



Univerzitet u Nišu
Mašinski fakultet



Erđinč Rakipovski

**ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE
KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA
POUZDANOSTI**

Doktorska disertacija

Niš, 2020.



Univerzitet u Nišu
Mašinski fakultet



Erđinč Rakipovski

**ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE
KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA
POUZDANOSTI**

Doktorska disertacija

Tekst ove doktorske disertacije

stavlja se na uvid javnosti,

u skladu sa članom 30., stav 8. Zakona o visokom obrazovanju

("Sl. glasnik RS", br. 76/2005, 100/2007 - autentično tumačenje, 97/2008, 44/2010, 93/2012, 89/2013 i
99/2014)

NAPOMENA O AUTORSKIM PRAVIMA:

Ovaj tekst se smatra rukopisom i samo se saopštava javnosti (član 7. Zakona o autorskim i srodnim
pravima, "Sl. glasnik RS", br. 104/2009, 99/2011 i 119/2012).

Nijedan deo ove doktorske disertacije ne sme se koristiti
ni u kakve svrhe, osim za upoznavanje sa sadržajem pre odbrane.

Niš, 2020.



UNIVERSITY OF NIŠ
FACULTY OF MECHANICAL
ENGINEERING



Erdinč Rakipovski

**RESEARCH AND IMPROVEMENT OF STRUCTURES
DISTRIBUTOR VALVE BRAKE SYSTEM FOR
FREIGHT WAGONS FROM THE ASPECT OF
RELIABILITY**

DOCTORAL DISSERTATION

Mentor:
Prof. PhD Dragan Milčić

Niš, 2020.

Мјавна 1.

ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ

Издавајући да је докторска дисертација, под насловом:

**„Истраживање и унапређење конструкције распоредника коичног система
за теретне вагоне са аспекта поузданости“**

која је забављена на Машинском факултету Универзитета у Нишу:

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да ову дисертацију, не у целини, нити у деловима, нисам пријемљивао/ла на другом факултету, нити универзитету;
- да нисам повредио/ла ауторска права, нити злоупотребио/ла интелектуалну својину другог лица.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци, који су у вези са ауторством и добијеним академском звањем доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум забране рада, и то у каталогу Библиотеке, Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Нишу, као и у публикацијима Универзитета у Нишу.

у Нишу, 25.06.2020

Потпис аутора дисертације:


Един Ракић

Изјава 2.

**ИЗЈАВА О ИСТОВЕТНОСТИ ЕЛЕКТРОНСКОГ И ШТАМПАНОГ ОБЛИКА
ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ**

Наслов дисертације:

**„Истраживање и унапређење конструкције распоредника коичног система
за теретне вагоне са аспекта поузданости“**

Издајем да је електронски облик моје докторске дисертације, који сам
предложио за уношење у **Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу**,
истоветан штампаном облику.

у Нишу, 25.06.2020

Потпис аутора дисертације:


Един Ракиповски

Изјава 3:

ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ

Одлашћујем Универзитетску библиотеку „Никола Тесла“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу унесе моју докторску Дисертацију, под насловом:

„Истраживање и унапређење конструкције распоредника коичног система за теретне вагоне са аспекта поузданости“

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронској облику, погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију, унету у Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу, могу користити сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons), за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)
2. Ауторство – немерцијално (CC BY-NC)
3. Ауторство – немерцијално – без прераде (CC BY-NC-ND)
4. Ауторство – немерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)
5. Ауторство – без прераде (CC BY-ND)
6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)⁴

У Нишу, 25.06.2024

Потпис аутора дисертације:


Един Ракићовски

⁴ Аутор дисертације обавезан је да изабере и сачини (заокружи) само једну од шест понуђених лиценци; оне лиценце дат је у наставку текста.

UNIVERZITETU U NIŠU
PODACI O KANDIDATU ZA PROMOCIJU DOKTORA NAUKA

Ime	Erdinč
Prezime	Rakipovski
Datum i mesto rođenja	25. 06. 1979
Sadašnje zaposlenje	JSP Skopje, R.S.Makedonija
Broj mobilnog telefona kandidata	+389 75 424 383
Elektronska pošta kandidata	erdincrakip@gmail.com
Naziv završenog fakulteta kandidata i godina diplomiranja	Univerzitet u Niš, mašinski fakultet
Naziv fakulteta na kome je doktorska disertacija odbranjena	Univerzitet u Niš, mašinski fakultet
Naziv doktorske disertacije	ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI
datum odbrane	
Naučna oblast disertacije po CERIF šiframiku	Mašinstvo
Imena mentora	dr Dragan Milčić, redovni profesor, predsednik Mašinski fakultet u Niš
Komisija za ocenu podobnosti teme disertacije	1- dr Dragan Milčić, redovni profesor Mašinskog fakulteta u Nišu, predsednik 2- dr Dušan Stamenković, redovni profesor Mašinskog fakulteta u Nišu, član 3- dr Dragan Petrović, redovni profesor Fakulteta za mašinstvo i građevinarstvo u Kraljevu, član 4-dr Aleksandar Miltenović, docent Mašinskog fakulteta u Nišu, član
Komisija za odbranu disertacije	1- dr Dragan Milčić, redovni profesor Mašinskog fakulteta u Nišu, predsednik 2- dr Dušan Stamenković, redovni profesor Mašinskog fakulteta u Nišu, član 3- dr Dragan Petrović, redovni profesor Fakulteta za mašinstvo i građevinarstvo u Kraljevu, član 4-dr Boban Anđelković, redovni profesor Mašinskog fakulteta u Nišu, član 5-dr Aleksandar Miltenović, docent Mašinskog fakulteta u Nišu, član
UDK broj	UDK 629.463.02-592:629.4.017(043.3)
Ime i prezime dekana fakulteta na kome je	

Rezime

Treći milenijum karakteriše razvoj sve složenijih proizvoda, sa većim stepenom savršenstva, sa povećanim zahtevom u pogledu radnih i drugih karakteristika. Od takvih proizvoda se zahteva povećana pouzdanost funkcionisanja. Pouzdanost nekog proizvoda je verovatnoća da će proizvod radeći u zadatim uslovima uspešno izvršavati zahtevanu funkciju cilja u toku zadatog perioda vremena. Najjednostavnije se može odrediti pouzdanost nekog proizvoda na osnovu ustanovljenih otkaza proizvoda u eksploataciji. Međutim, moguće je već u fazi razvoja odrediti očekivanu pouzdanost.

Predmet istraživanja u okviru disertacije je rasporednik tipa MH3fHBG310, koje izrađuje firma Wabtec MZT-Skoplje, namenjen sistemu za kočenje teretnih vagona. Ciljevi istraživanja su:

- Istraživanje strukture rasporednika koji se koriste u vagonskoj industriji;
- Sistematsko identifikovanje svih mogućih kombinacija uzroka koji vode neželjenom događaju;
- Određivanje faktora koji najozbiljnije utiču na pouzdanost rasporednika i primena potrebnih mera za povećanje pouzdanosti;
- Prepoznavanje i procenivanje potencijalnih otkaya rasporednika i njihovih posledica;
- Određivanje mera i aktivnosti za eliminisanje ili smanjenje mogućnosti pojave otkaza;
- Dokumentovanje ovog postupka;
- Definisane uzorka na kome će se vršiti laboratorijsko ispitivanje rasporednika;
- Laboratorijsko ispitivanje pouzdanosti rasporednika u firmi Wabtec MZT-a i u saobraćaju;
- Analiza pouzdanosti rasporednika;
- Predlog mogućih konstrukcionih izmena na rasporedniku u pravcu veće pouzdanosti, odnosno dužeg radnog veka.

Ključne reči: pouzdanost, rasporednik tip MH3fHBG310, kočenje, otkočivanje, teretni vagon.

Abstract

The Third Millennium is characterized by the development of increasingly complex products with a higher degree of perfection, with the increased requirement in terms of labor and other characteristics. Since such products are required increased reliability of operation. Reliability of a product is likely to be the product of working in the given conditions successfully perform the required function of the target during a specified period of time. The simplest may be to determine the reliability of a product on the basis of established products in the cancellation of service. However, it is already in the development stage to determine the expected reliability.

The subject of research in this study is the distributor valve type MH3fHBG310, which is manufactured by the company Wabtec MZT – Skopje, intended for the brake systems of freight wagons. These distributor valves are manufactured against various technical requirements and norms of wagon manufacturers. The purposes of the study are:

- Research of the structure of distributor valves used in wagon industry;
- Systematic identification of all possible combinations of causes leading towards undesirable events;
- Determination of factors that most seriously effect the distributor valve reliability and application of necessary measures and actions for reliability increase;
- Determining of measures and actions for eliminating and reducing possibilities for failure occurrence;
- Recognition and evaluation of potential failures of distributor valves and their consequences;
- Documenting this procedure;
- Defining of sample, which lab test of distributor valve is going to be performed on;
- Lab test for distributor valve reliability in the company Wabtec MZT and in traffic;
- Analysis of distributor valve reliability;
- Proposal for possible design changes on distributor valve in terms of higher reliability i.e. extension of its life.

Key words: reliability, distributor valve type MH3fHBG310, braking, releasing, freight wagons.

SADRŽAJ

1. UVOD	7
1.1. Istorija kočionih sistema	1
1.2. Cilj istraživanja	9
1.2. Metode istraživanja	10
2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA U OBLASTI KOČENJA TERETNIH VAGONA .	12
3. TEORIJSKA RAZMATRANJA	19
3.1. STUDIJA I ANALIZA POSTOJEĆIH KONSTRUKCIONIH REŠENJA I IDENTIFIKACIJA DOMINANTNIH UTICAJNIH PARAMETARA NEOPHODNIH ZA PRORAČUN STRUKTURNIH ELEMENATA RASPOREDNIKA	19
3.2.2. Osnovna stanja sistema	33
3.2.3. Klasifikacija otkaza	35
3.2. Pouzdanost tehničkih sistema i metode za analizu pouzdanosti	36
3.2.1. Pojam i definicija pouzdanosti	37
3.3. Osnovni pokazatelji pouzdanosti	39
3.3.1. Funkcije gustine raspodele pojava osnovnih stanja	41
3.3.2. Funkcija intenziteta otkaza	43
3.3.3. Izbor zakona raspodele	45
3.3.3.1. Vejbulova raspodela	46
3.3.4. ODREĐIVANJE ZAKONA RASPODELE OTKAZA	50
3.3.4.1. Statistički testovi	51
3.3.4.2. Test Kolmogorov-Smirnov (d_n -test)	51
3.4.1. Analiza stabla otkaza FTA (Fault Tree Analysis)	52
3.4.1.1. Postupak FTA	53
3.5.2. FMEA - Failure mode and effects analysis metodologija	56
3.4.3. FMCEA - Failure Modes, Effects and Criticality Analysis	66
4. EKSPERIMENTALNI DEO	71
4.1. Organizacija istraživanja	71
4.2. FUNKCIONISANJE RASPOREDNIKA	71
4.2.1. Način dejstva	73
4.2.1.1. Punjenje rezervoara (Šema 1)	73
4.2.1.2. Kočenje (Šema 2)	75
4.2.1.3. Otkočivanje (Šema 3)	77
4.2.1.4. Neisprpljivost (Šema 3)	78
4.2.1.5. Automatski otkočnik (Šema 3)	79
4.3. Definisanje uzorka na kome će se vršiti laboratorijsko ispitivanje rasporednika;	82
4.4. Određivanje faktora koji najozbiljnije utiču na pouzdanost rasporednika i primena potrebnih mera za povećanje pouzdanosti	82
4.5. Sistematsko identifikovanje svih mogućih kombinacija uzroka koji vode neželjenom događaju	83
4.5.1. Stablo otkaza rasporednika	83

4.5.1.1. Stablo otkaza završni događaj „Isključenje Rasporednika“.....	83
4.5.2. FMEA	99
IZBOR NOVOG ZAPTIVAČA RASPOREDNIKA	111
4.8. LABORATORIJSKO ISPITIVANJE FUNKCIONALNOSTI RASPOREDNIKA	128
4.8.1. Potrebni uslovi za spremnost ispitni sto.....	129
4.8.2. Pneumatska šema ispitnog stola DISTRITESTER 1018TR	130
4.8.3. Rad sa ispitni stol DISTRITESTER 1018TR	133
4.8.4. Funkcionalno ispitivanje prema ML-631.501Z i izveštaj o testu.....	137
4.8.4.1. Procedura za priprema probnice	137
4.8.4.2. Vreme punjenja radne komore – Test 1	137
4.8.4.3. Vreme punjenja pomoćnog rezervoara – Test 2	137
4.8.4.4. Vreme kočenja – Test 3.....	137
4.8.4.5. Maksimalan pritisak kočnog cilindra – Test 4	138
4.8.4.6. Vreme otkočenja, samo u režimu „tovareno“ – Test 5	138
4.8.4.7. Neispravnost pomoćnog rezervoara – Test 6	138
4.8.4.8. Osetljivost – Test 7.....	139
4.8.4.9. Redukcija pritiska glavnog voda – Test 8	139
4.8.4.10. Stepenasto kočenje – Test 9	139
4.8.4.11. Stepenasto otkočenje – Test 10	140
4.8.4.12. Potpuno kočenje– Test 11	140
4.8.4.13. Regulisanje kočnice sa malim cilindarski pritiskom – Test 12	140
4.8.4.14. Granična vrednost za potpuno otkočenje – Test 13	140
4.8.4.15. Zaštita radne komore – Test 14	141
4.8.4.16. Kočni cilindar – naskok – Test 15	141
4.8.4.17. Talas visokog pritiska – Test 16	141
4.8.4.18. Zaštita od talasa visokog pritiska – Test 17	142
4.8.4.19. Neosetljivost – Test 18	142
4.8.4.20. Dopunjavanje – Test 19	142
4.8.4.21. Resetiranje brzača – Test 20	142
4.8.4.22. Step pritisaka – Test 21.....	143
4.8.4.23. Prvi stepen kočenja – Test 22	143
4.8.4.24. Zaptivost radne komore – Test 23	143
4.8.4.25. Zaptivost u zakočenom i otkočenom stanju – Test 24	143
4.8.4.26. Osetljivost automatskog otkočnika – Test 25	144
4.8.4.27. Pražnjenje radne komore preko automatskog otkočnika – Test 26	144
5. REZULTATI ISPITIVANJA I DISKUSIJA REZULTATA.....	145
5.1. Ispitivanje rasporednik tip MH3F HBG 310/300 sa ugrađeni radijalni zaptivni prsten	145
5.1.1. Vreme punjenja radne komore i vreme punjenja pomoćnog rezervoara	145
5.1.2. Ispitivanje na vreme kočenje/otkočenje u P i G režima	147
5.1.3. Ispitivanje neispravnost pomoćnog rezervoara	149
5.1.4. Ispitivanje na osjetljivost rasporednika	149
5.1.5. Ponavljanje procesa kočenja i otkočenja	151
5.1.6. Ispitivanje na Stepenasto Kočenje/Otkočenje	151
5.1.7. Ispitivanje na potpuno kočenje	152
5.1.8. Ispitivanje na Stepenasto Otkočenje	153
5.1.9. Naskok u kočnom cilindru	154
5.1.10. Ispitivanje na Zaštita od prekomernog pritiska	154
5.1.11. Ispitivanje na neosetljivost rasporednika	155
5.1.12. Dopunjavanje	156
5.1.13. Ispitivanje stepen pritiska i prvi stepen kočenje.....	157
5.1.14. Ispitivanje na zaptivost u zakočenom i otkočenom stanju	157
5.1.15. Ispitivanje na osjetljivost rasporednika	160

5.1.16. Pražnjenje radne komore preko automatskog otkočnika	160
5.1.17. Merna lista	162
5.2. Ispitivanje rasporednik tip MH3f HBG 310/300 sa ugrađeni Z-ring	163
5.2.1. Vreme punjenja radne komore i vreme punjenja pomoćnog rezervoara	163
5.2.2. Ispitivanje na vreme kočenje/otkočivanje u P i G režima	164
5.2.3. Ispitivanje neispravnost pomoćnog rezervoara	166
5.2.4. Ispitivanje na osjetljivost rasporednika	166
5.2.5. Ponavljanje procesa kočenja i otkočivanja	167
5.2.6. Ispitivanje na Stepenasto Kočenje/Otkočivanje	168
5.2.7. Ispitivanje na potpuno kočenje	168
5.2.8. Ispitivanje na Stepenasto Otkočivanje	170
5.2.9. Naskok u kočnom cilindru	170
5.2.10. Ispitivanje na Zaštita od prekomernog pritiska	170
5.2.11. Ispitivanje na neosjetljivost rasporednika	171
5.2.12. Dopunjenje	172
5.2.13. Ispitivanje stepen pritiska i prvi stepen kočenje	173
5.2.14. Ispitivanje na zaptivost u zakočenom i otkočenom stanju	174
5.2.15. Ispitivanje na osjetljivost rasporednika	176
5.2.16. Pražnjenje radne komore preko automatskog otkočnika	176
5.2.17. Merna lista	178
5.3. Uporedna analiza i diskusija rezultata ispitivanje rasporednika K-631.501 (sa radijalni zaptivni prsten) i rasporednika K-631.501 Z (sa Z-ring)	180
Vreme punjenja radne komore i vreme punjenja pomoćnog rezervoara	180
Ispitivanja vreme kočenje/otkočivanje u P i G režima	180
Ispitivanje neispravnost pomoćnog rezervoara	181
Ispitivanje na osjetljivost rasporednika	181
Ponavljanje procesa kočenja i otkočivanja	182
Ispitivanje na Stepenasto Kočenje/Otkočivanje	182
Ispitivanje na potpuno kočenje	182
Ispitivanje na Stepenasto Otkočivanje	183
Naskok u kočnom cilindru	183
Ispitivanje na Zaštita od prekomernog pritiska	184
Ispitivanje na neosjetljivost rasporednika	184
Dopunjenje	184
Ispitivanje stepen pritiska i prvi stepen kočenje	184
Ispitivanje na zaptivost u zakočenom i otkočenom stanju	185
Ispitivanje na osjetljivost rasporednika	185
Pražnjenje radne komore preko automatskog otkočnika	186
5.4. Generalna analiza rasporednika K-631.501 (sa radijalni zaptivni prsten) i rasporednika K-631.501 Z (sa Z-ring)	186
6. ZAKLJUČOK	189
7. LITERATURA	193

SPISAK SLIKA

SLIKA 1 - KOČNI SISTEM 18. VEKA [2]	2
SLIKA 2 - KOČIONI SISTEM SA NAVOJNIM VRETENOM I POLUGAMA [2]	3
SLIKA 3 - AKTIVIRANJE VAGONSKE KOČNICE KRAJEM 19. VEKA (LEVO) I POČETKOM 20. VEKA (DESNO) [2]	4
SLIKA 4 - ŠEMATSKI PRIKAZ NA INDIREKTNIA AUTOMATSKA KOČNICA	6
SLIKA 5 - RASPOREDNIK TIP MH 3F HBG 310	7
SLIKA 6 - DIJELOVANJE RASPOREDNIKA U POVRZANIM VAGONIMA	19
SLIKA 7 - ŠEMA RASPOREDNIKA WESTINGHOUSE W-C3W	21
SLIKA 8 - CRTEŽ RASPOREDNIKA EST 3F HBG-3	22
SLIKA 9 - DIJAGRAM ISPITIVANJA RADA RASPOREDNIKA EST 3FHBG-3	22
SLIKA 10 - ŠEMA RASPOREDNIKA I OPREME	23
SLIKA 11 - RASPOREDNIK EST 3E/AL	24
SLIKA 12 - RASPOREDNIK EST 3E - PUNJENJE	25
SLIKA 13 - RASPOREDNIK EST 3E - KOČENJE	26
SLIKA 14 - ŠEMA OGRANIČAVAČA NAJVEĆEGA TLAKA	31
SLIKA 15 - ŠEMA RASPOREDNIKA WESTINGHOUSE 26D	32
SLIKA 16 - ISTORIJA RAZVIJANJE RASPOREDNIKA MH 3F HBG 310	33
SLIKA 17 - RADNA SPOSOBNOST SISTEMA	34
SLIKA 18 - VREMENSKA SLIKA STANJA SISTEMA	34
SLIKA 19 - PRIKAZ UTICAJA NA POJAVU STANJA SISTEMA U OTKAZU	36
SLIKA 20 - FUNKCIJE POUZDANOSTI I R(T) I NEPOUZDANOSTI F(T) TEHNIČKOG SISTEMA	40
SLIKA 21 - PROMENA POUZDANOSTI ZA OBNOVLJIVE SISTEME	41
SLIKA 22 - FUNKCIJA GUSTINE VEROVATNOĆE	42
SLIKA 23 - FUNKCIJA INTENZITETA OTKAZA	44
SLIKA 24 - KRIVE REALIZACIJE NESTACIONARNIH PROCESA HABANJA	44
SLIKA 25 - KRIVE INTENZITETA OTKAZA	45
SLIKA 26 - FUNKCIJE GUSTINE VEJBULOVE RASPODELE ZA RAZLIČITE VREDNOSTI PARAMETRA OBLIKA β (PARAMETAR RAZMERE $\eta = 1$, PARAMETAR POLOŽAJA $\gamma = 0$)	47
SLIKA 27 - FUNKCIJE VEROVATNOĆE OTKAZA VEJBULOVE RASPODELE ZA RAZLIČITE VREDNOSTI PARAMETARA OBLIKA β (PARAMETAR RAZMERE $\eta = 1$, PARAMETAR POLOŽAJA $\gamma = 0$)	48
SLIKA 28 - FUNKCIJE POUZDANOSTI VEJBULOVE RASPODELE ZA RAZLIČITE VREDNOSTI PARAMETRA OBLIKA β (PARAMETAR RAZMERE $\eta = 1$, PARAMETAR POLOŽAJA $\gamma = 0$)	48
SLIKA 29 - FUNKCIJE INTENZITETA OTKAZA VEJBULOVE RASPODELE ZA RAZLIČITE VREDNOSTI PARAMETRA OBLIKA β (PARAMETAR RAZMERE $\eta = 1$, PARAMETAR POLOŽAJA $\gamma = 0$)	49
SLIKA 30 - TEORIJSKE FUNKCIJE POUZDANOSTI	52
SLIKA 31 - DOGAĐAJI A I B, PARALELNO POVEZIVANJE	54
SLIKA 32 - DOGAĐAJI A I B, VEZA U NIZU	55
SLIKA 33 - LOGIČKA VRATA ILI	55
SLIKA 34 - LOGIČKA VRATA I	55
SLIKA 35 - VARIJANTE FMEA	57
SLIKA 36 - ŠEMA 1 PUNJENJE REZERVOARA	74
SLIKA 37 - ŠEMA 2 KOČENJE	77
SLIKA 38 - ŠEMA 3 OTKOČIVANJE	81
SLIKA 39. RASPOREDNIK TIP MH 3F HBG 310	82
SLIKA 40 - STABLO OTKAZA RASPOREDNIKA	85
SLIKA 41 - STABLO OTKAZA RASPOREDNIKA	85
SLIKA 42 - NEPOVRATNI VENTILI U KUĆIŠTU RASPOREDNIKA	95
SLIKA 43 - RASPOREDNIK, POGLED ODOZGO	96
SLIKA 44 - RASPOREDNIK, POGLED PREDNE STRANE (POPREČNOG PRESEKA A-A)	97
SLIKA 45 - RASPOREDNIK, POGLED SA STRANE (POPREČNOG PRESEKA C-C)	98
SLIKA 46 - OGRAČIVAČ MAKSIMALNOG PRITISKA HBG310 (POPREČNOG PRESEKA B-B)	99
SLIKA 47 - SITO FILTER/FINI	99
SLIKA 48 - HISTOGRAM UČESTANOSTI POJAVE OTKAZA RADIJALNIH ZAPTIVNIH PRSTENA	100
SLIKA 49 - VEROVATNOSNI PAPIR VEJBULOVE RASPREDELE	102
SLIKA 50 - VEROVATNOSNI PAPIR NORMALNE RASPODELE	103

SLIKA 51 - VEROVATNOSNI PAPIR LOG-NORMALNE RASPODELE	104
SLIKA 52 - UPOREDNE FUNKCIJE EMPIRISKE VEROVATNOĆE OTKAZA $F_E(T)$ I TEORIJSKE FUNKCIJE VEROVATNOĆE OTKAZA VEJBULOVE RASPODELE $F_{TW}(T)$, NORMALNE RASPODELE $F_{TN}(T)$ I LOG-NORMALNE RASPODELE $F_{TLN}(T)$	105
SLIKA 53 - UPOREDNE FUNKCIJE EMPIRISKE POUZDANOSTI $R_E(T)$ I TEORIJSKE FUNKCIJE POUZDANOSTI VEJBULOVE RASPODELE $R_{TW}(T)$, NORMALNE RASPODELE $R_{TN}(T)$ I LOG-NORMALNE RASPODELE $R_{TLN}(T)$...	105
SLIKA 54 - UPOREDNE FUNKCIJE EMPIRISKE GUSTINE $F_E(T)$ I TEORIJSKE FUNKCIJE GUSTINE VEJBULOVE RASPODELE $F_{TW}(T)$, NORMALNE RASPODELE $F_{TN}(T)$ I LOG-NORMALNE RASPODELE $F_{TLN}(T)$	106
SLIKA 55 - UPOREDNE FUNKCIJE EMPIRISKE INTENZITETA OTKAZA $\lambda_E(T)$ I TEORIJSKE FUNKCIJE INTENZITETA OTKAZA VEJBULOVE RASPODELE $\lambda_{TW}(T)$, NORMALNE RASPODELE $\lambda_{TN}(T)$ I LOG-NORMALNE RASPODELE $\lambda_{TLN}(T)$	106
SLIKA 56 - ZAPTIVANJE POMOĆU RADIJALNIH ZAPTIVNIH PRSTENA I STANDARDNI KONSTRUKCIONI OBLICI PREMA DIN 3760/3761	107
SLIKA 57 - PRESEK RASPOREDNIKA GDJE JE UGRADEN RADIJALNI ZAPTIVNI PRSTEN	108
SLIKA 58 - DEO PRE UGRADNJA RADIJALNI ZAPTIVNI PRSTEN	108
SLIKA 59 - FUNKCIONALNA STRUKTURA ZAPTIVAČA	112
SLIKA 60 - Z - RING Ø 10/17X2,3 (SA DIMENZIJAMA UNUTRAŠNJI PREČNIKA Ø10, SPOLINI PREČNIK Ø17 MM I DUŽINA 2,3MM SOGLASNO DIN STANDARDIMA)	118
SLIKA 61 - PRESEK RASPOREDNIKA SA UGRADENIM Z-RINGOM (NOVO REŠENJE)	119
SLIKA 62 - POTPORNI POKLOPAC GDJE LEŽI Z-RING	120
SLIKA 63 - Z-RING Ø5,5/13X2,5	120
SLIKA 64 - Z-RING Ø6/13X2,5	120
SLIKA 65 - Z-RING Ø10/17X2,3	121
SLIKA 66 - ISPITNI STO DISTRITESTER 1018TR	129
SLIKA 67 - PRIKLJUČAK PNEUMATSKOG DIJAGRAMA ISPITNOG STOLA DISTRITESTER 1018TR	132
SLIKA 68 - INTERFEJS ZA SNIMANJE	133
SLIKA 69 - MERNI LISTA ML-631.501	136
SLIKA 70 - AKTIVIRANJE BRZACA U RASPOREDNIKU	139
SLIKA 71 - VAZDUŠNI UDAR 0,6 ÷ 0,8 BAR	141
SLIKA 72 - VREME PUNJENJA	146
SLIKA 73 - VREME KOČENJE/OTKOČIVANJE U P REŽIMA	147
SLIKA 74 - PRIGUŠNICA ZA KOČENJE/OTKOČIVANJE U REŽIMU „P“	148
SLIKA 75 - VREME KOČENJE/OTKOČIVANJE U G REŽIMA	148
SLIKA 76 - OSJETLIVOST RASPOREDNIKA	150
SLIKA 77 - RASPOREDNI SLOG GDJE SE NALAZI KLACKALICA I ZABRAVNIK (POZICIJA 81)	151
SLIKA 78 - STEPENASTO KOČENJE/OTKOČIVANJE	152
SLIKA 79 - POTPUNO KOČENJE	153
SLIKA 80 - ZAŠTITA OD PREKOMERNOG PRITISKA	155
SLIKA 81 - NEOSJETLIVOST RASPOREDNIKA	156
SLIKA 82 - ISPITIVANJA STEPEN PRITISKA I PRVI STEPEN KOČENJE	157
SLIKA 83 - ZAPTIVANJE PRILIKOM KOČENJE	158
SLIKA 84 - ZAPTIVANJE PRILIKOM OTKOČIVANJE	159
SLIKA 85 - ISPITIVANJA OSJETLIVOST RASPOREDNIKA	160
SLIKA 86 - RUČNO PRAŽNENJE RADNOG REZERVOARA SA AUTOMATSKOM POLUGOM	161
SLIKA 87 - VREME PUNJENJA	164
SLIKA 88 - VREME KOČENJE/OTKOČIVANJE U P REŽIMA	165
SLIKA 89 - VREME KOČENJE/OTKOČIVANJE U G REŽIMA	165
SLIKA 90 - OSJETLIVOST RASPOREDNIKA	167
SLIKA 91 - STEPENASTO KOČENJE/OTKOČIVANJE	168
SLIKA 92 - POTPUNO KOČENJE	169
SLIKA 93 - ZAŠTITA OD PREKOMERNOG PRITISKA	171
SLIKA 94 - NEOSJETLIVOST RASPOREDNIKA	172
SLIKA 95 - ISPITIVANJA STEPEN PRITISKA I PRVI STEPEN KOČENJE	173
SLIKA 96 - ZAPTIVANJE PRILIKOM KOČENJE	174
SLIKA 97 - ZAPTIVANJE PRILIKOM OTKOČIVANJE	175
SLIKA 98 - ISPITIVANJA OSJETLIVOST RASPOREDNIKA	176
SLIKA 99 - RUČNO PRAŽNENJE RADNOG REZERVOARA SA AUTOMATSKOM POLUGOM	177

SLIKA 100 - POREĐENJE POUZDANOSTI IZMEĐU RASPOREDNIKA K-631.501Z U ODNOSU NA KLASIČNI RASPOREDNIK K-631.501 PREMA PREDENI PUT VAGONA U KM	187
SLIKA 101 - UPOREĐIVANJE ZAPTIVOSTI U ODNOSU NA PREDENI PUT KLASIČNOG RASPOREDNIKA I RASPOREDNIK SA UGRAĐENIM Z-RINGOM	188

SPISAK TABELA

Tabela	Naziv
3.1.	Izrazi za funkcije $R(t)$, $F(t)$, $f(t)$ i $\lambda(t)$ za dvoparametarsku i troparametarsku Vejbulovu raspodelu
3.2.	FMEA – Projekta
3.3.	Ocena ozbiljnosti otkaza
3.4.	Ocena ozbiljnosti otkaza
3.5.	Ocena verovatnoće otkrivanja otkaza
3.6.	Orijentacione vrednosti uslovnih verovatnoća $\beta_j^{(p)}$
4.1.	Verovatnoća neželjenih događaja rasporednika
4.2.	Prepoznavanje i procenjivanje potencijalnih otkaza rasporednika i njihovih posledica kao i određivanje mera i aktivnosti za eliminisanje ili smanjenje mogućnosti pojave otkaza (Rasporednik K-631.501Z)
4.3.	Podaci o vremenu ispravnog rada do otkaza rasporednika sređeni po intervalima
4.4.	Podaci o vremenu ispravnog rada do otkaza rasporednika
4.5.	Podaci o vremenu ispravnog rada do otkaza rasporednika
4.6.	Analiza potencijalnih otkaza i njihovih efekata zbog konstruktivnih nedostataka radijalni zaptivni prstena 22x10x7
4.7.	Definisanje tehničkih zahteva za izbor zaptivača rasporednika
4.8.	Morfološka matrica zaptivača
4.9.	Analiza potencijalnih otkaza i njihovih efekata zbog konstruktivnih nedostataka Z-ring Ø6/13x2,5 0669496
4.10.	Analiza potencijalnih otkaza i njihovih efekata zbog konstruktivnih nedostataka Z-ring Ø5,5/13x2,5 0669499
4.11.	Analiza potencijalnih otkaza i njihovih efekata zbog konstruktivnih nedostataka Z-ring Ø10/17x2,5 0669493
5.1.	Rezultati ispitivanja vreme punjenja
5.2.	Rezultati ispitivanja vreme kočenje/otkočivanje u P režima
5.3.	Rezultati ispitivanja neisprplivost pomoćnog rezervoara
5.4.	Rezultati ispitivanja Osjetljivost rasporednika
5.5.	Rezultati ponavljanje procesa kočenja i otkočivanja.
5.6.	Rezultati ispitivanja stepenasto kočenje/otkočivanje
5.7.	Rezultati potpuno kočenje
5.8.	Rezultati od sprovedene ispitivanje
5.9.	Rezultati naskok u kočnom cilindru
5.10.	Rezultati ispitivanja zaštita od prekomernog pritiska
5.11.	Rezultati ispitivanja neosjetljivost rasporednika
5.12.	Dopunjenje
5.13.	Rezultati ispitivanja stepen pritiska i prvi stepen kočenje
5.14.	Rezultati ispitivanja zaptivanje prilikom kočenje
5.15.	Rezultati ispitivanja Osjetljivost rasporednika
5.16.	Pražnjenje radne komore preko automatskog otkočnika
5.17.	Merni list - ML-631.501
5.18.	Rezultati ispitivanja vreme punjenja
5.19.	Rezultati ispitivanja vreme kočenje/otkočivanje u P režima
5.20.	Rezultati ispitivanja neisprplivost pomoćnog rezervoara
5.21.	Rezultati ispitivanja Osjetljivost rasporednika

- 5.22. Rezultati ponavljanje procesa kočenja i otkočivanja.
- 5.23. Rezultati ispitivanja stepenasto kočenje/otkočivanje
- 5.24. Rezultati potpuno kočenje
- 5.25. Rezultati od sprovedene ispitivanje
- 5.26. Rezultati naskok u kočnom cilindru
- 5.27. Rezultati ispitivanja zaštita od prekomernog pritiska
- 5.28. Rezultati ispitivanja neosjetljivost rasporednika
- 5.29. Dopunjenje
- 5.30. Rezultati ispitivanja stepen pritiska i prvi stepen kočenje
- 5.31. Rezultati ispitivanja zaptivanje prilikom kočenje
- 5.32. Rezultati ispitivanja Osjetljivost rasporednika
- 5.33. Pražnjenje radne komore preko automatskog otkočnika
- 5.34. Merni list - ML-631.501
- 5.35. Uporedni rezultati ispitivanja vreme punjenja
- 5.36. Uporedni rezultati ispitivanja vreme kočenje/otkočivanje u P i G režima
- 5.37. Uporedni rezultati ispitivanja neiscrplivost pomoćnog rezervoara
- 5.38. Uporedni rezultati ispitivanje na osjetljivost rasporednika
- 5.39. Uporedni rezultati ponavljanje procesa kočenja i otkočivanja
- 5.40. Uporedni rezultati ispitivanja stepenasto kočenje/otkočivanje
- 5.41. Uporedni rezultati potpuno kočenje
- 5.42. Uporedni rezultati od sprovedene ispitivanje
- 5.43. Uporedni rezultati naskok u kočnom cilindru
- 5.44. Uporedni rezultati ispitivanja zaštita od prekomernog pritiska
- 5.45. Uporedni rezultati ispitivanja neosjetljivost rasporednika
- 5.46. Dopunjenje
- 5.47. Uporedni rezultati ispitivanja stepen pritiska i prvi stepen kočenje
- 5.48. Uporedni rezultati ispitivanja zaptivanje prilikom kočenje
- 5.49. Uporedni rezultati ispitivanja Osjetljivost rasporednika
- 5.50. Pražnjenje radne komore preko automatskog otkočnika
- 5.51. Uporedna analiza rasporednika K-631.501 i rasporednika K-631.501Z

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

1. UVOD

Voz je vučno vozilo za transport putnika i/ili tereta. Vuču obezbeđuje lokomotiva. Vučeni deo voza čine redno povezani vagoni (teretni i/ili putnički). Broj vagona se kreće od nekoliko do nekoliko stotina. Ponašanje voza, uglavnom, zavisi od mase vagona i lokomotive, krutosti vagona i lokomotive i krutosti veznih elemenata (odbojnika) i brzine kretanja. Bezbednost voza je prioritet broj jedan. Od početka primene voza, želja korisnika je da voz bude što većeg kapaciteta (više robe i putnika), veće brzine kretanja i visoke bezbednosti. Svako vozilo zbog svoje prirode, mora imati kočnice.

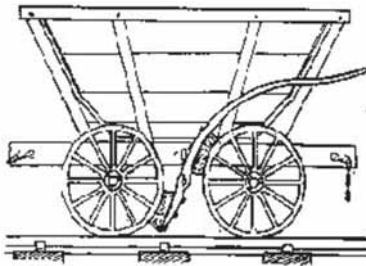
Kočioni sistem je deo opreme železničkih vozila koja obezbeđuje sigurno smanjenje brzine i zaustavljanje železničkog vozila po potrebi [1]. U pogledu sigurnosti, za vozilo je važnije da se zaustavi nego da se kreće. Ovo sugeriše da kočioni sistem igra vitalnu ulogu u železničkim vozilima. S obzirom na značaj opreme za kočenje u železničkim vozilima, sve železnice posebnu pažnju posvećuju razvoju i održavanju kočnih sistema.

1.1. Istorija kočionih sistema

Počeci šinskih kočnica započeli su 1550. godine u Evropi. U rudnicima Francuske iskopana ruda transportovana je u malim kolicima koji su se kretali tračnicama koje se još nisu smatrale železnicom. Kao što su istoričari otkrili, drvena šipka je bila postavljena na kolica vodoravno iznad volana. Vozač invalidskih kolica opterećen rudom pritisnuo je štapić na kotač točka nogom ili rukom da smanji brzinu invalidskih kolica. Ovo se može smatrati prvim dokumentovanim pojavom mehaničkog sistema kočenja (Prilog 1).

Nakon 200 godina, sredinom 18. veka, svaka vrsta prevoza se razvijala i povećavala širom Evrope. U Francuskoj je konstruisan mehanički sistem ručnog kočenja pomoću poluge, koji je vozaču omogućavao da primenjuje silu na jednu ili više papučica na točkovima, a da ne ustane sa svog sedišta. Jedan takav sistem kočenja prikazan je na slici 1. Kočione papučice dolaze u dodir sa točkovima guranjem poluge. Ovo je prva verzija centralizovanog kočnog sistema.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI



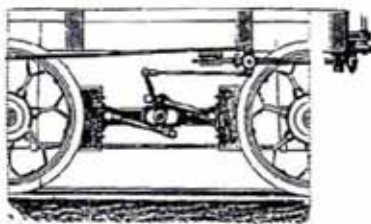
Slika 1 - Kočni sistem 18. veka [2]

Kako su količina i težina šinskih vozila povećavali, postalo je neophodno konstruisati sigurnije kočione sisteme. Međutim, to nije bio prioritet do prvih incidenata kočenja, koji su usko povezani sa otkrićem prvog motora. 23. novembra 1770. godine Nicolas-Joseph Cugnot predstavio je železničko vozilo na parni pogon u Parizu. Ovo vozilo je bilo teško kontrolisati i imao je neadekvatan sistem kočenja što je rezultiralo udarcem u zid. Zbog ovog incidenta dugi niz godina nisu vršeni eksperimenti razvoja železničkih vozila. Marc Seguin je 1831. godine sagradio prve dve lokomotive.

U ovom slučaju lokomotiva ima motor – motorno kočenje i kočnice, a vagoni imaju samo kočnice. Otuda je o kočenju i kočnici početo da se razmišlja od trenutka kada je Džordž Stivenson konstruisao prvu lokomotivu 1825. godine, koja se kretala brzinom od 47 km/h. Problem kočenja rešavao se prema saznanjima u toj oblasti u tom dobu, pa je ručna mehanička kočnica, za početak zadovoljavala postavljene zadatke. Na svakom vozilu (lokomotivi i vagonima) su postojali kočničari, koji su na znak kočničara lokomotive svi sinhronizovano kočili. Sila kočenja je ostvarivana mišićima ruke i prenosila se preko sistema mehaničkih elemenata do krajnjih izvršnih organa (papuče).

Sledeće godine, 1832. godine, na lokomotivi SAMSON u Engleskoj pojavila se mehanička kočnica. Metoda kočenja je izvedena kroz obruč točka, koristeći navojno i poluvreteno, što je omogućilo bolju efikasnost bez opterećivanja vozača. Ovaj sistem kočenja može da aktivira vozač ili njegov pomoćnik. Slika 2 prikazuje ovaj kočioni sistem.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

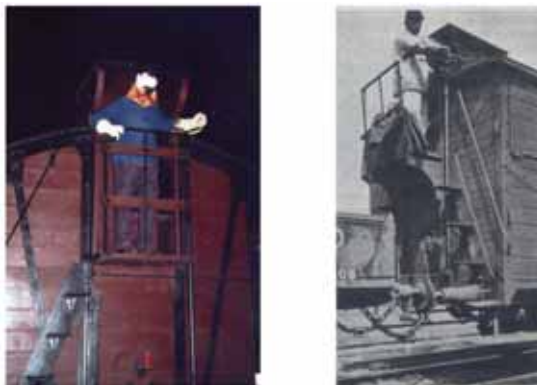


Slika 2 - Kočioni sistem sa navojnim vretenom i polugama [2]

Stvarno „rođenje“ kočionog sistema dogodilo se 1837. godine aktiviranjem prvih redovnih linija putničkih vozova između Pariza i St. Germaina. U to se vrijeme pojavilo nekoliko vrsta kočionih sistema, koji se i dalje zasnivaju na principu primjene sile na kočione papuče kroz obruč točkova, ali aktiviraju se na različite načine - kroz klinove, polovine, zupčanike itd. Kočione papuče montirane su na jednu ili obje strane točkova kako bi se povećala efikasnost kočenja. Obično je samo deo najtežih vagona bio opremljen kočnim sistemom, tako da su stvoreni specijalizovani poslovi sa operaterima koji su imali zadatak da aktiviraju kočione sisteme, ali su bili odgovorni i za njihovo održavanje (podmazivanje mehanizma, zamena kočionih papuča itd.). U slučaju nesreće, operateri su odgovarali ako je uzrok loše održavanje kočnih sistema vagona za koje su oni bili zaduženi.

Princip aktiviranja kočnica u vozu (koji se sastojao od lokomotive i vagona) izveden je tako da je vozač vozača zvukom lokomotive pružao zvučni signal za operatere. Signal se ponovio od prvog operatera do drugog operatera. Svaki vozač morao je da aktivira kočnicu prema uputstvima vozača kroz zvižduk lokomotive. Ostale vrste signala su bile zvona, zastave, svetla i tako dalje. Neki operateri su čak bili odgovorni za aktiviranje kočnica sa više automobila i zato su morali da se prebace iz vagona u karavan pod bilo kakvim vremenskim uslovima, što je bilo nebezbedno i za operatere i za karavan. Na slici 3 je prikazano aktiviranje kočnica od strane operatora krajem 19. i početkom 20. veka.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI



Slika 3 - Aktiviranje vagonске kočnice krajem 19. veka (levo) i početkom 20. veka (desno) [2]

Sljedeća generacija kočnica poboljšana je od prethodne dodavanjem kompresora lokomotivi i cijevima duž vagona (glavni vod), a između vagona cijevi su spojene spojnim cijevima [3]. Svaki vagon bio je opremljen cilindrom koji je povezan sa glavnom vodom i kada se pritisak u glavnoj liniji povećao, aktivirali su se cilindri, koji su aktivirali kočioni mehanizam vagona kroz lance. To je bio prvi sistem direktnih vazdušnih kočnica. Sistem je funkcionisao bolje i sigurnije od korišćenja ručne kočnice, ali je ipak trebalo dugo vremena da se komprimira vazduh u svaki karavan. Takođe, u slučaju ne zaptivača na glavnoj liniji, ceo kočioni sistem je propao.

1869. godine, inženjer George Westinghouse shvatio je važnost sigurnosti kočionog sistema i inovirao prvi kočioni sistem sa tri ventila (tiple-valve, raspodelitelni trostruki ventil) u New Yorku. Iste godine osnovao je preduzeće za vazdušno kočenje Westinghouse (WABCO), koji je delovao obrnuto od sistema za direktno kočenje sa vazduhom. Povećavanjem pritiska u glavnom vodu oslobođeni su kočioni sistemi, dok su smanjenjem pritiska aktivirani. Ovaj sistem je bio mnogo sigurniji i sa bržim odzivom i tako je postao osnova za moderni kočioni sistem.

Razvijeni trostruki ventil direktno je povezan sa glavnom vodom, ali je takođe povezan sa rezervoarom i kočnim cilindrom. Zvali su ga trostrukim ventilom zbog tri funkcije:

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

1. Punjenje. Kada automobil miruje, u glavnoj liniji nema pritiska. Prvo je potrebno „napuniti“ kočioni sistem. To se postiže povećanjem pritiska u glavnom vodiču odakle trostruki ventil usmerava pritisak u rezervoaru vagona, gde se pritisak održava sve dok se kočnica ne aktivira.

2. Aplikacija (kočenje). Kada je potrebno aktivirati kočnicu, povlačenjem ručice na vozaču smanjilo je pritisak u glavnoj liniji. Taj pad pritiska detektira trostruki ventil i preusmerava pritisak iz rezervoara na kočioni cilindar, aktivirajući kočioni sistem.

3. Otkočivanje. Kada je kočioni sistem zaključan, sistem se oslobađa povećanjem pritiska u glavnoj cevi. Trostruki ventil otkriva porast pritiska i oslobađa vazduh kočionog sistema u atmosferu i počinje da puni rezervoar pritiskom.

Napredni trostruki ventil George Westinghouse poboljšao je (ubrzano) vreme aktiviranja kočnice, jer nije bilo potrebno povećati pritisak na velikoj količini vazduha, već samo radi smanjenja pritiska koji se aplicira mnogo brže.

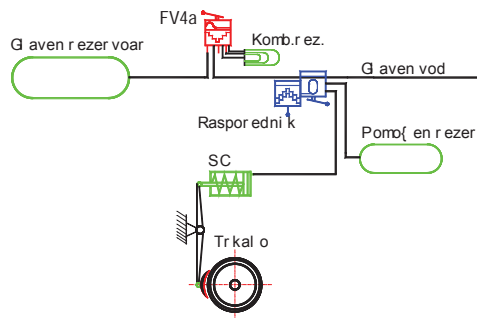
Nekoliko godina kasnije George Westinghouse razvio je dodatnu sigurnosnu karakteristiku kočnog sistema uvođenjem aplikacije kočenja u nuždi. Da bi se dobilo ovo svojstvo, bilo je potrebno dodati drugi rezervoar koji je omogućio primenu veće sile kočenja i tako železničko vozilo da se zaustavi na kraćem rastojanju, što povećava sigurnost u nepredviđenim situacijama.

Problemi su bili u slučajevima curenja vazduha u glavnom vodu ili prekida voda (usled razdvajanja kola i sl.). Otuda je Westinghaus 1875. godine konstruisao pneumatsku produžnu indirektnu kočnicu. Ona se zove indirektna jer se pritisak u cilindru pri kočenju ne povećava na bazi pritiska u glavnom vodu, već na bazi pritiska u pomoćnom rezervoaru koji se napaja iz glavnog voda (GV) (slika 4). U otkočenom stanju vazduh u GV nalazi se pod višim pritiskom. Kočenje se vrši smanjenjem pritiska u GV. Uvođenje pomoćnog rezervoara dovelo je do uvođenja novog elementa nazvanog rasporednik sa dva pritiska. Pri procesu kočenja on povezuje pomoćni rezervoar i radnu komoru cilindra, a pri otkočivanju radnu komoru i atmosferu. U slučaju raskida voza kočnica automatski koči oba dela voza, zato se ova kočnica zove automatska kočnica. Ona je automatska samo u slučaju opasnosti a ne u normalnom radu. U normalnom radu sa njom upravlja mašinovođa iz lokomotive preko kočnika. Ova kočnica se u punom nazivu naziva pneumatska produžna indirektna i automatska kočnica sa dva pritiska. Ovo rešenje je bilo osnovno u upotrebi u mnogim železničkim upravama SAD i Evrope. Primena ovog rešenja u Evropi je kasnila. Osnovu indirektno kočnice čini uvođenje pomoćnog rezervoara.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

Kvalitetno upravljanje kretanja voza zahteva:

- adaptivno upravljanje svakog vagona i lokomotive,
- sinhronizovano upravljanje cele kompozicije voza,
- brzo upravljanje,
- automatsko kočenje u slučaju opasnosti,
- prinudno upravljanje od strane korisnika transporta i dr.



Slika 4 – Šematski prikaz na indirektna automatska kočnica

Posle uvođenja pomoćnog rezervoara (1872. ili 1875.) i dvopritisnog rasporednika od strane Westighausa, pedeset godina je prošlo bez značajnijih novina u procesu upravljanja kočenja kod voza, dok se nisu pojavili patenti inženjera Dobrivoja Božića iz Srbije.

Rasporednik kao upravljački element izvršnog elementa kočnice to jest pneumatskog jednostranog (jednokomornog) cilindra je trebalo konstrukciono izmeniti da se omogući nadoknada potrošenog vazduha u pomoćnom rezervoaru. Trebalo je uvesti treći (neutralan) položaj rasporednika. Taj princip je bio poznat, ali je trebalo naći konstrukciono rešenje koje će da zadovolji potrebe železničkog saobraćaja. Inženjer Dobrivoje Božić 4. novembra 1913. "Steuerventil fuer Einkammerruckluftbremsen" u prevodu "Upravljački ventil za jednokomorne kočnice sa sabijenim vazduhom", za koji mu je Nemački patent izdat, 21. juna 1920. godine (DE 322153C).

Rasporednika ima tri vrste i to:

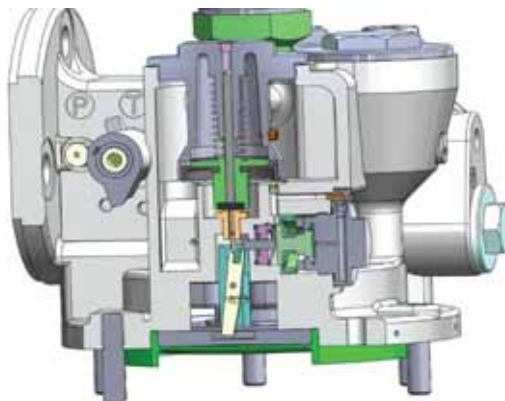
ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

1. Prost rasporednik koji je primenjen na lokomotivi, tenderu, putničkim kolima i onim teretnim kolima čija tovarna težina nije velika. Ovi rasporednici imaju dva dejstva: za putnički i za teretni voz.

2. Teretni rasporednik je primenjen na teretnim kolima čija je tovarna težina veća od sopstvene težine. Ovaj rasporednik ima samo jedno dejstvo i to samo za teretni voz.

3. Brzovozni rasporednik je primenjen na brzovoznim kolima i ima dva dejstva za brzi i teretni voz.

Objekt istraživanja u okviru disertacije je rasporednik tipa MH3f HBG310, koje izrađuje firma Wabtec MZT – Skoplje (MZT HEPOS AD Skoplje), namenjen sistemu za kočenje teretnih vagona. Ovi rasporednici se proizvode prema različitim tehničkim zahtevima i normama proizvođača vagona.



Slika 5 - Rasporednik tip MH 3f HBG 310

Rasporednik Tip MH 3f HBG 310, K - 631.501. Vršiti stepenasto kočenje i otkočivanje, obezbeđuje neiscrpnost kočnice i može da radi u dva režima: teretni i putnički.

Tehničke i funkcionalne karakteristike:

- Radna sredina	Vazduh
- Radni pritisak	5 bar
- Maksimalni pritisak u kočnom cilindru	3.8±0.1 bar

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

- Najmanji stepen kočenja i otkočivanja 0.05 bar
- Probojna brzina 273 - 285 m/s
- Radna temperatura - 40°C - + 80°C
- Masa 13.5 kg
- Osetljivost

Kada vazduh u glavnom vodu opadne za 0.6 bari za vreme od 6 s, kočnica se aktivira za 0.7 s

- Neosetljivost

Prilikom nezaptivnosti glavnog voda koja se može očitati sa padom pritiska od 0.5 bar, za vreme od 60 s kočnica se neće aktivirati

- Komprimovani vazduh koji brzač uzima iz glavnog voda za prvi stepen kočenja (naskok) struji preko ekspanzione komore u atmosferu.

- U otkočenom stanju postoji veza između glavnog voda, pomoćnog rezervoara i radne komore. Ova se veza trettno prekida kada se kočnica aktivira.

- Pri otkočivanju talas visokog pritiska može da se upotrebi mnogo duže od vreme trajanja otkočivanja, a pri tome da ne dođe do prepunjavanja pomoćnog rezervoara ili radne komore.

- Kratkotrajni talasi visokog pritiska upušteni u već otkočenoj kočnici ne dovode do kočenja.

- Posebno je obezbedena neiscrpnost pomoćnog rezervoara i radne komore.

- Sposobnost regulacije kočne sile, pomoću veoma malih vrednosti cilindarskog pritiska, obezbeđuje se tako da je brzač ponovo spreman tek kada cilindarski pritisak opadne ispod 0.25 bar, t.j. u trenutku kada pritisak u kočnim papučama nestane [4].

Firma Wabtec MZT koja proizvodi ovaj tip rasporednika, već je dostigla visok nivo kvaliteta, zbog čega postiže dobre izvozne rezultate u Turskoj, Egiptu, Pakistanu, Kini i nekim zemljama Evropske Unije. Razvojem vagonске industrije, proizvođači vagona pred dobavljačima postavljaju sve rigoroznije zahteve, kako po pitanju kvaliteta, radnog veka, tako i pouzdanosti ovih proizvoda. U ranijem periodu potreban radni vek rasporednika je bio 2 godina rada, a sada se on neprekidno povećava. Najpoznatiji svetski proizvođači vagona i drugih vozila zahtevaju radni vek rasporednika 6 godina, saglasno UIC normativima, gde nakon ovog perioda dolazi do remont svih gumenih delova. Istraživanja, koje će biti sprovedena u ovoj disertaciji su usmerena ka cilju dostizanja svetskih zahteva vezanih za pouzdanost i radni vek rasporednika.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

Teretna kola predstavljaju osnovna vozna sredstva kojima se obavlja železnički prevoz robe i ostvaruje glavni prihod svake železničke uprave. Od njihove mobilnosti (ispravnosti i savremenosti) i masovnosti zavisi poslovni uspeh železnice, ranije čudno što se pitanjima modernizacije, standardizacije i unifikacije teretnih kola bave sve železničke uprave kroz Međunarodnu uniju železnica prvenstveno, a i u okviru programa sopstvenog razvoja.

Jedna od komponenta teretnih kola koja uslovljava njihovu primenu u eksploataciji u unutrašnjem i međunarodnom saobraćaju, a pretstavlja i osnovni faktor njihovog bezbednog kretanja, je kočnica.

Da bi se ostvario osnovni cilj, tj. obavio što veći obim prevoza robe, teži se ka što dužim vozovima u pogledu broja osovina, što većoj nosivosti pojedinih kola, kao i što većim brzinama prevoza. Jasno je da iz ovoga proizlaze povećani zahtevi u pogledu karakteristika kočione opreme.

Treći milenijum karakteriše razvoj sve složenijih proizvoda, sa većim stepenom savršenstva, sa povećanim zahtevom u pogledu radnih i drugih karakteristika. Od takvih proizvoda se zahteva povećana pouzdanost funkcionisanja. Pouzdanost nekog proizvoda je verovatnoća da će proizvod radeći u zadatim uslovima uspešno izvršavati zahtevanu funkciju cilja u toku zadatog perioda vremena. Najjednostavnije se može odrediti pouzdanost nekog proizvoda na osnovu ustanovljenih otkaza proizvoda u eksploataciji. Međutim, moguće je već u fazi razvoja odrediti očekivanu pouzdanost.

Sa odgovarajućim analizama pouzdanosti, može da se prognozira pouzdanost proizvoda i mogu da se utvrde slaba mesta konstrukcije. Pri analizi pouzdanosti koriste se kvantitativne i/ili kvalitativne metode. Kvantitativne metode koriste pojmove i postupke matematičke statistike i teorije verovatnoće. Ove matematičke discipline su omogućile razradu specijalnih metoda proračuna osnovnih pokazatelja pouzdanosti. Kao kvantitativne metode koristi se Bulova teorija i teorija Markova. Kvalitativne metode u analizi pouzdanosti imaju zadatak da se sistematski istraže posledice greška i otkaza. U grupu kvalitativnih metoda spadaju metode FMEA / FMECA (Failure Mode and Effects Analysis / Failure Mode, Effects and Criticality Analysis) i analiza stabla otkaza FTA (Fault Tree Analysis).

1.2. Cilj istraživanja

Sigurno i bezbedno funkcionisanje u eksploataciji, povećanu efikasnost u pogledu dužine zaustavnih puteva, povećan stepen unifikacije u cilju zamenljivosti, bez obzira na

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

upravu sopstvenika kola, smanjenje uloge čoveka u pogledu rukovanja menjačima sile kočenja, otkočnim uređajima.

