

საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტრო
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ილია კამკამიძე

სატრანსპორტო საშუალებების ელექტრომომარაგების სისტემის
საექსპლუატაციო რეჟიმების ოპტიმიზაცია.

ინჟინერიის დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარმოდგენილი

დ ი ს ე რ ტ ა ც ი ა

მიმართულება: 04-„ინჟინერია“

სამეცნიერო ხელმძღვანელი:
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის
სრული პროფესორი თეიმურაზ კოჩაძე

ქუთაისი, 2011

შინაარსი

შინაარსი	2
შესავალი.....	5
1. სატრანსპორტო საშუალების ელექტრომომარაგების სისტემის შესახებ გამოქვეყნებული შრომების მოკლე მიმოხილვა. კვლევის მიზანი და ამოცანები	11
1.1. არსებული ელექტრომომარაგების სისტემების კვლევისადმი მიძღვნილი შრომების მიმოხილვა და მათი კრიტიკული ანალიზი.....	11
1.2. ელექტრომომარაგების სისტემის ძირითადი ელემენტების კვლევისადმი მიძღვნილი შრომების მიმოხილვა	17
1.2.1. არსებული ძაბვის რეგულიატორების შესახებ გამოქვეყნებული შრომების მიმოხილვა.....	17
1.2.2. სატრანსპორტო საშუალების გენერატორების ძირითადი ტექნიკური და სექსპლუატაციო პარამეტრების ანალიზი.....	23
1.2.3. სასტარტერო მჟავა აკუმულატორების ძირითადი ტექნიკური და საექსპლუატაციო პარამეტრების ანალიზი	28
1.3. ელექტრომომარაგების სისტემის დატვირთვის მახასიათებლების კვლევის შესახებ გამოქვეყნებული შრომების მიმოხილვა	36
1.4. არსებული ელექტრომომარაგების სისტემებში საექსპლუატაციო რეჟიმების და ენერგობალანსის განსაზღვრისადმი მიდგომის ძირითადი საკითხების მიმოხილვა... 	40
1.5. პირველი თავის მოკლე დასკვნები	45
2. ელექტრომომარაგების სისტემის საექსპლუატაციო რეჟიმების თეორიული კვლევის შედეგები	47
2.1. ელექტრომომარაგების სისტემის ენერგოეფექტურობის კრიტერიუმების ჩამოყალიბება.....	47
2.1.1. გენერატორის ენერგოეფექტურობის გაზრდის ძირითადი კრიტერიუმები	47
2.1.2. აკუმულატორთა ბატარეას ენერგოეფექტურობის გაზრდის ძირითადი კრიტერიუმები.....	56
2.2. ელექტრომომარაგების სისტემის ხანგამძლეობის გაზრდის კრიტერიუმების ჩამოყალიბება.....	61
2.2.1. გენერატორის ხანგამძლეობის გაზრდის ძირითადი კრიტერიუმები.....	61
2.2.2. აკუმულატორთა ბატარეას ხანგამძლეობის გაზრდის ძირითადი კრიტერიუმები.....	64
2.2.3. ელექტროენერჯის მომხმარებელთა ხანგამძლეობის გაზრდის ძირითადი კრიტერიუმები.....	72

2.3.	ენერგოეფექტურობისა და ხანგამძლეობის კრიტერიუმების ურთიერთშეთანხმების ძირითადი პრინციპები, ოპტიმიზაციის ამოცანა.....	74
2.4.	სისტემის საექსპლუატაციო რეჟიმების ფორმულირება.....	77
2.5.	ელექტრომომარაგების სისტემაზე მოქმედი გარეგანი შემაშვოთებელი ზემოქმედებების ფორმირება	81
2.6.	თეორიული კვლევის შედეგები.....	93
2.6.1.	დადებითი ენერგობალანსის არსებობის აუცილებელი პირობა, ოპტიმალური საშუალო სიჩქარის განსაზღვრა	93
2.6.2.	აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის ოპტიმალური დროის შუალედის განსაზღვრა.....	98
2.6.3.	ელექტრომომარაგების სისტემის ენერგოეფექტურობის და ხანგამძლეობის შეფასება	100
2.7.	მეორე თავის მოკლე დასკვნები	108
3.	ელექტრომომარაგების სისტემის თეორიული და პროგრამული კვლევის შედეგები	110
3.1.	უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის ფუნქციონალური ბლოკ სქემა.....	110
3.2.	უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის პრინციპიალური ელექტრონული სქემის თეორიული კვლევის შედეგები	116
3.2.1.	უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის მოდულების პრინციპიალური ელექტრონული სქემების თეორიული კვლევის შედეგები	116
3.2.2.	უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის სრული ელექტრონული სქემის თეორიული კვლევის შედეგები.....	128
3.3.	უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის დაცვის და მართვის სისტემები....	131
3.4.	ელექტრომომარაგების სისტემის ვირტუალური მოდელის პროგრამული კვლევის შედეგები	136
3.4.1.	ძაბვის რეგულიატორის მოდულების, ვირტუალური მოდელების, პროგრამული კვლევის შედეგები.....	136
3.4.2.	ელექტრომომარაგების სისტემის ვირტუალური მოდელის პროგრამული კვლევის შედეგები.....	145
3.5.	თეორიული კვლევის შედეგების შედარება, ვირტუალურ გარემოში წარმოებული, პროგრამული კვლევის შედეგებთან	147
3.6.	მესამე თავის მოკლე დასკვნები	152
4.	ელექტრომომარაგების სისტემის, რეალურ გარემოში ლაბორატორიული კვლევის შედეგები.....	153
4.1.	პროგრამა, მეთოდика, მოწყობილობა და აპარატურა ექსპერიმენტული კვლევების შესრულებისათვის	153

4.1.1. თეორიული და პროგრამული კვლევებისათვის გამოყენებული, პროგრამები და მეთოდური უზრუნველყოფა.....	153
4.1.2. ლაბორატორიული კვლევებისათვის გამოყენებული მოწყობილობა და მეთოდური უზრუნველყოფა.....	156
4.2. ელექტრომომარაგების სისტემის ლაბორატორიული კვლევის შედეგები	159
4.3. ლაბორატორიული კვლევის შედეგების შედარება, ვირტუალურ გარემოში წარმოებული, პროგრამული კვლევის შედეგებთან	162
4.4. გენერატორის აღზნების დენის ძალის ოპტიმიზაციის ექსპერიმენტალური დადასტურება.....	165
4.5. ლაბორატორიული კვლევის შედეგად მიღებული ენერგოეფექტურობის და ხანგამძლეობის მაჩვენებლების შეფასება.....	167
4.6. მეოთხე თავის მოკლე დასკვნები.....	172
ძირითადი დასკვნები.....	174
გამოყენებული ლიტერატურა	176
დანართები	185
დანართი 1.....	185
დანართი 2.....	201
დანართი 3.....	206
დანართი 4.....	211
დანართი 5.....	221
დანართი 6.....	224
დანართი 7.....	227

შესავალი

თემის აქტუალობა. თანამედროვე პირობებში სატრანსპორტო მრეწველობის განვითარება დაკავშირებულია მთელი რიგი დარგების განვითარებაზე. მათ შორის ერთ-ერთი მთავარი ადგილი უკავია ელექტროტექნიკური და ელექტრონული მრეწველობის განვითარებას. ელექტროტექნიკური და ელექტრონული მრეწველობის განვითარება და თანამედროვე ელექტრონული ტექნოლოგიების დახვეწა, სულ უფრო მეტად გვაძლევს იმის საშუალებას, რომ თანამედროვე სატრანსპორტო საშუალებებზე გამოვიყენოთ, უახლესი ელექტრონული მოწყობილობები და ელექტროტექნიკური აგრეგატები.

სატრანსპორტო საშუალებების ელექტრომოწყობილობის სისტემა რთული სისტემაა, რომელიც უზრუნველყოფს, ძრავის და ტრანსმისიის მუშა პროცესების უზრუნველყოფას, მოძრაობის უსაფრთხოებას, სხვადასხვა მექანიზმებისა და აგრეგატების ავტომატიზაციას, ნავიგაციას, კომფორტს და მძღოლის შრომის გაუმჯობესებას. რაც უფრო ვითარდება ელექტროტექნიკური და ელექტრონული სისტემები, მით უფრო მეტი ელექტროტექნიკური აგრეგატი და ელექტრონული სისტემა ყენდება თანამედროვე სატრანსპორტო საშუალებებზე. აგრეგატების და სისტემების ზრდა იწვევს ელექტროენერგიაზე მოთხოვნილების ზრდას. ელექტროენერგიაზე მოთხოვნილების ზრდასთან ერთად იზრდება სატრანსპორტო საშუალებებში გამოყენებული გენერატორების სიმძლავრეები. რომელებიც უფრო მეტ ენერგიას მოითხოვენ შიგაწვის ძრავიდან და შესაბამისად იზრდება საწვავის დანახარჯები ელექტროენერგიის მიღებაზე.

სატრანსპორტო საშუალებებში ელექტროენერგიაზე მზარდი მოთხოვნის პირობებში, სატრანსპორტო საშუალებებში გამოყენებულ ელექტრომომარაგების სისტემებს წაყენება შემდეგი ძირითადი მოთხოვნები: გენერატორის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერგიის ნომინალური ძაბვის და აკუმულატორთა ბატარეას დასამუხტი ძაბვის მნიშვნელობა მდებარეობდეს დასაშვებ ზღვრებში, უზრუნველყოფილ იქნას ელექტრომომარაგების სისტემის, ელემენტების და აგრეგატების საიმედოობა და ხანგამძლეობა. ამ მოთხოვნების გარდა, ძალიან დიდი ყურადღება ეთმობა, ელექტროენერგიის მომხმარებლებზე მიწოდებული

ელექტროენერჯის ხარისხს და მისი გამოყენების ეფექტურობას. რადგან თავიდან იქნას აცილებული სავალალო შედეგები, რომელიც შეიძლება გამოწვეული იყოს უხარისხო ელექტროენერჯის მიწოდებით ან ელექტროენერჯის წყვეტით.

საკითხისადმი ასეთი მიდგომა ახალია საავტომობილო ელექტრომომწობილობის საექსპლუატაციო პარამეტრების შესწავლის საქმეში და ატარებს სრულიად განსხვავებულ ხასიათს. აქედან გამომდინარე აღნიშნული თემა, რომელიშიც განიხილილია სატრანსპორტო საშუალებების ელექტრომომარაგების სისტემის ენერგოეფექტურობის და ელექტროენერჯის ხარისხის, ელექტრომომარაგების სისტემის ელემენტების და აგრეგატების საიმედოობის და ხანგამძლეობის გაზრდის საკითხებს, წარმოადგენს მეტად აქტუალურს.

კვლევის საგანი და პრობლემატიკა. კვლევის საგანს წარმოადგენს, სატრანსპორტო საშუალებების ელექტრომომარაგების სისტემები. ხოლო პრობლემა მდგომარეობს შემდეგში: არსებული ელექტრომომარაგების სისტემების ძაბვის რეგულიატორები სრულად ვერ უზრუნველყოფენ სისტემის ელემენტების საექსპლუატაციო რეჟიმების დაცვას და გამომუშავებულ ელექტროენერჯიაზე გაზრდილი ხარისხის დაკმაყოფილებას.

კვლევის მიზანი და ამოცანები. ჩატარებული სამუშაოს კვლევის მიზანს წარმოადგენს სატრანსპორტო საშუალებების ელექტრომომარაგების სისტემის საანგარიშო, ვირტუალური და ექსპერიმენტალური კვლევის მეთოდების დამუშავება. ძაბვის რეგულიატორის უნიფიკაციის საშუალებით, ელექტრომომარაგების სისტემის ენერგოეფექტურობისა და სისტემის ელემენტთა ხანგამძლეობის გაზრდა. ამ მიზნის მისაღწევად გადაიჭრა შემდეგი კვლევის ამოცანები:

- ელექტრომომარაგების სისტემის საექსპლუატაციო რეჟიმების ფორმულირება და მისი კვლევა. ენერგოეფექტურობის და სისტემის ელემენტების ხანგამძლეობის კრიტერიუმების დადგენა. კრიტერიუმების ურთიერთშეთანხმების ძირითადი პრინციპების მიხედვით, ოპტიმიზაციის ამოცანის დასმა;
- ელექტრომომარაგების სისტემის ძირითადი ელემენტების პარამეტრების ოპტიმიზაციის ჩატარების მეთოდის დამუშავება. სისტემაზე მოქმედი დატვირთვის ალბათური მახასიათებლების კვლევა.

- ვირტუალური მოდელირება, პროგრამული გაანგარიშება და კვლევა;
- უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის საანგარიშო მოდელის შექმნა. მისი ხანგამძლეობის გაზრდის და საიმედოობის ამაღლების მეთოდების შემუშავება, ელექტრონული სქემის დაცვის და რეზერვირების სისტემების გამოყენებით.
- გენერატორის და აკუმულატორთა ბატარეას პრაქტიკული შერჩევის მეთოდიკის დამუშავება;
- აკუმულატორთა ბატარეას სულფატაციის ხარისხის და ხანგამძლეობის შეფასების მეთოდიკის დამუშავება;
- ელექტროენერჯის მოხმარებელთა ხანგამძლეობის გაზრდის ძირითადი კრიტერიუმების ჩამოყალიბება. მოხმარებული სიმძლავრის ცვალებადობის ალბათური კანონზომიერების დადგენა;
- ელექტროენერჯის გამომუშავებაზე საწვავის დანახარჯების გამოთვლის მეთოდიკის დამუშავება. ეკონომიკური ეფექტის შეფასების კრიტერიუმების ჩამოყალიბება;

კვლევის მეთოდები. კვლევის მიზნის მისაღწევად გამოყენებულია: ავტომობილის ელექტრომომწობილობის თეორია, კონსტრუქცია ანგარიშის, ავტომობილის ელექტრომომწობილობის გამოცდის და დიაგნოსტიკის, ელექტროტექნიკის, ელექტრონიკის და მიკროელექტრონიკის თეორიის, ავტომატური მართვისა და რეგულირების თეორიის, ექსპერიმენტების მეცნიერული დაგეგმვის, მათემატიკური მოდელირების, ვირტუალური პროგრამული მოდელირების, პროგრამული კვლევებისა, ექსპერიმენტალური კვლევებისა და გაზომვების თანამედროვე მეთოდები.

კვლევის ობიექტი. კვლევის ობიექტს წარმოადგენს სატრანსპორტო საშუალებების ელექტრომომწობილობა, კერძოდ ელექტრომომარაგების სისტემა და ამ სისტემაში შემავალი “უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორი“, გენერატორი და აკუმულატორთა ბატარეა.

სამეცნიერო სიახლე მდგომარეობს იმაში რომ:

- შემოღებულია ელექტრომომარაგების სისტემის საექსპლუატაციო პარამეტრების ანალიზისათვის, ციკლების და ზეციკლების პერიოდების სტრუქტურა;

- შემოთავაზებულია ელექტრომომარაგების სისტემის ენერგოეფექტურობის და სისტემის ელემენტების ხანგამძლეობის ძირითადი კრიტერიუმები და მათი ურთიერთშეთანხმების ძირითადი პრინციპები;
- ჩამოყალიბებულია საანგარიშო მოდელის შემთხვევითი პროცესების მახასიათებლების სტატისტიკური შეფასების მეთოდიკა;
- დამუშავებულია გენერატორის განივ იმპულსური რეგულირების შესაძლებლობა ელექტრომომარაგების სისტემებში;
- შემოთავაზებულია აკუმულატორთა ბატარეას, მართვადი იმპულსური დამუხტვის და შენახვის რეჟიმის გამოყენება ექსპლუატაციის პირობებში;
- დამუშავებულია აკუმულატორთა ბატარეას სულფატაციის ხარისხის და ხანგამძლეობის შეფასების კრიტერიუმები;
- დამუშავებულია და გამოკვლეულია „უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის“ ელექტრონული პრინციპიალური სქემა და ფიზიკური მოდელი.

სამუშაოს პრაქტიკული ღირებულება. სამუშაოს შედეგების პრაქტიკული ღირებულება მდგომარეობს იმაში, რომ ჩატარებულია ელექტრომომარაგების სისტემის საექსპლუატაციო რეჟიმების ოპტიმიზაციის მეთოდიკა, ენერგოეფექტურობისა და სისტემის ელემენტთა ხანგამძლეობის კრიტერიუმების ურთიერთშეთანხმების პრინციპების მიხედვით. შემოთავაზებულია სატრანსპორტო საშუალების ელექტრომომარაგების სისტემის უნიფიცირებული ელექტრონული ძაბვის რეგულიატორი, რომელიც დაცულია საქპატენტის დადებითი გადაწყვეტილებებით სასარგებლო მოდელზე. შექმნილია ვირტუალური, პროგრამული კვლევის მეთოდიკა უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორისათვის. დამზადებულია უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის საცალო სამრეწველო მოქმედი ნიმუში. ავტომობილის ელექტრომომწობილობის გამოსაცდელი სტენდი, რომელზედაც დაგეგმილია ლაბორატორიული სამუშაოების ჩატარება ელექტრომომწობილობის საგნის სასწავლო პროცესში.

დაცვაზე გამოტანილი დებულებები:

- ელექტრომომარაგების სისტემის საექსპლუატაციო რეჟიმების ფორმულირება, სისტემის ძირითადი პარამეტრების ანალიზისათვის. ციკლების და ზეციკლების პერიოდების სტრუქტურა. ძირითადი ელემენტების პარამეტრების ოპტიმიზაცია;
- ელექტრომომარაგების სისტემის ენერგოეფექტურობის და სისტემის ელემენტების ხანგამძლეობის ძირითადი კრიტერიუმების შეფასების მეთოდიკა. პროგრამული გაანგარიშება და კვლევა;
- ენერგოეფექტურობისა და ხანგამძლეობის ურთიერთშეთანხმების ძირითადი პრინციპების დადგენა. ოპტიმიზაციის ამოცანა;
- მათემატიკური და ვირტუალური მოდელი, ელექტრომომარაგების სისტემის ანალიზური და დატვირთვის ალბათური მახასიათებლების კვლევისათვის, ციკლებისა და ზეციკლების პერიოდების მიხედვით;
- უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის, საანგარიშო მოდელი, პრინციპიალური სქემა და სამრეწველო ნიმუში. ხანგამძლეობის გაზრდის და საიმედოობის ამაღლების მეთოდები. სქემის დაცვის და რეზერვირების სისტემების გამოყენებით;
- აკუმულატორთა ბატარეასათვის შენახვის რეჟიმის გამოყენება ელექტრომომარაგების სისტემებში. სულფატაციის ხარისხის და ხანგამძლეობის შეფასების მეთოდები. გენერატორისა და აკუმულატორთა ბატარეას პრაქტიკული შერჩევის მეთოდიკა;
- ელექტროენერგიის მოხმარებელთა ხანგამძლეობის გაზრდის ძირითადი კრიტერიუმების ჩამოყალიბება და მოხმარებული სიმძლავრის ცვალებადობის ალბათური კანონზომიერების დადგენა;
- ელექტროენერგიის გამომუშავებაზე საწვავის დანახარჯების გამოთვლის მეთოდიკა. ეკონომიკური ეფექტის შეფასების კრიტერიუმები;

სამუშაოს შედეგების საიმედოობა და დასაბუთება. თეორიული, ვირტუალური პროგრამული და თანამედროვე გამოზომი საშუალებებით ჩატარებული ლაბორატორიული გამოცდებისას მიღებული შედეგების ცდომილებების შეფასებამ გვიჩვენა, რომ თეორიულ, ვირტუალურ გარემოში და რეალურ პირობებში მიღებული შედეგები სარწმუნო სიზუსტით ემთხვევა ერთმანეთს.

სამუშაოს აპრობაცია. სადისერტაციო ნაშრომის ძირითადი დებულებები მოხსენებული და განხილული იყო შემდეგ სამეცნიერო კონფერენციებზე:

ა) საქართველოს პირველი სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია „ადამიანი-გზა-ტრანსპორტი-ეკოლოგია-მოდრაობის უსაფრთხოება“ (ქუთაისი-1996 წელი).

ბ) სატრანსპორტო სისტემებისადმი მიძღვნილი პირველი საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია „ინტერტრანსი 2000“ (ქუთაისი 2000 წელი).

გ) საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია „სუბტროპიკული ზონის აგრარული პრობლემები“ (ქუთაისი 2005 წელი).

დ) საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია “ენერგეტიკა: რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები“ (ქუთაისი 2010 წელი).

აგრეთვე ძირითადი დებულებები განხილული იყო „აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის“. „ტრანსპორტისა“ და „ელექტროტექნიკური“ დეპარტამენტის სხდომებზე 2009-2010 წლებში.

პუბლიკაცია. სადისერტაციო თემის გარშემო გამოქვეყნებულია 7 ნაშრომი და მიღებულია “საქპატენტის“ 1 პატენტი სასარგებლო მოდელზე.

სამუშაოს სტრუქტურა და მოცულობა. სადისერტაციო ნაშრომი შედგება: შესავლისაგან, ოთხი თავისაგან, ძირითადი დასკვნებისაგან და დანართებისაგან. სამუშაო შეიცავს A4 ფორმატის ნაბეჭდი ძირითადი ტექსტის 175 გვერდს, დანართების 55 გვერდს, 58 ცხრილს, 84 ნახაზს და 120 გამოყენებული ლიტერატურის ჩამონათვალს.

1. სატრანსპორტო საშუალების ელექტრომომარაგების სისტემის შესახებ გამოქვეყნებული შრომების მოკლე მიმოხილვა. კვლევის მიზანი და ამოცანები

1.1. არსებული ელექტრომომარაგების სისტემების კვლევისადმი მიძღვნილი შრომების მიმოხილვა და მათი კრიტიკული ანალიზი.

სატრანსპორტო საშუალების ელექტრომოწყობილობის აგრეგატების და ელემენტების სიმრავლე, თანდათან ართულებს მათი ელექტროენერგიით მომარაგების საკითხს. რადგან თანამედროვე მიკროპროცესორულ ციფრულ ტექნიკას, რომელიც ფართოდ იკიდებს ფეხს სატრანსპორტო საშუალებების ელექტრულ ქსელში, ესაჭიროება უფრო საიმედო და მაღალი ხარისხის ელექტროენერგიით მომარაგება. ამიტომ ელექტრომომარაგების სისტემებს, არსებული სტანდარტული პირობების გარდა, დღევანდელ სიტუაციაში მოეთხოვებათ უფრო მეტი საიმედოობა და გამომუშავებული ელექტროენერგიის ხარისხის უპრეცედენტო მაჩვენებელი. დღევანდელი სატრანსპორტო საშუალებების სისტემების და აგრეგატების გამართული მუშაობა, სულ უფრო მეტად არის დამოკიდებული ელექტრონულ მოწყობილობებზე. კერძოდ, ისეთებზე როგორცაა: დამუხრუჭების ავტომატური ბლოკირების, საწვავის ეკონომიზერის, საჭის მართვის მექანიზმის, ავტომატური გადაცემათა კოლოფის, დიფერენციალის მართვის და ბლოკირების, მიკროკლიმატის და კომფორტის უზრუნველმყოფი ელექტრონული სისტემები.

ამ სისტემების საიმედოობის მახასიათებელი განსაზღვრავს მთლიანობაში სატრანსპორტო საშუალებების საიმედოობის მახასიათებელს. ხოლო ამ სისტემების საიმედოობის მახასიათებელი და საექსპლუატაციო რესურსი, პირდაპირ კავშირშია ელექტრომომარაგების სისტემის გამართულ ფუნქციონირებაზე და ხარისხიანი ელექტროენერგიის გამომუშავებაზე.

ელექტრომომარაგების სისტემის ექსპლუატაცია ხორციელდება. გენერატორის როტორის ბრუნვის ცვალებადობის, მომხმარებელთა ცვალებადი დატვირთვის და ცვალებადი ტემპერატურის პირობებში. ელექტრომომარაგების სისტემაში ჩართული ძაბვის რეგულიატორი უზრუნველყოფს, გენერატორის აღზნების ხვიის წრედში დენის

ძალის რეგულირებას, იმისათვის რომ გენერატორიდან მიღებული ძაბვის მნიშვნელობა შენარჩუნდეს დასაშვებ ზღვრებში. რადგან ელექტრული ენერჯის მომხმარებლები ნორმალურად ფუნქციონირებდნენ და აკუმულატორთა ბატარეას დასამუხტი ძაბვა მდებარეობდეს ნომინალურ ზღვრებში [4].

საავტომობილო ელექტრომომარაგების სისტემების განვითარების და გაუმჯობესების მიზნით, მუშაობა უნდა წარიმართოს შემდეგი მიმართულებებით:

1) შემცირდეს ელექტრომომარაგების სისტემის ფუნქციონირებაზე დახარჯული ელექტროენერჯია,

2) გაიზარდოს ელექტროენერჯის პირველადი წყაროდან (გენერატორიდან) მიღებული ელექტროენერჯის გამოყენების მაჩვენებელი,

3) გაიზარდოს აკუმულატორთა ბატარეას, გენერატორის და ძაბვის რეგულიატორის ხანგამძლეობა და ამალდეს მათი საიმედოობა.

ამ მიზნის მისაღწევად ერთ-ერთ ძირითად გზას წარმოადგენს ელექტრომომარაგების სისტემების საექსპლუატაციო რეჟიმების ოპტიმიზაცია, რომელიც შესაძლებელია ძაბვის რეგულიატორის ფუნქციონალური შესაძლებლობების გაზრდით, რადგან მან უზრუნველყოს ზემოთ ჩამოთვლილი მიმართულებები.

მუშა რეჟიმების ოპტიმიზაცია ნელსვლიანი მძლავრი გენერატორის გამოყენებით, გარკვეულწილად აუმჯობესებს მომხმარებლების ელექტროენერჯით მომარაგების საკითხს. ამ დროს მაღალია გენერატორის მიერ ელექტროენერჯის გამომუშავების მაჩვენებელი, იზრდება აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტულობის ხარისხი და აგრეთვე მცირდება უარყოფითი ენერგობალანსის მოხდენის ალბათობა [50].

კვლევის შედეგად მიღებული შედეგების მიხედვით დადგინდა გენერატორის როტორის ის მინიმალური ბრუნთა რიცხვი, რომლის დროსაც გენერატორს არ შეუძლია ელექტროენერჯის გამომუშავება. ამისათვის გენერატორის კონსტრუქციული ცვლილების ხარჯზე, გენერატორის როტორის ბრუნთა რიცხვი შესაბამისობაში იყო მოყვანილი, შიგაწვის ძრავის უქმი სვლის რეჟიმის შესაბამის ბრუნთა რიცხვთან. დადგენილი იყო მინიმალური გადაცემათა რიცხვის ნიშნული, შიგაწვის ძრავისა და გენერატორს შორის არსებული ამძრავი ღვედური გადაცემისათვის [50]. მაგრამ არ იყო გათვალისწინებული გენერატორის როტორის მაქსიმალურ ბრუნთა რიცხვზე

გენერატორის მოქმედება. გენერატორის სიმძლავრის გაზრდამ გამოიწვია მისი თვითღირებულების ზრდა და დადებითი ენერგობალანსის პირობებში ენერჯის დანაკარგების გაზრდა. ეს მიდგომა უფრო ხელსაყრელია იმ ავტონომიური ელექტრომომარაგების სისტემებისათვის, სადაც შიგაწვის ძრავის ბრუნთა რიცხვის ცვალებადობა არ მერყეობს ფართო დიაპაზონში.

არსებული პრობლემის გადაწყვეტის საქმეში, თითქმის ანალოგიურ მიდგომას წარმოადგენს, დაბალსვლიანი ტორსული გენერატორის გამოყენება ელექტრომომარაგების სისტემაში. ამ შემთხვევაშიც ადგილი აქვს ენერგოეფექტურობის გაზრდას, გენერატორის დაბალსვლიანობის უნარის გამო. რომლის დროსაც, შიგაწვის ძრავის მინიმალურ ბრუნთა რიცხვზე მუშაობისას გენერატორს შეუძლია ნომინალური სიმძლავრის გამომუშავება და მომხმარებლების ელექტრომომარაგება. ამ შემთხვევაშიც ნაკლებია უარყოფითი ენერგობალანსის მოხდენის ალბათობა და გაზრდილია აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტულობის ხარისხი [97]. მაგრამ აღნიშნულ ნაშრომში გათვალისწინებულია მხოლოდ ის პირობა, როცა შიგაწვის ძრავი მუშაობს დაბალ ბრუნთა რიცხვზე. არ არის განხილული მთელი რიგი საკითხებისა, რაც აუცილებლად უნდა უზრუნველყოს თანამედროვე ელექტრომომარაგების სისტემებმა და აქცენტი გადატანილია მხოლოდ სტაციონარული ელექტრომომარაგების ავტონომიურ სისტემებზე.

მომრავი ობიექტების ელექტრომომარაგების სისტემების განხილვის საქმეში თვალსაჩინო ადგილი უკავია ელექტროენერჯის დანაკარგების მინიმიზაციის საკითხს. რომლის დროსაც განხილულია ის ნიუანსები რაც წაყენება ელექტრომომარაგების სისტემებს. განხილულია ელექტროენერჯის დანაკარგების აღმოფხვრა ძრავის გაშვების პროცესში, ძაბვის რეგულიატორის გამორთვის ხარჯზე. აგრეთვე განხორციელებულია აღზნების ძაბვის გამორთვა გენერატორისათვის შიგაწვის ძრავის მინიმალურ ბრუნთა რიცხვის დროს. აგრეთვე განხილულია გენერატორის დაცვა გადამეტაბვაზე, თვითშემზღვევის გამოყენების საშუალებით და მიღებულია აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის ოპტიმალური პირობები [47]. მაგრამ არ არის გათვალისწინებული აკუმულატორთა ბატარეას დასამუხტი ძაბვის დამოკიდებულება აკუმულატორის ელექტროლიტის ტემპერატურაზე, არამედ

მიღებულია მხოლოდ ძაბვის რეგულიატორზე მოქმედი ტემპერატურული ზემოქმედების გავლენა. რაც სრულად ვერ უზრუნველყოფს აკუმულატორის დასამუხტი ნომინალური ძაბვის დაცვას, ცივი კლიმატური პირობების დროს.

ელექტრომომარაგების სისტემებში განივ-იმპულსური რეგულიატორების გამოყენება, საშუალებას გვაძლევს, თავიდან ავიცილოთ მთელი რიგი უსიამოვნებები, რომლებიც გამოწვეულია გენერატორის გამომავალი ძაბვის პულსაციის მომატებით, გენერატორის როტორის მაღალი ბრუნთა რიცხვის პირობებში [46]. სტანდარტული სამრეწველო და ზოგიერთი ტიპის ძაბვის რეგულიატორები, რომლებიც განხილულია შრომებში [14,15,21,22,25,27,56,60,63,69,71,84,85,94,104]. გენერატორის გამომავალი ძაბვის რეგულირებას ახორციელებენ დისკრეტულ-პროპორციული იმპულსური რეგულირებით. რომლის დროსაც ძაბვის რეგულირების სიხშირე იცვლება გენერატორის როტორის ბრუნთა რიცხვის ცვლილებაზე დამოკიდებულებით. რაც უფრო მაღალია გენერატორის როტორის ბრუნთა რიცხვი, მით უფრო მეტია გენერატორის გამომავალი ძაბვის პულსაციის სიხშირე. ამ დროს აგრეთვე იმატებს დანაკარგები, გენერატორის ალგუნების ხვის ინდუქციური წინააღმდეგობის დაძლევაზე და ადგილი აქვს ენერჯის დანაკარგებს ალგუნების წრედში. აღნიშნული პრობლემის გადასაჭრელად გამოყენებულია გენერატორის გამომავალი ძაბვის რეგულირება განივ-იმპულსური რეგულიატორის საშუალებით [46,95].

გენერატორის გამომავალი ძაბვის რეგულირება განივ-იმპულსური რეგულიატორებით, საშუალებას გვაძლევს შევინარჩუნოთ რეგულირების მუდმივი ოპტიმალური სიხშირე, რომელიც უზრუნველყოფს ენერჯის დანაკარგების მინიმიზაციას გენერატორის ალგუნების წრედში. ხოლო რაც შეეხება გამომავალი ძაბვის პულსაციის სიხშირეს, იგი წარმოადგენს მუდმივ სიდიდეს და მისი ჩახშობა შესაძლებელია ვიწრო დიაპაზონის მქონე ფილტრის საშუალებით [46]. ამ დადებითი თვისებების გარდა აღნიშნულ ნაშრომში აგრეთვე გათვალისწინებულია გენერატორის გამომავალი ძაბვის თვითშეზღუდვის პრინციპი გადამეტაბვის თავიდან აცილების მიზნით. მაგრამ არ არის გათვალისწინებული აკუმულატორთა ბატარეას დასამუხტი ძაბვის დამოკიდებულება აკუმულატორთა ბატარეას ელექტროლიტის ტემპერატურაზე. არამედ მიღებულია, იმ გარემო პირობების ტემპერატურული

დამოკიდებულება აკუმულატორთა ბატარეის დასამუხტ ძაბვაზე, რომელშიდაც მოთავსებულია აკუმულატორთა ბატარეა. არ არის გათვალისწინებული აკუმულატორთა ბატარეას ელექტროლიტის ინერციულობა, გარემოს ტემპერატურული ცვლილების მიმართ.

