

RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE

Ilja KORAGO

**VILCIENU KUSTĪBAS REGULĒJOŠO SISTĒMU FUNKCIONĀLĀS
DROŠĪBAS UN DROŠUMA PAAUGSTINĀŠANAS METODES**

Promocijas darba kopsavilkums

Rīga 2009

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

Iļja KORAGO

Doktora studiju programmas „Elektrotehnoloģiju datorvadība” doktorants

**VILCIENU KUSTĪBAS REGULĒJOŠO SISTĒMU FUNKCIONĀLĀS
DROŠĪBAS UN DROŠUMA PAAUGSTINĀŠANAS METODES**

Promocijas darba kopsavilkums

Zinātniskā vadītāja
dr.sc.ing.asoc. profesore
Ļ. SERGEJEVA

RTU Izdevniecība
Rīga 2009

UDK 656.25 (043)
Mi 265d

Korago I. Vilcienu kustības regulējošo sistēmu funkcionālās drošības un drošuma paaugstināšanas metodes. Promocijas darba kopsavilkums.-R.:RTU, 2009.-27 lpp.

Iespiests saskaņā ar IEE institūta 2009. gada 25. jūnija lēmumu, protokols Nr.30

Šis darbs izstrādāts ar Eiropas Sociālā fonda atbalstu projektā „Atbalsts RTU doktora studiju īstenošanai”.

ISBN 978-9984-485-2

PROMOCIJAS DARBS
IZVIRZĪTS INŽENIERZINĀTŅU DOKTORA GRĀDA IEGŪŠANAI
RĪGAS TEHNISKAJĀ UNIVERSITĀTĒ

Promocijas darbs inženierzinātņu doktora grāda iegūšanai tiek publiski aizstāvēts 2009.g. Rīgas Tehniskās universitātes Enerģētikas un elektrotehnikas fakultātē, _____.

OFICIĀLIE RECENZENTI

Profesors, Dr.habil.sc.ing. Ivars Raņķis
Rīgas Tehniskā universitāte

Tehniskās vadības direkcijas Automātikas daļas elektromehānisko iekārtu galvenais speciālists, Dr. sc. ing. doc. Boriss Perniķis
VAS "Latvijas Dzelzceļš"

Profesors, Dr. sc. ing. J. Laugis
Tallinas Tehnoloģiska Universitāte

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.

Iļja Korago(Paraksts)

Datums:

Promocijas darbs ir uzrakstīts latviešu valodā, satur ievadu, 6 nodaļas, secinājumus, literatūras sarakstu, 2 pielikumus, 58 zīmējumus un ilustrācijas, kopā 182 lappuses. Literatūras sarakstā ir 63 nosaukumi.

Saturs

1.	VISPĀRĪGS DARBA RAKSTUROJUMS	4
1.1.	TĒMAS AKTUALITĀTE	4
1.2.	DARBA MĒRĶIS.....	4
1.3.	RISINĀMIE UZDEVUMI	5
1.4.	PĒTĪJUMU METODIKA.....	5
1.5.	ZINĀTNISKĀ NOVITĀTE.....	5
1.6.	DARBA PRAKTISKAIS PIELIETOJUMS	6
1.7.	DARBA APROBĀCIJA	6
1.8.	AIZSTĀVĒŠANAI TIEK IZVIRZĪTS	7
1.9.	PROMOCIJAS DARBA STRUKTŪRA	8
1.10.	DARBA APJOMS	8
2.	DARBA NODAĻU ANOTĀCIJA	8
2.1.	DZELZCEĻA AUTOMĀTIKAS SISTĒMU DROŠUMA UN DROŠĪBAS NODROŠINĀŠANAS MŪSDIENU TENDENCES	8
2.2.	UNIFICĒTĀ PIEEJA MONITORINGA SISTĒMU UZBŪVĒ	10
2.3.	ATGRIEZENISKĀS DROŠĪBAS NODROŠINOŠO METOŽU IZSTRĀDĀŠANA	11
2.4.	KOMBINĀTĪVĀS DROŠĪBAS NODROŠINOŠO METOŽU IZSTRĀDĀŠANA	13
2.5.	PAŠDROŠĪBAS PAAUGSTINOŠO METOŽU IZSTRĀDĀŠANA, OPTIMIZĒJOT TEHNISKĀS APKALPOŠANAS STRATĒGIJU	17
2.6.	DZELZCEĻA AUTOMĀTIKAS SISTĒMU DROŠUMNOTURĪBAS UN DROŠUMA NOVĒRTĒŠANA	20
3.	DARBA SECINĀJUMI.....	21
4.	IZMANTOTĀS LITERATŪRAS SARAKSTS	23

1. VISPĀRĪGS DARBA RAKSTUROJUMS

1.1. TĒMAS AKTUALITĀTE

Veiktā tēmas analīze parādīja, ka, neskatoties uz visapkārt veiktajiem nopietnajiem drošības nodrošināšanas pasākumiem, vilcienu kustības regulējošo sistēmu funkcionālās drošības un drošuma paaugstināšanas problēma joprojām ir īpaši nopietns uzdevums.

Tālāka drošības paaugstinošo metožu (automātikas (AT) sistēmu elementu tehniskā stāvokļa diagnostikas un monitoringa procesu automatizācija, pirmsatteikuma stāvokļa prognozēšana un efektīvu tehniskās apkalpošanas stratēģiju izvēle) attīstība un pilnveidošana ir aktuāla problēma.

1.2. DARBA MĒRĶIS

Pētījuma mērķis ir dzelzceļa automātikas sistēmu drošuma un funkcionālās drošības paaugstināšanas metožu izstrādāšana, kas ļaus laikus noteikt elementu pirmsatteices stāvokli un novērst to bīstamus atteikumus.

1.3. RISINĀMIE UZDEVUMI

1. Informatīvo parametru vākšanas metodikas izstrādāšana atteikumu diagnostikas un prognozēšanas sistēmām.
2. Atgriezeniskās drošības koncepcijas realizācija divu variantu automātikas sistēmām: mikroprocesoru un releju.
3. Kombinatīvās drošības nodrošinošās metodes.
4. Elementu, kuriem neapšaubāmi piemīt drošības īpašības, pašdrošību nodrošinošo metožu, t.i. to tehniskās apkalpošanas stratēģijas izpēte.
5. Piedāvāto atgriezeniskās drošības nodrošinošo metožu efektivitātes novērtējums pēc izstrādātajiem novērtēšanas modeļiem.
6. Jaunas pieejas piedāvāšana kombinatīvās drošības nodrošinošo metožu novērtēšanai un Markova novērtēšanas modeļu sastādīšana.

1.4. PĒTĪJUMU METODIKA

Darbs ir izpildīts, pamatojoties uz esošo tehniski tehnoloģisko dzelzceļa automātikas sistēmu pētījuma rezultātiem un uz strukturālo analīzi, matemātisko modelēšanu (Markova modeļi), varbūtības teoriju un gadījuma procesu teoriju. Ir lietots programmas MathCAD matemātiskais aparāts.

1.5. ZINĀTNISKĀ NOVITĀTE

1. Ir formulētas drošības nodrošināšanas normatīvo prasību realizācijas trīs koncepcijas: kombinatīvā, atgriezeniskā un pašdrošības.
2. Norādīti plaši izplatītā dzelzceļa transporta automātikas sistēmu drošības noteikšanas paņēmiena trūkumi.
3. Ir piedāvāta jauna automātikas sistēmu drošības noteikšanas metode, kas pamatojas uz “bīstamā” elementa koncepcijas.
4. Ir piedāvāta dzelzceļa automātikas sistēmu funkcionālā struktūra.
5. Ir piedāvātas drošības koncepciju realizācijas metodes.
6. Ir izstrādāti drošības realizācijas koncepciju Markova novērtēšanas modeļi.

1.6. DARBA PRAKTISKAIS PIELIETOJUMS

Veiktie pētījumi un uz to pamata piedāvātās drošības koncepciju realizācijas metodes ļauj paaugstināt dzelzceļa automātikas sistēmu drošumu un drošību.

Piedāvātā "bīstamā" elementa koncepcija un izstrādātie modeļi ļauj novērtēt sistēmu drošumu un drošību.

1.7. DARBA APROBĀCIJA

Šā darba sagatavošanas laikā ir iznākušas 8 autora publikācijas, kas iekļautas 5 valstu dažādu starptautisko konferenču krājumos. Visu publikāciju sarakstu skatīt 1. tabulā.

Līdztekus visām publikācijām autors uzstājies ar mutisku referātu.