Glavni ciljevi istraživanja u okviru doktorske disertacije su:

- Istraživanje strukture rasporednika koji se koriste u vagonskoj industriji;
- Sistematsko identifikovanje svih mogućih kombinacija uzroka koji vode neželjenom događaju;
- Određivanje faktora koji najozbiljnije utiču na pouzdanost rasporednika i primena potrebnih mera za povećanje pouzdanosti;
- Prepoznavanje i procenjivanje potencijalnih otkaza rasporednika i njihovih posledica;
- Određivanje mera i aktivnosti za eliminisanje, ili smanjenje mogućnosti pojave otkaza;
- Dokumentovanje ovog postupka;
- Definisanje uzorka na kome će se vršiti laboratorijsko uspitivanje rasporednika;
- Laboratorijsko ispitivanje pouzdanosti rasporednika u firmi Wabtec MZT-a i u saobraćaju;
- Analiza pouzdanosti rasporednika;
- Predlog mogućih konstrukcionih izmena na rasporedniku u pravcu veće pouzdanosti, odnosno dužeg radnog veka.

Realizacijom ciljeva ove doktorske disertacije kroz primenu pomenutih naučnih metoda, dobiće se rezultati koji imaju i teorijski i aplikativni značaj.

1.2. Metode istraživanja

Optimizacija konstrukcije **Rasporednika Tip MH3HBG310, sa kat. br. K - 631.501** se sprovodi s ciljem smanjenja njene mase i povećanja radnog veka, uza zadovoljenje propisanih kriterijuma funkcionisanja jer se smatra da je konstrukcija dovoljno sigurna ako su zadovoljeni svi kriterijumi propisani pravilima klasifikacijama. Međutim, kriterijumi propisani pravilima klasifikacijskog društva pretpostavljaju da su svi promenlivi (dimenzije i karakteristike materijala strukturnih elemenata konstrukcije rasporednika kao i opterećenja koja djeluju na rasporednik) determinističke veličine. Pri tome se sve neizvjesnosti uzimaju u obzir preko faktora sigurnosti/stepena iskoristivosti, što rezultira sigurnom ali i teškom t.e.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

ekonomski manje isplativom konstrukcijom rasporednog sloga.

S druge pak strane, teorija pouzdanosti konstrukcija pretpostavlja da su parametri slučajne veličine t.e. na taj način racionalnije razmatra neizvjesnosti koje se javljaju prilikom projektiranja. Javlja se potreba za razvojem novih, manje zahtjevnih metoda za analizu vjerojatnosti koje će se dovoljnom tačnošću zahtjevati značajno manji broj evaluacija a samim time i manje računalno vrijeme. Takve metode trebale bi omogućiti višekriterijsku optimizaciju (s npr. dva cilja -smanjenje mase i povećanje sigurnosti) koja će iznaći projekte koje karakterizira što veća sigurnosti u radu.

Za veliku većinu aktualnih tipova **raspredelitelja** zadovoljenje kriterijuma tražene granične pritiska, za optimalni rad, kao i za sigurnosti vagona u saobraćaju, u smislu analiza pouzdanosti (*eng. reliability analysis*), s obzirom na graničnu traženog pritiska za kontinuirani rad raspredelitelja može smatrati najprikladnijom globalnom mjerom sigurnosti (*eng. safety measure*) funkcija vagona, kočenje i otkočivanje kada je to potrebno.

Novo razvijena metoda bila bi pogodna za razne projektne procedure. Na primjer, višekriterijalna projektna metodologija koja koristi sigurnost kao cilj [5] zahtijeva brz i učinkovit algoritam za analizu pouzdanosti. Analiza pouzdanosti se provodi unutar više projektnih zadataka o efikasnosti algoritma za analizu pouzdanosti.

Također se analiza senzitivnosti (osetljivosti), kao standardni dio kvalitetnog projektnog procesa, koristi za određivanje informacije o stabilnosti rješenja te informacije o potrebnoj parametara razmatranog problema te zaključaka s tim u vezi [6]. Takva procedura također zahtjeva primjenu brze i jednostavne metode za analizu pouzdanosti.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA U OBLASTI KOČENJA
TERETNIH VAGONA

Razvoj novih proizvoda uključivanjem analize pouzdanosti proizvoda doprinosi poboljšanju kvaliteta onih koji rezultiraju produženim radnim vekom, a samim tim i rastom kompanija, što utiče na dobit koji je ključni faktor poslovnog planiranja. Veliki značaj primene aspekata pouzdanosti u analizi životnog ciklusa proizvoda za razvoj novih proizvoda doprineo je usmeravanju velikog broja istraživača u ovoj oblasti [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13], a takođe određeni broj istraživača su navedene za istraživanje razvoja novih proizvoda [14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21]. Tipičan primer takvih istraživača je autor Kim [15], koji je objavio svoje dugogodišnje istraživanje i iskustvo u knjizi „Kroz imitaciju inovacijama - dinamika tehnološkog razvoja Koreje“. U ovoj knjizi autor ispituje ključnu ulogu koju je razvoj tehnologije odigrao u dramatičnoj transformaciji Južne Koreje, koja se u poslednje tri decenije transformisala iz poljoprivrede zasnovane na poljoprivredi u visoko industrijalizovanog globalnog konkurenta. Istraživač Kim identifikovao je model u kojem korejske kompanije kupuju strane tehnologije, preuzimaju i poboljšavaju te tehnologije, a zatim ulazu u sopstvena istraživanja i razvoj.

Razvoj železničkog saobraćaja potiče iz 19. veka, ali u poslednjih 50 godina došlo je do značajnog porasta tempa razvoja železničke industrije. Osnova za razvoj u železničkoj industriji predstavlja uvođenje novih proizvoda i inovacija, kojima su se pozabavili brojni istraživači širom sveta [22, 23, 24, 25]. Istraživači Thurner i Greshman [22] fokusirali su se na upravljanje železničkim inovacijama. Autori Muller, Liedtke i Lobig [23] analizirali su inovacije teretnih vagona u Evropi, a autori Božičnik i Schliephake [24], koji su istraživali tehnološke perspektive inovacija teretnih železnica, smislili su sličnu vrstu istraživanja. Istraživač Kampezik [25] obratio se inovacijama za poboljšanje sigurnosti u železničkoj infrastrukturi. Sa razvojem železničkog saobraćaja pojavile su se veće potrebe za razvojem tehnika kočenja. To je dovelo do povećanog interesovanja za dizajn i analizu kočionih sistema šina od strane pojedinih istraživača [1, 26, 27, 28]. Istraživači Chari i Khan [26] su se fokusirali na analizu i razvoj modifikovanog dizajna konvencionalnog sistema kočenja tereta. U razvoju novih sistema u železničkom saobraćaju, simulacije koje su ključne za sprovođenje velikog broja anketa imaju ključnu ulogu [1, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39]. Autori Veidemann [31] i Netter, Schupp, Rulka i Schroeder [37] navode karakteristične primere softverskih simulacija metodom konačnih elemenata (MKE). Autor Piechoviak [34, 35] fokusirao se na istraživanje modela i metoda za analizu šinskih vozila. Istraživači Torstensson,

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

Pieringer i Baeza [40] predlažu model za predviđanje nivoa buke koji nastaje tokom procesa kočenja. Pugijevo istraživanje [32, 38] ima za cilj optimiziranje simulacije željezničkih sistema. Autor Vernarsson [1, 29, 30] usredsredio se na istraživanje i simulacije u području temperatura kočenja koje nastaju kao rezultat trenja kontakta između točkova i kočionih papuča.

S obzirom na to da funkcionalnost velikog broja šinskih sistema kočenja zavisi od trenja između točkova i kočionih papuča, brojni istraživači su se fokusirali na analizu ovog problema [41, 42, 43, 44]. U direktnoj vezi sa trenjem je potrošnja materijala za trenje koju su proučavali kasniji istraživači [45, 46, 47]. Autori Hamdaoui i Jaddi [42] su se fokusirali na efekat trenja na kočione papuče na oštećenja šine. Autori Lee i Kang [43] istraživali su uticaj promjenljivog koeficijenta trenja na funkciju kočnog sistema za šinska vozila. Istraživači Triono, Ign i Brodjonegoro [44] fokusirali su se na proučavanje i merenje koeficijenta trenja kočionih papuča. Autori Lu, Chen, Ku i Zhang [45] istražuju potrošnju kočionih papuča i kočionih točkova koristeći kompozitne kočne papuče s visokim koeficijentom trenja. Istraživači Ozsaras, Aslanlar, Varol i Ekici [46] analizirali su uticaj vlažnog i suvog stanja kompozitnih kočnih papuča na njihovo trošenje kočenja. Autori Ku, Zhang, Lu i Liu [47] su sproveli istraživanje uzroka ekscentričnog trošenja kočnih papuča virtuelnim eksperimentima. Analiza dinamike željezničkih vozila jedan je od najvažnijih faktora u razvoju kočnih sistema. Ova vrsta analize predmet je istraživanja mnogih autora [48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61].

Autori Aimar i Soma [48] proučavali su dinamiku teretnih željezničkih vozila, a istraživač Miamlin [49] usredsredio se na korišćenje računarskog dizajna (CAD) za kreiranje 3D modela koji analiziraju dinamiku šinskih vozila. Glavni fokus autora Šarme [50, 51] je proučavanje dinamike željezničkih vozila. Glavni predmet istraživanja Pugija, Fiorovantija i Rindija [53] je modeliranje uzdužne dinamike za teretne vozove za vreme kočenja. Istraživač Dhanasekar [54, 55] usredsredio se na analizu uticaja kočenja na dinamiku zaustavljanja i vagona. Istraživanja Vu, Chi, Gao, Kei i Zhu [60] bave se dinamikom željezničkih vozila koja su tokom zemljotresa prelazila most. Autori Vu, Luo i Cole [61] istraživali su uzdužnu dinamiku i analizu energije u željezničkim vozilima. U uskoj vezi sa dinamikom željezničkih sistema je i pojava zamor materijala u tim sistemima. Autori Haidari i Teherani [62] istraživali su zamor materijala u šinama, podložnim mehaničkim i toplotnim opterećenjima. Pored dinamike, vrlo je važno da kočioni sistemi rade pravilno u različitim vremenskim uslovima. Iz

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

tih razloga, istraživači Olofsson, Sundh, Bik i Nilsson [63] analizirali su uticaj snega na performanse kočionih sistema u železničkim vozilima.

Pouzdanost proizvoda igra ključnu ulogu u određivanju njegovog uspješnog tržišnog udjela. S obzirom da je pouzdanost šinskih sistema direktno povezana sa sigurnošću, koja je uvek u prvom planu, na ovom je području urađeno više istraživanja [64, 65, 66]. Istraživači Chaubei i Raut [64] su se fokusirali na analizu pouzdanosti kočnica papuče.

Preuzeta je dostupna literatura o ovoj temi i u literaturi postoji značajan broj objavljenih radova o kočionih uređajima za teretne vagona.

Ogroman istraživački napor je usmeren na upravljačka jedinica (rasporednik sa nosačom i AKR ventilima) pneumatske kočnice koja se naziva i kočionom grupom obezbeđuje efikasan spoj između kočione cevi, cilindra, lokalnog rezervoara i uređaja za opterećenje ako je potrebno za sve vrste teretnih vagona iz proizvođača FAIVELEY Transport (SAB WABCO). Uređaj je opremljen odgovarajućim ventilom distributera (rasporednika) svetske klase koji ispunjava sve zahteve UIC standarda. Izgrađen oko ventila za distribuciju, jedinica je potpuno konfigurisana da odgovara tačnoj potrebi teretnih vagona, sa ili bez merni ventila ili knik ventila i povezanih sa EP kočnim modulom [67].

Autor Cătălin Cruceanu iz Univerziteta POLITEHNICA iz Bukurešt, Romania [68] u svojoj studiji „Train Braking“ kaže da analizirajući evoluciju procesa usled toga komanda za kočenje izvedena postavljanjem pneumatske veze između kočione cevi i atmosfere kroz kočioni ventil vozača, Karvatski (1950) je identifikovao sljedeće faze: širenje vazdušnog talasa duž kočione cevi, a zatim pad pritiska određuje uzastopno aktiviranje svakog distributera vazdušne kočnice u skladu sa svojom osjetljivošću i naknadnim povećanjem pritiska u kočionim cilindrima u skladu sa karakteristikama punjenja.

U studiji “Concluding Technical Report” iz autora Adam Beagles, stanja vagona i sistema pruge se prate korišćenjem simulacije događaja o grešci. Model omogućava detaljne analize varijacije performansi RAMS tehničkog sistema tokom vremena, s obzirom na različite operativne i logističke situacije. Tokom simulacije, operacije generišu događaje neuspjeha, što zauzvrat zahtijeva održavanje, akcije i druge resurse. Prva faza je pojednostavljenje i karakterizacija staze i karavan. Ovo podrazumijeva opis strukture razgradnje tehničkog sistema i ekstrakcije karakteristika dizajna relevantnih za studiju RAMS-a [69].

Kočnica je suštinska karakteristika kako bi se zadržalo i zaustavilo željezničko vozilo u najkraćem mogućem vremenu. Rad “Braking Systems in Railway Vehicles” sa autorima Rakesh Chandmal Sharma, Manish Dhingra i Rajeev Kumar Pathak predstavlja diskusiju o

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

različitim kočionim sistemima koji se koriste u železničkim vozilima. Ovaj rad takođe razmatra kočenje vozova, što je od posebnog značaja u brzim vozovima. U ovoj studiji data je proračun za zaustavljanje udaljenosti za željeznička vozila [70].

Tehnologija lidera u razvoju rasporednika, dugogodišnje iskustvo u kombinaciji sa novim, kontinuiranim razvojem i istraživanjem i prepoznavanjem potreba smanjenja troškova životnog ciklusa pomoglo je u uspostavljanju Knorr-Bremse-a kao vodećeg distributera tehnologije ventila. Na primer, ventilski ventil Knorr-Bremse KE je izuzetno popularan na jačem evropskom tržištu UIC-a i nakon što se potvrdio da je ventil postao sinonim za apsolutnu pouzdanost, odnosno pneumatske kočnice imaju u svom srcu distributivni ventil. Oni reaguju upravo na promene pritiska kočione cevi i obezbeđuju odgovarajući pritisak kočionog cilindra. Savremeni ventili su sofisticirani delovi tehnologije, koji omogućavaju kočenje zavisno od opterećenja za različite vrste kočenja. Milioni ovih ventila se svakodnevno koriste širom svijeta, ali oni nisu "univerzalni" proizvod, različiti regioni imaju različite standarde koji su uspostavljeni tokom godina i nisu kompatibilni jedni s drugima [71].

Freight car, novine firme proizvođača daje novost vezano za kočnice i kočne uređajima u tokom vremena da Knorr-Bremse, je kombinovao svoje iskustvo i stručnost u teretnom kočenju kako bi razvio nove sisteme dizajnirane da korisnicima pruže još veći nivo performansi, pouzdanosti i sigurnosti uz niskim troškovima životnog ciklusa. Na osnovu modularnog koncepta, svako od pojedinačnih aplikacija za teretno kočenje koje je dizajnirao Knorr-Bremse osigurava da su parametri kao što su podešavanja pritiska, karakteristične krive i kočne kalkulacije prilagođene kako bi tačno odgovarale specifičnim operativnim zahtevima kupca [72].

Westinghouse u svojoj izlaganje u časopisu daje kratak opis Trostrukog ventila (rasporednik). To je najfunkcionalnija oprema sistema i naziva se kao "Mozak sistema". Osećava varijacije pritiska i radi automatski kako bi se obezbedilo korišćenje kočnice, kao i oslobađanje. Povezan je sa kočionom cjevčicom kroz sakupljač prljavštine. Takođe je povezan sa rezervoarom za kontrolu, kočionim cilindrom i pomoćnim rezervoarom [73].

Autor S. Salim Malik iz KSRM COLLEGE OF ENGINEERING, Kadapa, India, kaže da kočnice se koriste na trenerima železničkih vozova kako bi se omogućilo usporavanje, kontrola ubrzanja (nizbrdo) ili da ih zadrže kada se parkiraju. Iako je osnovni princip sličan sa drumskim vozilom, upotreba i operativne karakteristike su složenije zbog potrebe za kontrolom višestrukih povezanih vagona i efikasnosti na vozilima koja su ostala bez glavnog pokretača. U kontroli bilo kog kočionog sistema važni faktori koji regulišu kočenje u bilo kom vozilu su

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

pritisak, površina u kontaktu, količina proizvedene topline i koćioni materijal koji se koristi [74].

Autori iz Northern Railway Carriage Wagon Jagadhri Workshop (A Unit Of Indian Railway) oko koćione uređaja i ponašanje tri pritisni ventila (rasporednika) objašnjava funkciju raspredelitelja [75].

Performanse i pouzdanost železničkih koćionih sistema utiĉu na različite naćine kako vozila tako i karakteristike dizajna infrastrukture. Na primer, dizajn koćnih krivulja ATP i ATC sistema ukljućuje procenu usporavanja voza sa marginama sigurnosti na osnovu proućavanja rasporeda koćenja po različitim parametrima (raspoloživi faktor adhezije, različita kompozicija voza itd.). Na tipićne performanse vozila, kao maksimalnu brzinu, moće uticati pouzdanost koćionih sistema. Još jedan kljućni faktor koji utiĉu na karakteristike i performanse koćionog sistema je interoperabilnost u pogledu poštovanja kompozicije i spajanja razlićitih vozila. Tehnološki razvoj kao što je uvođenje razlićitih oblika elektropneumatskih koćnica uvode dodatne industrijske izazove. Optimizovana kombinacija komercijalnih dostupnih simulacionih alata, terenskih testova i hardvera u opremi za testiranje petlje moće biti pravi kompromis ubrzati uvođenje inovativnih tehnologija smanjućući troškove i povećanje sigurnosti, performansi i ekonomsku konkurentnost željeznićkog transporta. Autori su radili na nekoliko aspekata simulacije železnićkih koćionih sistema za različite primene iz HIL testiranja mehatronićkog uređaja kao što je VSP ili preklapanje hitne koćnice (EBO) do potpune simulacije kompletne pogonske kola za voza za simuliranje kašnjenja uvedenih od strane signala širenje duć koćione cevi i ponašanje celog sistema za koćenje voza. Zapravo, različiti pristup mora da se prati za različite vrste primene, jer nivo detaljnosti i vrsta potrebnih rezultata moće biti veoma razlićit [76].

Autori iz indiske železnice u knizi Handbook on Air Brake System of Freight Stock, CAMTECH 2011-12/M, daje prikaz rada modificiranog raspredelitelja koja omogućava poboljšanje (bolje performanse) [77].

Autori L.Pugi, A.Palazzolo i D.Fioravanti u nivni trud „Simulation of railway brake plants: an application to SAADKMS freight wagons“ daju konkretni opis za sistem željeznićkog koćenja UIC koji je sloćena pneumatska postrojenja ćija su performanse i pouzdanost vaćni za sigurnost. Postrojenje se kontroliše prenosom pneumatskih signala; različite kompozicije vozova ukljućuju velike parametrićke varijacije reakcije biljke. Problem je kritićan za dućgaćke teretne vozove gde odziv odzivnog edplanta ukljućuje teške uzdućne snage izmeću vozila. Ćak i za jednostavne kompozicije od 10-15 vozila, broj komponenti koji

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

su uključeni u reakciju biljaka je dosta visok. Distributivni ventil, kompleksni pneumo-mehanički uređaj, posvećen je kontroli kočnog odgovora na svakom vozilu i možda je najviše difuzna komponenta koja se simulira. Autori su razvili simulacijske modele pneumatskog postrojenja UIC železničke kočnice, uključujući biblioteke pneumatskih podmodela koje se mogu parametrično kalibrirati kako bi se reprodukovale različite kompozicije vozova. U ovom radu predstavljena je studija slučaja u vezi sa simulacijom konvoja sačinjenog od teretnog vagona SAADKMS. Rezultati simulacije upoređeni su sa eksperimentalnim podacima koje je dobila Trenitalia SPA [78, 79].

Autor B. SATHISH KUMAR, u International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) prikazuje glavni fokus projekta vezano za proučavanje brzine kvara distributivnog ventila koji se koristi u opremi za kočenje vazduha i srodnim obrascima kvarova. Osim ove informacije, možemo podstaknuti optimalno rješenje kako bismo smanjili vrijeme rada uređaja zbog nedostatka rezervnih dijelova i održavali optimalnu listu rezervnih dijelova kako bismo smanjili inventar na rezervnim dijelovima i troškovima kako bismo smanjili troškove i vrijeme remonta [80].

A. Ramana Chary i MD Ezaz Khan iz Department of Mechanical Engineering, MOTHER THERESSA COLLEGE OF ENGINEERING & TECHNOLOGY, Peddapalli, Karimnagar, TS, India, daje prikaz oko konstrukcija i analiza na vazdušni kočioni sistem. Pokretni voz sadrži energiju, poznatu kao kinetička energija, koja treba ukloniti iz voza kako bi se to zaustavilo. Najjednostavniji način za to je pretvaranje energije u toplotu. Konverzija se obično vrši primenom kontaktnog materijala na rotirajuće točkove ili na diskove pričvršćene na osovine. Materijal stvara trenje i pretvara kinetičku energiju u toplotu. Točkovi usporavaju i na kraju voz se zaustavlja. Materijal koji se koristi za kočenje je obično u obliku bloka ili podloge. Velika većina svetskih vozova opremljena je kočionim sistemima koji koriste komprimovani vazduh kao sila za pomeranje blokova na točkove ili podloge na diskove [81].

Autor SAMRIDDHA SHIL, u svoji projekat PROJECT REPORT ON AIR BRAKE SYSTEM & OTHERS, daje prikaz za SAB WABCOv rasporednik tipa C3W dizajn tip aluminijuma / livenog gvožđa i Tip čelika Željeza [82].

Uvođenje integrisanih (kompaktnih) kočionih sistema otvorilo je novo poglavlje poboljšanja performansi teretnih vagona, efikasnosti, smanjenja težine i buke, jednostavnije ugradnje, smanjenja instalacionog prostora, niže operativne troškove i smanjene održavanja. Zbog svih ovih koristi od korišćenja integrisanih sistema kočnica, mnogi proizvođači opreme za željeznu kočnicu razvili su svoje vlastite kompaktne sisteme kočenja. U ovom radu opisana

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

je upoređivanje klasičnog (konvencionalnog) sistema kočenja i integrisanog sistema kočnice tipa IBB 10 od proizvođača opreme Wabtec MZT [83].

Pneumatske kočnice imaju u svom srcu distributivni ventil. Oni reaguju upravo na promene pritiska kočione cevi i obezbeđuju odgovarajući kočioni pritisak u cilindru. Savremeni ventili su sofisticirani delovi tehnologije, koji omogućavaju kočenje zavisno od opterećenja za različite vrste kočenja. Pouzdanost distributivnog ventila je izuzetno važna za funkcionisanje sistema vazdušne kočnice. Istraživanje je izvršilo analizu pouzdanosti distributivnog ventila na osnovu sakupljenih uslova za otkazivanje distributivnog ventila [84, 99].

U radu "Model for Analysis and Reliability Calculation of Distributor Valve" predstavljeni su rezultati analize stabla distributivnog ventila. U prva dva dela dat je kratak opis i postupak analize drveta stabala. Na osnovu dostupne literature vrši se analiza strukture i vrsta funkcionisanja posmatranih objekata. Složenost distributivnog ventila prouzrokovala je poseban pristup u formi i analizi drveta. U zaključku je opisana važnost propisnog otkrivanja i sprečavanja potencijalnih uzroka neuspjeha distributivnog ventila [85].

U radu "Reliability analysis of distributor valve of air brake system for freight wagon" su predstavljeni rezultati analize stabla otkaza rasporednika. Dati su ratki opis i postupak analize stabla otkaza. Pouzdanost rasporednika izuzetno je važna za funkcionisanje sistema pneumatske kočnice. Rasporednik treba da reaguje na promene pritiska kočione cevi i da obezbedi odgovarajući pritisak u kočnom cilindru [100].

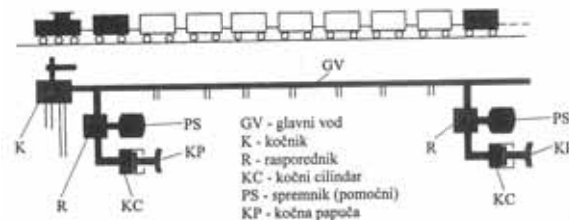
U radu "Validation testing of innovative brake system for freight wagons" izvršeni su testove validacije inovativnog sistema kočenja za teretne vagon. S obzirom na to da je kočni sistem od velike važnosti za bezbednost železničkog transporta i da je izložen velikim statičkim i dinamičkim opterećenjima u spoljnim uslovima, sprovedena je serija ispitivanja za potvrđivanje kočionog sistema. Ispitivanje kočionog sistema izvršeno je na specijalizovanim ispitnim stazama kako bi se proverilo da li su ispunjeni tehnički zahtevi. Rezultati ispitivanja validacije inovativnog sistema kočenja su pozitivni [101].

U dostupnim radovima koji se bave sa železničkih oprema, može se konstatovati da nije poznato da se do sada radilo na istraživanje i unapređenje konstrukcije rasporednika kočionog sistema za teretne vagon sa aspekta pouzdanosti. Zato će se u ovom radu dati određeni doprinos u ova oblasti istraživanje.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

3. TEORIJSKA RAZMATRANJA

3.1. STUDIJA I ANALIZA POSTOJEĆIH KONSTRUKCIJONIH REŠENJA I
IDENTIFIKACIJA DOMINANTNIH UTICAJNIH PARAMETARA NEOPHODNIH
ZA PRORAČUN STRUKTURNIH ELEMENATA RASPOREDNIKA



Slika 6 - Djelovanje rasporednika u povrzanim vagonima

U ovaj doktorat opisani su rasporednici sa tri radnim komorama (osim postepenog kočenja koje je moguće kod rasporednici koji imaju dva radni komora, sa tri radnim komorama omogućavaju i postepeno otkočavanje) (Slika 6).

Do I. svjetskoga rata vozovi u Europi bili su kočeni ručno. U SAD-u pak i teretni vozovi već tada su bili kočeni vazdušnim kočnicama. Godine 1913. kod nas na pruzi Lič - Rijeka bili su obavljani pokusi s kočnicom *Westinghouse*. Bile su rađene i pripreme za iskušavanje kočnice *Kunze-Knorr*, ali zbog početka svjetskoga rata do toga iskušavanja nije bilo došlo.

Najvažniji izvršni uređaj zračne kočnice jest rasporednik. Njegova zadaća u postupku kočenja vozova. Kako mu govori naziv, rasporednik raspoređuje prolazak vazduha u druge kočne uređaje i iz njih.

Prvi rasporednik sa tri radnim komorama koji je udovolio postupnog otkočavanja i neiscrpivosti bio je patentirano u Engleskoj, godina 1892, no izumitelj Humphry taj svoj izum nije uspeo primjeniti u praksi. Kod rasporednika sa dva radnim komorama, komora u glavnom vodu i komora za pomoćnog rezervoara bili su na jedne strane, a komora u kočnom cilindru druge strane, dokle se kod rasporednika sa tri radnim komorama pojavljuju se i promena kod radnoj komori. Upravo u radnoj komori kod otkočavanja omogućava se prekidni položaj, a to je položaj za svaki stepen otkočavanje. Taj prekidni položaj, znači to da ako vagon otkočimo samo malo, neće doći do potpunog otkočavanja, nego onoliko koliko je potrebno i tu će

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

otkočivanje stati. Time je otklonjena opasnost koja postoji kod otkočivanja iscrpnim kočnicama, t.e. da se nakon višekratnog zakočivanja i otkočivanja bez vazduha ostane upravo onda kada je najpotrebniji. Međutim, kočnica sa jednim stepenom otkočivanja, t.e. sa dva radnim komorama, imaju tu prednost što je otkočivanje mnogo brže. Ta prednost pred rasporednicima koji otkočuju postupno važna je kod vožnje dugačkih teretnih vagona koje valja otkočiti brže. Zbog toga se rasporednici koji mogu otkočivati brže i u jednom stepenom rade kod železnica u SAD i u Rusiji, gdje je uobičajeno voziti teške teretne vagonne mase do 10000 tona i dugačke nekoliko kilometara. U Evropi kod željeznica UIC'ovih normativima, isključivo primenjuju se rasporednici sa tri radnim komorama, šta znači rasporednici sa postupnim otkočivanjem, dakle neiscrpnim rasporednicima. Otkočivanje teretnih kočnica sa tri radnim komorama traje i dalje od minute. Otkočivanje kod kratkih vozova nije tako velik problem.

Na vozila u svetu ugrađena je mnogo tipova rasporednika sa tri radnim komorama, sa mogućnosti postupnog otkočivanja, što ih je konstruiralo više proizvođača. U ovaj doktorat spomenete su one koja je primjena je raspostranjena ili koji su važni za razvoj kočnica. Kod svih tih rasporednika odnos između rad. pritiska je isti: pritisak u radnoj komori jednak je promjenjivim pritiskom u glavnom vodu i u kočnom cilindru. To je smisao ravnoteže pritiska. Radni pritisak u radnoj komori odgovara zbiru pritiska u glavnom vodu i pritiska u kočnom cilindru. Ako se sniži pritisak (u rasporednicima riječ je zapravo o silama, t.e. o pritisku na određene površine) u glavnom vodu, tada se mora povišiti pritisak u kočnom cilindru i obrnuto, jer jedino tada biva uspostavljena ravnoteža sa radnom komorom [86].

Predmet istraživanja je rasporednik tipa Oerlikon, za koji je spominut istorijski razvoj, njegove konstruktivne izmene o zavisnosti karakteristika vagona, nivno opterećenje, potrebno vreme za kočenje, kao i ekonomski isplativo održavanje, saglasno UIC normativima.

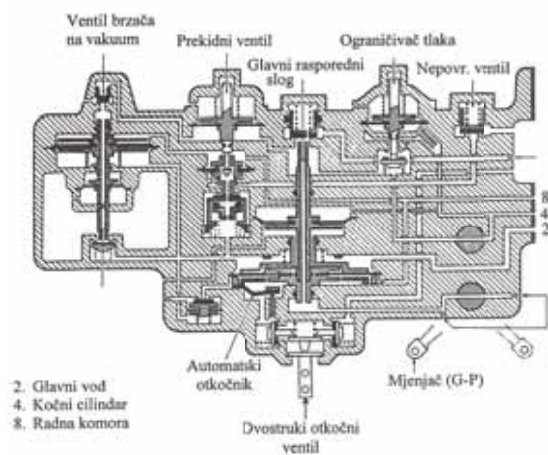
Rasporednici OERLIKOM EST 3e i **OERLIKON** EST 3f bit će opisani iz više razloga:

- imaju gotovo ista svojstva i oblik kao i drugi **MZT-ovi** rasporednici **Oerlikon**, a ugrađeni su gotovo na sve HŽ-ove vagonne (voznike). Samo stari vagoni imaju druge rasporednike (*Božić, Hildebrandt-Knorr,...*).

- rasporednik **Oerlikon EST-3f** zbog mjenjača G-P (teretni - putnički) moguće je ugrađivati na sva vozila, pa ga ima i na vučnim vozilima

- u usporedbi s rasporednicima **Oerlikon EST 3e** i **Oerlikon EST 3d** rasporednik **Oerlikon EST 3f** ima bolje rješenje ventila brzaca i prilagođen je za glavni vod o 5/4 koji imaju sva nova vučena vozila.

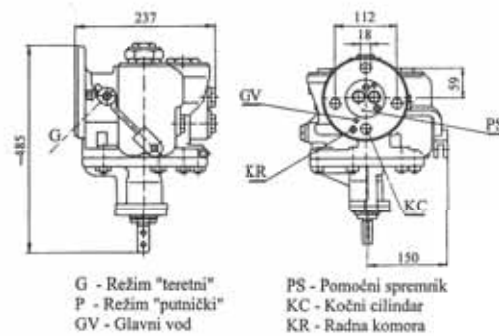
ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI



Slika 7 - Šema rasporednika Westinghouse W-C3W

Proizvođač kočnica **Oerlikon** iz Züricha danas je u sastavu firme **Knorr-Bremse** iz Münchena kao sestrinska firma, a proizvođač kočnica **MZT-Hepos** iz Skoplja kočnice **Oerlikon** i dijelove za njih proizvodi samostalno i u vlastitu razvoju. No, činjenica je da postoji velik broj rasporednika i drugih kočnih uređaja sustava **Oerlikon** te da ima razvijenih i novijih uređaja pogodnih za ugradbu na najmodernija vozila upravljana elektronički. Veliki su razlozi i zahtjevi za to da taj rasporednik (i drugi uređaji koji rade s njim) u ovoj knjizi bude opisan potanko. Rasporednike **Est 3e** i **Est 3f** potrebno je predstaviti i zbog njihova održavanja. Noviji od rasporednika **Est 3f** (Slika 8) jesu rasporednik **Est 3g** (primjenjuje se na vozilima u vlasništvu nekih susjednih željezničkih uprava) i rasporednik **Est H**. Razvoj tih rasporednika tekao je usporedo s rasporednicima **Charmilles**, kojima su po mnogo čemu slični. Rečeno ukratko, rasporednici **Oerlikon** prihvaćeni su u pogledu UIC-ovih zahtjeva za većom probojnom brzinom, boljim brtvljenjem, ograničenjem tlaka u kočnom cilindru i drugim.

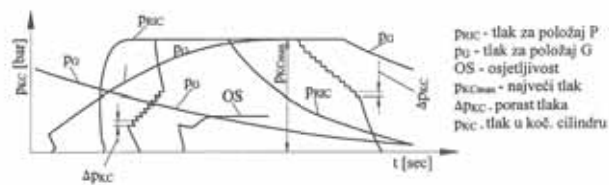
ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI



Slika 8 - Crtež rasporednika Est 3f HBG-3

Razvoj rasporednika Oerlikon tekao je:

- od rasporednika *USt* - Universal Steuerventil
- do rasporednika *ESt* - Einfaches Steuerventil.



Slika 9 - Dijagram ispitivanja rada rasporednika Est 3f HBG-3

Od rasporednika *ESt* razvijan je:

- *ESt-1* s mjenjačem ravnica - pad (kao kod rasporednika *W-Lu*)
- *ESt-2* kao preteča svim kasnijim rasporednicima izrađenima i iskušanima nakon godine 1948.

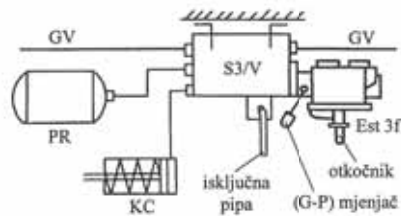
Tako postoje osnovni tipovi rasporednika *Oerlikon*:

- *ESt* - za teretne vagon (voznike)
- *ESt/A* za samopodešavanje kočne sile prema teretu

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

- *Est R* za kočenje u dvama stupnjevima s povišenim tlakom.

Godine 1950. UIC je prihvatio *Oerlikonove* rasporednike *USt*, *Est 3*, *Est 4*, *Est/A*, i *Est/R*. Na HŽ-ova vozila kočnica *Oerlikon* počela se ugrađivati nakon godine 1954. kao rezultat odluke ondašnje Glavne direkcije Jugoslavenskih željeznica. Kočnica *Oerlikon* bila je izabrana između predloženih kočnica *Dako*, *Knorr* i *Oerlikon*. Poboľšanja i udovoljavanje zahtjevima suvremenog prometa vidljivi su iz oznaka od slova *a* do slova *h* (*Est 3a*, *Est 3b* ...). Na HŽ-ovim vozilima rasporednici *Est 3d* promjenom poklopca s otkočnikom bili su preinačeni u rasporednike *Est 3e*, jer rasporednici *Est 3d* nemaju automatskog otkočnika.



Slika 10 - Šema rasporednika i opreme

Rasporednici Oerlikon EST 3e i Oerlikon EST 3f

Na slici 7. vide se glavni dijelovi i uređaji takvih rasporednika, i to:

- rasporedni slog
- naskočni ventil
- zabravnik
- ubrzivač kočenja
- prekidač
- automatski otkočnik
- ograničivač cilindarskog tlaka
- mjenjač G-P.

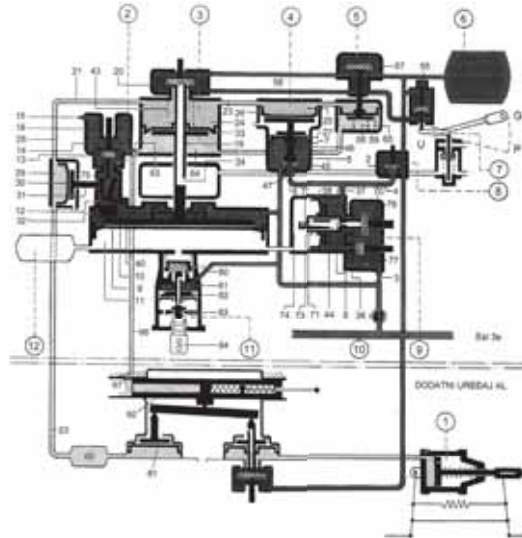
Naziv svakog od dijelova toga rasporednika govori gotovo sve o njegovoj zadaći i svrsi u djelovanju cijeloga sklopa (Slika 11).

Rasporedni slog ili sklop ima glavnu zadaću pri kočenju i otkočivanju. Ispod toga višestruko šupljeg klipa djeluje tlak radne komore, a iznad u većemu ili manjem omjeru, ovisno o procesu koji se događa, tlak glavnoga voda i kočnog cilindra.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

Naskočni ventil ostvaruje naskok, tj. prvi udarac vazduha u kočni cilindar pri kočenju. Time se ostvari brzo nalijeganje kočnih umetaka na kotače. Naskok je gotov onda kada se u kočnom cilindru dostigne tlak od 0,7 bar.

Zabravnik prekine rad ubrzivača i zabravljuje pražnjenja glavnog voda kada se u kočnom cilindru dosegne tlak od 0,25 bar. Ubrzivač kočenja, kao što mu kaže naziv, u početku kočenja glavni vod brzo prazni u okoliš. Omogućava naskok i osjetljivost rasporednika na pad tlaka u glavnom vodu.



Slika 11 - Rasporednik Est 3e/AL

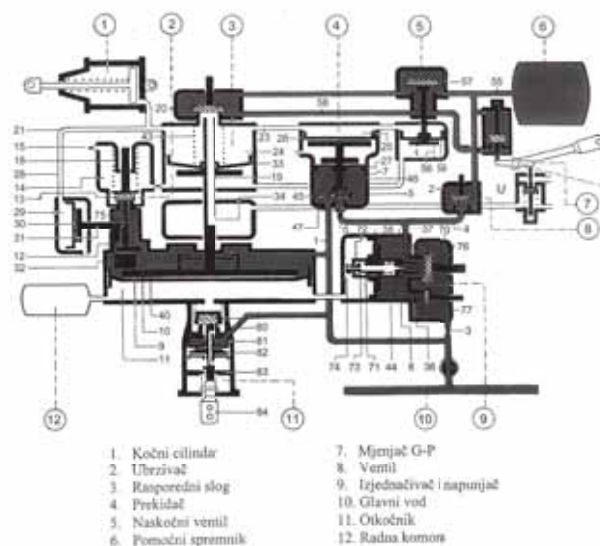
Prekidač pri kočenju, čim tlak u kočnom cilindru poraste do 0,5 bar, prekine vezu preko ventila prekidača između glavnog voda i pomoćnog spremnika. Pri otkočivanju ponovno uspostavlja tu vezu.

Automatski otkočnik služi za otkočivanje kočnice. Rasporednik *Est 3d* nije imao automatskog otkočnika, ali ga imaju rasporednici *Est 3e* i *Est 3f* te rasporednici *Est 4e* i *Est 4f*.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

Otkočuje se tako da se preko otkočnika ispušta vazduh iz radne komore. Ograničivač tlaka u kočnom cilindru onemogućava njegovo prepunjavanje tlakom višim od dopuštenoga.

Mjenjač G-P omogućava iskorištavanje istoga rasporednika za kočenje u položaju G i u položaju P. To omogućava slavina s većim otvorom u položaju P i manjim otvorom u položaju G.



Slika 12 - Rasporednik ESt 3e – punjenje

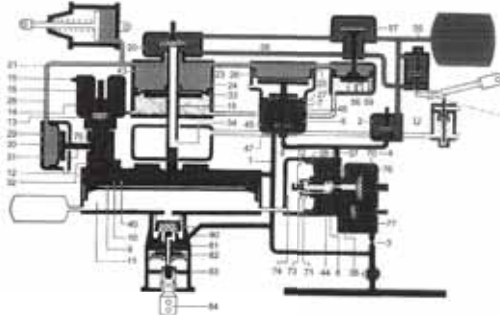
➤ Rad rasporednika

Punjenje i otkočivanje (slika 12): Komprimirani vazduh iz glavnog voda preko isključne slavine struji u prostor (10) i dalje u komoricu (7) prekidača, podigne klip i ventil (5) te preko povratnog ventila (2) kroza sisak (6) - koji određuje vrijeme punjenja pomoćnog spremnika - produlji u pomoćni spremnik. Prije nailaska na povratni ventil dio stlačenog

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

vazduha odvaja se u prostor ispred klipa napunjivača i potisne ga prema radnoj komori. Kada čelo umetka (71) dodirne oklop (74), otvori se ventil (73). Vazduh preko siska (8) - koji određuje vrijeme punjenja radne komore - u radnu komoru odlazi ventilom (73), ali i uskim kanalićem u umetku (71). Kad se pomoćni spremnik i radna komora zajedno s priključenim prostorima napune vazduhom radnog tlaka, tada je kočnica spremna.

Kočenje (slika 13): Kad se smanji tlak u glavnom vodu, tada se osjeti smanjenje i u prostoru (10) i (7). Nepromijenjeni tlak iz radne komore (11) podigne rasporedni slog u najviši položaj. Pri dizanju rasporedni klip zapne za nosač (32) kutne polužice te ga podigne. Vrh polužice zapne za nastavak ubrzivača ventila (13) i podigne ga. Vazduh iz glavnog voda prostruji u odušnu komoru (14). Kad se izravnaju tlak u komori i tlak u glavnom vodu, tada opruga zatvori ubrzivačev ventil, a to može zato što se kutna polužica nagne zapinjući za oklop. Nakon prelaska određene količine vazduha u odušnu komoru, rasporedni klip se naglo pokrene, poveća se probojna brzina i kočno djelovanje ubrzano prenosi uzduž cijelog voza.



Slika 13 - Rasporednik ESt 3e - kočenje

Pri dizanju šuplja klipnjača rasporednog sloga (19) otvori dvosjedni ventil i time napravi put vazduhu iz pomoćnog spremnika u kočni cilindar, i to jedan širokim kanalom (58) preko naskočnog ventila, a drugi kroz naskočni ventil preko siska kojim je vrijeme kočenja u mjenjačkoj slavini (U) određeno. Taj komprimirani vazduh stigne i u druge prostore u rasporedniku, i to iznad protuklipa (33), iznad klipa prekidača (26), iznad naskočnog klipa (59)

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

i ispred zabravnog klipa (30). U tim prostorima tlak se brzo povisi na 0,7 bar, a to je tlak koji svlada napon opruge (56) ispod naskočnoventila. Naskočni klip se spusti a ventil (57) dosjedne na sjedalo te spriječi dalje punjenje kočnogcilindra širokim kanalom (58). Od toga trenutka tlak u kočnom cilindru diže se sporo jer kompresovan vazduh u slavini (U) prodire samo kroz uski sisak (položaj G). Daljnji sporiji porast tlaka uvjetujejednačen razvoj kočne sile uzduž cijelog voza. Kada u samom početku snažan zračni val iz pomoćnog spremnika stigne u kočni cilindar, on se odbije i trenutačno poveća tlak iznad protuklipanaskočnog klipa. Povećanje tlaka u tim prostorima potisne oba klipa i time priguši naskok ukočnom cilindru. Vazduh iz odušne komore pod klipovima stvori trenutačne jastuke koji spriječedjelovanje povratnoga zračnog vala. Vazduh iz tih prostora otvorom (15) izlazi u atmosferu.

Dizanje rasporednog sloga u prvi mah otežavaju opruge (40) iznad rasporednog klipa (43) iznad protuklipa. Smisao toga otpora jest u tome da se pri iskorištavanju vrlo malih kočnih stupnjeva spriječi pražnjenje radne komore. Pri vožnji većim brzinama niz blage duge padove potrebne su vrlo male kočne sile. Moglo bi se dogoditi da strojovoda iz glavnog voda ispusti samo toliko vazduha da bi pri preostalom tlaku veza između glavnog voda i radne komore još ostala otvorena. Došlo bi do izravnavanja tlaka u glavnom vodu i tlaka u radnoj komori. Pri takvim opetovanim slabim kočenjima radna komora mogla bi se pomalo isprazniti. Spomenute jake opruge služe zato da se to spriječi. Zbog njih za isti slabi kočni efekt strojovoda tlak u glavnom vodu mora smanjiti jače, i to sigurno već ispod tlaka od 4,85 bar, pri čemu još postoji veza između radne komore i glavnog voda. Na taj način biva spriječeno neželjeno pražnjenje radne komore. Za željeni kočni stupanj strojovoda tlak u glavnom vodu mora smanjiti znatnije, a upravo to je poželjno jer tada se preko napunjivača prekine veza s radnom komorom i spriječi njezino pražnjenje.

Ako se tlak u glavnom vodu smanji samo za 0,08 bar, tada se šuplja klipnjača napunjivača pokrene u desno, a slaba opružica (70) odmah pritisne ventil (73) na njegovo sjedalo, pa radna komora u vezi s glavnim vodom ostaje još samo kroz uski kanalić umetka (71). Time je radna komora odijeljena od glavnog voda. Čim se tlak u glavnom vodu smanji za 0,2 bar, svlada se napon opruge (37) pa se klipnjača pomakne još u desno, a njezin šuplji završetak dosjedne na ventil (36) i spriječi vezu između radne komore i glavnog voda. Tada se preko povratnog ventila (2) odignutim ventilom (36) uspostavi veza između glavnog voda i pomoćnog spremnika. To traje za sve vrijeme kočenja i otkočivanja, a promijeni se prije potpunog otkočivanja. Kod velikih pomoćnih spremnika postojala je opasnost od toga da pri slabome početnome kočnom stupnju smanjenje tlaka iz pomoćnog spremnika preko povratnog

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

ventila (2) ne bude dosta energično preneseno u komoru ispred membrane napunjivača. U takvu slučaju napunjivač radne komore ostao bi u otvorenom položaju, pa bi se pri sporom slabljenju tlaka u nastavku radna komora praznila i kočnica bi popustila. To sprječava ventil (77) između glavnog voda i komore ispred napunjivača. Pri kočenju rad napunjivača ovisi o tlaku u glavnom vodu. Najmanji pad tlaka u glavnom vodu odmah bivaprenesen i u prostor ispred napunjivača pa se on pouzdano premjesti u prekidni položaj. U slučaju otkočivanja povratni ventil (77) sprječava prodiranje višeg tlaka iz glavnog voda.

Čim tlak u prostoru (25) iznad velikog stepenastog klipa savlada tlak iz glavnog voda na mali klip, spusti se klip u najniži položaj u kojemu ventil (5) pritisne na njegovo sjedalo. Time se za sve vrijeme kočenja i otkočivanja do pred potpuno otkočivanje trajno prekine veza između glavnog voda i pomoćnog spremnika.

Pritisak iz kočnog cilindra djeluje na zabravni klip (30), potisne ga i utvrdi u tome položaju. Time je ubrzivač isključen. Njegovo djelovanje pri malim stupnjevima kočenja nije potrebno. Kad tlačna sila iz kočnog cilindra koja djeluje na protuklip (33) i tlačna sila iz glavnog voda koja djeluje na rasporedni klip postanu veće od sile na rasporedni klip od strane radne komore, tada se cijeli slog spusti toliko da se zatvori upusni ventil (20) i prekine daljnji porast tlaka u kočnom cilindru. To je prekidni položaj u kojemu su oba ventila, i upusni i ispusni, zatvorena.

Daljim kočenjem, tj. smanjivanjem tlaka u glavnom vodu, ravnoteža na rasporednom slogu poremeti se opet. Slog se podigne ponovno i upusni ventilić u kočni cilindar propusti toliko vadauha koliko je potrebno da opet zavlada ravnoteža na rasporednom slogu i da se on spusti u prekidni položaj. To se može ponavljati dotle dok se ne postigne najveći kočni tlak, tj. do trenutka kada se izravnaju tlak u kočnom cilindru i tlak u pomoćnom spremniku, što je otprilike pri 3,8 bar. Zbog toga je tlak u glavnom vodu potrebno sniziti do 3,4 bar. Ispod toga tlaka nema svrhe prazniti glavni vod, osim pri uvođenju brzoga kočenja.

Ako kočni cilindar propušta pa se tlak u njemu smanji neželjeno, tada se ravnoteža na rasporednom slogu poremeti odmah i on se podigne iz prekidnog položaja u najviši te se otvori upusni ventil (20) i gubitak nadoknadi iz pomoćnog spremnika. Kad se time tlak i u pomoćnom spremniku smanji ispod tlaka u glavnom vodu, taj gubitak nadoknadi se preko otvorenog ventila (36) u napunjivaču i preko povratnog ventila (2).

➤ Postupno otkočivanje.

Ako se nakon zakočivanja tlak u glavnom vodu i tlak iznad rasporednog klipa (9) povise toliko da se poremeti ravnoteža na rasporednom slogu, tada ga sila koja je veća odozgo

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

potisne u najniži položaj. Klipnjača (19) se odvoji od dvosjednog ventila (20) i kroz njezinu se šupljinu veza kočnog cilindra prema atmosferi uspostavi preko otvora kojim je u mjenjačkoj slavini (U) određeno vrijeme pražnjenja kočnog cilindra. Čim silu smanjenu na protuklip i silu iz glavnog voda sada povećanu na rasporedni klip nadvlada sila iz radne komore na rasporedni klip, rasporedni slog podigne se malo u prekidni položaj. Tada se zatvori ispusni ventil ne otvarajući upusni ventil. To je u stupnjevima moguće ponavljati dotle dok se tlak u glavnom vodu ne približi radnomu tlaku.

Ako se tlak u kočnom cilindru povisi opet, tada se ravnoteža na rasporednom slogu poremeti odmah i on se spusti u najniži položaj. Suvišni tlak iz kočnog cilindra preko odignutoga ispušnog ventila izađe u atmosferu. Nakon toga se rasporedni slog vrati u prekidni položaj.

Pri svakom stupnju otkočivanja pomoćni spremnik iz glavnog voda preko siska (3) - kojim je određeno vrijeme punjenja - dopunjuje se preko ventila (36) odignutoga u napunjivaču i preko povratnog ventila (2). Kad se tlak u glavnom vodu približi radnomu tlaku, tada se uz pomoć napona opruge (37) svlada sila na klip napunjivača od strane radne komore. Ventil (36) dosjedne na svoje sjedalo i tim putem prekine daljnju vezu između glavnog voda i pomoćnog spremnika.

Kad se tlak u kočnom cilindru smanji na 0,5 bar, tada sila od strane glavnog voda podigne klip 26/27. Ako tlak na ventil (5) od strane glavnog voda prema tlaku odozdo nije veći za 0,6 bar, tada se podižu klip i ventil (5) te se preko siska (6) uspostavi veza između glavnog voda i pomoćnog spremnika.

Tek kada tlak iz glavnog voda na klip napunjivač postigne 4,85 bar, uz pomoć opruge (37) svlada se sila od strane radne komore i klip se pomakne u njezinu smjeru. Šuplji vrh klipnjače (44) odijeli se od svoga sjedala pa se uspostavi veza između komore (7) glavnog voda i radne komore. Ta veza ide preko siska (8) u klipnjači napunjivača i kroz šuplji umetak (71). Umetak svojim čelom dosjedne na oklop (74), a opruga (37) pomakne klip još za toliko da se ventil (73) odijeli od svoga sjedala. Na taj način preko siska (8) veza s radnom komorom biva uspostavljena kroz uzak kanalčić i ventil (73) čiji prolazi odgovaraju otvoru siska (8).

Opisane okolnosti nastupaju onda ako se otkočuje kočnikom stavljajući ručicu u položaj za vožnju, dakle onda ako je moguće uspostaviti najveći tlak koji odgovara radnomu. Međutim, ako se otkočuje forsirano, tj. tlakom od 6 do 7 bar, tada tlak iz glavnog voda doduše podigne klip, ali njega ne slijedi i ventil (5). To znači da se ne uspostavlja redovita veza za

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

izjednačavanje tlaka u glavnom vodu i pomoćnom spremniku, nego se izravnavanje provodi vrlo prigušeno preko uskog otvora (47) u ventilu (5). Takvo stanje traje dotle dok je tlak iznad ventila (5) za 0,6 bar veći od tlaka ispod njega uzimajući pritom u obzir i napon opružice. Ventil (5) se zapravo otvara tek onda kada visokotlačni val iščezne potpuno. Na taj način pomoćni spremnik i radna komora bivaju zaštićeni od prepunjavanja. Prema tome, bez opasnosti od toga da se prepune rasporednici otkočeni u prednjem dijelu voza, kočnica praktički može otkočiti a da u glavnom vodu još vlada visokotlačni val koji otkočuje kočnice u stražnjem dijelu voza.

Kad se cilindarski tlak smanji na 0,25 bar, tada tlak iz glavnog voda koji tiska na čelo nastavka (31) zabavnog klipa svlada silu od strane kočnog cilindra. Nastavak se povuče i oslobodi nosač kutne polužice. Nosač se svojom težinom može spustiti u svoj donji pripremljeni položaj tako da u početku sljedećeg kočenja stavi ubrzivač u djelovanje.

Iako u glavnom vodu još nije postignut radni tlak koji bi rasporedni slog potisnuo u najniži položaj, ubrzivač je ipak spreman za rad čim se uvuče nastavak (31) zabavnog klipa. To se postiže zasjekom pri vrhu kutne polužice kojom polužica može podići ubrzivačev ventil (13) iako je još u nagnutom položaju. Ako se nakon otkočivanja novo kočenje provede dok rasporednici na kraju voza još nisu stigli prijeći u potpuno otkočeni položaj, ono se i na kraju voza djelovanjem ubrzivača ipak provodi ubrzano.

Budući da spremnost ubrzivača ovisi jedino o tlaku u kočnom cilindru, to je radnu komoru moguće zaštititi od pražnjenja. Kada se tlak u glavnom vodu povisi na oko 4,85 bar, tada se napunjivački klip (38) s klipnjačom (44) pomakne u lijevo toliko da čelo umetka (71) dodirne oklop (74). Radna komora se tada puni preko vrlo uskog kanalića umetka. Tek kada se tim putem izravnavaju tlakovi s objiju strana napunjivačkog klipa, što traje dosta vremena, napon opruge taj klip pomakne sasvim lijevo pa se otvori ventil (73). Preko njega i preko uskog kanalića otvorenoga prije vazduh iz glavnog voda u radnu komoru prijede brzinom koju dopušta sisak (8). Prema tome ako kočni cilindar i propušta pa se 0,25 bar postigne u nepogodno vrijeme, to uopće ne utječe na to da rasporednik kao cjelina prijede u stanje pripravnosti (da, na primjer, u glavnom vodu bude 4,5 bar a da se uspostavi veza s radnom komorom). Stanje rasporednika kao cjeline upravlja se jedino tlakom u glavnom vodu (4,85 bar).

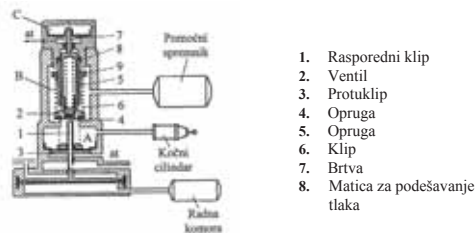
Zadaća umetka (71) jest usporiti pražnjenje radne komore pri uvođenju vrlo slabog stupnja kočenja i spriječiti pražnjenje radne komore pri otkočivanju u slučaju nezabrtvljenosti kočnog cilindra.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

Glavne značajke rasporednika *ESr 3e* jesu:

- vrijeme punjenja kočnice (radne komore)	160-180s
- vrijeme kočenja	21-27s
- vrijeme otkočivanja	47-56s
- naskok	9,0 posto najvećeg tlaka kočnih papuča
- probojna brzina	279 m/s
- izdržavanja tlačnog vala od 6 bar u glavnomvodu	60 s.

Rasporednik *ESr 3e* jest usavršeni tip rasporednika *ESr 3d*. Istovjetan je s njime u svim dijelovima, osim što ima organ za ograničenje najvećeg tlaka u kočnom cilindru i automatski otkočnik.



Slika 14 - Šema ograničavača najvećeg tlaka

➤ Ograničavač cilindarskog pritiska

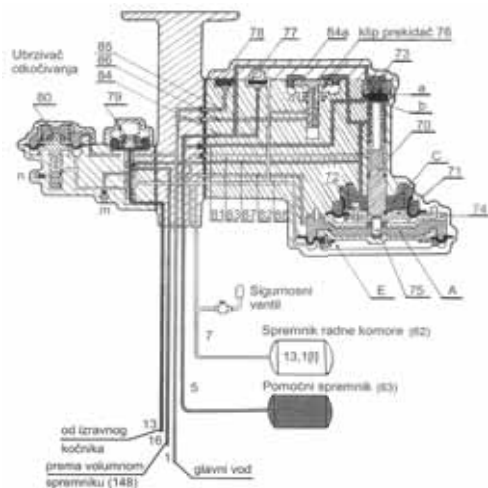
Ograničavač cilindarskog pritiska (slika 14) služi za ograničavanje pritiska u kočnom cilindru, a na rasporednike ugrađuje se uvrtnjem na mjesto čepa iznad rasporednog sloja. Izrađen je kao poseban upusni ventil (2) i poseban ispusni ventil (4). Upusni ventil opterećen je oprugom (6), a ispusni oprugom (5). Upusni ventil pri vrhu svoga šupljeg produžetka završava klipom (7) sa samobrtvljenom membranom. Prostor (A) iznad protuklipa (3) u stalnoj je vezi sa vazduh iz kočnog cilindra. Taj vazduh ne utječe na upusni ventil.

