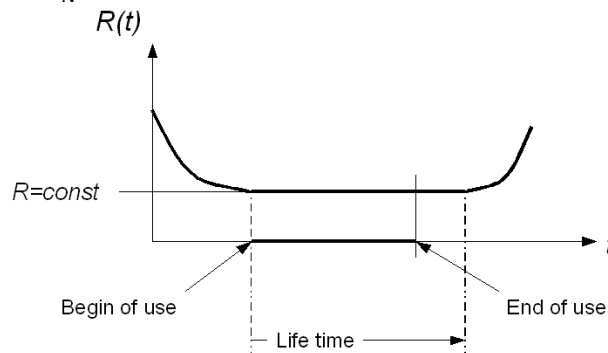
Derīguma pakāpes līmenis reālā apakšsistēmā tiek paplašinātā ar vērtību atbilstoši gandrīz derīgam stāvoklim un atspoguļo sistēmas funkcionēšanas tolerance no elementa

$$stāvokļa DV(Realization) = \begin{cases} +1 & \text{ja elements ir valids} \\ \pm 0 & \text{ja elements ir kvazi valids} \\ -1 & \text{ja element nav valid} \end{cases}$$

### Monitoringa un diagnostikas apakšsistēmas drošums

Apakšsistēmas  $MTBF$  – vidējais starp atteices laiks līdzīgs vai lielāks par DzATS ekspluatācijas laiku  $MTBF \geq LifeTime$ , izmantojot izcilu izpildi [21].

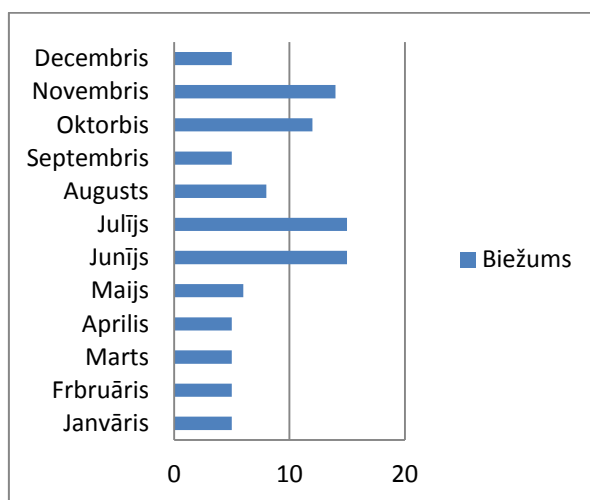
Drošuma funkcija  $R(t) = \frac{n(t)}{N}$ .



4.att. Drošuma funkcija

Jaunas sistēmas un apakšsistēmas ir gatavības stāvokļa tikai pēc  $R(t) = const$  un pie  $\lambda \rightarrow 0$ .

Attēlā 5. uzradīta negaidītas atteices biežuma iedalījums gada laikā, saistītu ar ekspluatācijas apstākļiem. Negaidītas atteices vai bojājumus varbūtība adoptēta sistēmā  $P_i^{ADAPT} = \sum_{Y=1}^M m_i(Y) \cdot AAF_i(Y) / \sum_{Y=1}^N \sum_{i=1}^{12} m_i(Y)$ .



5. att. Negaidītas atteices biežums

### 3. Parametriska diagnosticēšana

Apkalpošanas pieejas pēc reāla stāvokļa īstenošana pieprasa noteikt diagnosticēšanas procedūras rezultātus, ka derīguma pakāpes līmeņi (sk. tabula 1.).

Tabula 1. Elementu diagnosticēšanas rezultāts

Elementa numurs	0	1	2	...	...	$n$	...	...	$N$
0	$DV(0,0)$	$DV(0,1)$	$DV(0,2)$	...	...	$DV(0,n)$	...	...	$DV(0,N)$
1	$DV(1,0)$	$DV(1,1)$	$DV(1,2)$	...	...	$DV(1,n)$	...	...	$DV(1,N)$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
$m$	$DV(m,0)$	$DV(m,1)$	$DV(m,2)$	...	...	$DV(m,n)$	...	...	$DV(m,N)$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
$M$	$DV(M,0)$	$DV(M,1)$	$DV(M,2)$	...	...	$DV(M,n)$	...	...	$DV(M,N)$

Atšķirība no [30.] izskatītas pieejas, kur izmanto rezultātam  $R_i^j$  Bulēvas algebras lielumu 1 nedarbspējīgam stāvoklim, vai 0 darbspējīgam stāvoklim, izmantosim trīsziņņu derīguma pakāpes līmeņa  $DV(m,n)$  noteikšanu lielumos  $+1, \pm 0, -1$ .

Apkalpošana pēc plāna vairāk atbilst ideālai diagnostikas apakšsistēmas modeles darbībai pie validācijas periodiskums  $T_{validation} \rightarrow 0$ .

#### Elementa stāvokļa skaitliskais novērtējums

Relatīvos neatbilstības koeficientos elementa parametrs aprakstīts

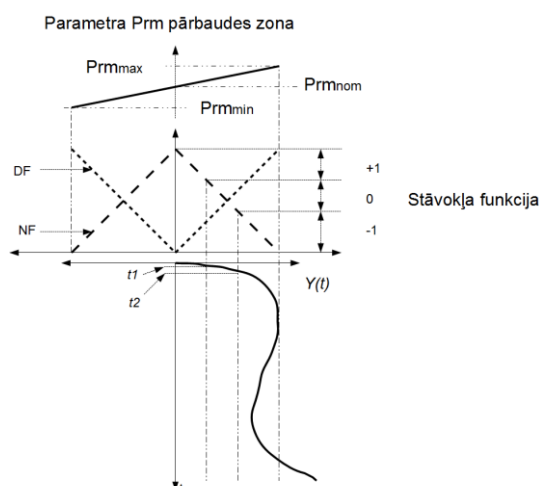
$$RDF(Prm) = \begin{cases} RDF_{(-)} = \frac{Prm_{nom.} - Prm}{Prm_{nom.} - Prm_{min.}} \\ RDF_{(+)} = \frac{Prm_{nom.} - Prm}{Prm_{max.} - Prm_{nom.}} \end{cases}$$

Parametra izmaiņas aprakstīšana izmantojot  $RDF$

$$Prm = [Prm_{nom.}; Prm_{min.}; Prm_{max.}; RDF_{(-)}; RDF_{(+)}] \text{ vai}$$

$$Prm = [Prm_{nom.}; \Delta Prm_{(-)}; \Delta Prm_{(+)}; RDF_{(-)}; RDF_{(+)}].$$

Apstrādes procesa ir iespējams veikt adoptāciju izmantojot sakuma noteikumus  $Prm_{nom.}$ ,  $Prm_{min.}$ ,  $Prm_{max.}$  izmaiņu. Tas nodrošina apstrādes algoritmam pielāgojamību.



6.att. Stāvokļa funkcijas veidošanas grafiskais paskaidrojums

Elementa parametra stāvokļa aprakstu trīszīmju loģikas lielumos

$$SF = \begin{cases} -1 & \text{if } RDF \geq RDF_{max}. \\ \pm 0 & \text{if } RDF_{max.} \geq RDF \geq RDF_{min.} \\ +1 & \text{if } RDF \leq RDF_{min.} \end{cases}$$

Konvejera veida pēc  $RDF$  aprēķināšana elementus stāvokļus noteikšanas rezultāta piemērs:

Wait Data processing... Processing Result stored. Ok!

Element [1][1] wait for maintenance...

Element [1][2] is braked...

Element [1][3] is braked...

Element [2][1] is braked...

Element [2][2] wait for maintenance...

Element [2][3] is normal...

Element [3][1] is braked...

Element [3][2] is braked...

Element [3][3] wait for maintenance...

Statistics:

Normal elements 11 %

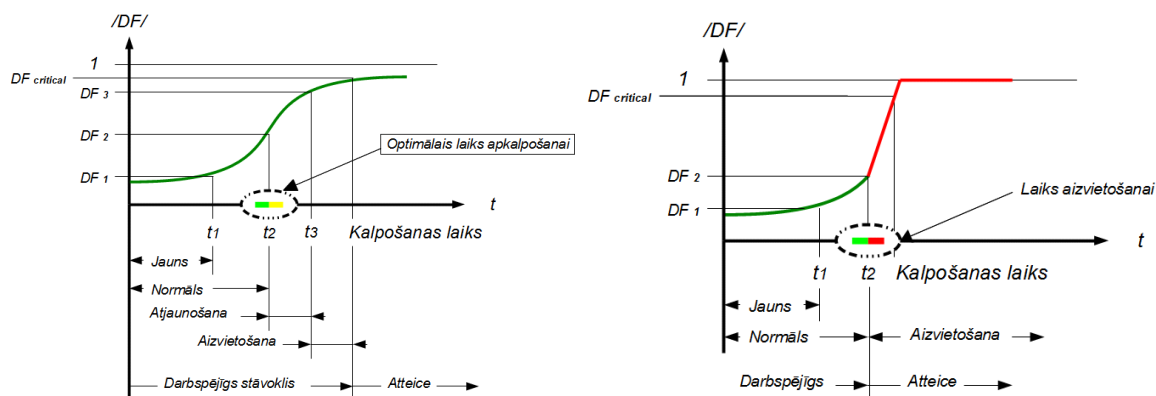
Maintenance elements 33 %

Departure elements 55 %

Successfully!

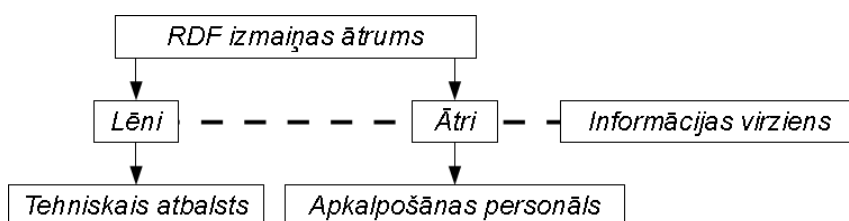
### Optimāla sakuma momenta noteikšana

Pēc ātruma elementu parametru izmaiņas ir iespējams sadalīt uz ātriem un pakāpeniskiem [1][2] (att.7.).



7.att. Momenta noteikšana pēc atteices klasifikācijas

Personāla reakcijas ātrums noteikts pēc *RDF* izmaiņas ātruma pārbaudes un *RDF* izmaiņas ātrums ir kritērijs attiecīga dienesta izvēles (att. 8.).