1. tabula

Publikāciju saraksts

Nr.	Informācija par publikācijām
1.	V.Lubinsky, L.Sergejeva, I.Korago. "THE MARKOV MODEL TO EVALUATE SAFETY PARAMETERS OF RAILROAD SIGNALLING SYSTEMS". RTU, 49. starptautiskā konference. 2008. Latvija, Rīgā, RTU izdevniecība. 8.-13. lpp.
2.	I. Korago. "Mikroprocesoru tehnikas darbaspēju kontrole ar moduļa metodi". RTU, 49. starptautiskā konference. 2008. Latvija, Rīgā, RTU izdevniecība. 14.-20. lpp.
3.	I.Korago, L.Sergejeva, V.Lubinskij. "Optimal period finding of service of railway transport automatic systems". 5 th international symposium "Topical problems in the field of electrical and power engineering", Doctoral school of energy- and geo-technology. 2008. Igaunija. 159.-162. lpp..
4.	Илья Кораго, Владимир Любинский. "ОПТИМАЛЬНАЯ ПЕРИОДИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ МНОГОЭЛЕМЕНТНЫХ СИСТЕМ". IV-я Международная научно-практическая конференция «Проблемы безопасности на транспорте». 2007. Baltkrievija, Gomeļa. БелГУТ. 2007 154.-156. lpp.
5.	I. Korago, В. Любинский, Л. Сергеева. "Оценка безопасности систем железнодорожной автоматики и телемеханики по надёжности её элементов". 2-я международная научнопрактическая конференция "Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса". 2008, Baltkrievija,

	Gomeļa. Гомель БелГУТ, 2008, 205. lpp..
6.	Илья Кораго, Людмила Сергеева. "Метод повышения надёжности и безопасности устройств железнодорожной автоматики.". V международная научно-практическая конференция студентов и молодых учёных «Trans-Mech-Art-Chem», 2008, Krievija, Maskava. МИИТ, 2008, 250-252 стр..
7.	Илья Кораго, Владимир Любинский. "Численные методы определения оптимального периода проведения регламентных работ для профилактической стратегии технического обслуживания систем ЖАТ ". The 10th Conference for Lithuanian Junior Researchers „Science – Lithuania’s Future“, 2007, Lietuva, Viļņa, Vilnius Gediminas Technical University, 2007, 45-51. lpp..
8.	Илья Кораго, Владимир Любинский. "Оценка оптимального периода профилактики для статистико-профилактической стратегии обслуживания железнодорожной автоматики". The 10th Conference for Lithuanian Junior Researchers „Science – Lithuania’s Future“, 2007, Lietuva, Viļņa, Vilnius Gediminas Technical University, 2007, 69-73. lpp..

1.8. AIZSTĀVĒŠANAI TIEK IZVIRZĪTS

1. Mikroprocesoru un releju sistēmu atgriezenisko drošību nodrošinošās metodes:
 - 1.1. Informatīvo parametru apstrādāšanas metode kas pamatojas uz virtuālā "ideāli" strādājošā reāllaika modeļa;
 - 1.2. Informācijas apstrādes un pārraides ierīču kontroles metode, kuras darbs pamatojas uz skaitļu teorijas summēšanas un reizināšanas teorēmām;
2. Mikroprocesoru sistēmu kombinatīvo drošību nodrošinošās metodes, kuru pamatā ir "bīstamā" elementa koncepcija.
3. Pašdrošību nodrošinošās metodes, kuru pamatā ir sistēmu tehnoloģiska apkalpošana, kas tās uztur darbderīgā stāvoklī.
4. Atgriezeniskās, kombinatīvās un pašdrošības novērtēšanas metodes, kas ļauj novērtēt sistēmas, kurā lietotas piedāvātas drošību paaugstinošās metodes, drošību.

1.9. PROMOCIJAS DARBA STRUKTŪRA

Ievads

1. Dzelzceļa automātikas sistēmu drošuma un drošības nodrošināšanas mūsdienu tendences
2. Unificētā pieeja monitoringa sistēmu uzbūvē
3. Atgriezeniskās drošības nodrošinošo metožu izstrādāšana
4. Kombinatīvās drošības nodrošinošo metožu izstrādāšana
5. Pašdrošības paaugstinošo metožu izstrādāšana ar tehniskās apkalpošanas stratēģiju optimizāciju
6. Dzelzceļa automātikas sistēmu drošumnoturības un drošuma novērtēšana

Darba secinājumi

Pielikumi

Literatūras saraksts

1.10. DARBA APJOMS

Promocijas darbs ir uzrakstīts latviešu valodā, satur ievadu, 6 nodaļas, secinājumus, literatūras sarakstu, 2 pielikumus, 58 zīmējumus un ilustrācijas, kopā 182 lappuses. Literatūras sarakstā ir 63 nosaukumi.

2. DARBA NODAĻU ANOTĀCIJA

2.1. DZELZCEĻA AUTOMĀTIKAS SISTĒMU DROŠUMA UN DROŠĪBAS NODROŠINĀŠANAS MŪSDIENU TENDENCES

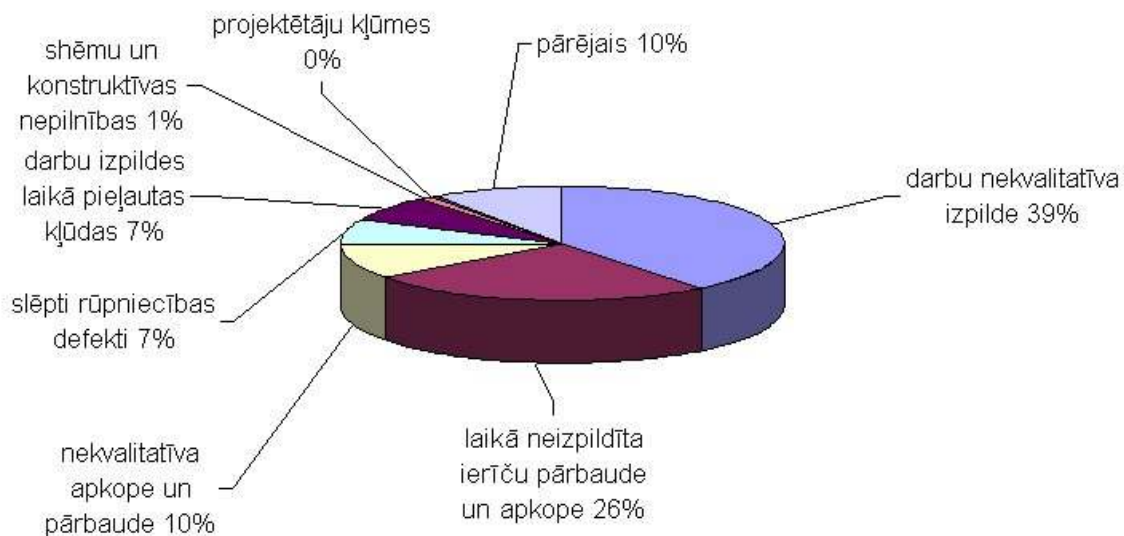
Izdalītas trīs pamatkonceptijas drošības nodrošināšanā: kombinatīvā, atgriezeniskā un pašdrošības. Katrai koncepcijai izsekotas mūsdienu tendences dzelzceļa automātikas sistēmu drošības nodrošināšanā ar dažāda veida monitoringa un diagnostikas sistēmām. Analizējot tendences, ir apskatīta dažādu autoru zinātniskā literatūra, dzelzceļa tematikas zinātnisko žurnālu raksti un Eiropas normas, kuru statuss pielīdzināts Latvijas Republikas standartiem. Atklāti mūsdienu monitoringa un diagnostikas sistēmu trūkumi, kas neļauj tām pilnvērtīgi strādāt. Apkopoti speciālistu, kuri strādā ar monitoringa un diagnostikas sistēmām, viedokļi un rekomendācijas šāda veida sistēmu darba uzlabošanai.

Nodaļā ir aplūkots plaši lietotais dzelzceļa transporta automātikas sistēmu drošības noteikšanas paņēmiens un norādīti tā trūkumi. Eksponenciāls varbūtības modelis, kuru tiek piedāvāts lietot šajā paņēmienā un uz tā bāzes pieņemtās drošības normas un iegūtie rezultāti dažos gadījumos var būt pretrunā ar faktiski iespējāmo. Nodoms par bezatteices darba laika eksponenciālu sadalījumu būtiski atvieglo matemātiskos aprēķinus, izstrādājot dažādus drošības varbūtības modeļus. Varbūtības teorijā šis likums ir zināms kā „likums bez atmiņas”, t.i., ja sistēma vēl nav atteikusi laika momentā, tad tās bezatteices darba sadalīšanās laiks tiek pieņemts tāds pats, kāds tas ir pilnīgi jaunas sistēmas ekspluatācijas sākuma laikā. Tāpēc, lietojot šo likumu, uzskata, ka laika intervāli starp bīstamiem atteikumiem neizmainīsies un būs viduvēji, pastāvīgi gan ekspluatācijas sākumā, gan arī pēc 5, 10 un 20 gadiem. Cits apstāklis ir saistīts ar laika starp bīstamiem atteikumiem eksponenciāla sadalījuma dispersiju.