აკუმულატორთა ბატარეას ელექტროლიტის ტემპერატურული რეჟიმის გათვალისწინების მხრივ აღსანიშნავია სითბოს დამგროვებლის გამოყენება [83]. დამგროვებელს შესაძლებლობა აქვს დააგროვოს სითბო სატრანსპორტო საშუალების მუშაობის დროს, ხოლო შემდეგ დაბალი ტემპერატურის პირობებში, შიგაწვის ძრავის გაშვებამდე მოახდინოს აკუმულატორთა ბატარეას შეთბობა ნომინალურ $+(15\pm 20)^{\circ}$ ტემპერატურამდე. მართალია ამ სისტემის გამოყენებით შესაძლებელია დაბალი ტემპერატურული პირობების დროს აკუმულატორთა ბატარეამ, შეთბობის ხარჯზე გასცეს მაქსიმალური სიმძლავრე და გაუადვილდეს შიგაწვის ძრავის გაშვება. მაგრამ ადგილი აქვს ენერჯის დანაკარგებს აკუმულატორთა ბატარეას წინასწარი შეთბობის პრინციპის გამოყენებისას [83].

ელექტრომომარაგების სისტემების შემდგომმა გამოკვლევებმა ცხადყო რომ, ძაბვის რეგულიატორების მიერ აკუმულატორთა ბატარეას მოთავსების გარემოს ტემპერატურის დაცვა მთლიანად ვერ ითვალისწინებს აკუმულატორთა ბატარეას დასამუხტი ძაბვის მნიშვნელობის დამოკიდებულებას ტემპერატურაზე. რადგან ზამთრის პირობებში დახურული ჟალუზების დროს. შიგაწვის ძრავის განთავსების გარემოს ტემპერატურა იმატებს რამოდენიმე წუთში, ხოლო აკუმულატორთა ბატარეას ელექტროლიტის ტემპერატურა მხოლოდ, რამოდენიმე საათის სვლის შემდეგ. ამ მოსაზრებიდან გამომდინარე განხილულია სრულიად განსხვავებული ტიპის ძაბვის რეგულიატორის გამოყენების შესაძლებლობა. ეგერტწოდებული „თერმოკომპენსირებადი ძაბვის რეგულიატორი“, რომელიც სხვა დანარჩენი უპირატესობებთან ერთად ექსპლუატაციის პირობებში ითვალისწინებს უშუალოდ აკუმულატორის ელექტროლიტის ტემპერატურას [71].

აგრეთვე ასეთი პრინციპის მატარებელი ძაბვის რეგულიატორი არის განხილული ნაშრომში [25]. ოღონდ იმ განსხვავებით, რომ ამ შემთხვევაში საერთო სქემიდან გამორიცხულია ელექტრომაგნიტური რელე. ამის გამო ძაბვის რეგულიატორი რჩება

ჩართული მორიგე რეჟიმში, რომლის დროსაც მისი მოხმარებული დენის ძალა გაცილებით ნაკლებია აკუმულატორის თვითგანმუხტვის დენის ძალაზე [25].

ორივე ნაშრომი სხვა განხილული ნაშრომებისაგან იმით განსხვავდება, რომ მათში განხილული თერმოკომპენსირებადი ძაბვის რეგულიატორები შეიცავენ თერმოელემენტებს, რომლებიც ითვალისწინებენ უშუალოდ აკუმულატორთა ბატარეას ელექტროლიტის ტემპერატურას მისი დამუხტვის დროს. განსხვავება ამ ორ ნაშრომს შორის ის არის რომ, პირველში [71] თერმოგადამწოდი დამზადებულია ჩვეულებრივი მცირე გაბარიტებიანი, მიმდევრობით ჩართული სილიციუმის დიოდებისაგან, ხოლო მეორეში [25] გადამწოდი შესრულებულია ძვირადღირებული სტაბილიზატორებისაგან, ორივე შემთხვევაში თერმოგადამწოდები მოთავსებულია აკუმულატორთა ბატარეას კორპუსზე, ძაბვის რეგულიატორის კორპუსის გარეთ და აღწერს უშუალოდ აკუმულატორთა ბატარეას ელექტროლიტის ტემპერატურას [25,71].

ორივე შემთხვევაში ელექტრომომარაგების სისტემების უარყოფით მხარეს წარმოადგენს, გენერატორის გამომავალი ძაბვის მომატება, გარემო ტემპერატურის კლებასთან ერთად. ამიტომ ამ დროს შესაძლებელია მწყობრიდან გამოვიდეს ელექტროხელსაწყოები და აპარატები. მათ შორის აღსანიშნავია განათების ფარები, რომლებიც იმყოფებიან დაბალი ტემპერატურის პირობებში და ჩართვის პროცესში მათ მიეწოდებათ გენერატორიდან გამომავალი ძაბვის მაღალი მნიშვნელობა. განათების ფარების ამ პირობებით ჩართვის პროცესში იზრდება მათი მწყობრიდან გამოსვლის ალბათობა, მუშა ელემენტის დაბალი შიგა კუთრი წინაღობის გამო. მართალია შესაძლებელია მათ დაუყენდეს დამცავი სისტემები, მაგრამ ეს ეკონომიკურად გაუმართლებელია.

ამ მოსაზრებებიდან გამომდინარე, ელექტრომომარაგების სისტემებში თუ გავითვალისწინებთ აკუმულატორთა ბატარეას ელექტროლიტის ტემპერატურის დამოკიდებულებას მის დასამუხტ ძაბვაზე, მაშინ აუცილებელია განვახორციელოთ განმხოლოება ელექტროენერჯის მომხმარებლების წრედსა და აკუმულატორთა ბატარეას დასამუხტ წრედს შორის. რადგან ექსპლუატაციის პირობებში ელექტროენერჯის მომხმარებლები და აკუმულატორთა ბატარეას დასამუხტი ძაბვები განსხვავდებოდნენ ერთმანეთისაგან. მაგრამ ასეთი მიდგომა მიზანშეწონილია მხოლოდ

აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის პროცესში დადებითი ენერგობალანსის დროს. ხოლო უარყოფითი ენერგობალანსის პირობებში, როდესაც სისტემას ესაჭიროება როგორც გენერატორის ასევე აკუმულატორთა ბატარეას სიმძლავრეები, მაშინ ორივე სრულფასოვნად უნდა ჩაირთოს ელექტრომომარაგების სისტემაში. ამ მიმართულებების განხორციელების საშუალება დღევანდელ პირობებში შესაძლებელია ძაბვის რეგულიატორში თანამედროვე ნახევარგამტარული და მიკროპროცესორული ტექნიკის გამოყენებით.

აღნიშნული ნაშრომის კვლევის მიზანს წარმოადგენს, სატრანსპორტო საშუალებების ელექტრომომარაგების სისტემების სრულყოფა და მისი დაყვანა ოპტიმალურ დონემდე, ძაბვის რეგულიატორის უნიფიკაციის საშუალებით. სადაც გათვალისწინებული იქნება ყველა ის ნიუანსი, რომელიც წამოიჭრება თანამედროვე სატრანსპორტო საშუალებების ელექტრომომარაგების სისტემების ექსპლუატაციისას. ერთობლიობაში იქნება მოყვანილი, აკუმულატორთა ბატარეას, გენერატორის და ძაბვის რეგულიატორის ხანგამძლეობის და სისტემის ენერგოეფექტურობის გაზრდის საკითხები.

1.2. ელექტრომომარაგების სისტემის ძირითადი ელემენტების კვლევისადმი მიძღვნილი შრომების მიმოხილვა

1.2.1. არსებული ძაბვის რეგულიატორების შესახებ გამოქვეყნებული შრომების მიმოხილვა

ძირითადი ელემენტი, რომელიც უზრუნველყოფს სატრანსპორტო საშუალებების ელექტრომომარაგების სისტემების საექსპლუატაციო რეჟიმებს, წარმოადგენს ძაბვის რეგულიატორი. იგი ჩართულია ელექტრომომარაგების სისტემის ერთიან ქსელში და გენერატორის აღზნების ხვიაზე მიწოდებული დენის ძალის მნიშვნელობის ცვლილებით არეგულირებს გენერატორის მიერ გამომუშავებულ სიმძლავრეს. აკუმულატორთა ბატარეას და გენერატორის ერთობლივი მუშაობა ექსპლუატაციის პერიოდში მიმდინარეობს სხვადასხვა გარემო ზემოქმედებების დროს, რომლებიც

თავისი ბუნებით ძალიან განსხვავდება ერთმანეთისაგან. ამიტომ ძაბვის რეგულიატორმა უნდა უზრუნველყოს ისეთი ამოცანების შესრულება, როგორცაა:

- გენერატორის გამომავალი ძაბვის და სიმძლავრის რეგულირება.
- აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვა.
- აკუმულატორთა ბატარეას დაცვა, გადამუხტვისა და გარემოს ტემპერატურული ცვლილებისგან.
- ელექტროენერჯის მომხმარებლების უზრუნველყოფა უწყვეტი ელექტროენერჯით, ნებისმიერი საექსპლუატაციო რეჟიმის დროს.
- საკუთარი ელექტრონული სქემის ელემენტების დაცვა და საიმედოობის უზრუნველყოფა.

თანამედროვე პირობებში არსებობს მრავალი ტიპის და მოდიფიკაციის ძაბვის რეგულიატორები, რომლებიც მზადდება როგორც სატრანსპორტო და ელექტრონული ფირმების მიერ, ასევე ინდივიდუალური მრავალპროფილიანი ფირმების მიერ. პირველად 1881 წელს, რუსი არტილერიის ოფიცრის მ. კარმანოვის მიერ, შემოთავაზებული იქნა ძაბვის ინდუქციური ვიბრაციული რეგულიატორი. ამ ტიპის რეგულიატორები იმ დროისათვის ითვლებოდა ერთადერთი ტიპის რეგულიატორებად, რომლებიც გამოიყენებოდა საავტომობილო ელექტრომომარაგების სისტემებში „მუდმივი ძაბვის გენერატორების“ გამომავალი ძაბვის მნიშვნელობის რეგულირებისათვის. ხოლო 1957 წელს მ. ფერენკოს მიერ დამუშავებული იყო უკონტაქტო ტრანზისტორული ძაბვის რეგულიატორის სქემა. რომლის მუშაობის პრინციპს წარმოადგენდა, გენერატორის ე.მ.დ.-ის მნიშვნელობის გაწონასწორება გენერატორის აღზნების ხვიის მომჭერებზე ძაბვის რეგულირებით.

არსებობს კონტაქტური, კონტაქტურ-ტრანზისტორული, უკონტაქტო ტრანზისტორული და ინტეგრალური ტიპის ძაბვის რეგულიატორები, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება სატრანსპორტო საშუალებების ელექტრომომარაგების სისტემებში. კონტაქტურ და კონტაქტურ-ტრანზისტორულ რეგულიატორებს მიეკუთვნება რუსული წარმოების PP127, PP380, PP130, PP110, PP360 ტიპის და მათი მოდიფიკაციის ევროპული ანალოგები, რომლებიც საექსპლუატაციო პარამეტრებით და მუშაობის პრინციპით დიდად არ განსხვავდება ერთმანეთისაგან. ასეთი ტიპის ძაბვის

რეგულიატორები ძირითადად შედგება მზომი მოწყობილობისა და გამაძლიერებლისაგან [14,15,56,88,104]. უკონტაქტო ძაბვის რეგულიატორების მსგავსად კონტაქტურ-ტრანზისტორული ძაბვის რეგულიატორების მზომი მოწყობილობა შედგება, ვიბრაციული ინდუქციური ელექტრომექანიკური რელესაგან. რომელიც გენერატორის გამომავალი ძაბვის მნიშვნელობის ცვლილებასთან დამოკიდებულებით ჩართავს და გამორთავს კონტაქტებს. შესაბამისად ჩართვება და გამორთვება გამაძლიერებელი და გენერატორის აღზნების ხვიაზე მიწოდებული დენის ძალა, რის საშუალებითაც რეგულირდება გენერატორის გამომავალი ძაბვის მნიშვნელობა [21,55,63,69,88,].

კონტაქტურ ტრანზისტორული ძაბვის რეგულიატორების უპირატესობა გამოიხატებოდა იმაში, რომ გამაძლიერებლის გამოყენებით შემცირდა კონტაქტების მიერ გამთიშავი დენის ძალის მნიშვნელობა. შემცირდა ნაპერწკლიანობა, კონტაქტების ცვეთა და გაცილებით გაიზარდა მათი ხანგამძლეობა კონტაქტურ ძაბვის რეგულიატორებთან შედარებით. ამ ორი ტიპის ძაბვის რეგულიატორები ბოლო პერიოდში თითქმის აღარ გამოიყენება, რადგან მათ გააჩნიათ ბევრი უარყოფითი თვისება: მექანიკური ელემენტების დაბალი ხანგამძლეობა, ძაბვის რეგულირების ფართო დიაპაზონი, მასალატევადობა და გაზრდილი ელექტროენერჯის ხარჯი საკუთარი სისტემის მუშაობის უზრუნველყოფისათვის.

უკონტაქტო ტრანზისტორული ძაბვის რეგულიატორებში, რომელთაც მიეკუთვნება PP350, PP132, PP139, PP356 ტიპის რეგულიატორები, გაზრდილია მზომი მოწყობილობის მგრძობელობა და მისი პულსაციის სიხშირე. პულსაციის სიხშირის გაზრდა საშუალებას გვამლევს შევამციროთ გენერატორის გამომავალი ძაბვის პულსირების ამპლიტუდა და ძაბვის რეგულირების დიაპაზონი. ამით უფრო სტაბილური გახდა გენერატორის გამომავალი ძაბვის მნიშვნელობა. ტრანზისტორული ძაბვის რეგულიატორის პულსაციის სიხშირე რამოდენიმე ათეულჯერ აღემატება კონტაქტური და კონტაქტურ ტრანზისტორული ძაბვის რეგულიატორების პულსაციის სიხშირეს [89]. მაგრამ აღნიშნული ძაბვის რეგულიატორები ვერ უზრუნველყოფენ აკუმულატორთა ბატარეას ტემპერატურული მახასიათებლის გათვალისწინებას, რაც უარყოფითად მოქმედებს აკუმულატორთა ბატარეას საექსპლუატაციო რეჟიმზე. ასეთი

ტიპის ძაბვის რეგულიატორებში გათვალისწინებულია მხოლოდ საკუთარი კონსტრუქციული თავისებურებებიდან გამომდინარე ტემპერატურული რეჟიმების გათვალისწინება, რადგან არ მოხდეს გამომავალი პარამეტრების შეცვლა გარემოს ტემპერატურის ცვლილებისას [89].

კონსტრუქციული თავისებურებებიდან გამომდინარე ტემპერატურული რეჟიმის გათვალისწინების მიზნით თავის ნაშრომებში: რუნოვმა, სინელნიკოვმა და კორობკოვმა დაამუშავეს ძაბვის რეგულიატორების კონსტრუქციები, მათში ჩამონტაჟებული თერმოსტაბისტორებით, რომლებიც ითვალისწინებენ ძაბვის რეგულიატორების ტემპერატურულ რეჟიმს [86,63,89]. რუნოვის ნაშრომში აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ მან ძაბვის რეგულიატორის კონსტრუქცია საგრძნობლად გაამარტივა მასში მიკროპროცესორული გამაძლიერებლის K538YH-1-ის გამოყენებით. ამ მიკროპროცესორის გამოყენება იმითაც არის განპირობებული, რომ მისი ძაბვის ტემპერატურული კოეფიციენტი მიახლოებით ტოლია აკუმულატორთა ბატარეას ტემპერატურული კოეფიციენტისა ($\approx 0,3\%/^{\circ}\text{C}$). აქ ძაბვის რეგულიატორი განთავსებულია შიგაწვის ძრავის განყოფილებაში აკუმულატორთა ბატარეასთან ახლოს ერთიან ტემპერატურულ გარემოში. ამ პირობებში რეგულიატორი გარკვეულწილად უზრუნველყოფს აკუმულატორთა ბატარეას ტემპერატურული რეჟიმის ირიბ გათვალისწინებას, მისი დასამუხტი ძაბვის მნიშვნელობის რეგულირებისათვის [86].

სამივე ნაშრომში გამომავალი ძაბვის მნიშვნელობის რეგულირება ხორციელდება დისკრეტული რეგულირების პრინციპით. რომლის დროსაც გენერატორის როტორის მაღალი ბრუნთა რიცხვის დროს იზრდება გენერატორის გამომავალი ძაბვის პულსაციის სიხშირე, რაც უარყოფითად მოქმედებს ელექტროენერჯის მომხმარებლებზე.

კორობკოვმა თავის ნაშრომში „საავტომობილო ძაბვის რეგულიატორი“, თავის მხრივ გადაწყვიტა აკუმულატორთა ბატარეას ტემპერატურული რეჟიმის გათვალისწინება. ოღონდ რუნოვისაგან განსხვავებით მან ძაბვის რეგულიატორში ტემპერატურული გავლენის გათვალისწინების მიზნით გამოიყენა თერმოსტაბისტორები. რომლებმაც შეამცირეს აკუმულატორთა ბატარეას დასამუხტი ძაბვის მნიშვნელობა ძრავის განყოფილებაში ტემპერატურის მომატებისას. ამ ძაბვის

რეგულიატორში გარეთვე გამოყენებულია შმიდტის ტრიგერი გამომავალი ტრანზისტორის მართვის კვანძში. რითაც გამომავალ ტრანზისტორზე შემცირებულია გაბნეული სიმძლავრის მნიშვნელობა, მისი გადართვის მაღალი სიხშირის გამო [63].

თუ ვიმსჯელებთ ა. სინელნიკოვის, ვ. კოვალიოვის, იუ. რუნოვის და ა. კორობკოვის ნაშრომების მიხედვით, შევამჩნევთ რომ, ისინი ნაკლებად ითვალისწინებენ უშუალოდ აკუმულატორის ელექტროლიტის ტემპერატურას ექსპლუატაციის პერიოდში, ან საერთოდ უგულებელყოფენ მას. ამ ძაბვის რეგულიატორებში ძირითადად გამახვილებულია ყურადღება გენერატორის გამოსასვლელზე მუდმივი ძაბვის შენარჩუნებაზე [60,86,89].

განხილული ძაბვის რეგულიატორების მიერ ელექტრომომარაგების სისტემების მართვა ნომინალური ძაბვის მიღებაზე და აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვაზე, სრულად ვერ უზრუნველყოფს ელექტრომომარაგების სისტემის საექსპლუატაციო რეჟიმების გათვალისწინებას. რადგან ამ დროს არ გაითვალისწინება თავისუფალი სვლის დროს გენერატორის როტორის მინიმალური ბრუნთა რიცხვი, რომლის დროსაც გენერატორს არ შეუძლია ნომინალური დენის ძალის გაცემა.

ეს ნაკლი ძაბვის რეგულიატორებისა აღმოფხვრილია „STMicroelectronics“-ის ფირმის მიერ წარმოებული ძაბვის რეგულიატორში [119]. რომელმაც გამოუშვა L9911; L9407F და L9473 სერიის ინტეგრალური ძაბვის რეგულიატორები. მათი დამახასიათებელი ძირითადი ნიშან თვისებებია: მონოლითური კორპუსი, სითბური დაცვა, სისტემური მხარეების მაღალი მართვა, მოკლე ჩართვაზე დაცვა, რთული დიაგნოსტიკა, დატვირთვის კონტროლი და სასიგნალო ნათურის კონტროლი. ამ ტიპის ძაბვის რეგულიატორები, გენერატორის როტორის დაბალი ბრუნთა რიცხვის და ავტომობილის გაშვების მომენტში. შეუწყვიტავენ გენერატორის აღზნების ხვიას დენის ძალის მიწოდებას ენერჯის ეკონომიის და გენერატორის დაცვის მიზნით. ინფორმაცია ამ დროს აიღება გენერატორის ერთ-ერთი ფაზიდან დიოდურ გამმართველებამდე. ამიტომ მას აღარ ესაჭიროება დამატებითი ბრუნთა რიცხვის გადამწოდი [119].

გრძელი სადენების გამოყენების შემთხვევაში გენერატორის გამომავალი ძაბვის პულსაციისაგან დასაცავად რეკომენდირებულია ძაბვის რეგულიატორის შესასვლელზე განთავსდეს 2,2 მკვ-ის ტევადობის კონდესატორი, რომელიც წარმოადგენს დამატებითი

ფილტრს. ხოლო აკუმულატორთა ბატარეას ელექტროლიტის ტემპერატურული დამოკიდებულების გათვალისწინებისათვის, მას თავის კორპუსში ჩამონტაჟებული აქვს თერმისტორი, რომელიც ითვალისწინებს ძაბვის რეგულიატორის და იმ არეალის გარემო ტემპერატურას რომელშიც მოთავსებულია ძაბვის რეგულიატორი და აკუმულატორი [119].

აგრეთვე ასეთი პრინციპი აქვს გამოყენებული თავის ნაშრომში კ. ლომანოვიჩს. ოღონდ მან სიგნალი შიგაწვის ძრავის ბრუნთა რიცხვის შესახებ აიღო ბრუნთა რიცხვის გადამწოდისაგან. ამ პრინციპის გამოყენების შემთხვევაში ძაბვის რეგულიატორის და ალგზნების ხვიის წრედიდან გამორთვა ხდება მაშინაც კი, როდესაც აკუმულატორი მთლიანად დაიმუხტება. შემდეგში როგორც კი მოიკლებს აკუმულატორთა ბატარეას ძაბვა, ძაბვის რეგულიატორი და ალგზნების ხვია მაშინვე ჩაერთვება წრედში [71].

რაც შეეხება „BOSCH“-ის ფირმის მიერ წარმოებულ ძაბვის რეგულიატორებს როგორცაა: „ZH-B034“, „DE701“, „ZH-B348“ და მათი მოდიფიკაციის სხვა მოდელები წარმოადგენენ სტანდარტული ტიპის ძაბვის რეგულიატორებს, რომლებიც ითვალისწინებენ მხოლოდ გარემო პირობების ტემპერატურულ მახასიათებლებს. არცერთი ამ მოდელებიდან არ ითვალისწინებს უშუალოდ აკუმულატორთა ბატარეას ტემპერატურული მახასიათებლის დამოკიდებულებას. არ ითვალისწინებენ გენერატორისათვის იმ პირობას, როცა გენერატორს არ შეუძლია ნომინალური დენის ძალის გაცემა გენერატორის როტორის დაბალი ბრუნთა რიცხვის დროს [108]. ძაბვის რეგულიატორებს მოდიფიკაციით „F784“, „FF8WU10C359AB“, „F540“, „F733L“ და მათი ტიპის ყველა რეგულიატორები, რომლებიც „F“ ნიშნით არიან მარკირებული, [119]-ში განხილული ძაბვის რეგულიატორის მსგავსად გააჩნიათ დამატებითი გამომყვანი გენერატორის ერთ-ერთი ფაზიდან ინფორმაციის ასაღებად [108,109].

ზემოთ განხილული არც ერთი ტიპის ძაბვის რეგულიატორებში არ არის გათვალისწინებული ძრავის გაშვების შემდგომი პერიოდი. როდესაც აკუმულატორთა ბატარეა შიგაწვის ძრავის გაშვების შემდეგ კარგავს თავისი ტევადობის 10÷15%-ს და იგი გარკვეულწილად განმუხტულ მდგომარეობაში იმყოფება. ამ დროს ძაბვის რეგულიატორის მიერ აკუმულატორთა ბატარეას მიეწოდება, ტემპერატურაზე დამოკიდებული, სტანდარტული ძაბვის მნიშვნელობა. რომელიც ხშირ შემთხვევაში

იწვევს აკუმულატორთა ბატარეას ნაწილობრივ დაზიანებას, რაც ამცირებს მის ხანგამძლეობას. ამიტომ აუცილებელია ამ დროს აკუმულატორთა ბატარეას მიეწოდოს ნორმირებული დასამუხტი ძაბვის მნიშვნელობა. აქედან გამომდინარე, აუცილებელია ძაბვის რეგულიატორმა აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვა განახორციელოს მართვადი იმპულსური დენის ძალით, სადაც გათვალისწინებული იქნება აკუმულატორთა ბატარეას ელექტროლიტის ტემპერატურა. უნდა გამოვიყენოთ აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვა დენის ძალის მიხედვით და არა ძაბვის მიხედვით. რასაც მივყავართ გენერატორის გამომავალი ძაბვისა და აკუმულატორთა ბატარეას დასამუხტი ძაბვების განმხილვების პირობასთან.

1.2.2. სატრანსპორტო საშუალების გენერატორების ძირითადი ტექნიკური და სექსპლუატაციო პარამეტრების ანალიზი

სატრანსპორტო საშუალების ელექტრომომარაგების სისტემაში გენერატორი წარმოადგენს ელექტროენერჯის ძირითად წყაროს, რომელიც უზრუნველყოფს შიგაწვის ძრავის მუშაობის დროს, ელექტროენერჯის მომხმარებლების ელექტროენერჯით მომარაგებას და აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვას. სატრანსპორტო საშუალების გენერატორებს წაეყენებათ შემდეგი ტექნიკური მოთხოვნები: კონსტრუქციული სიმარტივე, მაღალი ხანგამძლეობა და საიმედოობა, მცირე გაზარიტები, მასა და თვითღირებულება, დიდი კუთრი სიმძლავრე, აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის უზრუნველყოფის შესაძლებლობა შიგაწვის ძრავის მუხლა ლილვის დაბალი ბრუნთა რიცხვის დროს და თავისუფალი სვლის რეჟიმში. აღნიშნულ მოთხოვნებს სხვა ტიპის გენერატორებთან შედარებით ყველაზე მეტად აკმაყოფილებს, ცვლადი ძაბვის გენერატორები, მასში ჩამონტაჟებული სილიციუმის დიოდებით. ამიტომ ამ ტიპის გენერატორებმა ფართო გამოყენება ჰპოვეს თანამედროვე სატრანსპორტო საშუალებების ელექტრომომარაგების სისტემებში.

ასეთი ტიპის გენერატორები, მუდმივი ძაბვის გენერატორებთან შედარებით, უფრო საიმედონი არიან ექსპლუატაციის დროს. ერთი და იგივე მასების შემთხვევაში გააჩნიათ მეტი კუთრი სიმძლავრე. ამასთან ერთად აღგზნების კოჭი შედგება ერთი

ხვისაგან და არ გააჩნია კოლექტორი. შეუძლიათ იმუშაონ ბრუნთა რიცხვის ფართო დიაპაზონში ($n=950\div 6000$ ბრ/წთ) [56]. წთ⁻¹

სატრანსპორტო საშუალების ცვლადი ძაბვის გენერატორები ძირითადად წარმოადგენენ, სამფაზა სინქრონულ მანქანებს ელექტრომაგნიტური აღზნებით. რომელთა გამომავალი ე.მ.ძ-ების სიხშირე პროპორციულია გენერატორის როტორის ბრუნვის სიხშირის.

$$f_G = \frac{pn_G}{60}, \quad (1.1)$$

f_G -ცვლადი ძაბვის სიხშირეა, p -პოლუსების რიცხვია, n_G -როტორის ბრუნთა რიცხვია (ბრ/წთ).

თავისუფალი სვლის დროს გენერატორის ე.მ.ძ-ის განსაზღვრისათვის სარგებლობენ შემდეგი დამოკიდებულებით.

$$E_\phi = 4K_\phi K_0 \frac{pn_G}{60} \omega_\phi \Phi_\delta = C'_e n_G \Phi_\delta, \quad (1.2)$$

სადაც: $C'_e = 4K_\phi K_0 \frac{p\omega_\phi}{60}$ -მუდმივი სიდიდეა მოცემული გენერატორისათვის და დამოკიდებულია კონსტრუქციულ თავისებურებებზე [56].

ხოლო გენერატორის გამომავალი ძაბვის მნიშვნელობა, მთლიანად გამართული სიმძლავრის დროს განისაზღვრება ფორმულით.

$$U_G = C'_e n_G \Phi - 2U_D - Z_G I_G, \quad (1.3)$$

სადაც: $C'_e = 4K_D K K_0 p \omega_\phi / 60$ -მუდმივი სიდიდეა მოცემული გენერატორისათვის [62].

ამ ფორმულაში გათვალისწინებულია. როგორც ძაბვის ვარდნა გამმართველებზე, ასევე მათი წინაღობა და გენერატორის გამომავალი ძაბვა შედარებით ზუსტად განისაზღვრება.

როგორც ვიცით, გენერატორის წრედში ჩართვის დროს მისი გამომავალი ძაბვა ნაკლებია ე.მ.ძ-ზე, სტატორის ხვიაზე ძაბვის ვარდნის მნიშვნელობით [56].

$$U_r = E - IR_{ST}, \quad (1.4)$$

მაგრამ, თავის მხრივ გამომავალი ძაბვა განისაზღვრება ცალკეულ შტოებში აღძრული ფაზური ძაბვის მნიშვნელობებით. რადგან, სინქრონული სამფაზა გენერატორების ხვები შეერთებულია ვარსკვლავისებურად და ასეთი შეერთებისათვის

შესაძლებელია მიახლოებით განვსაზღვროთ თითოეულ ფაზაში გამავალი ძაბვის მნიშვნელობები. თუ მივიღებთ, რომ გამმართველების მახასიათებლები იდეალურია $R_D = 0$; $R'_D = \infty$. და ადგილი არა აქვს გამმართველებზე ძაბვის ვარდნას და უკუდენებს.

$$U_{\phi} = U_m \sin(\omega t + \varphi), \quad (1.5)$$

სამფაზა გენერატორებისათვის გამართული ძაბვის პულსაციის სიხშირე გამოითვლება ფორმულით.

$$f_p = \frac{6pn_G}{60} = 0,1pn_G, \quad (1.6)$$

ზოგიერთი ტიპის გენერატორებს, სამფაზა გამმართველის გამოსასვლელზე განთავსებული აქვს კონდესატორული ფილტრი, რომელიც ამცირებს ძაბვის და დენის ძალის პულსაციის ამპლიტუდას [103,104]. რაც დადებითად აისახება გენერატორის გამომავალი ძაბვის ხარისხზე.

ისეთი ტიპის გენერატორებისათვის როგორცაა „2102.3701“ მოდელის გენერატორი [103], გააჩნია შვიდფაზა სტატორის ხვია და შესაბამისად შვიდფაზა გამმართველი. გენერატორის მუშაობისას გაზრდილია პულსაციის სიხშირე. მაღალი ბრუნთა რიცხვის შემთხვევაში კი პულსაციის სიხშირე უახლოვდება გენერატორის ავტორეგულირების სიხშირეს, რაც გარკვეულწილად ამცირებს მის საიმედოობას [103].