8.att. Informācijas izplatīšanas virziens

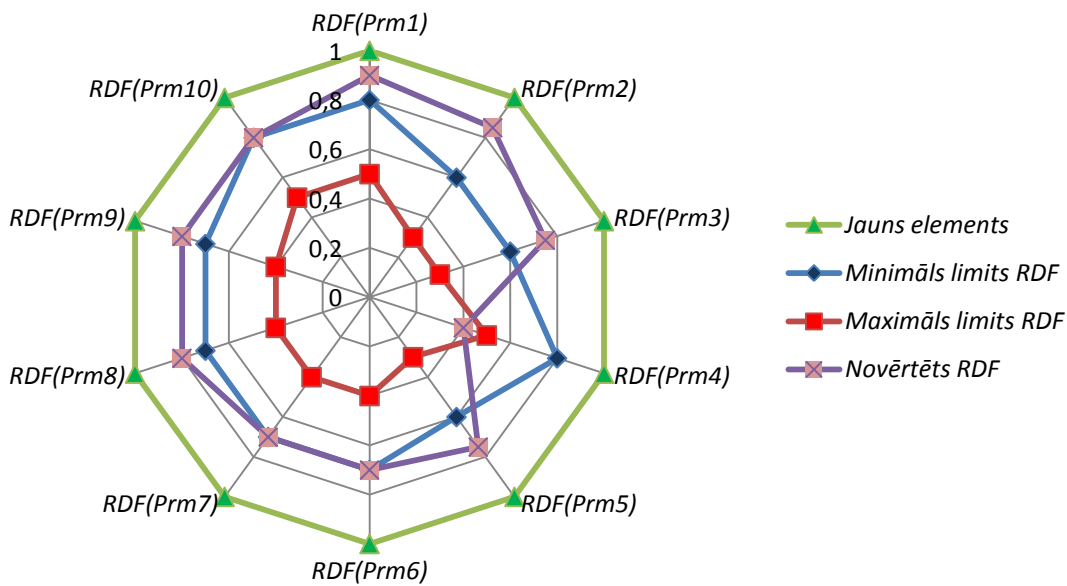
### Elementa derīguma pakāpe pēc parametru kopuma novērojuma

$$DV_{element} = \begin{cases} -1 & \text{if } (RDF^1 = RDF^1_{max.} \vee RDF^2 = RDF^2_{max.} \dots \vee RDF^k = RDF^k_{max.} \dots \vee RDF^K = RDF^K_{max.}) \\ \pm 0 & \text{if } \left( (RDF_{max.} \geq RDF \geq RDF_{min.}) \wedge (RDF^2_{max.} \geq RDF^2 \geq RDF^2_{min.}) \dots \right. \\ & \left. \wedge (RDF^k_{max.} \geq RDF^k \geq RDF^k_{min.}) \dots \wedge (RDF^K_{max.} \geq RDF^K \geq RDF^K_{min.}) \right) \\ +1 & \text{if } (RDF \leq RDF_{min.} \wedge RDF^2 = RDF^2_{min.} \dots \wedge RDF^k = RDF^k_{min.} \dots \wedge RDF^K = RDF^K_{min.}) \end{cases}$$

Derīguma pakāpe operatoru formā parametru kopumam:

$$DV_{element} = \begin{cases} -1 & \text{if } \prod_{k=1}^K SF^k < 0 \vee SF^k \neq 0 \\ \pm 0 & \text{if } \prod_{k=1}^K SF^k > 0 \vee SF^k \neq 0 \text{ and } \sum_{k=1}^K SF^k < K \\ +1 & \text{if } \sum_{k=1}^K SF^k = K \vee SF^k \end{cases}$$

Novērotu parametru skaits  $K$  nosacīts ar apakšsistēmas sasniegšanas dziļumu. Tādā veidā elementa stāvoklis ir aprakstīts relatīvos lielumos un sistēmā izplatītā informācija par konkrēta elementa stāvokli, bet ne par konkrētiem parametriem. Stāvokļa funkcijas nosaka informācijas izplatīšanas virzienu un personāla reakcijas ātrumu.



9. att. Stāvokļa funkcijas piemērs pēc parametru kopuma

Informācija par elementu, izmantojot stāvokļa funkcijas noteikšanu, nedublē informāciju par sistēmas funkcionēšanu, bet nodrošina sistēmas elementu monitoringu pēc diagnostikas apakšsistēmas darbības.

#### 4. Dzelzceļa automātikas sistēmas elementu diagnosticēšana

Dzelzceļa automātikas un telemātikas sistēmas elementi ir iespējams sadalīt izmantojot dažādus noteikumus. Atkarīgi no izvēlētas noteikumus var mainīties arī elementa pozīcija.

DzATS releju aparatūra sadalīta divos grupas pēc atbilstības drošuma normām, tas ir pirmā drošuma klases releji un citi.

##### Pirmā drošuma klases releju diagnosticēšana

Pirmā drošuma klases releji tiek izmantoti kā bāzes elementi elektriskas centralizācijas shēmas veidošanai. Drošuma pakāpe sasniedzas ar speciālu konstrukciju. Drošuma prasība ir garantēta kontakta stāvokļa maiņa pie ierosināšanas noņemšanas visos ekspluatācijas apstākļos un gadījumos nodrošināta ar konstrukciju ir noteikta periodiska nomainīšana reizi 10 gados, un izmantošanas sfēra ierobežo diagnosticēšanas papildaprīkojuma izveidošanu.

##### Impulsu releju diagnosticēšana

Saistība ar pielietojuma sfēras, impulsu releju kontakti un elektromehāniska daļa pakļauti ātram nolietojumam. Enkura un kontaktu stāvokļa novērojums

Piemēram, impulsu relejs-atkārtotājs TIII-65B ar iedarbes intensitāte 2 reizes viena sekunde frontu kontakti ar komutējumu jaudu  $300V \cdot A$  sasniedz galēja stāvokli jeb 42 000 000 iedarbes pēc 243 dienam. Reālos apstākļos relejs nedarbojas ar tādu intensitāte. Latvijas dzelzceļā TIII-65B tiek mainīta uz atjaunotu 1 reizi gada. Rēķinājās ar daļējo atjaunošanas remontu, releju resurss tiek mazināts reizi pa reizei.

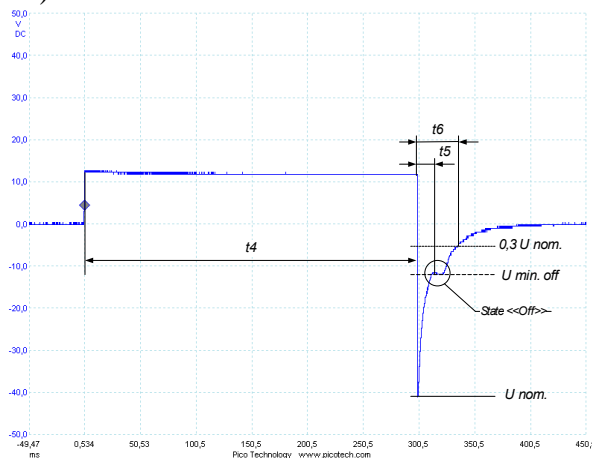
Releja spole uzkratas enerģijas daudzums elektromehāniskā sistēmā ar enkuru  $E(L_{coil} + L_{anchor\ on}(\Delta)) > E(L_{coil})$ . Apkopti tabulā 2. induktivitātes mērījumus rezultāti rada ka lielumu starpība  $L^1(\Delta) - L^2$ , kas noteikta ar enkurs pretmagnētisku tapu  $\Delta$  [mm], ir samērojama ar mērīšanas līdzekļa kļūdu  $\pm 1\%$  un nevar būt izmantota enkura stāvokļa noteikšanai, ka ticamais novērtējums.

Tabula 2. TIII-65 induktivitātes mērījumus apstrādes rezultāti

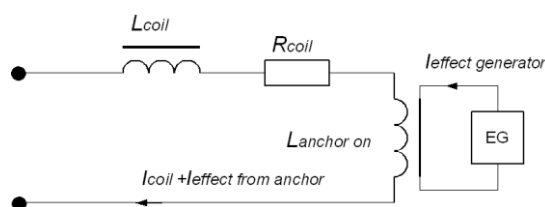
N	$\Delta, mm$	$\bar{L}^1, mH$	$\Delta L^1, mH$	$\bar{L}^2, mH$	$\Delta L^2, mH$	$\bar{L}^3, mH$	$\Delta L^3, mH$	$L_{anchor\ on}(\Delta), mH$
1	0,5	348.5	0.5	347.3	0.5	346.6	0.4	1.2

2	0,6	347.8	0.6	347.7	0.4	345.9	0.4	1.3
3	0,7	349.1	0.5	347.7	0.5	346.1	0.4	3.0

Pēc ierosināšanas izbeigšanas, magnētiska enerģija uzkrata spoles induktivitātes laikā intervālā  $t_4$  izveido sprieguma impulsu. Laikā momentā  $t_5$  novērotā enkura atkrišanas ietekme uz pārejas procesu (att. 10.).



10.att. Pārejas process releja spolē pēc ierosinājuma noņemšanas



11.att. Releja ekvivalenta shēma ar enkura klātbūtnes efektu

$\Delta$  un  $Pr$  stāvokļus novērtēšanu izmantojot pārejas procesus īpašības, saistītas ar enkura dinamikas ietekme.

Tādā veidā, pārejas procesam pēc barošanas impulsa noņemšanas

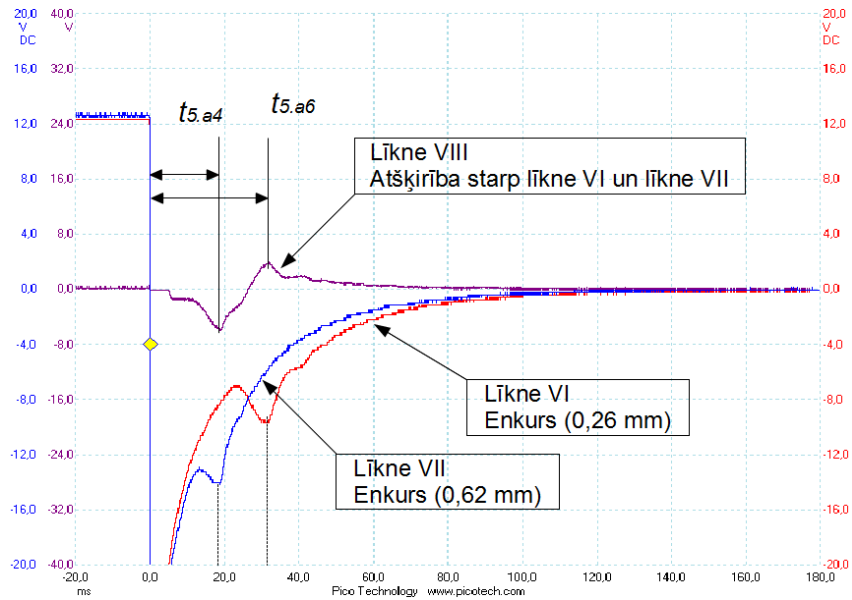
$$U_{coil}(t) = f(U, R_{coil}, L(t, \Delta, Pr)).$$

### Pretmagnētiskas tapas un kontaktu spiediena diagnosticēšana reālā laikā

Pēc pārejas procesu analīze secināts, kā impulsa stāvoklis laikā arī ir atkarīgs no kontaktu spiediena  $Pr$  un  $\Delta$  uzskaldinājuma, un pastāv sakarības  $t_5(\Delta_1, Pr_1) < t_5(\Delta_2, Pr_2)$  kad  $\Delta_1 > \Delta_2$  &  $Pr_1 \approx Pr_2$  un  $t_5(\Delta_1, Pr_1) < t_5(\Delta_2, Pr_2)$  kad  $\Delta_1 \approx \Delta_2$  &  $Pr_1 < Pr_2$  un  $t_5(\Delta_1, Pr_1) < t_5(\Delta_2, Pr_2)$  kad  $\Delta_1 > \Delta_2$  &  $Pr_1 < Pr_2$ , ko dot iespēju novērtēt uzskaldinājuma  $\Delta$ , jeb enkura nolietojuma pakāpe un spiediena  $Pr$  samazinājumu, reālā laikā, izmantojot  $t_5^{min}$  lielumu.