Dispersija šajā gadījumā ir vienāda ar $1/\lambda_{bīst}^2$, tas nozīmē, ka vidējās kvadrātiskās novirzes,

kas vienāda ar vidēju darbu līdz bīstamam atteikumam (matemātisku cerību), ja statistisko datu apjoms ir mazāks par 100, pakāpe ir 10^6 stundas. Pie šādas izkliedes laika intervāli starp bīstamiem atteikumiem var būt vienādi ar nulli, bet var būt arī vienādi ar daudziem simtiem gadu. Statistiskā materiāla apjoma palielināšana, lietojot drošības eksponenciālu varbūtības modeli, būtiski nesamazina drošības novērtēšanas parametru kļūdas lielumu. Ievērojot minēto, AT sistēmu drošības rādītāju novērtēšanas ticamība, kas ir iegūta pēc eksponenciālā varbūtības modeļa, rāda noteiktas šaubas un tāpēc šī modeļa lietošana drošības rādītāju aprēķinam ir nelietderīga.

Pēc atteikumu statistikas analīzes ir konstatēts, ka mūsdienu tendences drošuma un drošības nodrošināšanā nav pilnīgas un notiek gan bīstami, gan nebīstami atteikumi. Izanalizēti dzelzceļa automātikas sistēmu atteikumu pamatiemesli, kuri joprojām pastāv lietojot mūsdienu pieejas to novēršanai. Dzelzceļa automātikas sistēmu atteikumu pamatiemesli uzskatāmāk parādīti 1. attēlā.



1. att. Atteikumu pamatiemesli

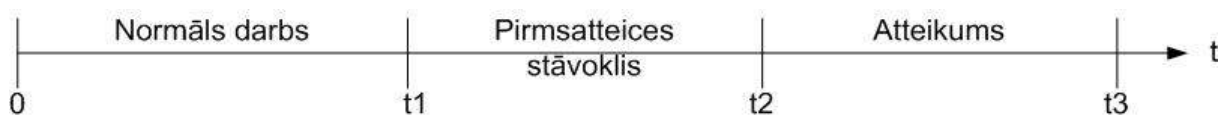
Nav pieļaujams arī tas, ka, piemēram, lokomotīvu automātiskās signalizācijas sistēmas apmēram puse atteikumu (45%) ir klasificēti kā "vienīgie" atteikumi (atteikumi, kuri patvaļīgi parādās un novēršas), un to iemesls paliek nenoskaidrots. Noskaidroti dzelzceļa automātikas sistēmu elementu atteikumu iemesli.

Nodaļas nobeigumā formulēts pētījuma mērķis, tā sasniegšanas risināmie uzdevumi, kā arī ir apkopoti secinājumi.

2.2. UNIFICĒTĀ PIEEJA MONITORINGA SISTĒMU UZBŪVĒ

Izveidota dzelzceļa automātikas sistēmu struktūra, kas sastāv no funkcionāliem blokiem. Funkcionālajos blokos koncentrēta visa automātikas sistēmu elementu daudzveidība. Tādējādi izveidotā struktūra ļaus piemērot piedāvātās elementu un apakšsistēmu monitoringa un diagnostikas metodes funkcionālajiem blokiem nevis katram elementam atsevišķi, kas atvieglos sasniegt izvirzīto mērķi. Analizētas dzelzceļa automātikas sistēmu pamatiespējas iespējamo izmaiņu ieviešanā, jo piedāvāto monitoringa un diagnostikas metožu realizācijai būs nepieciešams tos modificēt.

Viss elementu ekspluatācijas process sadalīts trijos ciklos, kā tas ir parādīts 2. attēlā: normāla darba cikls; pirmsatteikuma darba cikls; atteikuma cikls.



2. att. Elementu darbības cikli

2. attēlā ir parādīti šādi elementu darba cikli:

- $\Delta 1 (t_1 - 0)$ - elementa normāls darba laiks kopš tā ieviešanas ekspluatācijā, un kad elements precīzi izpilda savas funkcijas;
- $\Delta 2 (t_2 - t_1)$ - šajā laikā elements nav derīgs tālākai ekspluatācijai, toties dažu iemeslu dēļ atteikums var likvidēties patstāvīgi un elements var sākt precīzi pildīt savas funkcijas. Šis cikls var būt pavisam īss vai vispār neeksistēt. Tādēļ šajā gadījumā elements pāries no cikla $\Delta 1$ uz $\Delta 3$;
- $\Delta 3 (t_3 - t_2)$ - šajā laikā elements nav derīgs tālākai ekspluatācijai. Šis cikls beidzas, kad atteikumu izraisošo elementu beidz ekspluatēt.

Konstatēti dzelzceļa automātikas sistēmu elementu informatīvie parametri, ar kuru palīdzību ir iespējams noteikt atteikuma pietuvošanos (pirmsatteikuma stāvoklis) un tā iestāšanos, lietojot monitoringa un diagnostikas metodes.

Nodaļas beigās ir apkopoti secinājumi.

2.3. ATGRIEZENISKĀS DROŠĪBAS NODROŠINOŠO METOŽU IZSTRĀDĀŠANA

Nodaļas pamatmērķis ir atgriezeniskās drošības padziļināta pētīšana. Piedāvāti atrasto otrajā nodaļā informatīvo parametru monitoringa metodes. Ieviests jēdziens - dzelzceļa automātikas sistēmu pirmsatteikuma stāvoklis, ko iespējams konstatēt ar monitoringa un diagnostikas instrumentiem. Izstrādāts dzelzceļa automātikas sistēmu pirmsatteikuma stāvokļa atklāšanas algoritms ar piedāvātajām monitoringa metodēm. Izpētīts, kādā veidā var tikt automatizēta atteikumu un pirmsatteikumu stāvokļu lokalizācija, pamatojoties uz informatīvo parametru novirzīšanos ārpus pieņemtās normas.

Piedāvātas divās daļās sadalīto funkcionālo bloku, kas minēti otrajā nodaļā, elementu informatīvo parametru monitoringa un diagnostikas realizēšanas metodes.

Pirmā metožu daļa veltīta dzelzceļa automātikas sistēmu relejkontaktu blokiem. Šo metožu realizēšanai parādītas fizisko pieslēgumu vietas dzelzceļa automātikas sistēmu elementu bāzes informatīvo parametru nolasīšanai. Aprakstītas nolasīto informatīvo parametru apstrādāšanas metodes programmējamajos moduļos. Programmējamajos moduļos realizēta jauna dzelzceļa automātikas sistēmu bloku un apakšsistēmu darba monitoringa metode, kas pamatojas uz virtuālā "ideāli" strādājošā reāllaika modeļa. Aprakstīts virtuālā

modeļa darbs, kas nepārtraukti salīdzina sistēmas "ideālus" informatīvus parametrus ar reālajiem un atklāj reālo parametru novirzīšanos no "ideāliem".

Otrā metožu daļa virzīta uz informācijas pārraides un apstrādes ierīcēm, kas ietilpst dzelzceļa mikroprocesoru automātikas sistēmās. Šīm metodēm izstrādāti dažādi informatīvo parametru apstrādes paņēmieni, ieviešot programmu moduļus informācijas apstrādes ierīcēs. Piedāvāti programmu moduļi, kuru darbs pamatojas uz skaitļu teorijas summēšanas un reizināšanas teorēmām. Jebkādu bināru skaitli, kas piedalās kādā operācijā, var atspoguļot tā kā parādīts (1) izteiksmē:

$$X = K_{X/q} \cdot q + r_{X/q} \cdot q \quad (1)$$

kur: $K_{X/q}$ - X skaitļa dalījums ar moduli q ;
 $r_{X/q}$ - atlikums no X skaitļa dalījuma ar moduli q , kuru sauc par X skaitļa atlikumu pēc moduļa q .

Skaitļu teorijā ir pierādīts, ka kādas operācijas θ rezultāts ar pārveidojamo skaitļu atlikumiem ir salīdzināms ar θ operācijas rezultāta atlikumu, t.i. $r(r_{x_1} \theta r_{x_2}) \cong r(X_1 \theta X_2)$. Salīdzināšanas operācijas pēc moduļa q būtība ir šāda: jebkuri A un B skaitļi ir salīdzināmi pēc moduļa q , ja šo skaitļu dalīšanas atlikumi ar skaitli q arī sakrīt, t.i. $A \equiv B$, ja $r_{A/q} = r_{B/q}$.

Summēšanas teorēma skaitļu teorijā formulēta šādi:

„... Atlikums no operandu summas pēc moduļa q ir salīdzināms ar operandu atlikumu summu pēc šā paša moduļa” vai:

$$r_q(\sum_{i=1}^n X_i) \equiv r_q(\sum_{i=1}^n r_q(X_i)) \quad (2)$$

kur: X_i - summējami skaitļi;
 r_q - atlikuma aprēķināšanas operācija pēc moduļa q ;
 n - skaitļu skaits.