Kada se rasporedni klip (1) podigne pri kočenju, tada njegov šuplji nastavak zapne za ispusni ventil (4) te njega i upusni ventil podigne kao cjelinu, čime se preko odignutog ventila (2) uspostavi veza između pomoćnog spremnika i kočnog cilindra, pa počinje punjenje kočnog cilindra. Punjenje se prekida onda kad sila naprotuklip (3) nadopuni silu smanjenu od strane glavnog voda na klip (1). Tada se ventili 2-4 kao cjelina spuštaju dotle dok upusni ventil ne

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

dosjedne na svoje sjedalo a da pritom ne otvori ispusni ventil. Ako se želi otkočiti, potrebno je povećati pritisak od glavnog voda. Ispusni ventil (4) odijeli se od svoga sjedala i preko šupljeg nastavka rasporednog klipa vazduh iz kočnog cilindra propusti u atmosferu.

Kada je pri kočenju potrebno postići najveći pritisak u kočnom cilindru, tada sila koja djeluje na klip (7) i napon opruge (6) svladaju napon opruge (5). Upusni ventil (2) dosjedne i prekine svako daljnje punjenje kočnog cilindra. Prema tome najveći pritisak u kočnom cilindru nije moguće prekoračiti, jer klip u najvišem položaju drži jedino zatvoreni ispusni ventil (4) ne djelujući na upusni ventil.



Slika 15 - Šema rasporednika Westinghouse 26D

Sve ovo gorenavedeno za rasporednike OERLIKON Est 3e i OERLIKON Est 3f je istorijski prikaz kako je ovaj tip usavršavan u fabrici MZT Hepos AD (Wabtec MZT) i postignut jedan savremeni tip koj je ugrađen na teretnim vagonima sa nazivom **RasporednikTip MH 3f HBG 310** i koji je vrhunac u funkcionalnosti bezprekornog rada, i koji je konkurentan sa firmama proizvođača rasporednika saglasno evropskim normativama

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

UIC, kao što su rasporednici: Knorr (Kes), Dako, SabWabco. Na slici 16 predstavljena je evolucija rasporednika tipa MH 3f HBG 310.



Slika 16 – Istorija razvijanje rasporednika MH 3f HBG 310

3.2.2. Osnovna stanja sistema

Pod pojmom sistema u mašinstvu podrazumeva se skup elemenata i relacija uredenih na takav način da se obezbeduje izvođenje predviđenih radnih postupaka i vršenje postavljene funkcije kriterijuma u datom vremenu i uslovima iz okruženja [87, 88].

Ta sposobnost sistema da vrši funkciju kriterijuma u toku vremena naziva se radna sposobnost sistema.

Tako postavljen sistem doveden u radnu sposobnost u funkciji vremena izložen je uticajima različitih, po veličini, pravcu, smeru i karakteru poremećajnih delovanja.

To permanentno delovanje uticajnih faktora ima za posledicu odstupanje nivoa postavljene funkcije i umanjenje radne sposobnosti sistema. Ako je uticaj tih remetilačkih faktora u tolikoj meri da sistem daje projektovane izlazne veličine i uspešno vrši funkciju kriterijuma, kažemo da sistem zadovoljava, a takvo stanje nazivamo stanje „u radu“.

Kada se taj poremećaj iz okruženja intenzivira i dođe do narušavanja utvrđene međuyavisnosti elemenata i relacija do te mere da sistem ne obezbeduje dobijanje projektovanih, potrebnih i dovoljnih izlaznih veličina, odnosno da sistem ne vrši postavljenu funkciju kriterijuma, kažemo da sistem ne zadovoljava tj. ima stanje „u otkazu“. Da bi se obezbedio povratak sistema iz stanja „u otkazu“ u stanje „u radu“, tj. da bi se funkcija kriterijuma dovela u projektovane granice, potrebno je preduzeti intervencije održavanja i opravki.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

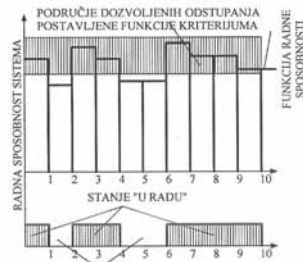
Bitno je istaći da se sa sigurnošću ne može predvideti trenutak prelaska sistema iz stanja „u radu“ u stanje „u otkazu“, ali se može predvideti verovatnoća nastanka tog događaja u bilo kom vremenskom trenutku, t . U tome i jeste smisao određivanja nivoa pouzdanosti za dati trenutak i uz određenu verovatnoću.

Prema mogućnostima otklanjanja nastalih otkaza, sistemi se mogu podeliti u dve grupe:

- popravljivi tehnički sistem, tj. oni koji podležu procesu održavanja,
- nepopravljivi tehnički sistemi, oni koji se ne popravljaju.

Kod popravljivih tehničkih sistema koji podležu procesu održavanja dolazi do naizmeničnih promena stanja „u radu“ i „otkazu“.

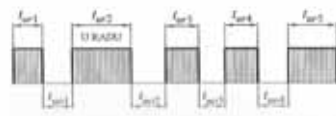
Prema grafičkom prikazu na slika 17 može se zaključiti da je radna sposobnost sistema promenljiva veličina. U intervalima 1-2 i 4-6 imamo stanje „u otkazu“ dok se u ostalim područjima može se smatrati da je sistem „u radu“.



Slika 17 – Radna sposobnost sistema

Hronološka smena stanja „u radu“ i stanja „u otkazu“ u toku vremena može se grafički predstaviti kao na slika 18. Takav prikaz predstavlja vremensku sliku stanja tretiranog sistema.

Imajući u vidu vremensku sliku stanja, gde se daje grafički prikaz stanja „u radu“ i „u otkazu“ sistema (slika 18) mogu se izračunati:



Slika 18 – Vremenska slika stanja sistema

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

a) Srednje vreme u radu

$$T_{ur} = \frac{1}{n_r} \sum_{i=1}^n t_{uri} \quad (3.1)$$

gde je:

n_r - broj intervala u radu,

t_{uri} - dužina trajanja i - tog intervala u radu.

b) Srednje vreme u otkazu

$$T_{uo} = \frac{1}{n_o} \sum_{i=1}^n t_{uoi} \quad (3.2)$$

gde je:

n_o - broj intervala u otkazu,

t_{uoi} - dužina trajanja i - tog intervala u otkazu.

3.2.3. Klasifikacija otkaza

Sistem može doći u stanje "u otkazu" na mnogo različitih načina. Kada su u pitanju sistemi u mašinstvu stanja u otkazu se mogu klasifikovati prema različitim kriterijumima [88] i to:

a) Otkazi uslovljeni karakterom i izmene parametara sistema:

- Iznenađni otkazi, slučajnog i teško predvidivog karaktera, npr. lomovi.
- Postepeni otkazi, izazvani su dejstvom predvidivih poremećaja, npr. procesom habanja.

b) Otkazi izazvani kvalitetom ugrađenih delova:

- Nezavisni otkazi, gde greška na jednom elementu ne izaziva grešku na drugom.
- Zavisni otkazi, gde greške na jednom elementu uslovljavaju prestanak rada i drugih elemenata, npr. nestanak pogonske energije.

c) Otkazi sa stanovišta mogućnosti opravke:

- Potpuni otkazi, koji imaju za posledicu potpuni gubitak radne sposobnosti elemenata, gde dovođenje u radno stanje zahteva zamenu elemenata.
- Nepotpuni otkazi, usled čega se javlja delimičan gubitak radne sposobnosti i element se može popraviti.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

d) Takođe do otkaza može doći zbog nestručnog rukovanja i neobučenosti izvršioca koji upravljaju radom rotornog bagera.

Sistematski otkazi su takav oblik otkaza koji se javljaju u toku uhadavanja sistema, tzv. rani otkazi.

Drugi tip otkaza su slučajni otkazi koji su posledica nestabilnih konstruktivno-tehnoloških parametara, nepažnje poslužilaca, uslova okoline i drugih slučajnih uticaja.

Monotono dejstvujući uticaji uslovljavaju stanja u otkazu kao posledica pojačanog dejstva određenih procesa (zamora materijala, habanje i dr.).

Na šemi (slika 19) dat je prikaz uticaja na pojavu stanja u otkazu.



Slika 19 – Prikaz uticaja na pojavu stanja sistema u otkazu

3.2. Pouzdanost tehničkih sistema i metode za analizu pouzdanosti

Teorija pouzdanosti razvija se danas kao samostalna naučna disciplina, zasnovana na teoriji verovatnoće i matematičkoj statistici, baveći se postupcima planiranja, konstruisanja, projektovanja, proizvodnje uređaja i sistema, problemima transporta, i korišćenja proizvoda ili sistema sa svrhom osiguravanja maksimalnog učinka pri tome, kao i razvojem opštih metoda procenjivanja pouzdanosti i raspoloživosti, sigurnosti i rizika sistema na osnovu poznavanja pouzdanosti i raspoloživosti komponenta sistema, te metoda povećanja pouzdanosti, raspoloživosti i sigurnosti proizvoda za vreme konstruisanja i proizvodnje, skladištenja i eksploatacije.

I više od toga: teorija pouzdanosti utvrđuje pravilnosti zbivanja kvarova komponenta I sistema i metode predviđanja; u proizvodnju i eksploataciju uvada jedno od kvantitativnih

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

obeležja kvalitete proizvoda – pouzdanost, te ustanovljava je li nađena najekonomičnija ravnoteža između troškova i pogodnosti početne izvedbe, razvoja i proizvodnje.

3.2.1. Pojam i definicija pouzdanosti

Sa pojavom tehničkih sistema javlja se i problem pouzdanosti koji posebno dobija na značaju razvoje, sistema složenih struktura i povišenih zahteva. Osnovni zahtev savremenih tehničkih sistema jeste što veći ispravni period u određenom vremenskom intervalu ili u toku celokupnog rednog trajanja sistema. Ispravni rad je upravo proporcionalan pouzdanosti sistema tj. zavisi od kvaliteta ugrađenih elemenata. Prema tome, veća je mogućnost sistem zadovolji funkciju kriterijuma ako raspolože sa većim nivoom ugrađene pouzdanosti.

Na osnovu više definicija pojma pouzdanosti koje se mogu naći po stručnoj literaturi daje se sledeća definicija: ***Pouzdanost neke komponente (ili sistema) je verovatnoća da će komponenta(sistem) uspešno obavljati funkciju kriterijuma, uz definisane radne uslove, tokom predviđenog vremena.***

Ipak, većina autora koristi opštu definiciju pouzdanosti date u standardima ISO 8402:1986 i BS 4778:1991, a koja definiše pouzdanost kao: "sposobnost elementa da obavi zahtevanu funkciju, pod zadatim spoljnim i radnim uslovima i za utvrđeni period vremena".

Kececioglu's definiše pouzdanost sledećom definicijom: "Pouzdanost je verovatnoća uz definisan nivo sigurnosti (poverenja), da će sistem na zadovoljavajući način i bez kvara izvršavati tražene funkcije, u određenom periodu vremena, kada se koristi na način, i u uslovima okoline i njima svojstvenog nivoa opterećenja." Nivo sigurnosti (eng. *confidence level*) zavisi od količine dostupnih posmatranih podataka i/ili rezultata.

Postoje i drugojačije definicije pouzdanost, kao što su:

- pouzdanost je sposobnost odolevanja otkaza;
- pouzdanost je određena ukupnim brojem kvarova nastalih na određenom broju uređaja (komponentata) unutar predviđenog vremenskog razdoblja;
- pouzdanost je određena prosečnim brojem radnih sati održavanja potrebnih za postizanje jednog sata zadovoljavajućeg rada;
- pouzdanost je verovatnoća neprekinutog rada za vreme propisanog intervala vremena;
- pouzdanost je određena brojem komponentata koje zadovoljavajuće rade unutar određenog vremenskog razdoblja u odnosu na broj početno raspoloživih komponentata;
- pouzdanost je odnos stvarnog i idealnog delovanja neke komponente;

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

- pouzdanost je vjerovatnoća da će neka komponenta zadovoljavajuće raditi unutar vremenskog intervala t_1 ako je predviđeno ukupno vrijeme rada t_2 , $t_1 < t_2$;
- pouzdanost je vjerovatnoća da će komponenta ili sistem ostati neprekidno u nizu uspješnih stanja u toku predviđenog (vremenskog) razdoblja.
- Najjednostavnije se može odrediti pouzdanost nekog proizvoda na osnovu ustanovljenih otkaza proizvoda u eksploataciji. Međutim, moguće je već u fazi razvoja odrediti očekivanu pouzdanost. Sa odgovarajućim analizama pouzdanosti, može da se prognozira pouzdanost proizvoda i mogu da se utvrde slaba mesta konstrukcije. Pri analizi pouzdanosti koriste se kvantitativne i/ili kvalitativne metode. Kvantitativne metode koriste pojmove i postupke matematičke statistike i teorije vjerovatnoće.

Kao kvantitativne metode koristi se Bulova teorija i teorija Markova. Kvalitativne metode u analizi pouzdanosti imaju zadatak da se sistematski istraže posledice grešaka i otkaza. U grupu kvalitativnih metoda spadaju metode FMEA / FMECA (Failure Mode and Effects Analysis / Failure Mode, Effects and Criticality Analysis) i analiza stabla otkaza FTA (Fault Tree Analysis).

- S gledišta teorije pouzdanosti i teorije vjerovatnoće, otkaz objekta predstavlja slučajan događaj. Vreme ispravnog rada do otkaza obuhvata period ispravnog rada objekta do nastupanja otkaza. Ovo vreme je efektivno vreme funkcionisanja objekta do pojave otkaza ne uzimajući u obzir eventualne prekide u radu. Vreme ispravnog rada do otkaza se može definisati i kao vreme dostizanja granične vrednosti ma kog parametra funkcionisanja.

U okviru ovog doktorata razmatrat će se isključivo pouzdanost rada raspređitelja kod teretnih vagona [89], iako se ista metodologija može koristiti i u drugim područjima (ekonomija, elektrotehnika, itd.). Razlika će se očitovati samo u slučajnim parametrima i kriterijima dok je metodologija u potpunosti ista.

Važno je na početku napomenuti da razlikujemo analizu pouzdanosti komponente (slučaj sa samo jedan kriterijum) tj. analizu pouzdanosti sistema. Razlika se najviše očituje pri korištenju analitičkih metoda i to najviše zbog njihove metodologije određivanja vjerovatnosti nefunkcionalnosti (određuju vjerovatnost nefunkcionalnost svakog pojedinog kriterijuma t.e. korelacije između kriterijuma), dok kod simulacijskih metoda to ne dolazi toliko do izraza [90].

3.3. Osnovni pokazatelji pouzdanosti

Pokazatelji pouzdanosti elemenata mašinskih sistema predstavljaju one veličine koje neposredno ili posredno određuju pouzdanost tog elementa, odnosno njegova svojstva bez otkaznog rada.

Najvažniji pokazatelji pouzdanosti su:

1. učestanost pojave otkaza,
2. verovatnoća pojave otkaza,
3. verovatnoća rada bez otkaza (pouzdanost) i
4. intenzitet otkaza.

U matematičkoj interpretaciji veličina koje predstavljaju pokazatelje pouzdanosti prisutna je povezanost sa teorijom verovatnoće i matematičke statistike. Da bi ti podaci bili verodostojni i kvalitetni treba određeni sistem, za koji se snima pouzdanost, posmatrati u dovoljno dugom vremenskom periodu.

Statistički skup koji se tretira treba biti homogen i reprezentativan uzorak s obzirom na ukupnu populaciju tretirane pojave.

Verovatnoća rada bez otkaza - Pouzdanost

Oznaka pouzdanosti R potiče od engleske reči Reliability. Pouzdanost može da se definiše kao verovatnoća da će proizvod uspešno vršiti funkciju kriterijuma u granicama dozvoljenih odstupanja u definisanom radnom veku pod datim uslovima okoline. Zbir kumulativne učestanosti pojave otkaza i učestanosti ispravnih jedinica u bilo kom trenutku vremena t odnosno za i -tu klasu iznosi 1, odnosno 100% (slika 21). Prema tome, pouzdanost $R(t)$ je komplement verovatnoće otkaza, odnosno nepouzdanosti $F(t)$:

$$R(t) = 1 - F(t) \quad (3.3)$$

gdje je:

$R(t)$ – pouzdanost

$F(t)$ - nepouzdanost

Empirijska funkcija pouzdanosti određuje se prema izrazu:

$$R(t) = 1 - \frac{N(t)}{n} = \frac{n - N(t)}{n} = \frac{n(t)}{n} \quad (3.4)$$

gdje je:

$N(t)$ - ukupan broj uzoraka

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

n - slučajno izabrani uzoraka

Funkcija pouzdanosti za kontinuirane promene određuje se kao:

$$R(t) = 1 - \int_{-\infty}^{t_x} f(t) \cdot dt = \int_{t_x}^{\infty} f(t) \cdot dt \quad (3.5)$$

t_x - nezavisno slučajne promenlive

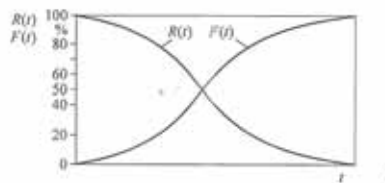
$f(t)$ – funkcije gustine otkaza

Kada $n(t)$ teži beskonačnosti tada možemo govoriti o stvarnoj pouzdanosti $R(t)$:

$$R(t) = \lim_{n(t) \rightarrow \infty} R(t) \quad (3.6)$$

Da bi se dobile egzaktnne veličine koje determinišu pouzdanost sistema, treba primeniti matematičke i statističke metode. Preko studije zakonitosti pojave otkaza, može se doći do brojnih veličina koje u celosti odgovaraju stvarnim veličinama.

Proučavanja pouzdanosti sistema su u suštini vezana za proučavanja uzroka pojava, oblika raspodele i načina predviđanja stanja u otkazu sistema.

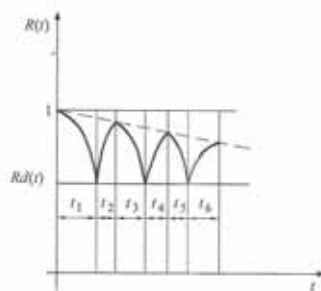


Slika 20 – Funkcije pouzdanosti i $R(t)$ i nepouzdanosti $F(t)$ tehničkog sistema

Pouzdanost opada do konačnog otkaza, kada sistem postaje neupotrebljiv.

Za obnovljive tehničke sisteme odgovara zavisnost promene pouzdanosti u toku vremena prema slika 21, (tzv. Stepnasti dijagram).

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI



Slika 21 – Promena pouzdanosti za obnovljive sisteme

Kada nivo pouzdanosti takvog tehničko sistema padne do donje granice prihvatljivosti $R_d(t)$, pristupa se procesu opravke, odnosno obnavljanja sa ciljem ponovog podizanja nivoa pouzdanosti $R(t)$ do nekog nižeg nivoa u odnosu na početni nivo.

Na pomenutom dijagramu u intervalima t_1, t_3 i t_5 sistem eksploatišemo, a u intervalima t_2, t_4 i t_6 sistem popravljamo, odnosno vraćamo ga u stanje upotrebljivosti.

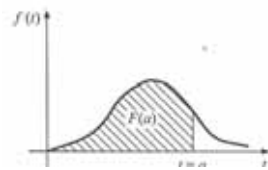
Popravljanje sistema ima smisla sve dok te popravke mogu značajnije uticati na povećanje pouzdanosti sistema. Što se više približava kraj životnog ciklusa sistema to su intervali u kojima je sistem moguće eksploatisati sve kraći.

Kao pokazatelji pouzdanosti ovde će se prezentirati nekoliko veličina na osnovu čijih kvalifikacija se može suditi o nivou pouzdanosti posmatranog sistema.

3.3.1. Funkcije gustine raspodele pojava osnovnih stanja

Ako posmatramo rad sistema u toku vremena, možemo zaključiti da pojava stanja „u otkazu“ može da nastupi u svakom trenutku rada sistema u intervalu od $t = 0$ do $t = +\infty$. To je osnova za dobijanje funkcije gustine verovatnoće pojave stanja „u otkazu“ $f(t)$ kao na slika 22.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI



Slika 22 – Funkcija gustine verovatnoće

Ako se otkaz desi u trenutku $t = a$ onda možemo definisati kumulativnu funkciju gustine pojava stanja „u otkazu“ $F(a)$ slučajne promenljive t , a prema slika 22.

$$F(a) = \int_0^a f(t) dt \quad (3.7)$$

Funkcija predstavlja verovatnoću da će se otkaz desiti pre ili u trenutku $t = a$.

U teoriji pouzdanosti se ova funkcija naziva funkcijom nepouzdanosti $F(t)$.

Kumulativna funkcija gustine pojava stanja „u radu“ $R(a)$ je:

$$R(a) = 1 - F(a) = \int_a^{+\infty} f(t) dt \quad (3.8)$$

Smisao prethodne funkcije je u tome da ona predstavlja verovatnoću da će se pojava stanja „u otkazu“ desiti posle trenutka vremena $t = a$ i ona se naziva funkcijom pouzdanosti $R(t)$.

Temelj proučavanja pouzdanosti na bazi vremenske slike stanja sistema pruža osnovna statistička jednačina data u obliku:

$$F(t) + R(t) = 1 \quad (3.9)$$

Ako izvršimo diferenciranje prethodnog izraza po vremenu, dobijemo:

$$\frac{dF(t)}{dt} + \frac{dR(t)}{dt} = 0 \quad (3.10)$$

Prvi član u prethodnom zbiru $\frac{dF(t)}{dt} = f(t)$ predstavlja funkciju gustine pojave stanja „u radu“.

Jednačina 3.10 se može pisati u obliku:

$$F(t) + R(t) = 0 \quad (3.11)$$

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

$$F(t) = -R(t) \quad (3.12)$$

Na osnovu jednačine zaključuje se da je funkcija gustine pojava stanja „u otkazu“ komplementarna funkciji gustine pojava stanja „u radu“.

3.3.2. Funkcija intenziteta otkaza

Da bi se što jasnije prikazalo ponašanje sistema u eksploataciji odnosno promene stanja sistema, uvodi se izvedena karakteristika koja se naziva intenzitet ili otkaza, a predstavlja po definiciji odnos funkcije gustine pojave stanja u otkazu i kumulativne gustine pojave stanja u radu.

Za slučaj kontinualnih promena stanja, stopa otkaza je, [91]:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\frac{dF(t)}{dt}}{R(t)} = \frac{1}{R(t)} \frac{dF(t)}{dt} = -\frac{1}{R(t)} \frac{dR(t)}{dt} \quad (3.13)$$

Dimenzija ove veličine je broj pojava stanja „u otkazu“ u jedinici vremena. Pokazuje promenu kvaliteta sistema kroz promenu intenziteta otkaza u toku veka trajanja sistema.

Tako se, na primer, za dva sistema istog nivoa pouzdanosti u određenom trenutku vremena kaže da je kvalitetniji onaj koji do tog trenutka vremena ima niži intenzitet otkaza.

Kumulativna funkcija intenziteta stanja u otkazu predstavljapovršinu ispod krive $\lambda(t)$ do apscisne ose, a analitički izraz za tu veličinu je:

$$\Lambda(t) = \int_0^t \lambda(t) dt \quad (3.14)$$

$$\lambda(t) = \frac{d\Lambda(t)}{dt} \quad (3.15)$$

Na osnovu izraza (3.14) i (3.15) proizlazi da je:

$$\frac{d\Lambda(t)}{dt} = -\frac{1}{R(t)} \frac{dR(t)}{dt} \quad (3.16)$$

Nakon integraljenja dobija se:

$$d\Lambda(t) = -LnR(t) \quad (3.17)$$

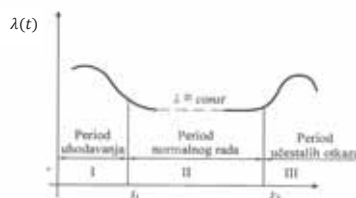
odnosno:

$$R(t) = e^{-\Lambda(t)} \quad (3.18)$$

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

Funkcija intenziteta otkaza data je na slika 23.

Mnogobrojna ispitivanja tehničkih sistema pokazal su da je opšti oblik krive $\lambda(t)$ vrlo karakterističan i uočavaju se tri bitna perioda:



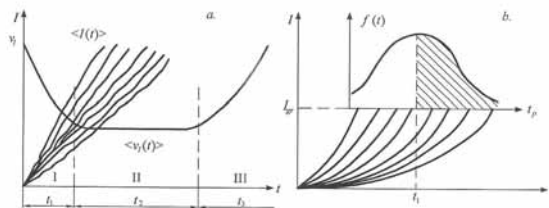
Slika 23 – Funkcija intenziteta otkaza

PERIOD I – karakterističan je za početak rada sistema, do trenutka t_1 . Ovde se često javljaju zastoji koji su uslovljeni lošom izradom elemenata, greškama u projektovanju, propustima pri montaži i nizom drugih uticajnih faktora.

Ovi nedostaci se uklanjaju u fazi uhadavanja i razrade sistema.

PERIOD II – od trenutka t_1 do trenutka t_2 je period normalnog rada sistema u toku koga je intenzitet otkaza približno konstantna veličina. Ovo je najznačajniji period u radu tehničkog sistema i poželjeno je da bude što duži.

PERIOD III – Ovaj period nastaje od trenutka t_2 i predstavlja fazu u radu sistema kada usled dotrajalosti ugrađenih elemenata dolazi do većih intenziteta otkaza, te se postavlja pitanje isplativosti daljeg korišćenja tehničkog sistema.



Slika 24 – Krive realizacije nestacionarnih procesa habanja

a. stvarni

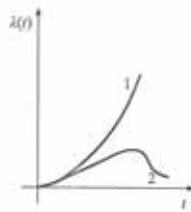
b. uprošćeni

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

Graničnim stepenom trošenja I_{gr} naziva se takvo stanje, pri kome je dalja eksploatacija elementa nemoguća zbog smanjenja otpornosti elementa, povećanja zazora u kinematskom lancu sistema, bitnog smanjenja funkcije pojedinih elemenata i efektivnosti celog sistema (Slika 23). U ovakvim slučajevima je najprikladnije da se očekivani vek trajanja i pouzdanost ocenjuju u laboratorijskim uslovima, pod određenim radnim opterećenjem bliskim realnim. Dobljeni eksperimentalni rezultati iz ove problematike potrebno je da se srede u normativnim dokumentima i standardima, kako bi našli praktičnu primenu u tribološkim proračunima. U nizu slučajeva granična vrednost stepena istrošenja može biti preračunata, ako su poznate zavisnosti koje povezuju veličinu istrošenja i pokazatelja efektivnosti mašina.

Na osnovu krive $\lambda(t)$ i vremenske slike stanja sistema koncipiraju se intervencije održavanja u smislu smanjenja intenziteta otkaza, odnosno povećanja efikasnosti rada sistema, iznalazeći optimalno rešenje, a imajući u vidu i ukupne troškove.

Ovde je bitno ukazati na različit izgled krive intenziteta otkaza $\lambda(t)$ za slučaj kada tehnički sistem ne podleže procesu održavanja, (slika 25) (kriva 1) i kada podleže procesu održavanja, kriva 2, sa istog dijagrama.



Slika 25 – Krive intenziteta otkaza

U početku obe krive imaju približno isti tok, ali vremenom kod popravljivih sistema dolazi do smirivanja intenziteta otkaza, što je posledica vremena opravki, dok kod sistema koji ne podleže opravkama, ta kriva nastavlja da raste do prestanka rada sistema.

3.3.3. Izbor zakona raspodele

Ovo je vrlo osetljiva faza u procesu obrade informacija. U načelu se radi tako što se odabere zakon raspodele koji se na osnovu izvesnih činjenica učini najpogodnijim pa se nakon dobijenih rezultat pristupa proveru postavljanja hipoteze. Ako se konstatuje da je

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

predpostavljena hipoteza dobra onda se traži i njen analitički oblik, odnosno vrednost parametara izabrane raspodele za konkretan slučaj.

Postoje odgovarajući algoritmi, prilagođeni računaru, na osnovu kojih se, koristeći empirijske podatke slučajne promenljive, može kvalitetno izabrati zakon raspodele kome se najbolje pokorava tretirana pojava.

Procena se sastoji u tome da se iznade kojim se zakon raspodele najbolje mogu interpretirati rezultati, a time i slučajna promenljiva, koja se proučava.

Izbor najpovoljnijeg zakona raspodele se zasniva na hipotezi, tj. na pretpostavci, da se posmatrana slučajna promenljiva pokorava jednom pretpostavljenom zakonu raspodele. Posle toga se pristupa proveru ove pretpostavke.

Provera hipoteze može da se vrši grafičkim, a može i analitičkim metodama.

Analitičke metode su matematički dosta komplikovanije, pa se zato izbegavaju. Zbog svog jednostavnijeg pristupa se uglavnom koriste grafičke metode.

Provera hipoteze se vrši pomoću odgovarajućih, za ovu priliku prilagođenih, papira verovatnoće.

Najzastupljenije raspodele u ovoj oblasti su normalna, log-normalna, eksponencijalna i Vejbulova raspodela.

3.3.3.1. Vejbulova raspodela

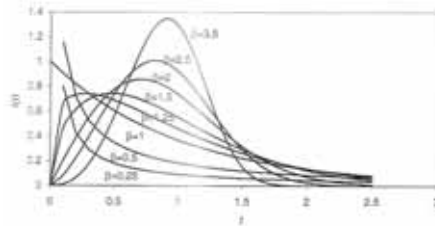
U teoriji pouzdanosti postoji više razrađenih teorijskih modela koji predstavljaju zakone raspodele slučajne promenljive. Budući da se poslednjih godina najviše koristi Vejbulov zakon raspodele, a da iz tehničkih razloga nije izvodljivo teorijsko izlaganje ostalih zakona raspodele, za obradu podataka u ovom radu biće tretiran samo Vejbulov zakon.

Vejbulov raspodeli, široku primenu na području analize pouzdanosti tehničkih sistema, omogućava njen parametarski karakter. Izborom odgovarajućih vrednosti ovih parametara interpretiraju se dosta različiti slučajno promenljivih veličina.

Vejbulova (Weibull) raspodela je raspodela koja ima najveću praktičnu primenu u mašinstvu. Razlog je u tome što se svi oblici otkaza mogu njome veoma dobro aproksimirati. Ovo najjasnije pokazuje razni oblici funkcije gustine (Slika 25). U zavisnosti od parametra raspodele - parametar oblika β - menja se oblik funkcije gustine. Za male vrednosti parametra oblika β , ($\beta < 1$) opisuju se otkazi slično eksponencijalnoj raspodeli, tj. na početku je vrlo visoka učestnost otkaza, koja se kontinuirano smanjuje. Za parametar oblika $\beta = 1$, dobija se eksponencijalna raspodela. Za parametar oblika $\beta > 1$, funkcije gustine u početkom trenutku ima vrednost $f(t) = 0$, da bi zatim sa porastom vremena dostigla maksimalnu vrednost, a nakon toga imala tendenciju pada. Sa povećanjem vrednosti β , maksimum funkcije gustine se

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

pomera sve iše u desnu stranu. Za parametar oblika $\beta = 3,5$ funkcija gustine ima oblik normalne raspodele [92].



Slika 26 - Funkcije gustine Wejbulove raspodele za različite vrednosti parametra oblika β
(parametar razmere $\eta = 1$, parametar položaja $\gamma = 0$)

Wejbulova raspodela može biti dvoparametarska i troparametarska raspodela. Dvoparametarsku raspodelu karakterišu dva parametra: η - parametar razmere i β - parametar oblika. Kod troparametarske raspodele, pored parametara η i β uvodi se i treći parametar: γ - parametar položaja.

Izrazi za funkcije $R(t), F(t), f(t)$ i $\lambda(t)$ za dvoparametarsku i troparametarsku Wejbulovu raspodelu dati su u tabeli 3.1.

TABELA 3.1. Izrazi za funkcije $R(t), F(t), f(t)$ i $\lambda(t)$ za dvoparametarsku i troparametarsku Wejbulovu raspodelu

	Dvoparametarska raspodela	Troparametarska raspodela
Funkcija pouzdanosti	$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta}$	$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta-\gamma}\right)^\beta}$
Funkcija verovatnoće otkaza	$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta}$	$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta-\gamma}\right)^\beta}$
Funkcija gustine otkaza	$f(t) = \frac{dF}{dt} = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta}$	$f(t) = \frac{dF}{dt} = \frac{\beta}{\eta-\gamma} \cdot \left(\frac{t-\gamma}{\eta-\gamma}\right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta-\gamma}\right)^\beta}$
Funkcija intenziteta otkaza	$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1}$	$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\beta}{\eta-\gamma} \cdot \left(\frac{t-\gamma}{\eta-\gamma}\right)^{\beta-1}$

Parametar razmere η je jedna vrsta srednje vrednosti i označava gde se približno nalazi sredina raspodele. Parametar oblika β je mera rasipanja vremena otkaza i kako je već

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

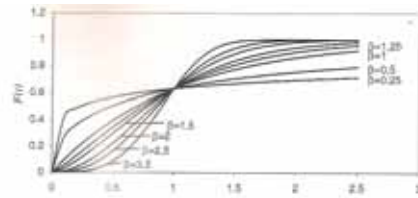
napomenuto. definiše oblik funkcije gustine otkaza. Treći parametar položaja γ označava minimalnu vrednost slučajno promenive koja može da se ostvari.

Kada je $t = \eta$, funkcija verovatnoće otkaza je:

$$F(t = \eta) = 1 - e^{-1^\beta} = 1 - e^{-1} = 0,632 \quad (3.19)$$

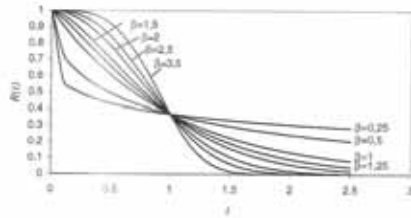
odnosno funkcija pouzdanosti $R(t) = 0,368$.

Na slici 27 dati su oblici funkcije kumulativne učestnosti $F(t)$ zavisno od parametara oblika β .



Slika 27 - Funkcije verovatnoće otkaza Weibulove raspodele za različite vrednosti parametara oblika β (parametar razmere $\eta = 1$, parametar položaja $\gamma = 0$).

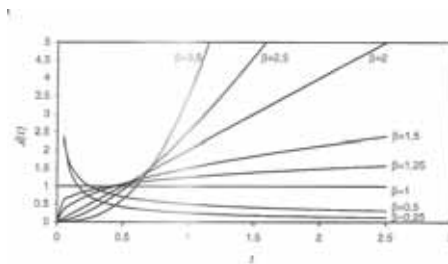
Na slici 28. dati su oblici funkcije pouzdanosti $R(t)$ zavisno od parametra oblika β .



Slika 28 - Funkcije pouzdanosti Weibulove raspodele za različite vrednosti parametra oblika β (parametar razmere $\eta = 1$, parametar položaja $\gamma = 0$).

Na slici 29 dati su oblici funkcije intenziteta otkaza $\lambda(t)$ zavisno od parametra oblika β .

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI



Slika 29 - Funkcije intenziteta otkaza Weibulove raspodele za različite vrednosti parametra oblika β (parametar razmere $\eta = 1$, parametar položaja $\gamma = 0$)

Ako je parametar oblika $\beta = 1$, dobija se:

$$\lambda(t) = \frac{1}{\eta} \cdot \left(\frac{t}{\eta}\right)^{1-1} = \frac{1}{\eta} \quad (3.20)$$

što se svodi na eksponencijalnu raspodelu sa konstantnim intenzitetom otkaza $\lambda = 1/\eta$. Za ovaj slučaj parametar razmere odgovara srednjoj vrednosti raspodele, odnosno $\eta = m$, a navedene vrednosti funkcije verovatnoće pojave otkaza i poizdanosti (63,2% i 36,8%) takođe odgovaraju eksponencijalnom zakonu raspodele.

Ako se pogledaju oblici funkcija intenziteta otkaza za različite vrednosti parametra oblika β i uporede sa krivom u obliku kade, može se zaključiti da je za:

- $\beta < 1$ - funkcija intenziteta otkaza opadajuća funkcija, što odgovara području 1 - ranih otkaza;
- $\beta = 1$ - funkcija intenziteta otkaza konstantna, što odgovara području 2 - slučajnih otkaza;
- $\beta > 1$ - funkcija intenziteta otkaza je rastuća funkcija, te se ovim funkcijama mogu opisati pozni otkazi - područje 3.

Srednja vrednost m Weibulove raspodele može se odrediti pomoću gama funkcije

$$m = \eta \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad (3.21)$$

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

gde je $\Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$ tzv. gama funkcija od $\left(\frac{1}{\beta} + 1\right)$ dane su u posebne tablice.

Variansa σ^2 Weibulove raspodele se određuje prema izrazu:

$$\sigma^2 = \eta^2 \cdot \left[\Gamma\left(1 + \frac{2}{\beta}\right) - \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)^2 \right] \quad (3.22)$$

3.3.4. ODREĐIVANJE ZAKONA RASPODELE OTKAZA

U analizi pouzdanosti tehničkih sistema, kao jedan od ciljeva je utvrđivanje teorijskog zakona raspodele slučajne promenljive, vremena otkaza elemenata ili sistema. Preciznije rečeno, treba ustanoviti koji od poznatih teorijskih zakona raspodele najviše odgovara eksperimentalnim podacima, tj. kojim zakonom raspodele se najbolje mogu interpretirati rezultati koje posedujemo. Ovo je vrlo osetljiva faza proračuna, jer njeni rezultati utiču na sve dalje zaključke i odluke vezane za njihovu praktičnu primenu. Na slici 4.2 dat je algoritam koji ukazuje na načelne preporuke za izbor odgovarajućeg zakona raspodele.

Na osnovu karakteristika raspodela, koje se najčešće javljaju u problemima pouzdanosti, mogu se izdvojiti uslovi koji karakterišu određene teorijske zakone. Tako je:

1. u slučaju kada se približno jednake srednja vrednost i standardna devijacija ($m = \sigma$) i kada je intenzitet otkaza konstantan ($\lambda(t) = const$) treba ispitati mogućnost aproksimacije osnovnog skupa podataka eksponencijalnim zakonom raspodele,
2. kada su približno jednake srednja vrednost i mediana, treba proveriti hipotezu o normalnom zakonu raspodele ($m = t_{50}$),
3. u slučaju da intenzitet otkaza raste u vremenu id a je srednja vrednost veća od standardne devijacije ($\lambda(t + \Delta t) > \lambda(t) \quad \forall t \in (0, \infty) \quad i \quad m > \sigma$) treba proveriti hipotezu o Weibulovoj raspodeli. Kako parameter β Weibulove raspodele utiče na oblik raspodele to za:
4. $0,5 < \beta < 1,5$ treba ispitati eksponencijalni zakon raspodele,
5. $1,5 < \beta < 2,5$ treba ispitati Reizleighevu raspodelu, a u slučaju da ne zadovoljava, treba proveriti logaritamsko-naormalnu raspodelu,
6. $2,5 < \beta < 4,5$ treba ispitati mogućnost aproksimacije normalnim zakonom raspodele,
7. kada intenzitet otkaza $\lambda(t)$ raste, a zatim opada sa porastom vremena treba proveriti mogućnost aproksimacije logaritamsko-normalnim zakonom raspodele,
8. ako intenzitet otkaza opada i ako je srednja vrednost manja od standardne devijacije ($m < \sigma$) treba ispitati Weibulov zakon raspodele sa parametrom oblika β manjim od $1(\beta < 1)$,

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

9. u slučaju da ni jedan od prethodnih uslova nije zadovoljen, a poznato je da polazni podaci predstavljaju minimum slučajne promenjive treba proveriti hipotezu o raspodeli minimalnih (ekstremnih) vrednosti ili,
10. kada je poznato da polazni podaci predstavljaju maksimume (ekstreme) slučajne promenjive, treba ispitati mogućnost aproksimacije raspodelom maksimalnih (ekstremnih) vrednosti i/ili gama raspodelom.

Postupak određivanja zakona raspodele otkaza predstavlja utvrđivanje saglasnosti empirijskih zakona raspodele sa pretpostavljenim teorijskim zakonom raspodele. Hipoteza o saglasnosti empirijskih i teorijskih vrednosti rezultata može se obaviti grafičkim ili analitičkim metodama.

3.3.4.1. Statistički testovi

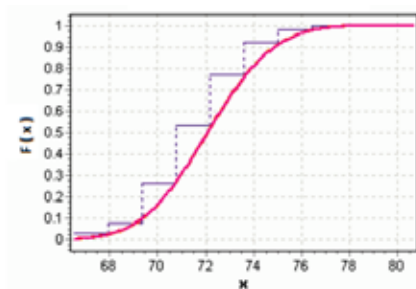
Pri korišćenju grafičkog postupka, ocena polazne hipoteze o važnosti određenog zakona raspodele vrši se na verovatnosnom papiru procenjivanjem da li sve unete tačke (medijalnog ranga) odgovaraju pravoj liniji.

Pri tom mogu da se tolerišu određena odstupanja, bez obzira iz kojih izvora potiču. Ovo se posebno odnosi na tačke koje odgovaraju najmanjim relativnim učestanostima. Da bi se u oceni ovih odstupanja dobila potrebna sigurnost mogu da se koriste tzv. statistički testovi. Ovakvih testova ima više, a najviše se koriste test Kolmogorov-Smirnov ili d_n -test i Pirsonov χ^2 -test.

3.3.4.2. Test Kolmogorov-Smirnov (d_n -test)

Test Kolmogorov-Smirnov može da se primeni na sve raspodele koje se definišu u vidu kontinualnog zakona, kao i za relativno male uzorke, odnosno mali broj podataka. Stepem saglasnosti se ocenjuje na bazi odstupanja pojedinih tačaka empirijske funkcije pouzdanosti ili empirijske funkcije verovatnoće otkaza od pretpostavljene raspodele (teorijske funkcije pouzdanosti odnosno teorijske verovatnoće otkaza pretpostavljene raspodele) (slika 30), upoređujući ova odstupanja sa dozvoljenim koeficijentom poverenja d_{α} , za veličinu uzorka n i nivo značajnosti α .

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI



Slika 30 - Teorijske funkcije pouzdanosti

Prilikom primene ove metode treba poštovati sledeću proceduru:

1. poredati podatke u rastućem nizu,
2. utvrditi ukupan broj podataka n ,
3. izračunati vrednosti empirijske funkcije pouzdanosti, odnosno verovatnoće otkaza,
4. izračunati odgovarajuće vrednosti teorijske funkcije pouzdanosti, odnosno verovatnoće otkaza pretpostavljene raspodele,
5. odrediti apsolutnu vrednost razlike $[F_e(t) - F(t)]$ ili $[R_e(t) - R(t)]$,
6. odrediti maksimalnu apsolutnu vrednost razlike D_{max} ,
7. uporediti D_{max} sa tabličnom vrednošću d_α .

Ako $D_{max} < d_\alpha$, prihvata se hipoteza o datoj raspodeli otkaza na datom nivou značajnosti α .

3.4.1. Analiza stabla otkaza FTA (Fault Tree Analysis)

Analiza stabla otkaza (Fault Tree Analysis – FTA) je jedna od osnovnih i najčešće korišćene kvalitativne metoda za analizu sigurnosti i pouzdanosti tehničkih sistema. FTA je deduktivna metoda kod koje se za definisani vršni događaj u obliku otkaza razmatrane strukturne celine ili sistema utvrđuju uzročni događaji koji do njega dovode. Osnovu FTA metode predstavlja prevođenje fizičkih sistema na strukturne logičke dijagrame [93].

Metoda Analize stabla otkaza je razvijena ranih šezdesetih godina 20. veka u SAD-u. Idejni tvorac metode je H. A. Watson iz firme "Bell Telephone Laboratories". On je u toku 1961. i 1962. godine razradio i primenio ovu metodu u analizi sigurnosti sistema za lansiranje

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

raketa, za potrebe ratnog vazduhoplovstva. Od sredine šezdesetih godina prošlog veka do danas metoda analiza stabla otkaza se široko primenjuje za istraživanje pouzdanosti, sigurnosti i za dijagnostiku otkaza velikog broja složenih tehničkih sistema. Uzročno definisanje stanja sistema koja dovode do otkaza može da se koristi za ocenu pogodnosti održavanja i za izradu plana održavanja tehničkog sistema. Pored toga, stablo otkaza može da posluži kao dijagnostičko sredstvo za utvrđivanje najverovatnijih uzroka nastalog otkaza [94].

Primena FTA metode daje najbolje rezultate kada analizu izvrši tim za razvoj proizvoda. Na taj način dobija se kompletnije i sveobuhvatnije stablo otkaza, nego u slučaju kada tu analizu vrši pojedinac. Tim stručnjaka može da obuhvati širu sferu relevantnih informacija da ih razmotri i prikaže. U teoriji pouzdanosti se posebno analiziraju načini povezivanja elemenata sistema sa stanovišta oblikovanja šeme stabla otkaza, na osnovu koje treba izvesti analitičke izraze za izračunavanje pouzdanosti sistema. Pri oblikovanju šeme stabla otkaza, posebno treba voditi računa o tehnološkom načinu međusobnog povezivanja elemenata sistema radi vršenja određene funkcije i veze ovih elemenata u šemi stabla otkaza. Da bi se mogla konstruisati strukturna šema mora se razumeti logička struktura konstrukcije sistema i simboli za njeno sastavljanje [95]. Osnovni cilj rada je da se kroz razvijeni model pouzdanosti utvrde osnovni faktori koji mogu doprineti potpunom ili delimičnom otkazu planetarnog reduktora i utvrditi preventivne mere u cilju sprečavanja potpunog ili delimičnog otkaza [96].

3.4.1.1. Postupak FTA

Na početku analize pouzdanosti tehničkog sistema metodom Analize stabla otkaza, daje se definicija i utvrđuju se granice i ciljevi sistema. Vršni događaj u stablu otkaza, u zavisnosti od analiziranog sistema, može da bude opšti (u obliku otkaza sistema), ili specifičan (ukoliko uključuje samo neke otkaze sistema ili njegovih komponenti). Od analitičara se zahteva da pre nego što pristupi formiranju stabla otkaza, veoma dobro prouči sistem sa stanovišta strukture, načina funkcionisanja i međusobnog odnosa sastavnih elemenata. Formiranje stabla otkaza tehničkih sistema vrši se pomoću simbola za događaje, logičke kapije i prenos. Za događaje se koristi veći broj različitih simbola, koji pokazuju da li se radi o složenim ili o bazičnim inicirajućim događajima. Za složene događaje koristi se pravougaonik. Od simbola za bazične događaje najčešće se koristi krug, koji označava stanje elementa sistema uslovljeno njegovim karakteristikama, i romb koji označava nerazvijeni događaj. Logički simboli u stablu otkaza označavaju međusobnu uslovljenost i povezanost događaja nižeg i višeg nivoa. Tako na primer, "ILI" logička kapija proizvodi izlaz ako se desi jedan ili više ulaznih događaja. Za razliku od nje, "I" logička kapija proizvodi izlaz samo ako se dese svi ulazni događaji. Simboli

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

za prenos u obliku trouglova, sa identifikacionom oznakom u vidu slova unutar njih, omogućavaju formiranje složenih stabala otkaza u vidu matičnog stabla i određenog broja podstabala. Kada je stablo otkaza kompletirano, ono se sistematski analizira radi razumevanja logike povezanosti događaja i boljeg uvida u različita stanja sistema. Po usvajanju stabla otkaza, u zavisnosti od krajnjeg cilja primene FTA metode, može se vršiti kvalitativna i/ili kvantitativna analiza. Na osnovu dobijenih i usvojenih rezultata posredstvom stabla otkaza, daju se predlozi korektivnih mera sa ciljem otklanjanja uočenih nedostataka ili predlozi alternativnih rešenja.

I kolo – proizvodi izlazni događaj samo ako se istovremeno dese svi ulazni događaji.

b) II kolo – proizvodi izlazni događaj ukoliko se desi jedan ili više ulaznih događaja.

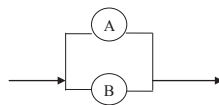
Analitička šema otkaza treba da bude onoliko jednostavna koliko to dozvoljava složenost sistema. Izgradnja logičke progresije, vrši se od neželjenog do bazičnih događaja. Šema stabla otkaza koja se razvija treba da bude logična. Isto tako nije potrebno razvijati neobične događaje čija je vjerovatnoća da se dese vrlo mala. Izlaz iz šeme stabla otkaza može da bude onoliko dobar koliko su dobri ulazi u šemu. Kvantitativna faza nastanka šeme stabla otkaza nastaje ako se za različite događaje obezbede podaci o verovatnoći. Osnovni događaji u stablu se biraju tako da budu statistički nezavisni događaji, tj. da ostvarenje nekog od događaja ne utiče na verovatnoću nastankom drugog događaja. Za kvantitativne proračune koriste se sledeće dve teoreme iz teorije verovatnoće:

a) teorema verovatnoće zbira nesaglasnih događaja. Verovatnoća da nastupi jedan, svejedno koji od dva događaja A i B koji se međusobno isključuju, tj. kad pojava jednog isključuje istovremeno pojavu drugog, jednaka je zbiru verovatnoća tih događaja:

$$P(A + B) = P(A) + P(B) \quad (3.23)$$

Ako se događaji A i B ne isključuju, biće:

$$P(A + B) = P(A) + P(B) - P(AB) \quad (3.24)$$



Slika 31 – Događaji A i B, paralelno povezivanje

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

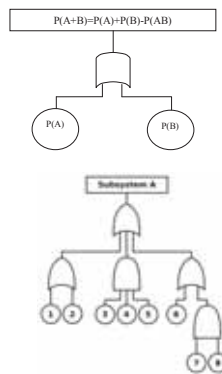
b) teorema verovatnoće proizvoda nezavisnih događaja – Verovatnoća zajedničkog nastupanja dva nezavisna događaja A i B, tj. ako pojava jednog od njih ne utiče na verovatnoću pojave drugog, jednaka je proizvodu verovatnoće svakog od tih događaja:

$$P(AB) = P(A)P(B) \quad (3.25)$$

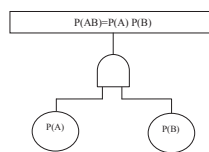


Slika 32 - Događaji A i B, veza u nizu

kao što sledi:



Slika 33 - Logička vrata ILI



Slika 34 - Logička vrata I

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

– ako je slučaj sa ILI kolom verovatnoća nastanka događaja na izlazu je suma verovatnoća na ulazu.

– Verovatnoća da će rezultat biti takav da će se javiti na izlazu I kola je proizvod verovatnoće svih ulaznih događaja.

Prethodna analiza, kao što je rečeno važi samo u slučaju kada se događaji uneti u šemu stabla otkaza uzajamno isključuju, tj. kada jedan ili samo jedan izlaz može nastati jednom jedinom akcijom. U tom slučaju relacije (3) i (4) se mogu direktno primeniti. Kada se događaji ne isključuju uzajamno, mora se napraviti korekcija oduzimanjem verovatnoće $P(AB)$ prema relaciji (3a). Ova korekcija je obično nevažna jer je njena veličina malog reda.

3.5.2. FMEA - Failure mode and effects analysis metodologija

FMEA je uopšteno govoreći sistemski proces za identifikaciju potencijalnih otkaza konstrukcije proizvoda ili procesa izrade/ montaže proizvoda i to pre nego što se ti otkazi dogode s intencijom da se oni eliminišu, ili da se minimiziraju posledice u vezi s njima. Ova metodologija predstavlja ključni alat u prevenciji od mogućih problema u korišćenju proizvoda i procesa, pa pošto je usmerena na krajnji cilj zadovoljenja zahteva kupaca njeno sprovođenje je bitno za ostvarivanje kvaliteta [98].

Kao disciplina FMEA bila je najpre razvijena za vojne potrebe SAD-a pod oznakom MIL-P-1629, zvaničnim nazivom „Procedura za izvođenje Analize načina, posledica i kritičnosti otkaza“ i datumom 9. novembar 1949. godine. Ona je tada bila predložena kao tehnika procene pouzdanosti s ciljem da se odredi efekat otkaza sistema i opreme. Otkazi su bili klasifikovani saglasno njihovom „udaru“ na misiju uspeha i sigurnosti osoblja/ opreme. Termin „osoblje/ oprema“ uzet direktno iz vojnog standarda MIL-STD-1629 kasnije je s modernizacijom metodologije FMEA proširen na niz prioriteta uključujući zadovoljenje kupaca i sigurnost proizvoda i procesa. Tokom vremena metoda FMEA ušla je u mnoge standarde npr.: DIN 25440, BS 5760 Part 5, IEC 812, VDA 4, SRPS IEC 812 itd.

Internacionalna organizacija za standardizaciju ISO izdala je 1988. godine seriju standarda za upravljanje poslovima ISO 9000. Zahtevi ove serije standarda razrađuju organizaciju razvoja postupaka sistema upravljanja kvalitetom s ciljem da ti postupci budu usmereni na zadovoljenje potreba, želja i očekivanja kupaca. Na bazi standarda ISO 9001 do ISO 9004, a posebno na osnovu standarda ISO 9001 razvijen je standard obezbeđenja kvaliteta

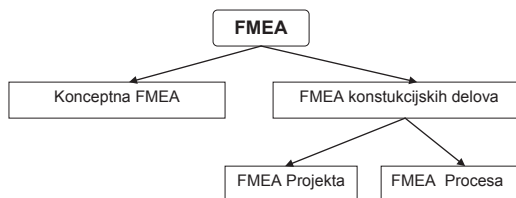
ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

čiji je pun naziv „Zahtevi sistema kvaliteta QS 9000“. Naime velika trojka autoindustrije Krajsler Korporacija, Dženeral motors i Ford razvile su ovaj standard u potpunoj saglasnosti sa ISO 9001 s tim što on sadrži i dodatne zahteve značajne za automobilsku industriju. U saglasnosti sa standardom QS 9000 mora se koristiti metodologija FMEA u procesu uspešnog planiranja kvaliteta proizvoda APQP (Advanced Product Quality Planning) i razvoju kontrolnih planova CP (Control Plans). Prema tome, FMEA je integralni deo svakog sistema kvaliteta saglasnog sa QS 9000.

FMEA može da se sprovodi na dva različita načina: kao konceptna FMEA ili kao FMEA konstrukcijskih delova [88].

Konceptna FMEA je pogodna za analizu u fazi koncipiranja proizvoda, gde se utvrđuju principijelne funkcije sistema. Pri tom se najpre definišu funkcijski zahtevi sistema. Na osnovu urađenog koncepta razmatra se međusobno delovanje podistema i komponenti u okviru sistema. Nakon toga se moraju utvrditi pogrešne funkcije odnosno funkcijski otkazi. Analiza počinje od ravni sistema i sledi do ravni konstrukcijskih delova, od gore prema dole (top-down).

U nekim slučajevima može se primeniti postupak od dole prema gore (bottom-up). Kao rezultat konceptne FMEA dobijaju se kritična mesta strukture funkcija.



Slika 35 - Varijante FMEA

FMEA konstrukcijskih delova može da se sprovodi kada postoje crteži konstrukcionih delova ili u najmanju ruku konkretni tehnički podaci. FMEA konstrukcijskih delova može da se podeli na: FMEA Projekta i FMEA Procesu.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

FMEA Projekta koristi se kao pomoćno sredstvo za identifikaciju i preventivu otkaza čiji su uzroci u neposrednoj vezi sa projektovanjem proizvoda. Pri tome se razmatra svaka moguća vrsta otkaza konstrukcionih delova i istražuju efekti na sistem. FMEA Projekta treba izvoditi posle definisanja funkcija proizvoda i konstruisanja, ali pre nego što je projekat završen i spreman za proizvodnju.

FMEA Procesu koristi se za identifikaciju uzoraka potencijalnih načina otkaza koji se mogu javiti prilikom proizvodnje ili montaže delova ili sklopova, i za definisanje mera za otklanjanje uočenih nedostataka. FMEA Procesu treba izvoditi kada su crteži proizvoda gotovi i kada je razvije odgovarajući tok procesa proizvodnje

Da bi FMEA bila uspešna, mora da bude urađena pre početka realizacije proizvoda ili procesa, ali i periodično tokom proizvodnje i za proizvod i za proces. Vremenska sinhronizacija sprovođenja različitih vrsta FMEA u fazi razvoja proizvoda omogućava automatsko uzimanje u obzir rezultata prethodnih FMEA i povratnih informacija o izmenama u projektu proizvoda ili procesa, čime se smanjuju potrebe za kasnijim izmenama i značajno redukuje vreme i troškovi razvoja.

FMEA metodologija sustavno prati i otkriva pogreške. Pod pojmom pogreške podrazumevaju se bilo koje greške ili nedostaci u proizvodnji ili usluzi zbog kojih kupac tih proizvoda ili usluga neće biti zadovoljan. Kako je kvaliteta zadovoljstvo kupca, tako je važno otkloniti bilo kakve pogreške koje se pojavljuju u procesima, a da bi se one uklonile potrebno ih je prvo pronaći i analizirati.