გამართული ძაბვის მინიმალური მნიშვნელობა, სამფაზა გენერატორებისათვის ტოლია $-1,5U_m$ ხოლო მაქსიმალური მნიშვნელობა $-1,73U_m$; ამიტომ გამართული ძაბვის პულსირება გამოითვლება ფორმულით

$$\Delta U_d = (1,73 - 1,5)U_m = 0,23U_m, \quad (1.7)$$

ხოლო საშუალო მნიშვნელობა კი

$$U_{cp} = \frac{6}{T} \int_{-T/12}^{+T/12} \sqrt{3} \cdot U_m \cdot \cos \omega t dt = 1,65U_m = 2,32U_{\phi} = 1,35U_x, \quad (1.8)$$

ძაბვის მნიშვნელობიდან გამომდინარე დატვირთვის დროს შეიძლება მიახლოებითი დამოკიდებულებიდან განისაზღვროს გამომავალი ამპერი საშუალო მნიშვნელობაც [22].

$$I_{cp} = \frac{6}{T} \int_{-T/12}^{+T/12} I_{dm} \cdot \cos \omega t dt = 3I_{dm} / \pi = 0,955I_{dm}, \quad (1.9)$$

ამ ფორმულებისაგან განსხვავებით, გენერატორის გამართული ძაბვის და დენის ძალის მნიშვნელობების გამოთვლისას ითვალისწინებენ ნახევარგამტარების მახასიათებლებს [62]. სატრანსპორტო ელექტრომოწყობილობაში გამოყენებული ნახევარგამტარულ გამმართველებზე ძაბვის ვარდნა $\Delta U_D = 0,8 \div 1,0$ ვოლტის ფარგლებში მერყეობს. ხოლო მის გამოსათვლელად სარგებლობენ ფორმულით.

$$\Delta U_D = \frac{U_0}{2} + I_D \cdot R_D, \quad (1.10)$$

უნდა აღინიშნოს ისიც რომ, გამმართველებიან გენერატორებში ძაბვის კომუტაცია არ არის იდეალური. გენერატორის ინდუქციურობაში ელექტრომაგნიტური ენერგია გავლენას ახდენს გამმართველების მახასიათებლებზე. იცვლება დამოკიდებულება ფაზურ და გამართულ დენის ძალებს შორის. ამიტომ გამომავალი ძაბვის მნიშვნელობა გამოითვლება შემდეგი დამოკიდებულებიდან:

$$U_\Phi = \frac{U_G + 2\Delta U_D}{K_{cx} K_B K_\gamma}, \quad (1.11)$$

$K_{cx} = 2 \sin \frac{\pi}{m} = 1$ - გამმართველის სქემის კოეფიციენტი, $K_B = \frac{2m\sqrt{2}}{\pi} \sin \frac{\pi}{2m}$ - გამართულობის კოეფიციენტი, $K_\gamma = \frac{1 + \cos \gamma}{2}$ - კომუტაციის გამთვალისწინებელი კოეფიციენტი, ხოლო γ - კომუტაციის კუთხე [62].

აქედან გამომდინარე, ძაბვის რეგულატორების მიერ განხორციელებული კომუტაციის გათვალისწინებით, გენერატორის გამომავალი დენის ძალის მნიშვნელობა გაიანგარიშება ფორმულით.

$$I_\Phi = \sqrt{\frac{2}{3}(1 - 0,0425\gamma m)} I_d, \quad (1.12)$$

გამომავალი დენის ძალის და ძაბვის საშუალო მნიშვნელობები საშუალო სიმძლავრესთან ერთად წარმოადგენენ გენერატორის გამომავალ ძირითად პარამეტრებს [62].

მაგრამ გენერატორის კვლევისას აუცილებელია, გენერატორის ე.მ.ძ.-ის და გამომავალი ძაბვის განსაზღვრისათვის გავითვალისწინოთ სხვა დანარჩენი ფაქტორები. ისეთი როგორცაა: ტემპერატურული ზემოქმედების გავლენა ნახევარგამტარულ გადასვლებზე და ელექტრულ და მაგნიტურ ნაკადებზე, მაგნიტური ინდუქციის

ჰისტერეზისი, უკუდენების მახასიათებლები და როტორის ბრუნთა რიცხვის უთანაბრობა, როგორც აღზნების და სტატორის ხვეიებზე, ასევე მის ელექტრომაგნიტურ სისტემაზე და ნახევარგამტარულ გამმართველებზე.

ძირითადად გენერატორების გამოკვლევისას განსაზღვრავენ გენერატორის შემდეგ მახასიათებლებს: უქმი სვლის, გარე, მარეგულირებელ, დამტვირთავ და ძაბვა სიჩქარულ მახასიათებლებს [34]. ამ მახასიათებლებიდან აღსანიშნავია ძაბვა სიჩქარული მახასიათებელი, რომლის გამოკვლევის დროსაც ამყარებენ დამოკიდებულებას, დატვირთვის დენის ძალის მნიშვნელობასა და გენერატორის როტორის ბრუნვის სიხშირეს შორის. როცა გენერატორის გამომავალი ძაბვისა და აღზნების დენის ძალის მნიშვნელობები მუდმივი სიდიდეა. ძაბვა სიჩქარული მახასიათებლის მრუდის ფორმა აღიწერება $I_H = f(n)$ დამოკიდებულებით. მისი მნიშვნელობის განსაზღვრისათვის კი სარგებლობენ ფორმულებით.

$$I = \frac{C_x n \Phi_\delta}{\sqrt{(r+R)^2 + C^2 y n^2}}, \quad [34] \quad (1.13)$$

$$I_d = I_{d_{\max}} \left(1 - e^{-\frac{R_x - n}{n_x}} \right) \quad \text{როცა } n \geq n_x, \quad [62] \quad (1.14)$$

ორივე ეს დამოკიდებულება გარკვეული მიახლოებით აღწერს დენის ძალის საშუალო მნიშვნელობას ძაბვა სიჩქარული მახასიათებლის განსაზღვრის დროს.

გენერატორის როტორის ბრუნთა რიცხვის მომატებასთან ერთად იმატებს $C^2 y n^2$ -ის მნიშვნელობაც და მაღალი ბრუნთა რიცხვის დროს $(r+R)^2$ მნიშვნელობა შეიძლება უგულებელვყოთ, როცა $n \approx n_x$ მაშინ ეს დამოკიდებულებები მიიღებს სახეს.

$$I = \frac{C_x \cdot \Phi_\delta}{C_y} = Const, \quad (1.13.ა)$$

$$I_d = I_{d_{\max}} = Const, \quad (1.14.ა)$$

ამ ფორმულებიდან ჩანს, რომ მაღალი ბრუნთა რიცხვის დროს გენერატორის მიერ გამომუშავებული დენის ძალის მნიშვნელობა ტოლია რაღაც კონკრეტული მუდმივი სიდიდისა, რომელიც არ არის დამოკიდებული გენერატორის როტორის ბრუნთა რიცხვზე და განისაზღვრება გენერატორის ხვეიების პარამეტრების და თავისუფალი

სვლის მაგნიტური ნაკადის დამოკიდებულების მიხედვით. ამ დროს ადგილი აქვს გენერატორის გამომავალი დენის ძალის თვითშეზღუდვას [34].

არსებულ ელექტრომომარაგების სისტემებში, გენერატორის გამომავალი ძაბვის რეგულირებისას, ითვალისწინებენ აკუმულატორთა ბატარეას ტემპერატურულ მახასიათებელს. რადგან გენერატორის გამომავალი ძაბვა არსებულ სისტემებში თავად წარმოადგენს აკუმულატორთა ბატარეას დასამუხტ ძაბვას. ყოველივე ეს უარყოფითად მოქმედებს ელექტროენერჯის მომხმარებლების ხანგამძლეობაზე. ამ უარყოფითი მოვლენის თავიდან აცილების მიზნით, აუცილებელია განვამხოლოთ მომხმარებლებისა და აკუმულატორთა ბატარეას დასამუხტი ძაბვები [4].

გენერატორის გამომავალი ძაბვის რეგულირებისას დიდი ყურადღება უნდა დაეთმოს მის მუდმივობას. ძაბვის რეგულირების დიაპაზონი მინიმუმამდე უნდა იქნას დაყვანილი. მაგალითად სტანდარტული ძაბვის რეგულიატორების გამოყენების შემთხვევაში, ძაბვის რეგულირებით გამოწვეული, გენერატორის გამომავალი ძაბვის პულსაცია, გამომავალი ნომინალური ძაბვის $5\pm 9\%$ -ს შეადგენს. ხოლო განივ იმპულსური ძაბვის რეგულიატორების გამოყენებისას $2\pm 6\%$ -ს. ამიტომ მიზანშეწონილად უნდა მივიჩნიოთ გენერატორის გამომავალი ძაბვის რეგულირება განივ-იმპულსური რეგულირების პრინციპით [95]. რომლის დროსაც შენარჩუნებულია გენერატორის გამომავალი ძაბვის რეგულირების მუდმივი სიხშირე და გაუმჯობესებულია ალგზნების დენის ძალის გამოყენების ეფექტურობა, აგრეთვე გამარტივებულია გამომავალი ძაბვის ფილტრაცია.

1.2.3. სასტარტერო მჟავა აკუმულატორების ძირითადი ტექნიკური და საექსპლუატაციო პარამეტრების ანალიზი

ლიტერატურული წყაროების ანალიზმა და გამოკვლევებმა გვიჩვენა, რომ სატრანსპორტო საშუალებების აკუმულატორთა ბატარეას საექსპლუატაციო რესურსის გასაზრდელად საჭიროა: მისი ტექნიკური მაჩვენებლების გაზრდა, საექსპლუატაციო რეჟიმების დაცვა და ტექნიკური მომსახურეობის სრულყოფა. ბოლო 15 წლის განმავლობაში დ.ს.თ.-ს ქვეყნებში და ევროპაში აკუმულატორთა ბატარეას

ხანგამძლეობის გასაზრდელად ძირითად მიმართულებას წარმოადგენდა აკუმულატორთა ბატარეასათვის ოპტიმალური საექსპლუატაციო პირობების შექმნა. კერძოდ მისი დასამუხტი ძაბვის მნიშვნელობის დამოკიდებულება ელექტროლიტის ტემპერატურაზე. რადგან არსებულ სისტემებში აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვა ხორციელდება ძაბვის მიხედვით (9,11,38,42,46,57,59,62).

აგრეთვე აკუმულატორთა ბატარეას ექსპლუატაციის პირობებში ყურადღება გამახვილებულა მისი ტექნიკური მომსახურების პერიოდებზე და ციკლებზე, ზაფხული და ზამთრის პერიოდების შუალედებში [14,15,21,46,60,63,85]. მაგრამ თანამედროვე სისტემის შექმნისას ძირითადი აქცენტი გაკეთებულია ტექნიკურად მოუმსახურებელი აკუმულატორების გამოყენებაზე, რომელთაც შექმნილი ექნებათ იდეალური საექსპლუატაციო პირობები და აღარ დასჭირდებათ ტექნიკური მომსახურება [103].

ბირიუკოვს თავის ნაშრომში თერმოკომპენსირებადი ძაბვის რეგულიატორი, გამოყენებული აქვს თერმოგადამწოდი, რომელიც მოთავსებულია პირდაპირ აკუმულატორთა ბატარეას კორპუსზე. ასეთი ძაბვის რეგულიატორი რამდენიმე წელი მუშაობდა „ГА-324“ მარკის ავტომობილზე. ამით მან მიაღწია ექსპლუატაციის პერიოდში, აკუმულატორთა ბატარეას ტექნიკური მომსახურებების გამარტივებას. მართალია თერმოგადამწოდით შედარებით გართულდა თერმოკომპენსირებადი ძაბვის რეგულიატორის კონსტრუქცია, მაგრამ ზემოთ ხსენებული ავტომობილის ელექტრომომარაგების სისტემაში, გამოყენებულმა „თერმოკომპენსირებადი ძაბვის რეგულიატორმა“, საშუალება მისცა ბირიუკოვს აკუმულატორთა ბატარეას ექსპლუატაციის ხანგრძლივობა გაეზარდა 2÷3-ჯერ [25].

ანალოგიური პრინციპით დამზადებული ძაბვის რეგულიატორი შემოთავაზებული იქნა ხრომოვის მიერ, „ძაბვის რეგულიატორი თერმოკომპენსაციით“. რომელიც უზრუნველყოფს, აკუმულატორთა ბატარეის დამუხტვის დროს მისი ტემპერატურული რეჟიმის დაცვას. მანაც მიაღწია აკუმულატორთა ბატარეას ტექნიკური მომსახურებების გამარტივებას ექსპლუატაციის პერიოდში [99].

აღნიშნულიდან გამომდინარე აკუმულატორთა ბატარეას ხანგამძლეობის გაზრდისათვის, ძირითადი მნიშვნელობა ენიჭება მისი ელექტროლიტის ტემპერატურაზე დამოკიდებული დასამუხტი ძაბვის მნიშვნელობის ოპტიმალურ

შერჩევას. რადგან აკუმულატორთა ბატარეას ე.მ.დ. და შიგა წინაღობა პირდაპირ კავშირშია ელექტროლიტის ტემპერატურასთან. ტემპერატურის მოკლებასთან ერთად იმატებს ელექტროლიტის სიბლანტე და შესაბამისად იკლებს გოგირდმჟავას ხსნადობა წყალში. სიბლანტის მომატებასთან ერთად იკლებს იონიზაციის ხარისხი და ელექტროლიტის შეღწევადობა, როგორც ფორფიტების ასევე სეპარატორების ფორებში, ეცემა აკუმულატორთა ბატარეას ტევადობა.

აკუმულატორთა ბატარეას ე.მ.დ.-ს თეორიულად განსაზღვრავენ თერმოდინამიკის და ელექტროქიმიის კანონებიდან. გიბს-ჰელმჰოლცის განტოლების თანახმად აკუმულატორთა ბატარეას ე.მ.დ.-ის გამოსათვლელ გამოსახულებას აქვს სახე [1,13].

$$E_T = -\frac{\Delta H}{nF} + T \left(\frac{\partial E_T}{\partial T} \right)_P, \quad (1.15)$$

სადაც n -რეაქციაში მონაწილე ელექტრონების რიცხვია. F -ფარადეის რიცხვი. ΔH -ენტალპიის ცვლილებაა ელექტროქიმიური პროცესების დროს.

აკუმულატორთა ბატარეას გახსნილი ჯაჭვის ძაბვა ემთხვევა ე.მ.დ.-ის გაანგარიშებულ მნიშვნელობას 25°C -ის დროს და გამოითვლება ფორმულით.

$$U_{\text{ფ.ჯ.}} = E_T = 2,046 + \frac{2,3RT}{F} \lg \left(\frac{a_{H_2SO_4}}{a_{H_2O}} \right), \quad (1.16)$$

როგორც ფორმულიდან ჩანს $U_{\text{ფ.ჯ.}}$ მნიშვნელობა იზრდება H_2SO_4 -ის კონცენტრაციის გაზრდასთან დაკავშირებით [1,13].

ტყვიის აკუმულატორთა ბატარეას ე.მ.დ.-ის გამოსათვლელად აგრეთვე სარგებლობენ, გამარტივებული ზოგადი ემპირიული დამოკიდებულებით.

$$E_a = 0,84 + \gamma \quad [21,56]; E = 0,84 + \gamma_{15} \quad [94]; E = 0,84 + \gamma \cdot 10^{-3} \quad [35,62]; \quad (1.17)$$

სადაც γ -ძირითადად აიღება 15°C -ის დროს და შესაბამისად ე.მ.დ.-ებს გამოთვლიან ამავე ტემპერატურაზე. როგორც ფორმულების ანალიზი გვიჩვენებს თეორიულად და ექსპერიმენტულად შედგენილი ემპირიულ ფორმულებს შორის განსხვავება შესამჩნევია. რადგან ელექტროლიტის ტემპერატურული მახასიათებელი ატარებს ლოგარითმულ ხასიათს. ხოლო ემპირიულ ფორმულებში, გამოთვლების სიმარტივისათვის, არ არის გათვალისწინებული ლოგარითმული მახასიათებელი.

ერთ-ერთ აქტუალურ საკითხს წარმოადგენს, აკუმულატორთა ბატარეას ტევადობის განსაზღვრა, რომლის გამოთვლისას სარგებლობენ, აკუმულატორთა ბატარეას მიერ, დროში გაცემული დენის ძალით. ნომინალური დენის ძალით განმუხტვის დროს, ტევადობას ძირითადად განსაზღვრავენ ფორმულით [21,56,62,85].

$$C_p = I_p T_p \text{ ა.სთ.}, \quad (1.18)$$

სადაც: I_p -განმუხტვის დენის ძალის მნიშვნელობაა, T_p -განმუხტვის დრო.

ტემპერატურაზე დამოკიდებულებით აკუმულატორთა ბატარეას ტევადობის განსაზღვრავად სარგებლობენ, უფრო დაზუსტებული ფორმულით, სადაც გათვალისწინებულია ის ტემპერატურა რომლის დროსაც გაინისაზღვრება აკუმულატორთა ბატარეას ტევადობა.

$$C_t = C_0 [1 + \alpha(t - 30^0)] \quad [21]; \quad C_p = C_t / [1 + 0,01(t - 25)] \quad [62];$$

$$C_{25} = \frac{C}{1 + 0,01(t_{cp} - 25)} \quad [55,85, 103]; \quad C_p = \int_0^{t_p} I_p dt \quad [15]; \quad (1.19)$$

აკუმულატორთა ბატარეას ტევადობის გარდა, ერთ ერთ ძირითად მახასიათებელს წარმოადგენს, აკუმულატორთა ბატარეას მიერ გაცემული ენერჯის რაოდენობა, რომელიც განისაზღვრება გაცემული ტევადობის მიხედვით

$$Q = \int_0^{t_p} I_p U_p dt \quad [21]; \quad W_p = \int_0^{t_p} I_p U_p dt \quad [15]; \quad W_p = \int_0^{t_p} I_p(t) U_p(t) dt \quad [103]; \quad (1.20)$$

ხოლო აკუმულატორთა ბატარეას ელექტროლიტის წინაღობა, ტემპერატურაზე დამოკიდებულებით გამოითვლება შემდეგი ემპირიული ფორმულით

$$r = r_0 / [1 + \alpha(t - 20)], \quad (1.21)$$

სადაც: r_t და r_0 შესაბამისად ელექტროლიტის წინაღობაა ტემპერატურის ცვლილებისას და 20°C -ის დროს. ხოლო $\alpha = 0,016 \text{ } 1^{\circ}\text{C}$ -ის დროს როცა $\gamma = 1,15 \div 1,3 \text{ ტ/მ}^3$. ამიტომ დაბალი ტემპერატურის პირობებში აუცილებელია აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვა მოხდეს გაზრდილი ძაბვის მნიშვნელობით. რადგან ელექტროლიტის წინაღობის გაზრდის გამო, უზრუნველყოფილი იყოს საჭირო დასამუხტი დენის ძალის მნიშვნელობა [21].

თუ ექსპერიმენტალურად განვსაზღვრავთ ენტროპიის ცვლილებას ΔS , მაშინ გიბს-ჰელმჰოლცის განტოლებიდან შესაძლებელია გავიანგარიშოთ აკუმულატორთა

ბატარეას დასამუხტი ძაბვის მნიშვნელობის დამოკიდებულება ელექტროლიტის ტემპერატურაზე.

$$\Delta S = -nF \left(\frac{\partial E_T}{\partial T} \right)_P, \quad (1.22)$$

ექსპერიმენტალური და თეორიული გამოკვლევების ანალიზმა გვიჩვენა რომ, ტემპერატურული კოეფიციენტის მნიშვნელობა ტოლია $K_V = -40,5 \text{ მლ.ვ/1}^\circ\text{C}$ -ის დროს. ხოლო კონკრეტული შემთხვევისას, როცა აკუმულატორთა ბატარეას ტემპერატურა 15°C -ის ტოლია, მაშინ მის მომჭერებზე დასამუხტი ძაბვის მნიშვნელობა, მუდმივი ძაბვით დამუხტვის დროს აიღება 13,8 ვოლტის ტოლი [71].

აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვისას პრაქტიკაში ძირითადად გავრცელებულია ორი მეთოდი: დამუხტვა ძაბვის და დენის ძალის მიხედვით. აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვა ძაბვის მიხედვით ხორციელდება, მისი ელექტრომომარაგების სისტემაში ექსპლუატაციის პერიოდში, რადგან შენარჩუნებული იყოს აკუმულატორთა ბატარეას მომჭერებზე მუდმივი მაქსიმალური დასამუხტი ძაბვის მნიშვნელობა. ხოლო დენის ძალის მიხედვით აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის მეთოდი გამოიყენება, აკუმულატორთა ბატარეას დასამუხტი მოწყობილობებზე. ამ დროს დასამუხტი დენის ძალის მნიშვნელობა, $10 \div 20$ საათიანი დამუხტვის რეჟიმის დროს, აიღება, აკუმულატორთა ბატარეას მთლიანი ტევადობის $1/5 \div 1/10$ ნაწილი.

აკუმულატორთა ბატარეა ექსპლუატაციისას პერიოდში, ინტენსიურად განმუხტება შიგაწვის ძრავის გაშვების დროს და მისი დაბალ ბრუნთა რიცხვზე მუშაობისას. ხოლო როდესაც ხორციელდება მისი დამუხტვა ძაბვის მიხედვით, განმუხტულობის მაღალი ხარისხის გამო მასზე მოქმედებს მაღალი დასამუხტი დენის ძალის სიდიდე, რაც იწვევს აკუმულატორთა ბატარეაში აირების გამოყოფას და ფირფიტების დაშლას. რადგან მუშა ზედაპირების ფართობი ძალზედ მცირეა, აგრეთვე არ ხდება ფირფიტებს შორისი არის, სეპარატორების და ფირფიტების ფორების შევსება ახალი ელექტროლიტით. რადგან ახალი ელექტროლიტი ვერ ასწრებს შემოსვლას ფორებში, დიფუზიის მექანიზმის დაყოვნების გამო. ამიტომ მცირე აქტიურ ფართობზე მოსული დენის ძალის მაღალი სიმკვრივე იწვევს შეუქცევად პროცესებს. ამასთან ერთად თუ გავითვალისწინებთ

იმასაც, რომ მაღალია ელექტროლიტის ტემპერატურა და აკუმულატორთა ბატარეას შიგა წინაღობა იკლებს, შედეგები ძალზედ უარყოფითია [21,26]. მართალია ზოგიერთი მოდიფიკაციის ძაბვის რეგულიატორები ითვალისწინებენ, დასამუხტი ძაბვის დამოკიდებულებას აკუმულატორთა ბატარეას ელექტროლიტის ტემპერატურაზე, მაგრამ მართო ტემპერატურული რეჟიმის დაცვა ვერ უზრუნველყოფს სულფატაციის ხარისხის შემცირებას და აკუმულატორთა ბატარეას ოპტიმალური საექსპლუატაციო რეჟიმების შექმნას.

ტექნიკური მომსახურების დროს, აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვა ხორციელდება მუდმივი დენის ძალის მიხედვით, დასამუხტ მოწყობილობებზე რომლებიც განთავსებულია აკუმულატორთა ბატარეას მომსახურების ობიექტებში. დასამუხტი მოწყობილობა ამ დროს უზრუნველყოფს, წინასწარ შერჩეული დენის ძალის მიხედვით აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვას. რომლის სიდიდის მიხედვით განსაზღვრავენ დამუხტვის პროცესის ხანგრძლივობას. ყველაზე საუკეთესო დამუხტვის რეჟიმად მიიჩნევენ 5÷10 სთ-იანი დამუხტვის რეჟიმებს [45,55,69,73,84].

ამ პროცესის დროს დამუხტვის დამთავრებად მიღებულია, აკუმულატორთა ბატარეას ელექტროლიტში აირების წარმოქმნის დასაწყისი. მაგრამ ეს პროცესი ხანგრძლივი დროით არ უნდა განხორციელდეს რადგან ამ დროს იმატებს აკუმულატორთა ბატარეას ელექტროლიტის სიმკვრივე. იზრდება უკუპროცესების წარმოქმნის საშიშროება. ამიტომ აუცილებელია ასეთი ტიპის დასამუხტ მოწყობილობებს გააჩნდეთ ავტომატური დამცავი მოწყობილობები. რადგან თავიდან იქნას აცილებული სავალალო შედეგები [68].

ელექტროლიტში აირების გამოყოფა უარყოფით გავლენას ახდენს აკუმულატორთა ბატარეაზე. რადგან ამ დროს იმატებს ელექტროლიტის კონცენტრაცია და დამუხტვის დამთავრების შემდეგ დარჩენილი SO_4^{2-} იონები უერთდებიან, როგორც $2H^+$ -ის, ისე Pb^{2+} -ის იონებს და ქმნის უხსნად ტყვიის სულფატს, რომელიც ილექება აკუმულატორის ელექტროდებზე, თხელი ფენის ან კრისტალური გისოსის სახით. რომლებიც გზას უღობავენ ელექტროლიტს ფირფიტების აქტიურ ფენებში შესაღწევად. ამას თან ემატება დადებითი ფირფიტების მესერის კოროზია და დარღვევა. ელექტროდებზე დარჩენილი ტყვიის სულფატის რაოდენობა განსაზღვრავს

აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის ხარისხს და ტევადობას. ექსპლუატაციის პროცესში ფირფიტების სულფატაცია შეუქცევადი პროცესია. აკუმულატორთა ბატარეას ყოველი შემდგომი, სრული და ნაწილობრივი დამუხტვა-განმუხტვის შემდეგ, მათი რაოდენობა თანდათან იმატებს და ელექტროდების სულ უფრო მეტ აქტიურ მასას ფარავს მაიზოლირებელი ფენით, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს აკუმულატორთა ბატარეას ტევადობას და საექსპლუატაციო რესურსს.

„ნარჩენი სულფატაცია“ ეწოდება $PbSO_4$ -ის იმ მოლეკულების რაოდენობას, რომლებიც უხსნადი ნალექის ან კრისტალური მესერის სახით დარჩა აკუმულატორთა ბატარეას ელექტროდებზე. მისი სრული დამუხტვის დროს. ნარჩენი სულფატაცია, აკუმულატორთა ბატარეას საექსპლუატაციო რესურსის ერთ-ერთი ძირითადი განმსაზღვრელი პარამეტრია, თუ მხედველობაში არ მივიღებთ აკუმულატორთა ბატარეას ფიზიკურ დაზიანებას.:

ნარჩენი სულფატაციის იმ მაქსიმალურ მნიშვნელობას რომლის დროსაც აკუმულატორთა ბატარეას ტევადობა შემცირებულია 60%-ით ნარჩენი სულფატაციის ზღვარი ეწოდება. ნარჩენი სულფატაციის ზღვარის დროს, აკუმულატორთა ბატარეას ელექტროლიტის სიმკვრივის მაქსიმალური კლების პირობებიდან $\gamma_{\max} - \gamma_{\min} = 0,16 \text{ ტ/მ}^3$. გამომდინარეობს, რომ ამ დროს $\Delta\gamma_{\min} = 0,096 \text{ ტ/მ}^3$ [45]. ასეთი მდგომარეობის დროს აკუმულატორი უნდა მოიხსნას ექსპლუატაციიდან და სხვა დაზიანებების არარსებობის შემთხვევაში უნდა მოთავსდეს რეაბილიტაციის დამუხტავ მოწყობილობაზე, რომელიც შესაბამისად მისი განმუხტულობის ხარისხისა, განახორციელებს მის აღდგენას საბოლოო ტევადობამდე [80].

ასეთი ტიპის სარეაბილიტაციო დასამუხტი მოწყობილობა შემოთავაზებულია ტამსონის მიერ განხილულ ნაშრომში, სადაც მოცემულია აკუმულატორთა ბატარეას ფორსირებული დამუხტვის მიზნით იმპულსური დამუხტვის პრინციპი. ასეთი მეთოდის გამოყენების დროს იქმნება შესაძლებლობა აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვისა გაცილებით მაღალი დენის ძალით, ვიდრე ჩვეულებრივი დამუხტვის დროს. რადგან იმპულსური დამუხტვის დროს ხორციელდება რეჟიმების დამუხტვა-განმუხტვა-პაუზის თანმიმდევრობით განმეორება.

პაუზის დროს აკუმულატორთა ბატარეაში ხორციელდება: სეპარატორების, ფირფიტების ფორების და მათ შორის არის შევსება ახალი ელექტროლიტით, არ ხდება აკუმულატორთა ბატარეას გადახურება და აირების გამოყოფა. ასეთი დასამუხტი მოწყობილობის გამოყენების საშუალებით, აკუმულატორთა ბატარეა არ ზიანდება და მნიშვნელოვნად იხსნება მისი ნარჩენი სულფატაცია. დამუხტვის მაქსიმალური მნიშვნელობა არ აღემატება 40 ამპერს. ხოლო დამუხტვა, განმუხტვა და პაუზის დროები შესაბამისად შემდეგნაირად იყო განაწილებული. 2 წთ. 45 წმ; 15 წმ; და 2 წმ. აქ განმუხტვის დრო 11 ჯერ ნაკლებია დამუხტვის დროზე. რაც სავსებით საკმარისია აკუმულატორის შესვენებისათვის და მისი ახალი ელექტროლიტით შევსებისათვის. ამ მეთოდით აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვა დანერგილი იყო ქ. სმოლენსკის №2 ტრესტში 1977 წელს და მიღებული წლიური ეკონომიური ეფექტი იმ დროისათვის 200 აკუმულატორზე 5,5 ათასი მანეთი იყო [92].

აგრეთვე იმპულსური დამუხტვის მეთოდი აქვს გამოყენებული თავის ნაშრომში პავლოვს. სხვა უპირატესობებთან ერთად დასამუხტი მოწყობილობის საშუალებით მან მიაღწია, აკუმულატორთა ბატარეაში ელექტროდებზე სულფატაციის მოხსნა, იმპულსური ნორმირებული დამუხტვის პრინციპის გამოყენებით. ექსპერიმენტების შედეგად მის მიერ გაკეთებულია შემდეგი დასკვნები: დამუხტვის რეჟიმის ოპტიმალურ მდგომარეობად ითვლება, როცა განმუხტვის იმპულსის ხანგრძლივობა 2-3 ჯერ აღემატება, დამუხტვისას. ხოლო განმუხტვის დენი ძალა 10 ჯერ ნაკლებია დამუხტვისაზე. $I_{Ad} = 10I_{Ag}$, $t_{Ag} = (2 \div 3)t_{Ad}$.

აქ გათვალისწინებულია ისიც რომ, ძველი სულფატირებული აკუმულატორთა ბატარეები რამოდენიმე საათის განმავლობაში, აუცილებლად უნდა დაიმუხტოს ნაკლები, მაგალითად ნახევარი დასამუხტი დენის ძალით და განიმუხტოს 3÷4-ჯერ მეტი განმუხტავი დენის ძალით [77]. ბოლო პერიოდში ფართო გავრცელება ჰპოვა აკუმულატორთა ბატარეას იმპულსურმა დასამუხტმა მოწყობილობებმა, რომლებიც ძირითადად გამოიყენება ტექნიკური მომსახურების ობიექტებში.

აღნიშნულ ნაშრომებში, აკუმულატორთა ბატარეას ტექნიკური და საექსპლუატაციო მახასიათებლების განსაზღვრისათვის, გამოყენებულია ზოგადი შეფასებები. რაც არ გვამღევს იმის საშუალებას რომ ზუსტად გავანალიზოთ და

აღწერით აკუმულატორთა ბატარეაში მიმდინარე პროცესები. განვსაზღვროთ მისი ტევადობა და შევავსოთ მისი ხანგამძლეობა, წინასწარი საექსპლუატაციო მონაცემების და გაზომვების მიხედვით.

რადგან ელექტრომომარაგების სისტემებში ვახორციელებთ აკუმულატორთა ბატარეას დასამუხტი ძაბვის და ელექტროენერჯის მომხმარებლებზე მისაწოდებელი ძაბვების განმხოლოებას. ამიტომ მისაღებია აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვა სატრანსპორტო საშუალებების ელექტრომომარაგების სისტემებში, ვაწარმოთ დენის ძალის მნიშვნელობის მიხედვით. ხოლო იმპულსური ფორსირებული დამუხტვის მეთოდების გამოყენებით შესაძლებელია, აკუმულატორთა ბატარეას ხანგამძლეობის გაზრდა, მისთვის იდეალური საექსპლუატაციო პირობების შექმნით.

1.3. ელექტრომომარაგების სისტემის დატვირთვის მახასიათებლების კვლევის შესახებ გამოქვეყნებული შრომების მიმოხილვა

ელექტრომომარაგების სისტემის, დატვირთვის მახასიათებლების ძირითად განმსაზღვრელს წარმოადგენს, ელექტროენერჯის მომხმარებლების მიერ მოხმარებული სიმძლავრე. რომელიც მუდმივად იცვლება სატრანსპორტო საშუალებების ექსპლუატაციის პერიოდში. დატვირთვის მახასიათებლების ცვალებადობა დამოკიდებულია, ისეთ გარეგან ფაქტორებზე როგორცაა: სატრანსპორტო საშუალების სიჩქარე, გარემოს ტემპერატურა და განათებულობა, საგზაო პირობები, შიგაწვის ძრავის მუხლანა ლილვის ბრუნვის სიხშირე და სხვა ფაქტორები, რომლებიც წარმოიშობა სატრანსპორტო საშუალებების ექსპლუატაციისას. ამიტომ ელექტრომომარაგების სისტემის დატვირთვის მახასიათებლების კვლევა ძალზედ აქტუალურია. რადგან ელექტრომომარაგების სისტემამ, ამ ცვალებადი გარემო პირობებში, უნდა უზრუნველყოს ელექტროენერჯის მომხმარებლების უწყვეტი და ხარისხიანი ელექტროენერჯით მომარაგება.