Reizināšanas teorēma skaitļu teorijā formulēta šādi:

„... Atlikums no operandu reizināšanas pēc moduļa q ir salīdzināms ar operandu atlikumu reizināšanu pēc šā paša moduļa” vai:

$$r_q(\prod_{i=1}^n X_i) \equiv r_q(\prod_{i=1}^n r_q(X_i)) \quad (3)$$

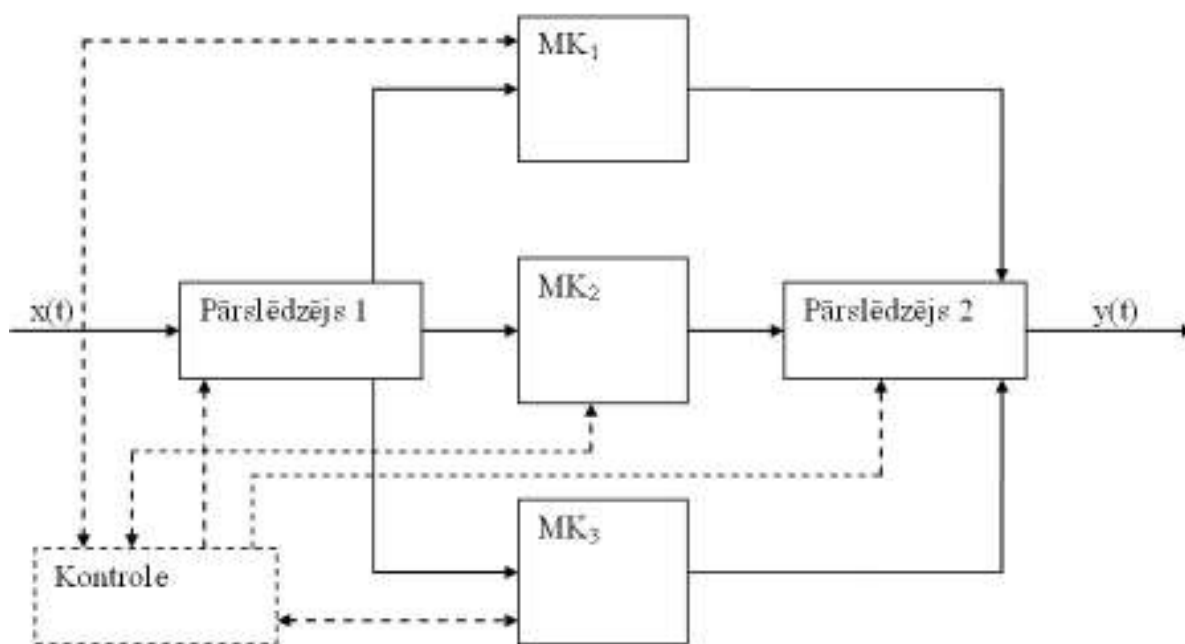
kur: X_i - savā starpā reizināmie skaitļi;
 r_q - atlikuma aprēķināšanas operācija pēc moduļa q .

Parādīts, kā, lietojot skaitļu teorijas teorēmas, ir iespējams kontrolēt gan mikroprocesoru elementu, tā arī to un sistēmas centrālo bloku savienojšo informācijas pārraides līniju pareizu darbu.

Nodaļas beigās ir apkopoti secinājumi.

2.4. KOMBINATĪVĀS DROŠĪBAS NODROŠINOŠO METOŽU IZSTRĀDĀŠANA

Nodaļas uzdevums ir kombinatīvās drošības detalizētāka pētīšana. Kombinatīvo drošību piedāvāts realizēt mikroprocesoru sistēmās, lietojot atteikumnoturīgu bloku, kura struktūra parādīta 3. attēlā.

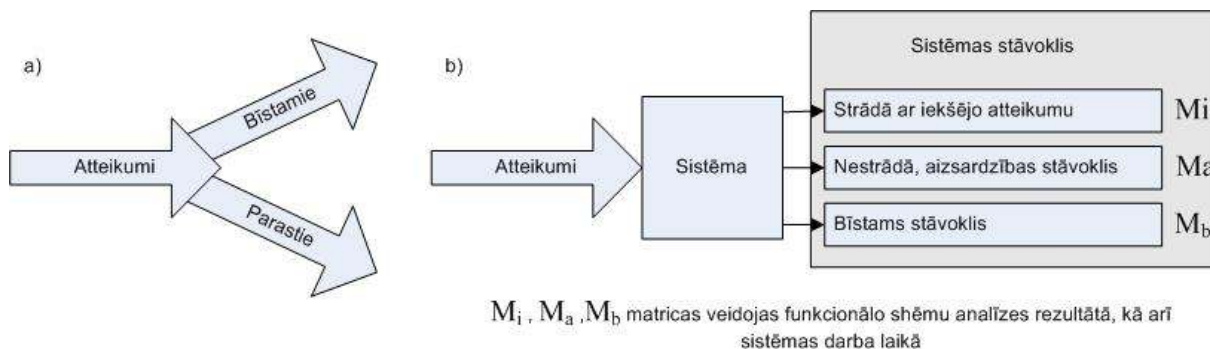


3. att. Atteikumnoturīgā bloka struktūra

Monitoringu var realizēt, lietojot pamatbloku dažādas pakāpes rezervēšanu. Apskatīta dažādas pakāpes noslogota un atvieglota veida rezervēšanas lietošana.

Rezervējamais un rezerves bloks veido vienu veselu bloku. Lietojot rezervēšanu, blokā rodas tā funkcionēšanas pirmsatteikuma cikls. Šajā ciklā pamatelements tiek izolēts sistēmā, bet tā funkcijas turpina pildīt rezerves elements.

AT sistēmu bīstamā stāvokļa cēloņu analīzei autors piedāvā veikt AT sistēmu sastāvošo elementu darba detalizētu novērtēšanu. Elementu darba novērtējumam tiek piedāvāta jauna pieeja, kas pamatojas uz „bīstamā” elementa koncepcijas. Šāda pieeja atšķiras no drošības novērtēšanas vispāratzītās metodes, kas piedāvā dalīt kopējo atteikumu plūsmu bīstamos un nebīstamos atteikumos. Detalizētāka šīs koncepcijas atšķirība no vispāratzītās ir parādīta 4. attēlā.



4. att. Atteikumu koncepcijas: a) vispārpieņemtā; b) autora piedāvātā

Par drošības rādītājiem tiek lietoti rādītāji, kuri ir identiski drošības teorijā lietojamiem rādītājiem. Bīstamo atteikumu plūsmas zināmiem parametriem šis modelis ļauj aprēķināt šādus drošības pamatrādītājus: drošā darba varbūtību - $P_d(t) = e^{-\lambda_b(t)}$ (kur λ_b - elementa, kura atteikums ir bīstams sistēmai, atteikumu intensitāte), bīstamā atteikuma varbūtība - $Q_b(t) = 1 - P_d(t)$, vidējais laiks līdz bīstamajam atteikumam - $T_b = \frac{1}{\lambda_b}$ (sistēmas vidējā darba laika līdz pirmajam atteikumam matemātiskā cerība); drošības koeficients, kas nosaka sistēmas atrašanos darbderīgā vai aizsargātā stāvokļa varbūtību patvaļīgā laika momentā - $K_d = \frac{T_{bist}}{T_{bist} + T_{atj}}$, vai $K_d = \frac{\mu}{\lambda_{bist} + \mu}$ (kur T_{atj} - elementa atjaunošanas vidējais laiks; λ_{bist} - bīstamo atteikumu plūsmas intensitāte; T_{bist} - elementa, kura atteikums ir bīstams sistēmai, vidējais darba laiks līdz atteikumam).

Sistēmas elements – tā ir tās nedalāmā daļa, kuras atteikuma gadījumā sistēma var pāriet vienā no iespējamiem stāvokļiem - darbspējīgā, nedarbspējīgā, aizsardzības un bīstamā. Kopējā atteikumu plūsma analizējamā sistēmā netiek dalīta divās atsevišķās plūsmās. Visi sistēmas elementu atteikumi tiek uzskatīti par viendabīgiem, kuri izraisa elementa pāreju nedarbderīgā stāvoklī. Atteikumu plūsmas intensitāte raksturo elementa drošumu un informāciju par atteikumu plūsmas intensitāti vai citu informāciju par elementa drošumu, parasti atspoguļo elementu pasēs. Lietojot šādu pieeju, visu AT sistēmu elementu kopu,

atkarībā no elementa atteikuma ietekmes uz sistēmas drošību, var iedalīt atsevišķās apakškopās: M_n – elementu apakškopa, kurā kaut viena elementa atteikums izraisa sistēmas nedarbderīgu, bet darbspējīgu stāvokli; M_a - elementu apakškopa, kurā kaut viena elementa atteikums izraisa sistēmas aizsardzības stāvokli; M_b - elementu apakškopa, kurā kaut viena elementa atteikums izraisa sistēmas bīstamu stāvokli. Iedalīt automātikas sistēmas elementus atsevišķās grupās, atkarībā no to iedarbes uz sistēmas stāvokli, var sistēmas funkcionālo shēmu un funkcionēšanas algoritmu analīzes ceļā.