Kada se pogreške pronađu važno je saznati koliko su one ozbiljne, kakve su posledice takvih pogrešaka, koliko često se ponavljaju i na koji način se otkrivaju. Sve te analize su potrebne da bi takve pogreške mogli ukloniti i spriječiti njihovo ponavljanje.

Uspjeh FMEA metodologije je u tome što se pomoću nje mogu pouzdano identificirati moguće pogreške u poslovnim procesima. Zbog toga se često koristi u proizvodnoj industriji. FMEA metodologija je dobar alat za sustavno praćenje gubitaka i pogrešaka i na taj način analiziranja utjecaja takvih pogrešaka na cjelokupni poslovni proces. Najviše ju koriste menadžeri sigurnosti i menadžeri kvalitete.

FMEA analiza se provodi u dva dijela. Prvo se pronalaze pogreške, a zatim se analiziraju i određuje njihov utjecaj na cjelokupni proces. Pri tome se mora pratiti i analizirati cjelokupni poslovni proces. FMEA metodologija upotrebljava se kada se postojeći proces, proizvod ili usluga upotrebljavaju na novi drugačiji način. Kada poslovne analize ne daju zadovoljavajuće rezultate. Kada se poboljšava i unaprijeđuje cjelokupni poslovni proces.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

Projektana analiza FMEA mora biti urađena za:

- nove komponente,
- već poznate komponente korišćene za novu upotrebu,
- postojeće komponente koje treba poboljšati bilo da je proizvodnja firme ili
- spoljne isporuke.

Analiza se vrši rasklapanjem proizvoda na odgovarajuće niže nivoe. Spisak treba da sadrži sve komponente, podsklopove, sklopove proizvoda koji se razmatraju i njihove moguće greške. Ova analiza može da se uradi na osnovu tehnološkog znanja i iskustva. Jedna analiza FMEA čak dobro proučirana i savršeno napisana od male je koristi ukoliko ne budu preduzete odgovarajuće akcije.

FMEA je jedan "živ" dokument koji bi trebalo da održava poslednji nivo projekta i izvršenih akcija i koji bi trebalo vremenom da se nastavi i ažurira. Izgled obrazca FMEA – Projekta data u tabeli 3.2.

Tabela – 3.2. FMEA – Projekta

DPZ SURDULICA		FMEA (ANALIZA OBLIKA I POSLEDICA KVARA) : PROJEKTA Komponenta nova ili nova upotreba <input checked="" type="checkbox"/> Postojeća koju treba poboljšati <input type="checkbox"/>												Naziv proizvođača		Materijala					
		Dopisnik/loci				Fabrika isporocite				Administrativni loci				Modeli i sistemi FMEA		Tabela i broj isporocite		Skala			
SADAJNJE STANJE		KOREKTIVNE AKCIJE		POBOLJ(SMO) STANJE																	
Upravljanje	Proizvodnja	Montaža	Isprava	Operativno	Upravljanje	Isprava	Operativno	Upravljanje	Isprava	Operativno	Upravljanje	Isprava	Operativno	Upravljanje	Isprava	Operativno	Upravljanje	Isprava	Operativno	Upravljanje	
00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00

Svaka rubrika označena je brojem. Tabela se sastoji od polja i kolona, koje su:
Firma i unosi se naziv projektne službe odgovorne za FMEA;
Polje 1: Komponenta nova ili nova upotreba ili postojeće koju treba

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

- Polje 2:** poboljšati;
- Polje 3:** Naziv proizvoda – unosi se naziv komponente koja se analizira
- Polje 4:** Osnovni broj - broj crteža – Unosi se oznaka crteža komponente koja se analizira,
- Polje 5:** Model sistem obrada – Unosi se tehničku šifru modela/ sistema proizvoda koji se analizira naznačena na crtežu.
- Polje 6:** Tehničko stanje izmene - Navodi se datum poslednje izmene crteža komponente koja se analizira.
- Polje 7:** Odgovorno lice – Navodi se ime lica odgovornog za projekat i analizu **FMEA** (TEAM LEADER) overeno odobrenje odgovornog lica funkcija razvoja
- Polje 8:** Fabrika/ Isporučilac – Navodi se fabrika i/ ili isporučioc o kojima se radi.
- Polje 9:** Datum (prvog popunjavanja) – Navodi se datum prvog popunjavanja FMEA.
- Polje 10:** Prerada/ datum – Navodi se datum poslednje prerade FMEA
- Polje 28:** Stranica/ – Navodi se pre kose crte rastući broj stranice posle crte ukupan broj stranica koliko ima analiza FMEA.
- Polje 29:** Učesnici funkcije – Navode se imena i funkcije koji su stručnjaci koji su bili u radnoj grupi koja je radila analize FMEA.
- Kolona 11:** **Komponenta/podsistem** – Opisuju se komponente i/ ili podsystemi na koje se razbija komponenta predmet analize FMEA.
Funkcionalna kategorija – Navodi se, za svaku komponentu/
- Kolona 12:** podsistem opisan u koloni 11, funkcionalnu kategoriju kojoj pripadaju.
Oblici otkaza – Navodi se oblik (tip) otkaza koji može da nastane na delu ili podsystemu koji se analizira opisanim u koloni 11
- Kolona 13:** oblik otkaza opisuje anomaliju koja može da nastane u smislu neostvarenih ili umanjениh karakteristika. Kao dobra polazna tačka preporučuje se pregled ranijih FMEA, izveštaja o kvalitetu, vraćanja u garantnom roku, probe na trajnost itd. za slične komponente. Treba razmotriti takode potencijalne oblike otkaza koji se javljaju samo u

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

posebnim uslovima vožnje (pr. toplo, hladno, mokro, suvo, prašina i td.) ili u posebnim uslovima eksploatacije (pri. kilometraža preko prosečne, neravan teren, vožnja samo u gradu i td.).

Kolona 14: Posledice oblika otkaza – Opisuju se posledice u smislu šta će korisnik primetiti ili pretrpeti pretpostavljajući da je nastao otkaz.

Ukoliko se posledice nedostatka tiču usklađenosti sa zakonskim propisima, to treba da bude naznačeno. Mada primer dat u prilogu ne obuhvata neki takav slučaj, ako je potrebno treba da bude navedeno, na pr. "nije u skladu sa Evropskom direktivom", ili nije u skladu sa Standardom za bezbednost".

Uzroci nastanka otkaza

Kolona 15: Nabrajaju se svi mogući uzroci koji bi mogli stajati iza svakog oblika otkaza navedenog u koloni 13. Uzroci moraju da budu opisani koncizno, ali što je moguće kompletnije, tako da otklanjanje otkaza bude usmereno na odgovarajući uzrok.

Kod uzroka nastanka otkaza analiziraju se razlozi zbog kojih opisani oblik otkaza može da nastane. Uzrok otkaza treba najpre tražiti u neadekvatnosti neke karakteristike komponente navedene u koloni 11 krivicom projekta.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

Predviđene kontrolne mere

Kolona 16: Pobjerati kontrole koje se nameravaju primeniti radi sprečavanja uzroka otkaza, a koje omogućavaju da se utvrde uzroci zbog kojih nastaje oblik otkaza opisan u kolonama 13, 14, 15 "sadašnje kontrole" (na pr. Tehničke specifikacije po crtežu, normi ili Tehničkom uslovu, sistem kontrole kvaliteta itd.) su kontrole koje se normalno primenjuju kod sličnog projekta.

Početni poeni mogućnosti pojave otkaza i njegovog određivanja, baziraju se na ovim kontrolama. Navedene kontrole treba da budu posvećene sprečavanju ili specifičnih uzroka tog oblika otkaza. Ovde nisu uzete u obzir kontrole čije se sprovođenje predviđa, a koje nisu već u Tehničkim specifikacijama (crtežima i normama) ili u proizvodnom standardu. Ako se smatra da su potrebne druge posebne kontrole, one se mogu navesti u koloni 21 pod "mere poboljšanja koje se preporučuju" i ubaciti u tehničke specifikacije.

Zadatak je projektanta da obezbedi proveru svih sistema kontrole pobrojanih u FMEA kod zainteresovanih institucija ili isporučioaca.

Projektant treba da poznaje cikluse proizvodnje i uputstva za kontrolu sličnih komponenta i kao pomoć u razradi FMEA.

Za jedan potpuno nov projekat, sadašnje kontrole mogu da budu vrlo ograničene ili da ih nema. Međutim projektant može da koristi opšti plan kontrole izdat i odobren od nadležne institucije.

Indeksi ocene za 3 parametra FMEA

U kolonama 17 - 18 - 19 treba navesti ocenu u bodovima za sve identifikovane uzroke oblika otkaza.

Indeks prioriteta rizika IPR = P·G·R

Kolona 17: Verovatnoća

Označiti brojevima od 1 do 10 procenu verovatnoće da se uzrok otkaza (opisan u koloni 15) pojavi, ocenjujući ga prema skali od "1"

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

do "10". Po kriterijumima navedenim u sledećem pregledu, sve kontrole čiji je cilj da se spreči da se nešto desi treba da budu uzete u obzir kod ove procene. Kod ocenjivanja u poenima treba uzeti u obzir verovatnoću da se potencijalni otkaz pojavi kod kupca vodeći računa o svim navedenim kontrolama.

2) Poboljšati "sistem kontrole" da bi se sprečili uzroci otkaza.

Ozbiljnost

Označiti nekim brojem od 1 do 10 procenu ozbiljnosti otkaza na osnovu efekta (kolona 14 i 15) oblika otkaza kod kupca prema kriterijumima navedenim u sledećem pregledu.

U tabeli 3.3. prikazana je logička šema sa vrednostima. Šema korelacije bodovi/ ocene za dole navedene parametre

Tabela 3.3 – Ocena ozbiljnosti otkaza

Skala	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Parametri	
Verovatnoća P	Ne pojavljuje se _____ Pojavljuje se
Ozbiljnost G	Nije ozbiljno _____ Krajnje ozbiljno
Mogućnost Otkrivanja R	Pronalazi se _____ Ne pronalazi se

Kako je brojčana ocena ozbiljnosti bazirana uglavnom na posledicama otkaza kod kupca, po pravilu svi potencijalni uzorci koji ga izazivaju moraju imati istu ocenu. Da bi se smanjila ozbiljnost otkaza potrebno je ponovo projektovanje komponente.

Kolona 19: Mogućnost otkrivanja

Ocenjuje se nekim brojem od 1 do 10 i označava verovatnoću otkrivanja otkaza prema svakom jedinačnom uzorku otkaza, pre nego što komponenta ili sistem stigne do kupca, prema kriterijumima navedenim u sledećem pregledu. Polazi se od pretpostavke da dolazi do otkaza, a zatim se ocenjuje efikasnost svih operacija kontrole za njegovo

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

otkrivanje.

Tabela 3.4 – Ocena ozbiljnosti otkaza

Ocena ozbiljnosti otkaza	Odgovarajuća brojčana ocena	Odgovarajući negativni poeni za kvalitet
Jedva primetan - bezrazložno je očekivati da će vrsta otkaza izazvati bilo kakvu vidljivu posledicu na vozilu i performansu sistema. Kupac verovatno neće biti u stanju da je zapazi	1	3
Beznačajan - vrsta otkaza će izazvati samo malo nezadovoljstvo kod kupca koji neće primetiti znatnije razlike u performansama vozilu ili sistema	2 3	3
Srednje ozbiljan - otkaz je sproveden i izazvaće nezadovoljstvo kod kupca. Neki primeri: zujanje zupčanika, preterani napor na pedalama itd.	4 5 6	6
Ozbiljan - Izazvaće znatno nezadovoljstvo kod kupca i staviće vozilo ili sistem van upotrebe ili izazvaće smanjivanje performansi u odnosu na zakonske propise, ne povređujući ipak bezbednost ili usklađenost sa propisima	7 8	20
Krajnje ozbiljan – ostane se "nasednuta" ili nedostatak povlači pitanje sigurnosti vozila i/ ili usklađenost sa propisima. Ocena ozbiljnosti može da bude izmenjena samo izmenama u projektu i prema tome na nju ne utiče vrsta kontrole koja se vrši.	9 10	50
Odgovarajući negativni poeni za kvalitet predstavljaju klasifikaciju negativnih poena proizvoda koji koriste službe kvaliteta FIAT-a navodi se orijentaciono i nema dakle karakter stroge podudarnosti.		

Kolona 20: Koeficijent prioriteta rizika (IPR)

Koeficijent prioriteta rizika je proizvod ocena "verovatnoće" (kolona 17), ozbiljnost (kolona 18), mogućnosti otkrivanja (kolona 19), a izračunava se za svaki uzrok otkaza (kolona 15) $IPR = P \cdot G \cdot R$.

Koeficijent prioriteta rizika IPR pokazuje u kom su odnosu međusobno uzroci otkaza. Uzrocima sa visokim prioritetom rizika i visokom ozbiljnošću treba dati prvenstvo kod sprovođenja korektivnih akcija.

Granica intervencije, koju određuje voda grupe, može se prikazati orijentaciono, kao što je dole navedeno uzimajući u obzir i funkcionalnu klasu razmatrane komponente.

Ozbiljnost otkaza 9/ 10 (kritični) IPR - 40

" " 7/8 IPR - 100

" " 4/5/6 IPR - 120

" " 1/2/3 IPR - 150

Kolona 21: Mere za poboljšanje koje se preporučuju

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

Opisuju se ukratko mere poboljšanja koje se preporučuju. Svaka pojedinačna mera mora se naznačiti i jasno odrediti izbegavajući opšta uputstva.

U slučaju obaveznih mera (zbog troškova, vremena) potrebno je predložiti alternativna rešenja kako bi se službi koja donosi odluke omogućilo da izabere najpogodnije rešenje za datu situaciju. O merama poboljšanja moraju se dogovoriti konstrukcija, službe kvaliteta, Tehnologija proizvodnje.

Ako nije tražena nikakva korektivna akcija naznačiti NA u koloni i uneti već datu ocenu IPR.

Kolona 22: Kao primer navode se u daljem tekstu neke tipične mere poboljšanja projekta.

Odgovornost i dinamika predviđenih aktivnosti

Navodi se služba i ime odgovornog lica za sprovođenje korektivnih akcija koje se preporučuju:

Kolona 23: predviđeni datum, rok probe.
rešenje problema.

Preduzete mere i dinamika realizacije

Pošto bude sprovedena korektivna akcija opisati je ukratko (pr. izmenjen crtež, automatizovana dimenzionalna kontrola 100% itd), navoditi odgovarajuće oznake (br. crteža itd.) i navesti stvarni datum uvođenja.

Ukoliko se preporučene mere pokažu neizvodljivim (previsoki troškovi,

Kolone 24, 25, 26, 27, predugački rokovi itd.) ovde se navodi razlog, odnosno alternativne intervencije koje su dogovorene.

Poboljšano stanje (1 ocena)

U tabeli 3.5. date su orijentacione vrednosti u % verovatnoće otkrivanja

Tabela 3.5 – Ocena verovatnoće otkrivanja otkaza

Ocena verovatnoće otkrivanja otkaza (pre isporuke kupcu) za svaki pojedini uzrok	Odgovarajuća brojčana ocena	Verovatnoća da se otkaza otkrije
Velika: Otkaz ili nedostatak koji primetimo u narednim operacijama (na pr. nedostaje volan)	1	96%
Srednja: Otkaz ili nedostatak vidljiv (napr. nedostaje ručna vrata). Automatska kontrola 100% nekog običnog svojstva (na pr. prisustvo nekog otvora)	2 3 4	94 - 85% 84 - 75% 74 - 65%

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

	5	64 - 55%
Mala: Lako prepoznatljiv otkaz ili nedostatak (na pr. spojnička veza neispravna u toku kontrole funkcionisanja 100%). Automatska kontrola 100% jedne merljive karakteristike (na pr. prečnika)	6	54 - 45%
	7	44 - 35%
	8	34 - 25%
Vrlo mala: Otkaz ili nedostatak nisu lako prepoznatljivi (na primer kablovska veza uključena samo delimično). Vizuelna ili ručna kontrola 100%.	9	24 - 15%
Nema verovatnoće: Karakteristika nije kontrolisana ili ne može da se kontroliše. Otkaz ili skrivena mana nisu prepoznati tokom izrade ili montaže (na pr. nedostatak se odnosi na vek trajanja).	10	15%

Predviđanje novog IPR koji se može dobiti na osnovu preporučenih mera poboljšanja (eventualno više od jedne i/ ili alternativno). Popunjavanje treba izvršiti pri prvom sastavljanju obrasca.

Poboljšano stanje (2 ocena)

Pošto su korektivne akcije završene potrebno je ponovo proceniti potencijalne uzroke otkaza u pogledu verovatnoće, težine, mogućnosti otkrivanja, određujući tako novi IPR. Ako se ne preduzme neka mera (N.A.) moraće da se navede indeks prioriteta rizika koji je predhodno već izračunat.

U slučaju kada preporučene mere nisu potpuno ostvarene FMEA treba smatrati otvorenim problemom (nezaključenim) (Prilog 4).

3.4.3. FMCEA - Failure Modes, Effects and Criticality Analysis

Analiza načina, posledica i kritičnosti otkaza (FMECA)

FMECA (Failure Modes, Effects and Criticality Analysis) postupak vrši se u fazi konstruisanja i razvoja radi utvrđivanja mogućih načina otkaza i njihovih uticaja na rad proizvoda. Osnovni cilj ovakve analize je otkrivanje oblasti kritičnih otkaza i karakteristika konstrukcije. Može se vršiti od nivoa proizvoda naniže ili od nivoa komponenata naviše, do nivoa koji odgovara potrebama, raspoloživom vremenu i zahtevanom obezbeđenju. U okviru analize razmatraju se svi potencijalni otkazi u pogledu verovatnoće njihovog javljanja i razvrstavaju se prema svom verovatnom efektu na uspešan rad proizvoda ili dela. Na taj način se olakšava proces alociranja potrebnih sredstava za korektivne akcije u konstrukciji za pouzdanost i razvoj. Ovakva analiza se obavezno vrši u toku revizije konstrukcije i treba je

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

uvek koristiti za dobijanje kriterijuma prihvatanja prilikom planiranja ispitivanja, a kada je potrebno, i za uspostavljanje kontrolnih i dijagnostičkih procedura.

Elementi analize su:

- a) analiza načina otkaza – istraživanje proizvoda i međusobnih radnih odnosa njegovih delova pod raznim predviđenim uslovima rada (normalni i abnormalni) radi utvrđivanja verovatne lokacije otkaza, načina i mehanizma dešavanja otkaza;
- b) analiza efekata otkaza – istraživanje mogućih otkaza koji se mogu dogoditi u bilo kom delu proizvoda, sistema, radi utvrđivanja verovatnog efekta svakog otkaza na sve druge komponente, druge delove proizvoda i na verovatnoću uspešnog rada;
- c) analiza kritičnog otkaza – istraživanja mogućih otkaza u bilo kojem delu proizvoda, sistema u vezi sa verovatnim rizikom po pitanju bezbednosti, neprihvatljive degradacije performansi, prestanka rada ili raspoloživosti proizvoda.

Zajednička analiza FMEA i CA naziva se Analiza načina, posledica i kritičnosti otkaza (Failure Modes, Effects and Criticality Analysis – FMECA) (Prilog 5).

U slučaju da su poznati brojni pokazatelji otkaza elemenata sistema (intenzitet otkaza, relativna učestalost načina otkaza, uslovna verovatnoća pojavljivanja određene kategorije posledica i efektivno vreme rada elemenata), ili se mogu proceniti, primenom odgovarajućeg determinističkog izraza može da se izvrši izračunavanje kritičnosti elemenata i njihovo rangiranje prema različitim kriterijumima.

FMECA postupak često zahteva upotrebu subjektivnih procena, nesigurnih podataka i približnih modela sistema. Dopuštajući nepreciznost i približnu analizu, fuzzy logika (zajednički naziv za teoriju fuzzy sklopova i teoriju verovatnoće) predstavlja efikasan alat za opisivanje pokazatelja pouzdanosti time što ne forsira preciznost tamo gde ona nije moguća. Dopuštanjem neodređenosti, omogućeno je da se ponovo uspostavi intenzitet analize pouzdanosti. U „principu složenosti“, Zadeh, tvorac fuzzy logike, zapazio je da kako složenost sistema raste sposobnost analitičara da da precizne, ali i značajne iskaze o njegovom ponašanju slabi, dok se ne dostigne prag iza koga preciznost i značaj (relevantnosti) postaju skoro međusobno isključive karakteristike. Nigde to nije očiglednije nego kod analize pouzdanosti. Što su tehnički sistemi složeniji, analiza pouzdanosti igra sve značajniju ulogu u uspešnom razvoju sistema. Međutim, njeno sprovođenje postaje znatno teže.

Za sprovođenje analize posledica otkaza u okviru FMEA/ FMECA, potrebno je sve posledice otkaza razmatranog sistema klasifikovati po kategorijama. U opštem slučaju, klasifikacija se može izvršiti u četiri kategorije na sledeći način:

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

- I - katastrofalne posledice za sistem i/ ili ljudstvo,
- II - definitivan prekid eksploatacije sistema,
- III - zastoji sistema ili pogoršanje izlaznih parametara i
- IV – nezatni (zanemarljivi) zastoji sistema.

U dosadašnjim razmatranjima, postupak kvantitativne FMECA na osnovu da su poznati intenziteti otkaza ili ih je moguće proceniti, sprovodi se u tri koraka:

1. Utvrđivanje kritičnosti načina otkaza elemenata po kategorijama posledica otkaza p ($p = I, II, III, IV$), prema izrazu: podataka iz eksploatacije (uglavnom elektronskih elemenata), u slučaju

$$C_{ij}^{(p)} = \alpha_{ij} \beta_{ij}^{(p)} \lambda_i t_i, \quad (3.26)$$

gde je:

α_{ij} - relativni udeo (mera učestalosti) j -tog načina otkaza i -tog elementa, pri čemu je $0 \leq \alpha_{ij} \leq 1$, $\sum_j \alpha_{ij} = 1$, (određuje se eksperimentalno ako postoji mogućnost, ili eksperimentalnom procenom, tj. na osnovu podataka iz održavanja razmatranog sistema),

$\beta_{ij}^{(p)}$ - uslovna verovatnoća da će j -ti način otkaza i -tog elementa prouzrokovati p -tu kategoriju posledica otkaza prema usvojenoj kvalifikaciji, pod uslovom da će se ovaj način otkaza pojaviti,

$$\lambda_i = \sum_j \lambda_{ij} \quad \text{- intenzitet otkaza } i\text{-tog elementa,}$$

λ_{ij} - intenzitet j -tog načina otkaza i -tog elementa, a

t_i - vreme rada i -tog elementa.

Vrednost za $\beta_{ij}^{(p)}$ uzimaju se iz tabele prema preporukama iz Tabele 3.6.

Tabela 3.6. - Orijentacione vrednosti uslovnih verovatnoća $\beta_{ij}^{(p)}$

Stepen pojave p -te kategorije posledice otkaza	Vrednost za $\beta_{ij}^{(p)}$
Sigurna pojava	1
Verovatna pojava	0,1 ... 1
Najverovatnije se neće pojaviti	0 ... 0,1
Praktično se ne dešava	0

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

Proračun $C_{ij}^{(p)}$ omogućava rangiranje načina otkaza elemenata po posledicama radi određivanja najkritičnijih načina otkaza elemenata u sistemu sa aspekta sigurnosti. Osim toga, izračunate vrednosti $C_{ij}^{(p)}$ predstavljaju polaznu osnovu za određivanje ostalih kvantitativnih pokazatelja kritičnosti elemenata.

2. Utvrđivanje kritičnosti otkaza i -tog elementa, koji prouzrokuje p -tu kategoriju posledica otkaza:

$$C_i^{(p)} = \sum_j C_{ij}^{(p)}. \quad (3.27)$$

Proračun $C_i^{(p)}$ omogućava izdvajanje najvažnijih elemenata, čiji otkazi dovode do određenih kategorija posledica.

3. Utvrđivanje kritičnosti p -te posledice otkaza sistema, sabiranjem kritičnosti svih načina otkaza elemenata za tu posledicu:

$$C_p = \sum_i \sum_j C_{ij}^{(p)}. \quad (3.28)$$

Dobijene vrednosti C_p predstavljaju statistički pokazatelj stepena zastupljenosti pojedinih kategorija posledica.

Kvantitativan postupak FMECA podrazumeva postojanje sistematskih prikupljenih podataka o otkazima elementata sistema koji se razmatra. Međutim, praksa je pokazala da je vrlo teško doći do tih podataka. Najčešći razlog tome je što su stručnjaci koji projektuju, realizuju ili ispituju sistem, zaokupljeni njegovom funkcijom i nezainteresovani za skupljanje i evidentiranje podataka o načinima otkaza elemenata sistema.

U nedostatku podataka dobijenih eksperimentalnim putem za intenzitet otkaza mogu da se koriste procenjene vrednosti. Za veliki broj elemenata u elektrotehnici postoje podaci o pouzdanosti, najčešće izraženi preko intenziteta otkaza λ . Ovi podaci potiču iz ispitivanja koja su laboratorijskog karaktera, a ne iz realnih eksploatacionih uslova. Zbog toga se vrednosti intenziteta otkaza dobijene na taj način nazivaju nominalnim ili osnovnim i daju se kao minimalne, srednje i maksimalne vrednosti.

Obzirom da je potrebno proceniti intenzitet otkaza na osnovu podataka o nominalnim vrednostima λ za elemente koji će se u realnim eksploatacionim uslovima raditi pod drugim opterećenjima i uslovima okoline, potrebno je uvesti korekcionne faktore.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

Procenjena vrednost intenziteta otkaza najčešće se dobijaju prema izrazu:

$$\lambda = \lambda_{nom} \cdot K_{ro} \cdot K_o, \quad (3.29)$$

gde je:

λ_{nom} - nominalna (tablična) vrednost intenziteta otkaza,

K_{ro} - faktor realnih radnih opterećenja elemenata, a

K_o - faktor uslova okoline u kojima element treba da funkcioniše.

Vrednost faktora K_{ro} najčešće se daju tabelarno ili dijagramski. Vrednost faktora K_o se usvajaju iskustveno. Potrebno je naglasiti da se za K_{ro} i K_o gotovo isključivo daju za elektrotehničke elemente i da je za mašinske delove to teško uraditi, jer se izrađuju od različitih materijala, rade u bitno različitim uslovima sa specifičnim opterećenjima itd.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

4. EKSPERIMENTALNI DEO

4.1. Organizacija istraživanja

Istraživanje obuhvaćeno doktorskom disertacijom biće sprovedeno i organizovano primenom sledećih koraka i aktivnosti:

- Istraživanje strukture rasporednika koji se koriste u vagonskoj industriji;
- Sistematsko identifikovanje svih mogućih kombinacija uzroka koji vode neželjenom događaju;
- Određivanje faktora koji najozbiljnije utiču na pouzdanost rasporednika i primena potrebnih mera za povećanje pouzdanosti;
- Prepoznavanje i procenjivanje potencijalnih otkaza rasporednika i njihovih posledica;
- Određivanje mera i aktivnosti za eliminisanje ili smanjenje mogućnosti pojave otkaza;
- Dokumentovanje ovog postupka;
- Defnisanje uzorka na kome će se vršiti laboratorijsko ispitivanje rasporednika;
- Laboratorijsko ispitivanje pouzdanosti rasporednika u firmi Wabtec MZT-a i u saobraćaju;
- Analiza pouzdanosti rasporednika;
- Predlog mogućih konstrukcionih izmena na rasporedniku u pravcu veće pouzdanosti, odnosno dužeg radnog veka.

4.2. FUNKCIONISANJE RASPOREDNIKA

Rasporednik tipa MH 3f HBG 310 sastoji se od kućišta u kojem su ugrađeni i uzajamno povezani sledeći ventili (organi):

❖ Ubrzivač

Ubrzivač je snabđen sa strujnim ventilom koji prilikom kočenja odvodi struju vazduha iz glavnog voda i vrši prvo brzo opadanje pritiska u glavnom vodu. Time se uzrokuje brzi nasok kočnice u čitavom vozu. Ubrzivač aktivira rasporedni slog.

❖ Zabravnik

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

Zabravnik deluje tako što omogućuje brzaču da stupi u dejstvo jedino prilikom prvog kočenja, a zatim ostaje isključen, sve dok se pri otkočivanju pritisak u kočnom cilindru ne smanji ispod 0.25 bar.

❖ Naskočni ventil

Naskočni ventil deluje tako što kočni cilindar iz pomoćnog rezervoara propušta prvu brzu količinu komprimovanog vazduha pomoću koje se vrši naleganje kočnih papuča na točak. Ovaj brzi prelaz vazduha prekida ventil, pri cilindarskom pritisku od oko 0.7 bar.

❖ Izjednačivač i napunjivač

U trenutku naskoka kočnice ovaj organ odvaja radnu komoru od glavnog voda. Za vreme procesa otkočivanja preko ovog organa se puni pomoćni rezervoar. Čim pritisak u pomoćnom rezervoaru postigne vrednost radnog pritiska, ovaj organ sprečava svako dalje punjenje i to toliko dugo dok se pritisak u kočnom cilindru ne smanji na oko 0.5 bar. Posle toga se preko prekidača ponovo uspostavlja normalna veza između glavnog voda i pomoćnog rezervoara. Na taj način je potpuno nezavisna kontrola veze između radne komore i glavnog voda prilikom procesa kočenja, odnosno pri otkočivanju pomoćni rezervoar je sasvim nezavisan od pritiska u kočnom cilindru. Na taj način je potpuno isključeno iscrpljenje pri nezaptivnom kočnom cilindru.

❖ Prekidač

Pri cilindarskom pritisku od otprilike 0.5 bar prekida prekidač normalnu vezu između glavnog voda i pomoćnog rezervoara, a pri otkočivanju je ponovo uspostavlja.

❖ Rasporedni slog

Posredstvom rasporednog sloga mogu se u zavisnosti od prolaza za punjenje i otkočivanje u menjaču T/P nakon naskoka kočnice proizvoditi proizvoljni stepeni kočenja i otkočivanja između pritiska od 0.25 bari i maksimalnog pritiska u kočnom cilindru.

❖ Automatski otkočnik

U bilo kojem zakočenom stanju, a pre svega, i pri ispražnjenom glavnom vodu, dovoljno je da se kratkim trzajem povuče otkočnik, da bi se postiglo automatsko otkočenje kočnog cilindra.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

❖ Ograničivač maksimalnog pritiska TIP HBG 310

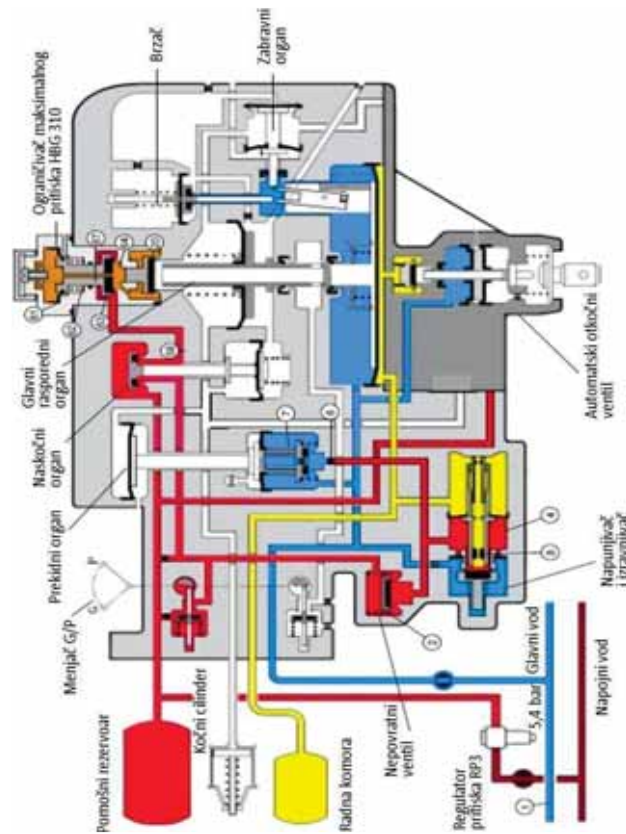
U principu radi kao fini regulator pritiska i obezbeđuje konstantan pritisak od 3.8 bar iznad upusnog ventila (20), nezavisno od veličine pomoćnog rezervoara. Na taj način povećana je osetljivost rasporednika pri stepenastom kočenju.

4.2.1. Način dejstva

4.2.1.1. Punjenje rezervoara (Šema 1)

Iz glavnog voda (1) sabijeni vazduh preko komore (7) i povratnog ventila (2) struji u pomoćni rezervoar. Vreme punjenja određeno je prigušnicom (6). Radna komora se puni preko komore (4), izjednačivača i napunjivača, i to preko otvora osetljivosti (8). Vazduh pod pritiskom iz pomoćnog rezervoara dolazi u komoru iznad upusnog ventila (20) preko kanala (58), pri čemu istovremeno preko kanala (67) puni komoru iznad membrane (61) ograničivača maksimalnog pritiska HBG 310. Pri pritisku od $3,80 \pm 0,10$ bar savladuje se sila opruge (62) i ventil (63) naleže na sedište (64). Na taj način u prostoru iznad upusnog ventila (20) uvek imamo redukovani regulisani pritisak od $3,80 \pm 0,10$ bar.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI



Slika 36 - Šema 1 Punjenje rezervoara

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

4.2.1.2. Kočenje (Šema 2)

Smanjenjem pritiska u glavnom vodu membrana (9) rasporednog sloga savija se naviše zbog nastale razlike pritiska između vazduha u glavnom vodu i u radnoj komori u prostorima (10) i (11) prema opruzi osetljivosti (43). Tim pomeranjem najpre se posredstvom klackalice (12) podigne ventil ubrzivača (13). Vazduh glavnog voda iz komore (10) dospeva ispod membrane (16), čime se ubrzivački ventil (13) još više podigne i zadrži u otvorenom položaju. Vazduh glavnog voda koji ekspandira u ubrzivačkoj komori (14) može, usporen prigušnicom (22) da struji i u komoru (17). Čim se pritisak u komorama (14) i (17) približno izjednači, ponovo se, pod pritiskom opruge (18), zatvori ubrzivački ventil (13), pošto je u međuvremenu zabravnik otklonio klackalicu (12) ustranu. Ovo otklanjanje najpre izaziva dejstvo pritiska na membranu (76) u komori ubrzivača, a nadalje dejstvo pritiska iz kočnog cilindra na membranu (30). Zbog toga prilikom daljnog postepenog kočenja i otkočivanja ubrzivač ostaje isključen. Komora ubrzivača (14) i komora (17) prazne se nastavno preko prigušnica (22) i (15) opet u atmosferu. Promenom preseka prigušnice (22) može se vreme otvaranja ventila (13), a time i oduzimanje vazduha menjati, tako da vreme ostaje normalno i nije zavisno od volumena glavnog voda zbog povećanog prečnika glavnog voda od 1" na 1 1/4" kako je to propisala UIC.

Naglim padom pritiska u komori (10) glavnog rasporednog organa posredstvom ventilske nastavke (19) isti otvara upusni ventil (20) koji ima veliki presek. U tome trenutku reducirani pritisak vazduha iznad membrane (61) preko kanala (67) opada odmah, pri čemu se otvara ventil (63) i vazduh pod pritiskom iz pomoćnog rezervoara, preko kanala (55), ventila (57) sa velikim presekom, kanala (58) i otvorenog upusnog ventila (20), kanala (28), struji brzo prema komandnog rezervoara.

Pri kočnom pritisku od oko 0,70 bar pritisak na membrani (59) savlada napon opruge (56) nakon čega se ventil (57) zatvori. Da bi se prilikom naskoka kočnice sprečilo da se upusni ventil (20) i naskočni ventil (57) brzo zatvore zbog povratnog dejstva talasa pritiska u rasporedniku, dovede se deo vazduha iz glavnog voda ispod membrane (33) i (59) i u produžetku ovog perioda opet nestaje preko prigušnice (15).

Na taj način, pri izvođenju eksploatacionih kočenja, nastaje normalan, a pre svega brzi naskok, kojim kočne papuče trenutno nalegnu na točak. Sa druge strane pri izvođenju brzih kočenja pojavljuje se sasvim beznačajan pritisak na čelu voza u komorama brzača (14), a time i ispod membrane (33) i (59), pošto se glavni vod vrlo brzo prazni preko kočnika. Na taj način nastaje pri brzim kočenjima u kočnicama na čelu voda manji naskok od onoga prema kraju voza, čime se reakcije odbojnika smanjuju.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

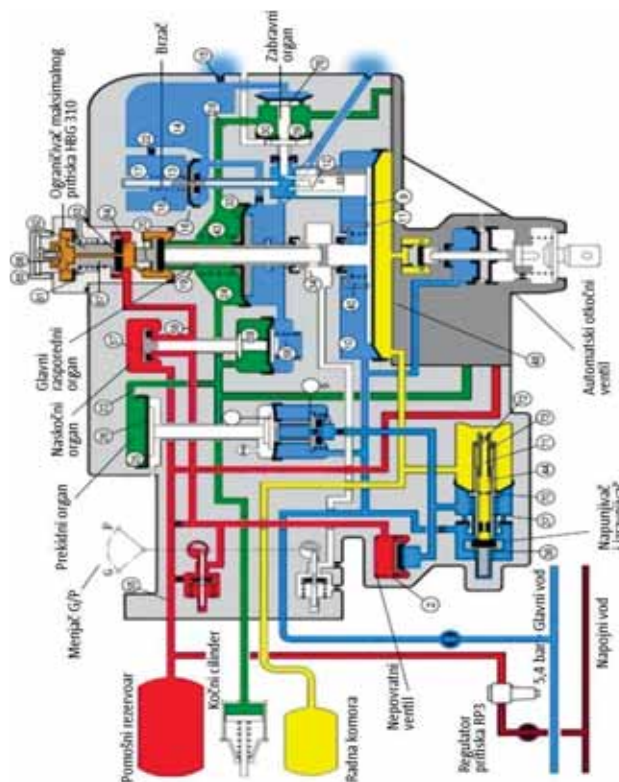
U produžetku ovog perioda sabijeni vazduh naskoka može da struji iz pomoćnog rezervoara prema kočnom cilindru još samo preko odgovarajućih kanala u menjaču G/P. Pre nego što ventilski nastavak (19) može da podigne upusni ventil (20), mora da se savlada sila dopunske opruge (40). Zajedničkim suprotnim dejstvom obeju opruga (40) i (43) progresivno se redukuje cilindarski pritisak u donjem području.

Smanjenjem pritiska u glavnom vodu od samo 0,08 bara nastavak (44) pomeri se ulevo, nakon čega opruga (70) nastavka (71), koji se u njemu kreće, pritisne na njegovo sedište (73) i nastavak (71). Time se veza između glavnog voda i radne komore putem otvora (72), koji ima mali presek, priguši. Na kraju, pri padu pritiska od 0,20 bar, savlada se napon opruge (37) i ventilski nastavak (44) pomoću ventila (36) potpuno prekine vezu između glavnog voda i radne komore. Sada već otvoreni ventil uspostavi vezu glavnog voda prema pomoćnom rezervoaru preko povratnog ventila (2).

Zbijeni vazduh iz kočnog cilindra prelazi preko kanala (23) i u komoru (25). Čim cilindarski pritisak, koji deluje na membranu (26), savlada pritisak glavnog voda koji deluje na membranu (27) manjeg prečnika, zatvori se ventil (5) i prekine veza između glavnog voda i pomoćnog rezervoara. Na kraju, pritisak kočnog cilindra u komori (24) na membrani (33) glavnog rasporednog organa zajedno sa naponom opruge (43) i (40) postigne vrednost koja je jednaka razlici pritisaka između glavnog voda i radne komore, koja deluje na membranu (9), tako da se nastavak (19) zaustavi u neutralnom položaju. U tom položaju, upusni ventil (20) opet je zatvoren sa jedne strane, dok s druge strane nikakav kočni pritisak iz cilindra preko otvora (34) šupljeg nastavka (19) ne može da izlazi u atmosferu. Daljnim postepenim smanjivanjem pritiska u glavnom vodu kočni pritisak se može povećavati u proizvoljnim vrlo finim stepenima do postizanja maksimalnog pritiska u kočnom cilindru od $3,80 \pm 0,1$ bar. Ograničivač maksimalnog cilindarskog pritiska HBG 310 ima zadatak da prekine vezu između pomoćnog rezervoara i kočnog cilindra u trenutku kada cilindarski pritisak dostigne vrednost od $3,80 \pm 0,10$ bar. Pri ovom pritisku membrana (61) savlađuje silu u opruzi (62) i ventil (63) naseda na svoje sedište (64). Na ovaj način daljnje povezivanje pomoćnog rezervoara sa releventilom je prekinuto bez obzira na položaj upusnog ventila (20). Fino regulisanje pritiska u kočnom cilindru postiže se podešavanjem sile u opruzi (65) pomoću zavrtnje (66).

U koliko bi se pritisak u kočnom cilindru zbog nezaptivnosti smanjio, opet se podigne nastavak (19) tako da nastupi dopunjavanje preko ventila (20).

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI



Slika 37 - Šema 2 Kočenje

4.2.1.3. Otkočivanje (Šema 3)

Povišenjem pritiska u glavnom vodu membrana (9) glavnog rasporednog organa pomeri se naniže, a time i nastavak (19) iz svog prekidnog položaja odvaja se od ventila (20). Vazduh iz kočnog cilindra može sada kroz otvor (34) nastavka (19) i odgovarajućeg otvora za

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

otkočivanje u menjaču G/P da struji u atmosferu. Čim pad pritiska u kočnom cilindru postane ekvivalentan porastu pritiska u glavnom vodu, nastavak (19) se vrati u svoj prethodni položaj. Na taj način mogu se postepenim povišavanjem pritiska u glavnom vodu proizvoditi proizvoljni stepeni otkočivanja. Ukoliko pritisak u glavnom vodu prilikom otkočivanja naraste preko visine pritiska u pomoćnom rezervoaru, povratni ventil (2) se podigne i pomoćni rezervoar se puni preko prigušnice (3) i ventila (36), koji drži u otvorenom stanju razlika pritiska između radne komore i pomoćnog rezervoara. Čim pritisak u pomoćnom rezervoaru približno dostigne visinu pritiska u radnoj komori tj. radni pritisak, može opruga (37) da zatvori ventil (36).

Na kraju pri cilindarskom pritisku od oko 0,50 bar ventil prekidnog organa (5) pomeri se opet naviše pod pritiskom vazduha iz glavnog voda koji deluje na membranu (27). Ukoliko prilikom otkočivanja razlika pritiska između glavnog voda i pomoćnog rezervoara nije veća od oko 0,60 bar, dejstvom opruge (45) pomoćni rezervoar se ponovo spaja sa glavnim vodom preko povratnog ventila (2). Premda je sada ventil (5) otvoren, ostaje radna komora još uvek toliko vremena zatvorena, dok pritisak koji deluje na membranu (38) izjednačivača i napunjivača ne postigne vrednost od oko 4,80 bar, koja je propisana za potpuno otkočivanje. No, ukoliko se kočnica otkočuje talasom vazdušnog pritiska koji je viši od 0,60 bar od radnog pritiska, ostaje ventil (5) i tada zatvoren, kad je kočni pritisak na membrani (26) već skoro potpuno nestao. Daljnje punjenje pomoćnog rezervoara može da se nastavi posle vraćanja talasa visokog pritiska, kada se ponovo otvori ventil (5) pod dejstvom opruge (45).

Ventil (5) praktično opet se otvara tek kada talas visokog pritiska nestane. Time može talas visokog pritiska da se održi daleko preko vremena otkočivanja, a da se pomoćni rezervoar ili radna komora ne prepune.

Ako se smanji cilindarski pritisak ispod 0,25 bar pritisak u glavnom vodu koji deluje na nastavak (31) zabravnik u komori (10) savlada cilindarski pritisak na membranu (30), posle čega se klackalica (32) vraća u svoj normalni funkcionalni položaj tako da ponovnim kočenjem može da stavi ubrzivač u funkciju. Na taj način pri regulisanju malim cilindarskim pritisacima ubrzivač ostaje isključen.

4.2.1.4. Neisprpljivost (Šema 3)

Kad prilikom otkočivanja pritisak u glavnom vodu postigne vrednost od oko 4,80 bar, šuplji ventilski nastavak (44) odvaja se od ventila (36) svojim pomeranjem udesno, i to sve dotle dok se ventil (71), koji je pod naponom opruge (70), ne zaustavi na dnu kućišta (74). U tom položaju pritisci između radne komore i glavnog voda mogu se izjednačivati samo preko

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

otvora (72) koji ima mali presek. Čim je razlika u pritiscima glavnog voda i radne komore postala dovoljno mala, opruga (37) savlada napon opruge (70), i izjednačenje se sprovede brzo preko otvora osjetljivosti (8). Ovaj postupak je potpuno nezavisan od pritiska u kočnom cilindru, ako je dakle cilindar nezaptiven, to ne utiče nimalo na graničnu vrednost za potpuno otkočenje, i svako nedozvoljeno iscrpljenje radne komore je potpuno sprečeno čak i pri nepovoljnim eksploatacionim uslovima. Pri punjenju radne komore ili pri laganom odstranjivanju prepunjenja sprovodi se izjednačenje pritiska uvek putem normalnog otvora osjetljivosti (8) i otvorenog ventila (73). Ventil (73) dakle ima sledeće funkcije:

- a). Usporenje pada pritiska u radnoj komori za vreme nekog relativno malog i laganog smanjenja pritiska u glavnom vodu tj. naročito u slučaju vozova, koji se samo vrlo slabo koče.
- b). Usporenje izjednačenja pritiska između radne komore i glavnog voda prilikom otkočivanja.

4.2.1.5. Automatski otkočnik (Šema 3)

Vazduh radne komore (11) je zatvoren prema atmosferi pomoću ventila (77). Prostor (78) je spojen prigušnicom (79) sa atmosferom. Prostor (80) spojen je sa glavnim vodom. Ventilski nastavak (81) se time pritiskuje naniže, pritiskom iz glavnog voda koji deluje na membranu (82). Polugu za otkočivanje (83) pritiskuje naniže jaka opruga (84).

Otkočivanje se vrši na sledeći način:

- a). Prepunjena radna komora

Bočnim povlačenjem otkočne poluge (83) šuplji ventilski nastavak (81) se podigne i otvori ventil (77); vazduh iz radne komore prelazi kanalom (85) u prostor (78) i proizvodi pritisak na membranu (86). Aktivna površina membrane (86), koja je pod pritiskom vazduha iz radne komore, izabrana je toliko većom od površine membrane (82), koja stoji pod pritiskom vazduha glavnog voda, da nastavak (81) drži ventil (77) otvorenim i posle brzog popuštanja otkočne poluge (83). Pri tome vazduh može najpre da struji brzo u atmosferu preko otvorenog velikog prstenastog preseka (87). No ako je pritisak radne komore približno spao na nulu, onda opruga (88) potisne ventilski nastavak (81) toliko daleko naniže, da se prstenasti presek (87) opet zatvori. Preostali vazduh pod pritiskom može nadalje da izlazi još samo preko prigušnice (79), tako da u komori (78) preostane dovoljno vazduha pod pritiskom da bi se ventil (77) držao otvorenim do potpunog otkočenja. Tek ako pritisak u radnoj komori opadne ispod pritiska u glavnom vodu, nastavak (81) se opet spusti i ventil (77) se zatvori. Vazduh radne komore mora da izlazi preko prigušnice (79) u atmosferu. Taj postupak se odigrava uvek jednako pri bilo kakvom prepunjenju.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

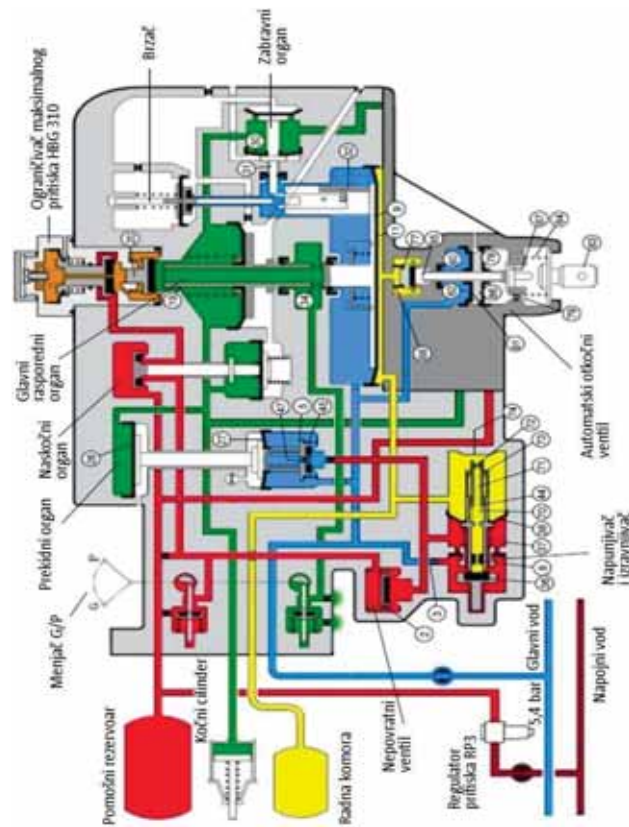
b). Potpuno otkočenje za manevar

Postupak je u principu isti kao što je opisano pod a). Pošto je glavni vod potpuno ispražnjen, isprazni se i radna komora jednokratnim kratkim povlačenjem potezice, i kočnica potpuno otkoči.

c). Potpuno otkočenje pomoću vakuma

Ako se iz lokomotive dađe komanda za pražnjenje glavnog voda pomoću nekog prikladnog uređaja za usisavanje, uspostavi se proizvedeno razređenje i u komori (80) automatskog otkočnika. Navedenim razređenjem membrana (82) se odigne od pritisnog tanjira (81) tako da se prostor (80) isprazni. Čim razređenje u glavnom vodu postigne otprilike vrednost 0,34 bari može atmosferski pritisak koji dejstvuje na membranu (86) da podigne ventilski nastavak (81) i da otvori ventil (77). Postupak otkočivanja sprovodi se dalje kao što je opisano pod a) i b).

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI



Slika 38 - Šema 3 Otkočivanje

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

4.3. Definisanje uzorka na kome će se vršiti laboratorijsko ispitivanje rasporednika;

Laboratorijsko ispitivanje je izvršeno za rasporednik Tip MH 3f HBG 310, K - 631.501Z u fabrici Wabtec MZT AD Skopje (MZT Hepos Skopje) na probni stol za ispitivanje rasporednika, saglasno UIC 543-1 regulativima.



Slika 39. Rasporednik tip MH 3f HBG 310

4.4. Određivanje faktora koji najozbiljnije utiču na pouzdanost rasporednika i primena potrebnih mera za povećanje pouzdanosti

Faktori koji utiču na pouzdanost rasporednika su:

- Radna sredina Vazduh
- Radni pritisak 5 bar
- Maksimalni pritisak u kočnom cilindru 3.8±0.1 bar
- Najmanji stepen kočenja i otkočivanja 0.05 bar
- Probojna brzina 273 - 285 m/s
- Radna temperatura - 40°C - + 80°C
- Osetljivost (kada vazduh u glavnom vodu opadne za 0.6 bari za vreme od 6 s kočnica se aktivira za 0.7 s)

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

- Neosetljivost (prilikom nezaptivnosti glavnog voda koja se može očitati sa padom pritiska od 0.5 bar, za vreme od 60 s kočnica se neće aktivirati)
- Komprimovani vazduh koji brzač uzima iz glavnog voda za prvi stepen kočenja (naskok) struji preko ekspanzione komore u atmosferu.
- U otkočenom stanju postoji veza između glavnog voda, pomoćnog rezervoara i radne komore. Ova se veza trettno prekida kada se kočnica aktivira.
- Pri otkočivanju talas visokog pritiska može da se upotrebi mnogo duže od vreme trajanja otkočivanja, a pri tome da ne dode do prepunjavanja pomoćnog rezervoara ili radne komore.
- Kratkotrajni talasi visokog pritiska upušteni u već otkočenoj kočnici ne dovode do kočenja.
- Posebno je obezbedena neiscrpnost pomoćnog rezervoara i radne komore.
- Sposobnost regulacije kočne sile, pomoću veoma malih vrednosti cilindarskog pritiska, obezbeđuje se tako da je brzač ponovo spreman tek kada cilindarski pritisak opadne ispod 0.25 bar, t.j. u trenutku kada pritisak u kočnim papučama nestane [69].

4.5. Sistematsko identifikovanje svih mogućih kombinacija uzroka koji vode neželjenom događaju

4.5.1. Stablo otkaza rasporednika

Složenost rasporednika uslovila je poseban pristup pri analizi i formiranju stabla otkaza. Na samom početku analize javio se problem definisanja vršnog događaja, koji će u punoj meri uključiti u razmatranje većinu potencijalnih načina otkaza elemenata rasporednika. Pored toga, propisi o bezbednosti u radu nalažu korišćenje automatskih sistema kontrole i upravljanja, koji dovode do zaustavljanja Rasporednika u određenim situacijama. Ispravnost određenog broja komponenti utiče samo na mogućnost rada. Dalje, neispravnost ili nepodešenost nekih strukturnih celina dovodi do delimičnog otkaza Rasporednika, odnosno do smanjenja njegovog stepena iskorišćenja. Zbog svega prethodno navedenog, analiza otkaza Rasporednika izvršena je tako što je formiran veći broj nezavisnih stabala otkaza za različite vršne događaje.

4.5.1.1. Stablo otkaza završni događaj „Isključenje Rasporednika“

Do prestanka rada Rasporednika može doći usled automatskog isključenja ili ručnog isključenja od strane operatera. Stablo otkaza za vršni događaj "Isključenje Rasporednika"

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

prikazano je na slici 39. Automatska kontrola rada i zaustavljanja Rasporednika odnosi se na trenutno isključenje Lokomotiva u slučaju: niskog pritiska u Rasporedniku, nezaptivosti određen broj ventila, nepodesenosti određene segmente, neispravnost pomoćnog rezervoara, osjetljivosti, pad pritiska glavnog voda, step.kočenje, praznjenje na radna komora pomoćem sa avt.otkoceni ventil. Zaustavljanje Rasporednika od strane operatera vrši se ukoliko se u toku rada javi buka u točka (ravnih mesta) ili oseti se jake vibracije.

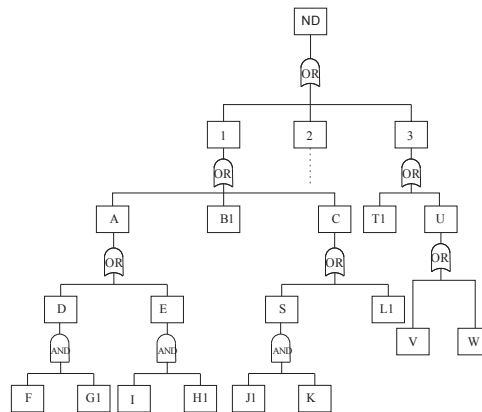
U našem slučaju FTA se odvija u koracima. Definicija područje analiza u ovom slučaju obuhvata:

- 1 – nepravilna vremena kočenja,
- 2 - nepravilna vremena otkočivanja, odnosno,
- 3 - neregulisano vreme kočenja i otkočivanja.

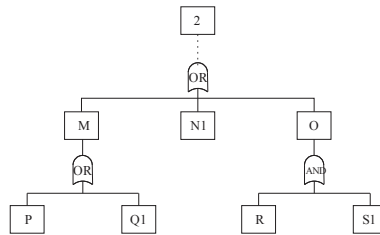
Da bi se analiza stablo otkaza uspešno odvijala, potrebno je detaljno poznavanje sistema (rasporednika), njegovih sastavnih elemenata i podataka i njihovih međusobnih odnosa. Određivanjem vršnih (top) događaja definiše se događaj koji se želi postići ili događaj koji se želi sprečiti. Kod analize pouzdanosti sistema, vršni događaj predstavlja neželjeni rezultat.

Konkretno mi smo analizirali neželjeni događaji rasporednika, gdje su obuhvatili najznačajniji neželjeni efekti.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI



Slika 40 - Stablo otkaza rasporednika



Slika 41 - Stablo otkaza rasporednika

Na slici 40 i 41 prikazane su stablo otkaza rasporednika u kome su označene minimalne nepoželne kombinacije. Oznaka u blokovima je kao što sledi:

- 1 – Nepravilno vreme kočenja
- 2 – Nepravilno vreme otkočivanja
- 3 – Neregulisano vreme kočenje i otkočivanja
- A – Neregulisano punjenje
- D – Začepljenje

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

- E – Neregulisan pritisak
- C – Promena pritiska (pad i naglo pokačivanje)
- S – Nezaptivnost
- U – Prljavi vazduh u vazdušnu instalaciji
- M – Zapušavanje
- O - Nezaptivnost

Podaci o verovatnoći neželjenih događaja uzeti su iz Wabtec MZT rasporednika (MH3f
HBG310 / 300-Wabtec MZT AD Skopje) dati u tabeli 4.1.