ელექტრომომარაგების სისტემის დატვირთვის მახასიათებლების კვლევის დროს, ძირითადი ყურადღება უნდა მიექცეს, ელექტროენერჯის ცალკეულ მომხმარებლებზე მოქმედ გარეგან ფაქტორებს. ნაშრომში [50] ელექტროენერჯის მომხმარებლები

დაყოფილია ორ ჯგუფად: ერთი ელექტრომომარაგების სისტემის ელემენტები და მეორე ელექტროენერჯის ძირითადი მომხმარებლები, რომლებიც განთავსებულია სატრანსპორტო საშუალებებზე. ავტონომიური ელექტრომომარაგების სისტემის მუშა რეჟიმების შეფასებისა და ოპტიმიზაციისათვის, აქცენტი გაკეთებულია ელექტრომომარაგების სისტემის დატვირთვის მახასიათებლების თავისებურებებზე. განხილულია სისტემის ოპტიმიზაციის პირობა, რომელიც შეფასებულია დატვირთვის ალბათური მახასიათებლების მიხედვით. დატვირთვის ალბათური მახასიათებელი შეფასებულია ელექტროენერჯის ძირითად მომხმარებლებზე მოქმედი გარეგანი მახასიათებლების მიხედვით. ოპტიმიზაციის ამოცანის პირობას წარმოადგენს, დატვირთვის ალბათური მახასიათებლების კვლევის შედეგების მიხედვით, ელექტრომომარაგების სისტემაში უარყოფითი ენერგობალანსის თავიდან აცილების მიზნით გენერატორის სიმძლავრის გაზრდა [50].

მაგრამ აღნიშნულ ნაშრომში, არ არის გაკეთებული ელექტროენერჯის მომხმარებლებზე მოქმედი გარეგანი მახასიათებლების ზუსტი ანალიზი. არ არის დაყოფილი ელექტროენერჯის მომხმარებლები კატეგორიებად და შესაბამისად ზოგადად არის შეფასებული მათ მიერ გამოწვეული დატვირთვის მახასიათებლები. გარეგანი შემაშფოთებელი ზემოქმედებების ფორმირებისას, დეტალურად არ არის განხილული ცალკეული დატვირთვის ტიპის ალბათური მახასიათებელი. ოპტიმიზაციის პირობაში გათვალისწინებულია მხოლოდ უარყოფითი ენერგობალანსი და აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტულობის კრიტერიუმები. რომლებიც მთლიანობაში სრულად ვერ ასახავს ავტონომიური ელექტრომომარაგების სისტემებში მიმდინარე პროცესებს.

ანალოგიური პრინციპებია გამოყენებული ნაშრომში, „ნელსვლიანი ტორსული სინქრონული გენერატორი. ელექტრომომარაგების ავტონომიურ წყაროში“, სადაც ელექტროენერჯის მომხმარებლები დაყოფილია ორ ჯგუფად. ელექტროენერჯის მომხმარებლებზე მოქმედი გარეგანი შემაშფოთებელი ზემოქმედებები, რომლებიც იწვევენ მათ მიერ მოთხოვნილი ელექტროენერჯის სიმძლავრის ცვლილებას, დაყვანილია ელექტრომომარაგების დატვირთვის მახასიათებელზე. რითაც მიღწეულია, ელექტრომომარაგების სისტემის დატვირთვის მახასიათებლების, უფრო ზუსტი აღწერა

ვიდრე ზემოთ განხილულ ნაშრომში [97]. მაგრამ ამ შემთხვევაშიდაც, არ არის დაყოფილი ელექტროენერჯის მომხმარებლები ცალკეულ კატეგორიებად. არამედ, საშუალო მახასიათებლით არის შეფასებული ელექტროენერჯის მომხმარებლების მიერ მოხმარებული ელექტროენერჯის სიმძლავრის ცვალებადობა. აგრეთვე არ არის გამოყოფილი დატვირთვის მახასიათებლების ცვალებადობის ის ფაქტორები, რომლებიც განაწილებულია დროში.

სატრანსპორტო საშუალებების ელექტრომომარაგების სისტემის და ელექტროენერჯის მომხმარებლების განხილვისას, გაანალიზებულია გამომუშავებული ელექტროენერჯის დატვირთვებზე განაწილების მახასიათებელი [98]. დატვირთვები დაყოფილია ჯგუფებად: ცალკეული და გამაერთიანებელი ნიშნით. ნაშრომში შემუშავებულია სიმძლავრის გადანაწილების ის ნიუანსები რაც განაპირობებს, ელექტროსადენების კონსტრუქციებს [98]. მაგრამ არა არის შესწავლილი დატვირთვის დროზე და გარემო ფაქტორების ზემოქმედებების კონკრეტული მახასიათებლის გავლენა.

მივიღოთ რომ, ელექტროენერჯის მომხმარებლების მიერ მოხმარებული სიმძლავრის ცვალებადობა, პირდაპირ წარმოადგენს ელექტრომომარაგების სისტემის დატვირთვის მახასიათებლებს. სწორედ ეს დატვირთვის მახასიათებლები და ელექტრომომარაგების სისტემაზე მოქმედი გარეგანი შემაშფოთებელი ზემოქმედებები ქმნიან, ელექტრომომარაგების სისტემაზე მოქმედ, „საერთო გარეგან შემაშფოთებელ ზემოქმედებებს“. აგრეთვე, ელექტრომომარაგების სისტემის დატვირთვის მახასიათებლები განისაზღვრება, ელექტროენერჯის მომხმარებლებზე მოქმედი გარეგანი შემაშფოთებელი ზემოქმედებების მიხედვით.

ელექტრომომარაგების სისტემის დატვირთვის მახასიათებლების კვლევისათვის, ელექტროენერჯის მომხმარებლების მახასიათებლების გათვალისწინებით, აუცილებელია ელექტროენერჯის ძირითადი მომხმარებლები დავყოთ კატეგორიებად, ელექტროენერჯის მოხმარებული სიმძლავრის რაოდენობისა და დატვირთვის დროის ხანგრძლივობის მიხედვით: ხანმოკლე დროით, ძირითად და ზოგად დატვირთვებად. აგრეთვე ცალკე უნდა განვიხილოთ, გენერატორის აღზუნებაზე და ძაბვის

რეგულიატორის ფუნქციონირებაზე დახარჯული ელექტროენერჯის სიმძლავრეები და აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვაზე დახარჯული ელექტროენერჯის სიმძლავრე.

„ხანმოკლე დროით დატვირთვად“ მივიღოთ გაშვების სისტემა. **„ძირითად დატვირთვად“**: ანთების სისტემა, ტრანსმისიის მართვის და დიაგნოსტიკის სისტემა, მოძრაობის უსაფრთხოების უზრუნველმყოფი სისტემა, ავტომატური ნავიგაციის სისტემა, კომფორტის და მძღოლის შრომის გაუმჯობესების უზრუნველმყოფი სისტემა, საკონტროლო-გამზომი მოწყობილობები. **„ზოგად დატვირთვებად“**: განათების სისტემა, გათბობის და კონდიცირება-ვენტილაციის სისტემა, სიგნალიზაციისა და ავარიული განათების სისტემა და სხვა დამატებითი სისტემები.

ხოლო, ელექტრომომარაგების სისტემის გარეგანი შემაშფოთებელი ზემოქმედებების კვლევისათვის ელექტრომომარაგების სისტემის საექსპლუატაციო პერიოდი დავყოთ, დროით პერიოდებად **„ციკლებად“**. რომლებიც დამოკიდებული არიან ისეთ გარემო შემაშფოთებელ ზემოქმედებებზე, როგორცაა: შიგაწვის ძრავის ბრუნთა რიცხვის ცვალებადობა, განათებულობის ცვალებადობა და სეზონური ტემპერატურული გავლენა.

შიგაწვის ძრავის გაშვება გაჩერების ერთი პერიოდი მივიღოთ **„მიკროციკლად“**, განათებულობის მონაცვლეობა დღე-ღამის პერიოდი, მივიღოთ **„ციკლად“**. ხოლო სეზონური ტემპერატურული გავლენა ზამთარ-ზაფხულის პერიოდი, კი - **„ზეციკლად“**.

რა თქმა უნდა, ეს გარეგანი შემაშფოთებელი ზემოქმედებები, აგრეთვე განსაზღვრავენ ელექტროენერჯის მომხმარებლების კატეგორიების მიერ მოხმარებული ელექტროენერჯის სიმძლავრის რაოდენობის ცვალებადობას (სიმკვრივეს), ამიტომ ამ პერიოდების გათვალისწინება ელექტრომომარაგების სისტემის დატვირთვის მახასიათებლების და გარეგანი შემაშფოთებელი ზემოქმედებების განსაზღვრისათვის, წარმოადგენს მნიშვნელოვან ფაქტორს, ელექტრომომარაგების სისტემის საექსპლუატაციო რეჟიმების ფორმულირებისათვის.

ელექტრომომარაგების სისტემის დატვირთვის მახასიათებლების კვლევა გარემო შემაშფოთებელი ზემოქმედებების მიხედვით და ელექტრომომარაგების სისტემაზე მოქმედი გარემო შემაშფოთებელი ზემოქმედებების მახასიათებლების კვლევა. საშუალებას გვაძლევს შევაფასოთ ელექტრომომარაგების სისტემის საექსპლუატაციო

რეჟიმები და განვახორციელოთ მისი ოპტიმიზაცია, სისტემის ენერგოეფექტურობის და ხანგამძლეობის პარამეტრების მიხედვით. მხედველობაში მივიღოთ გარემო შემაშფოთებელი ზემოქმედებების ის მახასიათებლები, რომლებიც გავლენას ახდენენ, როგორც ელექტრომომარაგების სისტემაზე ასევე ელექტროენერგიის მომხმარებლებზე.

ელექტროენერგიის ძირითადი მომხმარებლების, კატეგორიებად დაყოფა და საექსპლუატაციო პერიოდის ციკლებად დაყოფა, საშუალებას გვაძლევს, სიმძლავრის ბალანსის განტოლებაში მათემატიკური მეთოდების გამოყენებით, ზუსტად შევაფასოთ ცალკეული დატვირთვების ალბათური მახასიათებლები გარემო შემაშფოთებელი ზემოქმედებების მიხედვით და განვსაზღვროთ ენერგობალანსების მონაცვლეობის კანონზომიერებანი. მიღებული მონაცემების მიხედვით წინასწარ შევაფასოთ ის მახასიათებლები, რომლებმაც შეიძლება გამოიწვიოს ელექტრომომარაგების სისტემის ენერგოეფექტურობის შემცირება და დავსახოთ მისი აღმოფხვრის გზები.

1.4. არსებული ელექტრომომარაგების სისტემებში საექსპლუატაციო რეჟიმების და ენერგობალანსის განსაზღვრისადმი მიდგომის ძირითადი საკითხების მიმოხილვა

ელექტრომომარაგების სისტემის საექსპლუატაციო რეჟიმებიდან ძირითადად გამოყოფენ სამ რეჟიმს: დადებითი და უარყოფითი ენერგობალანსის და თავისუფალი სვლის რეჟიმებს. აგრეთვე იმ პროცესს როდესაც აკუმულატორთა ბატარეა სრულად დაიმუხტება და ხორციელდება გენერატორის აღზნების ხვიის წრედიდან გამორთვა, ამ დროს დატვირთვას ღებულობს აკუმულატორთა ბატარეა. [14,21,55,62]. მაგრამ საექსპლუატაციო რეჟიმების ასეთი განხილვით არ მიიღწევა ელექტრომომარაგების სისტემებში მიმდინარე პროცესების სრულყოფილი აღწერა. არ გაითვალისწინება მთელი რიგი ფაქტორებისა, კერძოდ: ძრავის გაშვების შემდეგ აკუმულატორთა ბატარეაზე ნორმირებული დასამუხტი ძაბვის მიწოდება, აკუმულატორთა ბატარეას ელექტროლიტის ტემპერატურის დამოკიდებულება დასამუხტი ძაბვაზე და თავისუფალი სვლის დროს გენერატორის როტორის მინიმალური ბრუნთა რიცხვი, რომლის დროსაც გენერატორს არ შეუძლია ნომინალური დენის ძალის გაცემა [4].

განვიხილოთ არსებული სისტემების მიერ უზრუნველყოფილი საექსპლუატაციო რეჟიმები, თავისი დადებითი და უარყოფითი მხარეებით. ჩამოვყალიბოთ ის პირობები რაც უნდა გავითვალისწინოთ თანამედროვე სატრანსპორტო საშუალების ელექტრომომარაგების სისტემების ფუნქციონირებისათვის.

თავისუფალი სვლის რეჟიმის დროს შიგაწვის ძრავი მუშაობს მინიმალურ ბრუნთა რიცხვზე და გენერატორს არ შეუძლია ისეთი ნომინალური დენის ძალის გაცემა. რომელიც საკმარისი იქნებოდა მომხმარებელთა ელექტროენერგიით უზრუნველსაყოფად. ე. ი. ადგილი აქვს უარყოფითი ენერგობალანსის კერძო შემთხვევას. ამ დროს ელექტრო ენერგიის მიწოდებას სისტემაში ახორციელებს აკუმულატორთა ბატარეა [14,21,55,62]. სტანდარტული ელექტრომომარაგების სისტემებში ამ რეჟიმის დროს გენერატორის აღზნების ხვიას მიეწოდება მაქსიმალური დენის ძალა, რომელიც უქმად იხარჯება და იწვევს გენერატორის აღზნების ხვიის და გულანას გადახურებას, გენერატორის როტორის დაბალი ბრუნთა რიცხვის გამო.

$$I_a = I_{a \max} , \quad (1. 23)$$

იმისათვის რომ აღნიშნული დენის ძალა არ დაიხარჯოს, ამიტომ აუცილებელია ინფორმაცია, გენერატორის ბრუნთა რიცხვის შესახებ, მივაწოდოთ ძაბვის რეგულიატორს.

$$\omega_G \leq \omega_{G \min} , \quad (1. 24)$$

სადაც: $\omega_{G \min} = 15 \div 18$ ჰერცს,

ამ პირობის დროს ძაბვის რეგულიატორმა აღარ უნდა მიაწოდოს გენერატორის აღზნების ხვიას დენის ძალა და გენერატორი გადაიყვანოს მორიგე რეჟიმში. ხოლო, როდესაც დამყარდება პირობა $\omega_{გენ.} > \omega_{გენ. \min}$. ძაბვის რეგულიატორმა ჩვეულ რეჟიმში გააგრძელოს გენერატორის აღზნების ხვიისათვის დენის ძალის მიწოდება [4].

უარყოფითი ენერგობალანსის დროს გენერატორის მიერ გამომუშავებული სიმძლავრე ვერ უზრუნველყოფს მომხმარებლების ელექტრომომარაგებას და მას ეხმარება აკუმულატორთა ბატარეაც, ე. ი. სიმძლავრის ბალანსის განტოლება მიიღებს სახეს.

$$P_{Ag} + P_G = P_{RE} + P_a + P_m , \quad (1. 25)$$

სადაც: P_{Ag} - აკუმულატორის მიერ გაცემული სიმძლავრეა. P_G - გენერატორის მიერ გამომუშავებული სიმძლავრეა. P_{RE} - ძაბვის რეგულიატორის მიერ მოხმარებული სიმძლავრეა. P_a - გენერატორის აღზნების ხვიის მიერ მოხმარებული სიმძლავრეა და P_m - ელექტროენერგიის მოხმარებლების მიერ მოხმარებული სიმძლავრეა.

ამ ენერგობალანსის დადგომის ალბათობის მინიმუმამდე შემცირების მიზნით, არსებულ სისტემებში გაზრდილია სისტემაში ჩართული გენერატორის სიმძლავრე, რადგან არ მოხდეს ხანგრძლივი დროის განმავლობაში აკუმულატორთა ბატარეას განმუხტვა, რაც იწვევს მისი საექსპლუატაციო რესურსის შემცირებას [50,97]. ამის გარდა აგრეთვე სწორად უნდა შეირჩეს გენერატორსა და შიგაწვის ძრავს შორის არსებული ღვედური გადაცემის რიცხვი [4].

დადებითი ენერგობალანსის დროს, გენერატორის მიერ გაცემული სიმძლავრე საკმარისია როგორც ელექტროქსელის მოხმარებელთა ელექტროენერგიით მომარაგებისათვის ასევე აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვისათვის. თანამედროვე ელექტრომომარაგების სისტემებში განიხილება დადებითი ენერგობალანსის სამი შემთხვევა:

1. გენერატორის მიერ გაცემული სიმძლავრე ტოლია ელექტროენერგიის მოხმარებლების, გენერატორის აღზნების ხვიის და ძაბვის რეგულიატორის მიერ მოხმარებული სიმძლავრების ჯამისა.

$$P_G = P_{RE} + P_a + P_m, \quad (1.26)$$

2. მეორე შემთხვევისას კი გენერატორის მიერ გაცემული სიმძლავრე, ყველა ზემოთ ჩამოთვლილთან ერთად საკმარისია აკუმულატორთა ბატარეას დასამუხტადაც, წინა შემთხვევაში აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვა არ ხორციელდებოდა.

$$P_G = P_{RE} + P_a + P_m + P_{Ad}, \quad (1.27)$$

სადაც: $P_{დ.აკ.ბატ.}$ -აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვაზე გაცემული სიმძლავრეა.

3. როდესაც სრულად მოხდება აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვა დადებითი ენერგობალანსის დროს, თანამედროვე ძაბვის რეგულიატორები ამ დროს შეუწყვიტავენ გენერატორის აღზნების ხვიას დენის ძალის მიწოდებას, რაც იწვევს გენერატორის მიერ გაცემული სიმძლავრის ნულამდე დაცემას და

ელექტროენერჯის მომხმარებლების ელექტრომომარაგება ხორციელდება აკუმულატორთა ბატარეას მეშვეობით. ამიტომ გვექნება

$$P_{Ag} = P_{RE} + P_m, \quad (1.28)$$

აკუმულატორთა ბატარეას ნაწილობრივი განმუხტვის შემდეგ ისევ აღდგება გენერატორის აღზნების ხვიის დენის ძალის მიწოდება და გენერატორი აღადგენს ელექტროენერჯის გამომუშავებას. გაგრძელდება აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვაც. მაგრამ ამ მომენტისათვის თუ დადგა უარყოფითი ენერჯო ბალანსი, ე. ი. გაიზარდა მოხმარებული ელექტროენერჯის სიმძლავრე მაშინ გაგრძელდება აკუმულატორთა ბატარეას განმუხტვა და შეიქმნება აკუმულატორთა ბატარეას დაუმუხტავად დარჩენის საშიშროება [4].

არსებულ სისტემებში ელექტროენერჯის დეფიციტის აღმოფხვრისათვის, ძრავის გაშვების შემდეგ და აკუმულატორთა ბატარეას მაღალი ხარისხით განმუხტულობის პერიოდში, აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვა ხორციელდება მაღალი დენის ძალის სიდიდით. რადგან არსებულ სისტემებში ტემპერატურული კომპენსაციით თუ მის გარეშე აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვას ახორციელებენ ძაბვის მიხედვით, რაც განმუხტულ აკუმულატორთა ბატარეაზე დამუხტვის პროცესში იწვევს დასამუხტი დენის ძალის საგრძნობლად მომატებას, რაც ძალიან უარყოფითად მოქმედებს აკუმულატორთა ბატარეას ფირფიტებზე. ამიტომ აუცილებელია აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვა ნორმირებული დენის ძალის მიხედვით და არა ძაბვის მიხედვით[4].

უარყოფითი ენერჯობალანსის მოხდენის ალბათობის მინიმუმამდე შემცირების მიზნით, აგრეთვე მიზანშეწონილად უნდა ჩავთვალოთ, ეგრეთწოდებული „შენახვის რეჟიმის“ შემოღება. რომელიც დღემდე არსებულ არც ერთ ელექტრომომარაგების სისტემებში არ არის განხორციელებული. რაც მდგომარეობს შემდეგში: „როდესაც აკუმულატორთა ბატარეა დაიმუხტება ბოლომდე და გენერატორს შეუძლია მის მიერ გამომუშავებული სიმძლავრით უზრუნველყოს როგორც მომხმარებლები, ასევე აღზნების ხვია და ძაბვის რეგულიატორი. მაშინ აკუმულატორთა ბატარეა გამოირთვება წრედიდან და გადავა მორიგე რეჟიმში, მისი საჭიროების შემთხვევაში ჩართვამდე“. ამ დროს სიმძლავრეთა ბალანსის ფორმულა მიიღებს შემდეგ სახეს

$$P_G = P_{RE} + P_a + P_m, \quad (1.29)$$

აკუმულატორთა ბატარეის წრედიდან გამორთვა საშუალებას მოგვცემს, აკუმულატორთა ბატარეა შევინარჩუნოთ პროცენტულად უფრო მეტი დროის განმავლობაში დამუხტულ მდგომარეობაში, ვიდრე სტანდარტული ძაბვის რეგულიატორების გამოყენების შემთხვევაში [4].

ზოგიერთ ელექტრომომარაგების სისტემებში ასევე ითვალისწინებენ, აკუმულატორთა ბატარეას დასამუხტი ძაბვის ცვლილების დამოკიდებულებას ელექტროლიტის ტემპერატურაზე. ძაბვის რეგულიატორის ელემენტების და აკუმულატორთა ბატარეას ელექტროლიტის ტემპერატურული ცვლილების გათვალისწინებისას ადგილი აქვს უარყოფით მოვლენას. რაც მდგომარეობს შემდეგში: აკუმულატორთა ბატარეას დასამუხტი ძაბვა, $-15^{\circ} \div +20^{\circ}$ ტემპერატურის დროს მერყეობს $13,8 \div 15,3$ ვოლტის ფარგლებში, ხოლო დაბალი ტემპერატურის დროს სისტემას მიეწოდება $U_{ბატ}=15,3$ ვოლტი, რაც უარყოფითად მოქმედებს ელექტროენერჯის მომხმარებლებზე [4].

ამ მოვლენის თავიდან აღსაკვეთად აუცილებელია განვახორციელოთ დასამუხტი ძაბვის განმხილვა ელექტროენერჯის მომხმარებელთა ძაბვისაგან, აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის დროს. აგრეთვე გავითვალისწინოთ როგორც აკუმულატორთა ბატარეას დასამუხტი, ასევე ელექტროენერჯის მომხმარებლებზე მიწოდებული ძაბვის ნომინალური მნიშვნელობა. რაც საშუალებას მოგვცემს ექსპლუატაციის დროს დაცული იქნას როგორც აკუმულატორთა ბატარეა, ასევე ელექტროენერჯის მომხმარებლები [4].

არსებულ სისტემებში, გენერატორის გამომავალი ძაბვის რეგულირებისას იყენებენ დისკრეტულ რეგულირებას. გენერატორის მაღალი ბრუნთა რიცხვის დროს რეგულირების სიხშირე იმატებს, ხოლო დაბალი ბრუნთა რიცხვის დროს იკლებს, რადგან გენერატორის ძაბვა სიჩქარული მახასიათებლიდან გამომდინარე, გენერატორის როტორის ბრუნთა რიცხვის ცვლილებისას იცვლება ძაბვის მატების სიჩქარე. შესაბამისად იცვლება გენერატორის გამომავალი ძაბვის პულსაციის სიხშირე [21,62]. ეს პროცესი უარყოფითად აისახება გენერატორის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის ხარისხზე. ზოგიერთ არსებულ ელექტრომომარაგების სისტემებში გამოყენებულია კონდესატორული ფილტრები, რომლებიც ვერ უზრუნველყოფს

ფართო დიაპაზონის ცვალებადი პულსაციის ჩახშობას. შესაძლებელია გამოვიყენოთ ფართოზოლოვანი ფილტრები, მაგრამ ისინი როგორც ენერგეტიკულად ასევე ეკონომიკურად გაუმართლებელია. ამიტომ მიზანშეწონილად მივიჩნით გენერატორს რეგულირება განვახორციელოთ განივ-იმპულსური რეგულირებით. რომლის დროსაც გენერატორის ადგენების ხვიას მიეწოდება მუდმივი სიხშირის დენის ძალა, რაც საგრძნობლად აუმჯობესებს გენერატორის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის ხარისხს [4].

1.5. პირველი თავის მოკლე დასკვნები

1. ჩატარებული კვლევის და ანალიზის საფუძველზე, განვახორციელოთ სატრანსპორტო საშუალების ელექტრომომარაგების სისტემის სრულყოფა და მისი საექსპლუატაციო რეჟიმების ოპტიმიზაცია, ძაბვის რეგულიატორის უნიფიკაციით და ფუნქციონალური შესაძლებლობების გაზრდით.
2. კვლევების წინაპირობაში მივიღოთ ელექტრომომარაგების სისტემის „დატვირთვის მახასიათებლებლად“, ელექტროენერჯის მომხმარებლების მიერ მოხმარებული სიმძლავრე. გამოვიკვლიოთ დატვირთვის მახასიათებლების ცვალებადობის ის ფაქტორები, რომლებიც განაწილებულია დროში. დატვირთვის დროზე და გარემო ფაქტორების ზემოქმედებების კონკრეტული მახასიათებლების მიხედვით.
3. ჩამოვყალიბოთ ელექტრომომარაგების სისტემის საერთო გარეგანი შემაშფოთებელი ზემოქმედებები, რომელიც წარმოადგენს დატვირთვის მახასიათებლების და ელექტრომომარაგების სისტემაზე მოქმედი გარეგანი შემაშფოთებელი ზემოქმედებების ერთობლიობას.
4. აკუმულატორთა ბატარეას, გენერატორის და ძაბვის რეგულიატორის ხანგამძლეობის და სისტემის ენერგოეფექტურობის გაზრდის კრიტერიუმების ურთიერთშეთანხმების მიზნით ჩამოვყალიბოთ ოპტიმიზაციის ამოცანა
5. ელექტრომომარაგების სისტემის გარეგანი შემაშფოთებელი ზემოქმედებების კვლევისათვის, ელექტრომომარაგების სისტემის საექსპლუატაციო პერიოდი

დავყოთ დროით პერიოდებად, „ციკლებად“. ხოლო ელექტროენერჯის ძირითადი მომხმარებლები კატეგორიებად, ელექტროენერჯის მოხმარებული სიმძლავრის რაოდენობისა და დატვირთვის დროის ხანგრძლივობის მიხედვით.

6. უარყოფითი ენერგობალანსის მოხდენის ალბათობის მინიმუმამდე შემცირების მიზნით, განვახორციელოთ „შენახვის რეჟიმის“ შემოღება. რაც საშუალებას გვაძლევს აკუმულატორთა ბატარეა შევინარჩუნოთ პროცენტულად უფრო მეტი დროის განმავლობაში დამუხტულ მდგომარეობაში და გავზარდოთ აკუმულატორთა ბატარეას ხანგამძლეობა.
7. შემუშავდეს აკუმულატორთა ბატარეას ხანგამძლეობის განსაზღვრის მეთოდოლოგია, „ნარჩენი სულფატაციის“ თეორიის გამოყენებით. ექსპლუატაციის სხვადასხვა სტადიებზე მისი ტევადობის შეფასებით და ნარჩენი სულფატაციის ზღვარის გაანგარიშებით.
8. ლიტერატორული წყაროების ანალიზის და თეორიული კვლევის საფუძველზე განვახორციელოთ, აკუმულატორთა ბატარეას დასამუხტი ძაბვის და ელექტროენერჯის მომხმარებლებზე მისაწოდებელი ძაბვების განმხოლოება. აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვა ვაწარმოოთ მართვადი იმპულსური დენის ძალის მიხედვით. რადგან შეუქმნათ მას იდეალური საექსპლუატაციო პირობები და მივიღოთ ტექნიკურად მოუმსახურებელი აკუმულატორები.
9. გამოკვლევების ანალიზის საფუძველზე დაყრდნობით მივიღოთ გენერატორის გამომავალი ძაბვის რეგულირება, განივ-იმპულსური რეგულირების პრინციპის მეშვეობით და ძაბვის რეგულირების დიაპაზონი დავიყვანოთ მინიმუმამდე.

2. ელექტრომომარაგების სისტემის საექსპლუატაციო რეჟიმების თეორიული კვლევის შედეგები

2.1. ელექტრომომარაგების სისტემის ენერგოეფექტურობის კრიტერიუმების ჩამოყალიბება

2.1.1. გენერატორის ენერგოეფექტურობის გაზრდის ძირითადი კრიტერიუმები

გენერატორის ენერგოეფექტურობის გაზრდის ძირითად კრიტერიუმებად მივიღოთ, გენერატორის აღზენებაზე დახარჯული სიმძლავრის ოპტიმიზაციის პირობები: შიგაწვის ძრავის გაშვების პროცესში და გენერატორის მუშა რეჟიმების პირობებში. ორივე კრიტერიუმის ოპტიმიზაცია განვახორციელოთ გენერატორის კონსტრუქციული პარამეტრების ცვლილების გარეშე. ამისათვის განვიხილოთ გენერატორის საექსპლუატაციო რეჟიმები, ცვალებადი დატვირთვის და როტორის ბრუნთა რიცხვის ცვალებადობის მიხედვით, ეს რეჟიმები დავყოთ ორ ეტაპად: 1) შიგაწვის ძრავის გაშვების პროცესიდან, გენერატორის როტორის ნომინალურ ბრუნთა რიცხვამდე პერიოდი და 2) გენერატორის როტორის ნომინალური ბრუნთა რიცხვიდან მაქსიმალურ ბრუნთა რიცხვამდე პერიოდი, როდესაც გენერატორს შეუძლია ნომინალური ძაბვის მიღება. ამ პერიოდებში ცალსახად გავითვალისწინოთ დატვირთვის ცალკეობის ალბათობაც.

გენერატორის აღზენებაზე დახარჯული სიმძლავრის შეფასებისათვის გამოვიყენოთ დამოკიდებულება, გენერატორის მიერ გაცემული სიმძლავრის ფარდობა გენერატორის აღზენებაზე დახარჯულ სიმძლავრესთან.

$$K_G(f_G, f_a) = \frac{P_G}{P_a} = \frac{U_G I_G}{U_a I_a}, \quad (2.1)$$

სადაც: $K_G(f_G, f_a)$ წარმოადგენს გენერატორის გადაცემის კოეფიციენტს, ელექტრული სიმძლავრის მიხედვით.

როდესაც გენერატორის როტორის ბრუნთა რიცხვი მოთავსებულია ზღვრებში: $n_{Gnom} \leq n_G \leq n_{Gmax}$, მაშინ გენერატორი ახორციელებს სიმძლავრის გამომუშავებას. ამიტომ გვაქვს პირობა $I_a \geq 0$. ამ დროს, გენერატორის გამომავალი ძაბვის რეგულირება ხორციელდება, დისკრეტული რეგულირების პრინციპით. რომლის დროსაც,

გენერატორის ალგუნების ხვიას მიეწოდება პულსირებული დენის ძალა. ალგუნების დენის ძალის ცვლილება მიიღწევა: სიხშირული ან განივ-იმპულსური რეგულირების პრინციპით, ზოგიერთ შემთხვევაში ორივე პრინციპის გამოყენებით. სიხშირული რეგულირების დროს, ალგუნების დენის ძალის სიხშირე იცვლება ერთეულოვანი ჰერციდან რამოდენიმე ასეულ ჰერცამდე, განივ იმპულსური რეგულირების დროს კი ალგუნების დენის ძალის სიხშირე უცვლელია, იცვლება მხოლოდ იმპულსის ხანგრძლივობა.

გენერატორის სიხშირული რეგულირების დროს დაბალი სიხშირის პირობებში, ადგილი აქვს გენერატორის გამომავალი ძაბვის პულსაციას. ხოლო გენერატორის როტორის მაღალი ბრუნთა რიცხვის დროს გადართვის სიხშირის მომატება ხშირ შემთხვევაში იწვევს გამომავალი კასკადის თვითალგუნებას. სისტემის მდგრადობის შენარჩუნებისა და ტრანზისტორების გადართვის დროის შემცირების მიზნით, ელექტრონულ რელეებს გააჩნიათ დადებითი უკუკავშირი. რის შედეგადაც გამაძლიერებელი კასკადის მოწყობილობა ღებულობს ძალზედ დიდ ჰისტერეზისს, რის გამოც გენერატორის გამომავალი ძაბვის პულსაცია პრაქტიკულად აღწევს $0,15 \pm 0,3$ ვოლტს. კომუტაციის დაბალი სიხშირის დროს 15 ± 20 ჰც. გენერატორის ალგუნების ხვიაში დენი და მაგნიტური ნაკადი შესაძლებელია გახდეს წყვეტილი, რასაც მივყავართ გენერატორის გამომავალი ძაბვის პულსირებისაკენ და ელექტრომოწყობილობის განათების ნათურების ციმციმისაკენ, აგრეთვე სხვა მომხმარებლების გამართული მუშაობის დარღვევისაკენ. ხოლო კომუტაციის მაღალ სიხშირეს $1\text{-}3\text{კც-ზე}$ მეტს, მივყავართ ტრანზისტორზე გაბნეული სიმძლავრის გაზრდისაკენ, რაც იწვევს ძაბვის რეგულიატორის საიმედოობის დაცემას. ამასთან ერთად, რადგან გენერატორი წარმოადგენს დაბალსიხშირულ მოწყობილობას, კომუტაციის მაღალ სიხშირეზე იმატებს დანაკარგები მაგნიტურ სისტემაში [95].