Darba procesā sistēma ar kopējo elementu daudzumu $N = n_n + n_a + n_b$, kur n_n , n_a , n_b , tas ir elementu skaits M_n , M_a , M_b apakškopās, var atrasties vienā no šādiem stāvokļiem: S_0 – sistēmas darbderīgs stāvoklis, kad sistēmas visi N elementi pilnā apjomā izpilda savas funkcijas; S_1 – nedarbderīgs, bet darbspējīgs stāvoklis, kad daži M_n apakškopas elementi atteikuši, tomēr šo elementu atteikuma dēļ sistēma turpina pildīt savus uzdevumus; S_2 – aizsardzības stāvoklis, kurā sistēma pāriet M_a apakškopas vienam elementa atsakoties; S_3 – bīstams stāvoklis, kurā sistēma pāriet vienam M_b apakškopas elementa atsakoties. Atteikumu plūsmas intensitātes M_n , M_a , M_b apakškopu elementos ir λ_n , λ_a , λ_b masīvi ar λ_{ni} , λ_{aj} , λ_{bk} elementiem, kur $i = 1, 2, \dots, n_n$, $j = 1, 2, \dots, n_a$, $k = 1, 2, \dots, n_b$. Parādoties atteikumam M_n , M_a , M_b apakškopu elementos, to atjaunošanu veic tehniskais personāls. M_n , M_a , M_b apakškopu elementu atjaunošanās plūsmu intensitātes ir μ_n , μ_a , μ_b masīvi ar μ_{ni} , μ_{aj} , μ_{bk} , kur $i = 1, 2, \dots, n_n$; $j = 1, 2, \dots, n_a$, $\kappa = 1, 2, \dots, n_b$ elementiem.

Apskatāmie plūsmas procesi ir Markova procesi, kuros atteikumu un atjaunošanas plūsmas var būt atspoguļotas ar varbūtības sadalīšanās likumu, kas ir pazīstams kā Puasona sadalījums. Ievērojot šo apstākli, ir nepieciešams izstrādāt sistēmas Markova modeli.

Ja ir dota N nerezervēto elementu kopa, kas tiek iedalīta M_n , M_a , M_b apakškopās jebkurā laikā sistēma var atrasties vienā no iespējamiem S_0 , S_1 , S_2 , S_3 stabiliem stāvokļiem. Sistēmas stāvokļu izmainīšanās notiek M_n , M_a , M_b apakškopu elementu summārā atteikumu un atjaunošanas plūsmas iedarbībā.

Summārās atteikumu plūsmas definē ar šādām izteiksmēm:

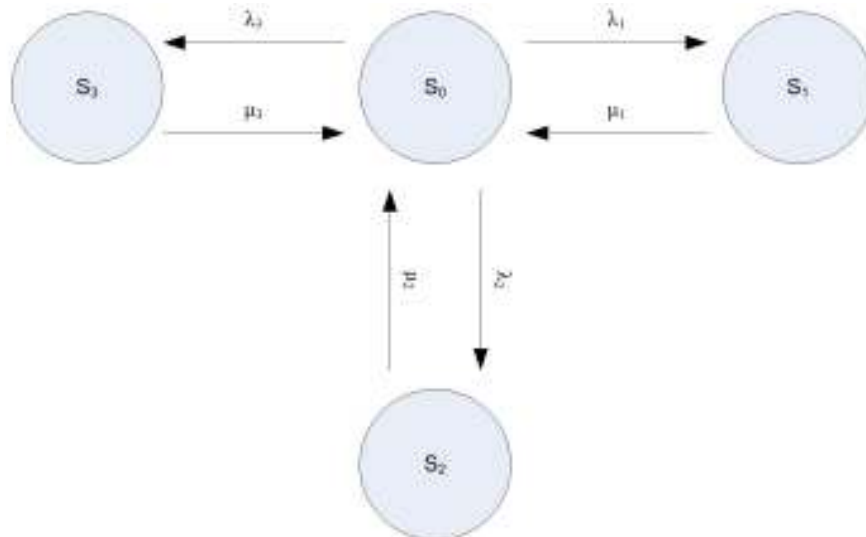
$$\lambda_1 = \sum_{i=1}^{n_n} \lambda_{ni}, \quad \lambda_2 = \sum_{j=1}^{n_a} \lambda_{aj}, \quad \lambda_3 = \sum_{k=1}^{n_b} \lambda_{bk}, \quad \text{kur } \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3 - \text{attiecīgu } M_n, M_a, M_b \text{ apakškopu}$$

elementu summārā atteikumu plūsmu intensitāte.

M_n , M_a , M_b apakškopu elementu atjaunošanas intensitāšu vidējās vērtības definē ar šādām izteiksmēm:

$$\mu_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n_n} \mu_{ni}}{n_n}, \mu_2 = \frac{\sum_{j=1}^{n_a} \mu_{aj}}{n_a}, \mu_3 = \frac{\sum_{k=1}^{n_b} \mu_{bk}}{n_b}, \text{ kur } \mu_{ni} = \frac{1}{T_{ni}}, \mu_{aj} = \frac{1}{T_{aj}}, \mu_{bk} = \frac{1}{T_{bk}}, \text{ kur}$$

T_{ni}, T_{aj}, T_{bk} – attiecīgu M_n, M_a, M_b apakškopu atteikto elementu vidējās atjaunošanas laika vērtības. Apskatāmās sistēmas stāvokļu grāfs ir parādīts 5. attēlā.



5. att. Sistēmas stāvokļu grafs

Pēc sistēmas stāvokļu grafa 5. attēlā tiek sastādīta Kolmogorova diferenciālvienādojumu sistēma (4):

$$\begin{cases} \frac{dP_0}{dt} = \mu_1 P_1 + \mu_2 P_2 + \mu_3 P_3 - P_0 (\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3) \\ \frac{dP_1}{dt} = \lambda_1 P_0 - \mu_1 P_1 \\ \frac{dP_2}{dt} = \lambda_2 P_0 - \mu_2 P_2 \\ \frac{dP_3}{dt} = \lambda_3 P_0 - \mu_3 P_3 \end{cases} \quad (4)$$

Risinot šo sistēmu ar sākuma nosacījumiem $P_0(t=0) = 1, P_1(t=0) = 0, P_2(t=0) = 0, P_3(t=0) = 0$, tiek atrastas S_0, S_1, S_2, S_3 stāvokļu varbūtības P_i kā laika funkcijas.

Sistēmas ekspluatācijas procesā, kad $t \rightarrow \infty$, $P_0(t)$, $P_1(t)$, $P_2(t)$, $P_3(t)$ varbūtību vērtības centīsies uz malējiem stacionāriem stāvokļiem. Šādi AT sistēmu stāvokļi eksistē, jo sistēmas stāvokļu skaits ir galīgs un no katra šāda stāvokļa sistēma var pāriet jebkurā citā.

S_0, S_1, S_2, S_3 stāvokļu galīgo varbūtību vērtības var iegūt, risinot (4) sistēmu. P_0, P_1, P_2, P_3 varbūtību galīgās vērtības raksturo vidējos sistēmas relatīvos laikus attiecīgos S_0, S_1, S_2, S_3 stāvokļos.

Pēc (4) vienādojumu sistēmas risināšanas rezultātiem ir noteikti šādi drošības rādītāji: P_b – sistēmas bīstamā stāvokļa varbūtība, kas vienāda ar P_3 ; sistēmas drošības koeficients $K_d = 1 - P_3$; sistēmas nedarbspējīga, bet darbderīga stāvokļa varbūtība P_1 ; sistēmas nedarbspējīga, nedarbderīga, bet aizsardzības stāvokļa varbūtība P_2 .

Attiecīgi kombinatīvās drošības lietojums jānovirza uz to elementu rezervēšanu, kuru atteikums izraisa sistēmas bīstamo stāvokli, t.i., jārezervē tikai M_b apakškopas elementi.

Nodaļas beigās ir apkopoti secinājumi.

2.5. PAŠDROŠĪBAS PAAUGSTINOŠO METOŽU IZSTRĀDĀŠANA, OPTIMIZĒJOT TEHNISKĀS APKALPOŠANAS STRATĒGIJU

Nodaļas pamatuzdevums ir pašdrošības nodrošināšana lietojot sistēmu tehnoloģisko apkalpošanu, kas tās uztur darbderīgā stāvoklī. Apskatītas trīs dzelzceļa automātikas sistēmu izplatītas apkalpošanas stratēģijas – plānotā, statistiski profilaktiskā un atjaunošanas stratēģija. Izklāstā apkalpošanas posmsecīgums norāda stratēģiju pamatvērtības un pamattrūkumus. Apkalpošanas stratēģijas apskatītas divām sistēmu struktūrām, t.i., vienkāršām sistēmām, kurās ietilpst viena veida ierīces un sarežģītām sistēmām, kurās ietilpst dažāda veida ierīces.

Darba apjoms $Q_i(t)$ profilaktiskām tehniskās apkalpošanas stratēģijām noteiktam objektam i laikā t tiek noteikts ar noteikto operāciju daudzumu un darbietilpīgumu, to periodiskumu un to izsaka ar formulu (5) [39]:

$$Q_i(t) = \sum_{j=1}^k \frac{\tau_{rj} t}{t_{rj}} + \sum_{c=1}^v \tau_{PD} + \tau_{vid.a.i} m_i + \tau_{KPI} n_i, \quad (5)$$

kur: $\left| \begin{array}{ll} \tau_{rj} & - \text{viena reglamenta darba RD izpildes normētais laiks;} \\ k & - \text{izpildāmo RD skaits;} \end{array} \right.$

t_{rj}	- j -tā RD periodiskums;
τ_{PD}	- c -tā papildus darba PD izpildīšanas normētais laiks pēc drošuma paaugstināšanas plāna, kurā ir ν darbu;
$\tau_{vid.a.i}$	- i -tā objekta atjaunošanas darbu vidējās izmaksas pēc atteikuma;
m_i	- vidējais atteikumu skaits laika periodā t ;
τ_{KPi}	- darba izmaksas, veicot objekta i komplekso ierīču pārbaudi KP;
n_i	- KP daudzums laikā t .