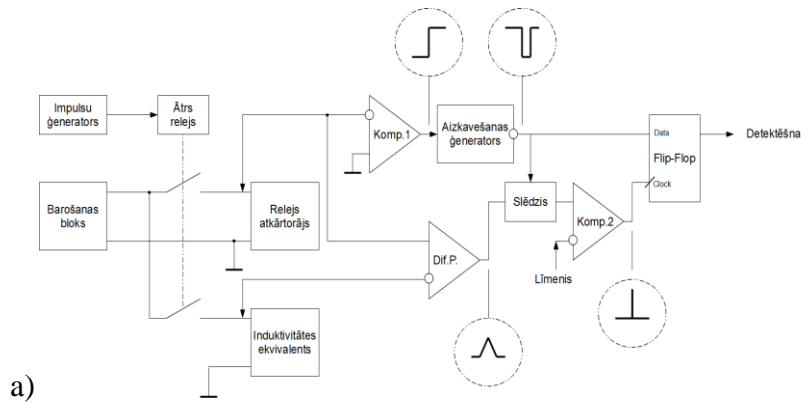
Analizējot attēlā 11. differences signālu starp relejiem ar enkuriem «a4» un «a6» ar atšķirīgiem uzskaldinājuma lieluma  $\Delta_{a4} = 0.62 \text{ mm}$  un  $\Delta_{a6} = 0.26 \text{ mm}$  noteiksim kā  $\Delta_{aN1} \cong \Delta_{aN2}$ , vai  $(\Delta_{aN1} - \Delta_{aN2}) \rightarrow 0$  tad differences signāls  $\rightarrow 0$ .  $\Delta_{aN1}$  ir derīga enkura minimālais pieļaujams uzskaldinājums, tad differences signāla zīme (+) pēc laikā momenta  $t_5(\Delta_{aN2})$  raksturo enkuru ar nederīgu uzskaldinājumu.

Secinājumi ļauj izveidot diagnosticēšanas metodes kopumu kas balstās un differences impulsa laika momenta atkarības no uzskaldinājuma stāvokļa.

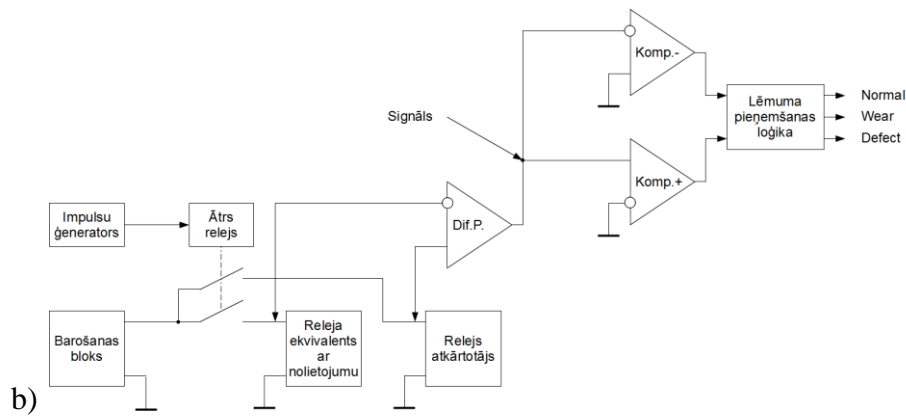


12.att. Differences signāls

Atbilstoši secinājumiem izveidoti diagnosticēšanas ierīces funkcionālas shēmas (att.13.a)), kas ļauj noteikt defektīvu uzkaldinājumu, jeb  $SF_{anchor}(\Delta) = -1$  un (att.13.b)) kas ļauj noteikt  $SF_{anchor}(\Delta) = \begin{cases} -1 & \text{if } Signal > 0 \\ 0 & \text{if } Signal = 0 \\ +1 & \text{if } Signal < 0 \end{cases}$ .



a)

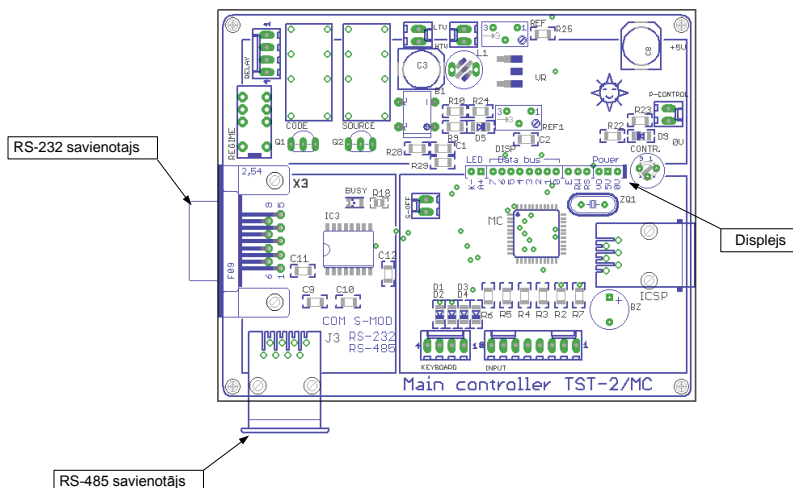


b)

13.att. Enkuru uzkaldinājuma derīguma noteikšanas metodes funkcionālas shēmas

## Papildu aprīkojuma uzbūve

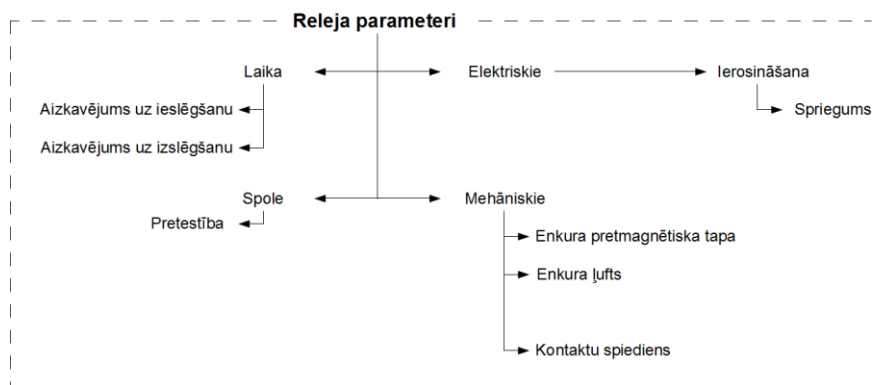
Testēšanas iekārtas TST-2 uzbūve nodrošina informācijas pārvirzīšanu atkarīgi no diagnosticēšanas rezultātiem. TST-2 kontrollera platē satur savienotāju, kas ļauj pieslēgties pie datora izmantojot RS-232 interfeisu, vai CAN izmantojot RS-485 interfeisu (att. 14.). TST-2 iespējams izmantot, kā papildu aprīkojumu un kontrolēt releja raksturojumus reālā laikā vai pēc atjaunošanas izejas kontrolē.



14.att. TST-2 pamat kontrollera iespiedu plāte

Laikā parametrs  $t_5 (\Delta, Pr)$  var būt pieņemts par unikālu relejam-atkārtotājam (att.15.). Pretmagnētiskas tapas un kontaktu spiediena diagnosticēšana nodrošina sasniegšanas dziļums palielināšanu no 23% līdz 41%.

$$PD(Prm) = \frac{Prm^D}{Prm^\Sigma} \cdot 100\% = \frac{7}{17} \cdot 100\% \cong 41\%.$$



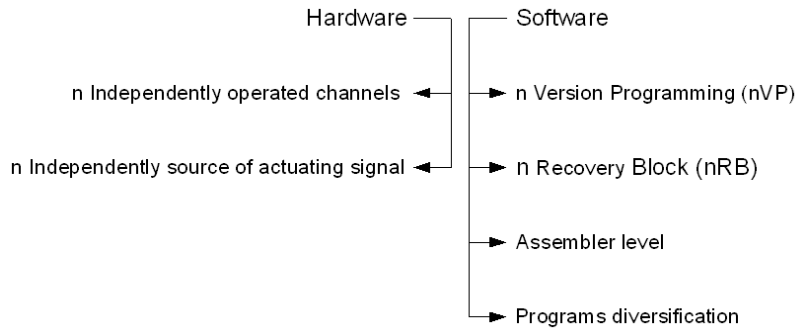
15.att. Diagnosticējamie parametri

## Kodu devēju diagnosticēšana

Elektromehāniska kodu transmitteram (EMCT) diagnosticēšanas problēmas risinājums ar sarežģītā elektromehāniska aparāta parametru novērošanu, bet kopumā tas neatbīvo no izmaksām saistītām ar EMCT aizvietošanas uz atjaunošanas, profilaktiskā un atjaunošanas remonta laikā. EMCT diagnostikas metodes izstrādāšanas metode uzdevums pārveidots uz elektroniska kodu transmittera ECT izveidošana ar iebūvētu pašdiagnostiku.

## Elektronisko ierīču drošība un drošums

Viss pirms svarīgi ir apskatīt elektronisko ierīču, kas izmantoti kritiskos pielietojumos sfēras, drošības un drošumu jautājumi [54-74]. DzATS drošības nodrošināšana pakļautā [55-61] [68] standartiem un rekomendācijām, normatīviem dokumentiem.



16. att. Drošības stratēģija

$PFD^*$  un  $\lambda^{**}$  ir savstarpēji apvienojami ar izteiksme  $PFD = 1 - e^{-(\lambda \cdot LifeTime)}$  un  $\lambda = \frac{-\ln(1-PFD)}{LifeTime}$ . Pieprasīts kalpošanas laika ilgums ir 20 gadi, tad iespējams izveidot prasības uz bīstamas atteices intensitātes lielumus (sk. tabulu 3.).