Tabela 4.1. Verovatnoća neželjenih događaja rasporednika

R.Br.	Opis	Oznaka	Verovatnoca
1	Nepropisna regulacija	B ₁	0,000943
2	Zapusene dizne	F	0,000251
3	Zapusene ventile	G ₁	0,000614
4	Reakcija pocela mnogo rano	H ₁	0,000769
5	Neispravan regulator pritiska, kasna reakcija	I	0,000921
6	Nepovratni ventil nije potpuno zatvoren	J ₁	0,000911
7	Nije uocena promena pritiska	K ₁	0,00282
8	Na ulaz - nedovoljan pritisak	L ₁	0,00025
9	Ne se odrzava pravilni protok	N ₁	0,00922
10	Zapusene filtre	P	0,000911
11	Necistoca u cevnoj instalaciji	Q ₁	0,00464
12	Izlazni vazduh nije cist	R	0,000331
13	Radijalni zaptivni prsten 22x10x7 curi	S ₁	0,002899
14	Nepropisno otkocivanje	T ₁	0,000869
15	Problem u vazdusnoj instalaciji - nezaptivnost	V	0,0001077
16	Necistoca/naslage od ulja iz locomotive (radni fluid-komp. vazduh)	W	0,00301

Verovatnoća pojave neželjenog događaja rada rasporednika P_{ND} je:

$$P_{ND} = P_1 + P_2 + P_3 \quad (4.1)$$

P_1 – vreme kočenja

P_2 – vreme otkočivanja

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

P_3 – neregulisano vreme kočenja i otkočivanja

$$P_1 = P_A + P_{B1} + P_C \quad (4.2)$$

$$P_A = P_D + P_E = P_F \cdot P_{G1} + P_{H1} \cdot P_I \quad (4.3)$$

$$P_C = P_S + P_{L1} = P_{J1} \cdot P_K + P_{L1} \quad (4.4)$$

$$P_1 = P_F \cdot P_{G1} + P_{H1} \cdot P_I + P_{B1} + P_{J1} \cdot P_K + P_{L1} = 0,0012$$

$$P_2 = P_M + P_O + P_{N1} \quad (4.5)$$

$$P_M = P_P + P_{Q1} \quad (4.6)$$

$$P_3 = P_{T1} + P_V + P_W \quad (4.7)$$

$$P_2 = P_P + P_{Q1} + P_R \cdot P_{S1} + P_{N1} = 0,0148$$

$$P_3 = P_{T1} + P_U \quad (4.8)$$

$$P_U = P_V + P_W \quad (4.9)$$

$$P_3 = P_{T1} + P_V + P_W = 0,00399$$

$$P_{ND} = P_1 + P_2 + P_3 = 0,0012 + 0,0148 + 0,00399$$

$$P_{ND} = 0,01999$$

Pouzdanost rasporednika je:

$$R = 1 - P_{ND} = 1 - 0,01999 = 0,98001$$

Analiza pouzdanosti tehničkih sistema zasniva se na analizi otkaza njihovih elemenata.

Formiranje stabla otkaza Rasporednika omogućava detaljnu analizu razmatranog sistema sa stanovišta pojave otkaza, utvrđivanje uzročno-posledičnih veza između otkaza strukturnih celina različitih nivoa pripadnosti, evidentiranje najvećeg broja potencijalnih načina otkaza sastavnih elemenata, formiranje blok-dijagrama pouzdanosti itd. Uz detaljnu analizu razlika u pogledu strukture i načina funkcionisanja, formirano stablo otkaza Rasporednika može da se koristi za analizu otkaza i drugih varijanti konstrukcionog izvođenja. Trajnost, pouzdanost i ekonomičnost Rasporednika u velikoj meri zavise od pravilne eksploatacije i održavanja.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

Ispravnost i podešenost pojedinih komponenti Rasporednika značajno utiče na stepen iskorišćenja, odnosno na njegovu energetska efikasnost. Praćenje i merenje i parametara funkcionisanja od presudnog je značaja za blagovremeno otkrivanje nedostataka kod Rasporednika. Na taj način dobija se informacija za preduzimanje mera održavanja, u cilju otklanjanja uzroka.

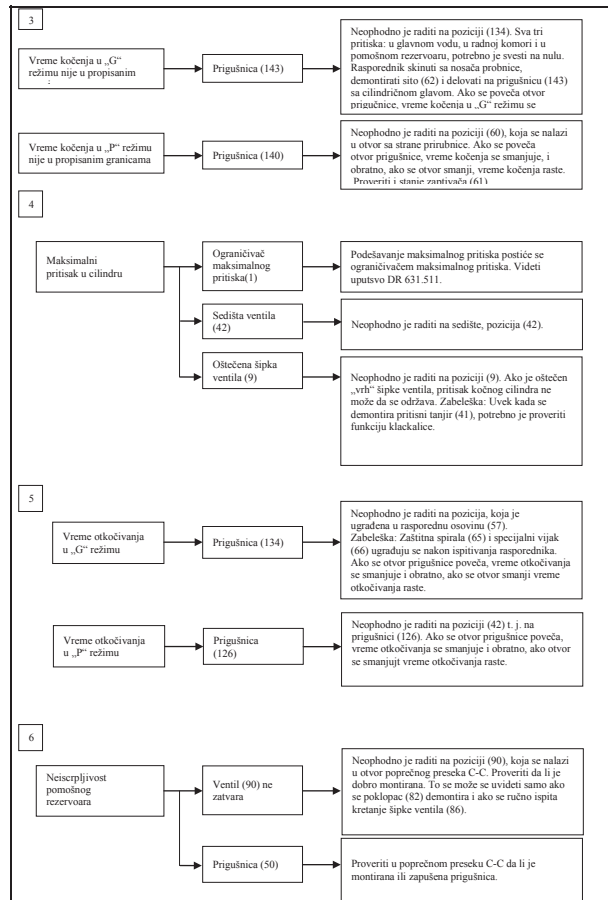
Izvršena je analiza svih mogućih kombinacija uzroka koji vode neželjenom događaju konkretno za rasporednik proizvođen u Wabtec MZT sa kataloškim brojem K-631.501Z, za svaki nezavisni rasporedni slog zasebno. Isto tako je zadato i rešenje za otklonivanje defekata koje mogu da nastane u toku rada.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

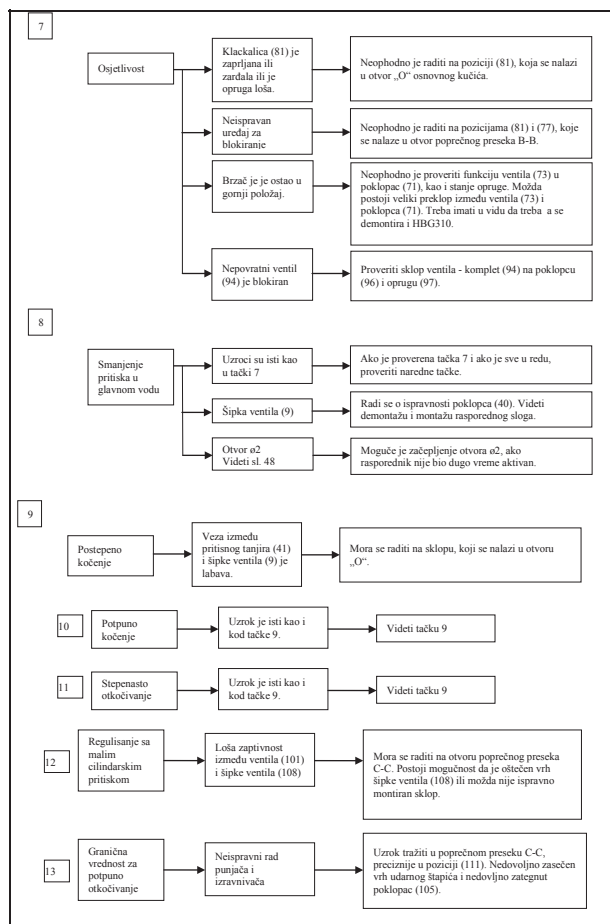
Tabela 4.2. Prepoznavanje i procenjivanje potencijalnih otkaza rasporednika i njihovih posledica kao i određivanje mera i aktivnosti za eliminisanje ili smanjenje mogućnosti pojave otkaza (Rasporednik K-631.501Z)

Problem	Uzrok	Rešenje
1		
Nije postignuto propisano vreme punjenja radne komore	Prigušnica (96)	Neophodno je proveriti poziciju (108), koja se nalazi u otvoru VII poprečnog preseka C-C. Ako se otvor prigušnice poveća, vreme punjenja se smanjuje i obratno, ako se otvor prigušnice smanji, vreme punjenja raste. Nije postignuto propisano vreme punjenja radne komore
2		
Nije postignuto propisano vreme punjenja pomošnog rezervoara	Prigušnica (93)	Neophodno je proveriti poziciju (92) koja se nalazi u otvoru poprečnog preseka C-C. Za demontažu i montažu raditi prema tačkama 1.6 - 1.8 i 4.10 - 4.11. Ako se otvor prigušnice poveća, vreme punjenja se smanjuje i obratno, ako se otvor prigušnice smanji, vreme punjenja raste.
	Čivija sa sl.46 ne zaptiva	Isprazniti glavni vod, radnu komoru i pomošni rezervoar i zatim demontirati delove iz otvora poprečnog preseka C-C, do pozicije (91). Prestom zatvoriti otvor koji završava ostrim otvorom. Propustiti pritisak od oko 1-1,5 bar u glavni vod, u zavisnosti od toga koliko se dugo može držati rukom. Ako čivija prođava, vazduh dolazi u sedišta sa otvora, demontirati poklopac (54) i sito (98), koji se nalaze u otvoru poprečnog preseka C-C. Neophodno je osigurati čiviju nabijanjem. Zadržati se ponavlja zatvoriti otvor VII. Ako se prođavanje ponovi, neophodno je probušiti čiviju i zatvoriti otvor čivijom. Obratiti pažnju da čivija bude dobro osigurana nabijanjem.
	Poklopac (105) nije dobro zatvoren	Demontirati poklopac (102) iz otvora poprečnog preseka C-C i pritegnuti poklopac (105). Moguće je da nije ispravan zaptivač (51). Zatvoriti otvor i ponovo proveriti punjenja

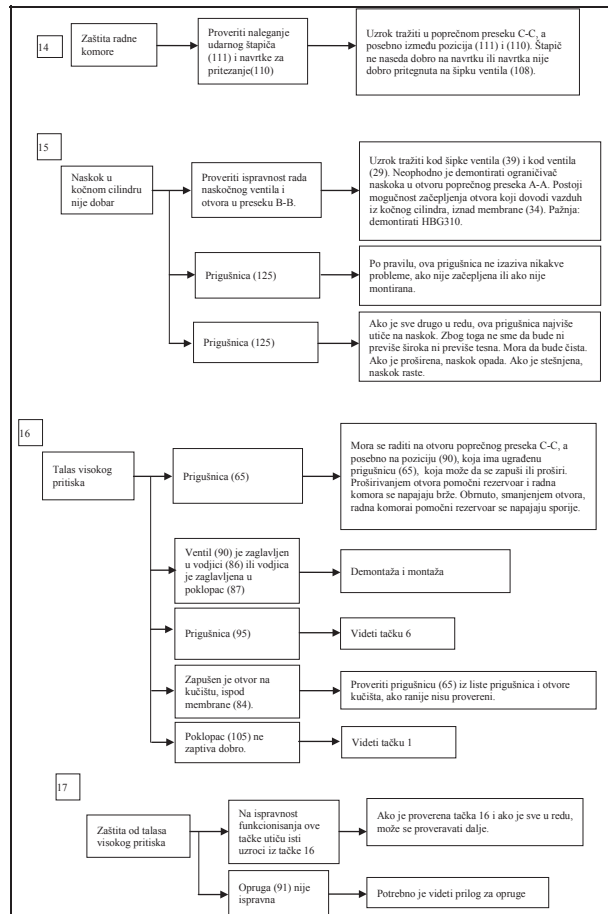
ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI



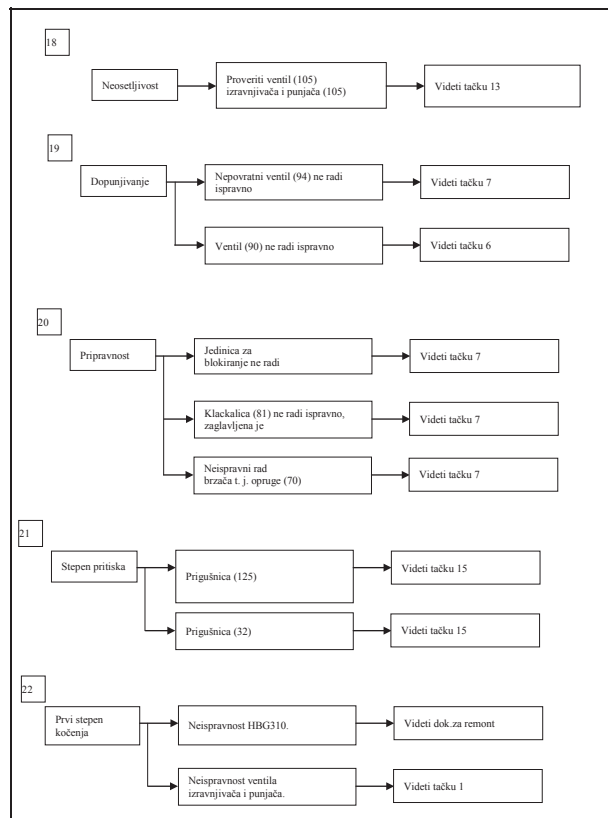
ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI



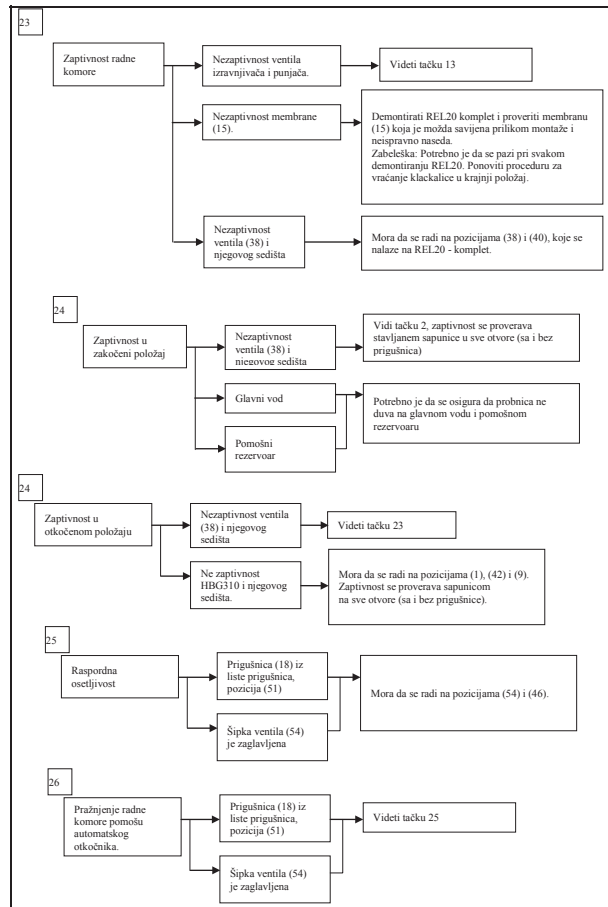
ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI



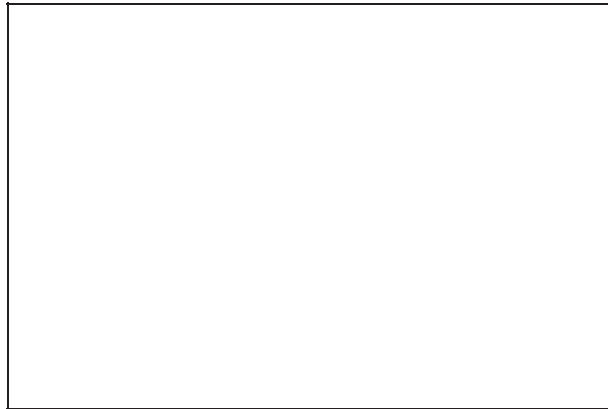
ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI



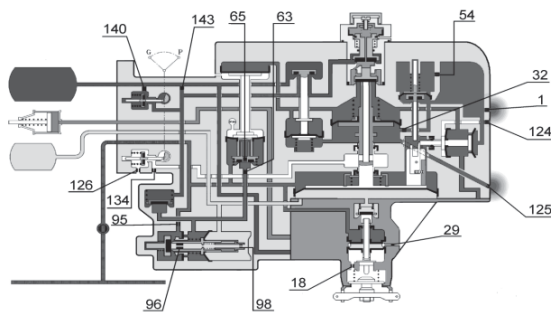
ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI



ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

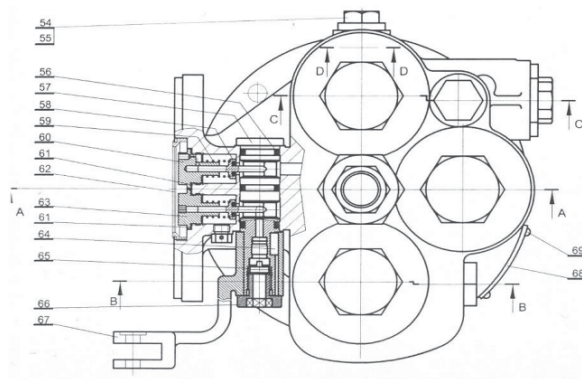


Pozicije navedene u tabeli 4.2. u kojoj se vrši prepoznavanje i procenjivanje potencijalnih otkaza rasporednika i njihovih posledica kao i određivanje mera i aktivnosti za eliminisanje ili smanjenje mogućnosti pojave otkaza (Rasporednik K-631.501Z) dati su na donjim slikama, i to (Prilog 3, 6 i 7):



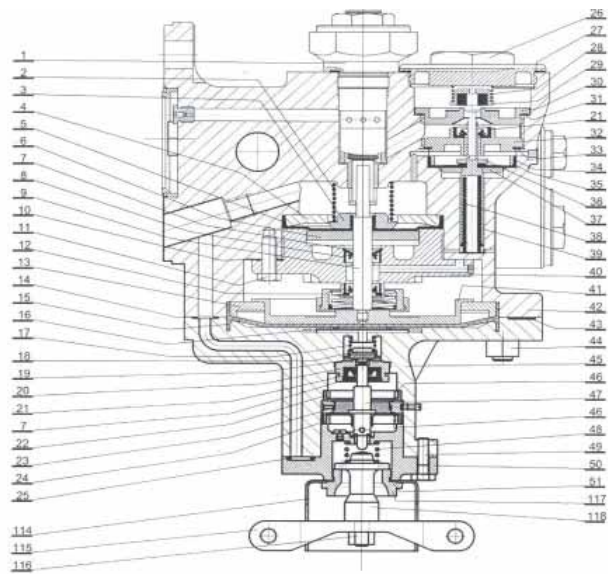
Slika 42 – Nepovratni ventili u kućištu rasporednika

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI



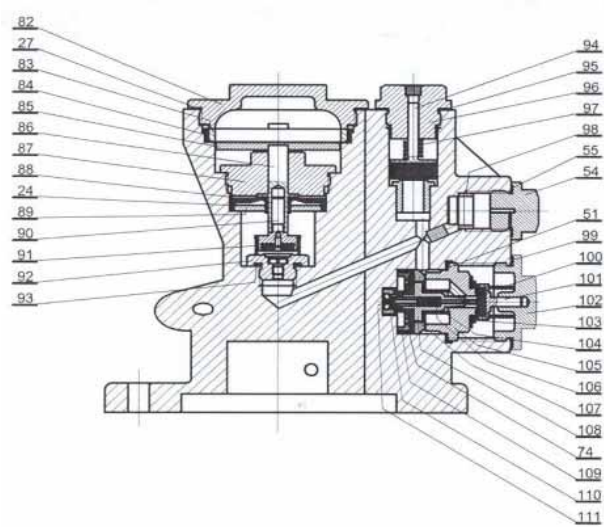
Slika 43 - Rasporednik, Pogled odozgo

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI



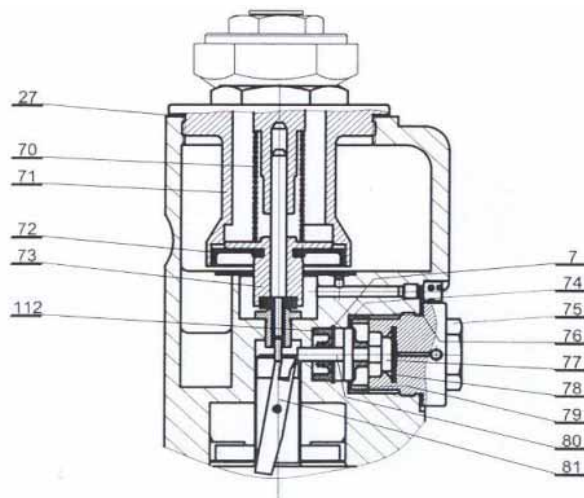
Slika 44 - Rasporednik, Pogled predne strane (poprečnog preseka A-A)

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

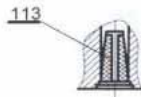


Slika 45 - Rasporednik, Pogled sa strane (poprečnog preseka C-C)

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI



Slika 46 - Ogračivač maksimalnog pritiska HBG310 (poprečnog preseka B-B)



Slika 47 - Sito filter/fini

4.5.2. FMEA

Praćenjem rada rasporednika kočionog sistema u eksploataciji utvrđeno je da je najčešći razlog otkaza rasporednika otkaz funkcije radijalnih zaptivnih prstena na tri pozicije.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

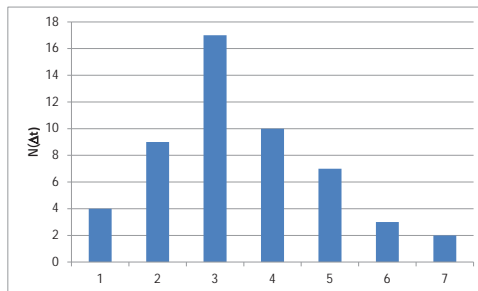
Pri istraživanju pouzdanosti radijalnog zaptivnog prstena, kao jedan od krajnjih ciljeva javlja se utvrđivanje teorijskog zakona raspodele slučajne promenjive, vremena ispravnog rada do otkaza. Preciznije rečeno, najviši cilj je da se ustanovi koji od poznatih teorijskih zakona raspodele najviše odgovara empirijskim podacima, tj. kojim zakonom raspodele se najbolje mogu interpretirati rezultati koje posedujemo.

Na osnovu dobijenih podataka praćenja vremena ispravnog rada do otkaza $n=52$ rasporednika od službe održavanja, izvršena je obrada podataka u pravcu klasiranja podataka. Podaci su klasirani u 7 klasa (interval) sa širinom interval $\Delta t=18000$ km dati tabeli 4.3.

Tabela 4.3. Podaci o vremenu ispravnog rada do otkaza rasporednika sređeni po intervalima

i	1	2	3	4	5	6	7
t , km	416000	434000	452000	470000	488000	506000	524000
t , 10000 km	41,6	43,4	45,2	47	48,8	50,6	52,4
$N(\Delta t)$	4	9	17	10	7	3	2

Najveća učestanost pojave otkaza je u trećem interval između 434000 i 452000 km (slika 48).



Slika 48 - Histogram učestanosti pojave otkaza radijalnih zaptivnih prstena

Obradom empirijskih podataka iz tabele 4.3 dobijaju se vrednosti empirijskih funkcija učestanosti otkaza $f_e(t)$, funkcije kumulativne učestanosti pojave otkaza $F_e(t)$, funkcije pouzdanosti $R_e(t)$ i funkcije intenziteta otkaza $\lambda_e(t)$ za krajeve interval (tabela 4.4).

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

Tabela 4.4 Podaci o vremenu ispravnog rada do otkaza rasporednika

<i>i</i>	1	2	3	4	5	6	7
<i>t</i> , km	416000	434000	452000	470000	488000	506000	524000
<i>t</i> , 10000 km	41,6	43,4	45,2	47	48,8	50,6	52,4
<i>N</i> (Δ <i>t</i>)	4	9	17	10	7	3	2
<i>N</i> (<i>t</i>)	4	13	30	40	47	50	52
<i>n</i> (<i>t</i>)	48	39	22	12	5	2	0
$F_e(t)=N(t)/n$	0,0769	0,2500	0,5769	0,7692	0,9038	0,9615	1,0000
$R_e(t)=n(t)/n$	0,9231	0,7500	0,4231	0,2308	0,0962	0,0385	0,0000
$f_e(t)=N(\Delta t)/(n \cdot \Delta t)$, km ⁻¹	4,2735E-06	9,6154E-06	1,8162E-05	1,0684E-05	7,4786E-06	3,2051E-06	2,1368E-06
$\lambda_e(t)=N(\Delta t)/(n(t) \cdot \Delta t)$, km ⁻¹	4,4444E-06	1,1494E-05	3,0965E-05	3,2680E-05	4,5752E-05	4,7619E-05	1,1111E-04

Empirijske funkcije $f_e(t)$, $F_e(t)$, $R_e(t)$ i $\lambda_e(t)$ su date na slikama 52-55.

Za određivanje raspodele ispravnog vremena rada do otkaza radijalnih zaptivnih prstena rasporednika koristi se grafička metoda. Tačke sa koordinatama (t_i , $F(t_i)$ =MR), date u tabeli 4.5 se unose u verovatnosne papire Vejbulove, normalne, eksponencijalne I logaritamsko-normalne raspodele.

Tabela 4.5. Podaci o vremenu ispravnog rada do otkaza rasporednika

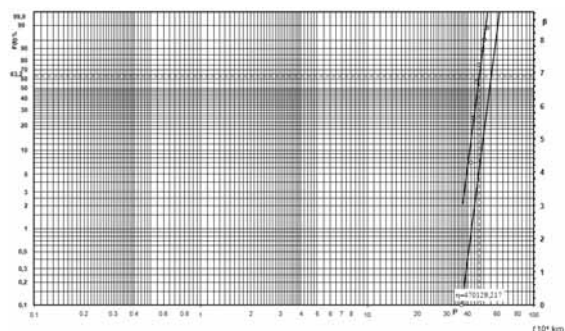
<i>i</i>	1	2	3	4	5	6	7
<i>t</i> , km	416000	434000	452000	470000	488000	506000	524000
<i>N</i> (Δ <i>t</i>)	4	9	17	10	7	3	2
<i>N</i> (<i>t</i>)	4	13	30	40	47	50	52
$MR=(N(t)-0,3)/n+0,4 \cdot 100$, %	7,0611	24,2366	56,6794	75,7634	89,1221	94,8473	98,6641

Unosom tačaka u Vejbulov verovatnosni papir (slika 49) ustanovljava se da je moguće povući pravu liniju između tačaka, te se zaključuje da je pretpostavka o Vejbulovom zakonu opravdana (Prilog 2). Sa verovatnosnog papira mogu se očitati parametric Vejbulove raspodele: prametar razmere $\eta=470129,217$ km i parameter oblika $\beta=16,819$.

Teorijska funkcija gustine Vejbulove raspodele $f_w(t)$ data je izrazom (4.10):

$$f_w(t) = \frac{16,819}{470129} \cdot \left(\frac{t}{470129} \right)^{16,819-1} \cdot e^{-\left(\frac{t}{470129} \right)^{16,819}} \quad (4.10)$$

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI



Slika 49 - Verovatnosni papir Vejbulove raspodele

Saglasno vrednosti parametra oblika $\beta=16,819$, tačke sa koordinatama $(t_i, F(t_i)=MR)$, se ne unose u verovatnosni papir eksponcijalne raspodele (eksponcijalna raspodela odgovara za $\beta=1$).

U daljem toku se proverava hipoteza o normalnom zakonu raspodele, tako što se tačke sa koordinatama $(t_i, F(t_i)=MR)$ unose u verovatnosni papir normalne raspodele (slika 50) i u verovatnosni papir logaritamski-normalne raspodele (slika 51).

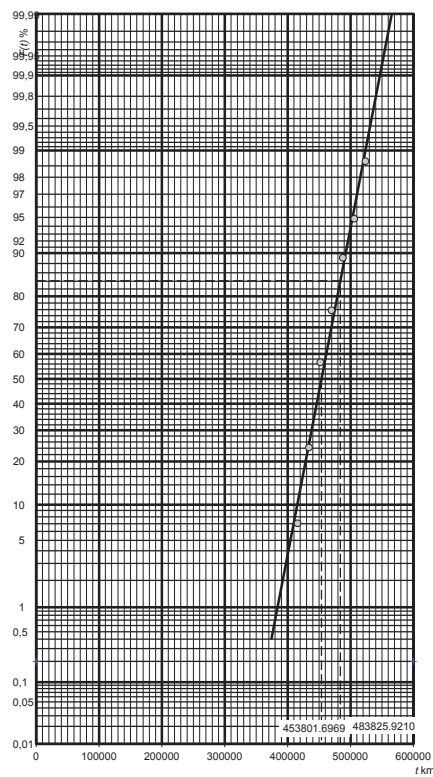
Iz verovatnosnog papira normalne raspodele može se zaključiti da je moguće povući pravu liniju između tačaka, čime se potvrđuje hipoteza o normalnom zakonu raspodele. Očitava se parametar normalne raspodele srednja vrednost $m=453800$ km i sračunava standardna devijacija $\sigma=30000$ km. Teorijska funkcija gustine normalne raspodele $f_m(t)$ data je izrazom (4.11):

$$f_m(t) = \frac{1}{30000 \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{t-453800}{30000} \right)^2} \quad (4.11)$$

Iz verovatnosnog papira log-normalne raspodele može se zaključiti da je moguće takođe povući pravu liniju između tačaka, čime se potvrđuje hipoteza o log-normalnom zakonu raspodele. Očitava se parametar normalne raspodele srednja vrednost $m=13,023$ i sračunava standardna devijacija $\sigma=0,0639$. Teorijska funkcija gustine log-normalne raspodele $f_{lm}(t)$ data je izrazom (4.12):

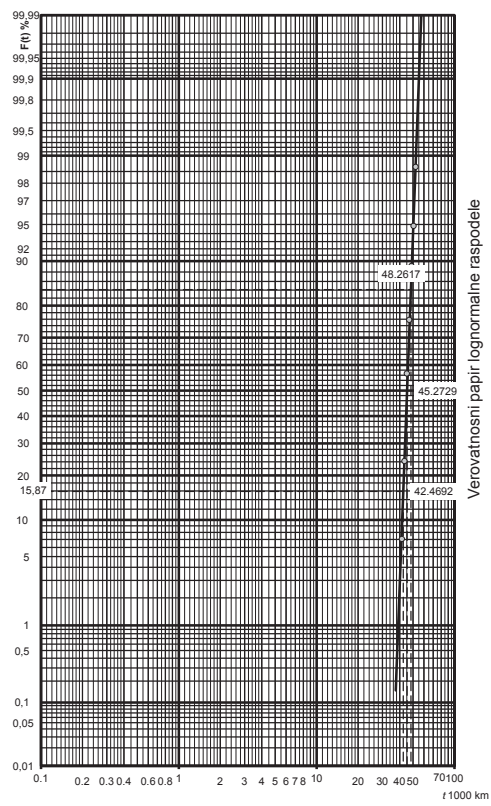
ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

$$f_{lin}(t) = \frac{1}{30000 \cdot t \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln t - 13,023}{0,0639} \right)^2} \quad (4.12)$$



Slika 50 - Verovatnosni papir normalne raspodele

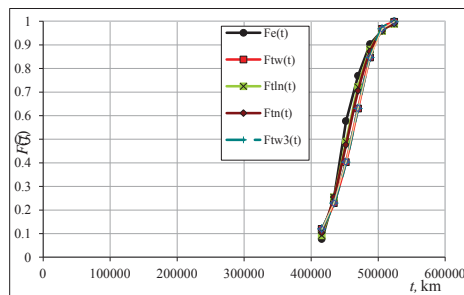
ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI



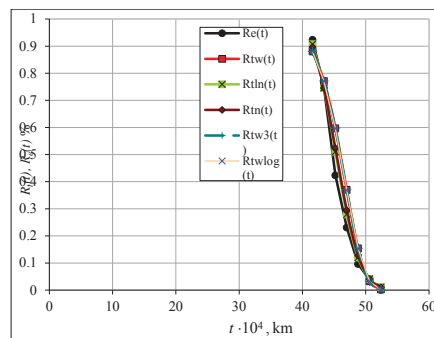
Slika 51 - Verovatnosni papir log-normalne raspodele

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

Uporedno su empirijske funkcije i teorijske funkcije date na slikama 52-55.

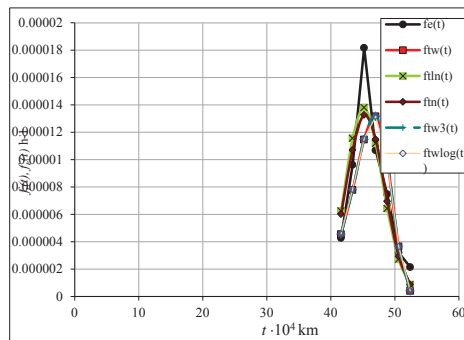


Slika 52 – Uporedne funkcije empirijske verovatnoće otkaza $F_e(t)$ i teorijske funkcije verovatnoće otkaza Weibulove raspodele $F_{tw}(t)$, normalne raspodele $F_{ln}(t)$ i log-normalne raspodele $F_{tlm}(t)$

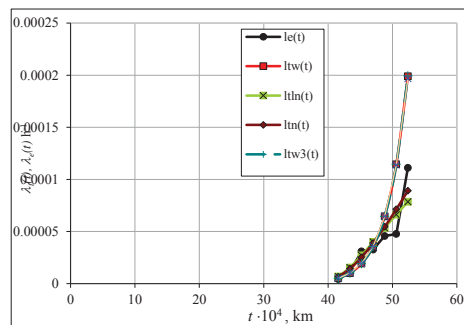


Slika 53 - Uporedne funkcije empirijske pouzdanosti $R_e(t)$ i teorijske funkcije pouzdanosti Weibulove raspodele $R_{tw}(t)$, normalne raspodele $R_{ln}(t)$ i log-normalne raspodele $R_{tlm}(t)$

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI



Slika 54 - Uporedne funkcije empirijske gustine $f_e(t)$ i teorijske funkcije gustine Weibulove raspodele $f_{wv}(t)$, normalne raspodele $f_n(t)$ i log-normalne raspodele $f_{ln}(t)$

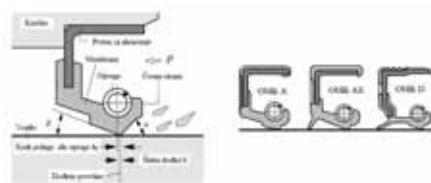


Slika 55 - Uporedne funkcije empirijske intenziteta otkaza $\lambda_e(t)$ i teorijske funkcije intenziteta otkaza Weibulove raspodele $\lambda_{wv}(t)$, normalne raspodele $\lambda_n(t)$ i log-normalne raspodele $\lambda_{ln}(t)$

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

Svojstva ugrađenih radijalnih zaptivnih prstena (slika 56), koji su ugrađeni u rasporednik, se primenjuju za zaptivanje protiv prolaza vode, ulja, masti, vazduha. Radijalni zaptivni prsteni koji su ugrađivani u rasporednik imaju sledeća svojstva:

- Materijal 72 NBR - 80 NBR;
- Materijal za oprugu DIN 17 223;
- Kućište: Nelegiran čelik DIN 1624;
- Radna temperatura od -40°C do +100°C;
- Radni pritisak do ~1,5 bar;
- Radni medijum: komprimiran vazduh;
- Sintetičko maslo, Voda.

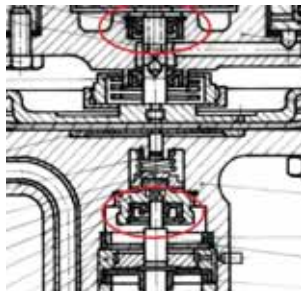


Slika 56 - Zaptivanje pomoću radijalnih zaptivnih prstena i standardni konstrukcioni oblici prema DIN 3760/3761

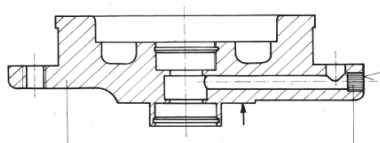
Radni vek radijalnih zaptivnih prstena ugrađenih u rasporednik, prema propisima UIC-a, je 6 godina u saobraćaju. Kako nije moguće tačno predvideti intenzitet njegovog habanja, jer to zavisi od mnogih faktora, preporučuje se preventivno održavanje prema vremenu rada. Takvo održavanje sastoji se od povremenih preventivnih kontrola i podešavanja pritiska u rasporedniku, a izvodi se kako bi rasporednik imao najduži mogući radni vek.

Na slici 57 i 58 dat je presek rasporednika sa mestom ugradnje radijalnih zaptivnih prstena.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI



Slika 57 – Presek rasporednika gdje je ugrađen radijalni zaptivni prsten



Slika 58 – Deo pregradnja radijalni zaptivni prsten

FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) je analitička i sistematska kvalitativna analiza mogućih otkaza koja ocenjuje kritičnost svake posmatrane pojedinačne komponente sklopova ili podsistema i njihov uticaj na kočioni sistem.

Analizom se prate pojave otkaze u određenom vremenskom periodu i tada dolazi do izdvajanja najčešćih otkaza po učestalosti pojavljivanja. Sam proces analize je zasnovan na kombinovanju teorije verovatnoće i iskustva stečenom u praksi kroz konstruisanje, tako da primena ove analize povećava pouzdanost, povećava kvalitet proizvoda kao i nivo tehnologije njegove izrade, smanjuje troškove testiranja i usavršavanja tehnologije proizvodnje, odnosno obezbeđuje optimalne troškove tokom proizvodnje rasporednika kočionog sistema (Prilog 4).

Kao glavni cilj statističke metode ističe se otklanjanje uzroka i smanjenje verovatnoće pojave otkaza, a primenjuju se, uglavnom u fazi konstruisanja za čiju potrebu su i nastale, a kasnije su počele da se primenjuju i u fazama proizvodnje kao i kod preventivnog održavanja sastavnih komponenta sklopova kočionog sistema. Za radijalni zaptivni prsten 22x10x7 koji je ugrađen u rasporednik izrađena je FMEA analiza data u tabeli 4.13.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

Tabela 4.6. Analiza potencijalnih okaza i njihovih efekata zbog konstruktivnih nedostataka radjalni zaprtivni prstena 22x10x7

Serijski broj	Broj na crtež/katloški	Ime na poziciji	Količina	Funkcija	Efekat koji ukazuje na kvar	Efekat kvara	Začestnost	Radlog kvara	Događaji	Trenutne akcije za sprečavanje nastupa	Detekcije	RPN
					Ne odgovara	Lažno se montira	5	Neadekvatan dizajn: Propisane dimenzije prstena su neadekvatne	4	Validacija konstruktivnog rešenja Provera ugradljivosti	6	120
						<p>Ne kontrolisano ispuštanje vazduha iz komore glavnog voda prema atmosferi</p> <p>Ne kontrolisano aktiviranje kočnice</p> <p>Ne kontrolisano ispuštanje vazduha iz komore glavnog voda prema atmosferi</p> <p>Ne kontrolisano ispuštanje vazduha iz komore glavnog voda prema atmosferi</p> <p>Ne kontrolisano ispuštanje od zavedenog</p> <p>Nemoгуe kontrolisati uslovnost s regulativama</p>	8	Neadekvatan dizajn: Propisane dimenzije prstena su neadekvatne	5	Validacija konstruktivnog rešenja Provera ugradljivosti	4	160
		radjalni zaprtivni prstena 22x10x7	1	Obeshećuje zaštitu glavnog voda prema atmosferi	Nezaptivnost		9	Neadekvatan dizajn: Propisana krutost materijala je neadekvatna	4	Validacija konstruktivnog rešenja Izvršen funkcionalan izvršen test izdržljivosti Izvršen test u klima komori	5	180

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

				8	Neadekvatan dizajn propisana praznina u konstrukciji neodgovarajućih dimenzija	4	Validacija konstruktivnog rešenja za poziciju prameniziranih fizičkih test izvršen test izdržljivosti izvršen test u klima komori	6 182
	Ne odgovara	Nepotpuna montaža ili podsekcije pri montaži		4	Neadekvatan dizajn: Propisane dimenzije praznina su neodgovarajuće	4	Validacija konstruktivnog rešenja	7 112
		Tokom vožnje: Nekontrolisano ispuštanje komprimovanog vazduha iz rezervoara ka atmosferi. Izostanak dopunjavanje kompresora za komprimovanje. Tokom kočenja: Nekontrolisano ispuštanje komprimovanog vazduha iz komore rezervoara ka komori kočnog cilindra. Jaci stepen kočenja pri kočenju. Proizvedeno vreme za otkočavanje u suprotnosti sa zahtevima.		8	Neadekvatan dizajn: Propisane dimenzije praznina su neodgovarajuće	3	Validacija konstruktivnog rešenja	6 144
	Nezaprtnost	Bezbedujuće zahtevnosti izdržljivosti komprimovanog vazduha u rezervoara		1			Provera ugradljivosti	

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

Kao rezultat sprovedene FMEA analize pokazuje da je nivo rizika (RPN) veoma visok (iznad 100) i / ili sa velikom začeštenosti kvara (na primer iznad 7) smetaju se rizičnim. U cilju povećanja pouzdanosti rasporednika, odnosno u cilju povećanja radnog veka zaključak je da treba zameniti radijalni zaptivni prsten drugim mogućim rešenjem.

IZBOR NOVOG ZAPTIVAČA RASPOREDNIKA

Zaptivanje je, u najširem smislu, način razdvajanja raznovrsnih sredina, različitih po svojim prirodnim i fizičkim svojstvima. Najčešće je to razdvajanje elemenata i sklopova mašinskog sistema od okruženja, sprečavanje i smanjenje, do dopuštenih granica, isticanja sredina kroz zazor elementa sistema. Zaptivanje se vrši tehnikom zaptivanja i zaptivnim sklopovima, a konačni cilj je hermetizacija elemenata, sklopova ili mašinskih sistema u celini, odnosno nepropustljivost za tečnosti, gasove ili tvrde faze disperzionih sistema.

Međusobno pokretne površine se zaptivaju zaptivačima sa dodirnom i bez dodira. U prvom slučaju dodirne površine kao zaptivni spoj su izložene trenju i habanju. Najčešće se primenjuju filcni prsteni, manžetni zaptivači, aksijalni zaptivni spojevi itd. U drugom slučaju primene zaptivača beskontaktnih dodirnih površina, reč je o zaptivanju međusobno pokretnih delova koji se kreću visokim brzinama ili je iz drugih razloga potrebno otkloniti u potpunosti otpore i habanje. Zaptivanje bez dodira ostvaruje se pomoću zazora, zaptivanje labirintima, kombinacijom zazora i labirinata itd.

Radi zadovoljenja veoma različitih uslova u zaptivanju, razvijen je široki asortiman principa i konstrukcijskih rešenja zaptivača i zaptivnih spojeva. Osnovna podela obuhvata dve široke grupe zaptivnih spojeva:

- Statički zaptivni spojevi i
- Dinamički zaptivni spojevi.

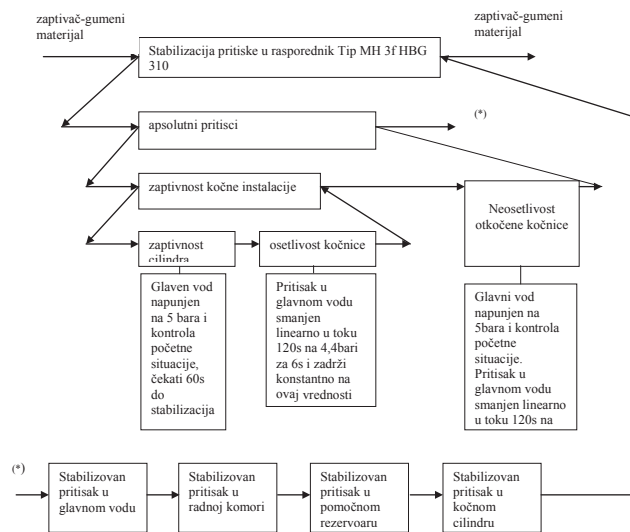
Statički zaptivni spojevi se odnose na zaptivanje međusobno nepokretnih dodirnih površina, a dinamički zaptivni spojevi se odnose na zaptivanje međusobno pokretnih dodirnih površina.

Statički zaptivni spojevi se realizuju na dodirnim površinama prirubnica uz korišćenje zavrtanjske veze. Zaptivači koji se koriste za statičke zaptivne spojeve su: O-prsteni, zaptivne mase, profilni zaptivači, površinski zaptivači, membranski zaptivači itd.

Za izbor zaptivača neophodno je potpuno definisati tehničku funkciju zaptivača, koja se deli na parcijalne funkcije, a za svaku od njih je neophodno definisati potrebnu elementarnu

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

funkciju ili definisani principi za obavljanje parcijalne funkcije. Na taj način će se dobiti funkcionalna struktura zaptivača (slika 59).



Slika 59 - Funkcionalna struktura zaptivača

➤ **Funkcija zaptivača u rasporedniku**

Zaptivač Ø5,5/13x2,5 (0669499) treba da obezbedi zaptivost glavnog voda prema atmosferi. Za vreme punjenja rezervare i vreme vožnje ovaj zaptivač mora da obezbedi zaptivost između komore glavnog voda i komore koja je povezana s atmosferom. U slučaju nezaptivosti dolazi do nekontrolisanog isticanja prema atmosferi što kao posledicu ima pad pritiska u komori glavnog voda. Ako ta razlika u pritisacima je veća od dozvoljene to vodi do podizanje rasporednog sklopa pod uticaj pritiska u radnoj komori. Podizanje rasporednog sklopa iznad kritične može da uzrokuje zavodenje nekontrolisanog kočenja.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

Pre zavođenja kočenja, pritisak u komori glavnog voda biće manji od normalnog zbog isticanja i prilikom aktivacije kočnice u određeni stepen taj veći pad pritiska u glavnoj komori uzrokovat će veću kočnu silu u cilindru nego što je predviđeno sa izbranim stepenom kočenja. Prilikom otkočivanja ako isticanje je u tu meru da pritisak u glavnom voda ne može dostići nivo da spusti rasporedni sklop u niži položaj onda otkočivanje neće biti moguće ili vreme otkočivanje biće duže od predviđenog što vodi do pokretaj voza sa blokiranih točkova.

U sva tri slučaja nezaptivnost nije dozvoljena i suglasno propisima UIC, vozila s takvim rasporednog multiventila mora biti isključena iz saobraćaja.

Zaptivač Ø6/13x2,5 (0669496) primenjuje se na dve različite pozicije.

Prvi je ugrađen u mehanizmu za ručno raskočivanje. Na tu poziciju obezbeđuje zaptivnost glavnog voda prema atmosferi. Za vreme punjenja rezervare i vreme vožnje ovaj zaptivač mora da obezbedi zaptivnost između komore glavnog voda i komore koja je povezana s atmosferom. U slučaju nezaptivnosti dolazi do nekontrolisanog isticanja prema atmosferi što kao posledicu ima pad pritiska u komori glavnog voda. Ako ta razlika u pritiscima je veća od dozvoljene to vodi do podizanje rasporednog sklopa pod uticaj pritiska u radnoj komori. Podizanje rasporednog sklopa iznad kritične može da uzrokuje zavođenje nekontrolisanog kočenja.

Pre zavođenja kočenja, pritisak u komori glavnog voda biće manji od normalnog zbog isticanja i prilikom aktivacije kočnice u određeni stepen taj veći pad pritiska u glavnoj komori uzrokovat će veću kočnu silu u cilindru nego što je predviđeno sa izbranim stepenom kočenja. Prilikom otkočivanja ako isticanje je u tu meru da pritisak u glavnom voda nemože dostići nivo da spusti rasporedni sklop u niži položaj onda otkočivanje neće biti moguće ili vreme otkočivanje biće duže od predviđenog što vodi do pokretaj voza sa blokiranih točkova.

U sva tri slučaja nezaptivnost nije dozvoljena i suglasno propisima UIC, vozila s takvim rasporednog multiventila mora biti isključena iz saobraćaja.

Drugi zaptivač je ugrađen u naskočnim mehanizma i ima funkciju da obezbedi zaptivnost između komore pomošnog rezervara i komoru kočnog cilindra.

U slučaju punjenja i vožnju nezaptivenost zaptivača vodi do isticanje komprimiranog vazduha iz pomošnog rezervara što će uzrokovati česće dopunjavanja sa strane kompresora. Prilikom zavođenja određeni stepen kočenja ta nezaptivnost uzrokovat će dopunjenje u komori kočnog cilindra što kao posledicu imaće jači pritisak i kočnu silu cilindra no što je predviđeno s izborom određenog stepena kočenja.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

U trećem slučaju na raskočivanje, pad pritiska u kočnom cilindru biće sporiji od predviđenog što vodi do produženo vreme za raskočivanje što može da dovede do pokretanje vozila s blokiranim točkovima i pojavu ravnih mesta na istim.

U sva tri slučaja nezaptivnost nije dozvoljena i sualasno propisima UIC, vozila s takvim rasporednog multiventila mora biti isključena iz saobrćaja.

Zaptivač Ø10/17x2,5 (0669493) primenjen je na dve različite pozicije u rasporednom sklopu. U oba slučaja obezbeđuje zaptivnost komore glavnog voda prema atmosferi. (Prilog 16)

Za vreme punjenja rezervare i vreme vožnje ovaj zaptivač mora da obezbedi zaptivnost između komore glavnog voda i komore koja je povezana s atmosferom. U slučaju nezaptivnosti dolazi do nekontrolisanog isticanja prema atmosferi što kao posledicu ima pad pritiska u komori glavnog voda. Ako ta razlika u pritiscima je veća od dozvoljene to vodi do podizanje rasporednog sklopa pod utučaj pritiska u radnoj komori. Podizanje rasporednog sklopa iznat kritične može da uzrokuje zavodenje nekontrolisanog kočenja.

Pre zavodenja kočenja, pritisak u komori glavnog voda biće manji od normalnog zbog isticanja i prilikom aktivacije kočnice u određeni stepen taj veći pad pritiska u glavnoj komori uzrokovat će veću kočnu silu u cilindru nego sto je predvide sa izbranim stepenom kočenja.

Prilikom otkočivanja ako isticanje je u tu meru da pritisak u glavnog voda nemože dostići nivo da spusti rasporedni sklop u nizi položaj onda otkočivanje neće biti moguće ili vreme otkočivanje biće duže od predviđenog što vodi do pokretaj voza sa blokiranih točkova.

U sva tri slučaja nezaptivnost nije dozvoljena i suglasno propisima UIC, vozila s takvim rasporednog multiventila mora biti isključena iz saobraćaja.

➤ **Izbor zaptivača**

Za izbor zaptivača neophodno je definisati listu zahteva. Zahtevi se dele na:

- Čvrste zahteve koji moraju biti potpuno ispunjeni, pa se njihovo ispunjenje ne kvantifikuje pri vrednovanju pojedinih rešenja
- želje predstavljaju zahteve koje treba ispuniti u što je moguće većoj meri. Oni se mogu koristiti u vrednovanju konkretnih rešenja, kao uporedne ocene pojedinih varijanti.

Opšta lista zahteva prema kojoj će se vršiti izbor zaptivača rasporednika:

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

- Zaptivač je potrebno da bude u formu cilindra sa najveći prečnik 30mm i najveća dužina 20mm, a razlika među gornjoj i dolnoj granici se nadopolnjava sa distancerom ili specijalno urađen prsten;

- Dimenzije zaptivača treba da odgovaraju približno dimenzijama ugradbenog prostora, već postojećeg radijalnog zaptivnog prstena
- Medium koji protiče kroz rasporednik – vazduh sa mogućim prljavštinama;
- potrebno je da bude otporno na ulje, voda, kondenzat, otporno na temperatura, prljavština i habanje;
- najveća sila oko 50N pri montaži;
- Osnovno opterećenje rasporednika $G=170\pm 30N$ nasočeno vertikalno nadole. Pri transport moguće je pojava na horizontalne i vertikalne vibracije;
- Pri uskladištenju, transport i manipulaciju moguće da se očekuju mehanički udari i do $10m/s^2$;
- Ovi udaraca rasporednik treba da izdrži bez oštećenje;
- moguća je upotreba svih uobičajenih, ali i novih materijala, koji ispunjavaju zahteve za mehaničku čvrstoću i hemijsku i termičku stabilnost. Korišćeni materijal, u slučaju požara, ne sme sagorevati i ispuštati toksične gasove;
- montirati lako sa posebnim alatom i mala primena sile;
- Da je otporno na temperature od $-40^{\circ}C$ do $+80^{\circ}C$;
- otpor pritiska na najmanje 10 bara;
- Tvrdoča 50+60 ShoreA;
- Da ne bude skuplje od 10 EUR.

Na osnovu liste zahteva u tabeli 4.7 su definisani čvrsti zahtevi, želje i tolerisani zahtevi zaptivača rasporednika.

Tabela 4.7. Definisane tehničkih zahteva za izbor zaptivača rasporednika

Red. Br.	ZAHTEV	Čvrsti zahtevi	Tolerisani zahtevi	Želje
1	Geometrija – zaptivač je potrebno da bude u formu cilindra sa najveći prečnik 30mm i najveće dužina 20mm	*		
2	Radni medijum u rasporedniku – vazduh sa mogućom prljavštinom i - ulje iz kompresora lokomotive	*	*	
3	Otpornost – potrebno je da bude otporno na ulje, voda, kondenzat,	*		

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

	temperatura, prljavština, habanje			
4	Sile i opterećenje - najveća sila oko 50N pri montaži. - Osnovno opterećenje rasporednika $G=170\pm 30N$ usmereno vertikalno dole (težina rasporednika). - Pri transportu moguća je pojava horizontalnih i vertikalnih vibracija. - Pri uskladištenju, transportu i manipulaciji mogu da se očekuju mehanički udari i do $-10m/s^2$. - Ove udare rasporednik treba da izdrži bez oštećenja.	*	*	*
5	Materijal - moguća je upotreba svih uobičajenih NBR materijala, koji ispunjavaju zahteve za mehaničku čvrstoću i hemijsku i termičku stabilnost. - korišćeni materijal, u slučaju požara, ne sme sagorevati i ispuštati toksične gasove - Tvrdoaća 50+60 ShoreA	*		
6	Montaža - montirati lako sa posebnim alatom uz malu primenu sile	*		
7	Eksploatacioni uslovi - Temperature od $-40^{\circ}C$ do $+80^{\circ}C$; - Pritisak na najmanje 10 bara	*		
8	Troškovi – Da ne bude skuplje od 10 EUR			*

Kao mogući zaptivači kojim se zamenjuju radialni zaptivni prsteni su zaptivači za pneumatske sisteme: O-ring, I-ring, K-ring, Z-ring.

Svojstva za O-ring:

- Materijal 72 NBR - 80 NBR;
- Otpornost na visoke ili niske temperature, otpornost na ulje i gorivo, otpornost na vremenske uslove, otpornost na ozon, itd.
- Radni pritisak do $\sim 1,5$ bar;
- Radni medijum: komprimiran vazduh;
- Sintetičko maslo, Voda.

Svojstva za I-ring:

- Materijal NBR;
- Otpornost na visoke ili niske temperature, otpornost na ulje, otpornost na vremenske uslove,
- Radni pritisak do $\sim 1,0$ bar;
- Radni medijum: komprimiran vazduh;
- Sintetičko maslo, Voda.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

Svojstva za K-ring:

- Sprečava uvijanje u žlebu zaptivke. Zaptivka nije pogodna da se kotrlja u žlebu sa odgovarajućim pokretnim delom.
- Slabo trenje. Zahteva manji radijalni pritisak u odnosu na standardni o-prsten.
- Manje habanje usled niskog trenja, pružajući tako duži vek trajanja.
- Odlična efikasnost zaptivanja sa posebnim profilom.
- Poboljšano pokretanje sa rezervoarom za podmazivanje koji se formira između zaptivnih usana.

Svojstva za Z-ring:

- Materijal NBR
- Otporno je na ulje;
- Otporno je temperatura od -40°C - do +80°C;
- Tvrdoa 50+60 Shore A

Tabela 4.8. Morfološka matrica zaptivača

Delimične funkcije	Izvršioči elementarne funkcije							
	O-ring		I-ring		K-ring		Z-ring	
	Individualna koeficient	Prosek	Individualna koeficient	Prosek	Individualna koeficient	Prosek	Individualna koeficient	Prosek
Zaptivač je potrebno da bude u formu cilindra	4		3		3		4	
Širina kontaktna površina/ Kontaktna zona	3	2,67	3	2,33	2	1,67	3	3,17
Habanje (malo/veliko)	1		1		1		3	
Zaptivna usna	3		2		1		3	
Širina dodira	3		3		1		3	
Troškovi (niski/veći)	2		2		2		3	

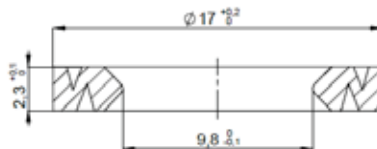
ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

Vrlo dobro-idealno rešenje -4 boda
Dobro rešenje - 3 boda
Odgovarajuće rešenje-2 boda
Tek prihvatljivo rešenje-1 boda
Nezadovoljavajuće rešenje-0 bod

Mogući izvođači funkcije zaptivanja su takođe varijante potrebnog rešenja. Prema opisanom postupku ocenjivanja u gornjoj tabeli, kriterijumi za ocenu pojedinačnih varijanti rešenja unose se u prvu kolonu. Dok su u posebne kolone ispod svake varijante rešenja uneti koeficijenti za njihovu procenu. Za svako od rešenja izračunava se prosečni koeficijent, što je polazna tačka za izbor najprikladnijeg rešenja.