Tehniskā personāla darba patēriņa analīze rāda, ka reglamenta darbu izpildei, lietojot šādu stratēģiju tiek patērēts līdz 80% summārā laika. Tāpēc tehniskās apkalpošanas pasākumu optimizācijai jāoptimizē un jāsaīsina reglamenta darbu apjoms. Tātad pēc (5) formulas darba apjomu var samazināt šādi:

- samazinot profilaktisko darbu detalizētumu, t.i. reglamenta darba kopskaitu j ;
- paaugstinot reglamenta darbu periodiskumu t_{rj} ;
- samazinot atsevišķu operāciju darbietilpību τ_{rj} pateicoties to izpildīšanas tehnoloģijas uzlabošanai.

Parasti ir pieņemts, ka remonta vai profilaktiskā darba veikšana pilnībā atjauno elementu kam tas tika veltīts.

Sistēmu apkalpošanas optimizācijas pētījumā par galveno izvēlēts reglamenta darbu veikšanas periods τ_0 .

Ir veikta katras stratēģijas apkalpošanas perioda optimizācija pēc četriem kritērijiem, tas ir: pēc sistēmas gatavības koeficienta K_g , pēc sistēmas operatīvās gatavības koeficienta $R(t)$, pēc vidējām izmaksām sistēmas darba laikā C_s un pēc apkalpojamās sistēmas vidējās īpatnējās peļņas laika vienībā C .

Katras stratēģijas apkalpošanas optimālā perioda atrašanai ir izmantoti katra minēta kritērija modeļi. Šajos modeļos lietoti šādi sākuma dati:

T_p	- plānotā profilaktiskā darba veikšanas vidējais ilgums;
T_a	- avārijas remonta veikšanas vidējais ilgums;
$F(\tau)$	- sistēmas darba laika sadalīšanas funkcija līdz atteikumam;
$\lambda(\tau)$	- sistēmas atteikumu intensitāte;
$P(x)$	- sistēmas bezatteices darba laika funkcija;

- $f(x)$ - sistēmas darba laika blīvuma funkcija līdz atteikumam.
- t_0 - sistēmas darba operatīvais laiks, kas ir nepieciešams uzdevuma izpildīšanai.
- c_0 - iegūstamā peļņa no sistēmas bezatteices darba laika vienībā;
- c_p - zudumi laika vienībā, veicot plānoto profilaktisko darbu;
- c_s - zudumi laika vienībā, ja sistēmā ir slēpts atteikums;
- c_a - zudumi laika vienībā, veicot avārijas remontu.
- t_s - slēptā atteikuma vidējais atklāšanas laiks.

Zemāk ir iedots modelis (6) apkalpošanas optimālā perioda atrašanai pēc sistēmas vidējo summāro izdevumu koeficienta:

$$\begin{aligned} \frac{c_0 + c_p T_p}{(c_0 + c_s)(T_a - T_p)} = & -F(\tau) + \lambda(\tau) \int_0^{\tau} P(x) dx + \frac{\int_0^{\tau} x f(x) dx}{(T_a - T_p) P(\tau)} + \\ & + \frac{(c_s - c_p) T_a F(\tau)}{(c_0 + c_s)(T_a - T_p) P(\tau)} + \\ & + \lambda(\tau) \frac{T_a T_p (c_a - c_p) + \tau T_a (c_a - c_s) + T_p (c_s - c_p)}{(c_0 + c_s)(T_a - T_p)(c_0 + c_s)(T_a - T_p)}, \end{aligned} \quad (6)$$

Ievietojot vienādojumā (6) atrasto τ_0 sakni izteiksmē (7), var aprēķināt C vērtību optimālajā profilaktiskā darba periodā [11]:

$$C(\tau_0) = \frac{c_0 P(\tau_0) - c_s F(\tau_0) - (c_a T_a - c_p T_p) f(\tau_0)}{1 + (T_a - T_p) f(\tau_0)}, \quad (7)$$

Ir piedāvātas divas aprēķinu metodes, demonstrējot piemērus katrai sistēmas struktūrai pēc katra optimizācijas kritērija, tas ir, ar Ņūtona – Rafsona metodi un ar matemātiskās programmas MthCAD given-find metodi. Ir veikta ideālās tehniskās apkalpošanas stratēģijas meklēšana. Konstatēts, ka ideālai tehniskās apkalpošanas stratēģijai ir nepieciešami dzelzceļa automātikas sistēmu elementu papildu monitoringa un diagnostikas instrumenti.

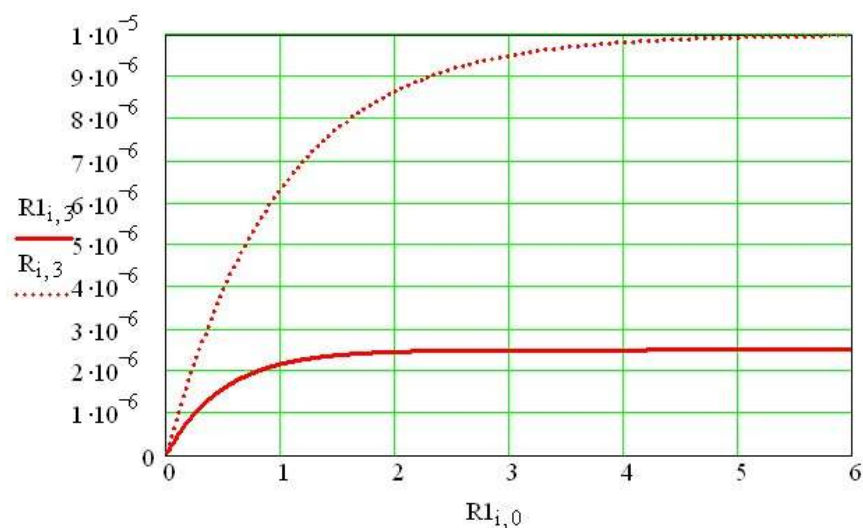
Ar statistisko izmēģinājumu metodi ir parādīts, kā atteikumu intensitāte, kas ir vidējais lielums un katram elementam tas variējas, ietekmē statistiski profilaktiskās un profilaktiskās tehniskās apkalpošanas stratēģijas efektivitāti. Ir izklāstīts, ka drošāku elementu ar mazāku atteikumu intensitāti lietošana AT sistēmās ietekmē tehniskās apkalpošanas stratēģijas rādītāju uzlabošanu.

Nodaļas beigās ir apkopoti secinājumi.

2.6. DZELZCEĻA AUTOMĀTIKAS SISTĒMU DROŠUMNOTURĪBAS UN DROŠUMA NOVĒRTĒŠANA

Iepriekšējās nodaļās piedāvātajām dzelzceļa automātikas sistēmu drošuma un drošības paaugstināšanas metodēm autors ir izvēlējis novērtēšanas kritērijus.

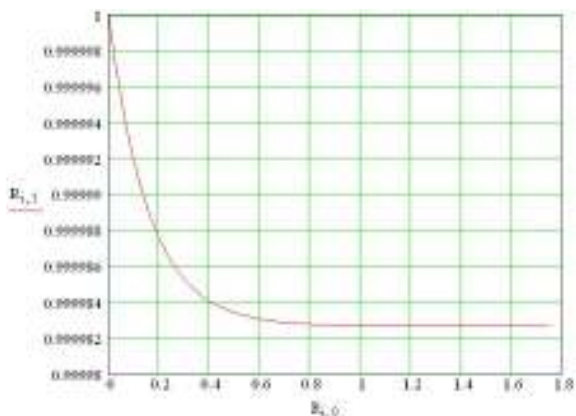
Ir veikts dzelzceļa automātikas mikroprocesoru un releju sistēmu drošības novērtējums ar informatīvo parametru monitoringa un diagnostikas metožu, kas nodrošina atgriezenisko drošību, lietošanu. Izveidotie novērtēšanas modeļi ļauj novērtēt automātikas mikroprocesoru un releju sistēmu drošību ar piedāvātiem informatīvo parametru monitoringa un diagnostikas metodēm un bez tām. 6. attēlā grafikā ir redzams, kāds bija pētāmas releju sistēmas drošības koeficients sākumā (nepārtraukta līnija) un kāds viņš kļuva (raustīta līnija) sistēmai ar piedāvātiem informatīvo parametru monitoringa un diagnostikas metodēm.