ყოველივე ზემოთქმულიდან გამომდინარე, რადგან არ ვახორციელებთ გენერატორის კონსტრუქციულ ცვლილებებს, ძირითადი აქცენტი გადავიტანოთ, მხოლოდ ალგუნების ხვიაში სტაბილური და ოპტიმალური მაგნიტური ნაკადის შექმნაზე, განივ-იმპულსური რეგულიატორის, ტაქტური სიხშირის გენერატორის f_a სიხშირის შერჩევით. რომლის დროსაც შესრულდება პირობა $K_G(f_G, f_a) \rightarrow \max$.

თეორიული კვლევების საფუძველზე მივიღეთ პირობა, რითაც ფასდება გენერატორის გადაცემის კოეფიციენტი ელექტრული სიმძლავრის მიხედვით. განვიხილოთ გენერატორის გადაცემის კოეფიციენტის $K_G(f_G, f_a)$ დამოკიდებულება, გენერატორის როტორის ბრუნთა რიცხვის n_G და განივ-იმპულსური რეგულირების f_a სიხშირის ცვლილებაზე. გაანგარიშებების შედეგად მიღებული შედეგები გამოსახულია სამგანზომილებიან სივრცით დიაგრამაზე, $K_G(f_G, f_a)$ პარამეტრისათვის ნახ. 1, რომელიც აღიწერება განტოლებით:

$$K_G(n_G; f_a) = \frac{I_G^2 Z_G}{I_a^2 Z_a} = \frac{(I_a + I_d)^2 \cdot Z_G}{I_a^2 Z_a}, \quad (2.2)$$

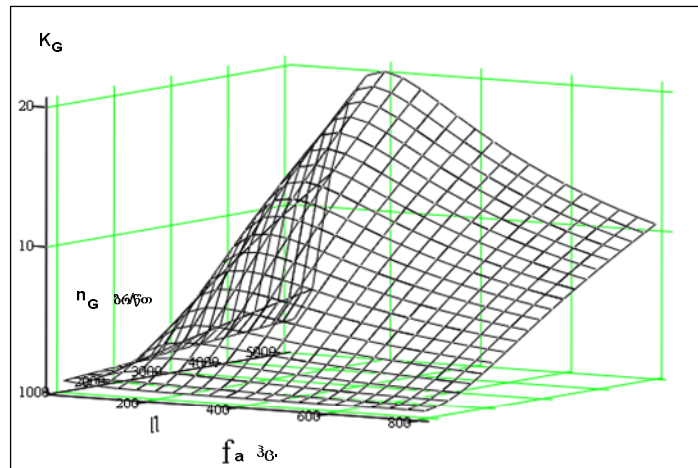
სადაც: $Z_G = \sqrt{R_{ST}^2 + (C_y \cdot n_G)^2}$; $Z_a = \sqrt{R_a^2 + (2\pi f_a L_a)^2}$; შესაბამისად გენერატორის

სტატორისა და ალგუნების ხვიის წინაღობების მნიშვნელობებია. ხოლო $I_a = \frac{U_a}{R_a \cdot e^{\frac{R_0}{2 \cdot f \cdot L_a}}}$;

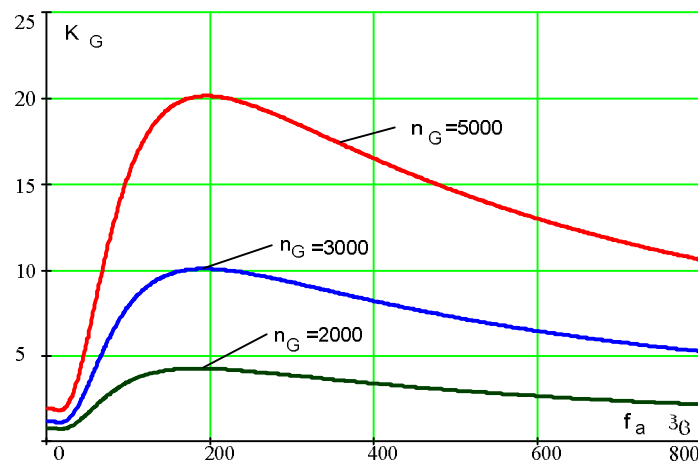
ალგუნების ხვიაზე მიწოდებული დენის ძალის მაქსიმუმის პირობაა, ალგუნების სიმძლავრის ოპტიმალური პირობიდან გამომდინარე. $I_d = I_{d \max} \cdot \left(1 - e^{-\frac{n_x - n}{n_x}}\right)$ -ვი

გენერატორის მიერ დატვირთვაზე გაცემული დენის ძალაა, გენერატორის მიერ გაცემული მაქსიმალური დენის ძალის და გენერატორის როტორის ბრუნთა რიცხვზე დამოკიდებულებით.

ნახ. 1-ზე მოცემული დიაგრამა აგებულია ფირმა „BOSCH“-ის „K1-14v-28/70A“ ტიპის გენერატორის, კონსტრუქციული და მისი საექსპლუატაციო პარამეტრების საწყისი პირობების მიხედვით. რომლებიც მიღებულია თეორიული და ლაბორატორიული კვლევების შედეგად. გამოთვლების სიმარტივისათვის მხედველობაში არ არის მიღებული, დანაკარგების გავლენა მაგნიტურ სისტემაში და ტემპერატურული ზემოქმედების გავლენა, როგორც ელექტრულ ასევე მაგნიტურ სისტემაზე. ხოლო თეორიული კვლევის შედეგები დაზუსტებულია პრაქტიკული დაბორატორიული კვლევების საფუძველზე (§4.4). სადაც გაანგარიშებები და ექსპერიმენტის შედეგები მოცემულია, მომენტური დაკვირვების შედეგად აღებული ანათვლების, ცხრილურ ფორმატში წარმოდგენით.



ნახ. 1. გენერატორის გადაცემის კოეფიციენტის დამოკიდებულება, როტორის ბრუნთა რიცხვზე და განივ-იმპულსური რეგულიატორის ტაქტურ სიხშირეზე.



ნახ. 2. გენერატორის გადაცემის კოეფიციენტის დამოკიდებულება, განივ-იმპულსური რეგულიატორის ტაქტურ სიხშირეზე, გენერატორის როტორის სხვადასხვა ბრუნთა რიცხვების დროს.

ნახ. 2-ზე ნაჩვენებია გენერატორის გადაცემის კოეფიციენტის, დამოკიდებულების დიაგრამა, განივ-იმპულსური რეგულიატორის ტაქტურ სიხშირეზე, გენერატორის როტორის სხვადასხვა n_G ბრუნთა რიცხვების დროს. როგორც ანალიზი გვიჩვენებს $K_G \rightarrow \max$ პირობას ადგილი აქვს 180-220 ჰც-ის დიაპაზონში.

$K_G(f_G, f_a) = \max$ პირობის დაზუსტებისათვის ვისარგებლოთ $K_G(f_G, f_a)$ ფუნქციის წარმოებულის ნულთან ტოლობის პირობით.

$$\frac{dK_G}{df_a} = 0, \tag{2.3}$$

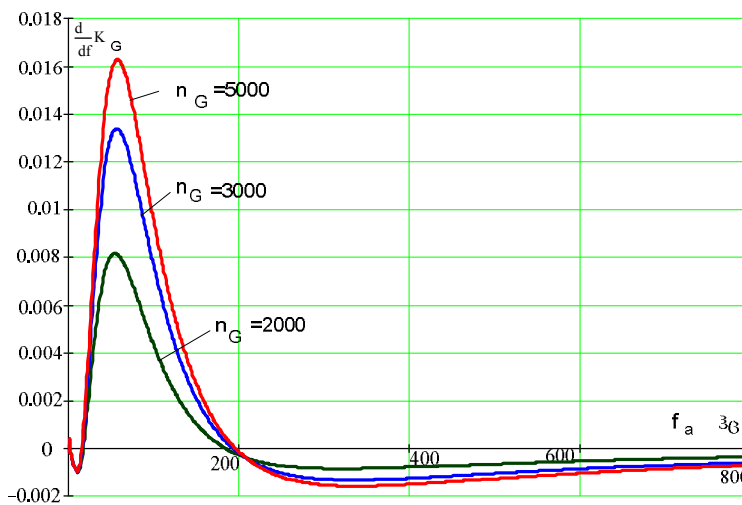
რომლის შედეგადაც მივიღებთ განვი-იმპულსური რეგულიატორის, ტაქტური სიხშირის გენერატორის, იმ ოპტიმალურ სიხშირეს რომლის დროსაც $K_G(f_G, f_a) = \max$.

განივი-იმპულსური რეგულიატორის, ტაქტური სიხშირის გენერატორის ოპტიმალური სიხშირის მონაცემები, გენერატორის როტორის ბრუნთა რიცხვის n_G -ის სხვადასხვა მნიშვნელობებისათვის მოცემულია ცხრილი 1-ში. ხოლო გრაფიკული გამოსახულება $\frac{dK_G}{df_a}$ პარამეტრის დამოკიდებულებისა, განვი-იმპულსური რეგულიატორის ტაქტურ სიხშირეზე, გენერატორის როტორის სხვადასხვა ბრუნთა რიცხვზე ნაჩვენებია ნახ. 3-ზე.

ცხრილი 1

ტაქტური სიხშირის გენერატორის ოპტიმალური სიხშირის მონაცემები

n_G	ბრ/წთ	1000	2000	3000	4000	5000
f_a	ჰც	176,4	183,6	192,5	193,8	195,4



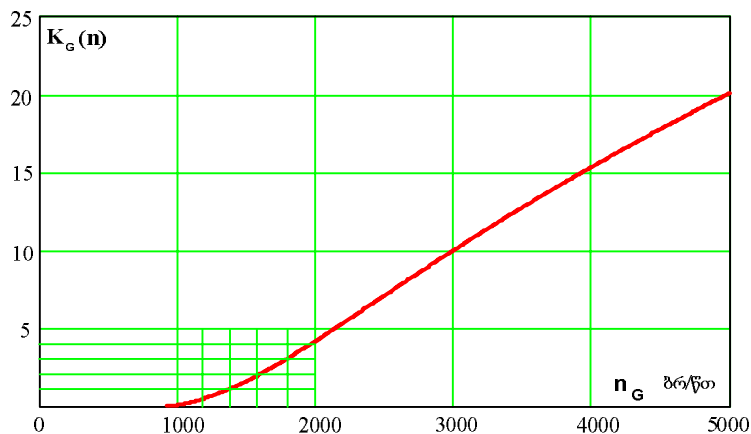
ნახ. 3. $\frac{dK_G}{df_a}$ პარამეტრის დამოკიდებულება, განვი-იმპულსური რეგულიატორის

ტაქტურ სიხშირეზე, გენერატორის როტორის სხვადასხვა ბრუნთა რიცხვისას.

რადგან საექსპლუატაციო პირობებში გენერატორს ალბათურად უფრო მეტად საშუალო და ნომინალურ ბრუნთა რიცხვის პირობებში უწევს ექსპლუატაცია, ამიტომ თეორიული გამოთვლების და პრაქტიკული ლაბორატორიული კვლევების

საფუძველზე და მათზე დაყრდნობით მივიღოთ. გენერატორის როტორის ბრუნთა რიცხვის პირობის დროს $1500 \leq n_G \leq 2500$, განივ-იმპულსური რეგულიატორის ტაქტური სიხშირე, მივიღოთ $f_a = 190$ ჰც-ის ტოლი. ამ პირობებში „K1-14v-28/70A“-ის ტიპის გენერატორისათვის ეს სიხშირე წარმოადგენს ოპტიმალურ სიხშირეს, იმისათვის რომ, გენერატორის აღზნების ხვიის წრედში დანაკარგები დავიყვანოთ მინიმუმამდე.

მიღებული მონაცემების საფუძველზე საშუალება გვქვია, ნებისმიერი მოდიფიკაციის სატრანსპორტო საშუალების გენერატორებისათვის გამოვთვალოთ, ოპტიმალური რეგულირების სიხშირე განივ-იმპულსური რეგულიატორებისათვის. მოცემული გენერატორის საწყისი პირობების და კონსტრუქციული პარამეტრების მიხედვით. აღზნების დენის ძალის ანგარიშს ვაწარმოებთ ძაბვის რეგულიატორის გამომავალი კასკადთან ერთად და შესაბამისობაში მოგვყავს, კონკრეტული ძაბვის რეგულიატორი მოცემულ გენერატორთან. მოცემული მეთოდით საშუალება გვაქვს შევიმუშაოთ გენერატორის განივ-იმპულსური რეგულირების სიხშირის ოპტიმალურად შერჩევის მეთოდიკა, რომელიც ეყრდნობა როგორც თეორიულ გამოთვლებს ასევე ექსპერიმენტალური კვლევის შედეგებს.



ნახ. 4. გენერატორის გადაცემის კოეფიციენტის დამოკიდებულება, ოპტიმალური f_a სიხშირისათვის, გენერატორის როტორის ბრუნთა რიცხვზე.

რადგან მივიღეთ განივ-იმპულსური რეგულიატორის ოპტიმალური ტაქტური სიხშირე f_a . ამიტომ საშუალება გვქვია გამოვსახოთ $K_c(n)$ დამოკიდებულება კონკრეტული ოპტიმალური f_a სიხშირისათვის. „K1-14v-28/70A“-ის ტიპის გენერატორისათვის ეს დამოკიდებულება ნაჩვენებია ნახ. 4-ზე.

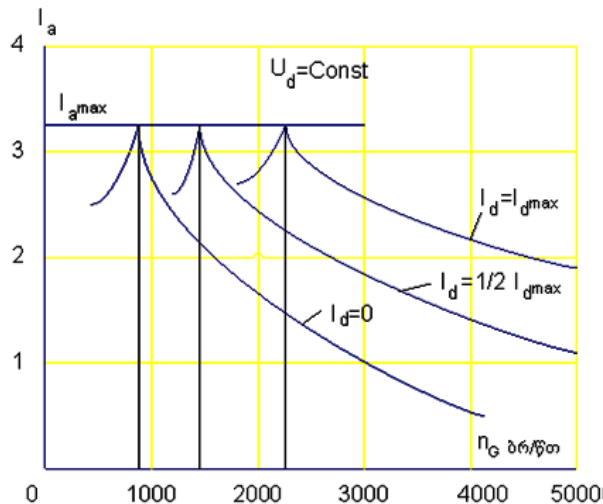
შიგაწვის ძრავის გაშვების პროცესში გენერატორს არ შეუძლია ნომინალური დენის ძალის გაცემა. ამიტომ გენერატორს, სანამ მისი როტორის ბრუნთა რიცხვი n_G არ მიაღწევს ნომინალურს, მას არ მიეწოდება ალგუნების დენის ძალა. რადგან ამ დროს გენერატორის ალგუნების ხვიაზე მიწოდებული სიმძლავრე ფუჭად იხარჯება და ადგილი აქვს ენერგიის დანაკარგებს.

$$I_a = 0 \text{ როცა } 0 \leq n_G \leq n_{Gnom}, \quad (2.4)$$

შესაბამისად, გენერატორზე ალგუნების დენის ძალის არ მიწოდებით, $P_a = U_a I_a = 0$ და გვაქვს ელექტროენერგიის ეკონომია, რომელიც რიცხობრივად გამოისახება დამოკიდებულებით:

$$W_{a0} = \int_0^{\Delta t_{M1}} U_a I_a dt, \quad (2.5)$$

სადაც $0 \div \Delta t_{M1}$ არის დროის ინტერვალი რომლის განმავლობაშიც გენერატორის როტორის ბრუნთა რიცხვი ნაკლებია ნომინალურზე. ხოლო ამ დროის ინტერვალის ხანგრძლივობა და მისი მოხდენის ალბათობა, დამოკიდებულია მიკროციკლის t_M -ის განმავლობაში, სატრანსპორტო საშუალების საექსპლუატაციო პირობებზე. მაგრამ დატვირთვის ცვლილების გამო გენერატორის ნომინალური ბრუნთა რიცხვი რომლის დროსაც გენერატორს შეუძლია ნომინალური ძაბვის მიღება არ არის ფიქსირებული და ის დამოკიდებულია ქსელის მიერ მოხმარებული დენის ძალის სიდიდეზე (ნახ. 5.) [34].



ნახ. 5. გენერატორის მარეგულირებელი მახასიათებელი.

როგორც ნახ. 5-ზე გამოსახული გრაფიკიდან ჩანს, რომ გენერატორის როტორის: n_{G1} , n_{G2} და n_{G3} ბრუნთა რიცხვები. რომლის დროსაც გენერატორს შეუძლია მოცემული დატვირთვის შესაბამისი დენის ძალის გაცემა, არ არის ფიქსირებული. ამიტომ აღზნების დენის ძალის მიწოდების საწყისად, გენერატორის როტორის მინიმალური ბრუნთა რიცხვის $n_{G\min}$ განსაზღვრისათვის ვისარგებლოთ, გენერატორის ბრუნთა რიცხვის დამოკიდებულების პირობით $K_G(n_G)$ პარამეტრზე. როცა გენერატორი და აკუმულატორთა ბატარეა ერთობლივად კვებავს ქსელს უარყოფითი ენერგობალანსის დროს, სრულდება პირობა $I_d = I_G + I_{Ag}$, ამ დროს გენერატორის მიერ გაცემული დენის ძალის სიდიდე დამოკიდებულია გენერატორის $K_G(n_G)$ მახასიათებელზე. ამიტომ აუცილებელია შესრულდეს პირობა $K_G \geq 1$. რადგან გენერატორის აღზნებაზე დახარჯული სიმძლავრე ნაკლები უნდა იყოს გენერატორის მიერ გაცემულ სიმძლავრეზე. იმისათვის რომ ელექტრომომარაგების მიერ გაცემული სიმძლავრის ენერგია ეფექტურად გამოვიყენოთ. წინააღმდეგ შემთხვევაში ადგილი ექნება ელექტროენერგიის ფუჭად ხარჯვას გენერატორის აღზნებაზე.

სატრანსპორტო საშუალების გენერატორებისათვის $K_G(n_G)$ მახასიათებლის დაყვანილი პარამეტრის დიაგრამიდან ნახ. 4., საშუალება გვაქვს გამოვთვალოთ. გენერატორის ის მინიმალური n_G ბრუნთა რიცხვი, როცა $K_G \geq 1$ და გენერატორი იწყებს სასარგებლო სიმძლავრის გაცემას. გაანგარიშება ვაწარმოეთ „K1-14v-28/70A“-ის ტიპის გენერატორისათვის (2.6) ფორმულის საშუალებით, და მივიღეთ რომ $n_{G\min} \geq 1400$ ბრ/წთ. რომელიც აგრეთვე დაზუსტებულია ექსპერიმენტალური კვლევების საფუძველზე (§4.1).

$$K_G(n) = \frac{\left(\frac{U_a}{R_a \cdot e^{-\frac{R_0}{2 \cdot f \cdot L_a}}} + I_{d\max} \cdot \left(1 - e^{-\frac{n_x - n}{n_x}} \right) \right)^2 \cdot \sqrt{R_{ST}^2 + (C_y \cdot n)^2}}{\left(\frac{U_a}{R_a \cdot e^{-\frac{R_0}{2 \cdot f \cdot L_a}}} \right)^2 \cdot \sqrt{R_a^2 + (2\pi f_a L_a)^2}}, \quad (2.6)$$

სადაც: $f_a = 185$ ჰც. $n_x = 950$ ბრ/წთ.

ამიტომ K_G - ს მახასიათებლის საშუალებით შესაძლებელია $n_{G\min}$ -ის განსაზღვრა. გენერატორის და აკუმულატორთა ბატარეას ერთობლივი მუშაობისას. ამ მეთოდით

აგრეთვე შესაძლებელია სატრანსპორტო საშუალებების ნებისმიერი ტიპის გენერატორებისათვის $n_{G \min}$ ბრუნთა რიცხვის დადგენა, როდესაც გენერატორს შეუძლია სასარგებლო ელექტრული სიმძლავრის გაცემა.

გენერატორის აღზენებაზე დახარჯული ელექტროენერჯის გამოთვლა, საშუალებას გვაძლევს შევაფასოთ ელექტროენერჯის დანაზოგი აღზენების წრედში. (2.7) ფორმულის საშუალებით შესაძლებელია მიკროციკლის პერიოდში გავიანგარიშოთ ელექტროენერჯის ხარჯი არსებულ სისტემებში,

$$W_{a1} = \int_0^{\Delta M_1} U_{a1} I_{a1} dt + \int_0^{\Delta M_2} U_{a1} I_{a1} dt, \quad (2.7)$$

ხოლო განვიხილოთ რეგულიატორის გამოყენების შემთხვევაში.

$$W_a = \int_0^{\Delta M_2} U_a I_a dt, \quad (2.8)$$

მიღებული (2.8) ფორმულის მიხედვით გათვალისწინებულია ისიც რომ $I_a(n_G) \leq I_{a1}(n_G)$, რაც თავისთავად მიუთითებს ელექტროენერჯის ეკონომიაზე აღზენების წრედში.

გენერატორის გადაცემის კოეფიციენტის გათვალისწინებით (2.7) და (2.8) ფორმულებში, ელექტროენერჯის ხარჯის ფარდობითი მაჩვენებელი აღზენების წრედში არსებულ სისტემებთან მიმართებაში მიიღებს სახეს.

$$\Delta W_a = \frac{W_{a1} - W_a}{W_{a1}}, \quad (2.9)$$

მიღებული ფარდობითი მაჩვენებლის გათვალისწინება გენერატორის მ.ქ.კ. გამოთვლისას, საშუალებას გვაძლევს გამოვთვალოთ გენერატორის მ.ქ.კ-ის ზრდის მაჩვენებელი, რომელიც დამოკიდებულია არა მარტო გენერატორის კონსტრუქციულ მახასიათებლებზე, არამედ მის საექსპლუატაციო რეჟიმებზე. აღზენების სიმძლავრის მინიმალური მოხმარების პირობის გამოყენება სატრანსპორტო საშუალების გენერატორების ექსპლუატაციის პირობებში, საშუალებას გვაძლევს გავზარდოთ გენერატორის ენერგოეფექტურობა.

2.1.2. აკუმულატორთა ბატარეას ენერგოეფექტურობის გაზრდის ძირითადი კრიტერიუმები

აკუმულატორთა ბატარეას ენერგოეფექტურობის გაზრდის ძირითად კრიტერიუმებად მივიღოთ: აკუმულატორთა ბატარეას მიერ გაცემული ელექტროენერგიის მინიმუმის პირობა და ექსპლუატაციის პირობებში მისი სწრაფად დამუხტვის შესაძლებლობა. ეს ორივე პირობა მივიღოთ, აკუმულატორთა ბატარეას კონსტრუქციული პარამეტრების ცვლილების გარეშე. ამ პირობების ჩამოყალიბებისა და შეფასებისათვის განვიხილოთ აკუმულატორთა ბატარეას საექსპლუატაციო რეჟიმების ის ძირითადი ცვლილებები. რომლებიც გავლენას ახდენენ აკუმულატორთა ბატარეას ენერგოეფექტურობაზე: 1) აკუმულატორთა ბატარეას იმპულსური დამუხტვა-განმუხტვა-პაუზის პრინციპით, დენის ძალის მიხედვით, 2) „შენახვის რეჟიმი“, ბოლომდე დამუხტული აკუმულატორთა ბატარეასათვის, და 3) ელექტროენერგიის მიწოდების შეწყვეტა გენერატორის აღზუნების ხვიაზე, გენერატორის მინიმალურ ბრუნთა რიცხვის შემთხვევაში, როცა სრულდება პირობა $K_G \leq 1$. ეს რეჟიმები განვიხილოთ მიკროციკლის t_M -ის პერიოდის განმავლობაში.

აკუმულატორთა ბატარეას მიერ გაცემული ელექტროენერგიის რაოდენობის განსაზღვრისათვის, გამოვიყენეთ დამოკიდებულება აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის და განმუხტვის ენერგიებს შორის. იგი წარმოადგენს აკუმულატორთა ბატარეას გაცემის კოეფიციენტს, ტევადობის (2.10) და ენერგიის მიხედვით (2.11).

$$\eta_{AC} = \frac{C_{Ag}}{C_{Ad}}, \quad (2.10) \quad \eta_{AW} = \frac{W_{Ag}}{W_{Ad}}, \quad (2.11)$$

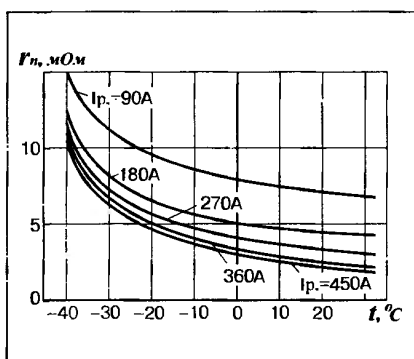
სადაც: $C_{Ag} = \int_0^{\tau_{Ag}} I_{Ag} dt$ და $C_{Ad} = \int_0^{\tau_{Ad}} I_{Ad} dt$ აკუმულატორთა ბატარეას განმუხტვის და

დამუხტვის ტევადობებია, $W_{Ag} = \int_0^{\tau_{Ag}} U_{Ag} I_{Ag} dt = \int_0^{\tau_{Ag}} I_{Ag}^2 R_A dt$ და $W_{Ad} = \int_0^{\tau_{Ad}} U_{Ad} I_{Ad} dt = \int_0^{\tau_{Ad}} I_{Ad}^2 R_A dt$

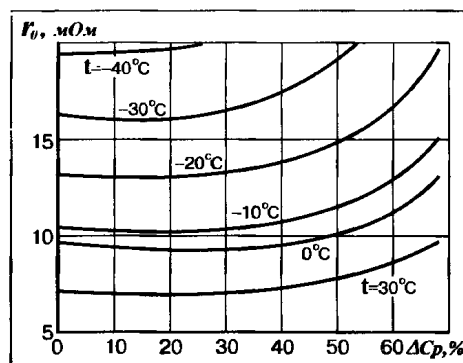
კი აკუმულატორთა ბატარეას განმუხტვის და დამუხტვის ენერგიებია, განმუხტვის და დამუხტვის დროის შუალედებში. განმუხტვის ნომინალური რეჟიმის პირობებში. პრაქტიკული კვლევების საფუძველზე მივიღეთ, რომ გაცემის კოეფიციენტი ტევადობის მიხედვით $\eta_{AC} = 0.84 \div 0.96$, ხოლო ენერგიის მიხედვით $\eta_{AW} = 0.75 \div 0.85$ [15].

თავის მხრივ აკუმულატორთა ბატარეას სრული წინაღობა გამოითვლება ფორმულით $R_A = r_0 + r_p$, რომელიც შედგება ომური წინაღობისა და პოლარიზაციის წინაღობების ჯამისაგან. ორივე წინაღობის მნიშვნელობა კონკრეტულ შემთხვევაში დამოკიდებულია აკუმულატორთა ბატარეას ელექტროლიტის ტემპერატურაზე და მის განმუხტულობის ხარისხზე. ხოლო ტემპერატურული დამოკიდებულების გათვალისწინებით ომური წინაღობა გამოისახება ფორმულით.

$$r_0 = r_{20} \cdot [1 + \alpha_r (T - 20)], \quad (2.12)$$



ა)



ბ)

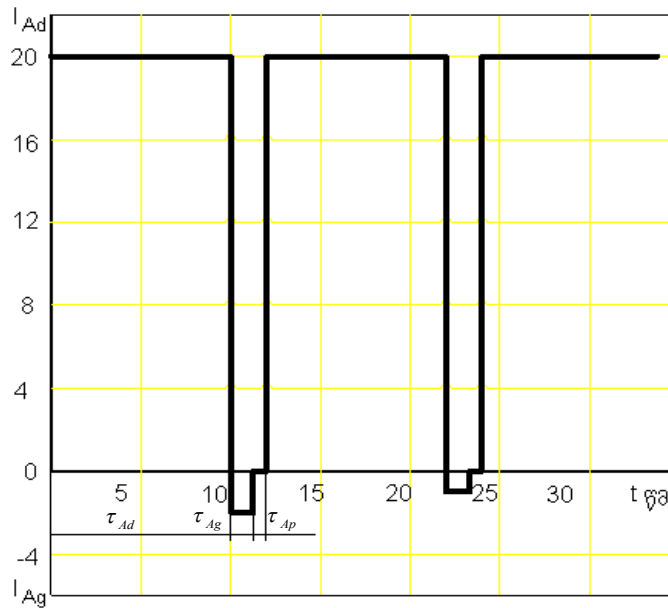
ნახ. 6. ა) პოლარიზაციის წინაღობის დამოკიდებულება ელექტროლიტის ტემპერატურაზე, ბ) ომური წინაღობის დამოკიდებულება განმუხტულობის ხარისხზე, „6CT-90ЭМ“ ტიპის აკუმულატორთა ბატარეასათვის [15].

ნახ. 6 -ზე მოცემულია აკუმულატორთა ბატარეას პოლარიზაციის და ომური წინაღობის დამოკიდებულება ელექტროლიტის ტემპერატურაზე. რადგან აკუმულატორთა ბატარეას ექსპლუატაციას, დროის მონაკვეთი, რომლის განმავლობაში ხორციელდება მისი დამუხტვა, არ არის ნორმირებული. ხოლო ეს დრო კონკრეტულ პირობებში შეიძლება ძალზედ მცირეც იყოს. ამიტომ დიდია ალბათობა იმისა რომ აკუმულატორთა ბატარეა დარჩეს დაუმუხტავი. იმისათვის რომ აკუმულატორთა ბატარეა ექსპლუატაციას არ დარჩეს დაუმუხტავი, მისი სწრაფად და ეფექტურად დამუხტვისათვის ერთადერთ სწორ გზას წარმოადგენს, დენის ძალის მიხედვით დამუხტვის მეთოდის გამოყენება, მართვადი იმპულსური „დამუხტვა-განმუხტვა-პაუზა“ მეთოდის გამოყენებით. რომლის დროსაც ფორსირებულ რეჟიმში შესაძლებელია, დასამუხტი დენის ძალის სიმკვრივის ინტენსივობის გაზრდა.

ამ მეთოდის გამოყენებით შესაძლებელია, აკუმულატორთა ბატარეა დაიმუხტოს გაცილებით მეტი სიდიდის დენის ძალის მნიშვნელობით, ვიდრე ჩვეულებრივ პირობებში. დამუხტვის პროცესში თავიდან ავიცილებთ ისეთ უარყოფით მოვლენებს როგორცაა: ელექტროლიტიდან აირების გამოყოფა და ფირფიტების დაზიანება. დენის ძალის მაქსიმალური სიდიდე დამუხტვის დროს აიღება $\frac{1}{5}C_{A20} \leq I_{Ad} \leq \frac{1}{3}C_{A20}$ პირობით.

$$\text{როცა } I_{Ad} = \frac{1}{3}C_{A20}, \text{ მაშინ } I_{Ag} = \frac{1}{10}I_{Ad}. \text{ ხოლო } \tau_{Ad} = 10\tau_{Ag} \text{ და } \tau_{Ap} = \frac{1}{2}\tau_{Ag}. \quad (2.13)$$

მაგ: 60 ა.სთ-იანი აკუმულატორთა ბატარეას, დასამუხტი დენის ძალის მაქსიმალური მნიშვნელობა $I_{Ad} = 20$ ამპერის, განმუხტვის კი- $I_{Ag} = 2$ ა-ის ტოლია, ხოლო დამუხტვის, განმუხტვის და პაუზის დროის მნიშვნელობები შემდეგია: $\tau_{Ad} = 10$ წმ. $\tau_{Ag} = 2$ წმ და $\tau_{Ap} = 1$ წმ.