Metod se odlikuje subjektivnošću u proceni stepena ispunjenosti postavljenih zahteva i objektivnošću u donošenju odluka. Kriterijumi za ocenjivanje grupisani su u dve grupe, tehničku i ekonomsku. Vrednovanje prema tehničkim kriterijumima vrši se subjektivnom ocenom rešenja, tj. rešenja pojedinih varijanti se upoređuju sa tehnički idealnim rešenjem, koristeći ocene od 0 do 4 sa sledećim značenjem:

Koja je varijanta optimalna? Odgovor se može dobiti procene izvedene uz pomoć kriterijuma. Kriterijumi se dobijaju iz zadatka, liste zahteva, stanja tehnike. Na osnovu delimičnih funkcija zaptivki i prema gore navedenom, Z-ring (slika 60) je izabran kao konačno rešenje rangiran sa najveći prosečni koeficijent koji iznosi 3,17 boda.



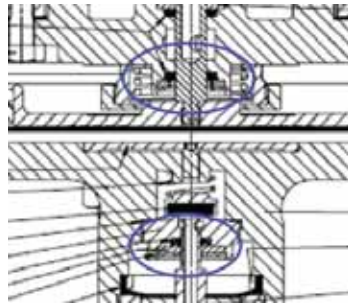
Slika 60 - Z - ring $\text{Ø } 10/17 \times 2,3$ (sa dimenzijama unutrašnji prečnika $\text{Ø } 10$, spoljni prečnik $\text{Ø } 17$ mm i dužina 2,3mm sglasno DIN standardima)

- Tehničke karakteristike za Z-ring su sledeće (Prilog 19):
 - Materijal NBR
 - Otporno je na ulje;
 - Otporno je temperatura od -40°C - do $+80^{\circ}\text{C}$;

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

- Tvrdća 50+60 Shore A
- Tehničke karakteristike za radialni zaptivni prsten su sledeće (Prilog 20):
 - Materijal 72 NBR - 80 NR;
 - Materijal za oprugu DIN 17 223;
 - Kućište: Nelegiran čelik DIN 1624;
 - Radna temperatura od -40°C do $+100^{\circ}\text{C}$;
 - Radni pritisak do $\sim 1,5$ bar;
 - Radni medijum: komprimiran vazduh;
 - Sintetičko maslo, Voda.

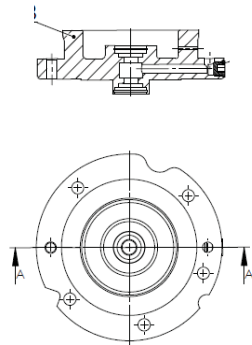
Na slici 61 dat je presek rasporednika sa ugrađenim Z-ringom.



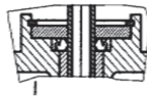
Slika 61 – Presek rasporednika sa ugrađenim Z-ringom (novo rešenje)

Za ugradnju novih zaptivača u rasporednik bilo je neophodno oblikovanje mesta na kojima se ugrađuje Z-ring (slika 62). Ugrađeni zaptivači Z-prsteni su dati na slikama 63 do 65.

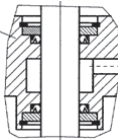
ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI



Slika 62 – Potporni poklopac gdje leži Z-ring

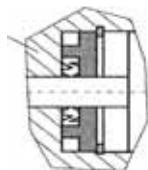


Slika 63 - Z-ring Ø5,5/13x2,5



Slika 64 - Z-ring Ø6/13x2,5

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI



Slika 65 - Z-ring Ø10/17x2,3

Nakon što su sprovedene korektivne aktivnosti zamene ustanovljene FMEA analizom (tabela 4.6), (redizajn rasporednika, I zamena radijalnih zaptivnih prstena sa Z-ringom), ponovo se radi FMEA analiza.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

Tabela 4.9. Analiza potencijalnih otkaza i njihovih efekata zbog konstruktivnih nedostataka Z-ring Ø6/13x2,5 0669496

Serijski broj	Broj na crtež/kataoški	Ime na pozicija	Količina	Funkcija	Efekat koji ukazuje na kvar	Efekat kvara	Začestnost	Radlog kvara	Događaj	Tronutne akcije za sprečavanje neuspjeha	Detekcije	RPN
					Ne odgovara	Nemoguća montaža ili poteskove pri montaži	3	Nedekavran dizajn: Projektirane dimenzije prstena su nedekavne	2	Validacija konstruktivnog rešenja Provjera ugradljivosti	6	36
						Tokom vožnje : Nekontrolisano isicanje Nekontrolisano isicanje iz komore vazduha iz komore glavnog voda prema atmosferi Nekontrolisana aktivacija kočnice	8	Nedekavran dizajn: Projektirane dimenzije prstena su nedekavne	2	Validacija konstruktivnog rešenja Provjera ugradljivosti	6	96
0669496		Z-ring Ø6/13x2,5	1	Oslobodjenje zaprtivost glavnog voda prema atmosferi	Nezaptivnost	Nekontrolisano isicanje iz komore glavnog voda prema atmosferi, isicanje od zadržanog ulaznog Nemoguća dnocevanje ulaznog s legulovanjem	8	Nedekavran dizajn: Projektirana krutost materijala je nedekavne	2	Validacija konstruktivnog izrsen funkcionalan test izrsen test izdržljivosti izrsen test u klima komori	6	96

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

						8	Neadekvatan dizajn: Propisana pozicija Z-ringa je neadekvatna	2	Validacija konstrukcijske rešenja za poziciju prsteni izvršen funkcionalni test izdržljivosti izvršen test u klima komori	6	96
						3	Nemoguća montaža ili poteskove pri montaži	2	Validacija konstruktivnog rešenja: Provera ugradljivosti	6	36
						8	Neadekvatan dizajn: Propisane dimenzije prstena su neadekvatne	2	Validacija konstrukcijske rešenja: Provera ugradljivosti	6	96
						8	Neadekvatan dizajn: Propisana krutost materijala je neadekvatna	2	Validacija konstruktivnog rešenja izvršen funkcionalni test izvršen test izdržljivosti izvršen test u klima komori	6	96

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA
POUZDANOSTI

				Neuspela prva komorica tog cilindra		
			Jaci stepen kocenja pri zavodnogi proizvodnji. Produzeno vreme za otkocavanje. Uspesnost s regulirana	8	Neadekvatan dizajn za pozicija Z-vrsta je neadekvatni	2
					Validacija konstruktivnog resenja za poziciju Z-vrsta. Ispitivanje funkcionalni test izvrsen test izdržljivost izvesen test u klima komori	6
						96

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

Tabela 4.10. Analiza potencijalnih otkaza i njihovih efekata zbog konstruktivnih nedostataka Z-ring 05.5/13x2.5, 0669499

Serijski broj	Broj na crtež/kataloški broj	Ime na poziciji	Količina	Funkcija	Efekat koji ukazuje na kvar	Efekat kvara	Začestenosť	Razlog kvara	Događaji	Trenutne akcije za sprečavanje neuspjeha	Detekcije	RPN
					Ne odgovara	Nemoguća montaza ili poteškoća pri montazi	3	Neadekvatan dizajn: Propisane dimenzije prstena su neadekvatne u odnosu na izdvojeni dizajn.	2	Validacija konstruktivnog rešenja Provera ugradljivosti	6	36
						Tokom vožnje : Nekontrolisano isicanje komprimiranog vazduha iz glavne komore vode prema glavnoj vodi Učestali rad kompresora za dopunjavanje Nekontrolisano isicanje komore glavne vode prema atmosferi Jaki stepen kočenja od strane kočnice Produženo vreme za otkoćavanje U suprotnost is regulativama	8	Propisane dimenzije prstena su neadekvatne u odnosu na izdvojeni dizajn. Neadekvatan dizajn: Propisana krutost materijala je neadekvatna	2	Validacija konstruktivnog rešenja Provera ugradljivosti	6	96
0669499	Z-ring 05.5/13x2.5	1	Obezbeđuje zaptivnost glavne vode prema atmosferi	Nezaptivnost			8	Neadekvatan dizajn: Propisana krutost materijala je neadekvatna	2	Validacija konstruktivnog rešenja Izvršen funkcionalan izvršen test izdržljivosti Izvršen test u klima komori	6	96
							8	Neadekvatan dizajn: Propisana pozicija Z-ringa je neadekvatna	2	Validacija konstruktivnog rešenja za poziciju prstena Izvršen funkcionalan test Izvršen test izdržljivosti Izvršen test u klima komori	6	96

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

Tabela 4.11. Analiza potencijalnih otkaza i njihovih efekata zbog konstruktivnih nedostataka Z-ring Ø10/17x2,5, 0669493

Serijski broj Z-ring	Broj na crtež/katalozi	Ime na pozicija	Količina	Funkcija	Efekat koji ukazuje na kvar	Efekat kvara	Zaestost	Razlog kvara	Dogadaj	Temutne akcije za sprečavanje neuspaha	Detekcije	RPN
					Ne odgovara	Nemoguća montaža ili poteskopa pri montaži	3	Neadekvatan dizajn. Promjene dimenzije prisilena su neadekvatne	2	Validacija konstruktivnog esenja. Provera ugradljivosti	6	36
0669493		Z-ring Ø10/17x2,5	1	Osobegijle zapornost glavnog vratara i atmosveri	Nezaprivnost	Tokom vožnje, isitcanje. Nekomolisanost. Nekomolisanost pomoćnog ezera/vara prema atmosferi. Nekomolisanost pomoćnog ezera/vara prema atmosferi. Nekomolisanost pomoćnog ezera/vara prema atmosferi. Nema efekat. U suprotnost s isputatvama	8	Neadekvatan dizajn. Promjene dimenzije prisilena su neadekvatne	2	Validacija konstruktivnog esenja. Provera ugradljivosti	6	96

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA
 POUZDANOSTI

				8	Neadekvatan Prpisana kruošć materijala je neadekvatne	2	Validacija konstrukivnog rešenja Izvršen funkcionalan test Izvršen test Izvrjeni vošći Izvršen test u klima komori	6	96
				8	Neadekvatan dizajn; Prpisana puzajuga. Z- ringa je neadekvatan	2	Validacija konstrukivnog rešenja za poziciju prostera Izvršen funkcionalan test Izvršen test Izvrjeni vošći Izvršen test u klima komori	6	96

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

Nakon toga sprovedena je korektivna aktivnost, izvršen je redizajn rasporednika, a umesto radijalni zaptivni prstene su ugrađene Z-ringe, kojoj imaju veća pouzdanost i manja stopka otkazima. Ponovna procena pokazuje da je RPN manji od 100 što je prihvatljivo (Prilog 18).

Ugrađnjom Z- ringom umesto radijalnog zaptivnog prstena, osetljivost na temperaturne promene je rešena, I postignuta je otpornost na prljavi kondenzat koji curi kroz instalaciju kočionog sistema teretnih vagona. Kočnica sa tri radna pritiska ima veliku osetljivost na promenu pritiska u glavnom vodu, tj. kočnica mora reagovati na svako smanjenje pritiska u glavnom vodu od 0,6 bar za 6 sec, reagovanje unutar vremena od 0,7 sec (UIC-norma: reagovanje u roku od 6 sec). Kočnica sa tri radna pritiska je pored ovog snabdevena i mogućnošću zaštite protiv prepunjenja talasom visokog pritiska, tako da se može nakon nekog punog kočenja, pritisak glavnog voda prepuniti talasom visokog pritiska ali da ne nastupi prekomerno povećanje koje bi ugrozilo rad kočnice.

Uz sva ispitivanja prikazana u doktoratu, pokazali smo da ugrađnjom ovog zaptivača osovine dobijamo veću pouzdanost uređaja, a oni se primenjuju u svim tipovima rasporednika, za sve nove vagona i preporučuje se zamena radijalni zaptivni prstena sa Z-ringi i u starim rasporednikama, koji dolaze na redovno održavanje (remont) u specijalizovanim radionicama.

Konstruktivne izmene rasporednika saglasno analiza pouzdanosti je prikazana u prilog br. 8-14, za koji je izvršeno ispitivanje sa probni stolom DISTRITESTER, proizvod srpske firme RAIL LAB DOO, a se koristi u laboratorijama Wabtec MZT`a za ispitivanje funkcija i rad rasporednika, za koji može da se vidi merni list da rasporednik je funkcionalan, Prilog br. 15, a ovaj probni stol ispitiva i ostale rasporednike svakakog tipa [97].

4.8. LABORATORIJSKO ISPITIVANJE FUNKCIONALNOSTI RASPOREDNIKA

Nakon konstrukcionih izmena, vezanih za promenu rešenja zaptivanja, urađeno je funkcionalna ispitivanja rasporednika, a ispitivanja pouzdanosti rasporednika će se vršiti u toku eksploatacije rasporednika, tako što će se pratiti vreme ispravnog rada do otkaza za određeni izabrani uzorak.

Funkcionalno ispitivanje rasporednika je izvršeno na probnom stolu DISTRITESTER (slika 68), u laboratoriji Wabtec MZT`a. Ispitni sto je proizvod firme RAIL LAB DOO.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI



Slika 66 - Ispitni sto DISTRITESTER 1018TR

Ispitni sto DISTRITESTER 1018TR namenjen je ispitivanju rada rasporednika nakon remonta.

Program ispitivanja primenjuje se na dozatore sa graduiranim oslobađanjem (trosmernu distribuciju). Program ispitivanja je takođe primenljiv na relejne ventile kao sastavni deo rasporednika. Ovaj standard se takođe odnosi na rasporednika sa i bez ugrađenog sigurnosnog ventila.

Tipično i serijsko ispitivanje rasporednika na ispitnom stolu vrši se automatski. Automatizovano testiranje se vrši interaktivno putem centralne računarske jedinice i uz pomoć operatera.

Rezultati ispitivanja se čuvaju u računaru, a zatim se mogu objaviti u obliku mernog lista sa dijagramima rasporednika (promene vrednosti pritiska u zavisnosti od vremena).

4.8.1. Potrebni uslovi za spremnost ispitni sto

Za pravilno funkcionisanje ispitnog stola DISTRITESTER 1018TR potrebno je obezbediti u prostoriji u kojoj se planira raditi, pritisak komprimovanog vazduha od najmanje 8 bara.

Prostorija treba da bude klimatizovana (temperatura 25 ± 3 ° C). Klimatski prostor osigurava ispravan rad ispitnog stola bez uticaja temperaturnih razlika i shodno tome ujednačenosti rezultata merenja karakteristika rasporednika. Klima uređaj takođe obezbeđuje prihvatljivu vlažnost vazduha.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

Naizmenična struja mora biti uzemljena, a ne nulirana, jer štiti elektronsku opremu, osigurava pravilan rad elektronske opreme na ispitnom stolu kao i sigurnost rukovaoca od električnog udara. Naizmenična struja mora biti unutar karakteristika $220V \pm 20\%$, $50Hz / 60Hz \pm 5\%$.

Kvalitet komprimovanog vazduha mora biti u skladu sa ISO 8573.1, klasa 4.3.4. Nedovoljno vazduha može prouzrokovati oštećenja elektro-pneumatskih ventila i uticati na ispravan rad ispitnog stola.

4.8.2. Pneumatska šema ispitnog stola DISTRITESTER 1018TR

Ispitni stol DISTRITESTER 1018TR povezuje oklopnu instalaciju koja mora da obezbedi pritisak komprimovanog vazduha od minimum 8 bara.

Elektronski pneumatski ventil (VHL) koristi se za prekidanje ili osiguravanje dovoda vazduha pod pritiskom pomoću pneumatskih regulatora (EPK1L). U principu, ovaj ventil je otvoren tokom svih ispitivanja, osim pri ispitivanju zaptivanja rasporednika kada je zatvoren i prekinut dovodom vazduha pod pritiskom. Otvaranje i zatvaranje ovog ventila vrši se preko upravljačke elektronike.

Elektronski pneumatski kontroler (EPK1L) služi za napajanje glavne vode i obezbeđuje pritisak u rasponu od 0-7 bara. Elektronski pneumatski kontroler (EPK1L) snabdeva nosač ili uređaj za distribuciju vazduha pod pritiskom. Pritisak je promenljiv i zavisi od ispitivanja koje se sprovodi. Praktično simulira promene pritiska u glavnoj vodi.

Rad električnog pneumatskog regulatora (EPK1L) vrši se softverom preko upravljačke elektronike.

Elektronski pneumatski ventil (VHL) služi za prekidanje ili obezbeđivanje dovoda vazduha glavnim vodom pod pritiskom do rasporednika. U principu, ovaj ventil je otvoren tokom svih ispitivanja, osim pri podešavanju početnih uslova ispitivanja kada je povremeno zatvoren i prekinut pritiskom dovoda vazduha. Otvaranje i zatvaranje ovog ventila vrši se preko upravljačke elektronike.

Električni pneumatski ventili (VR1-VR4) koriste se za prekidanje ili mogućnost napajanja pomoćnog rezervoara R vazduhom, u zavisnosti od zapremine koja se sprovodi postupak ispitivanja. Ovi ventili su obično zatvoreni dok operater ne izabere preko računara i ne kontroliše električnu energiju zapreminom promotivnih rezervoara koje želi da testira. Otvaranje i zatvaranje ovih ventila vrši se preko upravljačke elektronike. Tokom procesa ispitivanja, status ovih ventila se ne menja, on ostaje kako je predviđeno na početku ispitivanja.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

Elektronski pneumatski ventil -VLR (slika 67) služi za brzo dopunjavanje vazduha iz pomoćnog rezervoara pod pritiskom od 5 bara, nakon sprovedenih ispitivanja rasporednika. Njegova svrha je da ubrza stvaranje početnih uslova pre testa. Tokom procesa ispitivanja, uvek je zatvoren. Otvaranje i zatvaranje ovog ventila vrši se preko upravljačke elektronike.

Električni pneumatski ventili - VLA (slika 67) koristi se za prekid ili mogućnost dovoda vazduha iz radne komore, u zavisnosti od zapremine koja se sprovodi postupak ispitivanja. Ovi ventili su obično zatvoreni dok operater ne izabere preko računara i ne kontroliše električnu energiju kojom zapreminom radna komora želi da testira. Otvaranje i zatvaranje ovih ventila vrši se preko upravljačke elektronike. Tokom procesa ispitivanja, status ovih ventila se ne menja, on ostaje kako je predviđeno na početku ispitivanja.

Elektronski pneumatski ventil (EPK2T) služi za brzo punjenje kanale mernih ventila (T) pod pritiskom T1 ili T4, u zavisnosti od ispitivanja koje se sprovodi. Njegova svrha je da ubrza stvaranje početnih uslova pre testiranja. Tokom procesa ispitivanja, uvek je zatvoren. Otvaranje i zatvaranje ovog ventila vrši se preko upravljačke elektronike.

Kočni cilindar od 16 "(C16) služi za simulaciju potrebnog rada kočnog cilindra. Ispitivanje različitih vrsta cilindara (10", 12 ", 2k12", 14 ", 2k14" i 16 ") obezbeđuje se podešavanjem hod kočionog cilindra.

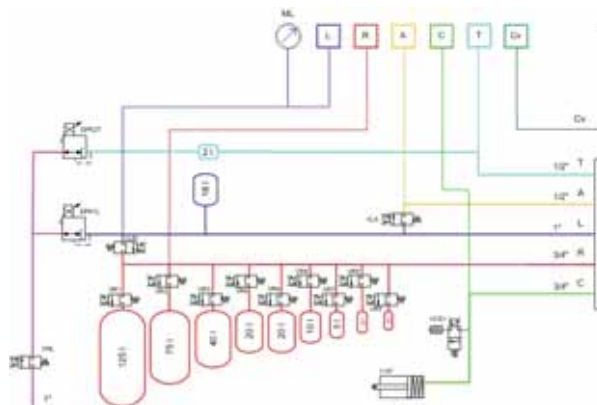
Elektronski pneumatski ventil (VCEI) služi za zaustavljanje napajanja kočionog cilindra i za obezbeđivanje zapremine potrebne za ispitivanje rasporednika koji su konfigurisani samo za napajanje relejnog upravljanja ventilom. Otvaranje i zatvaranje ovog ventila vrši se preko upravljačke elektronike.

Senzori pritiska u glavnom vodu (L), pomoćna voda rezervoara (R), voda radne komore (A), kočni cilindar (C), fiktivni kočni cilindar rasporednika (Cv) i voda mernog ventila (T) su aktivni na monitoru. Senzori pritiska (L, R, A, C, Cv i T) prenose signale na akvizicione elektronike.

Senzor temperature ugrađen u ispitnu tabelu registruje promene u temperaturi okoline ispitnog stola.

Na slici 67 je prikazan pneumatski dijagram priključka ispitnog stola DISTRITESTER 1018TR.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI



Slika 67 - Priključak pneumatskog dijagrama ispitnog stola DISTRITESTER 1018TR

Legenda oznaka su sledeća:

EPK11L - Elektro pneumatski regulator L
EPK2T - Elektro pneumatski regulator T

ML - Manometar za kočnu cijev
L - Senzor za kočnu cijev
R - Senzor za pomoćni rezervoar
A - Senzor za upravljački rezervoar
T - Senzor za merni ventil
C - Senzor za kočioni cilindar
Cv - Senzor za kočneć cilindar rasporednika

VHL - Ventil za ponovno punjenje kočnu cjev HL
VLR - Ventil za ponovno punjenje pomoćni rezervoar R
VLA - Ventil za ponovno punjenje upravljački rezervoar A

VR1 - Ventil pomoćni rezervoar 125l
VR2 - Ventil pomoćni rezervoar 75l
VR3 - Ventil pomoćni rezervoar 40l
VR4 - Ventil pomoćni rezervoar 20l
VR5 - Ventil pomoćni rezervoar 20l
VR6 - Ventil pomoćni rezervoar 10l
VR7 - Ventil pomoćni rezervoar 5l
VR8 - Ventil pomoćni rezervoar 3l

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

VR9 – Ventil pomoćni rezervoar 2l

C16” - Kočioni cilindar 16”

VCE1 - Izduvni ventil kočioni cilindara

4.8.3. Rad sa ispitni stol DISTRITESTER 1018TR

Pre početka rada, rukovalac otvara odvodni ventil i ispušta kondenzat iz separatora kondenzata. Zatim, napajanje računara i operativni sistem nakon što operativni sistem bude spreman identifikuju se putem ID karta na testu.

Operator postavlja razvodnik i pneumatsko stezanje na konzolu i spojeni kabli na ventil za automatsko otpuštanje. Zatim pristupite podešavanju potrebnih parametara za testiranje na softverskom interfejsu početne stranice.

Iz padajućeg menija bira zapreminu pomoćnog rezervoara sa kojim će raditi (dostupan mu zapremine 100l, 110l, 125l i 135l).

Takođe, iz padajućeg menija bira kočioni cilindar sa kojim će vršiti testove (12 ", 14" ili 16 ").



Slika 68 - Interfejs za snimanje

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

Nakon odabira iz padajućeg menija operater dobija poruku sa vrednošću dužine umetka koji treba umetnuti iza kočionog cilindra klipa.

Softver već automatski popunjava datum i vreme testa, operator imena je preuzeo ličnu kartu i zabeležio temperaturu okoline u kojoj se test vrši. Iz padajućeg menija operater bira „razlog za testiranje“. Nudi se sledeće razloge: ispitivanje nakon remonta, ispitivanje za rekultivaciju. Ostaje da operater unosi rasporednika serijskog broja. Sledeća slika prikazuje izgled kućnog interfejsa.

Operator sada pokreće dugme „snimanje“ automatskog rasporednika za ispitivanje. Ispitni sto DISTRITESTER 1018TR osvetljava crvenom bojom.

Procenjeno trajanje testa rasporednika bilo je oko 30 minuta.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA pouzdanosti

MERNI LIST							
Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA		PROPIS		REZULTAT		NAPOMENA
			T	P	T	P	
1	VREME PUNJENJA RADNE KOMORE od 0,0 do 4,80 (bar) u (sek)		min 140 max 200				Punjenje glavnog voda sa 5,0 (bar) bez talasa visokog pritiska. Pri napajanje pomoćni rez. sa strane (5,4 (bar)), ova se tačka ne ispituje. Za rezervoare >200(lit), max 250 (sek)
2	VREME PUNJENJA POMOĆNOG REZERVOARA od 0,0 do 4,80 (bar) u (sek)		min 140 max 200				
3	VREME KOČENJA od 0 do 95% od najvećeg pritiska u kočnom cilindru u (sek)		18+30	3+5(6)			Posle uspostavljanja brzog kočenja za položaj „P”
4	NAJVEĆI CILINDARSKI PRITISAK, u (bar)		3,80-0,10				
5	VREME OTKOČIVANJA KOČNOG CILINDRA od najvećeg pritiska do 0,40 (bar) u (sek)		45-60	15-20			Posle uspostavljanja potpunog kočenja za položaj „T”
6	NEISCRPLJIVOST POMOĆNOG REZERVOARA. Pri otkočivanju bez talasa visokog pritiska, pomoćni rezervoar pri cilindarskom pritisku od 0,30 (bar) mora biti napunjen u (bar)		/	4,65 - 4,90	/	/	Posle uspostavljanja brzog kočenja. Pri napajanje pomoćni rez. sa strane (5,4 (bar)), ova se tačka ne ispituje.
7	OSETLJIVOST. Kočnica treba preneti najkasnije za ___ (sek)		max 1,2				Manipulite se padom pritiska u GV od 0,60 (bar) za 6 (sek)
8	PONAVLJANJE PROCESA KOČENJA I OTKOČIVANJA.		Ista vrednost pritiska u KC				Završi šest uzastopnih zakočivanja i otkočivanja u isti naizm.
9	POSTEPENO KOČENJE. Pri opadanju pritiska u glavnom vodu, za ___ (bar), pritisak u kočnom cilindru mora pasti, u (bar)		≤0,10				Nakon prvog stepena kočenje ispuštanjem 0,50 (bar) iz GV manipulirajte se padom pritiska od 0,60 (bar) za 6 (sek)
10	POTPUNO KOČENJE. Potreban pad pritiska (1,40-1,60 (bar)) u glavnom vodu za postizanje max. pritiska u kočnom cilindru od ___ (bar)		3,80±0,1				Tačka 10 ispituje se u produžetku tačke 9.
11	STEPENASTO OTKOČIVANJE. Pri povećanju pritiska u glavnom vodu, za ___ (bar), pritisak u kočnom cilindru mora da opadne.		≤0,10				Tačka 11 ispituje se u produžetku tačke 10. Otkočivanje počinje kada pritisak u GV poraste na 3,70 (bar)
12	GRANIČNA VREDNOST ZA POTPUNO OTKOČIVANJE	Kočnica mora biti zakočena kada je pritisak u GV ___ (bar) Kočnica mora biti	4,75 4,80-4,85				Pri stepenastom otkočivanju. Kod rasporednika sa Rele ventilom, tačke se ispituju sa praznim

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

	potpuno otklošena kada je pritisak u GV _____ (bar)				pritisak u Rife ventila
13	PONOVDNA SPREMNOST. Nakon otkočavanja, kada je pritisak >2(bar) u KC (KV), ako se uvede ponovno kočenje. Pri istoj manipulaciji, nakon otkočavanja, kada je pritisak <0,2 (bar) u KC (KV), ako se uvede ponovno kočenje.	Birač se treba aktivirati Birač se mora aktivirati			
14	NASKOK U KOČNOM CILINDRU, u (bar)	0,00 = 0,80	/	/	Nakon potpunog kočjenja
15	TALAS VISOKOG PRITISKA $\geq 0,60$ (bar), u trajanju od min. ____ (sek)	≥ 30	≥ 10		Pri tom pritisak u rubnoj komori ne sme porasti više od 5,10 (bar)
16	NEOSETLJIVOST. Kočnica ne sme zakoditi pri smanjenju pritiska od ____ (bar)	0,50			Pri smanjenju pritiska u GV od 5,0 na 4,50 (bar) za 60 (sek)
17	DOPUNJENJE. Nezaprtivost KC najmanje do ____ (bar), mora se dopunjavati	0,20			Nezaprtivost simulirana stvaranjem otvora od 01 (mm) na KC.
18	STEPEN PRITISKA. Pritisak u kočnom cilindru pri ispuštanju 0,40 (bar) iz GV iznosi ____ (bar)	> 0,50			Manipulacije se radom pritiska u glavni vod od 0,60 (bar) za 6 (sek)
19	PRVI STEPEN KOČENJA. Pri ispuštanju ____ (bar) iz GV, kočnica mora da drži.	0,25-0,30			Posle ispuštanja, pritisak u glavni vod održavati konstantnom
20	ZAPTIVNOST U ZAKOŠENOM I OTKOŠENOM STANJU. Raspoorednik mora biti svuda zaprtiven.	Potpuna zaprtivost			Kočnica vršiti ispitivanje, pri čemu ne sme doći do pojave narušavanja
21	RASPOREDNA OSETLJIVOST. Automatski otkočnik mora zatvoriti, kada je max razlika pritiska između GV i PK ____ (bar)	0,20-0,30			Nakon povlačenja otkočne poluge.
22	PRAŽNENJE RADNE KOMORE PREKO AUTOMATSKOG OTKOČNIKA.	Radna komora mora se isprazniti			Posle brzog kočjenja, poluga otkočnika treba se povući.

Volumen GV: 25 (lit)

SLIKA 69 – Merna lista ML-631.501

Nakon završetka automatskog testa, ispitni sto osvetle zelenom bojom i odštampaju test izveštaj t.n. ML – 631.501 (slika 69), prema UIC-u (sa ili bez dijagrama rada raspoorednika, u zavisnosti od zahtevi kupca).

Rezultati UIC testa raspoorednika koji su unutar propisanih granica, upisuju se u mernu listu sa plavom bojom. Rezultati bez propisanih ograničenja upisuju se u mernu listu sa Crvena boja.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

4.8.4. Funkcionalno ispitivanje prema ML-631.501Z i izveštaj o testu

4.8.4.1. Procedura za priprema probnice

Proveriti stanje probnice i poslednje njeno ispitivanje. Proveriti prečnik i radni hod kočnog cilindra na vagonu za koji je namenjen rasporednik. Prema vrednostima iz liste prigušnica LP 631.601 podesiti hod kočnog cilindra na probnici pomoću umetaka. Umetci moraju da budu markirani u cilju lakšeg pronalaženja.

Kočni cilindar od 14" na probnici se može podesiti tako da simulira cilindre prečnika od: 6", 8", 10", 12" i 16".

Volumen pomošnog rezervoara probnice može se selektirati otvaranjem slavina VLR i VLA prema potrebi.

Posle izvršena pripreme rasporednik može da se montira na nosač, pomoću tri navrtke i odgovarajućeg zaptivača. Poedura za ispitivanje rasporednika je u suglasnosti sa mernom listom ML 631.501.

4.8.4.2. Vreme punjenja radne komore – Test 1

Automatski izaberite položaj pražnjenja. Otvoriti slavine VR1, VR2, VR3, VR4, VR5, VR6, VR7, VR8, VR9 i otvoriti slavine EPK1L ili EPK2T ako je potrebno, za simuliranje volumena pomošnog rezervoara. Nakog otčitavanja vrednosti nula na svim manometrima, automatski izaberite položaj punjenja, na 5 bar. U isto vreme, uključiti program i meriti vreme kada se na kontrolnoj skali otčita vrednost pritiska od 4,8 bar. Ovo vreme mora da bude izraženo u sekundama, i treba da se upiše u merni list.

4.8.4.3. Vreme punjenja pomošnog rezervoara – Test 2

Automatski izaberite položaj pražnjenje i otvoriti slavine VLR. Proveriti da li su svi manometri na nuli. Postaviti probnicu kao za prvi test i ponoviti test proceduru. Meriti vreme za koje se na manometru otčita vrednost pritiska od 4,8 bar. Ovo vreme mora da bude izraženo u sekundama i treba ga upisati u merni list.

4.8.4.4. Vreme kočenja – Test 3

➤ P - režim, prazno – tovareno

Zabeleška: U režimu „tovareno“ rasporednik se napaja pritiskom od 5 bar.

Glavni vod, radna komora i pomošni rezervoar su podešeni na tačno 5 bar.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

Automatski zadaje se brzo kočenje, čije se vreme meri programom. Program se stopira kada pritisak glavnog voda poraste na 95% od njegovog maksimuma. Vrednost pritiska se prati na manometru ML, a vreme mora da bude između 3 i 6 s.

➤ G - režim, prazno – tovareno

Ipusiti komprimovani vazduh iz probnice, kao u testu 2 i podesiti probnicu kao za test 1. Izaberite položaj „punjenje“ i čekati dok manometri L, R i A ne pokazuju tačno 5 bar. Zatim zatvoriti slavinu EPK1L i pomoću slavine VHL brzo smanjiti pritisak glavnog voda na 3,2 bar, koji se očitava na manometru ML. U isto vreme, pomoću program, zabeležiti vreme za koje pritisak glavnog voda poraste na 95% od maksimuma, što se registruje na manometru L. Ovo vreme mora da bude između 18 do 30 s.

4.8.4.5. Maksimalan pritisak kočnog cilindra – Test 4

Podesiti probnicu kao za test 1. Menjač G/P postaviti u P – položaj. Sa glavnim vodom na 5 bar sačekati dok pritisci u pomoćnom rezervoaru i radnoj komori ne dostignu tačno 5 bar. Ovaj pritisak se očitava na manometrima ML i A. Zatim, izaberiti „brzo kočenje“. Ograničivač maksimalnog pritiska HBG310 je podešen tako da postigne maksimalni pritisak kočnog cilindra od $3,8 \pm 0,1$ bar, za vreme od 20 s.

U režimu „prazno“ maksimalni pritisak cilindra zavisi od sopstvene težine vagona (neto težina).

4.8.4.6. Vreme otkočivanja, samo u režimu „tovareno“ – Test 5

➤ P - režim

Podesiti probnicu kao za test 1, menjač G/P postaviti u P – položaj. Nastaviti sa procedurom za test 4. Automatski izaberiti položaj „punjenje“ i startovati program čime se proverava porast pritiska glavnog voda na 5 bar, posmatrajući vreme potrebno da pritisak kočnog cilindra padne na 0,4 bar. Ova promena se prati na manometru C, a izmereno vreme treba da bude između 15 i 20 s.

➤ G - režim

Testiranje u G – režimu je isto kao i u P – režimu. Vreme mora da bude između 15 do 60s.

Zabeleška: Sve sledeće tačke se testiraju u režimu P „tovareno“.

4.8.4.7. Neispravnost pomoćnog rezervoara – Test 6

➤ P - režim

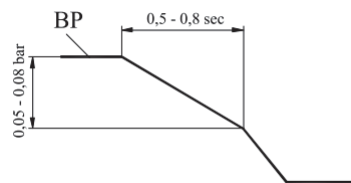
ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

Automatski napojiti glavni vod na 5 bar i sačekati da se pomoćni rezervoar i radna komora potpuno napune na 5 bar i da se kočni cilindar isprazni na 0 bar.

Automatski izaberiti položaj za pražnjenje, dok se glavni vod ne isprazni na 0 bar. Zatim, izaberiti punjenje i proveriti da li se glavni vod napunio na tačno 5 bari, posmatrajući manometre L i R. Kada pritisak glavnog voda padne na 0,3 bar, pritisak pomoćnog rezervoara treba da bude između 4,65 i 4,9 bar.

4.8.4.8. Osetljivost – Test 7

Probnicu pripremiti kao za test 1. Proveriti da li su pritisci u glavnom vodu, pomoćnom rezervoaru i radnoj komori tačno 5 bar, očitavanjem sa manometara L, R i A. Zatim, zatvoriti slavinu VLR i potpuno otvoriti slavinu VHL. Prigušnica će u svom izlazu da dozvoli pad pritiska glavnog voda za 0,6 bar, za vreme od 6 s. Posmatrati manometar L. Pad pritiska kod kojeg se čuje aktiviranje brzača u rasporednik mora da bude između 0,05 i 0,08 bar. Aktiviranje brzča isto tako može da se vidi na manometru L.



Slika 70 – Aktiviranje brzača u rasporedniku

4.8.4.9. Redukcija pritiska glavnog voda – Test 8

Pripremiti probnicu kao za test 7. Otvoriti slavinu VHL i zatvoriti slavinu VHL. Odmah se čuje aktiviranje brzača. Registrovati opadanje pritiska sa 5 bar, na manometru L. Pad pritiska sme da bude između 0,35 i 0,42 bari.

4.8.4.10. Stepenasto kočenje – Test 9

Pripremiti probnicu kao za test 7 i proveriti glavni vod, pomoćni rezervoar i radnu komoru da li su tačno 5 bar. Zatvoriti slavinu VCE1 i pomoću slavine VHL redukovati pritisak glavnog voda na 4,5 bar i sačekati 15 s da bi se stabilizovao pritisak / temperatura.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

Kratkim otvaranjem slavine VHL, posmatrati manometre C i L i redukovati pritisak glavnog voda „stepen po stepen“ stepenima od po 0,05 bar, pauzom od nekoliko sekundi nakon svake redukcije, sve do postizanja maksimalnog pritiska u kočnim cilindrima. Svaki pad pritiska u glavnom vodu mora da rezultira odgovarajućim rastom pritiska u kočnom cilindru.

4.8.4.11. Stepenasto otkočivanje – Test 10

Pomoću slavine VHL, kratkim otvaranjem povećavati pritisak glavnog voda sa stepenom od 0,05 bar, posmatranjem manometara C i L. Na svakom stepenu čitati odgovarajući pad pritiska u kočnom cilindru.

4.8.4.12. Potpuno kočenje– Test 11

Pripremiti probnicu kao za test 1 i proveriti da li su glavni vod, pomoćni rezervoar i radna komora napunjeni na tačno 5 bar. Zatvoriti slavinu VHL i isprazniti glavni vod preko slavine EPK1L, pažljivo posmatrajući manometre L i C. Kada pritisak u kočnom cilindru dostigne maksimalnu vrednost, pad pritiska glavnog voda mora da bude između 1.4 i 1.6 bar.

4.8.4.13. Regulisanje kočnice sa malim cilindarski pritiskom – Test 12

Pripremiti probnicu kao za test 1. Proveriti da li su glavni vod, pomoćni rezervoar i radna komora napunjeni na tačno 5 bar. Zatvoriti slavinu VHL i pomoću slavine EPK1L reducirati pritisak glavnog voda na 4,5 bar, očitavanjem na manometru L. Sa zatvorenom slavinom EPK1L i pomoću slavine VLR polako podizati pritisak u kočnom vodu na 4,79 bari. Pritisak u kočnom cilindru mora odgovarajuće da opada na 0.3 bar, bez gubljenja pritiska iz kontrolnog rezervoara.

4.8.4.14. Granična vrednost za potpuno otkočivanje – Test 13

Pripremiti probnicu kao za test 1. Proveriti da li su glavni vod, pomoćni rezervoar i radna komora napunjeni na tačno 5 bar. Zatvoriti slavinu VHL i pomoću slavine EPK1L smanjiti pritisak u glavnom vodu na 4.5 bar.

Pomoću slavine VLR polako povećati pritisak u glavnom vodu na 4,78 bar, očitavanjem na manometru L. Sačekati 10 sekundi da bi se stabilizovao pritisak/temperatura.

Očitavanjem na manometru A proveriti da li je kočnica stabilna, t. j. da nema pada pritiska u radnoj komori. Pomoću slavine VLR povećati podizati pritisak glavnog voda, u stepenima od 0,01 bar i održavanjem od 10 sekundi za svaki stepen i registrovati na manometru A kada pritisak u radnoj komori počne da opada. U tom trenutku registrovati

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

vrednost na manometru L na glavnom vodu. Ovo padanje pritiska u radnoj komori pokazuje da je kočnica potpuno otkočena. Potrebni pritisak u glavnom vodu za otkočivanje je 4,8 bari.

Zabeleška: Manometar A pokazuje samo mali pad pritiska.

4.8.4.15. Zaštita radne komore – Test 14

Pripremiti probnicu kao za test 1. Proveriti da li su glavni vod, pomoćni rezervoar i radna komora napunjeni na tačno 5 bar. Zatvoriti slavinu VHL i pomoću slavine EPK1L redukovati pritisak glavnog voda na 4,5 bar i očitavati vrednosti na manometru L.

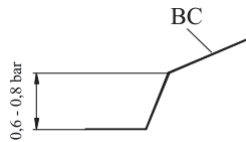
Pomoću slavine VLR polako povećavati pritisak u glavnom vodu do tačno 4,78 bar. Ventil za izjednačavanje i punjenje treba da bude otvoren, sa odstupanjem pritiska u radnoj komori od $\pm 0,02$ bar. Ova promena može da se vidi na manometrima A i L.

4.8.4.16. Kočni cilindar – naskok – Test 15

Pripremiti probnicu kao za test 1. Menjač G/P postaviti u G – položaj. Proveriti da li su glavni vod, pomoćni rezervoar i radna komora napunjeni na tačno 5 bar.

Zatvaranjem slavine VLR i pomoću slavine EPK1L smanjiti pritisak glavnog voda na 3,5 bar, kontrolom na manometar C.

U tom trenutku nastaje naskok pritiska u kočnom cilindru, koji je praćen sa više stepenim rastom. Naskok je vazušni udar, sa vrednošću od 0,6 do 0,8 bar, za sve veličine cilindara. Pomoću prigušnica se kontrolira brzina naskoka.



Slika 71 – Vazdušni udar 0,6 ÷ 0,8 bar

4.8.4.17. Talas visokog pritiska – Test 16

➤ G – režim

Pripremiti probnicu kao za test 1 i proveriti da li su glavni vod, pomoćni rezervoar i radna komora napunjeni na tačno 5 bar. Zatim zatvoriti slavinu VHL i pomoću slavine EPK1L reducirati pritisak glavnog voda na 3,5 bar. Kada pritisak u kočnom cilindru dostigne maksimalnu vrednost, otvoriti slavinu VLR i napuniti glavni vod na 7 bar. Ovaj pritisak,

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

pomoću slavine VLR, održavati 50 s. Nakon toga manometru A pročitati vrednost pritiska u radnoj komori, koji ne sme da padne ispod 5,1 bar.

➤ P – režim

Procedura je ista kao i za G – režim. Nakon čekanja od 30 sekundi pročitati pritisak u radnoj komori, na manometru A, koji ne sme da padne ispod 5,1 bar.

4.8.4.18. Zaštita od talasa visokog pritiska – Test 17

Pripremiti probnicu kao za test 1. Napuniti glavni vod, pomoćni rezervoar i radnu komoru na tačno 5 bar. Zatvoriti slavinu VHL i pomoću slavine EPK1L izvršiti potpuno kočenje, čime se na manometru C očitava maksimalni pritisak kočnog cilindra. Otkočiti kočnicu, koristeći slavinu VLR za punjenje glavnog voda na 7 bar.

Kada pritisak kočnog cilindra padne na nulu, što se vidi na manometru C, zatvoriti slavinu VLR i pomoću slavine VHL, redukovati pritisak glavnog voda, nadgledajući manometre C i L. Kada se na manometru C vidi da je prekidni ventil otvoren, očitati razliku pritisa, što se vidi na manometrima C i L. Ova razlika mora da iznosi $0,55 \pm 0,15$ bar.

4.8.4.19. Neosetljivost – Test 18

Pripremiti probnicu za test 1. Proveriti da li su glavni vod, pomoćni rezervoar i radna komora napunjeni na tačno 5 bar, a zatim zatvoriti slavinu VHL. Otvoriti slavinu VLA i meriti pad pritiska od 5 na 4,5 bar, za vreme od 60 sekundi. Za to vreme ne treba da se aktivira kočnica.

4.8.4.20. Dopunjavanje – Test 19

Pripremiti probnicu za test 1. Proveriti da li su glavni vod, pomoćni rezervoar i radna komora napunjeni na tačno 5 bar. Automatski reducirati pritisak glavnog voda na 4,2 bar i održavati taj pritisak.

Nakon čekanja od 15 sekundi, za stabiliziranje pritiska/temperature, otvoriti slavinu VCE1 tako da se simulira pražnjenje kočnog cilindra. Rasporednik mora da kompenzuje ovo pražnjenje i pritisak kočnog cilindra ne sme da padne više od 0,2 bar, šta se vidi na manometru C.

4.8.4.21. Resetiranje brzača – Test 20

Pripremiti probnicu za test 1. Napuniti glavni vod, pomoćni rezervoar i radnu komoru na tačno 5 bar. Zatvoriti slavinu EPK1L i pomoću slavine VLA redukovati pritisak glavnog voda

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

na 4,5 bar. Pomoću slavine VLR, polako povećavati pritisak u glavnom vodu na 4,82 bar, pražnjenjem na manometru L. Isto tako pratiti i pad pritiska u kočnom cilindru na manometru C.

Kada ovaj pritisak padne na 0,6 bar, zatvoriti slavinu VLR i ponovo aktivirati kočnicu, otvarajući slavinu VLA. Pritisak kočnog cilindra na manometru C treba da poraste ali brzač ne sme da aktivira.

Ponoviti proceduru za test 20. Korišćenjem slavine VLR i praćenjem manometra C, povećavati pritisak u glavnom vodu, sve dok pritisak kočnog cilindra ne padne ispod 0,2 bar. Ponovo aktivirati kočnicu, koristeći slavinu VLA. Brzač u rasporedniku mora da aktivira.

Zabeleška: Za vreme testa 20 i 21 rad brzača može da se detektira sluhom, a isto tako može da se vidi na manometru L.

4.8.4.22. Stepen pritiska – Test 21

Pripremiti probnicu kao za test 1. Proveriti da li su glavni vod, pomoćni rezervoar i radna komora napunjeni na tačno 5 bar, automatski. Zatvoriti slavinu EPK1L. Nakon toga, pomoću slavine VCE1, redukovati pritisak u glavnom vodu na 4,6 bar. Praćenjem na manometru C proveriti pritisak u kočnom cilindru, koji mora da bude između 0,6 i 0,85 bar.

4.8.4.23. Prvi stepen kočenja – Test 22

Pripremiti probnicu kao za test 21. Nakon zatvaranja slavine EPK1L, pomoću slavine VLR, redukovati pritisak u glavnom vodu između 4,7 i 4,75 bar. Kočnica mora da se aktivira i ne sme otkočiti za vreme od 10 sekundi.

4.8.4.24. Zaptivnost radne komore – Test 23

Ovaj test se radi pomoću specijalne probnice sa radnom komorom, volumena od 1 l. Jedino oni rasporednici koji zadovoljavajući prođu ovaj test, mogu da se podvrgnu programu za testiranje koji je ovde naveden.

4.8.4.25. Zaptivnost u zakočenom i otkočenom stanju – Test 24

Pripremiti probnicu kao za test 1 i izbirati poziciju za automatsko punjenje. Sačekati da se na manometrima L, R, A i C otčita 5 bar. Nasapunjenom vodom proveriti zaptivnost čitavog tela rasporednika. Posebnu pažnju posvetiti kapi, navrtkama, poklopcima, vezama i ispuštima.

Mesta iz kojih ima isticanje popraviti. Automatski izbirati poziciju „pražnjenje“ i nakon 60 sekundi ispitati zaptivnost. Nakon ispitivanja odstraniti prekomernu količinu nasapunjene vode.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

4.8.4.26. Osetljivost automatskog otkočnika – Test 25

Pripremiti probnicu kao za test 21. Nakon punjenja na tačno 5 bar, zatvoriti slavinu EPK1L i aktivirati kočnicu, ispuštanjem iz glavnog voda na 4,5 bar, pomoću slavine VLR. Jednim pokretom aktivirati otkočnik. U isto vreme, automatski otkočnik mora da zatvori, pri maksimalnoj razlici pritisaka između glavnog voda i radne komore od 0,2 do 0,5 bar

4.8.4.27. Pražnjenje radne komore preko automatskog otkočnika – Test 26

Pripremiti probnicu kao za test 1. Napuniti glavni vod, pomoćni rezervoar i radnu komoru, na tačno 5 bar. Zatvoriti slavinu EPK1L i pomoću slavine VLR isprazniti glavni vod na 0 bar. Jednim potezom pokrenuti polugu automatskog otkočnika. Istovremeno meriti vreme koje je potrebno da pritisak u radnoj komori padne na 0,4 bar. Ovo vreme treba da iznosi od 20 do 26 sekundi, kada se koristi radna komora volumena od 15 l.

Zabeleška: Za sve vreme pažljivo pratiti gornje instrukcije i specijalnu pažnju posvetiti punjenju glavnog voda, pomoćnog rezervoara i radne komore na 5 bar ili na neku drugu traženu vrednost. U slučaju prepunjavanja, prekomerni pritisak može da se ispusti pomoću ventil za otkočivanje VHL. Kada se probnica priprema, slavine moraju da budu potpuno otvorene ili potpuno zatvorene, prema potrebi. Isto tako na slavine EPK1L i EPK2T postaviti odgovarajuće prigušnice.

Za svakog proizvođača kočione opreme, postrojenje će propisati odgovarajući izveštaj o ispitivanju u kojem su najvažnije tačke usklađene u skladu sa propisanim UIC propisima.

Ako se pravilno rukuje DISTRITESTER 1018TR, ispitni uređaj ne zahteva dugotrajno preventivno održavanje. Potrebno je samo uredno ispuštanje kondenzata iz separatora kondenzata.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

5. REZULTATI ISPITIVANJA I DISKUSIJA REZULTATA

Ispitivanje prototipa rasporednika je izvršeno u fabrici MZT, verifikacija i ostala dokumentacija vezano za ispitivanja prikačena je u prilogu br.17.

Ispitivanja rasporednika se vrši saglasno propisima UIC 543-1.

Rezultati služe otkrivanju i dokumentovanju štete na kočnici i kao dokaz prema vlasniku/uvrstiocu odnosno njihovoj radionici za održavanje.

Pojedine ispitne tačke ovih minimalnih ispitivanja sadrže potrebne (nazivne) vrednosti i dozvoljena odstupanja, koja se doduše naslanjaju na podatke objava UIC 540 i 547 (vidi odgovarajuće upute na objave UIC, radi razumevanja pojedinih ispitivanja), ali nisu u svim slučajevima identični.

Dakle cilj ovih minimalnih ispitivanje samo provera bitnih pretpostavki za sigurnu eksploataciju pojedinih vagona u sastavu voza.

Ispitivanja rasporednika su izvršene i sa radijalni zaptivni prsten i sa Z-ring.

5.1. Ispitivanje rasporednik tip MH3f HBG 310/300 sa ugrađeni radijalni zaptivni prsten

Postupak kojim se proverava i potvrđuje ispravnost rasporednika i njihova spremnost za dejstvo prati **merni list** ML-631.501 koji daje smernica vrsta ispitivanja i rezultati ispitivanja.

5.1.1. Vreme punjenja radne komore i vreme punjenja pomoćnog rezervoara

Pre da se izvrši ispitivanje na vreme na punenje, vrši se vizuelna ulazna kontrola funkcije kočnice kao što sledi:

- Glaven vod (GV) se puni vazduhom pritiska 5 bara,

- Kada pritisak vazduha od 5 bara opadne u GV na 3,5 bara, kočnica mora zakočiti, a kada se GV napuni vazduhom 5 bara, kočnica mora otkočiti.

Nakon što je izvršena vizuelna ulazna kontrola funkcije kočnice, a pre početka ispitivanja treba izraditi dole navedene priključke između rasporednika i ispitnog uređaja.

Kod izbira GV – priključnih vodova i mernih vodova treba obratiti pažnju u podatke Prilog A:

- Glavni vod (GV)

- Radna komora (A)

- Komandni pritisak (Cv) preporuka za kočnicu $C_{\text{prazno}}=C_{\text{tovareno}}$, potrebno kod kočnice sa $C_{\text{prazno}} < C_{\text{tovareno}}$.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

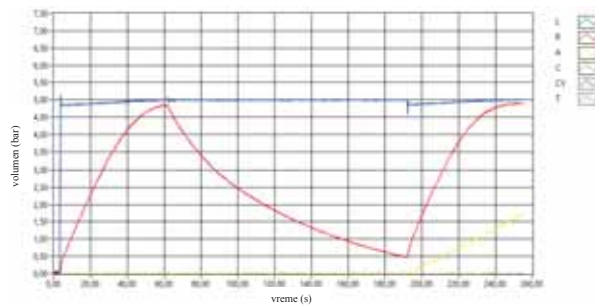
- R – rezervoar,
- Kočni cilindar (C – pritisci) (svi upravljački C – pritisci mere se odvojeno)
- Upravljački vod T (svi upravljački T – pritisci mere se odvojeno) kod vagona sa automatskim mehaničkim ili pneumatskim dvostepenim menjačem sile kočenja ili sa automatskim kočenjem tereta.

Potrebno je da:

- svi teretni vagoni za merenje cilindarskog pritiska C budu opremljeni jednim priključnim nastavkom prema Prilogu A,
- vagoni sa automatskim mehaničkim ili pneumatskim dvostepenim menjačem sile, ili sa automatskim kočenjem tereta (pneumatsko upravljanje), dopunski budu opremljeni sa kontrolnim priključkom (štucom) T, shodno Prilogu A.

Preporučuje se da na vagonu budu ispisane sve vrednosti specifične za vozilo, hodovi kočnog cilindra C i T pritisci.

Nakon ispitivanja rasporednika za vreme punjenja, dobijen je sledeći dijagram prikazan na slika 72, saglasno dađeni rezultati u tabeli 5.1.



Slika 72 – Vreme punjenja

Legenda oznaka dijagrama su sledeća:

- (L – Glavni vod (GV) -plava boja, R – Pomoćni rezervar (PR) označeno sa crvenom bojom, A – Radna komora (RK) -žuta boja, C – Kočioni cilindar (KC) -svetlo zelena boja, CV – Komandni pritisak - tamno plava boja, T – Merni ventil (MV) - tamno zelena boja, volumen (bar) – na ordinatnoj osi je prikazano pritisak, vreme (s) – na apcisonj osi je prikazano vreme u sekundama)

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

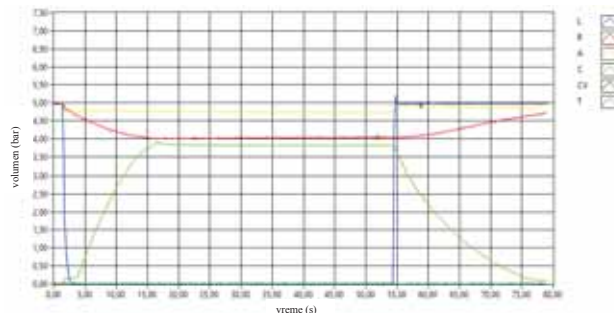
Tabela 5.1. – Rezultati ispitivanja vreme punjenja

Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT		NAPOMENA
		T	P	T	P	
1	VREME PUNJENJA RADNE KOMORE od 0,0 do 4,80 (bar) u (sek).	min 140	max 200	>260		Punjenje glavnog voda sa 5,0 (bar= bez talasa visokog pritiska. Pri napajanje pomoćni rez. sa strane (5,4 (bar)), ova se tačka ne ispituje. Za rezervoare >200(lit), max 250 (sek)
2	VREME PUNJENJA POMOĆNOG REZERVOARA od 0,0 do 4,80 (bar) u (sek).	min 140	max 200	240		

Jasno može zabeležiti da ovaj grafik nije u redu, iza dijagrama može se očitati vreme punjenje radne komore za >260 sek. i vreme punjenje pomoćnog rezervoara za 240 sek. Ova anomalija dovodi do kasne reakcije kočnice.

5.1.2. Ispitivanje na vreme kočenje/otkočivanje u P i G režima

Ispitivanje vreme kočenje/otkočivanje u P režima rasporednika dobili smo dijagram na kočenje i na otkočivanje imaju duga vremena (Slika 73), saglasno dađeni rezultati u tabeli 5.2.



Slika 73 – Vreme kočenje/otkočivanje u P režima

Legenda oznaka dijagrama su sledeća:

- (L – Glavni vod (GV) -plava boja, R – Pomoćni rezervar (PR) označeno sa crvenom bojom, A – Radna komora (RK) -žuta boja, C – Koćioni cilindar (KC) -svetlo zelena boja, CV – Komandni pritisak - tamno plava boja, T – Merni ventil (MV) - tamno zelena boja, volumen

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

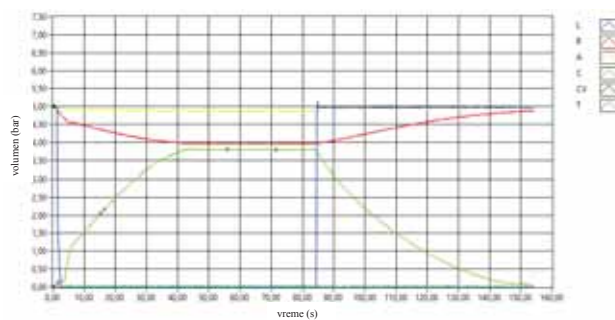
(bar) – na ordinatnoj osi je prikazano pritisak, vreme (s) – na apcisnoj osi je prikazano vreme u sekundama)

Za da rešimo ovaj problem izvršili smo malo nagolemivanje rupice prigušnice (Slika 74) saglasno dijagrama propisani iz UIC regulativima.



Slika 74 - Prigušnica za kočenje/otkočivanje u režimu „P“

Nakon izvršeno testiranje vreme kočenje/otkočivanje u G režima dobili smo dijagram kao na slici 75 i merna lista (Tabela 5.2) koji odgovara UIC normativima.