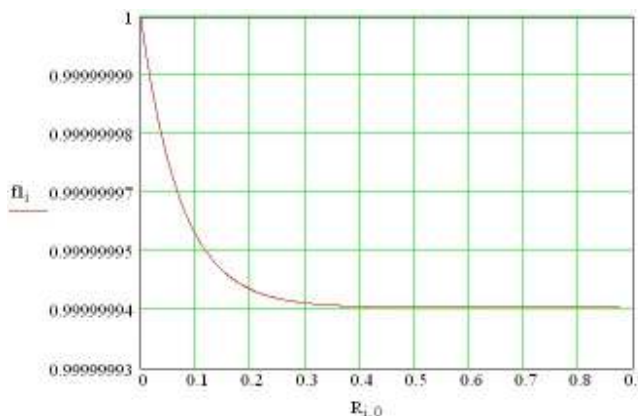
6. att. Pētāmas sistēmas drošības koeficienti

Līdzīgs novērtējums ir arī veikts automātikas mikroprocesoru sistēmai.

Novērtēts gan noslogotās, gan nenoslogotās dažādas pakāpes rezervēšanas lietojums. Apskatītie dažādās pakāpes rezervēšanas veidi ir arī savstarpēji salīdzināti. Ir izveidoti dažādi novērtēšanas modeļi, kas ļauj novērtēt pētāmas sistēmas parametrus ar lietotām kombinatīvu drošību nodrošinošām metodēm un bez tām. Tā piemēram, 7. attēla grafiks atspoguļo pētāmās sistēmas drošības koeficientu un 8. attēla grafiks atspoguļo pētāmās sistēmas drošības koeficientu lietojot tajā noslogotu otrās pakāpes rezervēšanu.



7. att. Pētāmās sistēmas drošības koeficients



8. att. Pētāmās sistēmas drošības koeficients lietojot tajā noslogotu otrās pakāpes rezervēšanu

Minētie novērtēšanas modeļi ļauj novērtēt arī pētāmās sistēmas tādus būtiskus parametrus kā vidējo bezatteices darba laiku līdz atteikumam un atrašanas varbūtību kādā noteiktajā stāvoklī (piemērām ir šādi stāvokļi: kad visi sistēmas bloki normāli funkcionē; kad sistēmā ir bīstams atteikums un citi.).

Noskaidrota dzelzceļa automātikas sistēmu visu elementu rezervēšanas nepieciešamība ko ļauj darīt piedāvātā "bīstamā" elementa koncepcija. Nodaļai ir apkopoti secinājumi.

3. DARBA SECINĀJUMI

1. Formulētas Eiropas normas CENELEC EN 50129 drošības nodrošināšanas normatīvo prasību realizācijas trīs koncepcijas: kombinatīvā, atgriezeniskā un pašdrošība.
2. Izmantojot Latvijas dzelzceļa atteikumu statistiskos datus, ir veikta automātikas sistēmu atteikumu iemeslu klasifikācija.
3. Ir izstrādāta informatīvo parametru vākšanas metodika diagnostikas un prognozēšanas sistēmām.
4. Pamatojoties uz skaitļu teorijas teorēmām, ir piedāvāta mikroprocesoru sistēmu atgriezeniskās drošības realizācija, kuras pamatā ir informācijas apstrādes un pārraides ierīču tehniskā stāvokļa diagnostika.
5. Atgriezeniskās drošības koncepcijas ietvaros ir piedāvāta elementu tehniskā stāvokļa monitoringa struktūra releju sistēmām. Šī struktūra satur speciālu kontrolējamo objektu pirmsatteikuma stāvokļa izsekošanas diagnostikas bloku, kas salīdzina elementu un sistēmas reālu stāvokli ar „ideālu” stāvokli.

6. Releju sistēmām ir izstrādāti shematiskie risinājumi informatīvo parametru nolasīšanai un apstrādāšanai atgriezeniskās drošības nodrošinošā monitoringa modulī.
7. Elementu, kuram neapšaubāmi piemīt drošuma īpašības, pašdrošības nodrošināšanai ir veikts esošo tehniskās apkalpošanas sistēmu pētījums un ir piedāvāta to tehniskās apkalpošanas optimālā stratēģija. Izstrādāto pašdrošības nodrošinošo metožu novērtējums veikts ar MathCAD rīku skaitliskām metodēm.
8. Atjaunošanas apkalpošanas stratēģija ir īpaši izdevīga no ekonomiskā viedokļa. Statistiski profilaktiskā automātikas sistēmu apkalpošanas stratēģija dod darbderīga darba varbūtības labākus rādītājus, salīdzinot ar citām stratēģijām.
9. Pamatojoties uz masveida apkalpošanas teoriju, atgriezeniskās drošības novērtēšanai ir piedāvāti Markova modeļi.
10. Lietojot piedāvātās atgriezeniskās drošības nodrošinošās metodes ar pētāmās sistēmas darba kontroles moduli, atteikuma varbūtība samazinās 1,9 reizes, bet nebīstama un bīstama atteikuma varbūtība samazinās 4 reizes.
11. Lietojot atgriezeniskās drošības nodrošinošās metodes, kas pamatojas uz skaitļu teorijas teorēmām, sistēmas gatavības koeficients palielinās 1,5 reizes.
12. Atgriezeniskās drošības nodrošinošās metodes neietekmē pētāmo sistēmu vidējo darba laiku līdz atteikumam, jo piedāvātās metodes nepalielina AT sistēmu sastāvā elementu pašdrošumu.
13. Ir formulēta jauna pieeja kombinatīvās drošības nodrošinošu metožu novērtēšanai.
14. Izstrādāti trīs Markova kombinatīvās drošības novērtēšanas modeļi: noslogota, nenoslogota un daļēji noslogota veida rezervēšanas novērtēšanai.
15. Izpētītas mikrokontrollera rezervēšanas shēmas, kad tās apkalpo remonta brigāde. Pēc pētījuma rezultātiem var secināt, ka to drošības koeficienti savstarpēji ļoti maz atšķiras shēmām ar dažādu mikrokontrollera rezervēšanas pakāpi.
16. Visefektīvāk, no drošības paaugstināšanas viedokļa, ir rezervēt visus „bīstamos” AT sistēmu elementus. Visu „bīstamo” AT sistēmu elementu rezervēšanas metode nodrošina drošības koeficientu, kas ir 1,18 reizes lielāks, salīdzinot ar īpaši „bīstamu” elementu rezervēšanas metodi.

4. IZMANTOTĀS LITERATŪRAS SARAKSTS

- [1] –С.А.Аверкиев «Современные системы и устройства автоматики и телемеханики». Автоматика, связь, информатика, 06-2008. стр. 10;
- [2] – В.М.Кайнов «Надёжная работа устройств ЖАТ – первостепенная задача». Автоматика, связь, информатика, 04-2008. стр. 4;
- [3] – Е.А.Гоман и др. «Автоматизация технического обслуживания устройств СЦБ». Автоматика, связь, информатика, 04-2008. стр. 22;
- [4] – Н.Алексеева. «Система отыщет проблему». Гудок, 14.12.2007, стр.5.;
- [5] – Е.А.Москвина «Диагностика и мониторинг на октябрьской дороге», Автоматика, связь, информатика, 01-2008. стр. 32;
- [6] – Э.Загидулин. «Отечественные инновации». Гудок, 02.04.2008, стр.3.;
- [7] – Н.Н.Балуев «Совершенствование технического обслуживания МПЦ». Автоматика, связь, информатика, 12-2007. стр. 5;
- [8] – А.Маточкин, Б.Завоеванный «Сигнализация целостности кабельных линий связи». Автоматика, связь, информатика, 06-2008. стр. 45;
- [9] – А.Н.Бугаевский «Мониторинг кабельных линий с использованием современных ЦСП». Автоматика, связь, информатика, 05-2008. стр. 28;
- [10] – Ю.В. Картошкин «Система мониторинга ВОЛС». Автоматика, связь, информатика, 03-2008. стр. 20;
- [11] – Б. А. Козлов, И. А. Ушаков. «Справочник по расчёту надёжности». Издательство «Советское радио». 1975 г. 472 стр.;
- [12] – Вл. В.Сапожников. "Сертификация и доказательство безопасности систем железнодорожной автоматики". Транспорт, 1997.;
- [13] - Standarts LVS EN 50125-1:2002 "Railway applications. Environmental conditions for equipment – Part 1: Equipment on board rolling stock";
- [14] - Standarts LVS EN 50125-2:2003 "Railway applications – Environmental conditions for equipment – Part 2: Fixed electrical installations";
- [15] - Standarts LVS EN 50125-3:2003 "Railway applications – Environmental conditions for equipment – Part 3: Equipment for signalling and telecommunications";
- [16] – Standarts EN 62061 "Safety of machinery, Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems"
- [17] – Standarts EN61508 "Functional safety of safety-related electrical/electronic/programmable electronic systems";