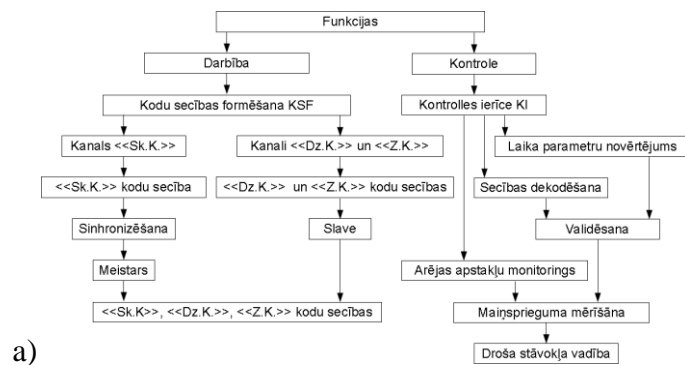
Tabula 3. Bīstamas atteices intensitāte 20 gadu kalpošanas laika atbilstoši SIL

Integrētas drošības līmenis	Funkcionēšana ar pārtraukumiem		Funkcionēšana bez pārtraukumiem	
	$PFD^*$	$\lambda(20\ year)^{**}$	$PFD^*$	$\lambda(20\ year)^{**}$
1	$10^{-2}$	$5,7047918045 \cdot 10^{-8}$	$10^{-6}$	$5,7047918045 \cdot 10^{-12}$
2	$10^{-3}$	$5,7047918045 \cdot 10^{-9}$	$10^{-7}$	$5,7047918045 \cdot 10^{-13}$
3	$10^{-4}$	$5,7047918045 \cdot 10^{-10}$	$10^{-8}$	$5,7047918045 \cdot 10^{-14}$
4	$10^{-5}$	$5,7047918045 \cdot 10^{-11}$	$10^{-9}$	$5,7047918045 \cdot 10^{-15}$

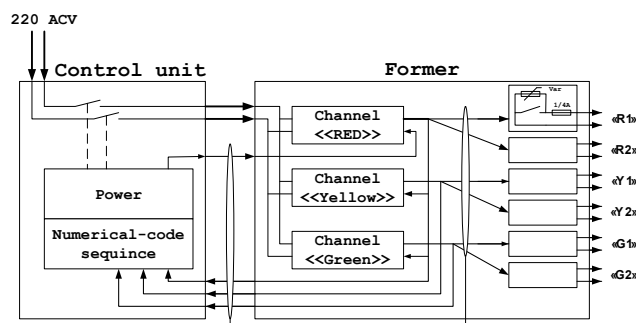
\* - probability of failure on demand

\*\* - demanded failure rate

Funkcijas sadalīšana (att.17.a)) ļauj minimizēt pēc apjoma un vienkāršot mikrokontrolleru programmatūru kanālos, tā pat ļauj kontroles ierīci izveidot nepieciešamu dekodēšanas algoritmu. Tādā veidā pamatu funkcijas izpildīšana nav atkarīgā no kontroles algoritma un kontroles algoritma izpilde neietekmē uz pamatu funkcijas izpildīšanu.



a)



b)

17.att. ECT funkcionāla uzbūve

## ECT drošības pierādījums

Drošuma pierādījuma mērķis ir noteikt prototipa SIL pakāpe. Drošuma aprēķins veikts saskaņā ar ГОСТ Р 27.301-95 “Надёжность в технике” un MIL-HNDB-217 [36].

ECT prototipa КПТ-Э atteices intensitātes aprēķins vienkāršots ar kanālus identisko uzbūve  $\lambda_{\text{estimated}}^{\text{KPT-E}} \cong \lambda_{\text{estimated}}^{\text{CU}} + 3 \cdot \lambda_{\text{estimated}}^{\text{RED channel}}$ .

Kontroles ierīce «CU» atteices intensitāte  $\lambda_{\text{estimated}}^{\text{CU}} \cong 3,953635746 \cdot 10^{-6} [\text{st.}^{-1}]$ .

Kanālus «Sk. Dz.», «Dz.» un «Z.» atteices intensitāte

$\lambda_{\text{estimated}}^{\text{GREEN channel}} \cong \lambda_{\text{estimated}}^{\text{YELLOW channel}} \cong \lambda_{\text{estimated}}^{\text{RED channel}} = 3,167567387 \cdot 10^{-6} [\text{st.}^{-1}]$ .

ECT prototipa КПТ-Э atteices intensitāte  $\lambda_{\text{estimated}}^{\text{KPT-E}} \cong 13,456337907 \cdot 10^{-6} [\text{st.}^{-1}]$ .

Vidējais laiks līdz atteicei  $\text{MTBF}_{\text{estimated}}^{\text{KPT-E}} = (\lambda_{\text{estimated}}^{\text{KPT-E}})^{-1} \cong 74314 [\text{st.}]$

Pieprasīts MTBF ir 44000 stundas. Tas nozīmē kā pieprasīts MTBF sasniegts ar rezerve koeficientu 1.28.

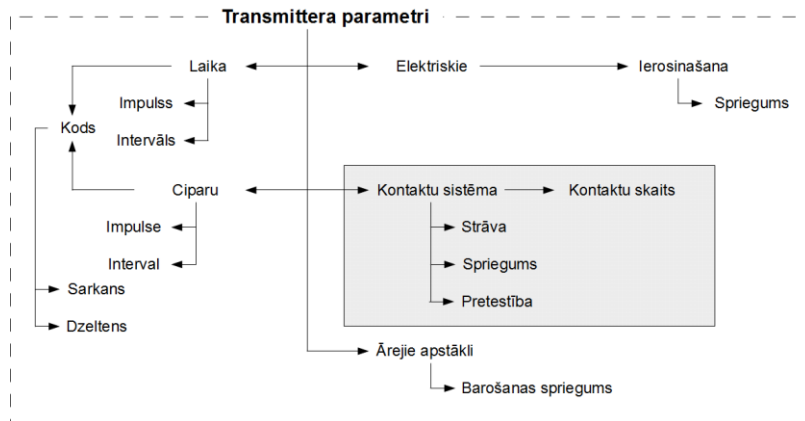
Izmantojot FTA noteikti aizsargājošas atteices apstākļi uz sasniegšanas laiku

- notiek pēc kontroles ierīces «CU» barošanas shēmas atteices ECT КПТ-Э startā laikā, kad barošana netiek padotā uz «Former»  $\lim(t_{\text{safety faulty}}^{\text{CU power}}) \rightarrow 0$ ;
- notiek pēc kontroles ierīces «CU» barošanas shēmas atteices ECT КПТ-Э ar normālu startu, kad barošana atslēgta no «Former» un notiek filtra kondensatorus Cf1, Cf2, Cf3 izlādēšana  $t_{\text{safety faulty}}^{\text{CU power}} \sim 1 \cdot T_{\text{sequence}}^{715} \leq 1.7 [\text{s}]$ ;
- «Former» kaut viena kanāla atteices detektēšanas laiks, noteikts ar «CU» darbību un notiek pēc divas nevalidēs secības  $t_{\text{faulty detect}}^{\text{Channel}} \leq 2 \cdot T_{\text{sequence}}^{515 \text{ or } 715}$ ;
- laika intervāls pēc kaut viena kanālā atteices līdz droša stāvokļa ar filtra kondensatorus izlādēšanu  $t_{\text{safety faulty state}}^{\text{KPT-E}} \leq t_{\text{faulty detect}}^{\text{Channel}} + t_{\text{safety faulty}}^{\text{CU power}}$ ;
- ECT КПТ-Э ar kodu ciparu secību atbilstoši EMCT 515 tipam  $t_{\text{safety faulty state}}^{\text{KPT-E } 515} \leq 2 \cdot 1.6 + 1.7 = 4.9 [\text{s}]$
- ECT КПТ-Э ar kodu ciparu secību atbilstoši EMCT 715 tipam  $t_{\text{safety faulty state}}^{\text{KPT-E } 715} \leq 2 \cdot 1.86 + 1.7 = 5.42 [\text{s}]$
- maksimālais laiks pēc kura notiek pārslēgšana drošā stāvoklī  $t_{\text{safety faulty state}}^{\text{KPT-E}}_{\text{max}} = 5.42 [\text{s}] \approx 0.0015 [\text{st.}]$ .

Drošības pierādījumi veikti saskaņā ar „Расчет PTM 32 ЦЦЦ 1115842.02-94”. Par bīstamiem noteikti atteices «Sk. Dz.» un «Dz.» kanālos. Bīstamo atteices intensitāte ETC prototipam КПТ-Э  $\lambda_{\text{unsafe faulty}}^{\text{KPT-E}} \approx t_{\text{safety faulty state}}^{\text{KPT-E}}_{\text{max}} \cdot (\lambda_{\text{channel}}^{\text{KPT-E}})^2 =$

$$= 0.0015 \cdot (3,167567387 \cdot 10^{-6})^2 \approx 1,50502247268 \cdot 10^{-14} [\text{st.}^{-1}].$$

Bīstamas atteices intensitāte 20 gadu kalpošanas laikā atbilst SIL 3 prasībām funkcionēšana bez pārtraukumiem.

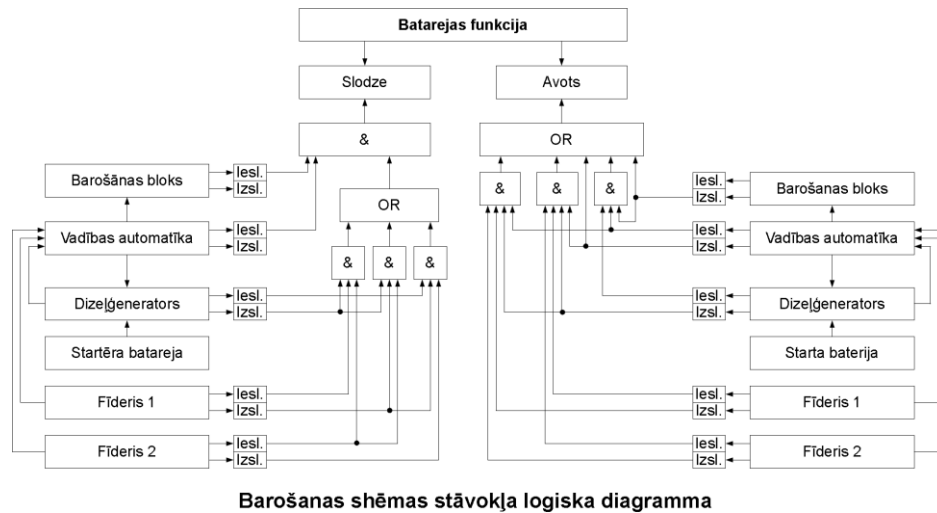


18.att. Diagnosticējamie parametri

ECT parametru skaits ir  $Prm^{\Sigma} = 35$ . Izmantota uzbūvē ar kontroles ierīces iekļautu kanālus nodrošina diagnosticēšanas parametrus skaitu  $Prm^D = 28$  un metodes sasniegšanas dziļumu ir  $PD(Prm) = \frac{Prm^D}{Prm^{\Sigma}} \cdot 100\% = \frac{28}{35} \cdot 100\% \cong 80\%$ .