ნახ. 7. „6CT-60“ ტიპის აკუმულატორის დამუხტვის დიაგრამა, დენის ძალის მაქსიმალური მნიშვნელობის მიხედვით

დამუხტვის პროცესის დროითი დიაგრამა, დამუხტვის დენის ძალაზე დამოკიდებულებით, ნაჩვენებია ნახ. 7.-ზე. სადაც გამოსახულია „6CT-60“-ტიპის აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის დიაგრამა, დენის ძალის მაქსიმალური მნიშვნელობის მიხედვით. ექსპლუატაციის პირობებში დენის ძალის მაქსიმალური მნიშვნელობა განისაზღვრება. სიმძლავრეთა ბალანსის მახასიათებლიდან, მოცემულ

პიობებში. დენის ძალის საშუალო მნიშვნელობა დამუხტვის პროცესში, იცვლება გენერატორის მიერ დასამუხტად გაცემული შესაძლო სიმძლავრის მიხედვით. ხოლო მისი მნიშვნელობა კონკრეტულ პირობებში გამოითვლება განტოლებით.

$$I_{Ad} = \frac{1}{\tau_{Ad} + \tau_{Ag} + \tau_{Ap}} \left(\int_0^{\tau_{Ad}} I_{Ad} dt - \int_0^{\tau_{Ag}} I_{Ag} dt + \int_0^{\tau_{Ap}} I_{Ap} dt \right). \quad (2.14)$$

აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის ენერჯის ფორმულაში, დამუხტვის დენის ძალის მნიშვნელობის და აკუმულატორთა ბატარეას სრული წინაღობის გამოსათვლელი ფორმულების გათვალისწინებით მივიღებთ.

$$W_{Ad} = \int_0^{\tau_{Ad}} I_{Ad}^2 (r_0 (1 + \alpha_r (T - 20)) + r_p) dt. \quad (2.15)$$

(2,15) ფორმულის საშუალებით ვანგარიშობთ, აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის ჯამურ ენერჯიას დადებითი ენერგობალანსის პერიოდში. ხოლო აკუმულატორთა ბატარეას განმუხტვის ენერჯის გაანგარიშებას ვახორციელებთ შემდეგი ფორმულით.

$$W_{Ag} = \int_0^{\tau_{Ag}} I_{Ag}^2 (r_0 (1 + \alpha_r (T - 20)) + r_p) dt, \quad (2.16)$$

სადაც, აკუმულატორთა ბატარეას სრული წინაღობის გამოსათვლელ ფორმულაში გათვალისწინებულია, აკუმულატორთა ბატარეას ელექტროლიტის ტემპერატურული ცვლილებაც. (ნახ. 7.)-ზე გამოსახული „6CT-60“ ტიპის აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის საშუალო დენის ძალის მნიშვნელობა $I_{Ad} \approx 15$ ამპერის ტოლია, დამუხტვის პროცესის განმავლობაში.

„შენახვის რეჟიმის“ შემოღების პრინციპი, საშუალებას გვაძლევს, არსებულ სისტემებთან განსხვავებით. დადებითი ენერგობალანსის დროს, როდესაც აკუმულატორთა ბატარეა სრულად დაიმუხტება და გრძელდება დადებითი ენერგობალანსი. აკუმულატორთა ბატარეა გადავიყვანოთ მორიგე რეჟიმში და გამოვრთოთ წრედიდან. ხოლო გენერატორმა კვლავ გააგრძელოს ელექტროენერჯის მომხმარებლების ელექტრომომარაგება. „შენახვის რეჟიმის“ შემოღების ამოსავალი წერტილი მდგომარეობს იმაში, რომ გავზარდოთ ელექტროენერჯის პირველადი წყაროდან გენერატორიდან, მიღებული ელექტროენერჯის მოხმარების მაჩვენებელი და

შევამცირეთ ელექტროენერჯის მეორადი წყაროდან აკუმულატორიდან, გაცემული ელექტროენერჯის მაჩვენებელი. ამით არსებულ სისტემებთან შედარებით, იზრდება სისტემის საერთო ელექტრული მ.ქ.კ. და იკლებს საწვავის ხარჯი ელექტროენერჯის მიღებაზე. არსებულ სისტემებში, აკუმულატორთა ბატარეას სრულად დამუხტვის შემდეგ ელექტროენერჯის მომხმარებლების ელექტრომომარაგებას უზრუნველყოფს აკუმულატორთა ბატარეა. რომელიც გამოისახება ფორმულით.

$$W_d = W_{Ag} = \eta_{AW} \cdot W_{Ad} \cdot \quad (2.17)$$

შენახვის რეჟიმის შემოღების დროს კი, მომხმარებლებს და გენერატორის ალგუნების ხვის ელექტრომომარაგებას ახორციელებს გენერატორი

$$W_G = W_d + W_a \cdot \quad (2.18)$$

ერთეულოვან სიმძლავრეზე გადაანგარიშებით $W_{Ad} \in W_G$ და მისი მიღება სიმძლავრის ნაკლებ დანაკარგებთან არის დაკავშირებული, ვიდრე W_{Ag} , რადგან აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვისას ადგილი აქვს ენერჯის დანაკარგებს. ამიტომ უმჯობესია მოვიხმაროთ პირველადი წყაროს მიერ გაცემული ელექტროენერჯია, აკუმულატორთა ბატარეას გამოყენების საჭიროებამდე.

გენერატორის ექსპლუატაციისას $K_G \leq 1$ -ის პირობის დროს, გენერატორის ალგუნების ხვიას არ მიეწოდება ელექტროენერჯია. არსებულ სისტემებში ეს ელექტროენერჯია, გენერატორის ალგუნების ხვიას მიეწოდება აკუმულატორთა ბატარეადან, და სრულდება პირობა

$$I_{Ag} = I_d + I_a \cdot \quad (2.19)$$

ამიტომ (2.8) ფორმულით გამოთვლილი ელექტროენერჯის დანახარჯი შესაძლებელია ჩაიწეროს შემდეგი ფორმით:

$$W_a = \int_0^{\Delta M_2} U_{Ag} I_a dt = \eta_{AW} \cdot W_{Ad} \cdot \quad (2.20)$$

რომელიც ჩვენს შემთხვევაში წარმოადგენს ელექტროენერჯის დანახოვს, რადგან $I_a = 0$ როცა $K_G \leq 1$. ფორმულა (2.20) საშუალებას გვაძლევს შევაფასოთ ეს ელექტროენერჯია გენერატორიდან მიღებულ ელექტროენერჯის მაგალითზე, რადგან ელექტროენერჯის დანახოვის ჯამური სიდიდის გამოთვლებისას, პირდაპირ გამოვთვალოთ საწვავის დანახოვი ელექტროენერჯის მიღებაზე.

2.2. ელექტრომომარაგების სისტემის ხანგამძლეობის გაზრდის

კრიტერიუმების ჩამოყალიბება

2.2.1. გენერატორის ხანგამძლეობის გაზრდის ძირითადი კრიტერიუმები

გენერატორის ხანგამძლეობის შეფასებისათვის განვიხილოთ მისი საექსპლუატაციო რეჟიმების ის ძირითადი ცვლილებები, რომლებიც დადებით გავლენას ახდენენ გენერატორის ხანგამძლეობის გაზრდაზე. ეს პირობებია:

1) აღზნების დენის ძალის ნულთან ტოლობის პირობა, გენერატორის როტორის დაბალ ბრუნთა რიცხვზე მუშაობისას, როცა $K_G \leq 1$ და გენერატორს არ შეუძლია ნომინალური ძაბვის მიღება.

2) გენერატორის გამომავალი ძაბვის ტემპერატურაზე დამოკიდებულების მუდმივობის პირობა $U_G(t^0C) = const$.

3) გენერატორის გამომავალი ძაბვის რეგულირებისას, აღზნების დენის ძალის სიხშირის ოპტიმიზაციის პირობა, როცა $K_G(f_a) \rightarrow \max$.

სწორედ ეს პირობები წარმოადგენენ გენერატორის ხანგამძლეობის იმ ძირითად კრიტერიუმებს, რომლებიც მიღებულია ჩვენს მიერ, ელექტრომომარაგების სისტემის საექსპლუატაციო რეჟიმების ცვლილებების განხორციელების შედეგად.

გენერატორის როტორის დაბალ ბრუნთა რიცხვზე მუშაობისას, როდესაც გვაქვს $K_G \leq 1$ -ის პირობა, არსებულ სისტემებში გენერატორს მიეწოდება $I_a = I_{a \max} \approx 3 \div 4$ ამპერის ექვივალენტური აღზნების დენის ძალა. გენერატორის დაბალი ბრუნთა რიცხვის გამო მისი გაგრილების სისტემა, რომელიც გენერატორის როტორის ღერძიდან დასრულებს აძვრას, ვერ უზრუნველყოფს გენერატორის სათანადო გაგრილებას. ამ დროს ადგილი აქვს გენერატორის აღზნების ხვიის გადახურებას, რომელიც შესაძლებელია შეფასდეს აღზნების ხვიაზე გამოყოფილი სითბოს რაოდენობით.

$$Q_a = \int_0^{\Delta t_{M2}} I_a^2 Z_a dt = \int_0^{\Delta t_{M2}} \eta_{AC} I_{Ad}^2 Z_a dt. \quad (2. 21)$$

აღზნების ხვიის გადახურება უარყოფითად მოქმედებს აღზნების ხვიის საიზოლაციო მასალის ხანგამძლეობაზე. ხოლო საიზოლაციო მასალის ხანგამძლეობის შემცირება და გენერატორის ტემპერატურის მომატება, საერთო ჯამში იწვევს

გენერატორის საერთო ხანგამძლეობის შემცირებას. მაგრამ ჩვენს შემთხვევაში ეს პროცესი არ მიმდინარეობს და ვღებულობთ გენერატორის ხანგამძლეობის გაზრდის ეფექტს. რომელიც შეფასებულია ცხრილი 2-ში. აქ მოცემულია გენერატორის ფარდობითი ხანგამძლეობის მახასიათებელი, მისი საექსპლუატაციო რესურსთან მიმართებაში, ექსპლუატაციის დროის ფარდობითი მაჩვენებლით პროცენტებში. ცხრილის მონაცემები დაფუძნებულია ექსპერიმენტალური გამოკვლევების შედეგებს, რომელიც ჩატარებულია გენერატორებზე, ნომინალური საექსპლუატაციო ტემპერატურიდან გადახრაზე დამოკიდებულებით [14,15].

ცხრილი 2

გენერატორის ექსპლუატაციის დროის ფარდობითი მაჩვენებელი, გენერატორის ტემპერატურაზე დამოკიდებულებით

გენერატორის ტემპერატურა ტექნიკურ მონაცემთან მიმართებაში %-ში	85	90	95	100	110	120
გენერატორის ექსპლუატაციის დროის ფარდობითი მაჩვენებელი %-ში	350	260	210	100	60	23

აქ მხედველობაში არ არის მიღებული გენერატორის მექანიკური დაზიანების მახასიათებელი მის მბრუნავ ნაწილებზე, საუბარია მხოლოდ ელექტრული ნაწილის ხანგამძლეობის შეფასებაზე. როგორც ვხედავთ, გენერატორის საშუალო ტემპერატურის მომატება, ძალზედ ამცირებს მის სამსახურის დროს, ხოლო ტემპერატურული ზეგავლენის შემცირებით, ჩვენ საშუალება გვაქვს უფრო მეტად შევინარჩუნოთ ან გავზარდოთ, გენერატორის სამსახურის დრო და მისი ხანგამძლეობა.

არსებულ სისტემებში აკუმულატორთა ბატარეას ძაბვის მიხედვით დამუხტვის პროცესში, გარემოს ტემპერატურული ზემოქმედების გავლენის გათვალისწინებით, იცვლება გენერატორის გამომავალი ძაბვა. მისი ცვალებადობა დამოკიდებულია აკუმულატორთა ბატარეის განმუხტულობის ხარისხზე და ელექტროლიტის ტემპერატურაზე. გენერატორის გამომავალი ძაბვის ცვალებადობის გავლენის დამოკიდებულება მის ექსპლუატაციის დროის ფარდობით მაჩვენებელზე ნაჩვენებია ცხრილი 3. [15].

რადგან გენერატორის და აკუმულატორთა ბატარეას ძაბვები, აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის პროცესში განმხოლოებულია, ამიტომ $U_G(t^0C) = const$ და შესაბამისად სტატორის ხვიის ექსპლუატაციის დრო შესაძლებლობის ფარგლებში მაქსიმალურამდეა გაზრდილი, რადგან გენერატორის გამომავალი ძაბვის მნიშვნელობა არ არის დამოკიდებული აკუმულატორთა ბატარეას დასამუხტ ძაბვაზე.

ცხრილი 3

გენერატორის ფარდობითი ხანგამძლეობის მახასიათებელი, გენერატორის გამომავალი ძაბვაზე დამოკიდებულებით

გენერატორის გამომავალი ძაბვის ფარდობითი მნიშვნელობა ნომინალურთან მიმართებაში %-ში	85	90	95	100	110	120
გენერატორის ექსპლუატაციის დროის ფარდობითი მაჩვენებელი %-ში	420	360	170	100	75	60

ამ პირობებიდან გამომდინარე შესაძლებლობა გვეძლევა შევამციროთ გენერატორის გამომავალი ძაბვის მნიშვნელობა $13,5 \div 14$ ვოლტის ფარგლებში. რომელიც არსებული ელექტრომომარაგების სისტემებისათვის, ემთხვევა ტროპიკულ კლიმატურ პირობებში საექსპლუატაციო ძაბვის მნიშვნელობას. ამ პროცესის განხორციელებით მივიღეთ გენერატორის ხანგამძლეობის ზრდა, მის მიერ გაცემული ძაბვის მიხედვით, ამ დროს აგრეთვე იზრდება გენერატორის საიმედოობა და მისი სამსახურის დრო.

ახლა განვიხილოთ გენერატორის ალგუნების სიხშირის ოპტიმიზაციის პირობის, გავლენა გენერატორის ხანგამძლეობაზე. როცა $K_G(f_a) \rightarrow \max$ მაშინ $I_a \rightarrow \min$ როცა $P_a = const$. ამ პირობის დროს, არსებულ ელექტრომომარაგების სისტემებთან შედარებით გენერატორის როტორის დაბალ და მაღალ ბრუნთა რიცხვების დროს, $I_a \leq I'_a$. ალგუნების წრედში დენის ძალის შემცირება დადებითად მოქმედებს გენერატორის ხანგამძლეობაზე. იკლებს დანაკარგები ჯაგრისებსა და საკონტაქტო რგოლების კონტაქტის წერტილში, შესაბამისად დაბალია გახურების კოეფიციენტი და იკლებს ტემპერატურის გამოყოფა. ექსპლუატაციის პერიოდში ოპტიმალური დენის ძალის გამოყენების შემთხვევაში, გენერატორის ალგუნების ხვია და მაგნიტური სისტემა ნაკლებად ხურდება. ამიტომ იმატებს მათი ხანგამძლეობაც. როგორც ვხედავთ ამ კრიტერიუმების გამოყენება დადებითად აისახება გენერატორის ხანგამძლეობის ზრდის მაჩვენებელზე.

2.2.2. აკუმულატორთა ბატარეას ხანგამძლეობის გაზრდის ძირითადი კრიტერიუმები

აკუმულატორთა ბატარეას საექსპლუატაციო დროის და ხანგამძლეობის გაზრდა შესაძლებელია რამოდენიმე მეთოდით. პირველი უნდა უზრუნველვეყოთ მისი სწორად დამუხტვა მოცემულ პირობებში და მეორე ექსპლუატაციისას უნდა შეუქმნათ „იდეალური“ საექსპლუატაციო პირობები მისი ტექნიკური პირობებიდან გამომდინარე. აკუმულატორთა ბატარეას ხანგამძლეობის გაზრდის კრიტერიუმების ჩამოყალიბებისათვის, განვიხილოთ ელექტრომომარაგების სისტემის საექსპლუატაციო რეჟიმების ის ძირითადი ცვლილებები, რომლებიც დადებითად მოქმედებენ აკუმულატორთა ბატარეას ხანგამძლეობაზე. საექსპლუატაციო რეჟიმების ცვლილებებიდან აღსანიშნავია შემდეგი:

1) გენერატორის როტორის დაბალ ბრუნთა რიცხვზე მუშაობისას როცა $K_G \leq 1$ და შენახვის რეჟიმის დროს, აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტულობის ხარისხის გაზრდა.

2) აკუმულატორთა ბატარეას და გენერატორის ძაბვების განმხოლოების შედეგად, აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვა დენის ძალის მიხედვით. იმპულსური „დამუხტვა-განმუხტვა-პაუზის“ მეთოდის გამოყენებით, „ნარჩენი სულფატაციის“ მოხსნის პირობა.

განვიხილოთ ეს საექსპლუატაციო რეჟიმების ცვლილებები, აკუმულატორთა ბატარეას ხანგამძლეობის კრიტერიუმების გათვალისწინებით.

შენახვის რეჟიმის გამოყენებამ გამოიწვია აკუმულატორთა ბატარეას სრული და ნაწილობრივი დამუხტვა-განმუხტვის ციკლებს შორის დროის შუალედების გაზრდა. რაც იწვევს აკუმულატორთა ბატარეას საექსპლუატაციო რესურსის ოპტიმალურ გამოყენებას და ზრდის აკუმულატორთა ბატარეას ხანგამძლეობას ექსპლუატაციის პერიოდში. რადგან არსებულ სისტემებთან შედარებით, აკუმულატორთა ბატარეას უფრო მეტი დროის განმავლობაში ვინარჩუნებთ დამუხტულ მდგომარეობაში. აკუმულატორთა ბატარეა ექსპლუატაციის მთელი პერიოდის განმავლობაში მუშაობს ციკლირების რეჟიმში. ციკლირების რეჟიმი ფასდება აკუმულატორთა ბატარეას

განმუხტულობის ხანგრძლივობის ფარდობითი დროით. ექსპლუატაციის მთლიან დროსთან $t'_{cdg} = t'_d + t'_g$ მიმართებაში:

$$\Delta t'_{Ag} = \frac{t'_g}{t'_d + t'_g} = \frac{t'_g}{t'_{cdg}}. \quad (2.22)$$

არსებულ სისტემებში, უწყვეტი განმუხტვის დრო იცვლება $2 \div 20$ წამის, ხოლო დამუხტვის დრო $0,1 \div 20$ წუთის ფარგლებში, იმისდა მიხედვით თუ როგორია საგზაო და გარემო პირობები. $t'_{cdg} = t'_d + t'_g$ ციკლის ხანგრძლივობა ქალაქის პირობებში $0,7 \div 1,5$ წუთია, ხოლო ქალაქგარეთ $10 \div 20$ წუთი [15]. ამ ციკლების რაოდენობა, თავისი ხარისხობრივი მაჩვენებლით განსაზღვრავს აკუმულატორთა ბატარეას ხანგამძლეობის მახასიათებელს, ტექნიკური პირობით მოცემული „დამუხტვა-განმუხტვის“ ციკლებზე გადაანგარიშებით. რომელიც „6CT-60“ ტიპის აკუმულატორთა ბატარეასათვის $n_A = 1000 \div 1200$ -ის. ხოლო მოუმსახურებელი „6CT-60A3“ ტიპის აკუმულატორისათვის $n_A = 1000 \div 1200$ -ის ტოლია.

ჩვენს შემთხვევაში განმუხტულობის ხარისხი იკლებს, რადგან როცა სრულდება პირობა $K_G \leq 1$, მაშინ $I_{Ag} = I_d$ და ამ შემთხვევაში $I_a = 0$, როცა არსებულ სისტემებში $I_a = 3 \div 5$ ამპერს. ამიტომ ამ დენის ძალის ეკონომია აკუმულატორთა ბატარეას განმუხტვისას, ამცირებს განმუხტულობის მახასიათებლის ხარისხობრივ მაჩვენებელს და $t_g < t'_g$. იმიტომ რომ ამ შემთხვევაში აკუმულატორთა ბატარეა უფრო გვიან განიმუხტება, ან იგივე დროში ხარისხობრივად ნაკლებად განიმუხტება.

აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტულობის ხარისხის ზრდა. პირდაპირპროპორციულ დამოკიდებულებაში საექსპლუატაციო რესურსთან. არსებულ სისტემებში მიღებულია რომ დამუხტულობის ხარისხი $\Delta C_{Ad} \approx 75\%$ -ის ტოლია.

როცა დამუხტულობის ხარისხი ნაკლებია 75%-ზე მაშინ აკუმულატორთა ბატარეა, მოცემულ ტექნიკურ მონაცემებთან შედარებით ნაკლებ დროს განმავლობაში გამოვა მწყობრიდან. მეტი დამუხტულობის ხარისხის შენარჩუნების დროს კი მისი ხანგამძლეობა აკმაყოფილებს ტექნიკურ პირობებს და ზოგიერთ შემთხვევაში მეტია მასზე. ამის დასტურია ცხრილი 4 -ში მოცემული მონაცემები [15].

აკუმულატორის ექსპლუატაციის დროის ფარდობითი მაჩვენებელი დამუხტულობის ხარისხის მიხედვით

აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტულობის ხარისხი %-ში	90	85	80	75	70	65
აკუმულატორის ექსპლუატაციის დროის ფარდობითი მაჩვენებელი %-ში	120	110	100	100	70	50

აკუმულატორთა ბატარეას ექსპლუატაციის დრო „დამუხტვა-განმუხტვის“ ციკლებზე დამოკიდებულებით გამოითვლება ფორმულებით,

$$T_A = \sum_{i=1}^{n_A} T_{cdgi} + \sum_{i=1}^{n_{A1}} t_{cdgi}, \quad (2.23)$$

$$T_A = \sum_{i=1}^{n_A} T_{cdgi} + \sum_{i=1}^{n_{A1}} t_{cdgi} + \sum_{i=1}^{n_H} t_{cHi}, \quad (2.24)$$

(2.23) არსებულ სისტემებში, ხოლო (2.24)-ით ჩვენს შემთხვევაში.

მიღებულ ფორმულებში: n_A წარმოადგენს იმ დამუხტვა-განმუხტვის ციკლების რაოდენობას, როცა აკუმულატორთა ბატარეა განიმუხტება ტევადობის 25%-ზე მეტად და $C_A \leq 0,75C_{A20}$. ხოლო T_{cdgi} ამ ციკლების დროის შუალედია, სწორედ ამ ციკლების რაოდენობა განსაზღვრავს აკუმულატორთა ბატარეას რესურსს, მისი მოცდენის დროის გარეშე. ტექნიკური მონაცემებიდან გამომდინარე, მათი რაოდენობა სასრულია და მისი ამოწურვის დროს, ამოიწურება აკუმულატორთა ბატარეას რესურსიც.

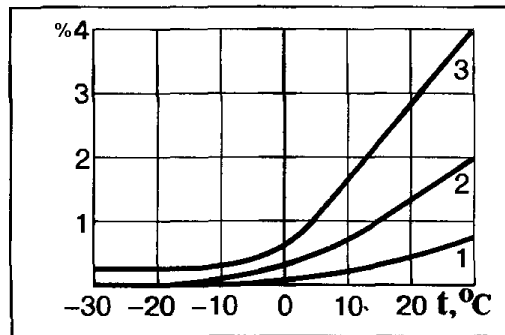
n_{A1} არის ნაწილობრივი დამუხტვა-განმუხტვის ციკლების რაოდენობა, n_A ციკლების მოხდენის დროს. n_{A1} ციკლების პერიოდში აკუმულატორთა ბატარეა განიმუხტება ტევადობის 25%-ზე ნაკლებად. $C_A \geq 0,75C_{A20}$. მათი რაოდენობის გავლენა აკუმულატორთა ბატარეას რესურსზე უმნიშვნელოა.

n_H არის შენახვის რეჟიმის ციკლების რაოდენობა, t_{cHi} -კი ამ ციკლების დროის შუალედია, n_A ციკლების მოხდენის პერიოდში.

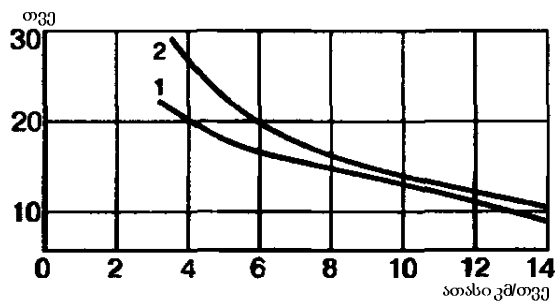
(2.24) ფორმულის საშუალებით შესაძლებლობა გვეძლევა გამოვთვალოთ აკუმულატორთა ბატარეას ხანგამძლეობა, მოცდენის დროის გათვალისწინების გარეშე. ხოლო მოცდენის დროის გათვალისწინებით გვექნება.

$$T_A = \sum_{i=1}^{n_A} T_{cdgi} + \sum_{i=1}^{n_{A1}} t_{cdgi} + \sum_{i=1}^{n_H} t_{cHi} + \sum_{i=1}^{n_m} t_{cmi}. \quad (2.25)$$

შენახვის რეჟიმის მიხედვით, აკუმულატორთა ბატარეას სრულად დამუხტვის შემდეგ, მისი განმუხტვა არ ხდება უარყოფითი ენერგობალანსის დადგომამდე. ამიტომ ჩვენს შემთხვევაში იგი უფრო მეტი დროის განმავლობაში რჩება დამუხტულ მდგომარეობაში. რაც შეეხება შენახვის რეჟიმის დროს აკუმულატორთა ბატარეას თვითგანმუხტვის გავლენას, იგი ძალზედ უმნიშვნელოა და შენახვის რეჟიმის ფარდობითი დროის განმავლობაში $t_{ch} = 0,5 \div 15$ წთ. მიახლოებით ნულის ტოლია. რაც თვალნათლივ ჩანს ნახ. 8-ზე. [15].



ნახ. 8. უმოქმედო აკუმულატორთა ბატარეას განმუხტულობის მახასიათებელი %-ში. 14 დღის განმავლობაში, ტემპერატურაზე დამოკიდებულებით.

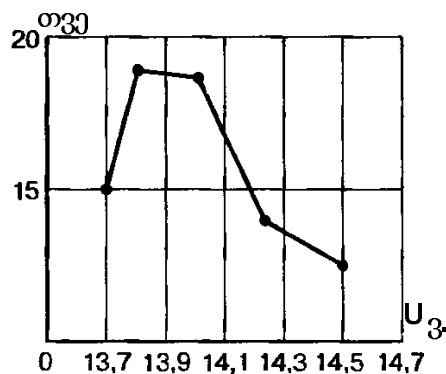


ნახ. 9. აკუმულატორთა ბატარეას ექსპლუატაციის დროის დამოკიდებულება. „6CT 60ЭМ“ ტიპის აკუმულატორთა ბატარეასათვის, ექსპლუატაციის ინტენსივობაზე.

აკუმულატორთა ბატარეას ხანგამძლეობაზე აგრეთვე დიდ გავლენას ახდენს მისი ექსპლუატაციის ინტენსივობა. რომელიც აისახება ავტომობილის საშუალო გარბენით თვეში ნახ. 9. [15]. აკუმულატორთა ბატარეას ექსპლუატაციისას შენახვის რეჟიმის შემოღება, ამცირებს აკუმულატორთა ბატარეას ექსპლუატაციის ინტენსივობას. გაანგარიშებით მივიღეთ რომ, მიკროციკლის განმავლობაში $t_{ch} = [N - (1 \div 2.5)] \cdot t_{Mi \min}$.

ამიტომ აქედან გამომდინარე ექსპლუატაციის ინტენსივობა იკლებს $N - (1 \div 2.5)$ -ჯერ, რაც პირდაპირ მიუთითებს აკუმულატორთა ბატარეას ხანგამძლეობის გაზრდაზე.

გენერატორის და აკუმულატორთა ბატარეას ძაბვების განმხოლოება საშუალებას გვაძლევს, გენერატორის გამომავალი ძაბვა დამოკიდებული არ იყოს აკუმულატორთა ბატარეას დასამუხტ ძაბვაზე. ამ პირობით გენერატორის გამომავალი ძაბვა, ტემპერატურული ცვლილების მიუხედავად შეგვიძლია მივიღოთ მუდმივი. ამისათვის უნდა შესრულდეს პირობა $U_c(t^{\circ}C) = const$. უარყოფითი ენერგობალანსის შემთხვევაში, აკუმულატორთა ბატარეა და გენერატორი, ერთდროულად კვებავენ ელექტროენერჯის მომხმარებლებს. მხოლოდ ამ დროის პერიოდში, გენერატორის გამომავალი ძაბვა ახდენს გავლენას აკუმულატორთა ბატარეაზე. ამ ძაბვის გავლენის დამოკიდებულება აკუმულატორთა ბატარეას ხანგამძლეობაზე ნაჩვენებია ნახ. 10-ზე. [15].



ნახ. 10. „6CT-60ЭМ“ ტიპის აკუმულატორთა ბატარეას სამსახურის დრო. გენერატორის გამომავალი ძაბვის ცვლილების დამოკიდებულებაზე.

ამ მახასიათებლიდან შესაძლებლობა გვეძლევა დავაზუსტოთ. გენერატორის გამომავალი ძაბვის მნიშვნელობა, აკუმულატორთა ბატარეას ხანგამძლეობის მაქსიმუმის პირობიდან. ნახ. 10-დან ჩანს რომ $U_c \approx 13,8$ ვ. ეს პირობა მისაღებია გენერატორისა და აკუმულატორთა ბატარეას ერთობლივი მუშაობის პროცესში, აკუმულატორთა ბატარეას ხანგამძლეობის გაზრდის თვალსაზრისით.

ხანგამძლეობის გაზრდის მეთოდებიდან აგრეთვე აღსანიშნავია დამუხტვის რეჟიმის კონტროლი. ამისათვის სწორად უნდა შეირჩეს დამუხტვის რეჟიმი, ძაბვის ან დენის ძალის მიხედვით, აგრეთვე უნდა გავითვალისწინოთ დამუხტვის დროს გარემო ტემპერატურული ფაქტორები და დროის მონაკვეთი რომელიც გვაქვს მოცემული

აკუმულატორთა ბატარეას დასამუხტად, რადგან მისი განმუხტულობის ხარისხის შეფასების შემდეგ, მოცემულ პირობებში შევძლოთ აკუმულატორთა ბატარეას სრულად დამუხტვა. მაქსიმალური ეფექტის მისაღებად უნდა დავიცვათ აკუმულატორთა ბატარეას ტექნიკური პირობები. არ უნდა დავუშვათ ფირფიტების დაზიანება და აირების გამოყოფა ელექტროლიტიდან.

სტანდარტული ელექტრომომარაგების სისტემებში, ძაბვის რეგულიატორები აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვას აწარმოებენ ნომინალურზე მეტი დენის ძალით, განსაკუთრებით შიგაწვის ძრავის გაშვების შემდეგ. რაც იწვევს აკუმულატორთა ბატარეას ფირფიტების დაზიანებას. დასამუხტი ძაბვის ნომინალური მნიშვნელობიდან გადახრა არ უნდა აღემატებოდეს $\pm 3\%$ -ს. მაგრამ თუ იგი მერყეობს $10\pm 12\%$ -ის ფარგლებში მაშინ აკუმულატორთა ბატარეას ხანგამძლეობა იკლებს [5,25]. ამიტომ სასურველია გავითვალისწინოთ აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვა, ნომინალური დასამუხტი დენის ძალაზე დამოკიდებულების მიხედვით. მაგრამ ამ დროს შესაძლოა აკუმულატორთა ბატარეა დაუმუხტავი დაგვრჩეს. აქედან გამომდინარე აუცილებელია გამოყენებული იქნეს აკუმულატორთა ბატარეას რეგულირებადი იმპულსური დამუხტვის რეჟიმი. რაც ფორსირებულ რეჟიმში, ფირფიტების დაუზიანებლად, გვამღევს აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის საშუალებას. რეგულირებადი იმპულსური დამუხტვის რეჟიმით აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის დროს, ნაწილობრივ იხსნება აკუმულატორთა ბატარეას ნარჩენი სულფატაცია და იზრდება აკუმულატორთა ბატარეას ხანგამძლეობა [5,25].

გენერატორის გამომავალი ძაბვისა და აკუმულატორთა ბატარეას დასამუხტი ძაბვების განმხილვების შედეგად, საშუალება გვქმნება შევცვალოთ აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის რეჟიმი არსებულ სისტემებთან მიმართებაში და განვახორციელოთ მის დამუხტვა დენის ძალის მიხედვით ფორსირებულ რეჟიმში, იმპულსური „დამუხტვა-განმუხტვა-პაუზის“ პრინციპით, რომლის დროსაც აკუმულატორთა ბატარეა უფრო სწრაფად იმუხტება, ვიდრე აქამდე გამოყენებულ სისტემებში. ასეთ შემთხვევაში აკუმულატორთა ბატარეას შიგა დაზიანებები მინიმუმამდეა დაყვანილი და გამორიცხულია დამუხტვის დროს აირების გამოყოფა.