- [18] – Standarts EN62061 "Safety of machinery - Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems";
- [19] – Standarts LVS EN 50126: 2002 „Railway applications. The specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS)”;
- [20] – Standarts LVS EN 50128:2002 "Telecommunications, signalling and processing systems – Software for railway control and protection systems";
- [21] – Standarts LVS EN 50129:2003 "Railway applications – telecommunications, signalling and processing systems – Safety related electronic equipment for signalling";
- [22] – Standarts LVS EN 50159-1:2002 „Railway applications. Communication, signalling and processing systems. Part. 1: Safety-related communication in closed transmission systems”;
- [23] – Standarts LVS EN 50159-2:2002 „Railway applications. Communication, signalling and processing systems. Part. 2: Safety related communication in open transmission systems”;
- [24] - B. Pernikis, R. Jagudins, "Dzelzceļa automātikas un telemehānikas ierīču profilakse un bojājumu novēršana". "Latvijas dzelzceļš". 1997.g. 216 lpp.;
- [25] – Перникис Б.Д., Ягудин Р.Ш. "Поиск и устранение неисправностей в рельсовых цепях". Автоматика, телемеханика и связь. 1974. Nr. 7, 26-29 стр.;
- [26] - Перникис Б.Д., Ягудин Р.Ш. "Предупреждение и устранение неисправностей в устройствах СЦБ". Транспорт, 1994, 224 стр.;
- [27] - Перникис Б.Д., "Построение и применение информационных диаграмм для отыскания неисправностей в системах железнодорожной автоматики и телемеханики". Автоматика, телемеханика и связь. 1968. Nr. 3, 17-20 стр.;
- [28] - Перникис Б.Д., Ягудин Р.Ш. "Поиск и устранение неисправностей в устройствах СЦБ". Транспорт, 1977, 160 стр.;
- [29] - Материалы международного семинара «Испытание систем железнодорожной автоматики и телемеханики на безопасность и электромагнитную совместимость». Гомель, 2003.
- [30] - Сапожников В.В. Сапожников Вл.В. Христов Хр. „Методы построения микроэлектронных систем железнодорожной автоматика и телемеханики”. М.: Транспорт, 1995.
- [31] - Швалов Д. В. „Автоматизированная система определения технического состояния устройств электрической централизации”. Ростов н/Д, 2001.

- [32] - Х. Христов. „О теоретической модели безопасности систем железнодорожной автоматика и телемеханики, вырабатывающих свой ресурс”. Гомель, 2001.
- [33] – Вл. В.Сапожников „Сертификация и доказательство безопасности систем железнодорожной автоматики”. Транспорт, 1997.
- [34] - Б. Д. ПЕРНИКИС, А. П. БУЛАТОВ, «РЕАЛИЗАЦИЯ НОРМАТИВНЫХ ТРЕБОВАНИЙ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ ЛАТВИИ» ВТОРОЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ СЕМИНАР «ИСПЫТАНИЯ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ НА БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНУЮ СОВМЕСТИМОСТЬ», г. Гомель, БелГУТ, 2003.
- [35] – Р.Ш. Ягудин. «Надёжность устройств железнодорожной автоматики и телемеханики». Транспорт. 1989.g. 159 стр.;
- [36] – В.В. Сапожников, Вл.В. Сапожников, В.И. Шаманов «Надёжность систем железнодорожной автоматики телемеханики и связи». Маршрут. 2003 г. 263 стр.;
- [37] –М.В. ДОЛГОВ, А.А. ВЕСЕЛОВ, В.О. БОРОДУЛЯ “Мониторинг технического состояния устройств ЖАТ”, «ТРАНСПОРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ» № 5 2006;
- [38] – В. М. Лисенков. «Безопасность технических средств в системах управления движением поездов». Издательство «Транспорт». 1992 г. 192 стр.;
- [39] – А. И. Брейдо, Н. К. Анисимов. «Организация, планирование и управление в хозяйстве сигнализации и связи». Издательство «Транспорт». 1989 г. 247 стр.;
- [40] – В. В. Бардов, «Автоматизированные системы контроля и управления с цифровыми вычислительными машинами». Издательство «Министерство обороны СССР». 1978 г. 168 стр.;
- [41] –
- [42] – Министерство путей сообщения Российской Федерации. "Устройства СЦБ. Технология обслуживания.". Издательство "Транспорт". 1999 г. 433 стр.;
- [43] – В. Д. Бубнов, В. С. Дмитриев. "Устройства СЦБ. Их монтаж и обслуживание.". Издательство "Транспорт". 1989 г. 366 стр.;
- [44] – Valsts akciju sabiedrība "Latvijas dzelzceļš" Infrastruktūras pārvalde. "Signalizācijas, centralizācijas un bloķēšanas ierīču tehniskās apkopes instrukcija TA-02-2006". 2006.g. 69 lpp.;
- [45] - Valsts akciju sabiedrība "Latvijas dzelzceļš". "SCB ierīču tehniskās apkopes normas". 2000.g. 40 lpp.;

- [46] - Valsts akciju sabiedrība "Latvijas dzelzceļš". "Signalizācijas, centralizācijas un bloķēšanas (SCB) ierīču apkopes tehniskās kartes TA-15-2005". 2005.g. 417 lpp.;
- [47] - Valsts akciju sabiedrība "Latvijas dzelzceļš". "Krievu-latviešu dzelzceļa terminu vārdnīca. 1. izdevums", 1998. g. 442 lpp.;
- [48] – "Труды. V международная научно-практическая конференция ". Федеральное агентство железнодорожного транспорта. Московский государственный университет путей сообщения (МИИТ). Trans-Mech-Art-Chem". 2008 г. 299 стр.;
- [49] – Latvijas Republikas Ministru kabinets. "Dzelzceļa tehniskās ekspluatācijas noteikumi". 1999. g. 93 lpp.;
- [50] - Latvijas Republikas Satiksmes ministrija. Valsts akciju sabiedrība "Latvijas dzelzceļš". "Instrukcija par vilcienu kustības drošību, veicot SCB (signalizācijas, centralizācijas, bloķēšanas) ierīču tehniskās apkopes un remonta darbus. TA-01-2004". 2004.g. 131 lpp.;
- [51] – А.С.Переборов, О.К.Дрейман, Л.Ф.Кондратенко. "Диспетчерская централизация". Издательство "Транспорт". 1989 г. 303 стр.;
- [52] - Valsts akciju sabiedrība "Latvijas dzelzceļš" Infrastruktūras pārvalde. "Valsts a/s "Latvijas dzelzceļš" mazdarbīgo iecirkņu signalizācijas, centralizācijas un bloķēšanas (SCB) ierīču tehniskās apkopes instrukcija TA-09-2006". 2006.g. 24 lpp.;
- [53] – Н.Ф.Пенкин, С.Б.Карвацкий, Н.Г.Егоренков. "Диспетчерская централизация системы НЕВА". Издательство "Транспорт". 1973 г. 216 стр.;
- [54] – Д.В.Гавзов, О.К.Дрейман, В.А.Кононов, А.Б.Никитин. "Системы диспетчерской централизации". Издательство "Маршрут". 2002 г. 406 стр.;
- [55] - Latvijas Republikas Satiksmes ministrija. Valsts akciju sabiedrība "Latvijas dzelzceļš". "Signalizācijas, centralizācijas un bloķēšanas ierīču tehniskās apkopes instrukcija. TA-0296". 1996. g. 83 lpp.;
- [56] - Valsts akciju sabiedrība "Latvijas dzelzceļš". "Signalizācijas, centralizācijas un bloķēšanas (SCB) iekārtu tehniskās dokumentācijas turēšanas instrukcija. TA-0594". 1994.g. 55 lpp.;
- [57] - Valsts akciju sabiedrība "Latvijas dzelzceļš". "Latvijas Republikas dzelzceļu pārbrauktuvju ierīkošanas un apkalpošanas instrukcija". 1997.g. 51 lpp.;
- [58] - Вентцель Е. С. «Исследование операций». Москва. «Советское радио». 1972 г. 552 стр.;
- [59] - Ю. К. Беляев, В. А. Богатырёв, В. В. Болотин и др. под редакцией И. А. Чигакова. «Надёжность технических систем». М. Радио и связь. 1985 г. 608 стр.;

- [60] - Шишонок, Н. Л. Репкин, В. Ф. Барвинский. «Основы теории надёжности и эксплуатации радиоэлектронной техники». «М. Сов. радио». 1964 г. 551 стр.;
- [61] - А. А. Казаков, В. Д. Бубнов, Е. А. Казаков. «Станционные устройства автоматики и телемеханики». «Транспорт». 1990 г. 430 стр.;
- [62] - С. Бирюков. «Устройства на микросхемах». Москва. «Салон-Р». 2000. – 192 стр.;
- [63] – Е.С. Венцель. «Теория вероятностей». Москва. 1958 г. 462 стр.
- [64] - Вл.В. САПОЖНИКОВ, О.А. НАСЕДКИН “Доказательство безопасности систем железнодорожной автоматики”, «НАУКА И ТРАНСПОРТ», 10-13 стр.

Iļja KORAGO

**VILCIENU KUSTĪBAS REGULĒJOŠO SISTĒMU FUNKCIONĀLĀS DROŠĪBAS UN
DROŠUMA PAAUGSTINĀŠANAS METODES**

Promocijas darba kopsavilkums

Parakstīts iespiešanai 2009.19.11. Reģ. apl. Nr. 2-0282.
Formāts 46x64/16. Ofsets. Ofsetpapīrs. 1,75 iesp.l.,
1,75 uzsk-izd.l. Metiens 50 eks. Pasūt. Nr. 114.
Iespiests RTU tipogrāfijā Kaļķu ielā 1, Rīgā, LV- 1658