### Akumulatoru diagnosticēšana

Akumulators ir specifiska slodze funkcija, saistīta ar elektriskas enerģijas uzkrāšanu vai ir līdzstrāvas sprieguma avots, kas nodrošina pamatu slodzei papildu vai visu nepieciešanu jaudu atkarīgi no barošanas plāna stāvokļa (att. 19.).



lesl. – loģiskais 1  
Izsl. – loģiskais 0

19.att. Loģiskais paskaidrojums akumulatora funkcijas maiņai

Pēc ražotāja datiem ir iespēja nodrošināt saturēšanas sprieguma korekciju atkarīgi no ārējās temperatūras, ko ļauj saglabāt akumulatora kapacitāte visā temperatūras diapazonā

$$\text{if } T < T_{(-)}, \text{ then } U_{Storage}^{Battery}(T) = N_{cells} \cdot \left( U_{Cell}^{Battery}(T_0) + k_{T(+\Delta U)}^{TypeBattery} \cdot (T_{(+\Delta U)} - T) \right)$$

$$\text{if } T = T_0, \text{ then } U_{Storage}^{Battery}(T_0) = N_{cells} \cdot \left( U_{Cell}^{Battery}(TypeBattery, T_0) \right)$$

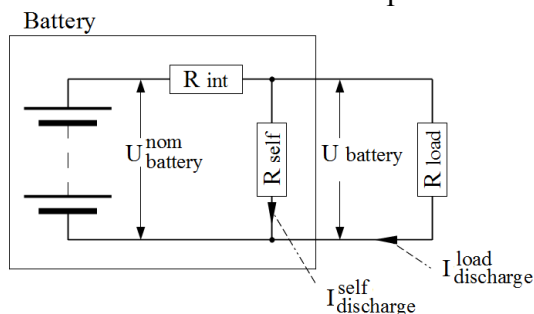
$$\text{if } T > T_{(+)}, \text{ then } U_{Storage}^{Battery}(T) = N_{cells} \cdot \left( U_{Cell}^{Battery}(T_0) - k_{T(-\Delta U)}^{TypeBattery} \cdot (T_{(-\Delta U)} - T) \right).$$

Pieņemta ir akumulatora stāvokļa noteikšana pēc iekšējās pretestības lieluma

$$R_{int \min.} \leq R_{int}^{measured} \leq R_{int \max.} \text{ vai, pēc slodzes noturēšanas testa}$$

$$\begin{cases} I_{load} = (0.1 \div 0.15) * C * st.^{-1} \\ U_{battery} \geq U_{battery \text{ nom.}} \\ t_{load} \geq T_{load \text{ min.}} \end{cases} .$$

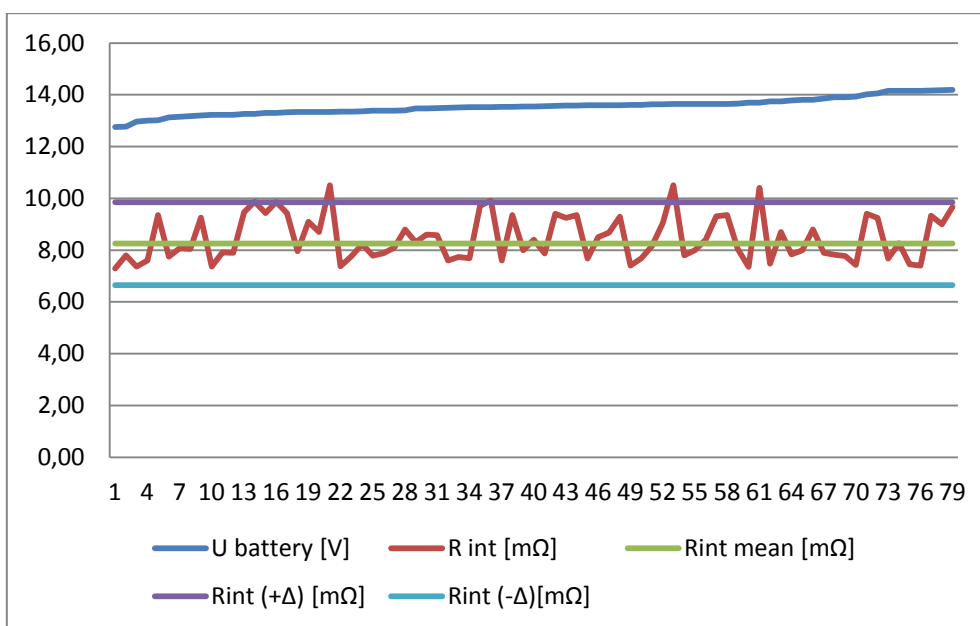
$U_{battery}(t) = U_{battery}^{nom} - (I_{discharge}^{load}(t) + I_{discharge}^{self}(t, T)) \cdot R_{int}(t)$ , attēla 19. uzradīta akumulatora ekvivalenta shēma ar pāš izlādēšanas strāvu ietekme.



20. att. Akumulatora ekvivalenta shēma

Apkopojot iekšējas pretestības mērījumus, kuri veikti A400 «Sonnenschein» 12V akumulatoriem, pēc pieņemtās VAS «LDZ» TEN ir aprēķināts iekšējas pretestības novērtējuma vidējais lielums, mērījumu deviācija un izveidots grafiskais mērījumu piedāvājums  $R_{int}, U_{battery}^{storage}, n$  (att. 21.).

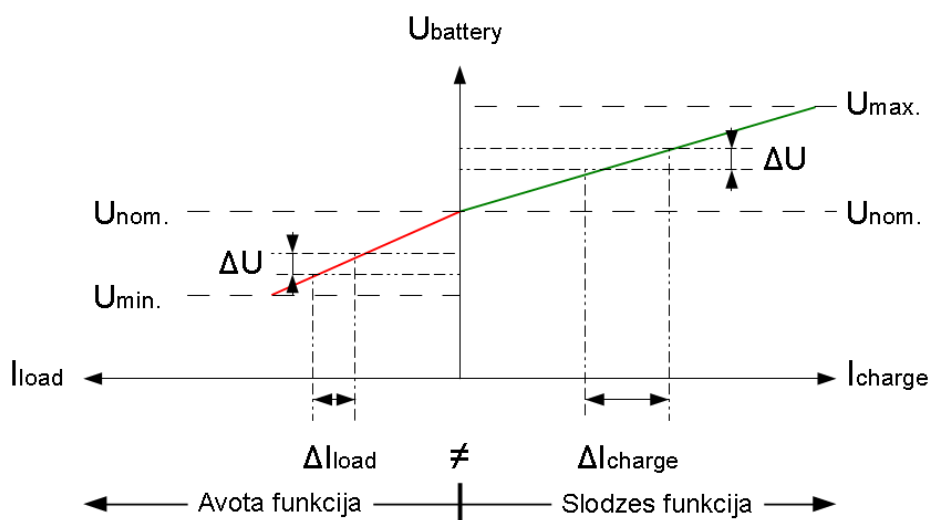
Iekšējas pretestības novērtējuma vidējais lielums  $R_{int}^{mean} = \frac{\sum_{n=1}^N R_{int}^n}{N} = 8,25 \text{ m}\Omega$  ar mērījumu kopumam deviācija pēc Kornfieldda metodes  $\Delta R_{int}^{measured} = 1.6 \text{ m}\Omega$ .  
 $R_{int}^{estimated} = 8.25 \text{ m}\Omega \pm 19.4\%$ .



21. att. Grafiks  $R_{int} = f(U_{battery}^{storage})$

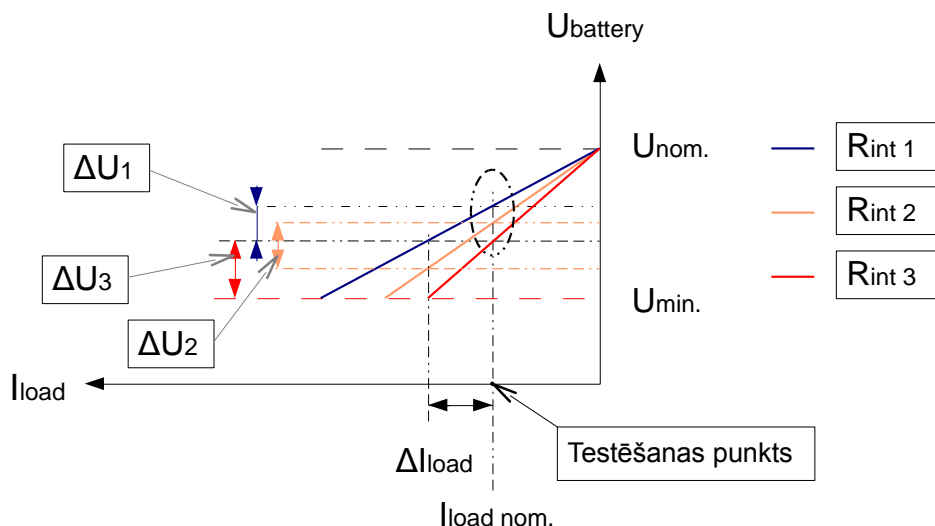
### Iekšējas pretestības novērtējuma metode izstrādes nosacījumi

Akumulatora elektroķīmiskas īpašības pieļaujams, kā pozitīva  $\Delta I^+$  strāvas izmaiņa dot akumulatora atlikušas kapacitātes  $\Delta C_{battery}^+$  pieaugumu  $\Delta C_{battery}^+ = \Delta I^+ \Delta t$  un negatīva  $\Delta I^-$  strāvas izmaiņa dot akumulatora atlikušas kapacitātes  $\Delta C_{battery}^-$  zudumu  $\Delta C_{battery}^- = \Delta I^- \Delta t$ .



22.att. Akumulatora dualitāte

Metodes īstenošanai pieļausim, kā akumulatora raksturojumus slodzes funkcijas laikā un avota funkcijas laikā ir atšķirīgi  $|\Delta C_{battery}^-| \neq |\Delta C_{battery}^+|$  un kā secinājums  $R_{int}^+ \neq R_{int}^-$ . Ar mērķi paaugstināt testēšanas metodes precizitāti ievadīsim stāvokļa noteikšanas noteikumus testēšanas laikā akumulators izpilda avota funkciju un akumulatoram izvēlēts noteikt testēšanas punkts  $(0.1 \div 0.15)C_{battery}$  [A].



23.att. Akumulatora testēšanas punkts

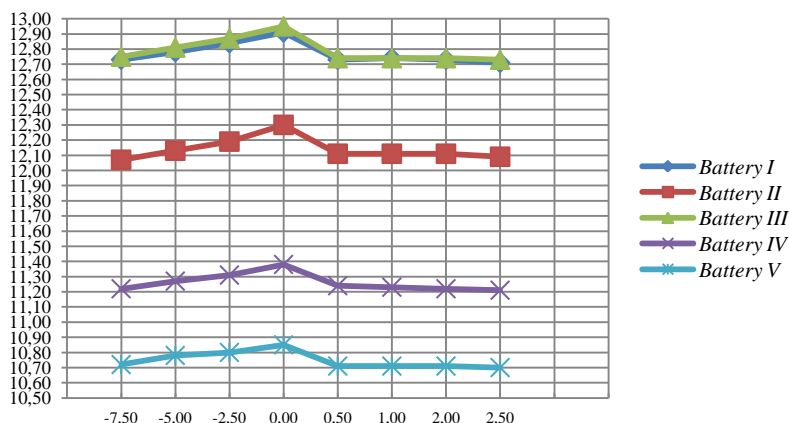
### Nosacījuma apstiprināšana

Ar mērķi pārbaudīt akumulatora dualitātes ietekme uz iekšējās pretestības novērtēšanu tiek veikti mērījumi pieciem LC-X1224APG «Panasonic» 12V 24 A\*st. baterijām. Mērījumi nodrošināti ar HIOKI3551 HiTESTERa palīdzību. Mērījumus rezultāti savākti tabulā 4.