აკუმულატორთა ბატარეას განმუხტულობის ხანგრძლივობის ფარდობითი დროის ფორმულაში (2.22), განმუხტულობის მახასიათებლის შემცირება გამოწვეულია დამუხტვის ინტენსივობის გაზრდით ერთეულოვან დროში. სადაც დამუხტვის დროის ხანგრძლივობა „6CT-60“ ტიპის აკუმულატორთა ბატარეასათვის ქალაქის პირობებში $0,3 \div 1,2$ წუთია, ხოლო ქალაქგარეთ $5 \div 15$ წუთი. ეს დრო სავსებით საკმარისია იმისათვის რომ ციკლირების პროცესში, აკუმულატორთა ბატარეა ხარისხობრივად უფრო მეტი დროის განმავლობაში შევინარჩუნოთ დამუხტულ მდგომარეობაში ვიდრე არსებულ სისტემებში. საშუალოდ აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტულობის ხარისხი ამ პირობებში განისაზღვრება უტოლობით:

$$0,75C_{A20} \leq C_A \leq 0,85C_{A20}. \quad (2.26)$$

მართვადი იმპულსური „დამუხტვა-განმუხტვა-პაუზის“ პრინციპით აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვისას ადგილი აქვს ისეთ მოვლენას, რომელიც საშუალებას გვაძლევს, ნაწილობრივ მოვხსნათ აკუმულატორთა ბატარეაში „ნარჩენი სულფატაცია“. რომელიც პირდაპირ განსაზღვრავს აკუმულატორთა ბატარეას ტევადობას. დამუხტვის ამ პრინციპის გამოყენების დროს. რომელიც აღიწერება ფორმულით (2,13). დამუხტვის პროცესში მაღალი დენის ძალის გამო იშლება β სტრუქტურის $PbSO_4$ -ის კრისტალები. მცირე დროის გამო აირწარმოქმნა არ მიმდინარეობს. განმუხტვის დროს ნაწილი ამ იონებისა აღდგება α სტრუქტურის $PbSO_4$ -ის კრისტალებად, რომლებიც იოლად იშლებიან ვიდრე β სტრუქტურის კრისტალები. ამავდროულად დიფუზიის მექანიზმის გამო ივსება ფირფიტებსშორისი არე და სეპარატორების ფორები დაბალი კონცენტრაციის ელექტროლიტით. პაუზის დროს სისტემა წონასწორობაში მოდის მთელ ელექტროლიტის არეში. სწორედ ამ დროს ვახორციელებთ აკუმულატორთა ბატარეას ე.მ.ძ.-ს გაზომვას, რომელიც განსაზღვრავს აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტულობის ხარისხს და დამუხტვის სისტემას აწვდის ინფორმაციას, აკუმულატორის დამუხტვის შესახებ. როცა აკუმულატორთა ბატარეას ე.მ.ძ. მიაღწევს სრულ ნომინალურ მნიშვნელობას $U_{A20} \approx 13,8$ ვოლტს, გარემო ტემპერატურის გათვალისწინებით და მისი ტევადობა სრულად აღდგენილია, მაშინ დამუხტვა წყდება და აკუმულატორთა ბატარეა გადადის შენახვის რეჟიმში, თუ ელექტრომომარაგების სისტემაში ამის შესაბამისი პირობები არსებობს.

ნარჩენი სულფატაციის ზრდა იწვევს აკუმულატორთა ბატარეას ხანგამძლეობის შემცირებას. იკლებს აკუმულატორთა ბატარეას ტევადობაც. ნარჩენი სულფატაციის ზღვარს წარმოადგენს $\Delta\gamma_{\min} = 0,096 \text{ ტ/მ}^3$ [45]. ამიტომ აკუმულატორთა ბატარეას ამ პრინციპით დამუხტვა მიზანშეწონილია და ეს პროცესი დადებითად აისახება აკუმულატორთა ბატარეას ხანგამძლეობაზე.

აკუმულატორთა ბატარეას ხანგამძლეობის შეფასება ნარჩენი სულფატაციის გაზომვის მეთოდით. ნარჩენი სულფატაციის ხარისხობრივი შეფასების საშუალებით განისაზღვრება აკუმულატორთა ბატარეას ხანგამძლეობა. ორმაგი სულფატაციის თეორიის საფუძველზე. ნარჩენი სულფატაციის პროცენტული გაანგარიშება წარმოებს აკუმულატორთა ბატარეას ბოლომდე დამუხტვის შემდეგ. მისი ელექტროლიტის კონცენტრაციის და შიგა ე.მ.დ.-ის ზუსტი გაზომვით. რადგან შიგა ე.მ.დ. მთლიანად ვერ ასახავს სულფატაციის ხარისხს. გაზომვის შედეგად მიღებული შიგა ე.მ.დ.-ის მნიშვნელობიდან გამოითვლება ელექტროლიტის სიმკვრივე. (1.16); და (1.17) ფორმულების გამოყენებით. ხოლო რეალური სიმკვრივე γ_{Ae} -გაიანგარიშება ექსპერიმენტით, აკუმულატორთა ბატარეას დატვირთვის პროცესში, გარკვეული დენის ძალით. მიღებული სიმკვრივეების შორის ფარდობა განსაზღვრავს აკუმულატორთა ბატარეას ნარჩენი სულფატაციის ხარისხს %-ში.

$$\eta_{PbSO_4} = \frac{\gamma_{15^{\circ}} - \gamma_{Ae}}{\gamma_{15^{\circ}}} \cdot 100\%. \quad (2. 27)$$

ამ პრინციპით ნარჩენი სულფატაციის გამოთვლა შესაძლებელია აკუმულატორთა ბატარეას ექსპლუატაციის სხვადასხვა სტადიებზე, მისი ხანგამძლეობის წინასწარი შეფასებისათვის. რადგან ნარჩენი სულფატაციის მატების პროცენტული მაჩვენებელი, აკუმულატორთა ბატარეას სრულად დამუხტვის დროს. განსაზღვრავს აკუმულატორთა ბატარეის დაზიანების ხარისხს და მისი ტევადობის შემცირების მაჩვენებელს, ამიტომ ნარჩენი სულფატაცია განიხილება როგორც აკუმულატორის ტევადობის დაყვანილი სიდიდე, აკუმულატორთა ბატარეას ტევადობის შეფასებისათვის. ნარჩენი სულფატაციის გამოთვლით განვსაზღვრავთ აკუმულატორთა ბატარეას ექსპლუატაციის დარჩენილ პერიოდს, და შესაბამისად ხანგამძლეობის მაჩვენებელს ექსპლუატაციის მოცემულ პირობებში.

2.2.3. ელექტროენერჯის მომხმარებელთა ხანგამძლეობის გაზრდის ძირითადი კრიტერიუმები

ელექტრომომარაგების სისტემის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის მახასიათებლები, გარკვეულ გავლენას ახდენენ ელექტროენერჯის მომხმარებლების ხანგამძლეობასა და საიმედოობაზე. ელექტროენერჯის ხარისხი და ნომინალური ძაბვის მნიშვნელობა, ერთ-ერთი უმთავრესი კრიტერიუმებია ელექტროენერჯის მომხმარებლების ხანგამძლეობის შეფასების საქმეში. განვიხილოთ ელექტროენერჯის მომხმარებლებზე მიწოდებული ელექტროენერჯის მახასიათებლების გავლენა ელექტროენერჯის მომხმარებლების ხანგამძლეობაზე.

არსებულ სისტემებში ელექტრომომარაგების სისტემის გამომავალი ძაბვის მნიშვნელობა აიღება პირობიდან, რომელიც დამოკიდებულია აკუმულატორთა ბატარეას ხანგამძლეობის მახასიათებელზე. მისი მნიშვნელობა შეირჩევა აკუმულატორთა ბატარეას სამსახურის დროის, დამუხტვის ძაბვაზე დამოკიდებულების პირობიდან, რომელიც უზრუნველყოფს დამუხტვის ინტენსივობას, მომხმარებელთა მუშაობის ხარისხს და ხანგამძლეობას [14,15].

აკუმულატორთა ბატარეას ხანგამძლეობის კრიტერიუმების ჩამოყალიბებისას განვიხილოთ მისი ხანგამძლეობის დამოკიდებულება დასამუხტი ძაბვის მნიშვნელობაზე. რომელიც არსებულ სისტემებში დამოკიდებულია ელექტროლიტის ტემპერატურაზე. კერძოდ ძაბვის რეგულატორის ელემენტების და აკუმულატორთა ბატარეას ელექტროლიტის ტემპერატურული ცვლილების გათვალისწინებით ადგილი აქვს უარყოფით მოვლენას. რომლის დროსაც აკუმულატორთა ბატარეას ელექტროლიტის -15° -ის დროს აკუმულატორთა ბატარეას და მომხმარებლებს მიეწოდება $U_G = 15,3$ ვოლტი, რაც უარყოფით ზემოქმედებას ახდენს ელექტროენერჯის მომხმარებლებზე. ამ მოვლენის თავიდან აღსაკვეთად, განვახორციელოთ აკუმულატორთა ბატარეას დასამუხტი ძაბვის განმხოლოება ელექტროენერჯის მომხმარებელთა ძაბვისაგან. ხოლო აკუმულატორთა ბატარეას დასამუხტი ძაბვა მიეწოდება ძაბვა დამატების კასკადის საშუალებით. დარეგულირებული ძაბვის მნიშვნელობის დამოკიდებულება აკუმულატორთა ბატარეას დაყენების ადგილზე, კლიმატურ ზონებზე და წელიწადის დროებზე მოცემულია ცხრილი 5-ში.

ძაბვის მნიშვნელობის დამოკიდებულება აკუმულატორთა ბატარეას დაყენების

ადგილზე

კლიმატური ზონა	წელიწადის დრო	დარეგულირებული ძაბვის რეკომენდირებული მნიშვნელობა, (ვ.) აკუმულატორთა ბატარეას დაყენების ადგილთან მიმართებაში	
		გარე	კაპოტის ქვეშ
ცივი	ზამთარ	14,5÷15,5	14,2÷15,0
	ზაფხულ	13,8÷14,8	13,2÷14,2
ზომიერი	მთელი წელი	13,8÷14,8	13,2÷14,2
ცხელი და თბილი ტენიანი	მთელი წელი	13,2÷14,0	13,0÷14,0

საავტომობილო სანათების ფარდობითი სამსახურის დროის და შუქნაკადის დამოკიდებულება, გენერატორის გამომავალ ძაბვაზე მოცემულია ცხრილი 6-ში. ამ მონაცემების მიხედვით ელექტროენერჯის მომხმარებლებისათვის ყველაზე ხელსაყრელია $U_G = 13,5 \div 14,0$ ვოლტის მნიშვნელობის ძაბვის მიწოდება. მაგრამ არსებულ სისტემებში გენერატორის დარეგულირებული ძაბვის მნიშვნელობას, როგორც წესი განსაზღვრავენ აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის უზრუნველყოფის შესაძლებლობიდან [14,15].

საავტომობილო სანათების ფარდობითი სამსახურის დრო

ელექტროსანათებზე მოდებული ძაბვის ფარდობითი მნიშვნელობა ნომინალურთან შედარებით %-ში	85	90	100	110	115
შუქნაკადის მნიშვნელობა %-ში	52	68	100	140	225
ელექტროსანათების ექსპლუატაციის დროის ფარდობითი მაჩვენებელი %-ში	420	275	100	45	17

ჩვენს შემთხვევაში კლიმატური პირობების მიხედვით გენერატორის დარეგულირებული გამომავალი ძაბვის მნიშვნელობის დამოკიდებულება აზრს კარგავს. რადგან ჩვენ განვამხოლოეთ გენერატორის გამომავალი ძაბვა და აკუმულატორთა ბატარეას დასამუხტი ძაბვა. აკუმულატორთა ბატარეის დამუხტვას კი ვაწარმოებთ დენის ძალის მიხედვით და არა პირდაპირ გენერატორის გამომავალი

ძაბვის მნიშვნელობით. ამიტომ გენერატორის გამომავალი ძაბვის მნიშვნელობა შეირჩა ელექტროენერჯის მომხმარებლების სამსახურის დროის და ხანგამძლეობის გაზრდის პირობიდან. $U_G = 13,5 \div 14,0$ ვოლტის ფარგლებში.

აკუმულატორთა ბატარეას დასამუხტი ძაბვის განმხოლოება ელექტროენერჯის მომხმარებელთა ძაბვისაგან. აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის დროს საშაულებას გვაძლევს. აკუმულატორთა ბატარეა დავმუხტოთ დენის ძალის მიხედვით და ელექტროენერჯის მომხმარებელებს მივაწოდოთ ძაბვის ნომინალური მნიშვნელობა. რაც შესაძლებლობას გვაძლევს, ექსპლუატაციის დროს დავიცვათ როგორც აკუმულატორთა ბატარეა, ასევე ელექტროენერჯის მომხმარებელები. რაც შეეხება ელექტროენერჯის ხარისხს, ამისათვის გენერატორის გამოსასვლელზე დაყენებულია დაბალსიხშირული LC ფილტრი. რომელსაც ცვალებადი სიხშირის, ცვლადი ძაბვის გამართვის შედეგად წარმოქმნილი ძაბვის უთანაბრობები და პულსაცია მინიმუმამდე დაჰყავს, რაც კიდევ უფრო აუმჯობესებს ელექტროენერჯის მომხმარებლების ხანგამძლეობის და საიმედოობის მაჩვენებელს.

2.3. ენერგოეფექტურობისა და ხანგამძლეობის კრიტერიუმების ურთიერთშეთანხმების ძირითადი პრინციპები, ოპტიმიზაციის ამოცანა

აკუმულატორთა ბატარეას, გენერატორის და ელექტროენერჯის მომხმარებლების საექსპლუატაციო მახასიათებლების გაუმჯობესების მიზნით, შევიტანეთ ცვლილებები სატრანსპორტო საშუალების ელექტრომომარაგების სისტემის საექსპლუატაციო რეჟიმებში. ამ ცვლილებების დროს ჩამოვყალიბეთ, ენერგოეფექტურობის და ხანგამძლეობის კრიტერიუმები, რომლებიც აუმჯობესებენ ელექტრომომარაგების სისტემის ცალკეული ელემენტის ენერგოეფექტურობას და ხანგამძლეობას. თითოეული კრიტერიუმი მივიღეთ იმ პირობით, რომ გაუმჯობესებულიყო ცალკეული ელემენტის, როგორც ენერგოეფექტურობა ასევე მისი ხანგამძლეობა, მაგრამ არ გავვიხილავს ამ კრიტერიუმების, საერთო გავლენა ელექტრომომარაგების სისტემის ელემენტებზე. ამიტომ განვიხილოთ თუ რა გავლენას ახდენს გენერატორის ენერგოეფექტურობის ან ხანგამძლეობის კრიტერიუმი, აკუმულატორთა ბატარეის ენერგოეფექტურობასა და

ხანგამძლეობაზე, აგრეთვე ელექტროენერჯის მომხმარებლების ხანგამძლეობაზე. მოკლედ რომ ვთქვათ განვიხილოთ საექსპლუატაციო რეჟიმების ცვლილებისას, გამოყენებული კრიტერიუმების გავლენა თითოეულ ელემენტზე. ამის გასარკვევად ვისარგებლოთ ცხრილური მეთოდით და განვიხილოთ ცხრილი 7. სადაც მოცემულია, სისტემის ელემენტთა მახასიათებლებზე და ელექტროენერჯის მომხმარებლების ხანგამძლეობაზე, ჩვენს მიერ მიღებული კრიტერიუმების გავლენის საერთო სურათი,

ცხრილი 7

ენერგოეფექტურობის და ხანგამძლეობის კრიტერიუმების კატეგორიები

საექსპლუატაციო რეჟიმი	გამოყენებული კრიტერიუმი	გენერატორი		აკუმულატორთა ბატარეა		ელექტროენერჯის მომხმარებლები	კრიტერიუმის კატეგორია	
		ენერგოეფექტურობა	ხანგამძლეობა	ენერგოეფექტურობა	ხანგამძლეობა		ხანგამძლეობა	ენერგოეფექტურობა
როცა $n_G \leq n_{Gnom}$ მაშინ $K_G \leq 1$;	$I_a = 0$	+	+	+	+	0	A	B
როცა $n_{Gnom} \leq n_G \leq n_{Gmax}$ მაშინ $K_G \geq 1$	$U_G(t^0 c) = const$	0	+	0	+	+	C	A
	$I_a(f_a)$ ოპტიმიზაცია	+	+	+	+	+	A	A
	$U_{Ad} \neq U_G$ მაშინ $I_{Ad} = \frac{1}{3} C_{A20}$	0	0	+	+	+	B	B
შენახვის რეჟიმი	$I_{Ag} = 0$	+	-	+	+	0	A	C
LC ფილტრი		+	0	0	0	+	B	C

ჩვენს მიერ მიღებული თითოეული კრიტერიუმი მოქმედებს, როგორც ენერგოეფექტურობის ასევე ხანგამძლეობის მახასიათებელზე. ცხრილში ეს ურთიერთქმედებები ნაჩვენებია „+“, „-“ და „0“ ნიშნებით, რომელიც შესაბამისად ნიშნავს: „+“ კრიტერიუმის დადებითი ზემოქმედება მახასიათებლის გაზრდა, „-“ უარყოფითი ზემოქმედება მახასიათებლის შემცირება და „0“ ნეიტრალური

ზემოქმედება მახასიათებელზე. ამ ზემოქმედებების გავლენების ერთობლიობა განსაზღვრავს კრიტერიუმის კატეგორიას. კრიტერიუმის კატეგორია მაღალია ენერგოეფექტურობის თვალსაზრისით, თუ იგი დადებითად მოქმედებს ცხრილში მოცემული, სისტემის ყველა ელემენტზე, საშუალო თუ იგი მოქმედებს ერთ ელემენტზე მაინც, და დაბალი თუ იგი ნეიტრალურ ან უარყოფით გავლენას ახდენს სისტემის ელემენტზე. ანალოგიურად განისაზღვრება კრიტერიუმის კატეგორია ხანგამძლეობის მიხედვითაც. მაღალი კატეგორიის კრიტერიუმებია: „AA“, „AB“ და „BB“. საშუალო კატეგორიის კრიტერიუმებია: „CA“ და „AC“. ხოლო „BC“ დაბალი კატეგორიის კრიტერიუმია.

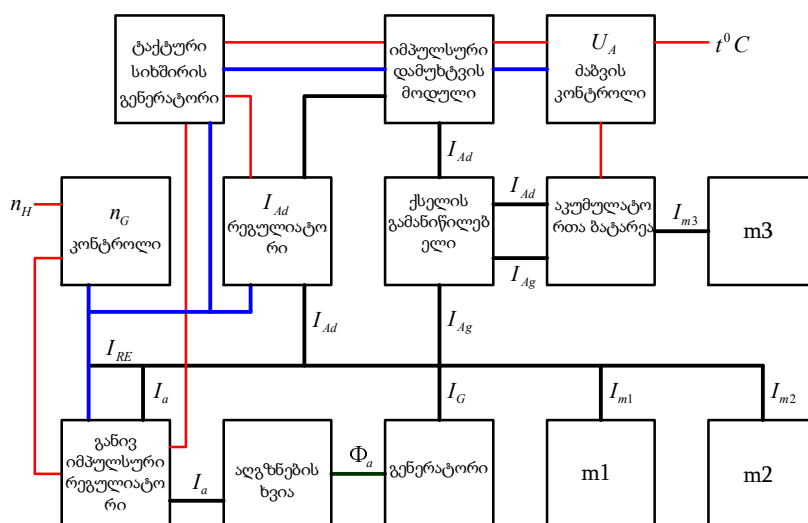
კრიტერიუმის კლასის განსაზღვრა, საშუალებას გვაძლევს დავადგინოთ თითოეული კრიტერიუმის საერთო ზემოქმედება სისტემაზე. რომელიც მდგომარეობს შემდეგში: ხანგამძლეობის გაზრდის კრიტერიუმმა არ უნდა გამოიწვიოს ენერგოეფექტურობის დაცემა და პირიქით, ენერგოეფექტურობის გაუმჯობესების კრიტერიუმმა არ უნდა გამოიწვიოს ხანგამძლეობის დაცემა. ამიტომ შევირჩიეთ ოპტიმალური ვარიანტი, თითოეული კრიტერიუმის გამოყენებისას ცხრილი 7.

სატრანსპორტო საშუალების ელექტრომომარაგების სისტემის ელემენტების, ხანგამძლეობის და ენერგოეფექტურობის გაზრდის კრიტერიუმების და ელექტროენერჯის მომხმარებლების ხანგამძლეობის გაზრდის კრიტერიუმების ურთიერთშეთანხმება, წარმოადგენს ოპტიმიზაციის ამოცანას. ცალკეული კრიტერიუმის გამოყენების პირობიდან: ენერგოეფექტურობის კრიტერიუმის მაქსიმალურად გამოყენებამ არ უნდა გამოიწვიოს ხანგამძლეობის ძლიერ შესუსტება, ცხრილი 7-ში მოცემული კრიტერიუმები წარმოადგენენ კრიტერიუმის გამოყენების ოპტიმალურ ვარიანტს, რადგან არც ერთი აქ მოყვანილი კრიტერიუმი, რომლებიც გავლენას ახდენენ ელექტრომომარაგების სისტემის ელემენტებზე, არ არის დაბალი კატეგორიის. მათი ზემოქმედება სისტემაზე დამაკმაყოფილებელია, ამიტომ ამ კრიტერიუმების გამოყენება საერთო ჯამში დადებით ეფექტს იძლევა, როგორც ენერგოეფექტურობის ასევე ხანგამძლეობის გაზრდის მხრივ.

2.4. სისტემის საექსპლუატაციო რეჟიმების ფორმულირება

სატრანსპორტო საშუალების ელექტრომომარაგების სისტემებში ელექტროენერგიის „პირველადი სიმძლავრე“ ეწოდება, გენერატორის მიერ გამომუშავებულ სიმძლავრეს, რომელიც მიიღება უშუალოდ გენერატორის მიერ. ელექტროენერგიის „მეორად სიმძლავრეს“ წარმოადგენს, აკუმულატორთა ბატარეას მიერ გაცემული სიმძლავრე. რომელსაც იგი გასცემს წინასწარი დამუხტვის შემდეგ. გაცემული სიმძლავრის მნიშვნელობა გამოისახება (2.10) და (2.11) ფორმულებით, შესაბამისად ტევადობის და ენერგიის მიხედვით.

გენერატორის მიერ გამომუშავებული სიმძლავრე, შიგაწვის ძრავის მიერ ელექტროენერგიის მისაღებად გაცემულ სიმძლავრესთან მიმართებაში შეადგენს 94÷97%-ს. ხოლო აკუმულატორთა ბატარეას მიერ გაცემული სიმძლავრე შიგაწვის ძრავის მიერ ელექტროენერგიის მისაღებად გაცემულ სიმძლავრესთან მიმართებაში 70÷82%-ს. როგორც ვხედავთ ელექტროენერგიის პირველადი სიმძლავრის გამოყენება, როგორც ენერგეტიკულად, ასევე ეკონომიურობის თვალსაზრისით უფრო ხელსაყრელია, ვიდრე მეორადი გზით მიღებული ელექტროენერგიის სიმძლავრე. ამიტომ ელექტრომომარაგების სისტემის ენერგოეფექტურობის ოპტიმიზაციის მიზნით, მაქსიმალურად გამოვიყენეთ პირველადი გზით მიღებული ელექტროენერგია. რაც ხელს უწყობს საწვავის დანახარჯების შემცირებას ელექტროენერგიის მიღებაზე.



ნახ. 11. სატრანსპორტო საშუალების ელექტრომომარაგების სისტემის საანგარიშო მოდელი.

ელექტროენერჯის მომხმარებლების მიერ მოხმარებული სიმძლავრის უფრო უკეთ განსაზღვრისათვის, ელექტროენერჯის მომხმარებლები დავყავით, ძირითად m_1 , ზოგად m_2 და ხანმოკლე დროით m_3 დატვირთვებად (იხილეთ §1.3). ელექტრომომარაგების სისტემის სიმძლავრეთა ბალანსის აღწერისა და მისი მახასიათებლების შეფასებისათვის განვიხილოთ, ელექტრომომარაგების სისტემის საანგარიშო მოდელი (ნახ. 11). საანგარიშო მოდელზე წარმოდგენილია: გენერატორი, გენერატორის აღზენების ხვია, აკუმულატორთა ბატარეა, უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის ელექტრონული სქემა ფუნქციონალური ბლოკ სქემის სახით და ელექტროენერჯის მომხმარებლები m_1 , m_2 და m_3 მოდულების სახით.

ელექტრომომარაგების სისტემის საანგარიშო მოდელიდან, კირხოფის კანონი ზოგადი ვექტორული სახით ჩაიწერება შემდეგი ფორმით.

$$\vec{I}_G + \vec{I}_{Ag} = \vec{I}_{RE} + \vec{I}_a + \vec{I}_{Ad} + \vec{I}_{m1} + \vec{I}_{m2} + \vec{I}_{m3}, \quad (2.28)$$

სადაც: \vec{I}_{RE} – არის ძაბვის რეგულიატორის დენის ძალა, \vec{I}_{m1} – ძირითადი, \vec{I}_{m2} – ზოგადი და \vec{I}_{m3} – ხანმოკლე დროით დატვირთვებზე მიწოდებული დენის ძალებია.

სიმძლავრეების მიხედვით, გაცემული და მოხმარებული სიმძლავრეების ალგებრული ჯამი ერთმანეთის ტოლია. ამის გათვალისწინებით სიმძლავრეთა ბალანსის ფორმულა ზოგადი ვექტორული სახით წარმოდგება შემდეგი ფორმით.

$$\vec{P}_G + \vec{P}_{Ag} = \vec{P}_{RE} + \vec{P}_a + \vec{P}_{Ad} + \vec{P}_{m1} + \vec{P}_{m2} + \vec{P}_{m3}. \quad (2.29)$$

როგორც ვხედავთ ენერგობალანსის წონასწორობის პირობის, სიმძლავრეთა ბალანსის ვექტორული სახით წარმოდგენა, უფრო ზუსტად აღწერს სატრანსპორტო საშუალების ელექტრომომარაგების სისტემის მიერ გამომუშავებულ და გაცემულ სიმძლავრეებს შორის დამოკიდებულებას. ელექტრომომარაგების სისტემის სხვადასხვა საექსპლუატაციო რეჟიმების დროს, ენერგოეფექტურობის და ხანგამძლეობის კრიტერიუმების გათვალისწინებით. იცვლება სიმძლავრეთა შორის დამოკიდებულება კონკრეტული საექსპლუატაციო რეჟიმის პირობების მიხედვით. განვიხილოთ ეს რეჟიმები.

თავისუფალი სვლის რეჟიმის დროს, გენერატორს არ შეუძლია ნომინალური დენის ძალის გაცემა, $n_G \leq n_{Gnom}$ და $K_G \leq 1$. მაშინ $I_a = 0$ კრიტერიუმის გამოყენებით გვექნება:

$P_a = 0$, $P_G = 0$, $P_{Ad} = 0$, $P_{m3} = 0$. მივიღებთ ელექტროენერჯის ეკონომიას, ხოლო ენერგობალანსის ფორმულა ამ რეჟიმის შემთხვევაში ჩაიწერება შემდეგი ფორმით.

$$\vec{P}_{Ag} = \vec{P}_{RE} + \vec{P}_{m1} + \vec{P}_{m2}. \quad (2.30)$$

უარყოფითი ენერგობალანსის შემთხვევაში გენერატორის მიერ გამომუშავებული სიმძლავრე ვერ უზრუნველყოფს ძირითადი მომხმარებლების ელექტროენერჯით ელექტრომომარაგებას და მას ეხმარება აკუმულატორთა ბატარეაც, ე. ი. $P_{m3} = 0$ $P_{Ad} = 0$; ამიტომ გვექნება.

$$\vec{P}_G + \vec{P}_{Ag} = \vec{P}_{RE} + \vec{P}_a + \vec{P}_{m1} + \vec{P}_{m2}. \quad (2.31)$$

უარყოფითი ენერგობალანსის კერძო შემთხვევას წარმოადგენს, ერთი გარდამავალი რეჟიმი, **გაშვების რეჟიმი**. რომლის დროსაც ხორციელდება ძრავის გაშვება უშუალოდ აკუმულატორთა ბატარეას მიერ. შემთხვევა განვიხილოთ იმ პირობით, რომ არ არის ჩართული ზოგადი დატვირთვა $P_{m2} = 0$ და გენერატორის აღზუნების ხვიას არ მიეწოდება ელექტროენერჯია $I_a = 0$ კრიტერიუმის პირობიდან გამომდინარე. პრაქტიკიდან ცნობილია, რომ ძრავის გაშვების დროს, მძღოლების უმრავლესობა გამორთავს ზედმეტ ელექტროენერჯის მომხმარებლებს, რომლებიც არ მონაწილეობენ შიგაწვის ძრავის გაშვების პროცესში. აღნიშნული ელექტროენერჯის მომხმარებლების გამორთვა განსაკუთრებით აუცილებელია ცივი კლიმატური პირობების დროს. ამ შემთხვევაში ენერგობალანსი განისაზღვრება შემდეგი სახით.

$$\vec{P}_{Ag} = \vec{P}_{RE} + \vec{P}_{m1} + \vec{P}_{m3}. \quad (2.32)$$

განვიხილოთ დადებითი ენერგობალანსის სამი შემთხვევა, რომელიც შემუშავებულია ენერგოეფექტურობის და ხანგამძლეობის კრიტერიუმების გამოყენებით და საექსპლუატაციო რეჟიმების ცვლილებაზე დაყრდნობით.

1. გენერატორის მიერ გაცემული სიმძლავრე ტოლია ელექტროენერჯის ძირითადი მომხმარებლების, გენერატორის აღზუნების ხვიის და ძაბვის რეგულატორის მიერ მოხმარებული სიმძლავრეების ჯამისა, მაშინ: $P_{Ag} = 0$; $P_{Ad} = 0$ და $P_{m3} = 0$;

$$\vec{P}_G = \vec{P}_{RE} + \vec{P}_a + \vec{P}_{m1} + \vec{P}_{m2}. \quad (2.33)$$

2. როცა გენერატორის მიერ გაცემული სიმძლავრე, ყველა ზემოთ ჩამოთვლილთან ერთად საკმარისია აკუმულატორთა ბატარეას დასამუხტადაც, $P_{Ag} = 0$ და $P_{m3} = 0$; მაშინ მივიღებთ.

$$\vec{P}_G = \vec{P}_{RE} + \vec{P}_a + \vec{P}_{Ad} + \vec{P}_{m1} + \vec{P}_{m2}. \quad (2.34)$$

3. როდესაც სრულად მოხდება აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვა, დადებითი ენერგობალანსის დროს, აკუმულატორთა ბატარეა გამოირთვება წრედიდან და გადავა მორიგე რეჟიმში. $P_{Ad} = 0$; ამ დროს ხორციელდება გენერატორის მიერ ელექტროენერჯის მომხმარებლების ელექტრომომარაგება და იხარჯება პირველადი ელექტროენერჯია, ნაცვლად მეორადი ელექტროენერჯისა, რასაც ადგილი აქვს არსებულ სისტემებში. ამიტომ გვექნება.

$$\vec{P}_G = \vec{P}_{RE} + \vec{P}_a + \vec{P}_{m1} + \vec{P}_{m2}, \quad (2.35)$$

აგრეთვე ეს პროცესი საშუალებას გვაძლევს, პროცენტულად უფრო მეტი დროის განმავლობაში შევინარჩუნოთ აკუმულატორთა ბატარეა დამუხტულ მდგომარეობაში, ვიდრე არსებულ სისტემებში გამოყენებული საექსპლუატაციო რეჟიმების შემთხვევაში. მიღებული ენერგობალანსის ფორმულები განსაზღვრავენ. დროის ნებისმიერ მომენტში, ელექტრომომარაგების სისტემის მდგომარეობას და ადგენს დადებითი და უარყოფითი ენერგობალანსის მყისა მნიშვნელობას მოცემული პირობების მიხედვით. ენერგობალანსის ფორმულები მყისა სიმძლავრეების მიხედვით საშუალებას გვაძლევს განვსაზღვროთ, კონკრეტული სატრანსპორტო საშუალების, მინიმალური საშუალო სიჩქარე v_a , რომლის დროსაც ადგილი აქვს დადებითი ენერგობალანსის შემთხვევას, იმ პირობით რომ შესაძლებლობა მოგვეცეს დავმუხტოთ აკუმულატორთა ბატარეა, ნომინალური დასამუხტი დენის ძალის მიხედვით.