Slika 75 – Vreme kočenje/otkočivanje u G režima

Legenda oznaka dijagrama su sledeća:

(L – Glavni vod (GV) -plava boja, R – Pomoćni rezervar (PR) označeno sa crvenom bojom, A – Radna komora (RK) -žuta boja, C – Kočioni cilindar (KC) -svetlo zelena boja, CV – Komandni pritisak - temno plava boja, T – Merni ventil (MV) - tamno zelena boja, volumen (bar) – na ordinatnoj osi je prikazano pritisak, vreme (s) – na apcisnoj osi je prikazano vreme u sekundama)

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

5.2. Rezultati ispitivanja vreme kočenja/otkočivanje u P režima

Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT		NAPOMENA
		T	P	T	P	
3	VREME KOČENJA od 0 do 95% od najvećeg pritiska u kočnom cilindru u (sek).	18÷30	3÷5(6)	27	3,25	Posle uspostavljanja brzog kočenja za položaj „P“.
4	NAJVEĆI CILINDARSKI PRITISAK, u (bar)	3,80÷0,10		3,5		
5	VREME OTKOČIVANJA KOČNOG CILINDRA od najvećeg pritiska do 0,40 (bar) u (sek).	45÷60	15÷20	50	18	Posle uspostavljanja potpunog kočenja za položaj „T“.

5.1.3. Ispitivanje neisprplivost pomoćnog rezervoara

5.3. Rezultati ispitivanja neisprplivost pomoćnog rezervoara

Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT		NAPOMENA
		T	P	T	P	
6	NEISCRPLJIVOST POMOĆNOG REZERVOARA. Pri otkočivanju bez talasa visokog pritiska, pomoćni rezervoar pri cilindarskom pritisku od 0,30 (bar) mora biti napunjen u (bar).	/	4,65 ÷ 4,90	/	4,72	Posle uspostavljanja brzog kočenja. Pri napajanje pomoćni rez. sa strane (5,4 (bar)), ova se tačka ne ispituje.

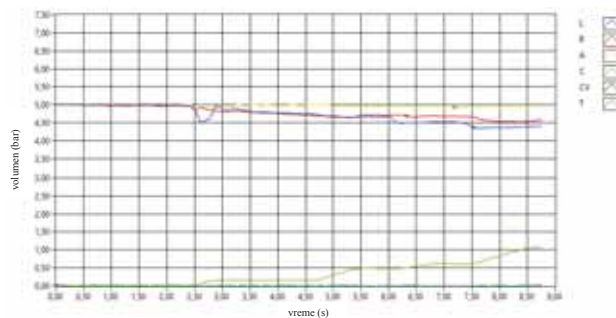
Za ovaj test se ne generiše dijagram, već se vrednost očitava sa ekrana samog probni stol. Ova tačka se definiše odnosno daje znak da se otvara nepovratni ventil i se puni pomoćni rezervar.

5.1.4. Ispitivanje na osjetljivost rasporednika

Kočnica treba da proraboti najkasnije za 1,2 sekundi. Ispituje se samo u P režim. Manipuliše se padom pritiska u GV od 0,60 (bar) za 6 (sek).

Ispitivanje rasporednika na test osjetljivost dobili smo dijagram koji nije u skladu UIC normama (Slika 76, i merna lista tabela 5.4). GV treba da pritisak opada do 4,5 bara i bude konstantno, a u kočioni cilindar pritisak poraste za ona vrednost za koi pritisak u GV opada. U našem slučaju ovo nije zadovoljeno, rasporednik ne valja.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI



Slika 76 – Osjetljivost rasporednika

Legenda oznaka dijagrama su sledeća:

(L – Glavni vod (GV) -plava boja, R – Pomoćni rezervar (PR) označeno sa crvenom bojom, A – Radna komora (RK) -žuta boja, C – Kočioni cilindar (KC) -svetlo zelena boja, CV – Komandni pritisak - tamno plava boja, T – Merni ventil (MV) - tamno zelena boja, volumen (bar) – na ordinatnoj osi je prikazano pritisak, vreme (s) – na apcisnoj osi je prikazano vreme u sekundama)

5.4. Rezultati ispitivanja Osjetljivost rasporednika

Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT		NAPOMENA
		T	P	T	P	
7	OSETLJIVOST, Kočnica treba proraditi najkasnije za 1,2 (sek).		max 1,2		1,15	Manipuliše se padom pritiska u GV od 0,60 (bar) za 6 (sek).

Za ovaj test da bude validan problem će da tražimo u rasporedni slog, gdje se nalazi zabravnik i klackalica (Slika 77). Površina klackalice mora da bude mazna i bez oštećenja. Posebno proveriti vrh klackalice, koji podiže ventil brzača. Po njemu ne sme da ima bilo kakvih oštećenja. Ako ima tragova udara ili nedostaju neki delovi materijala, klackalicu kompletno zameniti.

Prilikom ručne provere klackalice, rukovati nežno i vratiti je u početni položaj.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI



Slika 77 – Rasporedni slog gdje se nalazi klackalica i zabravnik (pozicija 81)

Izvršili smo tenko podmazivanje zabravnika specijalnom mazivom, a klackalica je fino obradena putem tehnološkim zahtevima koji propišava tehnologija obradu materijala.

5.1.5. Ponavljanje procesa kočenja i otkočivanja.

5.5. Rezultati ponavljanje procesa kočenja i otkočivanja.

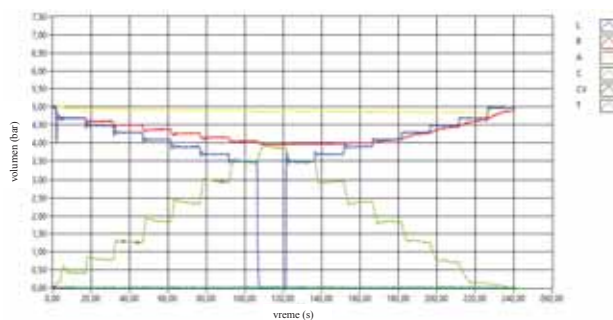
Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT		NAPOMENA
		T	P	T	P	
8	PONAVLJANJE PROCESA KOČENJA I OTKOČIVANJA.	Ista vrednost pritiska u KC		/		Zavesti deset uzastopnih zakočivanja i otkočivanja u isti režim.

Ponavljamo deset uzastopnih kočenja i otkočivanja i u P režimu i u T režimu.

5.1.6. Ispitivanje na Stepenasto Kočenje/Otkočivanje

Ispitivanje stepenasto kočenje/otkočivanje podrazumeva da testiranje je odlično. Dijagram (Slika 78) je u skladu UIC normativima. Nakon prvog stepena kočenje ispuštanjem 0,50 (bar) iz GV manipulira se padom pritiska od 0,60 (bar) za 6 (sek).

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI



Slika 78 – Stepenasto Kočenje/Otkočivanje

Legenda oznaka dijagrama su sledeća:

(L – Glavni vod (GV) -plava boja, R – Pomoćni rezervar (PR) označeno sa crvenom bojom, A – Radna komora (RK) -žuta boja, C – Kočioni cilindar (KC) -svetlo zelena boja, CV – Komandni pritisak - tamno plava boja, T – Merni ventil (MV) - tamno zelena boja, volumen (bar) – na ordinatnoj osi je prikazano pritisak, vreme (s) – na apcisnoj osi je prikazano vreme u sekundama)

5.6. Rezultati ispitivanja stepenasto kočenje/otkočivanje

Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT		NAPOMENA
		T	P	T	P	
9	POSTEPENO KOČENJE. Pri opadanju pritiska u glavnom vodu, za 0,5 (bar), pritisak u kočnom cilindru mora porasti, u (bar).		$\geq 0,10$		0,4	Nakon prvog stepena kočenje ispuštanjem 0,50 (bar) iz GV manipulira se padom pritiska od 0,60 (bar) za 6 (sek).

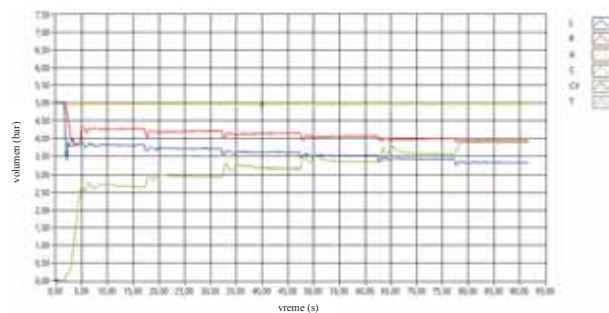
5.1.7. Ispitivanje na potpuno kočenje

Ispitivanje na potpuno kočenje svodi se na sledeća procedura:

Glavni vod napunjen na 5 bara i kontrola početne situacije.

GV – pritiska u toku vremena pomalo od 3 sekundi spustiti na 3,4 bara – ko treba da bude konstantan, kao i izmeriti vreme naleganja kočnog cilindra.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI



Slika 79 – Potpuno kočenje

Legenda oznaka dijagrama su sledeća:

(L – Glavni vod (GV) -plava boja, R – Pomoćni rezervar (PR) označeno sa crvenom bojom, A – Radna komora (RK) -žuta boja, C – Koćioni cilindar (KC) -svetlo zelena boja, CV – Komandni pritisak - tamno plava boja, T – Merni ventil (MV) - tamno zelena boja, volumen (bar) – na ordinatnoj osi je prikazano pritisak, vreme (s) – na apcisnoj osi je prikazano vreme u sekundama)

Svaka promena na pritisak na GV, dovodi do promena na pritisak na koćioni cilindar. Ako pritisak u GV pada, u koćioni cilindar raste, što može da se ustanovi da rasporednik za ovaj test je dobar i funkcioniše normalno (slika 79), saglasno dađeni rezultati u tabeli 5.7.

5.7. Rezultati potpuno koćenje

Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT		NAPOMENA
		T	P	T	P	
10	POTPUNO KOĆENJE. Potreban pad pritiska (1,40±1,60 (bar)) u glavnom vodu za postizanje max. pritiska u koćnom cilindru od (bar).	3,80±0,1		3,81		Tačka 10 ispituje se u produžetku tačke 9.

5.1.8. Ispitivanje na Stepenasto Otkoćivanje

Ova ispitivanje je prodolžetak ispitivanje tačke 5.1.7. i dođijene rezultate su prikazani u isti dijagram (Slika 79). Dođili smo sledeće rezultate:

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

5.8. Rezultati od sprovedene ispitivanje

Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT		NAPOMENA
		T	P	T	P	
11	STEPENASTO OTKOČIVANJE. Pri povećanju pritiska u glavnom vodu, za _____ (bar), pritisak u kočnom cilindru mora da opadne.	≥0,10		0,1		Tačka 11 ispituje se u produžetku tačke 10. Otkočivanje počinje kada pritisak u GV poraste na 3,70 (bar).
13	PONOVNA SPREMNOST. Nakon otkočivanja, kada je pritisak >2(bar) u KC (KV), ako se uvede ponovno kočenje. Pri istoj manipulaciji, nakon otkočivanja, kada je pritisak <-0,2 (bar) u KC (KV), ako se uvede ponovno kočenje.	Brzač ne treba aktivirati Brzač se mora aktivirati		√		

Ponova spremnost rasporednika očitava se nakon završetka merenja u tačka 11.

5.1.9. Naskok u kočnom cilindru

5.9. Rezultati naskok u kočnom cilindru

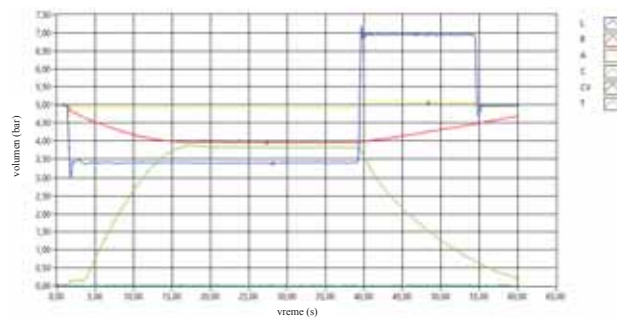
Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT		NAPOMENA
		T	P	T	P	
14	NASKOK U KOČNOM CILINDRU, u (bar).	0,60 ÷ 0,80	/	0,78	/	Nakon potpunog kočenja.

Naskok u kočnom cilindru se očitava iz dijagram slika 79, nakon sprovedeno potpunog kočenja. Propis kaže da u T režim naskok u kočnom cilindru se diviži od 0,6 do 0,8 bara, a u P režim ne se očitava.

5.1.10. Ispitivanje na Zaštita od prekomernog pritiska

Nakon sprovedene testiranje za zaštita od prekomernog pritiska dobili smo dijagram kao na slici 80 i merna lista (Tabela 5.10) koji odgovara UIC normativima.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI



Slika 80 - Zaštita od prekomernog pritiska

Legenda oznaka dijagrama su sledeća:

(L – Glavni vod (GV) -plava boja, R – Pomoćni rezervar (PR) označeno sa crvenom bojom, A – Radna komora (RK) -žuta boja, C – Kočioni cilindar (KC) -svetlo zelena boja, CV – Komandni pritisak - tamno plava boja, T – Merni ventil (MV) - tamno zelena boja, volumen (bar) – na ordinatnoj osi je prikazano pritisak, vreme (s) – na apcisnoj osi je prikazano vreme u sekundama)

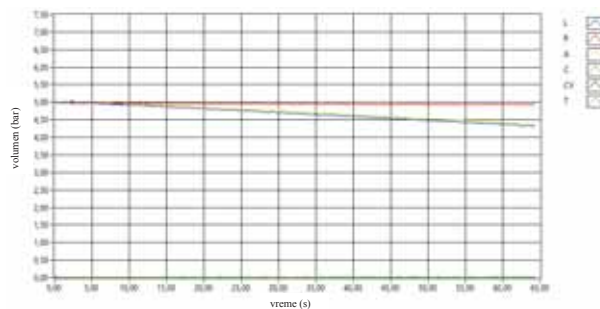
5.10. Rezultati ispitivanja zaštita od prekomernog pritiska

Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT		NAPOMENA
		T	P	T	P	
15	TALAS VISOKOG PRITISKA $\geq 0,60$ (bar), u trajanju od min ___ (sek).	≥ 30	≥ 10	31	12	Pri tom pritisak u radnoj komori ne sme porasti više od 5,10 (bar).

5.1.11. Ispitivanje na neosjetljivost rasporednika

Ispitivanje neosjetljivosti rasporednika podrazumeva da kočioni cilindar u ovom slučaju ne treba reagovati (zelena boja je konstantna, nema promena). Nakon izvršeno testiranje dobili smo dijagram kao na slici 81, saglasno dadeeni rezultati u tabeli 5.10.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI



Slika 81 – Neosjetljivost rasporednika

Legenda oznaka dijagrama su sledeća:

(L – Glavni vod (GV) -plava boja, R – Pomoćni rezervar (PR) označeno sa crvenom bojom, A – Radna komora (RK) -žuta boja, C – Koćioni cilindar (KC) -svetlo zelena boja, CV – Komandni pritisak - tamno plava boja, T – Merni ventil (MV) - tamno zelena boja, volumen (bar) – na ordinatnoj osi je prikazano pritisak, vreme (s) – na apcisnoj osi je prikazano vreme u sekundama)

5.11. Rezultati ispitivanja neosjetljivost rasporednika

Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT		NAPOMENA
		T	P	T	P	
16	NEOSETLJIVOST. Koćnica ne sme zakoćiti pri smanjenju pritiska od ___ (bar).	0,50		0,50		Pri smanjenju pritiska u GV od 5,0 na 4,50 (bar) za 60 (sek).

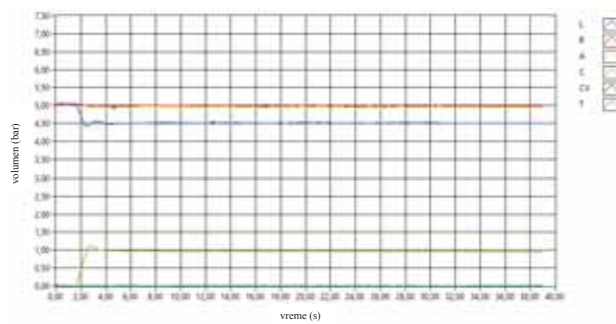
5.1.12. Dopunjenje

5.12. Dopunjenje

Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT		NAPOMENA
		T	P	T	P	
17	DOPUNJENJE. Nezaptivnost KC najmanje do ___ (bar), mora se dopunjavati.	0,20		0,20		Nezaptivnost simulirati otvaranjem otvora od $\phi 1$ (mm) na KC.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

5.1.13. Ispitivanje stepen pritiska i prvi stepen kočenje



Slika 82 – Ispitivanja stepen pritiska i prvi stepen kočenje

Legenda oznaka dijagrama su sledeća:

(L – Glavni vod (GV) -plava boja, R – Pomoćni rezervar (PR) označeno sa crvenom bojom, A – Radna komora (RK) -žuta boja, C – Kočioni cilindar (KC) -svetlo zelena boja, CV – Komandni pritisak - tamno plava boja, T – Memni ventil (MV) - tamno zelena boja, volumen (bar) – na ordinatnoj osi je prikazano pritisak, vreme (s) – na apcisnoj osi je prikazano vreme u sekundama)

5.13. Rezultati ispitivanja stepen pritiska i prvi stepen kočenje

Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT		NAPOMENA
		T	P	T	P	
18	STEPEN PRITISKA. Pritisak u kočnom cilindru pri ispuštanju 0,40 (bar) iz GV iznosi ____ (bar)	> 0,50		0,62		Manipuliše se padom pritiska u glavni vod od 0,60 (bar) za 6 (sek). Posle ispuštanja, pritisak u glavni vod održavati konstantnim.
19	PRVI STEPEN KOČENJA. Pri ispuštanju ____ (bar) iz GV, kočnica mora da drži.	0,25-0,30		0,26		

Manipuliše se padom pritiska u glavni vod od 0,60 (bar) za 6 (sek). Posle ispuštanja, pritisak u glavni vod održavati konstantnim. Iz dijagrama vide se da GV po pad od 0,6 bari je konstantan.

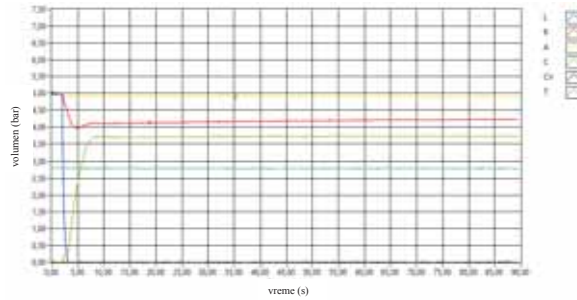
5.1.14. Ispitivanje na zaptivost u zakočenom i otkočenom stanju

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

Kao najbitni moment u toku ispitivanja je da rasporednik bude zaptivan, odnosno da nema curenje vazduha. Kontrola ove izlazni situacije je stabilizacija. Stabilna situacija smatra se da pritisci su stabilni najmanje 60 sek. i to:

- kao stabilizovan pritisak u glavnom vodu važi vrednost od $5 \pm 0,05$ bar,
- kao stabilizovan pritiska u radnoj komori važi vrednost kao u GV $\pm 0,05$ bar,
- kao stabilizovan pritisak u pomoćnom rezervoaru važi vrednost veća od 4,8 bar,
- kao stabilizovan pritisak u kočnom cilindru važi vrednost $\leq 0,05$ bar.

Izvršeno je ispitivanje na zaptivnost rasporednika prilikom kočenja i kao rezultat izvršenog ispitivanja dobijen je dijagram dat na slici 84.



Slika 83 - Zaptivanje prilikom kočenje

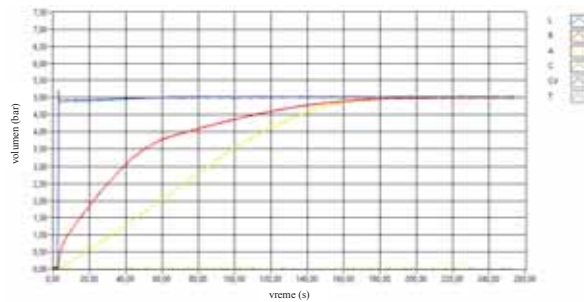
Legenda oznaka dijagrama su sledeća:

(L – Glavni vod (GV) -plava boja, R – Pomoćni rezervar (PR) označeno sa crvenom bojom, A – Radna komora (RK) -žuta boja, C – Kočioni cilindar (KC) -svetlo zelena boja, CV – Komandni pritisak - temno plava boja, T – Merni ventil (MV) - tamno zelena boja, volumen (bar) – na ordinatnoj osi je prikazano pritisak, vreme (s) – na apcisonj osi je prikazano vreme u sekundama)

Ovaj dijagram je dobar, vidi se da pritisci se konstantni, ne menjaju se u toku vremena definisanih 60 sek. i da rasporednik pređe ovaj test, saglasno dađeni rezultati u tabeli 5.14.

Kao naredni zahtev saglasno UIC normama je sprovedeno ispitivanje za zaptivanje prilikom otkoćivanje i dobijen je sledeći dijagram prikazan na slika 84, saglasno dađeni rezultati u tabeli 5.14.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI



Slika 84 – Zaptivanje prilikom otkočivanja

Legenda oznaka dijagrama su sledeća:

(L – Glavni vod (GV) -plava boja, R – Pomoćni rezervar (PR) označeno sa crvenom bojom, A – Radna komora (RK) -žuta boja, C – Koćioni cilindar (KC) -svetlo zelena boja, CV – Komandni pritisak - tamno plava boja, T – Memni ventil (MV) - tamno zelena boja, volumen (bar) – na ordinatnoj osi je prikazano pritisak, vreme (s) – na apcisnoj osi je prikazano vreme u sekundama)

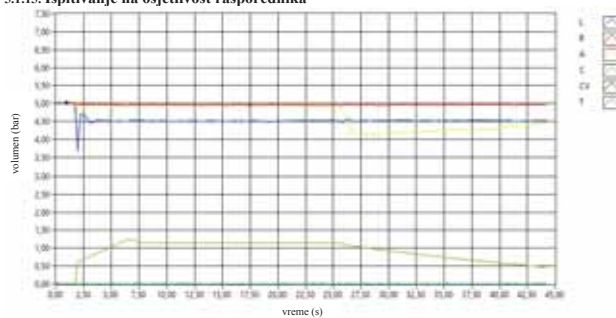
Posle ispitivanje i dobijeni dijagram za tačka zaptivanje prilikom otkočivanjem može zabeležiti da zaptivanje prilikom otkočivanje za ovaj rasporednik je u granicama propisanih vrednosti.

5.14. Rezultati ispitivanja zaptivanje prilikom koćenje

Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT		NAPOMENA
		T	P	T	P	
20	ZAPTIVNOST U ZAKOČENOM I OTKOČENOM STANJU. Rasporednik mora biti svuda zaptiven.	Potpuna zaptivnost		√		Kontrolu vršiti sapunicom, pri čemu ne sme doći do pojave mehurova.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

5.1.15. Ispitivanje na osjetljivost rasporednika



Slika 85 – Ispitivanja osjetljivost rasporednika

Legenda oznaka dijagrama su sledeća:

(L – Glavni vod (GV) -plava boja, R – Pomoćni rezervar (PR) označeno sa crvenom bojom, A – Radna komora (RK) -žuta boja, C – Kočioni cilindar (KC) -svetlo zelena boja, CV – Komandni pritisak - tamno plava boja, T – Merni ventil (MV) - tamno zelena boja, volumen (bar) – na ordinatnoj osi je prikazano pritisak, vreme (s) – na apcisnoj osi je prikazano vreme u sekundama)

U ovom testu je važan odnos GV i RK, a u ovom slučaju je ispunjen propisani uslov, te dve linije (plava i žuta) treba da se razlikuju za najviše 0,5 bara i to je ispunjeno.

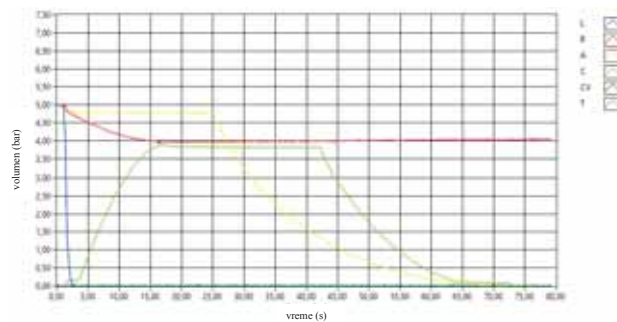
5.15. Rezultati ispitivanja Osjetljivost rasporednika

Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT		NAPOMENA
		T	P	T	P	
21	RASPOREDNA OSETLIVOST. Automatski otkočnik mora zatvoriti, kada je max razlika pritiska između GV i RK ____ (bar).		0,20-0,50		0,50	Nakon povlačenja otkočne poluge.

5.1.16. Pražnjenje radne komore preko automatskog otkočnika.

Nakon sprovedene testiranje za Ručno pražnjenje radnog rezervoara sa automatskom polugom dobili smo dijagram kao na slici 86 i merna lista (Tabela 5.14) koji odgovara UIC normativima.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI



Slika 86 - Ručno pražnjenje radnog rezervoara sa automatskom polugom

Legenda oznaka dijagrama su sledeća:

(L – Glavni vod (GV) -plava boja, R – Pomoćni rezervar (PR) označeno sa crvenom bojom, A – Radna komora (RK) -žuta boja, C – Kočioni cilindar (KC) -svetlo zelena boja, CV – Komandni pritisak - tamno plava boja, T – Merni ventil (MV) - tamno zelena boja, volumen (bar) – na ordinatnoj osi je prikazano pritisak, vreme (s) – na apcisnoj osi je prikazano vreme u sekundama)

5.16. Pražnjenje radne komore preko automatskog otkočnika

Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT		NAPOMENA
		T	P	T	P	
22	PRAŽNENJE RADNE KOMORE PREKO AUTOMATSKOG OTKOČNIKA.	Radna komora mora se isprazniti		√		Posle brzog kočenja, poluga otkočnika treba se povući.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

5.1.17. Merna lista

Sledi kompletna lista merenja iz obavljenog ispitivanja rasporednika, odakle su uzete pojedinačne tabele od 5.1 do 5.16.

5.17. Merni list - ML-631.501

MERNI LIST							
Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT		NAPOMENA	
		T	P	T	P		
1	VREME PUNJENJA RADNE KOMORE od 0,0 do 4,80 (bar) u (sek).	min 140 max 200		>260		Punjenje glavnog voda sa 5,0 (bar= bez talasa visokog pritiska. Pri napajanje pomoćni rez. sa strane (5,4 (bar)), ova se tačka ne ispituje. Za rezervoare >200(lit), max 250 (sek)	
2	VREME PUNJENJA POMOĆNOG REZERVOARA od 0,0 do 4,80 (bar) u (sek).	min 140 max 200		240			
3	VREME KOČENJA od 0 do 95% od najvećeg pritiska u kočnom cilindru u (sek).	18÷30	3÷5(6)	27	3,25	Posle uspostavljanja brzog kočenja za položaj „P“.	
4	NAJVEĆI CILINDARSKI PRITISAK, u (bar)	3,80-0,10		3,5			
5	VREME OTKOČIVANJA KOČNOG CILINDRA od najvećeg pritiska do 0,40 (bar) u (sek).	45÷60	15÷20	50	18	Posle uspostavljanja potpunog kočenja za položaj „T“.	
6	NEISCRPLJIVOST POMOĆNOG REZERVOARA. Pri otkočivanju bez talasa visokog pritiska, pomoćni rezervoar pri cilindarskom pritisku od 0,30 (bar) mora biti napunjen u (bar).	/	4,65 ÷ 4,90	/	4,72	Posle uspostavljanja brzog kočenja. Pri napajanje pomoćni rez. sa strane (5,4 (bar)), ova se tačka ne ispituje.	
7	OSETLJIVOST, Kočnica treba proraditi najkasnije za ___ (sek).	max 1,2		1,15		Manipuliše se padom pritiska u GV od 0,60 (bar) za 6 (sek).	
8	PONAVLJANJE PROCESA KOČENJA I OTKOČIVANJA.	Ista vrednost pritiska u KC		/		Zavesti dest uzastopnih zakočivanja i otkočivanja u isti režim.	
9	POSTEPENO KOČENJE. Pri opadanju pritiska u glavnom vodu, za ___ (bar), pritisak u kočnom cilindru mora porasti, u (bar).	≤0,10		0,4		Nakon prvog stepena kočenje ispuštanjem 0,50 (bar) iz GV manipulira se padom pritiska od 0,60 (bar) za 6 (sek).	
10	POTPUNO KOČENJE. Potreban pad pritiska (1,40÷1,60 (bar)) u glavnom vodu za postizanje max. pritiska u kočnom cilindru od ___ (bar).	3,80±0,1		3,81		Tačka 10 ispituje se u produžetku tačke 9.	
11	STEPENASTO OTKOČIVANJE. Pri povećanju pritiska u glavnom vodu, za ___ (bar), pritisak u kočnom cilindru mora da opadne.	≤0,10		0,1		Tačka 11 ispituje se u produžetku tačke 10. Otkočivanje počinje kada pritisak u GV poraste na 3,70 (bar).	
12	GRANIČNA VREDNOST ZA POTPUNO	Kočnica mora biti zakočena kada je pritisak u GV		4,75		/	Pri stepenastom otkočivanju. Kod rasporednika sa Rele

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

	OTKOČIVANJE (bar). Kočnica mora biti potpuno otkočena kada je pritisak u GV ____ (bar).	4,80÷4,85	/			ventilom, tačke se ispituju sa praterjem pritiska u Rele ventila.
13	PONOVNA SPREMNOST. Nakon otkočivanja, kada je pritisak >2(bar) u KC (KV), ako se uvede ponovno kočenje. Pri istoj manipulaciji, nakon otkočivanja, kada je pritisak <0,2 (bar) u KC (KV), ako se uvede ponovno kočenje.	Brzač ne treba aktivirati Brzač se mora aktivirati			√	
14	NASKOK U KOČNOM CILINDRU, u (bar).	0,60 ÷ 0,80	/	0,78	/	Nakon potpunog kočenja.
15	TALAS VISOKOG PRITISKA $\geq 0,60$ (bar), u trajanju od min ____ (sek).	≥ 30	≥ 10	31	12	Pri tom pritisku u radnoj komori ne sme porasti više od 5,10 (bar).
16	NEOSETLJIVOST. Kočnica ne sme zakočiti pri smanjenju pritiska od ____ (bar).	0,50		0,50		Pri smanjenju pritiska u GV od 5,0 na 4,50 (bar) za 60 (sek).
17	DOPUNJENJE. Nezaptivnost KC najmanje do ____ (bar), mora se dopunjavati.	0,20		0,20		Nezaptivnost simulirati otvaranjem otvora od $\varnothing 1$ (mm) na KC.
18	STEPEN PRITISKA. Pritisak u kočnom cilindru pri ispuštanju 0,40 (bar) iz GV iznosi ____ (bar).	> 0,50		0,62		Manipuliše se padom pritiska u glavni vod od 0,60 (bar) za 6 (sek). Posle ispuštanja, pritisak u glavni vod održavati konstantnim.
19	PRVI STEPEN KOČENJA. Pri ispuštanju ____ (bar) iz GV, kočnica mora da drži.	0,25-0,30		0,26		
20	ZAPTIVNOST U ZAKOČENOM I OTKOŠENOM STANJU. Rasporednik mora biti svuda zaptiven.	Potpuna zaptivnost			√	Kontrolu vršiti sapunicom, pri čemu ne sme doći do pojave mehurova.
21	RASPOREDNA OSETLJIVOST. Automatski otkočnik mora zatvoriti, kada je max razlika pritiska između GV i PK ____ (bar).	0,20-0,50		0,50		Nakon povlačenja otkočne poluge.
22	PRAŽNENJE RADNE KOMORE PREKO AUTOMATSKOG OTKOČNIKA.	Radna komora mora se isprazniti			√	Posle brzog kočenja, poluga otkočnika treba se povući.

Volumen GV: 25 (lit)

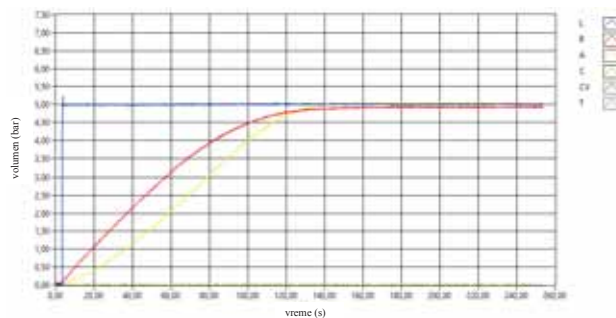
5.2. Ispitivanje rasporednik tip MH3f HBG 310/300 sa ugrađeni Z-ring

Postupak kojim se proverava i potvrđuje ispravnost rasporednika i njihova spremnost za dejstvo prati **merni list** ML-631.501Z koji daje smernica vrsta ispitivanja i rezultati ispitivanja.

5.2.1. Vreme punjenja radne komore i vreme punjenja pomoćnog rezervoara

Nakon ispitivanje rasporednika za vreme punjenja, dobijen je sledeći dijagram prikazan na slici 87, saglasno dađeni rezultati u tabeli 5.18.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI



Slika 87 – Vreme punjenja

Legenda oznaka dijagrama su sledeća:

(L – Glavni vod (GV) -plava boja, R – Pomoćni rezervar (PR) označeno sa crvenom bojom, A – Radna komora (RK) -žuta boja, C – Kočioni cilindar (KC) -svetlo zelena boja, CV – Komandni pritisak - tamno plava boja, T – Merni ventil (MV) - tamno zelena boja, volumen (bar) – na ordinatnoj osi je prikazano pritisak, vreme (s) – na apcisnoj osi je prikazano vreme u sekundama)

Tabela 5.18. – Rezultati ispitivanja vreme punjenja

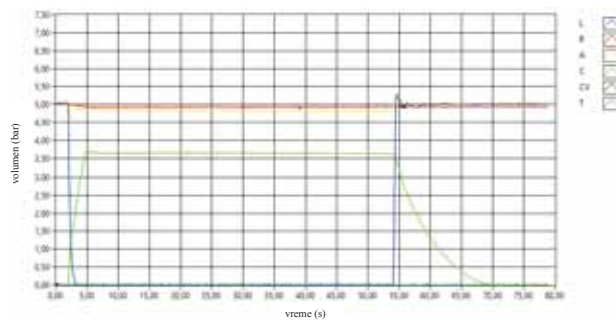
Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT		NAPOMENA
		T	P	T	P	
1	VREME PUNJENJA RADNE KOMORE od 0,0 do 4,80 (bar) u (sek).	min 140	max 200	160		Punjenje glavnog voda sa 5,0 (bar= bez talasa visokog pritiska. Pri napajanje pomoćni rez. sa strane (5,4 (bar)), ova se tačka ne ispituje. Za rezervoare >200(lit), max 250 (sek)
2	VREME PUNJENJA POMOĆNOG REZERVOARA od 0,0 do 4,80 (bar) u (sek).	min 140	max 200	160		

Jasno može zabeležiti da ovaj grafik je u redu, iza dijagrama može se očitati vreme punjenje radne komore za 160 sek. i vreme punjenje pomoćnog rezervoara za 160 sek.

5.2.2. Ispitivanje na vreme kočenje/otkočivanje u P i G režima

Ispitivanje vreme kočenje/otkočivanje u P režima rasporednika dobili smo dijagram na kočenje i na otkočivanje su u okviru propisane vremena (Slika 88), saglasno dađeni rezultati u tabeli 5.19.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

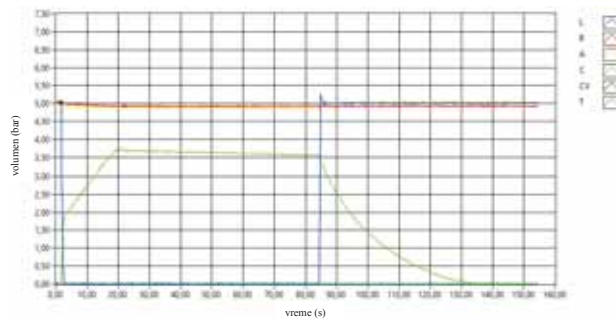


Slika 88 – Vreme kočenje/otkočivanje u P režima

Legenda oznaka dijagrama su sledeća:

(L – Glavni vod (GV) -plava boja, R – Pomoćni rezervar (PR) označeno sa crvenom bojom, A – Radna komora (RK) -žuta boja, C – Kočioni cilindar (KC) -svetlo zelena boja, CV – Komandni pritisak - tamno plava boja, T – Merni ventil (MV) - tamno zelena boja, volumen (bar) – na ordinatnoj osi je prikazano pritisak, vreme (s) – na apcisnoj osi je prikazano vreme u sekundama)

Nakon izvršeno testiranje vreme kočenje/otkočivanje u G režima dobili smo dijagram kao na slici 89 i merna lista (Tabela 5.19) koji odgovara UIC normativima.



Slika 89 – Vreme kočenje/otkočivanje u G režima

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

Legenda oznaka dijagrama su sledeća:

(L – Glavni vod (GV) -plava boja, R – Pomoćni rezervar (PR) označeno sa crvenom bojom, A – Radna komora (RK) -žuta boja, C – Koćioni cilindar (KC) -svetlo zelena boja, CV – Komandni pritisak - tamno plava boja, T – Merni ventil (MV) - tamno zelena boja, volumen (bar) – na ordinatnoj osi je prikazano pritisak, vreme (s) – na apcisonoj osi je prikazano vreme u sekundama)

5.19. Rezultati ispitivanja vreme koćenje/otkoćivanje u P režima

Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT		NAPOMENA
		T	P	T	P	
3	VREME KOĆENJA od 0 do 95% od najvećeg pritiska u koćnom cilindru u (sek).	18÷30	3÷5(6)	28	3,50	Posle uspostavljanja brzog koćenja za položaj „P“.
4	NAJVEĆI CILINDARSKI PRITISAK, u (bar)	3,80-0,10		3,5		
5	VREME OTKOĆIVANJA KOĆNOG CILINDRA od najvećeg pritiska do 0,40 (bar) u (sek).	45÷60	15÷20	48	17	Posle uspostavljanja potpunog koćenja za položaj „T“.

5.2.3. Ispitivanje neiscrplivost pomoćnog rezervoara

5.20. Rezultati ispitivanja neiscrplivost pomoćnog rezervoara

Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT		NAPOMENA
		T	P	T	P	
6	NEISCRPLJIVOST POMOĆNOG REZERVOARA. Pri otkoćivanju bez talasa visokog pritiska, pomoćni rezervar pri cilindarskom pritisku od 0,30 (bar) mora biti napunjen u (bar).	/	4,65 ÷ 4,90	/	4,70	Posle uspostavljanja brzog koćenja. Pri napajanje pomoćni rez. sa strane (5,4 (bar)), ova se tačka ne ispituje.

Za ovaj test se ne generiše dijagram, već se vrednost očitava sa ekrana samog probni stol. Ova tačka se definiše odnosno daje znak da se otvara nepovratni ventil i se puni pomoćni rezervar.

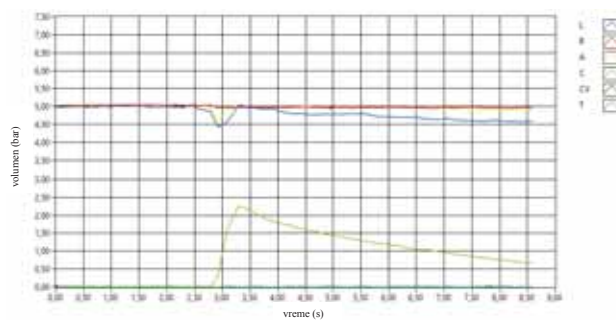
5.2.4. Ispitivanje na osjetljivost rasporednika

Koćnica treba da proraboti najkasnije za 1,2 sekundi. Ispituje se samo u P režim. Manipuliše se padom pritiska u GV od 0,60 (bar) za 6 (sek).

Ispitivanje rasporednika na test osjetljivost dobili smo dijagram koji je u skladu UIC normama (Slika 90, i merna lista tabela 5.21). GV treba da pritisak opada do 4,5 bara i bude

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

konstantno, a u kočioni cilindar pritisak poraste za ona vrednost za koji pritisak u GV opada. U našem slučaju ovo je zadovoljeno, rasporednik je u redu.



Slika 90 – Osjetljivost rasporednika

Legenda oznaka dijagrama su sledeća:

(L – Glavni vod (GV) -plava boja, R – Pomoćni rezervar (PR) označeno sa crvenom bojom, A – Radna komora (RK) -žuta boja, C – Kočioni cilindar (KC) -svetlo zelena boja, CV – Komandni pritisak - tamno plava boja, T – Merni ventil (MV) - tamno zelena boja, volumen (bar) – na ordinatnoj osi je prikazano pritisak, vreme (s) – na apcisonoj osi je prikazano vreme u sekundama)

5.21. Rezultati ispitivanja Osjetljivost rasporednika

Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT		NAPOMENA
		T	P	T	P	
7	OSETLJIVOST. Kočnica treba proraditi najkasnije za 1,2 (sek).		max 1,2		1,10	Manipuliše se padom pritiska u GV od 0,60 (bar) za 6 (sek).

5.2.5. Ponavljanje procesa kočenja i otkočivanja.

5.22. Rezultati ponavljanje procesa kočenja i otkočivanja.

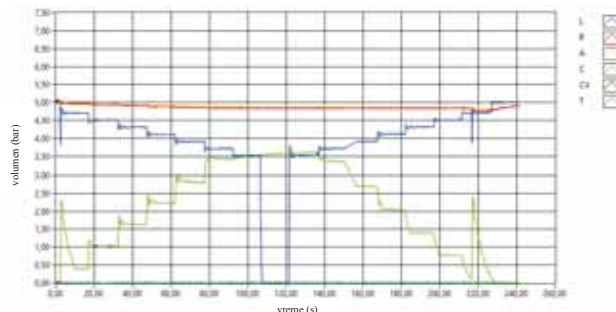
Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT		NAPOMENA
		T	P	T	P	
8	PONAVLJANJE PROCESA KOČENJA I OTKOČIVANJA.		Ista vrednost pritiska u KC		/	Zavesti deset uzastopnih zakočivanja i otkočivanja u isti režim.

Ponavljamo deset uzastopnih kočenja i otkočivanja i u P režimu i u T režimu.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

5.2.6. Ispitivanje na Stepenasto Kočenje/Otkočivanje

Ispitivanje stepenasto kočenje/otkočivanje podrazumeva da testiranje je odlično. Dijagram (Slika 91) je u skladu UIC normativima. Nakon prvog stepena kočenje ispuštanjem 0,50 (bar) iz GV manipulira se padom pritiska od 0,60 (bar) za 6 (sek).



Slika 91 – Stepenasto Kočenje/Otkočivanje

Legenda oznaka dijagrama su sledeća:

(L – Glavni vod (GV) -plava boja, R – Pomoćni rezervar (PR) označeno sa crvenom bojom, A – Radna komora (RK) -žuta boja, C – Kočioni cilindar (KC) -svetlo zelena boja, CV – Komandni pritisak - tamno plava boja, T – Merni ventil (MV) - tamno zelena boja, volumen (bar) – na ordinatnoj osi je prikazano pritisak, vreme (s) – na apcisnoj osi je prikazano vreme u sekundama)

5.23. Rezultati ispitivanja stepenasto kočenje/otkočivanje

Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT		NAPOMENA
		T	P	T	P	
9	POSTEPENO KOČENJE. Pri opadanju pritiska u glavnom vodu, za 0,5 (bar), pritisak u kočnom cilindru mora porasti, u (bar).		$\geq 0,10$		0,4	Nakon prvog stepena kočenje ispuštanjem 0,50 (bar) iz GV manipulira se padom pritiska od 0,60 (bar) za 6 (sek).

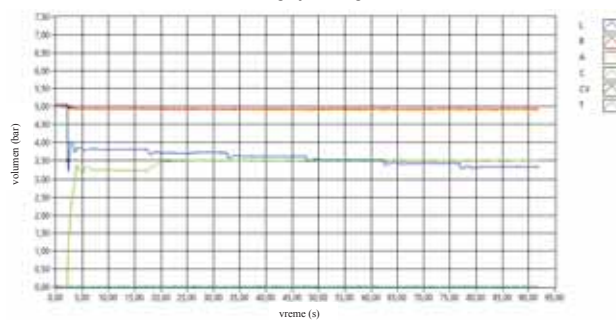
5.2.7. Ispitivanje na potpuno kočenje

Ispitivanje na potpuno kočenje svodi se na sledeća procedura:

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

Glavni vod napunjen na 5 bara i kontrola početne situacije.

GV – pritiska u toku vremena pomalo od 3 sekundi spustiti na 3,4 bara – ko treba da bude konstantan, kao i izmeriti vreme naleganja kočnog cilindra.



Slika 92 – Potpuno kočenje

Legenda oznaka dijagrama su sledeća:

(L – Glavni vod (GV) -plava boja, R – Pomoćni rezervar (PR) označeno sa crvenom bojom, A – Radna komora (RK) -žuta boja, C – Kočioni cilindar (KC) -svetlo zelena boja, CV – Komandni pritisak - tamno plava boja, T – Merni ventil (MV) - tamno zelena boja, volumen (bar) – na ordinatnoj osi je prikazano pritisak, vreme (s) – na apcisnoj osi je prikazano vreme u sekundama)

Svaka promena na pritisak na GV, dovodi do promena na pritisak na kočioni cilindar. Ako pritisak u GV pada, u kočioni cilindar raste, što može da se ustanovi da rasporednik za ovaj test je dobar i funkcioniše normalno (slika 92), saglasno dađeni rezultati u tabeli 5.24.

5.24. Rezultati potpuno kočenje

Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT		NAPOMENA
		T	P	T	P	
10	POTPUNO KOČENJE. Potreban pad pritiska (1,40-1,60 (bar)) u glavnom vodu za postizanje max. pritiska u kočnom cilindru od ___ (bar).		3,80±0,1		3,80	Tačka 10 ispituje se u produžetku tačke 9.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

5.2.8. Ispitivanje na Stepenasto Otkočivanje

Ova ispitivanje je prodolžetak ispitivanje tačke 5.2.7. i dobijene rezultate su prikazani u isti dijagram (Slika 92). Dobili smo sledeće rezultate:

5.25. Rezultati od sprovedene ispitivanje

Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT		NAPOMENA
		T	P	T	P	
11	STEPENASTO OTKOČIVANJE. Pri povećanju pritiska u glavnom vodu, za _____ (bar), pritisak u kočnom cilindru mora da opadne.	≥0,10		0,1		Tačka 11 ispituje se u produžetku tačke 10. Otkočivanje počinje kada pritisak u GV poraste na 3,70 (bar).
13	PONOVNA SPREMNOST. Nakon otkočivanja, kada je pritisak >2(bar) u KC (KV), ako se uvede ponovno kočenje. Pri istoj manipulaciji, nakon otkočivanja, kada je pritisak <0,2 (bar) u KC (KV), ako se uvede ponovno kočenje.	Brzač ne treba aktivirati Brzač se mora aktivirati		√		

Ponova spremnost rasporednika očitava se nakon završetka merenja u tačka 11.

5.2.9. Naskok u kočnom cilindru

5.26. Rezultati naskok u kočnom cilindru

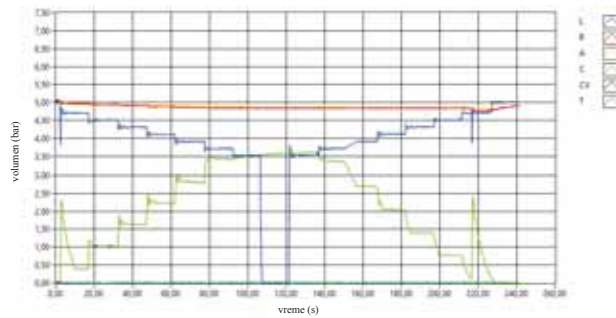
Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT		NAPOMENA
		T	P	T	P	
14	NASKOK U KOČNOM CILINDRU, u (bar).	0,60 ÷ 0,80	/	0,78	/	Nakon potpunog kočenja.

Naskok u kočnom cilindru se očitava iz dijagram slika 92, nakon sprovedeno potpunog kočenja. Propis kaže da u T režim naskok u kočnom cilindru se dviži od 0,6 do 0,8 bara, a u P režim ne se očitava.

5.2.10. Ispitivanje na Zaštita od prekomernog pritiska

Nakon sprovedene testiranje za zaštita od prekomernog pritiska dobili smo dijagram kao na slici 93 i merna lista (Tabela 5.27) koji odgovara UIC normativima.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI



Slika 93 - Zaštita od prekomernog pritiska

Legenda oznaka dijagrama su sledeća:

(L – Glavni vod (GV) -plava boja, R – Pomoćni rezervar (PR) označeno sa crvenom bojom, A – Radna komora (RK) -žuta boja, C – Kočioni cilindar (KC) -svetlo zelena boja, CV – Komandni pritisak - tamno plava boja, T – Merni ventil (MV) - tamno zelena boja, volumen (bar) – na ordinatnoj osi je prikazano pritisak, vreme (s) – na apcisonoj osi je prikazano vreme u sekundama)

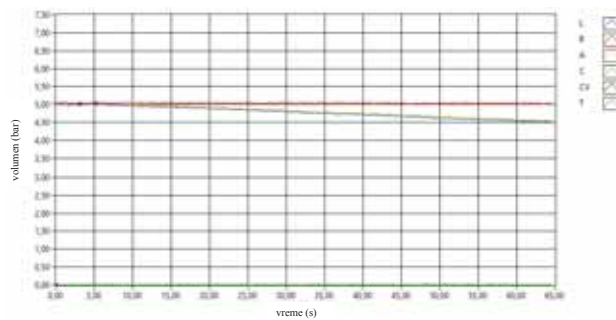
5.27. Rezultati ispitivanja zaštita od prekomernog pritiska

Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT		NAPOMENA
		T	P	T	P	
15	TALAS VISOKOG PRITISKA $\geq 0,60$ (bar), u trajanju od min ___ (sek).	≥ 30	≥ 10	31	11	Pri tom pritisak u radnoj komori ne sme porasti više od 5,10 (bar).

5.2.11. Ispitivanje na neosjetljivost rasporednika

Ispitivanje neosjetljivosti rasporednika podrazumeva da kočioni cilindar u ovom slučaju ne treba reagovati (zelena boja je konstantna, nema promena). Nakon izvršeno testiranje dobili smo dijagram kao na slici 94, saglasno dadeeni rezultati u tabeli 5.28.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI



Slika 94 – Neosjetljivost rasporednika

Legenda oznaka dijagrama su sledeća:

(L – Glavni vod (GV) -plava boja, R – Pomoćni rezervar (PR) označeno sa crvenom bojom, A – Radna komora (RK) -žuta boja, C – Kočioni cilindar (KC) -svetlo zelena boja, CV – Komandni pritisak - tamno plava boja, T – Merni ventil (MV) - tamno zelena boja, volumen (bar) – na ordinatnoj osi je prikazano pritisak, vreme (s) – na apcisnoj osi je prikazano vreme u sekundama)

5.28. Rezultati ispitivanja neosjetljivost rasporednika

Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT		NAPOMENA
		T	P	T	P	
16	NEOSETLJIVOST. Kočnica ne sme zakočiti pri smanjenju pritiska od ___ (bar).	0,50		0,50		Pri smanjenju pritiska u GV od 5,0 na 4,50 (bar) za 60 (sek).

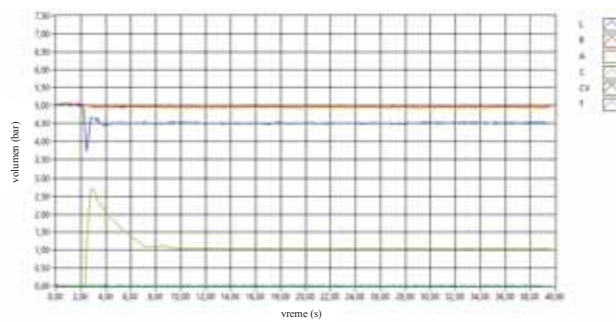
5.2.12. Dopunjenje

5.29. Dopunjenje

Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT		NAPOMENA
		T	P	T	P	
17	DOPUNJENJE. Nezaptivnost KC najmanje do ___ (bar), mora se dopunjavati.	0,20		0,20		Nezaptivnost simulirati otvaranjem otvora od ø1 (mm) na KC.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

5.2.13. Ispitivanje stepen pritiska i prvi stepen kočenje



Slika 95 – Ispitivanja stepen pritiska i prvi stepen kočenje

Legenda oznaka dijagrama su sledeća:

(L – Glavni vod (GV) -plava boja, R – Pomoćni rezervar (PR) označeno sa crvenom bojom, A – Radna komora (RK) -žuta boja, C – Koćioni cilindar (KC) -svetlo zelena boja, CV – Komandni pritisak - tamno plava boja, T – Merni ventil (MV) - tamno zelena boja, volumen (bar) – na ordinatnoj osi je prikazano pritisak, vreme (s) – na apcisnoj osi je prikazano vreme u sekundama)

5.30. Rezultati ispitivanja stepen pritiska i prvi stepen kočenje

Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT		NAPOMENA
		T	P	T	P	
18	STEPEN PRITISKA. Pritisak u koćnom cilindru pri ispućtanju 0,40 (bar) iz GV iznosi ____ (bar)		> 0,50		0,62	Manipuliše se padom pritiska u glavni vod od 0,60 (bar) za 6 (sek). Posle ispućtanja, pritisak u glavni vod odrćzavati konstantnim.
19	PRVI STEPEN KOĆENJA. Pri ispućtanju ____ (bar) iz GV, koćnica mora da drći.		0,25-0,30		0,26	

Manipuliše se padom pritiska u glavni vod od 0,60 (bar) za 6 (sek). Posle ispućtanja, pritisak u glavni vod odrćzavati konstantnim. Iz dijagrama vide se da GV po pad od 0,6 bari je konstantan.

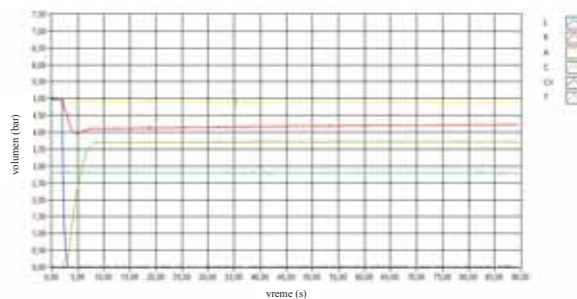
ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

5.1.14. Ispitivanje na zaptivnost u zakočenom i otkočenom stanju

Kao najbitni moment u toku ispitivanja je da rasporednik bude zaptivan, odnosno da nema curenje vazduha. Kontrola ove izlazni situacije je stabilizacija. Stabilna situacija smatra se da pritisci su stabilni najmanje 60 sek. i to:

- kao stabilizovan pritisak u glavnom vodu važi vrednost od $5 \pm 0,05$ bar,
- kao stabilizovan pritiska u radnoj komori važi vrednost kao u GV $\pm 0,05$ bar,
- kao stabilizovan pritisak u pomoćnom rezervoaru važi vrednost veća od 4,8 bar,
- kao stabilizovan pritisak u kočnom cilindru važi vrednost $\leq 0,05$ bar.

Izvršeno je ispitivanje na zaptivnost rasporednika prilikom kočenje i kao rezultat izvršenog ispitivanja dobijen je dijagram dat na slici 96.



Slika 96 - Zaptivanje prilikom kočenje

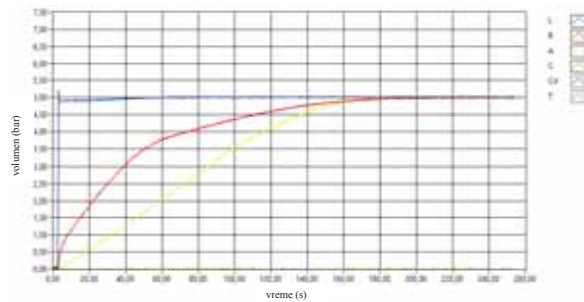
Legenda oznaka dijagrama su sledeća:

(L – Glavni vod (GV) -plava boja, R – Pomoćni rezervar (PR) označeno sa crvenom bojom, A – Radna komora (RK) -žuta boja, C – Kočioni cilindar (KC) -svetlo zelena boja, CV – Komandni pritisak - tamno plava boja, T – Merni ventil (MV) - tamno zelena boja, volumen (bar) – na ordinatnoj osi je prikazano pritisak, vreme (s) – na apscisnoj osi je prikazano vreme u sekundama)

Ovaj dijagram je dobar, vidi se da pritisci se konstantni, ne menjaju se u toku vremena definisanih 60 sek. i da rasporednik prede ovaj test, saglasno dađeni rezultati u tabeli 5.31.