Tabula 4. Iekšējās pretestības mērījumus rezultāti LC-X1224APG baterijām

Current, A	-7,50	-5,00	-2,50	0	0,50	1,00	2,00	2,50
$R_{int}^{battery I}, m\Omega$	12,73	12,78	12,84	12,91	12,73	12,74	12,73	12,71
$R_{int}^{battery II}, m\Omega$	12,07	12,13	12,19	12,30	12,11	12,11	12,11	12,09
$R_{int}^{battery III}, m\Omega$	12,75	12,81	12,87	12,95	12,74	12,74	12,74	12,73
$R_{int}^{battery IV}, m\Omega$	11,22	11,27	11,31	11,38	11,24	11,23	11,22	11,21
$R_{int}^{battery V}, m\Omega$	10,72	10,78	10,80	10,85	10,71	10,71	10,71	10,70

Grafiskā veidā rezultāti piedāvāti attēlā 23. Rezultātus analīze apstiprina akumulatora dualitāte.



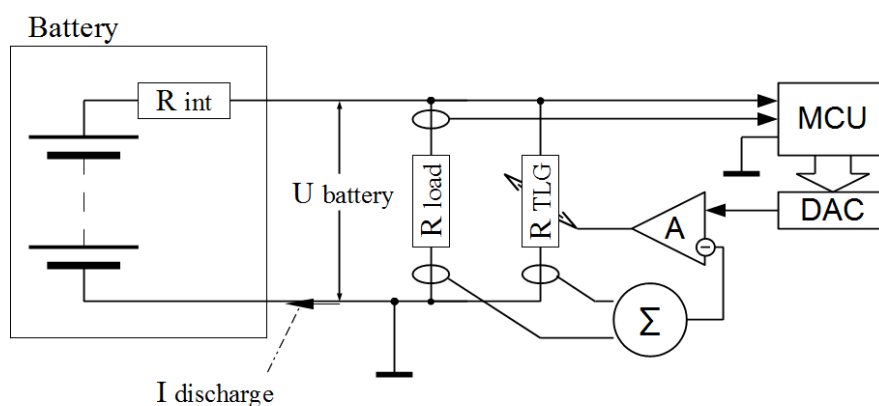
24. att. Iekšējās pretestības atkarība no akumulatora funkcijas

Akumulatora stāvokļa funkciju

$$SF_{battery} = \begin{cases} -1 & \text{if } r_{int} \leq r_{int\ min} \\ \pm 0 & \text{if } r_{int\ max} \leq r_{int} < r_{int\ min} \\ +1 & \text{if } r_{int} > r_{int\ max} \end{cases}$$

### Akumulatora stāvokļa novērtējuma algoritms

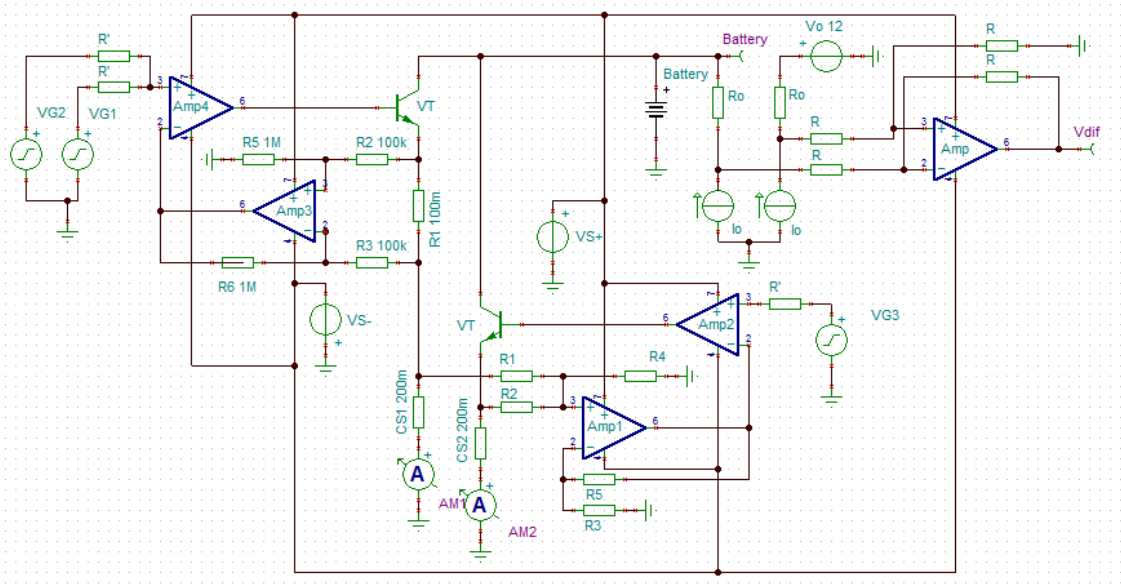
Akumulatora stāvokļa novērtēšanai ir nepieciešama testēšanas punkta sasniegšana. Lai sasniegt testēšanas punktu, noņemt ietekmes no pamatu slodzes mainīga rakstura  $R_{load} \neq const$  ( $I_{discharge}^{load}(t) \neq const$ ) un paš izlādēšanas  $I_{discharge}^{self}$ , kā arī nodrošināt slodzes strāvas  $\Delta I^-$  ģenerāciju nepieciešams izveidot papildu aprīkojumu (att.25.). Testēšanas laikā  $t_{battery}^{Testing} = \tau_2 + \tau_1$ ,  $\Delta t = \tau_2 = \tau_1$  un  $R_{int}(\tau_2) \approx R_{int}(\tau_1)$ .



25.att. Papildu aprīkojuma realizācijas funkcionāla shēma

### Papildu aprīkojums un darbības simulācija

Simulācijas izveidošana vide ir Texas Instruments TINA-TI V9 12V akumulatoram ar 10mΩ iekšēju pretestību un 80A·st. kapacitāte (att.26.).

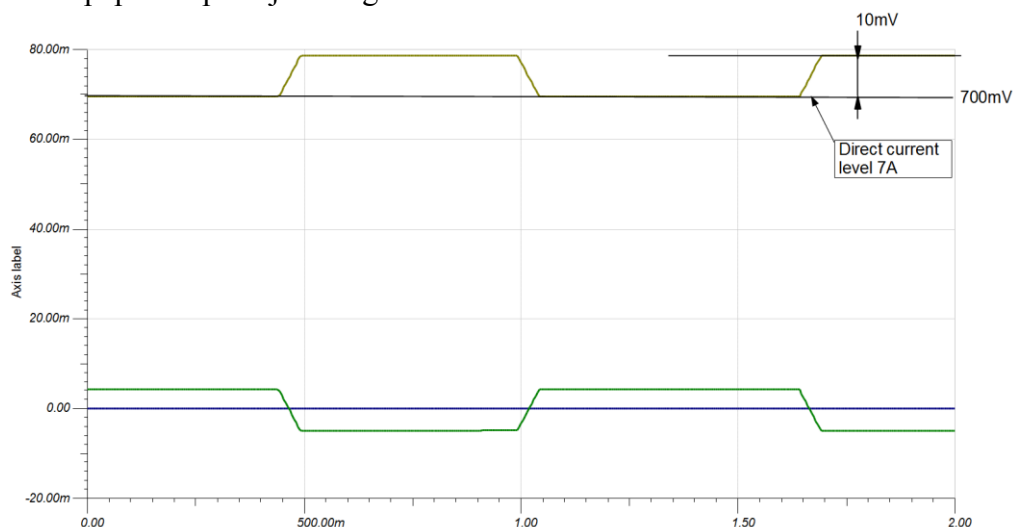


26. att. Simulācijas shēma

Shēmās 25., 26. attēlos iekļauti «Battery» - testējamais akumulators, «VLG» - mainīgas slodzes ģenerators (VG1, VG2, R01, R02, Amp4, Amp3, VT0, R03, R04, R05, R06, R07), «TLG» - sekojošs slodzes ģenerators (CS1, CS2, VT1, R, R1, R2, R3, R4, R5, Amp1, Amp2), «VDA» - sprieguma izmaiņas pastiprinātājs (R0', R0'', I0', I0'', Amp, R11, R12,

R13, R14).

Simulācijas analīze radā, kā lēciena viedīga manipulēšana ar slodzi testēšanas laikā veido nekontrolējamus slodzes strāvas piķus testēšanas punktos maiņas momentos. Praktiska izmantošana trapeces veida (att.27.) vai harmonisko likumu slodzes manipulēšanai Abos gadījumos nekontrolējamie pīki nav novēroti, bet izmantojot harmonisko likumu nepieciešams papildu aprīkojums signāla detektēšanai.



27. att. Likums slodzes manipulēšanai

## KOPĒJIE SECINĀJUMI

Promocijas darba sasniegti rezultāti:

- Izanalizēti citu autoru darbi un publikācijas saistītas ar monitoringa un diagnostikas metodes, monitoringa un diagnostikas metodes pielietojumu atšķirīgiem pēc funkcionālas un fiziskas būtības objektiem, tehniskas diagnostikas izmantošana DzATS, diagnosticēšanas rezultātus izmantošanu sistēmas pret atteices izturības paaugstināšanai, maksimālas gatavības un apkalpošanas optimizēšanai.
- Izstrādāta diagnostikas apakšsistēmas izveidošanas koncepcija, apakšsistēmas optimizēta pēc noteiktiem skaitliskiem kritērijiem, un atšķirīgi no zināmiem risinājumiem diagnostikas metodes efektivitātes novērtēti pēc sasniedzama dziļuma.
- Izskatīti drošuma teorijas pamati monitoringa un diagnostikas apakšsistēmai, pret atteices izturības paaugstināšana izmantojot sistēmas stāvokļa vadību, klastera uzbūves priekšrocības, un atšķirīgi no zināmiem risinājumiem, piedāvāta adaptīvas gatavības koncepcija pret atteices paaugstināšanai.
- Izskatīta diagnosticēšanas rezultātus apstrāde ar informācijas apmaiņas optimizēšanu pēc nepieciešama reakcijas ātruma, un atšķirīgi no zināmiem risinājumiem, piedāvāts izmantot trīs zīmju loģiku elementus stāvokļa noteikšanai.
- Noformulēts uzdevums DzATS elementus parametriskai diagnosticēšanai, kura atšķirīgi no zināmiem ļauj noteikt elementus normālu, pirms atteices un atteices stāvokli pēc derīguma pakāpes, izmantojot elementa parametra kopumu.
- Noformulēts uzdevums impulsu releja elektromehāniskas sistēmas diagnosticēšanai, kas ļauj veikt releja aizvietošanu pēc reāla stāvokļa, kurā, atšķirība no zināmiem izmanto releja enkura dinamikas ietekme uz pārejas procesu releja ierosināšanas tīnumos.
- Izstrādāta un aprakstīta diagnosticēšanas metode, kas ļauj noteikt impulsu releja elektromehāniskas sistēmas stāvokli, un kura atšķirīgi no zināmiem, ļauj realizēt diagnosticēšanu reāla laikā automātiska režīmā, veikt releja monitoringu pēc enkura stāvokļa.

- Noformulēts uzdevums elektroniska prototipa uzbūvei, kas ļauj aizvietot elektromehāniskas automātikas un telemātikas sistēmas elektromehāniskas kodu ceļa transmitterus, kurš, atšķirīgi no zināmiem analogiem izveidots pēc pamatu un kontroles funkcijas sadalīšanas principa, kas nodrošina kontroles funkcijas neietekmē uz pamatu funkcijas veidošanu, zemāku loģiskas kļūdas varbūtību, un ar ko sasniedzas drošuma un drošības augstāka pakāpe.
- Izstrādāts, aprakstīts un eksperimentāli pārbaudīts elektromehāniska kodu ceļa transmittera elektroniskais prototips ar drošu uzbūve un pašdiagnosticēšanu, kurš, atšķirīgi no zināmiem analogiem ir pilns elektromehānisko transmittera aizvietotājs.
- Izbīdīts un apstiprināts pieņēmums par akumulatora dualitātes īpašību un par akumulatora režīma ietekme uz iekšējās pretestības novērtējuma.
- Noformulēts uzdevums neapkalpojama akumulatora diagnosticēšanai metodes izstrādāšanai izmantojot iekšējās pretestības novērtēšanu, kurš, atšķirīgi no zināmas metodes ir precizēts ar testēšanas punkta noteikšanu, ko novērš akumulatora modes ietekme uz iekšējās pretestības.
- Izstrādāta akumulatora diagnosticēšanas metodē, kurā, atšķirīgi no zināmiem piemērota testēšanai automātiska režīmā bez akumulatora izslēgšanas no shēmas, izmanto sekojošo slodzes ģeneratoru, ar ko nodrošināta metodes precizitātes paaugstināšana.
- Izstrādāts, aprakstīts un simulācijas līmeni pārbaudīta akumulatora sekojošais slodzes ģeneratora uzbūve un darbību, piedāvāts optimāls slodzes pārvaldes likums, kurš, atšķirīgi no zināmiem ir trapeces veida.
- Elektromehāniska kodu ceļa transmittera elektroniskais prototips ar drošu uzbūve un pašdiagnosticēšanu, kurš, atšķirīgi no zināmiem analogiem ļauj aizvietot elektromehānisko transmitteru bez elektriskas shēmas pārstrāde.

## IZMANTOTAS LITERATŪRAS SARAKSTS

- 1. Txomin Nieva, Automatic configuration for remote diagnosis and monitoring of railway equipments, Institute for computer Communications and applications ICA Department of Computer Science (DI) Swiss Federal Institute of Technology (EPFL) CH-1015 Lausanne, Switzerland, <http://infoscience.epfl.ch/record/165/files/Nieva99b.pdf> , Internets
- 2. АРМ электромеханика. Руководство пользователя системой FEU. Руководство по эксплуатации МПЦ Ebilock (раздел 3.2), <http://scbist.com/mikroprocessornye-i-releino-processornye-centralizacii/4018-rukovodstvo-po-ekspluatacii-mpc-ebilock-950-a.html>, Internets
- 3. EBI\*Gate 2000. Автоматическая переездная сигнализация модель SPA-5. Описание системы, <http://www.bombardier.com/en/transportation/products-services/rail-control-solutions/main-line-solutions/interflo-200?docID=0901260d80012580>, Internets
- 4. Система диагностики и удалённого мониторинга: комплекс АПК-ДК в развитии. ПГУПС, <http://sdum.narod.ru/apkdk/sdum.pdf>, Internets
- 5. НИЛ "Системы диагностики и удалённого мониторинга". Комплекс сбора аналоговой информации со станционных устройств ЖАТ, <http://www.nilsdum.narod.ru/hard.html>, Internets
- 6. НИЛ "Системы диагностики и удалённого мониторинга". Комплекс сбора информации с перегонных устройств ЖАТ, [http://www.nilsdum.narod.ru/hard\\_per.html](http://www.nilsdum.narod.ru/hard_per.html), Internets
- 7. Gržibovskis M. „SCB Lauku iekārtu uzbūve un tehniskās apkopes principi.” Mācības līdzeklis 2009. Rīga.

- 8. Дмитриев В.Р., Смирнова В.И. „Электропитающие устройства железнодорожной автоматики, телемеханики и связи.” Справочник.- М.: Транспорт, 1983.-248 с.
- 9. Дмитриев В.С., Минин В.А. „Новые системы автоблокировки”. М.: Транспорт 1981.-247 с.
- 10. Наумов А.В., Котельников А.В., Слободянюк Л.П. „Рельсовые цепи в условиях влияния заземляющих устройств.” – М.: Транспорт, 1990.
- 11. Билязо И.А. „Релейная аппаратура СЦБ штепсельного типа.”, М.: Транспорт, 1965.
- 12. Разгонов А.П., Оводков Л.В. „Профилактическое обслуживание рельсовых цепей.”, -М.: Транспорт, 1980.
- 13. Ягудин Р.Ш. „Надёжность устройств железнодорожной автоматики и телемеханики.”, -М.: Транспорт, 1989.
- 14. Future control technologies in motor diagnostics and system wellness. Durocher, D.B.; Feldmeier, G.R.; EATON Cutler-Hammer Inc., Lake Oswego, OR, USA, [http://www.google.lv/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&sqi=2&ved=0CEoQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.eaton.com%2Fecm%2Fidcplg%3FidcService%3DGET\\_FILE%26dID%3D202845&ei=HITyT\\_a8PifDswbF5\\_yQDw&usg=AFQjCNHKZtfhLOj1gZjxIvuwRLmjFkidLA](http://www.google.lv/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&sqi=2&ved=0CEoQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.eaton.com%2Fecm%2Fidcplg%3FidcService%3DGET_FILE%26dID%3D202845&ei=HITyT_a8PifDswbF5_yQDw&usg=AFQjCNHKZtfhLOj1gZjxIvuwRLmjFkidLA), Internet
- 15. Diagnostic system and method for monitoring a rail system. [Paul Forrest Michael Provost Jeremy Lovell, FALLS CHURCH, VA US](http://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=WO2008034583&recNum=126&docAn=EP2007008116&queryString=(PA/Bombardier)%2520&maxRec=360), [http://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=WO2008034583&recNum=126&docAn=EP2007008116&queryString=\(PA/Bombardier\)%2520&maxRec=360](http://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=WO2008034583&recNum=126&docAn=EP2007008116&queryString=(PA/Bombardier)%2520&maxRec=360), Internets
- 16. RPC INFOTRANS - Computer-Aided Diagnostic Testing and Measurement Systems for the Railway Industry. Research and Production Centre of Informational and Transport Systems Russia, 443001 Samara, Poleyaya st., 47.Russia, <http://www.railway-technology.com/contractors/track/infotrans-rpc/>, Internets
- 17. S K Mittal, Sandeep Karla „Micro-controller based oscillation monitoring system for the safety of railway vehicles with high storage capacity and real time warning facility”, Central Scientific Instruments Organization, Chandigarh 160 030, 2004, [http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/5477/1/JSIR%2063\(9\)%20752-757.pdf](http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/5477/1/JSIR%2063(9)%20752-757.pdf), Internets
- 18. Прокопенко С. А. „Автоматизация процессов контроля и диагностики в системах железнодорожной автоматики и телемеханики на основе волноводно-оптических технологий.” 2009 год, <http://www.dissercat.com/content/avtomatizatsiya-protsesov-kontrolya-i-diaagnostiki-v-sistemakh-zheleznodorozhnoi-avtomatiki->, Internets
- 19. Гундырев К.В. „Об интеграции систем технической диагностики электрической централизации с устройствами релейно-процессорной централизации.” Материалы научно-технической конференции – Екатеринбург: УрГУПС, 2003, с 72-77.
- 20. Система технического диагностирования и мониторинга перегонных устройств железнодорожной автоматики и телемеханики (СТДМ-ПУ), Internets
- 21. Rolf Isermann „Fault-Diagnosis system.”, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006.
- 22. Da Ruan, Paolo F. Fantoni „Power Plant Surveillance and Diagnostics: Applied Research with Artificial Intelligence (Power Systems).Applied Research with Artificial Intelligence.”, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010.
- 23. Руководящие указания по защите от перенапряжений устройств СЦБ. МПС – М.: Транспорт, 1990, <http://scbist.com/sistemy-centralizacii-i-blokirovki/1712-ru-90->

[rukovodyaschie-ukazaniya-po-zaschite-ustroistv-scb-ot-perenapryazhenii.html](http://rukovodyaschie-ukazaniya-po-zaschite-ustroistv-scb-ot-perenapryazhenii.html),

Internets

- 24. Перникис Б.Д., Ягудин Р.Ш. „Предупреждение и устранение неисправностей в устройствах СЦБ.” М.: - Транспорт, 1984.
- 25. Дианов В.Н. „Диагностика и надёжность автоматических систем.” Учебное пособие., -М.: МГИУ, 2005.
- 26. Miezītis M., Olga Podsoņņaja O. „Vilcienu kustības intervālu regulēšanas sistēmas (releju)”. Mācību līdzeklis. – Rīga, RTU, 2007, -298. lpp.
- 27. „SCB ierīču atkarības pārbaudes metodika.”, VAS „LDz”, -Rīga, 2004.
- 28. Сапожников В.В., Сапожников Вл.В., Христов Х.А., Гавзов Д.В. „Методы построения безопасных микроэлектронных систем железнодорожной автоматики.”–М.: Транспорт, 1995. -272с.
- 29. Сапожников В.В., Сапожников Вл.В., Шаманов В.И. „Надёжность систем железнодорожной автоматики, телемеханики и связи.”–М.: Транспорт, 2003. - 263 с.
- Reliability for railway automatic, telematics, communication systems. Most acceptable in Russia.
- 30. В.В. Сапожников, Вл.В. Сапожников, В.И. Шаманов. „Основы технической диагностики.” –М.: Маршрут, 2004. -318 с.
- 31. Иващенко Н.Н. „Автоматическое регулирование.” Теория и элементы систем.–М.: Машиностроение, 1973, 606с.
- 32. Фред Иди „Сетевой и межсетевой обмен данными с микроконтроллерами.”, - М.: Додэка-XXI, 2007, -376с.: илл.
- 33. Сороко В.И., Разумовский Б.А. „Аппаратура железнодорожной автоматики и телематики.” Справочник. 1 том.–М.: Транспорт, 1981, 399 с.
- 34. Сороко В.И., Разумовский Б.А. „Аппаратура железнодорожной автоматики и телематики.” Справочник. 2 том.–М.: Транспорт, 1981, 399 с.
- 35. Сапожников В.В., Сапожников Вл.В., Талаев В.И. „Сертификация и доказательство безопасности систем СЖАТ.”, –М.: Транспорт, 1997. -288 с.
- 36. ML-HDBK 217 „Reliability prediction of electronic equipment.”, DoD, USA, 1995, <http://www.datasheetarchive.com/ML-HDBK-217-datasheet.html>, Internets
- 37. Mauro Dell'Orco, Michele Ottomanelli, Pietro Pace, Giovanni Pascoschi „Intelligent decision support tools for optimal planning of rail track maintenance.”, Dept. of Highways and Transportation – Polytechnic University of Bari – Italy, MER MEC S.p.A. - Via Oberdan, 70 - 70043 Monopoli (BA - Italy), [http://www.iasi.cnr.it/ewgt/13conference/40\\_dellorco.pdf](http://www.iasi.cnr.it/ewgt/13conference/40_dellorco.pdf), Internets
- 38. Рыжиков Ю.И. „Имитационное моделирование. Теория и технологии.”, М.: Альтекс-А, 2004, -384 с., ил.
- 39. „Introduction to Random Signals and Applied Kalman Filtering. With Mat lab Exercises and solutions.” Robert Grover Brown. Electrical Engineering Department Iowa State University, Patrick Y.C. Hwang Rockwell International Corporation.
- 40. Баскаков С.И. „Радиотехнические цепи и сигналы.” Учеб. Пособие для вузов по спец. «Радиотехника». – 2-е изд., перераб и доп.- М.: Высш. Шк., 1988-448 с.:ил.
- 41. Гришин Ю.П., Ипатов В.П. „Радиотехнические системы.” Учеб. Пособие для вузов по спец. «Радиотехника», - М.: Высш. Шк., 1990-496 с.:ил
- 42. Секей Г. „Парадоксы в теории вероятностей и математической статистике.”, Перевод с англ. В.В.Ульянова под редакцией В.В. Сазонова. Москва «Мир» 1990.
- 43. Купер Дж., Макгиллем К. „Вероятностные методы анализа сигналов и систем.” Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 376 с., ил.