Kao naredni zahtev saglasno UIC normama je sprovedeno ispitivanje za zaptivanje prilikom otkočivanje i dobijen je sledeći dijagram prikazan na slika 97, saglasno dađeni rezultati u tabeli 5.31.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI



Slika 97 – Zaptivanje prilikom otkoćivanja

Legenda oznaka dijagrama su sledeća:

(L – Glavni vod (GV) -plava boja, R – Pomoćni rezervar (PR) oznaćeno sa crvenom bojom, A – Radna komora (RK) -žuta boja, C – Koćioni cilindar (KC) -svetlo zelena boja, CV – Komandni pritisak - tamno plava boja, T – Merni ventil (MV) - tamno zelena boja, volumen (bar) – na ordinatnoj osci je prikazano pritisak, vreme (s) – na apcisnoj osci je prikazano vreme u sekundama)

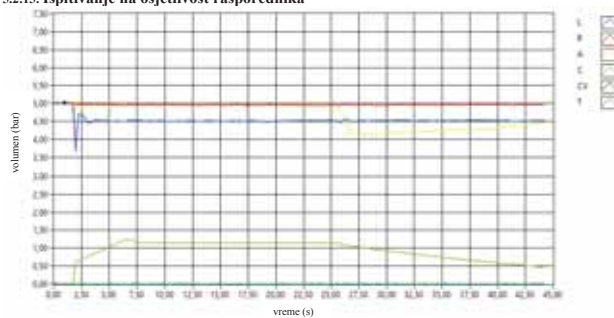
Posle ispitivanje i dobijeni dijagram za taćka zaptivanje prilikom otkoćivanja moće zabelećiti da zaptivanje prilikom otkoćivanja za ovaj rasporednik je u granicama propiřanih vrednosti.

5.31. Rezultati ispitivanja zaptivanje prilikom koćenje

Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT		NAPOMENA
		T	P	T	P	
20	ZAPTIVNOST U ZAKOĆENOM I OTKOĆENOM STANJU. Rasporednik mora biti svuda zaptiven.	Potpuna zaptivnost		√		Kontrolu vrřiti sapunicom, pri ćemu ne sme doći do pojave mehurova.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

5.2.15. Ispitivanje na osjetljivost rasporednika



Slika 98 – Ispitivanja osjetljivost rasporednika

Legenda oznaka dijagrama su sledeća:

(L – Glavni vod (GV) -plava boja, R – Pomoćni rezervar (PR) označeno sa crvenom bojom, A – Radna komora (RK) -žuta boja, C – Kočioni cilindar (KC) -svetlo zelena boja, CV – Komandni pritisak - tamno plava boja, T – Merni ventil (MV) - tamno zelena boja, volumen (bar) – na ordinatnoj osi je prikazano pritisak, vreme (s) – na apcisnoj osi je prikazano vreme u sekundama)

U ovom testu je važan odnos GV i RK, a u ovom slučaju je ispunjen propisani uslov, te dve linije (plava i žuta) treba da se razlikuju za najviše 0,5 bara i to je ispunjeno.

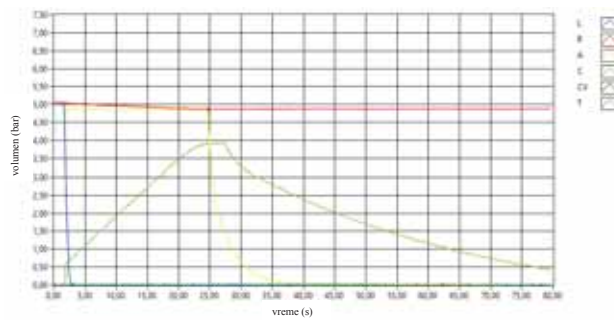
5.32. Rezultati ispitivanja Osjetljivost rasporednika

Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT		NAPOMENA
		T	P	T	P	
21	RASPOREDNA OSETLIVOST. Automatski otkočnik mora zatvoriti, kada je max razlika pritiska između GV i RK ____ (bar).		0,20-0,50		0,50	Nakon povlačenja otkočne poluge.

5.2.16. Pražnjenje radne komore preko automatskog otkočnika.

Nakon sprovedene testiranje za Ručno pražnjenje radnog rezervoara sa automatskom polugom dobili smo dijagram kao na slici 99 i merna lista (Tabela 5.33) koji odgovara UIC normativima.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI



Slika 99 - Ručno pražnjenje radnog rezervoara sa automatskom polugom

Legenda oznaka dijagrama su sledeća:

(L – Glavni vod (GV) -plava boja, R – Pomoćni rezervar (PR) označeno sa crvenom bojom, A – Radna komora (RK) -žuta boja, C – Kočioni cilindar (KC) -svetlo zelena boja, CV – Komandni pritisak - tamno plava boja, T – Merni ventil (MV) - tamno zelena boja, volumen (bar) – na ordinatnoj osi je prikazano pritisak, vreme (s) – na apcisnoj osi je prikazano vreme u sekundama)

5.33. Pražnjenje radne komore preko automatskog otkočnika

Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT		NAPOMENA
		T	P	T	P	
22	PRAŽNENJE RADNE KOMORE PREKO AUTOMATSKOG OTKOČNIKA.	Radna komora mora se isprazniti		√		Posle brzog kočenja, poluga otkočnika treba se povući.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

5.2.17. Merna lista

Sledi kompletna lista merenja iz obavljenog ispitivanja rasporednika, odakle su uzete pojedinačne tabele od 5.18 do 5.33.

5.34. Merni list - ML-631.501Z

MERNI LIST							
Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT		NAPOMENA	
		T	P	T	P		
1	VREME PUNJENJA RADNE KOMORE od 0,0 do 4,80 (bar) u (sek).	min 140 max 200		160		Punjenje glavnog voda sa 5,0 (bar= bez talasa visokog pritiska. Pri napajanje pomoćni rez. sa strane (5,4 (bar)), ova se tačka ne ispituje. Za rezervoare >200(lit), max 250 (sek)	
2	VREME PUNJENJA POMOĆNOG REZERVOARA od 0,0 do 4,80 (bar) u (sek).	min 140 max 200		160			
3	VREME KOČENJA od 0 do 95% od najvećeg pritiska u kočnom cilindru u (sek).	18÷30	3÷5(6)	28	3,50	Posle uspostavljanja brzog kočenja za položaj „P“.	
4	NAJVEĆI CILINDARSKI PRITISAK, u (bar)	3,80-0,10		3,5			
5	VREME OTKOČIVANJA KOČNOG CILINDRA od najvećeg pritiska do 0,40 (bar) u (sek).	45÷60	15÷20	48	17	Posle uspostavljanja potpunog kočenja za položaj „T“.	
6	NEISCRPLJIVOST POMOĆNOG REZERVOARA. Pri otkočivanju bez talasa visokog pritiska, pomoćni rezervoar pri cilindarskom pritisku od 0,30 (bar) mora biti napunjen u (bar).	/	4,65 ÷ 4,90	/	4,72	Posle uspostavljanja brzog kočenja. Pri napajanje pomoćni rez. sa strane (5,4 (bar)), ova se tačka ne ispituje.	
7	OSETLJIVOST, Kočnica treba proraditi najkasnije za ___ (sek).	max 1,2		1,15		Manipuliše se padom pritiska u GV od 0,60 (bar) za 6 (sek).	
8	PONAVLJANJE PROCESA KOČENJA I OTKOČIVANJA.	Ista vrednost pritiska u KC		/		Zavesti dest uzastopnih zakočivanja i otkočivanja u isti režim.	
9	POSTEPENO KOČENJE. Pri opadanju pritiska u glavnom vodu, za ___ (bar), pritisak u kočnom cilindru mora porasti, u (bar).	≤0,10		0,4		Nakon prvog stepena kočenje ispuštanjem 0,50 (bar) iz GV manipulira se padom pritiska od 0,60 (bar) za 6 (sek).	
10	POTPUNO KOČENJE. Potreban pad pritiska (1,40÷1,60 (bar)) u glavnom vodu za postizanje max. pritiska u kočnom cilindru od ___ (bar).	3,80±0,1		3,81		Tačka 10 ispituje se u produžetku tačke 9.	
11	STEPENASTO OTKOČIVANJE. Pri povećanju pritiska u glavnom vodu, za ___ (bar), pritisak u kočnom cilindru mora da opadne.	≤0,10		0,1		Tačka 11 ispituje se u produžetku tačke 10. Otkočivanje počinje kada pritisak u GV poraste na 3,70 (bar).	
12	GRANIČNA VREDNOST ZA POTPUNO	Kočnica mora biti zakočena kada je pritisak u GV	4,75		/		Pri stepenastom otkočivanju. Kod rasporednika sa Rele

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

	OTKOČIVANJE (bar). Kočnica mora biti potpuno otkočena kada je pritisak u GV ____ (bar).	4,80÷4,85	/			ventilom, tačke se ispituju sa praterjem pritiska u Rele ventila.
13	PONOVDNA SPREMNOST. Nakon otkočavanja, kada je pritisak >2(bar) u KC (KV), ako se uvede ponovno kočenje. Pri istoj manipulaciji, nakon otkočavanja, kada je pritisak <0,2 (bar) u KC (KV), ako se uvede ponovno kočenje.	Brzač ne treba aktivirati Brzač se mora aktivirati	√			
14	NASKOK U KOČNOM CILINDRU, u (bar).	0,60 ÷ 0,80	/	0,78	/	Nakon potpunog kočenja.
15	TALAS VISOKOG PRITISKA $\geq 0,60$ (bar), u trajanju od min ____ (sek).	≥ 30	≥ 10	31	11	Pri tom pritisku u radnoj komori ne sme porasti više od 5,10 (bar).
16	NEOSETLJIVOST. Kočnica ne sme zakočiti pri smanjenju pritiska od ____ (bar).	0,50		0,50		Pri smanjenju pritiska u GV od 5,0 na 4,50 (bar) za 60 (sek).
17	DOPUNJENJE. Nezaptivnost KC najmanje do ____ (bar), mora se dopunjavati.	0,20		0,20		Nezaptivnost simulirati otvaranjem otvora od $\phi 1$ (mm) na KC.
18	STEPEN PRITISKA. Pritisak u kočnom cilindru pri ispuštanju 0,40 (bar) iz GV iznosi ____ (bar).	> 0,50		0,62		Manipuliše se padom pritiska u glavni vod od 0,60 (bar) za 6 (sek). Posle ispuštanja, pritisak u glavni vod održavati konstantnim.
19	PRVI STEPEN KOČENJA. Pri ispuštanju ____ (bar) iz GV, kočnica mora da drži.	0,25-0,30		0,26		Kontrolu vršiti sapunicom, pri čemu ne sme doći do pojave mehurova.
20	ZAPTIVNOST U ZAKOČENOM I OTKOŠENOM STANJU. Rasporednik mora biti svuda zaptiven.	Potpuna zaptivnost		√		Nakon povlačenja otkočne poluge.
21	RASPOREDNA OSETLJIVOST. Automatski otkočnik mora zatvoriti, kada je max razlika pritiska između GV i PK ____ (bar).	0,20-0,50		0,50		Posle brzog kočenja, poluga otkočnika treba se povući.
22	PRAŽNENJE RADNE KOMORE PREKO AUTOMATSKOG OTKOČNIKA.	Radna komora mora se isprazniti		√		

Volumen GV: 25 (lit)

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

5.3. Uporedna analiza i diskusija rezultata ispitivanja rasporednika K-631.501 (sa radijalni zapivni prsten) i rasporednika K-631.501 Z (sa Z-ring)

Vreme punjenja radne komore i vreme punjenja pomoćnog rezervoara

Tabela 5.35. – Uporedni rezultati ispitivanja vreme punjenja

Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT K-631.501		REZULTAT K-631.501Z	
		T	P	T	P	T	P
1	VREME PUNJENJA RADNE KOMORE od 0,0 do 4,80 (bar) u (sek).	min 140	max 200	>260		160	
2	VREME PUNJENJA POMOĆNOG REZERVOARA od 0,0 do 4,80 (bar) u (sek).	min 140	max 200	240		160	

Kod klasičnog rasporednika K-631.501, jasno može zabeležiti da grafik prikazan na slici 73 nije u redu, iza dijagrama može se očitati vreme punjenje radne komore nije u redu, (>260 sek.), a vreme punjenje pomoćnog rezervoara za 240 sek. Ova anomalija dovodi do kasne reakcije kočnice.

Kod rasporednika sa ugrađeni Z-ringa K-631.501Z, jasno može zabeležiti da grafik prikazan na slici 87 je u redu, iza dijagrama može se očitati vreme punjenje radne komore za 160 sek. i vreme punjenje pomoćnog rezervoara za 160 sek.

Ispitivanja vreme kočenje/otkočivanje u P i G režima

5.36. Uporedni rezultati ispitivanja vreme kočenje/otkočivanje u P i G režima

Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT K-631.501		REZULTAT K-631.501Z	
		T	P	T	P	T	P
3	VREME KOČENJA od 0 do 95% od najvećeg pritiska u kočnom cilindru u (sek).	18÷30	3÷5(6)	27	3,25	28	3,50
4	NAJVEĆI CILINDARSKI PRITISAK, u (bar)	3,80÷0,10		3,5		3,5	
5	VREME OTKOČIVANJA KOČNOG CILINDRA od najvećeg pritiska do 0,40 (bar) u (sek).	45÷60	15÷20	50	18	48	17

Kao što se može videti sa sva četiri dijagrama prikazana na slikama 73, 75, 88 i 89, vreme kočenja je u svim slučajevima u dozvoljenim granicama, maksimalni pritisak cilindra je u granicama normale, odnosno u polju tolerancije, a vreme otključavanja kočni cilindar je u redu s obzirom na propisane granice.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

Ispitivanje neiscrplivost pomoćnog rezervoara

5.37. Uporedni rezultati ispitivanja neiscrplivost pomoćnog rezervoara

Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT K-631.501		REZULTAT K-631.501Z	
		T	P	T	P	T	P
6	NEISCRPLJIVOST POMOĆNOG REZERVOARA. Pri otkočivanju bez talasa visokog pritiska, pomoćni rezervoar pri cilindarskom pritisku od 0,30 (bar) mora biti napunjen u (bar).	/	4,65 ÷ 4,90	/	4,72	/	4,70

Za ovaj test se ne generiše dijagram, već se vrednost očitava sa ekrana samog probni stol.

Ova tačka se definiše odnosno daje znak da se otvara nepovratni ventil i se puni pomoćni rezervoar.

Ispitivanje na osjetljivost rasporednika

5.38. Uporedni rezultati ispitivanje na osjetljivost rasporednika

Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT K-631.501		REZULTAT K-631.501Z	
		T	P	T	P	T	P
7	OSETLJIVOST. Kočnica treba proraditi najkasnije za 1,2 (sek).	max 1,2		1,15		1,10	

Kočnica treba da proraditi najkasnije za 1,2 sekundi. Ispituje se samo u P režim.

Manipuliše se padom pritiska u GV od 0,60 (bar) za 6 (sek).

Ispitivanje rasporednika sa ugrađeni radialni prsten na test osjetljivost dobili smo dijagram koji nije u skladu UIC normama (Slika 76). GV treba da pritisak opada do 4,5 bara i bude konstantno, a u kočioni cilindar pritisak poraste za ona vrednost za koi pritisak u GV opada. U našem slučaju ovo nije zadovoljeno, rasporednik ne valja.

Za ovaj test da bude validan problem će da tražimo u rasporedni slog, gdje se nalazi zabravnik i klackalica (Slika 77). Površina klackalice mora da bude mazna i bez oštećenja. Posebno proveriti vrh klackalice, koji podiže ventil brzača. Po njemu ne sme da ima bilo kakvih oštećenja. Ako ima tragova udara ili nedostaju neki delovi materijala, klackalicu kompletno zameniti.

Ispitivanje rasporednika sa ugrađeni Z-ring na test osjetljivost dobili smo dijagram koji je u skladu UIC normama (Slika 90). GV treba da pritisak opada do 4,5 bara i bude konstantno, a u kočioni cilindar pritisak poraste za ona vrednost za koi pritisak u GV opada. U našem slučaju ovo je zadovoljeno, rasporednik je u redu.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

Ponavljanje procesa kočenja i otkočivanja.

5.39. Uporedni rezultati ponavljanje procesa kočenja i otkočivanja.

Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT K-631.501		REZULTAT K-631.501Z	
		T	P	T	P	T	P
8	PONAVLJANJE PROCESA KOČENJA I OTKOČIVANJA.	Ista vrednost pritiska u KC		/		/	

Ponavljamo deset uzastopnih kočenja i otkočivanja i u P režimu i u T režimu.

Ispitivanje na stepenasto kočenje/Otkočivanje

5.40. Uporedni rezultati ispitivanja stepenasto kočenje/otkočivanje

Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT K-631.501		REZULTAT K-631.501Z	
		T	P	T	P	T	P
9	POSTEPENO KOČENJE. Pri opadanju pritiska u glavnom vodu, za 0,5 (bar), pritisak u kočnom cilindru mora porasti, u (bar).	≥0,10		0,4		0,4	

Ispitivanje stepenasto kočenje/otkočivanje podrazumeva da testiranje je odlično i u oba rasporednika K-631.501 i K-631.501Z. Dobili smo dijagrami (Slika 78 i 91) koji su u skladu UIC normativima. Nakon prvog stepena kočenje ispuštanjem 0,50 (bar) iz GV manipulira se padom pritiska od 0,60 (bar) za 6 (sek).

Ispitivanje na potpuno kočenje

5.41. Uporedni rezultati potpuno kočenje

Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT K-631.501		REZULTAT K-631.501Z	
		T	P	T	P	T	P
10	POTPUNO KOČENJE. Potreban pad pritiska (1,40-1,60 (bar)) u glavnom vodu za postizanje max. pritiska u kočnom cilindru od (bar).	3,80±0,1		3,81		3,80	

Ispitivanje na potpuno kočenje svodi se na sledeća procedura:

Glavni vod napunjen na 5 bara i kontrola početne situacije.

GV – pritiska u toku vremena pomalo od 3 sekundi spustiti na 3,4 bara – ko treba da bude konstantan, kao i izmeriti vreme naleganja kočnog cilindra.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

Svaka promena na pritisak na GV, dovodi do promena na pritisak na kočioni cilindar. Ako pritisak u GV pada, u kočioni cilindar raste, što može da se ustanovi da u oba rasporednika K-631.501 i K-631.501Z za ovaj test su dobar i funkcioniše normalno (slika 79 i 92), saglasno dađeni rezultati u tabeli 5.41.

Ispitivanje na Stepenasto Otkočivanje

Ova ispitivanje je prodolžetak ispitivanje potpuno kočenje i dobijene rezultate su prikazani u isti dijagram, slika 79 za rasporednik sa ugrađeni radijalni prsten i slika 92 za rasporednik sa ugrađeni Z-prsten. Dobili smo sledeće rezultate:

5.42. Uporedni rezultati od sprovedene ispitivanje

Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT K-631.501		REZULTAT K-631.501Z	
		T	P	T	P	T	P
10	STEPENASTO OTKOČIVANJE. Pri povećanju pritiska u glavnom vodu, za _____ (bar), pritisak u kočnom cilindru mora da opadne.	≥0,10		0,1		0,1	
13	PONOVNA SPREMNOST. Nakon otkočivanja, kada je pritisak >2(bar) u KC (KV), ako se uvede ponovno kočenje. Pri istoj manipulaciji, nakon otkočivanja, kada je pritisak <0,2 (bar) u KC (KV), ako se uvede ponovno kočenje.	Brzač ne treba aktivirati Brzač se mora aktivirati		√		√	

Ponova spremnost rasporednika očitava se nakon završetka merenja u tačka 11.

Naskok u kočnom cilindru

5.43. Uporedni rezultati naskok u kočnom cilindru

Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT K-631.501		REZULTAT K-631.501Z	
		T	P	T	P	T	P
14	NASKOK U KOČNOM CILINDRU, u (bar).	0,60 ÷ 0,80	/	0,78	/	0,78	/

Naskok u kočnom cilindru se očitava iz dijagram slika 79 za rasporednik sa ugrađeni radijalni prsten i slika 92 za rasporednik sa ugrađeni Z-prsten, nakon sprovedeno potpunog kočenja. Propis kaže da u T režim naskok u kočnom cilindru se divži od 0,6 do 0,8 bara, a u P režim ne se očitava.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

Ispitivanje na Zaštita od prekomernog pritiska

5.44. Uporedni rezultati ispitivanja zaštita od prekomernog pritiska

Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT K-631.501		REZULTAT K-631.501Z	
		T	P	T	P	T	P
15	TALAS VISOKOG PRITISKA $\geq 0,60$ (bar), u trajanju od min _____ (sek).	≥ 30	≥ 10	31	12	31	11

Nakon sprovedene testiranje za zaštita od prekomernog pritiska dobili smo dijagram kao na slici 80 za rasporednik sa ugrađeni radijalni prsten i slika 93 za rasporednik sa ugrađeni Z-prsten i merna lista čim vrednosti su prikazani u tabela 5.44 koji odgovara UIC normativima.

Ispitivanje na neosjetljivost rasporednika

5.45. Uporedni rezultati ispitivanja neosjetljivost rasporednika

Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT K-631.501		REZULTAT K-631.501Z	
		T	P	T	P	T	P
16	NEOSETLJIVOST. Kočnica ne sme zakočiti pri smanjenju pritiska od _____ (bar).	0,50		0,50		0,50	

Ispitivanje neosjetljivosti rasporednika podrazumeva da kočioni cilindar u ovom slučaju ne treba reagovati (zeleno boja je konstantna, nema promena). Nakon izvršeno testiranje dobili smo dijagram kao na slici 81 za rasporednik sa ugrađeni radijalni prsten i slika 94 za rasporednik sa ugrađeni Z-prsten, saglasno dadei rezultati u tabeli 5.45.

Dopunjenje

5.46. Dopunjenje

Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT K-631.501		REZULTAT K-631.501Z	
		T	P	T	P	T	P
17	DOPUNJENJE. Nezaptivnost KC najmanje do _____ (bar), mora se dopunjavati.	0,20		0,20		0,20	

Ispitivanje stepen pritiska i prvi stepen kočenje

5.47. Uporedni rezultati ispitivanja stepen pritiska i prvi stepen kočenje

Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT K-631.501		REZULTAT K-631.501Z	
		T	P	T	P	T	P
18	STEPEN PRITISKA. Pritisak u kočnom cilindru pri ispuštanju 0,40 (bar) iz GV iznosi _____ (bar).		$> 0,50$		0,62		0,62

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

19	PRVI STEPEN KOČENJA. Pri ispuštanju (bar) iz GV, kočnica mora da drži.	0,25-0,30	0,26	0,26
----	--	-----------	------	------

Manipuliše se padom pritiska u glavni vod od 0,60 (bar) za 6 (sek). Posle ispuštanja, pritisak u glavni vod održavati konstantnim. Iz dijagrama vide se da GV po pad od 0,6 bari je konstatntan.

Ispitivanje na zaptivnost u zakočenom i otkočenom stanju

5.48. Uporedni rezultati ispitivanja zaptivanje prilikom kočenje

Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT		REZULTAT	
		T	P	T	P	T	P
20	ZAPTIVNOST U ZAKOČENOM I OTKOČENOM STANJU. Rasporednik mora biti svuda zaptiven.	Potpuna zaptivnost		√		√	

Kao najbitni moment u toku ispitivanja je da rasporednik bude zaptivan, odnosno da nema curenje vazduha. Kontrola ove izlazni situacije je stabilizacija. Stabilna situacija smatra se da pritisci su stabilni najmanje 60 sek. i to:

- kao stabilizovan pritisak u glavnom vodu važi vrednost od $5 \pm 0,05$ bar,
- kao stabilizovan pritiska u radnoj komori važi vrednost kao u GV $\pm 0,05$ bar,
- kao stabilizovan pritisak u pomoćnom rezervoaru važi vrednost veća od 4,8 bar,
- kao stabilizovan pritisak u kočnom cilindru važi vrednost $\leq 0,05$ bar.

Izvršeno je ispitivanje na zaptivnost rasporednika prilikom kočenje i kao rezultat izvršenog ispitivanja dobijen je dijagram dat na slici 83 za rasporednik sa ugrađeni radijalni prsten i slika 96 za rasporednik sa ugrađeni Z-prsten. Ovi dijagrami su dobri, vidi se da pritisci se konstantni, ne menjaju se u toku vremena definisanih 60 sek. i da rasporednik pređe ovaj test, saglasno dađeni rezultati u tabeli 5.48.

Kao naredni zahtev saglasno UIC normama je sprovedeno ispitivanje za zaptivanje prilikom otkočivanje i dobijeni su sledeći dijagrami prikazani na slika 84 za rasporednik sa ugrađeni radijalni prsten i slika 97 za rasporednik sa ugrađeni Z-prsten.

Posle ispitivanje i dobijeni dijagram za tačka zaptivanje prilikom otkočivanje može zabeležiti da zaptivanje prilikom otkočivanje je u granicama propisanih vrednosti.

Ispitivanje na osjetljivost rasporednika

5.49. Uporedni rezultati ispitivanja Osjetljivost rasporednika

Red.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS	REZULTAT		REZULTAT	
			T	P	T	P
			K-631.501		K-631.501Z	

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

br.		T	P	T	P	T	P
21	RASPOREDNA OSETLIVOST. Automatski otkočnik mora zatvoriti, kada je max razlika pritiska između GV i RK ____ (bar).	0,20=0,50		0,50		0,50	

U ovom testu je važan odnos GV i RK, a u ovom slučaju je ispunjen propisani uslov, te dve linije (plava i žuta) treba da se razlikuju za najviše 0,5 bara i to je ispunjeno.

Pražnjenje radne komore preko automatskog otkočnika.

5.50. Pražnjenje radne komore preko automatskog otkočnika

Red. br.	VRSTA ISPITIVANJA	PROPIS		REZULTAT K-631.501		REZULTAT K-631.501Z	
		T	P	T	P	T	P
22	PRAŽNENJE RADNE KOMORE PREKO AUTOMATSKOG OTKOČNIKA.	Radna komora mora se isprazniti		√		√	

Nakon sprovedene testiranja za Ručno pražnjenje radnog rezervoara sa automatskom polugom dobili smo dijagrami na slika 86 za rasporednik sa ugrađeni radijalni prsten i slika 99 za rasporednik sa ugrađeni Z-prsten.

5.4. Generalna analiza rasporednika K-631.501 (sa radijalni zaptivni prsten) i rasporednika K-631.501 Z (sa Z-ring)

Da bi se utvrdile sve blagodati rasporednika K-631.501Z u odnosu na klasični rasporednik K-631.501, potrebno je izvršiti uporednu analizu direktnim upoređivanjem razlika dobijenih tokom testa prema dobijenim dijagramima i tačkama na mernim listama, kao i efikasnosti kočenje, rok trajanja rasporednika do sledećeg remonta bez otkazivanja.

Tabela sa razlikama u ponašanju najvažnijih segmenata prikazana je na sledeći način:

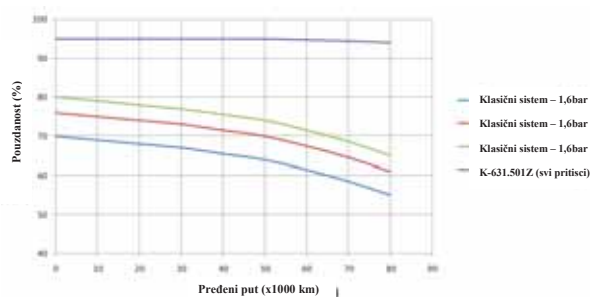
- zaptivnost rasporednika,
- životni vek rasporednika (radni časovi rasporednika),
- zaustavni pat kočenje dobijen od rasporednika,
- pouzdanost.

Tabela 5.51. Uporedna analiza rasporednika K-631.501 i rasporednika K-631.501Z.

Tip rasporednik	Predeni put (km)	Zaptivnost (%)	Pouzdanost (%)
K-631.501 (sa radijalni zaptivni prsten)	80 000	78,50	80,00
K-631.501Z (sa Z-ring)	80 000	95,00	95,00

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

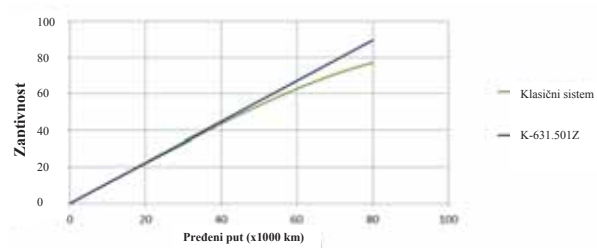
Na slici 100 prikazano je poređenje pouzdanosti rasporednika K-631.501Z u odnosu klasičnog rasporednika K-631.501 prema pređeni put vagona. Lako je uočiti da je pouzdanost klasičnog sistema direktno povezana sa pritiskom u kočnom cilindru. Pouzdanost se povećava sa zaptivanjem rasporednika i sa povećanjem pritiska. Međutim, čak i pri najvećem dozvoljenom pritisku sa kočionim cilindrom od 3,8 bara, pouzdanost je mnogo niža od pouzdanosti kočnog sistema K-631.501Z. Takođe, vrlo je očigledno smanjenje pouzdanosti kočenja klasičnim rasporednikom K-631.501 tokom pređenih kilometara.



Slika 100 - Poređenje pouzdanosti između rasporednika K-631.501Z u odnosu na klasični rasporednik K-631.501 prema pređeni put vagona u km

Na slici 101 prikazana je zaptivost klasičnog rasporednika sa ugrađeni radialni zaptivni prsten i rasporednika sa Z-ring u odnosu na pređeni put vagona. Zaptivnosti rasporednika sa Z-ringa je linearna u odnosu na pređeni put, dok se kod klasičnog rasporednika zaptivnost smanjuje se kao rezultat povećanja pređenog puta.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI



Slika 101 - Upoređivanje zaptivnosti u odnosu na pređeni put klasičnog rasporednika i rasporednik sa ugrađenim Z-ringom

Uporedna analiza pokazuje samo deo blagodati rasporednika K-631.501Z u poređenju sa klasičnim rasporednika K-631.501, a to su: veće zaptivanje, više radnih sati rasporednika do pojave kvara, poboljšan kvalitet kočenja koji se dobija od rasporednika. Održavanjem visoke efikasnosti očekuje se da će i troškovi životnog ciklusa rasporednika K-631.501Z biti znatno niži od klasičnog rasporednika K-631.501.

6. ZAKLUČOK

Veliki tehničko-tehnološki napredak u dvadesetom veku rezultirao je razvojem teorije pouzdanosti. Teorija pouzdanosti, kao naučna disciplina, bavi se svim problemima u toku ukupnog životnog ciklusa tehničkog sistema. Osnovni cilj teorije pouzdanosti je stvaranje uslova za povećanje raspoloživosti, pouzdanosti, ekonomičnosti i produženje radnog veka tehničkog sistema u eksploataciji. Pouzdanost je sposobnost objekta (komponente, uređaja, sistema) da uspešno obavlja zadatu funkciju u određenim uslovima i u zadatom vremenskom intervalu. Ona je jednako važna kao i radne karakteristike tehničkog sistema te se analizira kao poseban projektni zadatak. Analiza pouzdanosti sprovodi se kroz sve faze životnog ciklusa tehničkog sistema počevši od početne specifikacije, dizajna, rada, održavanja, promena i konačno do povlačenja sistema iz upotrebe. Pouzdanost procenjuje i predviđa verovatnoću otkaza pri čemu korišćene metode za izračunavanje kvantificiraju pouzdanost koristeći verovatnoću i statistiku za predviđanje, merenje i analizu podataka pouzdanosti. Iz tog razloga je potrebno razumevanje zakona verovatnoće za stvaranje pouzdanog sistema i rešavanje problema nepouzdanosti.

Teretni vagoni predstavljaju osnovna vozna sredstva kojima se obavlja železnički prevoz robe i ostvaruje glavni prihod svake železničke uprave. Od njihove mobilnosti (ispravnosti i savremenosti) i masovnosti zavisi poslovni uspeh železnice. Jedna od komponenata teretnih kola koja uslovljava njihovu primenu u eksploataciji u unutrašnjem i međunarodnom saobraćaju, a predstavlja i osnovni faktor njihovog bezbednog kretanja, je kočnica. Da bi se ostvario osnovni cilj, tj. obavio što veći obim prevoza robe, teži se ka što dužim vozovima u pogledu broja osovina, što većoj nosivosti pojedinih kola, kao i što većim brzinama prevoza.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

Jasno je da iz ovoga proizilaze povećani zahtevi u pogledu karakteristika kočione opreme. Sistem za kočenje jedan je od najvažnijih sistema kod železničkih vozila. On omogućava bezbedno učestvovanje voza u saobraćaju, tako da ne ugrožava sopstvenu, a ni bezbednost ostalih vozova u saobraćaju.

Svojstva sistema za kočenje utiču na: sigurno funkcionisanje u eksploataciji, povećanu efikasnost u pogledu dužine zaustavnih puteva, povećan stepen unifikacije u cilju zamenljivosti, bez obzira na upravu sopstvenika kola, smanjenje uloge čoveka u pogledu rukovanja menjaačima sile kočenja, otkočnim uredajima.

Pneumatske kočnice teretnih vagona imaju ključni podsistem, a to je rasporednik. Uloga rasporednika je da reaguju upravo na promene u pritisku glavnog voda i obezbedi odgovarajući pritisak kočenja u kočionom cilindru.

Predmet istraživanja u okviru disertacije je rasporednik tipa MH 3f HBG 310, koji izrađuje firma Wabtec MZT - Skoplje, namenjen sistemu za kočenje teretnih vagona. Ovi rasporednici se proizvode prema različitim tehničkim zahtevima i normama proizvođača vagona.

Rasporednici, koji se masovno koriste u vagonskoj industriji, sastoje se od niza nepovratnih ventila, koji imaju osovinu, paket gumenih delova, opruga, klinova i ograničivač pritiska. Rasporednik tip MH 3f HBG 310 je najvitalniji organ kočnog sistema kod vagona. Vršiti stepenasto kočenje i otkočivanje, obezbeđuje neiscrpnost kočnice i može da radi u dva režima: teretni i putnički. Ovi rasporednici se proizvode prema različitim tehničkim zahtevima i normama proizvođača vagona.

Razvojem vagonске industrije, proizvođači vagona pred dobavljačima postavljaju sve rigoroznije zahteve, kako po pitanju kvaliteta, radnog veka, tako i pouzdanosti ovih proizvoda. U ranijem periodu potreban radni vek rasporednika je bio 2 godina rada, a sada se on neprekidno povećava. Najpoznatiji svetski proizvođači vagona i drugih vozila zahtevaju radni vek rasporednika 6 godina, saglasno UIC normativima, gde nakon ovog perioda dolazi do zamene svih gumenih delova. Istraživanja, koja su sprovedena u ovoj disertaciji su bila usmerena ka cilju dostizanja svetskih zahteva vezanih za pouzdanost i radni vek rasporednika, čime bi firma Wabtec MZT ostala konkurentna na svetskom tržištu sa svojim proizvodom.

U okviru ove disertacije vršena su:

- Istraživanje strukture rasporednika koji se koriste u vagonskoj industriji;
- Sistematsko identifikovanje svih mogućih kombinacija uzroka koji vode neželjenom događaju;

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

- Određivanje faktora koji najozbiljnije utiču na pouzdanost rasporednika i primena potrebnih mera za povećanje pouzdanosti;
- Prepoznavanje i procenjivanje potencijalnih otkaza rasporednika i njihovih posledica;
- Određivanje mera i aktivnosti za eliminisanje, ili smanjenje mogućnosti pojave otkaza;
- Dokumentovanje ovog postupka;
- Definisane uzorka na kome će se vršiti laboratorijsko ispitivanje rasporednika;
- Laboratorijsko ispitivanje pouzdanosti rasporednika u firmi Wabtec MZT-a i u saobraćaju ;
- Analiza pouzdanosti rasporednika;
- Predlog mogućih konstrukcionih izmena na rasporedniku u pravcu veće pouzdanosti, odnosno dužeg radnog veka.

Kao rezultat naučnog istraživanja u okviru ove disertacije su:

- Izrada metodološkog pristupa za analizu i sintezu različitih oblika informacija o tehničkom stanju rasporednika, prikupljenih kao parcijalni pokazatelji performanse sigurnosti funkcionisanja;
- Sistematsko identifikovanje svih uzroka otkaza rasporednika;
- Određivanje mera i aktivnosti za eliminisanje ili smanjenje mogućnosti pojave otkaza;
- Urađene konstrukcione izmene na rasporedniku vezane za zaptivanje;
- Povećanje pouzdanosti rasporednika, odnosno povećanje radnog veka rasporednika;
- Povećanje nivoa pouzdanosti sistema za kočenje teretnih vagona, a samim tim i do povećanja nivoa bezbednosti funkcionisanja teretnih vozova;
- Povećanje konkurentne sposobnosti firme Wabtec MZT na svetskom tržištu.

Ispitivanja rasporednika se vrši saglasno propisima UIC 543-1.

Rezultati služe otkrivanju i dokumentovanju štete na kočnici i kao dokaz prema vlasniku/uvrstiocu odnosno njihovoj radionici za održavanje.

Pojedine ispitne tačke ovih minimalnih ispitivanja sadrže potrebne (nazivne) vrednosti i dozvoljena odstupanja, koja se doduše naslanjaju na podatke objava UIC 540 i 547

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

(odgovarajuće upute na objave UIC, radi razumevanja pojedinih ispitivanja), ali nisu u svim slučajevima identični.

Dakle cilj ovih minimalnih ispitivanja samo provera bitnih pretpostavki za sigurnu eksploataciju pojedinih vagona u sastavu voza.

Ispitivanja rasporednika su izvršene i sa radijalni zaptivni prsten i sa Z-ring.

Naučni doprinos ove doktorske disertacije se sastoji od eksperimentalnog istraživanja i analitičkog određivanja pouzdanosti rada raspodelnika.

Analitički postupak određivanja pouzdanosti rada raspodelnika sproveden je sračunavanjem verovatnoće otkaza, pomoću Weibulove dvoparametarske i troparametarske gustine raspodele verovatnoće, primenom metoda analize stabla otkaza (FTA), metode FMEA/FMECA. Rezultati dobijeni eksperimentalno i analitički pokazuju visok stepen saglasnosti

Eksperimentalni rezultati su verifikovani kroz merenja u laboratorijske uslove. Ispitivanje pouzdanosti rasporednika je izvršeno na ispitni sto DISTRIESTER 1018TR, namenjen za ispitivanje rada rasporednika kočnice železničkih vozila nakon izvršenog remonta na teretni vagon.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

7. LITERATURA

- [1] Lunden R., Vernersson T.: *Mechanical braking systems - development and challenges*, Presentation at 19th Nordic Seminar on Railway Technology, Chalmers University of Technology, Lulea, September 14-15, 2016.
- [2] *A short history of railway braking* [Online] http://florent.brisou.pagesperso-orange.fr/Histoire_Frein_EN.pdf
- [3] *History of Air Braking* [Online] <https://www.europeanbrakingsystems.co.uk/history>.
- [4] Aco Popov, Nikola Stojkov, "Osnovi na sopirackite sistemi" , MZT Hepos AD Skopje, 2006.
- [5] Imamović M.: "Uticaj primjene različitih metoda proračuna elemenata mašina na kvalitet", 5. Naučno-stručni skup sa međunarodnim učešćem "KVALITET 2007", Neum, B&H, 06.-09 juni 2007.
- [6] Lee I., Choi K.K., Du L., Gorsich D.: "Dimension reduction method for reliability-based robust design optimization", *Computers and Structures* 86 (2008), pp. 1550-1562.
- [7] Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests.
- [8] Nunnally, J. C. (1967). *Psychometric theory*. New York: McGraw-Hill.
- [9] Nunnally, J. C. (1978). *Psychometric theory* (2nd ed.). New York: McGraw-Hill
- [10] Nunnally, J.C., Bernstein, I.H. (1994), *Psychometric Theory*, 3rd edition, McGraw-Hill Series in Psychology.
- [11] Nunnally, J. C., & Bernstein, I. H. (1994). *Psychometric theory* (3rd ed.). New York: McGraw-Hill.
- [12] David L. Streiner (2003) Starting at the Beginning: An Introduction to Coefficient Alpha and Internal Consistency, *Journal of Personality Assessment*, 80:1, 99-103,
- [13] R.E. Barlow, F. Proschan, "Statistical Theory Of Reliability And Life Testing Probability Models", Holt, Rinearth and Winston, Inc., New York, 1975
- [14] Вртаноски Г.: *Иновациите и Инвенцијата - Услов за Излез од Економската Криза*, предавања на постдипломски студии (ПЛМ), Развој и менаџмент на производитите, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Машински факултет, Скопје, 2012.
- [15] Kim L.: *Imitation to Innovation - The Dynamics of Korea's Technological Learning*, Harvard Business School Press, 1997
- [16] Kogabayev T., Maziliauskas A.: *The definition and classification of innovation*, *HOLISTICA*, Vol. 8, Issue 1, pp. 59-72, 2017.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

- [17] Gosnar A.: *The Classification of Innovations: The Case of Apple Inc.*, Master Thesis, University of Ljubljana, Faculty of Economics, Ljubljana, May 2012.
- [18] Žižlavský O.: *An Analysis of Innovation Classification and Typology: A Literature Review*, *Crafting Global Economies: 2020 Vision Strategic Planning & Smart Implementation*, pp. 1295-1308, January 2014.
- [19] Garcia R., Calantone R.: *A critical look at technological innovation typology and innovativeness terminology: a literature review*, *The Journal of Product Innovation Management*, Vol. 19, Issue 2, pp. 110-132, 2002.
- [20] Adams R.: *Perceptions of innovations: exploring and developing innovation classification*, Phd Thesis, Cranfield University, School of Management, September 2003.
- [21] Simoneti R., Archibugi D., Evangelista R.: *Product and Process Innovations: How are They Defined? How are They Quantified?*, *Scientometrics*, Vol. 32, pp. 77-89, 1995.
- [22] Thurner T., Gershman M.: *Catching the Runaway Train Innovation Management in Russian Railways*, *Journal of Technology Management and Innovation*, Vol. 9, Issue 3, 2014.
- [23] Müller S., Liedtke G., Lobig A.: *Analyzing innovations in Europe's rail freight system: a perspective from innovation theories on the barriers and the opportunity windows*, European Transport Conference, 2017.
- [24] Božičnik S., Schliephake K.: *Freight Transport Innovations of European Railways – New Market Chances and Technological Perspectives*, *Promet – Traffic and Transportation*, Vol. 17, No. 1, pp. 33-41, 2005.
- [25] Kampezyk A.: *Measurement innovations in railway infrastructure safety*, *World Scientific News*, WSN 89, pp. 336-347, 2017.
- [26] Chary R., Khan E.: *Design and Analysis of Train Brake System*, *International Journal of Advanced Research and Innovation*, Vol. 7, Issue 3, October 2014.
- [27] Anbalagan R., Jancirani J., Venkateshwaran N.: *Design and Modification of vacuum braking system*, *International Journal of engineering Research and Applications (IJERTA)*, Vol. 3, Issue 3, May-June 2013.
- [28] Smileski S., Smileski T.: *Integrated bogie brake and slack adjuster for the use with said integrated bogie brake*, Patent WO 2013098350 A2, December 27, 2011.
- [29] Teimourimanesh S., Vernersson T., Lunden R.: *Modeling of Temperatures During Railway Tread Braking: Influence of contact conditions and rail cooling effect*, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit*, vol. 228, issue 1, pp. 93-109, 2012.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

- [30] Vernersson T.: *Temperatures at Railway Tread Braking. Part 2: Calibration and Numerical Examples*, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part F: Journal of Rail and Rapid Transit, Vol. 221, Issue 4, pp. 429-441, 2007.
- [31] Weidemann C.: *State of the Art Railway Vehicle Design with Multi-Body Simulation*, Journal of Mechanical Systems for Transportation and Logistics, Vol. 3, No 1, pp. 12-26, 2010.
- [32] Pugi L., Palazzolo A., Presciani P., Fioravanti D.: *Simulation and optimization of railway pneumatic braking system*, World Congress for Railway Research WCRR2006, Montreal, June 2006.
- [33] Enblom R.: *Simulation of Wheel and Rail Profile Evolution - Wear Modelling and Validation*, Licentiate Thesis, KTH Aeronautical and Vehicle Engineering, Division of Railway Technology, 2004.
- [34] Piechowiak T.: *Verification of pneumatic railway brake models*, International Journal of Vehicle Mechanics and Mobility, Vol. 48, Issue 3, 2010.
- [35] Piechowiak T.: *Pneumatic train brake simulation method*, International Journal of Vehicle Mechanics and Mobility, Vol. 47, Issue 12, 2009.
- [36] Balogh L., Stréli T., Németh H., Palkovics L.: *Modelling and simulating of self-energizing brake system*, International Journal of Vehicle Mechanics and Mobility, Vol. 44, pp. 368-377, 2007. [37] Netter H., Schupp G., Rulka W., Schroeder K.: *New aspects of contact modelling and validation within multibody system simulation of railway vehicles*, International Journal of Vehicle Mechanics and Mobility, Vol. 29, pp. 246-269, 2007.
- [38] Conti R., Garaldi E., Meli E., Nocciolini D., Pugi L., Rindi A.: *Energy and wear optimization of train longitudinal dynamics and of traction and braking systems*, International Journal of Vehicle Mechanics and Mobility, Vol. 53, Issue 5, 2015.
- [39] Qu B. Z., Liu Y., Lu B. H., Zhang Y., Zhang H. B.: *Working Mechanism of Brake Unit on Railway Vehicle and its MBD Simulation Experiment*, Key Engineering Materials, Vols. 579-580, pp. 901-905, September 2013.
- [40] Torstensson P. T., Pieringer A., Baeza L.: *Towards a model for prediction of railway tread brake noise*, ISMA, September 2014.
- [41] Khan R., Murty D.: *Optimization of wheel-rail interface friction using top-of-rail friction modifiers: State of the art*, 2nd International Conference on Condensated Matter and Applied Physics, May 2018.
- [42] Hamdaoui A., Jaddi E. H.: *Effects of the brake shoe friction material on the railway*

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

wheel damage, MATEC Web of Conferences 149, January 2018.

[43] Lee N. J., Kang C. G.: *The Effect of a Variable Disc Pad Friction Coefficient for the Mechanical Brake System of a Railway Vehicle*, PLOS ONE, Vol. 10, Issue 8, 2015.

[44] Triono A., Ign W. P., Brodjonegoro S. S.: *Modification of Pin on Disc Test to Measure Railway Brake Block Friction Coefficient*, Key Engineering Materials, Vols. 594-595, pp. 639-643, December 2013.

[45] Lu B. H., Chen X. Y., Qu B. Z., Zhang H. B.: *Research on Wheel-Shoe Wear for High Friction Composite Brake Shoes Based Foundation Brake Rigging in Railway Wagon*, Key Engineering Materials, Vol. 667, pp. 530-535, October 2015.

[46] Ozsarac U., Aslanlar S., Varol F., Ekici M.: *Investigation of carbon-carbon composite brake pads in wet and dry sliding wear conditions*, Industrial Lubrication and Tribology, Vol. 66, Issue 6, September 2014.

[47] Qu B. Z., Zhang H. B., Lu B. H., Liu Z. M.: *Research on Brake Shoe Eccentric Wear Mechanism by Analytical Method and Virtual Experiment*, Key Engineering Materials, Vol. 620, pp. 318-323, August 2014.

[48] Aimar M., Soma A.: *Condition Monitoring and Comparison of Braking and Dynamics in Railway Freight Wagon*, Proceedings of the 7th International Conference on Mechanics and Materials in Design, Albufeira, June 11-15, 2017.

[49] Miamlin S. S.: *Characteristics of 3-D Modeling of Railway Vehicle Dynamics*, Proceedings of the 6th International Scientific Conference TRANSBALTICA 2009, Vilnius, 2009.

[50] Sharma R. C.: *Recent Advances in Railway Vehicle Dynamics*, International Journal of Vehicle Structures & Systems, Vol. 4, Issue 2, pp. 52-63, 2012.

[51] Sharma R. C., Dhingra M., Pandey R. K., Rathore Y. Ramchandani D.: *Dynamic Analysis of Railway Vehicles*, Journal of Science, Vol. 3, Issue 3, pp. 193-198, 2015.

[52] Mader P., Egger M., Joch M.: *Monitoring of one bogie brake of one wagon during fleet tests*, Version 1a, Test report, PJ Messtechnik GmbH, Graz, October 2014.

[53] Pugi L., Fiorovanti D., Rindi A.: *Modelling the longitudinal dynamics of long freight trains during the braking phase*, 12th IFToMM World Congress, Besançon, June 2007.

[54] Dhanasekar M., Cole C., Handoko Y.: *Experimental evaluation of the effect of braking torque on bogie dynamics*, International Journal of Heavy Vehicle Systems, Vol. 14, Issue 3, pp. 308-330, 2007.

[55] Zhang Z., Dhanasekar M.: *Dynamics of railway wagons subjected to*

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

braking/traction torque, *International Journal of Vehicle Mechanics and Mobility*, Vol. 47, Issue 3, pp. 285-307, 2009.

[56] Hu Y., Wu Q., Zhao X., Zhang J., Zhang Y.: An air brake model for longitudinal train dynamics studies, *International Journal of Vehicle Mechanics and Mobility*, Vol. 55, Issue 4, pp. 517-533, 2016.

[57] Iwnicki S. D., Stichel S., Orlova A., Hecht M.: Dynamics of railway freight vehicles, *International Journal of Vehicle Mechanics and Mobility*, Vol. 53, Issue 7, 2015.

[58] Oprea R. A., Cruceanu C., Spiroiu M. A.: Alternative friction models for braking train dynamics, *International Journal of Vehicle Mechanics and Mobility*, Vol. 51, Issue 3, 2013.

[59] Mickoski H., Mickoski I., Zdraveski F.: Investigation of self-excited vibrations in tread brake unit for railway vehicles, *Journal of Vibroengineering*, Vol. 18, Issue 6, September 2016.

[60] Wu X. W., Chi M., Gao H., Ke X., Zhu M.: Post-derailment dynamic behavior of railway vehicles travelling on a railway bridge during an earthquake, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part F: Journal of Rail and Rapid Transit*, Vol. 230, Issue 2, 2014.

[61] Wu Q., Luo S., Cole C.: Longitudinal dynamics and energy analysis for heavy haul trains, *Journal of Modern Transportation*, Vol. 22, Issue 3, July 2014.

[62] Haidari A., Tehrani P. H.: Fatigue Analysis of Railway Wheels Under Combined Thermal and Mechanical Loads, *Journal of Thermal Stresses*, Vol. 37, Issue 1, 2014.

[63] Olofsson U., Sundh J., Bik U., Nilsson R.: The influence of snow on the tread braking performance of a train: A pin-on-disc simulation performed in a climate chamber, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part F: Journal of Rail and Rapid Transit*, Vol. 230, Issue 6, 2015.

[64] Chaubey A. O., Raut A. A.: Failure Analysis of Brake Shoe in Indian Railway Wagon, *International Journal of Mechanical Engineering (IJME)*, Volume 3, Issue 12, December 2015.

[65] Park M. G.: RAMS management of railway systems – Integration of RAMS managements into railway system engineering, Phd Thesis, University of Birmingham, School of Civil Engineering, College of Engineering and Physical Sciences, August 2003.

[66] Braband J.: Rapid Risk Assessment of Technical Systems in Railway Automation, *Proceedings of the Australian System Safety Conference (ASSC)*, Vol. 145, 2012.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

- [67] BRAKES AND SAFETY- SAB WABCO FACTORY, FAIVELEY TRANSPORT.
- [68] Cătălin Cruceanu: „Train Braking“, Univerziteta POLITEHNICA iz Bukurešt, Romania.
- [69] Adam Beagles: “Concluding Technical Report”, Designing The freight vehicle – Track system for higher delivered tonnage with improved availability at reduced cost.
- [70] Rakesh Chandmal Sharma, Manish Dhingra i Rajeev Kumar Pathak: “Braking Systems in Railway Vehicles”, 2015.
- [71] APPLICATIONS Freight Cars | Locomotives | Passenger Coaches, Knorr-Bremse.
- [72] REALIZING SYSTEM SYNERGIES, Knorr-Bremse.
- [73] Westinghouse, časopis, 2011.
- [74] S. Salim Malik: “RAILWAY WAGON BRAKING SYSTEM”, prezentacije, KSRM COLLEGE OF ENGINEERING, Kadapa, India.
- [75] Northern Railway Carriage Wagon Jagadhri Workshop (A Unit Of Indian Railway).
- [76] Luca Pugi, Alessandro Palazzolo, Paolo Presciani, Duccio Fioravanti: “Simulation and optimization of railway pneumatic braking system”.
- [77] Indiske železnice: “Handbook on Air Brake System of Freight Stock”, CAMTECH 2011-12/M, 2012.
- [78] L.Pugi, A.Palazzolo i D.Fioravanti: „Simulation of railway brake plants: an application to SAADKMS freight wagons“, 2008.
- [79] AIR BRAKE PRINCIPLES AND SPECIFIC EQUIPMENT, From Original Operating Department Training Manual - 1974
- [80] B. SATHISH KUMAR: “Reliability Study Of Distributor Valve And Availability Of Spares For Equipment And Inventory Control”, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 2016.
- [81] A. Ramana Chary, MD Ezaz Khan: “DESIGN AND ANALYSIS OF TRAIN BREAK SYSTEM”, Department of Mechanical Engineering, MOTHER THERESSA COLLEGE OF ENGINEERING & TECHNOLOGY, Peddapalli, Karimnagar, TS, India, 2014.
- [82] Samridha Shil: “Operation and Maintenance of Air Brake Systems for Railways”, PROJECT REPORT ON AIR BRAKE SYSTEM & OTHERS DONE, 2015.
- [83] Tasko SMILESKI, Erdinč RAKIPOVSKI, Miodrag MILČIĆ: “Comparasion Of Classical Brake For Freight Wagons With The New Integrated Bogie Brake Ibb 10 For Freight Wagons 17”, XVII RAILCON '16 SCIENTIFIC - EXPERT CONFERENCE OD RAILWAYS, October 13-14, 2016, Niš, Serbia.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

[84] D.Milčić, E. Rakipovski, T. Smileski, M. Milčić, "RELIABILITY ANALYSIS OF DISTRIBUTOR VALVE OF THE AIR BRAKE SYSTEM, 12th INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACCOMPLISHMENTS IN ELECTRICAL AND MECHANICAL ENGINEERING AND INFORMATION TECHNOLOGY", DEMI 2015, May 29-30, 2015, Banja Luka, pp. 825-830.

[85] Erdinč R., Tasko S., Miodrag M.: "Model for Analysis and Reliability Calculation of Distributor Valve", The 3rd International Conference Mechanical Engineering in XXI Century, September 17-18, 2015, Niš, Serbia.

[86] Vranić Stanko: "Kočenje Vlakova", Tvornica željezničkih vozila GREDELJ d.o.o., Zagreb, 2000.

[87] Todorović J., Zelenović D.: *Efikasnost sistema u mašinstvu*, Naučna knjiga, Beograd, 1983

[88] Petrić J.: *Pouzdanost*, FON, Beograd, 1972

[89] Erdinč R., Tasko S., Miodrag M.: "Model for Analysis and Reliability Calculation of Distributor Valve", The 3rd International Conference Mechanical Engineering in XXI Century, September 17-18, 2015, Niš, Serbia.

[90] A.M. Polovko: *Fundamentals of Reliability theory*. Academic, 1968.

[91] Vujanović N.: *Teorija pouzdanosti tehničkih sistema*, Beograd, 1990

[92] Milčić D., "Pouzdanost Masinskih Sistema-1.izd.-Niš: Masinski fakultet, 2005

[93] Čatić D., *Metode pouzdanosti mašinskih sistema*, Univerzitet u Kragujevcu, Mašinski fakultet u Kragujevac, 2006.

[94] Lazor J. D., *Failure mode and effects analysis (FMEA) and Fault tree analysis (FTA) (Success tree analysis – STA)*, In *Handbook of Reliability Engineering and Management*, McGraw-Hill, 1995, pp. 6.1-6.46. ISBN 0- 070012750-6.

[95] B.Pejović, G.Tadić, M. Jotanović, M. Tomić, V. Mičić, "Jedan model za analizu i proračun pouzdanosti primenjen na primeru iz hemijske industrije", *Hemiska idustrija* Vol. 64(2), pp.139-148, 2010.

[96] *Design for Six Sigma*, Yang Kai, Basem El-Haik, Inc.2003

[97] EN 15355 Railway applications - Braking - Distributor valves and distributor-isolating devices

[98] Milovan S., Ružica S., Sreten Đ.: "APPLICATION OF FMEA FOR ESTIMATION OF RISK IN FREIGHT WAGONS MAINTENANCE", XVII RAILCON '16 SCIENTIFIC - EXPERT CONFERENCE OD RAILWAYS, October 13-14, 2016, Niš, Serbia.

ISTRAŽIVANJE I UNAPREĐENJE KONSTRUKCIJE RASPOREDNIKA KOČIONOG
SISTEMA ZA TERETNE VAGONE SA ASPEKTA POUZDANOSTI

[99] E. Rakipovski, D. Milčić: "Removing of releasing problem of freight cars operating in SS regime with installing of BY/PASS", XVI RAILCON '14 SCIENTIFIC - EXPERT CONFERENCE OF RAILWAYS, October 09-10, 2014, Niš, Serbia.

[100] E. Rakipovski, D. Milčić: "Reliability analysis of distributor valve of air brake system for freight wagon, Facta Universitatis, Series: Working and Living Environmental Protection, Published Vol. 16, No 2, 2019, pp.95-106

[101] E. Rakipovski, D. Milčić: "VALIDATION TESTING OF INNOVATIVE BRAKE SYSTEM FOR FREIGHT WAGONS", Transactions of FAMENA, published by Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, University of Zagreb, Croatia.

[102] E. Rakipovski, Z. Momčilović, N. Brdović, M. Dunjić: "Testing of railway distributor valve with test bench type DISTRITESTER 1018TR", XVIII RAILCON '18 SCIENTIFIC - EXPERT CONFERENCE OF RAILWAYS, October 11-12, 2018, Niš, Serbia.