- 44. „Цифровая обработка сигналов.” Второе издание, Пер. С англ. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2006, - 656 с.: ил.
- 45. Vishay Intertechnology „Solid State Relay Databook 2004.”-Vishay Semiconductors GmbH P.O.B. -321.
- 46. Linear Technology „Product Selection Guide 2007.”-177.
- 47. IXYS Semiconductors 2006/2007. -232.
- 48. Юршевич В.В. „Конструирование и производство РЭА.” Часть 2, РТУ-1990.
- 49. Матросов А., Сергеев А., Чаунин М. „HTML 4.0 новый уровень создания HTML –документов.” СПб.: БХВ – Санкт-Петербург, 2000, -672 с.: ил.
- 50. Эви Немет, Гарт Снайдер, Скотт Сибасс, Трент Р. Хейн „UNIX: Руководство системного администратора.”, перевод С.М. Тимачева, под редакцией М.В. Коломыцева, К.: BHV, 1996, -832 с.
- 51. Джесс Либерти, Дэвид Б. Хорват „С++.”, ССР пер. с англ. – М.: «Вильямс» 2007. – 448 с.: ил.
- 52. Шпак Ю.А. „Программирование на языке С для микроконтроллеров AVR и PIC.” –М.: МК-Пресс, 2007, 400 с., ил.
- 53. Ribickis L., Raņkis I., Levčenkova A., Gorobecs M. „Programmēšanas valodas industriālā elektronikā.” Metodikas līdzeklis., RTU, 2007.
- 54. ML-HDBK 217, DoD, USA, 1995, <http://www.datasheetarchive.com/ML-HDBK-217-datasheet.html>, Internets
- 55. ANSI/ISA S84 (Functional safety of safety instrumented systems for the process industry sector), [http://www.isa.org/Template.cfm?Section=Technical\\_Paper\\_Collections&template=/Ecommerce/ProductDisplay.cfm&ProductID=5524](http://www.isa.org/Template.cfm?Section=Technical_Paper_Collections&template=/Ecommerce/ProductDisplay.cfm&ProductID=5524), Internets
- 56. IEC EN 61508 (Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety related systems), <http://www.iec.ch/functionalsafety/>, Internets
- 57. IEC 61511 (Safety instrumented systems for the process industry sector), [http://webstore.iec.ch/preview/info\\_iec61511-2%7Bed1.0%7Den.pdf](http://webstore.iec.ch/preview/info_iec61511-2%7Bed1.0%7Den.pdf), Internets
- 59. EN 50128 (Railway applications - Software for railway control and protection), [http://www.eic2.com/pdf/railways\\_hima\\_ohjelmistotjp.pdf?a20c671f8508c4885ed9a4f2d41d727b=02c81f191f471c61414d8671be8cd874](http://www.eic2.com/pdf/railways_hima_ohjelmistotjp.pdf?a20c671f8508c4885ed9a4f2d41d727b=02c81f191f471c61414d8671be8cd874), Internets
- 60. EN 50129 (Railway applications - Safety related electronic systems for signaling), <http://engineers.ihs.com/document/abstract/XOAWCBAAAAAAAAAAAA>, Internets
- 61. EN 50402 (Fixed gas detection systems), <http://www.insidefunctionalsafety.com/article/1.html>, Internets
- 62. MISRA, various (Guidelines for safety analysis, modeling, and programming in automotive applications)
- 61. Defense Standard 00-56, Issue 2 - accident consequence
- 62. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения.
- 63. ОСТ 32.17-92. Безопасность железнодорожной автоматики и телемеханики. Основные понятия. Термины и определения.
- 64. ОСТ 32.18-92. Безопасность железнодорожной автоматики и телемеханики. Выбор и общие правила нормирования показателей безопасности.
- 65. ОСТ 32.19-92. Безопасность железнодорожной автоматики и телемеханики. Общие требования к программам обеспечения безопасности
- 66. ОСТ 32.78-97. Безопасность железнодорожной автоматики и телемеханики. Безопасность программного обеспечения.

- 67. ОСТ 32.27-93. Безопасность железнодорожной автоматики и телемеханики. Организация сбора и обработки информации о безопасности систем железнодорожной автоматики и телемеханики.
- 68. РД 32 ЦШ 1115842.01-93. Безопасность железнодорожной автоматики и телемеханики. Методы испытаний на безопасность.
- 69. РТМ 32 ЦШ 1115842.01-94. Безопасность железнодорожной автоматики и телемеханики. Методы и принципы обеспечения безопасности микроэлектронных СЖАТ.
- 70. РД 32 ЦШ 1115842.03-93. Безопасность железнодорожной автоматики и телемеханики. Критерии опасных отказов.
- 71. РД 32 ЦШ 1115842.04-93. Безопасность железнодорожной автоматики и телемеханики. Методы расчета норм безопасности.
- 72. РТМ 32 ЦШ 1115842.03-94. Безопасность железнодорожной автоматики и телемеханики. Правила и методы обеспечения безопасности релейных схем.
- 73. РТМ 32 ЦШ 1115482.02-94. Безопасность железнодорожной автоматики и телемеханики. Методы расчета показателей безотказности и безопасности СЖАТ.
- 74. ГОСТ Р 50656-2001. Совместимость технических средств электромагнитная. Технические средства железнодорожной автоматики и телемеханики. Требования и методы испытаний.
- 75. Исследование временных параметров электромагнитных реле.  
<http://www.support17.com/component/content/202.html?task=view>, Internets
- 76. Щетина В.А., Морговский Ю.Я. „Электромобиль. Техника и экономика.” Ленинград, Машиностроение, 1987, -253 стр.
- 77. R&D OFFICE II “3550 Series Battery HiTESTERS. User's Guide” September 1999, -31.
- 78. KR 20110006266 (A) „Method for measuring internal resistance of a high voltage battery cell of automobile”
- 79. [US 2011037475 \(A1\)](#) - „Battery capacity estimation by DCIR”
- 80. [MX 2010009558 \(A\)](#) - „System and method for measuring battery internal resistance”
- 81. [CN 101833071 \(A\)](#) - „High-precision internal resistance and voltage tester for lithium-ion battery”
- 82. [CN 101806865 \(A\)](#) - „Detection device of internal resistance of cell and detection method thereof”
- 83. [US 2010250038 \(A1\)](#) - „Battery measuring device, battery control system and vehicle “
- 84. US 2010224157 (A1) - „Apparatus for detecting the state of battery “
- 85. WO 2010118910 (A1) - „Determination of the internal resistance of a battery cell of a traction battery while using inductive cell balancing”
- 86. WO 2010118909 (A1) - „Determination of the internal resistance of a battery cell of a traction battery while using resistive cell balancing”
- 87. [CN 101752543 \(A\)](#) - „Production method for improving consistency of internal resistance of battery”
- 88. [CN 101750587 \(A\)](#) - „Method for determining battery internal resistance”
- 89. [CN 101692119 \(A\)](#) - „Method for measuring internal resistance of storage battery based on differential equation”
- 90. [WO 2010029863 \(A1\)](#) - „Battery state detection device and battery pack containing the same”
- 91. [CN 101685117 \(A\)](#) - „Internal resistance measuring method for storage battery”

- 92. [CN 101581768 \(A\)](#) - „Method for quickly detecting DC internal resistance of cylindrical nickel-hydrogen high-power battery”
- 93. [CN 101706558 \(A\)](#) - „On-line monitoring system for direct-current power supply and storage battery”
- 94. [WO 2010004985 \(A1\)](#) - „Battery state detection device”
- 95. [JP 2010261807 \(A\)](#) - „Storage battery deterioration determination method and charge/discharge control device”
- 96. [JP 2010249770 \(A\)](#) - „Internal resistance operation method of secondary battery”
- 97. [JP 2010223768 \(A\)](#) - „Cell abnormality detection circuit and power supply device”
- 98. [JP 2010209733 \(A\)](#) - „Battery state estimating method and battery control method”
- 99. [CN 201344968 \(Y\)](#) - „Multi-channel accumulator internal resistance on-line intelligent inspection tool instrument”
- 100. [JP 2010164441 \(A\)](#) - „Degradation diagnosis apparatus of secondary battery”
- 101. [CN 201348658 \(Y\)](#) - „Battery tester”
- 102. [GB 2461350 \(A\)](#) - „Battery deterioration determination based on internal resistances per temperature range”
- 103. [CN 101477149 \(A\)](#) - „On-line DC detection method and system for internal resistance of accumulator”
- 104. [KR 20090056847 \(A\)](#) - „Internal resistance or equivalent capacitance calculating method of battery equivalent circuit, and the circuits there of”
- 105. [CN 101762788 \(A\)](#) - „Storage battery operation monitoring system”
- 106. [CN 101738584 \(A\)](#) - „Measuring method of micro internal resistance of industrial storage battery”
- 107. [CN 101813942 \(A\)](#) - „Diagnostic equipment for fault points of control circuit”
- 108. [JP 3129533 \(A\)](#) - „Fault processing system”
- 109. [JP 9170931 \(A\)](#) - „Data recording device with self-diagnostic function”
- 110. [JP 58115968 \(A\)](#) - „Failure diagnostic system in communication controller”
- 111. [GB 2052801 \(A\)](#) - „Control unit”