მიკროციკლის პერიოდში ენერგობალანსი განვსაზღვროთ. არა სიმძლავრეების მყისა მნიშვნელობების მიხედვით არამედ ენერჯიების მიხედვით. დროის ერთეულში გაცემული სიმძლავრის მიხედვით. ეს საშუალებას გვაძლევს ვიპოვოთ t_M მიკროციკლის მინიმალური დრო, იმ პირობით რომ მიკროციკლის ბოლოს აკუმულატორთა ბატარეას აღდგენილი ჰქონდეს თავისი ტევადობის $90\% \div 100\%$. რომელიც მან გასცა გაშვების სისტემაზე და უარყოფითი ენერგობალანსის დროს.

ენერგობალანსის ძირითადი ფორმულა (2.29) ენერგიების მიხედვით მიიღებს სახეს

$$W_G + W_{Ag} = W_{RE} + W_a + W_{Ad} + W_{m1} + W_{m2} + W_{m3} \quad (2.36)$$

მიკროციკლის განმავლობაში თითოეული სიმძლავრის დროზე დამოკიდებულებით, ენერგობალანსის განტოლება გამოისახება ამ დროებში სიმძლავრეთა განაწილების კანონის მიხედვით

$$\int_0^{\tau_{MG}} P_G dt + \int_0^{\tau_{MAd}} P_{Ag} dt = \int_0^{\tau_{MRE}} P_{RE} dt + \int_0^{\tau_{Ma}} P_a dt + \int_0^{\tau_{MAd}} P_{Ad} dt + \int_0^{\tau_{MM1}} P_{m1} dt + \int_0^{\tau_{MM2}} P_{m2} dt + \int_0^{\tau_{MM3}} P_{m3} dt \quad (2.37)$$

სადაც ცალკეულ სიმძლავრეთა დროის მნიშვნელობები, მოცემულია მიკროციკლის პერიოდში მათი მოქმედების დროის ინტერვალების მიხედვით.

ორივე ფორმულაში (2.29) და (2.37), საწყისი პირობების გათვალისწინებით ვანგარიშობთ, v_a და t_M სიდიდეების შესაძლო მინიმალური მნიშვნელობის საშუალო სიდიდეს, რომლის დროსაც აკუმულატორთა ბატარეა მიკროციკლის პერიოდში მაქსიმალურად აღიდგენს თავის ტევადობას. ამის მიხედვით მივიღებთ „რეკომენდაციებს“, ნებისმიერი ტიპის სატრანსპორტო საშუალების ექსპლუატაციის პირობიდან გამომდინარე, მინიმალური საშუალო სიჩქარის შესახებ და შიგაწვის ძრავის გაშვება–გამორთვის პერიოდის მინიმალური დროის შუალედის შესახებ.

2.5. ელექტრომომარაგების სისტემაზე მოქმედი გარეგანი შემაშფოთებელი ზემოქმედებების ფორმირება

ელექტრომომარაგების სისტემის გარეგანი შემაშფოთებელი ზემოქმედებების მახასიათებლების განსაზღვრისა და კვლევისათვის, ელექტრომომარაგების სისტემის საექსპლუატაციო პერიოდი დავყოთ, დროით პერიოდებად: „მიკროციკლი“, „ციკლი“ და „ზეციკლი“. განვსაზღვროთ ამ პერიოდებში სისტემის დატვირთვის მახასიათებლები. რომლებიც გამოწვეულია გარეგანი შემაშფოთებელი ზემოქმედებების მიერ. მიკროციკლის, ციკლის და ზეციკლის პერიოდებს შორის კავშირის მახასიათებლები მოცემულია ცხრილი 8-ში. ზეციკლი წარმოადგენს, ერთი წლის განმავლობაში, სატრანსპორტო საშუალების ექსპლუატაციის დროს. იგი სეზონური ზეგავლენის

მიხედვით, დაყოფილია კენტ და ლუწ ზეციკლებად, შესაბამისად ზაფხულის და ზამთრის პერიოდებად.

$$t_z = t_{z1} + t_{z2} \text{ (წთ)}. \quad (2.38)$$

ცხრილი 8

მიკროციკლის, ციკლის და ზეციკლის პერიოდებს შორის კავშირის მახასიათებლები

კენტი ზეციკლი t_{z1} ზაფხული		ლუწი ზეციკლი t_{z2} ზამთარი	
კენტი ციკლი (დღე) t_{c11} რაოდენობა i_{11}	ლუწი ციკლი (ღამე) t_{c21} რაოდენობა i_{21}	კენტი ციკლი (დღე) t_{c12} რაოდენობა i_{12}	ლუწი ციკლი (ღამე) t_{c22} რაოდენობა i_{22}
კენტი მიკროციკლი t_{m11} რაოდენობა j_{11}	ლუწი მიკროციკლი t_{m21} რაოდენობა j_{21}	კენტი მიკროციკლი t_{m12} რაოდენობა j_{12}	ლუწი მიკროციკლი t_{m22} რაოდენობა j_{22}

ციკლის დროის პერიოდი შეადგენს, დღე-ღამეში სატრანსპორტო საშუალების ექსპლუატაციის დროის პერიოდს. რომლებიც დამოკიდებულია გარეგან შემაშვოთებელ ფაქტორზე, კერძოდ დღისა და ღამის მონაცვლეობაზე. კენტი ციკლი t_{c11} და t_{c12} წარმოადგენს, დღის განმავლობაში სატრანსპორტო საშუალების ექსპლუატაციის დროს, ხოლო ლუწი ციკლები არიან t_{c21} და t_{c22} შესაბამისად ღამის განმავლობაში ექსპლუატაციის დროის პერიოდები, შესაბამისად ზაფხულის და ზამთრის სეზონების გათვალისწინებით ზეციკლის პერიოდებში, რომლებიც გამოსახება შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$t_{z1} = i_{11} \cdot t_{c11} + i_{21} \cdot t_{c21}; \quad t_{z2} = i_{12} \cdot t_{c12} + i_{22} \cdot t_{c22}, \quad (2.39)$$

სადაც: i კოეფიციენტები, განსაზღვრავენ, კენტი და ლუწი ციკლების რაოდენობას ზეციკლების პერიოდებში.

მიკროციკლები თავის მხრივ დავყოთ, კენტ და ლუწ მიკროციკლებად: t_{m1} და t_{m2} დროის პერიოდებად. კენტი მიკროციკლი მიეკუთვნება დღის განმავლობაში მოხდენილ მიკროციკლებს, ხოლო ღამით მოხდენილ მიკროციკლებს, ლუწი მიკროციკლები წარმოადგენენ.

$$t_{c11} = j_{11} \cdot t_{m11}; \quad t_{c21} = j_{21} \cdot t_{m21}; \quad t_{c12} = j_{12} \cdot t_{m12}; \quad t_{c22} = j_{22} \cdot t_{m22}, \quad (2.40)$$

სადაც: j კოეფიციენტები, განსაზღვრავენ, კენტი და ლუწი ციკლების რაოდენობას ციკლის პერიოდებში. ხოლო ზეციკლები მიკროციკლების დროის პერიოდების მიხედვით განისაზღვრება შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$t_{z1} = i_{11} \cdot j_{11} \cdot t_{c11} + i_{21} \cdot j_{21} \cdot t_{c21}; \quad t_{z2} = i_{12} \cdot j_{12} \cdot t_{c12} + i_{22} \cdot j_{22} \cdot t_{c22}. \quad (2.41)$$

სატრანსპორტო საშუალების ექსპლუატაციის ინტენსივობის მახასიათებელი მთელი წლის განმავლობაში ზეციკლის დროის მიხედვით განისაზღვრება ფორმულით:

$$e_{z} = \frac{365 \cdot 24 \cdot 60}{t_z}. \quad (2.42)$$

ხოლო ექსპლუატაციის სადღეღამისო ინტენსივობის მახასიათებელი, სეზონური ზემოქმედების გათვალისწინებით, განისაზღვრება ფორმულით:

$$e_{ic1} = \frac{24 \cdot 60}{t_{c11} + t_{c21}}, \quad e_{ic2} = \frac{24 \cdot 60}{t_{c12} + t_{c22}}. \quad (2.43)$$

კვლევის ჩატარებისას განვიხილეთ, ცალკეულ მიკროციკლში სატრანსპორტო საშუალების საექსპლუატაციო რეჟიმები, ოპტიმიზაციის პირობებით. განვსაზღვრეთ v_a და t_M სიდიდეების, შესაძლო მინიმალური მნიშვნელობის საშუალო სიდიდე. ამის საფუძველზე ექსპლუატაციის ინტენსივობის მახასიათებლების გათვალისწინებით, შევაფასებთ სატრანსპორტო საშუალების ელექტრომომარაგების სისტემის საერთო საექსპლუატაციო მახასიათებლებს, ენერგოეფექტურობისა და ხანგამძლეობის გაუმჯობესების თვალსაზრისით.

მიკროციკლები პერიოდულად მეორდება ციკლის პერიოდში, გამეორების სიხშირე დამოკიდებულია სატრანსპორტო საშუალების ტიპზე, მის დანიშნულებაზე და ექსპლუატაციის მახასიათებელზე. მისი გამეორების სიხშირე, კენტი და ლუწი ციკლების პერიოდებში მოცემულია ცხრილი 9-ში დანართი 1.

გენერატორის როტორის ბრუნთა რიცხვის n_G ცვალებადობა დამოკიდებულია სატრანსპორტო საშუალების შიგაწვის ძრავის ბრუნთა რიცხვის ცვალებადობაზე. მათ შორის კავშირი გამოისახება კონსტრუქციული მახასიათებლიდან, გადაცემის რიცხვით.

$n_G = \xi_{HG} \cdot n_H$ სადაც: $\xi_{HG} = 1,2 \div 1,5$ არის, გენერატორსა და შიგაწვის ძრავს შორის გადაცემის რიცხვი. თავის მხრივ შიგაწვის ძრავის ბრუნთა რიცხვი, დამოკიდებულია

საგზაო პირობებზე, რომელზეც მოძრაობს სატრანსპორტო საშუალება, მისი საშუალო სიჩქარე, შიგაწვის ძრავის ბრუნთა რიცხვზე დამოკიდებულებით.

$$v_a = 0,12 \cdot \pi \cdot n_{sa} \cdot r_{sa}, \quad (2.44)$$

სადაც: v_a (კმ/სთ), n_{sa} (ბრ/წთ) და r_{sa} (მ), სატრანსპორტო საშუალების სიჩქარე, საბურავის ბრუნთა რიცხვი და გორვის რადიუსია. საბურავის ბრუნთა რიცხვი შიგაწვის ძრავის ბრუნთა რიცხვზე დამოკიდებულებით განისაზღვრება ფორმულით:

$$n_{sa} = \frac{n_H}{\xi_{gk} \cdot \xi_{mg} \cdot \xi_{ggk}}, \quad (2.45)$$

გენერატორის ბრუნთა რიცხვის გათვალისწინებით მივიღებთ:

$$n_{sa} = \frac{n_G}{\xi_{HG} \cdot \xi_{gk} \cdot \xi_{mg} \cdot \xi_{ggk}}, \quad (2.46)$$

სადაც: ξ_{gk} , ξ_{mg} და ξ_{ggk} შესაბამისად. გადაცემათა კოლოფის, მთავარი გადაცემის და გამანაწილებელი კოლოფის გადაცემის რიცხვებია. სიჩქარის ფორმულაში გათვალისწინებით მივიღებთ გენერატორის ბრუნთა რიცხვის დამოკიდებულებას სატრანსპორტო საშუალების სიჩქარეზე.

$$n_G = \frac{\xi_{HG} \cdot \xi_{gk} \cdot \xi_{mg} \cdot \xi_{ggk} \cdot v_a}{0,12 \cdot \pi \cdot r_{sa}}. \quad (2.47)$$

სატრანსპორტო საშუალების სიჩქარესა და გენერატორის როტორის ბრუნთა რიცხვს შორის დამოკიდებულება გამოისახება ფორმულით

$$n_G = K_{Gv} \cdot v_a, \quad (2.48)$$

სადაც: $K_{Gv} = \frac{\xi_{HG} \cdot \xi_{gk} \cdot \xi_{mg} \cdot \xi_{ggk}}{0,12 \cdot \pi \cdot r_{sa}}$ გადაცემის კოეფიციენტი.

(2.48) ფორმულით განსაზღვრულ გენერატორის როტორის ბრუნთა რიცხვის მნიშვნელობას, ვითვალისწინებთ ენერგობალანსის ფორმულაში და ვამყარებთ დამოკიდებულებას სატრანსპორტო საშუალების სიჩქარესა და ენერგობალანსის პირობას შორის. რითაც განვსაზღვრავთ სატრანსპორტო საშუალების მინიმალურ საშუალო სიჩქარეს, როცა $K_G \geq 1$ და გენერატორი გასცემს ნომინალურ დენის ძალას.

მაგრამ გადაცემის კოეფიციენტი K_{Gv} , არ არის მუდმივი და იგი დამოკიდებულია, სატრანსპორტო საშუალების ტიპზე და გათვალისწინებულია კოლოფის გადაცემის საფეხურის,

გადაცემის რიცხვის მნიშვნელობაზე. სატრანსპორტო საშუალების კონსტრუქციული თავისებურებებიდან გამომდინარე K_{Gv} მახასიათებლის გაანგარიშება და საშუალო მნიშვნელობები მოცემულია დანართი 1-ში.

სატრანსპორტო საშუალების მოძრაობის დროს, გადაცემათა კოლოფის გადაცემათა რიცხვების მონაცვლეობა დამოკიდებულია, სატრანსპორტო საშუალების ტიპზე, მის დანიშნულებაზე და მიკროციკლის მახასიათებელზე, გადაცემათა კოლოფის ცალკეულ გადაცემის საფეხურებზე მოძრაობის დროის შუალედის ფარდობა, მიკროციკლში მოძრაობის დროის შუალედთან წარმოადგენს, სატრანსპორტო საშუალების მოძრაობის დროს საშუალო სიჩქარის ინტენსივობის კოეფიციენტს, გადაცემათა კოლოფის საფეხურის გადაცემის რიცხვის მიხედვით, რომელიც განისაზღვრება შემდეგი დამოკიდებულებით.

$$\kappa_{kMi} = \frac{\Delta t_{kMi}}{t_{Mmi}}, \quad (2.49)$$

სადაც: Δt_{kMi} გადაცემათა კოლოფის ცალკეულ გადაცემის საფეხურებზე მოძრაობის დროის შუალედია და t_{Mmi} მიკროციკლში სატრანსპორტო საშუალების მოძრაობის დროის შუალედია.

მიკროციკლში სატრანსპორტო საშუალების მოძრაობის საშუალო სიჩქარე ეწოდება, სიჩქარეს რომელსაც ავითარებს სატრანსპორტო საშუალება მოძრაობის დროს, გადაცემათა კოლოფის სხვადასხვა საფეხურებზე, იგი გამოსახება შემდეგი გამოსახულებით.

$$v_{aMi} = \sum_{k=1}^N \kappa_{kMi} \cdot v_{aki}. \quad (2.50)$$

სატრანსპორტო საშუალების მოძრაობის დროს საშუალო სიჩქარის ინტენსივობის კოეფიციენტის κ_{kMi} -ის მნიშვნელობები, სატრანსპორტო საშუალების ტიპის, დანიშნულების. მიკროციკლის მახასიათებლის და გადაცემათა კოლოფის ცალკეული გადაცემის საფეხურებზე დამოკიდებულების მიხედვით მოცემულია ცხრილი 16-ში დანართი 1. მიკროციკლის მთელი პერიოდის განმავლობაში, სატრანსპორტო საშუალებებს საშუალო სიჩქარით მოძრაობა არ უწევს. ამიტომ მიკროციკლის დროის პერიოდში, მხედველობაში უნდა მივიღოთ: მოძრაობის დროს, თავისუფალი სვლის

დროის შუალედები, გაჩერებების დროის შუალედი და ძრავის გაშვების მომენტიდან ავტომობილის დაძვრამდე დროის შუალედი. თავის მხრივ მიკროციკლის სრული დრო გამოითვლება.

$$t_M = t_{Mmi} + \Sigma(\Delta t_{Mi} + t_{Mi} + t_{Mk}). \quad (2.51)$$

სატრანსპორტო საშუალების საშუალო სიჩქარით მოძრაობის დროის ფარდობა, მიკროციკლის დროის შუალედებზე, განსაზღვრავს მოძრაობის ინტენსივობის კოეფიციენტს მიკროციკლის პერიოდში, იგი გამოისახება დამოკიდებულებით (2.52).

$$t_{Mi} = \frac{t_M - \Sigma(\Delta t_{Mi} + t_{Mj} + t_{Mk})}{t_M} = \frac{t_{Mmi}}{t_M}, \quad (2.52)$$

სადაც: Δt_{Mi} გაჩერების დროის შუალედი, t_{Mi} ძრავის გაშვების მომენტიდან ავტომობილის დაძვრამდე დროის შუალედი, ხოლო t_{Mk} მოძრაობის დროს, თავისუფალი სვლის დროის შუალედის მნიშვნელობებია. t_{Mmi} მოძრაობის დროის შუალედი მიკროციკლის პერიოდში.

საშუალო სიჩქარის ინტენსივობის კოეფიციენტი დამოკიდებულია სატრანსპორტო საშუალების ტიპზე, მის დანიშნულებაზე და მიკროციკლის მახასიათებელზე, მისი ზოგადი მაჩვენებლები მოცემულია ცხრილი 17-ში დანართი 1. იგი მიღებულია თეორიული კვლევების შედეგად. ამ მახასიათებლის გათვალისწინებით უფრო ზუსტად განისაზღვრება სატრანსპორტო საშუალების მოძრაობის ინტენსივობა მიკროციკლის დროის შუალედში. რის დახმარებითაც განვსაზღვრავთ მიკროციკლის იმ მინიმალურ დროს, რა დროშიდაც აკუმულატორთა ბატარეა შიგაწვის ძრავის გაშვების შემდეგ აღიდგენს თავის ტევადობას.

სატრანსპორტო საშუალების მოძრაობის ინტენსივობის ზრდა მიკროციკლში, ამცირებს მიკროციკლის მინიმალურ დროს, აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის შესაძლებლობის თვალსაზრისით. რაც შეეხება, გაჩერებების დროის შუალედს, შიგაწვის ძრავის გაშვების მომენტიდან ავტომობილის დაძვრამდე დროის შუალედს და მოძრაობის დროს, თავისუფალი სვლის დროის შუალედებს. ამ დროს შიგაწვის ძრავი ბრუნავს უქმი სვლის რეჟიმში. რომლის დროსაც გენერატორი გამოიმუშავებს მინიმალური დენის ძალის მნიშვნელობას.

ელექტროენერჯის მომხმარებელთა მიერ მოხმარებული სიმძლავრის ცვალებადობის კანონზომიერებების დასადგენად, როგორც უკვე ავლინებთ ელექტროენერჯის მომხმარებლები დაყოფილია კატეგორიებად: P_{m1} –ძირითად, P_{m2} –ზოგად და P_{m3} –ხანმოკლე დროით დატვირთვებად. ელექტროენერჯის მომხმარებელთა კატეგორიების ჯამური სიმძლავრეები გამოსახება ფორმულებით:

$$P_{m1} = \sum_{i=1}^n P_{m1i} ; P_{m2} = \sum_{i=1}^n P_{m2i} ; P_{m3} = P_{st} . \quad (2.53)$$

ხოლო მათ მიერ მოხმარებული ელექტროენერჯის რაოდენობა დამოკიდებულია, ცალკეული დატვირთვის ელექტროენერჯის მოხმარების ინტენსივობაზე მიკროციკლის პერიოდში, რომლის დროს ცალკეული მომხმარებლის მიერ მოხმარებული ელექტროენერჯია გამოსახება დამოკიდებულებით.

$$W_{mi} = \int_0^{\tau_{Mmi}} P_{mi} dt , \quad (2.54)$$

სადაც τ_{Mmi} არის, i –ური ელემენტის სამსახურის ჯამური დრო მიკროციკლის პერიოდში, რომელიც განისაზღვრება დატვირთვის ინტენსივობის მახასიათებლით.

$$k_{Mmi} = \frac{\tau_{Mmi}}{t_{Mi}} , \quad (2.55)$$

სადაც: k_{Mmi} არის, i –ური ელემენტის დატვირთვის ინტენსივობა მიკროციკლის პერიოდში.

დატვირთვის ინტენსივობა განსაზღვრავს, მომხმარებელთა ფარდობით სამსახურის დროს მიკროციკლის პერიოდში. P_{m1} –ძირითადი და P_{m2} –ზოგადი მომხმარებლების დატვირთვის ინტენსივობის მნიშვნელობები, მიკროციკლების პერიოდში მოცემულია ცხრილი 18–ში, დანართი 1.

ძირითადი და ზოგადი კატეგორიის დატვირთვის მიერ მოხმარებული ელექტროენერჯის რაოდენობა, ინტენსივობაზე დამოკიდებულებით გამოსახება შემდეგი დამოკიდებულებით.

$$W_{m1} = \sum_{i=1}^n \int_0^{\tau_{Mm1i}} P_{m1i} dt = \sum_{i=1}^n \tau_{Mm1i} \cdot P_{m1i} = \sum_{i=1}^n k_{mi} \cdot t_{Mi} \cdot P_{m1i} = t_{Mi} \cdot \sum_{i=1}^n k_{mi} \cdot P_{m1i} , \quad (2.56)$$

$$W_{m2} = \sum_{i=1}^n \int_0^{\tau_{Mm2i}} P_{m2i} dt = \sum_{i=1}^n \tau_{Mm2i} \cdot P_{m2i} = \sum_{i=1}^n k_{mi} \cdot t_{Mi} \cdot P_{m2i} = t_{Mi} \cdot \sum_{i=1}^n k_{mi} \cdot P_{m2i} . \quad (2.57)$$

ცალკეული დატვირთვის P_{mi} მიერ მოხმარებული სიმძლავრე ($k_{mi}P_{mi}$) მიკროციკლის პერიოდში, განისაზღვრება ცალკეული დატვირთვის ინტენსივობის მიხედვით k_{mi} . ცხრილი 25-ში (გვ. 197. დანართი 1). მოცემულია, მიკროციკლში ჯამური დატვირთვის, ძირითადი სტატისტიკური საშუალო მნიშვნელობები, სატრანსპორტო საშუალების კლასის და ტიპის მიხედვით. მონაცემები მივიღეთ პრაქტიკული თეორიული კვლევების და ანგარიშის საფუძველზე.

გენერატორის ნომინალური სიმძლავრის შერჩევისას ფირმა „Bosch“-ის რეკომენდაციით, გავითვალისწინოთ ელექტროენერჯის მომხმარებლის დატვირთვის ინტენსივობა მიკროციკლის პერიოდში. ძირითადი და ზოგადი მომხმარებლების მიხედვით. სეზონური გავლენის გათვალისწინებით საანგარიშო მონაცემად ავიღეთ ზამთრის პერიოდის ლუწი მიკროციკლის შემთხვევა, რადგან ამ პერიოდში, ელექტროენერჯის მომხმარებლების ყველაზე მეტი რაოდენობაა ჩართული ვიდრე სხვა მიკროციკლის შემთხვევაში. ამიტომ გენერატორის სიმძლავრის შესარჩევი ფორმულა გამოისახება შემდეგი დამოკიდებულებით [15].

მსუბუქი ავტომობილებისათვის,

$$P_{Gnom} = (1.25 \div 1.35) \cdot \left[\sum_{i=1}^n k_{mi} P_{m1i} + \sum_{i=1}^{n_1} k_{mi} P_{m2i} \right], \quad (2.58)$$

ავტობუსებისა და სატვირთო ავტომობილებისათვის, კი:

$$P_{Gnom} = (1.35 \div 1.5) \cdot \left[\sum_{i=1}^n k_{mi} P_{m1i} + \sum_{i=1}^{n_1} k_{mi} P_{m2i} \right]. \quad (2.59)$$

გენერატორის სიმძლავრის შერჩევის შემდეგ ვაზუსტებთ ξ_{HG} გადაცემის რიცხვს გენერატორსა და შიგაწვის ძრავს შორის. რადგან გენერატორმა უზრუნველყოს ელექტროენერჯის მომხმარებლების ელექტრომომარაგება, შიგაწვის ძრავის თავისუფალი სვლის დროს. ზოგიერთ შემთხვევაში აუცილებელია როგორც გადაცემის რიცხვის ასევე გენერატორის სიმძლავრის კორექტირება. გენერატორის ნომინალური სიმძლავრის საშუალო მნიშვნელობები, სატრანსპორტო საშუალებების ტიპის მიხედვით მოცემულია ცხრილი 26-ში, დანართი-1.

P_{m3} -ხანმოკლე დროითი დატვირთვის, გაშვების სისტემის მიერ მოხმარებული ელექტროენერჯის განსაზღვრისათვის ვსარგებლობთ, სატრანსპორტო საშუალების

შიგაწვის ძრავის გაშვების მახასიათებლებით. რომლებიც დამოკიდებულია როგორც სატრანსპორტო საშუალების ტიპზე ასევე საექსპლუატაციო მახასიათებლებზე.

სტარტერით შიგაწვის ძრავის გაშვების პროცესში. საწყისი დენის ძალა უტოლდება აკუმულატორთა ბატარეას, მოკლე ჩართვის დენის ძალას. ხოლო სტარტერის როტორის ბრუნთა რიცხვის მომატებისას და შიგაწვის ძრავის მუხლა ლილვის უძრაობის მდგომარეობიდან გამოყვანის შემდეგ, გაშვების დენის ძალა ეცემა და იგი მისწრაფის სტარტერის მიერ თავისუფალი სვლის დენის ძალის ნიშნულამდე. სტარტერის მიერ შიგაწვის ძრავის გაშვებაზე მოხმარებული ელექტროენერჯის რაოდენობა (2.53) ფორმულის საფუძველზე, გამოისახება შემდეგი ფორმით:

$$W_{m3} = \sum_{i=1}^n \int_0^{\tau_{sti}} P_{sti} dt, \quad (2. 60)$$

სადაც: τ_{sti} დროის შუალედებია გაშვების პროცესში. ხოლო P_{sti} სტარტერის მიერ მოხმარებული სიმძლავრეებია ამ დროის შუალედებში. შიგაწვის ძრავის გაშვების დრო, სიმარტივისათვის დავეოთ სამ ნაწილად: მოკლე ჩართვის პერიოდი, ძრავის ამუშავების პროცესი და სტარტერის მიერ მაქსიმალური ბრუნთა რიცხვის განვითარება [81]. შიგაწვის ძრავის გაშვების დროის შუალედის ასეთი დაყოფა, მივიჩნით მიზანშეწონილად იმ მიზნით, რომ ჩვენ ვიკვლევთ გაშვების პროცესის დროს დახარჯული ელექტროენერჯის ჯამურ მნიშვნელობას და არ ვიკვლევთ სტარტერით შიგაწვის ძრავის გაშვების პროცესის მახასიათებლებს. აქედან გამომდინარე (2.58) ფორმულა ასე ჩაიწერება.

$$W_{m3} = \frac{i_{sti}}{60} (\tau_{st1} P_{st1} + \tau_{st2} P_{st2} + \tau_{st3} P_{st3}) \text{ (ვტ/წთ)}, \quad (2. 61)$$

სადაც: i_{sti} გაშვების მცდელობათა რაოდენობაა მიკროციკლის პერიოდში.

სტარტერის მიერ მოხმარებული სიმძლავრის მნიშვნელობები, გაშვების პროცესის სხვადასხვა ეტაპზე მოცემულია ცხრილი 30-ში. სატრანსპორტო საშუალებების კლასის და ტიპის მიხედვით, მიკროციკლების პერიოდებში. შედეგები მიღებულია, თეორიული და ლაბორატორიული კვლევების შედეგად მიღებული მონაცემების საფუძველზე, რომლებიც მოცემულია დანართი 1-ში.

აკუმულატორთა ბატარეას ოპტიმალური ტევადობა დამოკიდებულია შიგაწვის ძრავის გაშვების სისტემის მახასიათებლებზე. ამიტომ აკუმულატორთა ბატარეას

ოპტიმალურ ტევადობა შეირჩევა სტარტერის მიერ განვითარებული გაშვების დენის ძალის მიხედვით. რომელიც გამოისახება ემპირიული დამოკიდებულებით [15,81].

$$C_{A20} = \frac{I_{st}}{(2.5 \div 4)}, \quad (2.62)$$

სტარტერის დენის ძალის მნიშვნელობა და აკუმულატორთა ბატარეას დენის ძალის მნიშვნელობები, შიგაწვის ძრავის გაშვების დროს ერთმანეთის ტოლია. მაგრამ ექსპლუატაციის პერიოდში შიგაწვის ძრავის გაშვება, ტემპერატურული ზემოქმედების გამო მიკროციკლის პერიოდებში განსხვავებულია, ამიტომ ელექტროლიტის ტემპერატურაზე დამოკიდებულებით (2.62) ფორმულა ჩაიწერება შემდეგი სახით.

$$C_A = \frac{I_{st}}{(2.5 \div 4)(1 + \alpha_{CA}[T - 20])}. \quad (2.63)$$

ამ დამოკიდებულებით განვსაზღვრავთ აკუმულატორთა ბატარეას ოპტიმალურ ტევადობას, სტარტერის დენის ძალის მიხედვით, კონკრეტული გაშვების სისტემის პროექტირებისას, სტარტერის შერჩევის შემდეგ.

ტემპერატურული ზემოქმედების გავლენა ძალზედ აქტუალურია აკუმულატორთა ბატარეასათვის. ყველაზე მეტად მასზე მოქმედებს ტემპერატურის გავლენა. დაბალი ტემპერატურის პირობებში იკლებს მისი ტევადობა, იმატებს ელექტროლიტის წინაღობა და სიბლანტე, რაც ხელს უშლის სტარტერული გაშვების სისტემის ნორმალურ ფუნქციონირებას. დაბალი ტემპერატურის პირობებში, როცა აკუმულატორთა ბატარეა არასრულად დამუხტულია, მაშინ საერთოდ გართულებულია შიგაწვის ძრავის გაშვება. ამას ემატება დაბალი ტემპერატურის პირობებში შიგაწვის ძრავის გაშვების მახასიათებლის გაუარესება, შიგაწვის ძრავის საზეთ-საპოხი მასალების სიბლანტის მომატების გამო. აკუმულატორთა ბატარეას ძირითადი პარამეტრების საანგარიშო ფორმულები ტემპერატურის გავლენით გამოისახება შემდეგი ფორმით:

$$E_A = E_{A20}[1 + \alpha_{EA}(T - 20)]; \quad (2.64)$$

$$C_A = \frac{C_{A20}}{[1 + \alpha_{CA}(T - 20)]}; \quad (2.65)$$

$$R_A = R_{A20}[1 + \alpha_{RA}(T - 20)]; \quad (2.66)$$

$$\gamma_A = \gamma_{A20} + \alpha_{\gamma A}(T - 20). \quad (2.67)$$

სადაც: $\alpha_{EA}, \alpha_{CA}, \alpha_{RA}, \alpha_{\gamma A}$ – შესაბამისად აკუმულატორთა ბატარეის, ელექტრომომოდრავებელი ძალის, ტევადობის, შიგა წინაღობის და ელექტროლიტის სიმკვრივის ტემპერატურული კოეფიციენტებია. შემოვიღოთ აღნიშვნა $K_{xA} = \alpha_{xA} \cdot (T - 20)$, მაშინ (2,64÷2,67) ფორმულები ჩაიწერება შემდეგი ფორმით.

$$E_A = E_{A20} \cdot (1 + K_{EA}), \quad (2.68)$$

$$C_A = \frac{C_{A20}}{1 + K_{CA}}, \quad (2.69)$$

$$R_A = R_{A20} \cdot (1 + K_{RA}), \quad (2.70)$$

$$\gamma_A = \gamma_{A20} - K_{\gamma A}. \quad (2.71)$$

ამ განტოლებათა სისტემის მახასიათებლების გათვალისწინება აუცილებელია ენერგობალანსის გაანგარიშებისას, განსაკუთრებით ლუწი ზეციკლის პერიოდში.

თეორიული შედეგებიდან გამომდინარე, საშუალება გვეძლევა გამოვთვალოთ აკუმულატორთა ბატარეას ტემპერატურული კოეფიციენტები გარკვეული ტემპერატურულ ზღვრებში. რადგან ტემპერატურის ცვლილება ხდება რიცხობრივად როგორც ტემპერატურის ცვლილებისას, ისე აკუმულატორთა ბატარეას სხვა პარამეტრის ცვლილებისას. ამიტომ გარკვეული მიახლოებით გამოვთვლით ტემპერატურულ კოეფიციენტებს. მივიღოთ რომ ტემპერატურული გავლენა წრფივია და აკუმულატორთა ბატარეა დამუხტულია ბოლომდე, ხოლო ტემპერატურის გადახრა $\pm 30^\circ\text{C}$ -ის საზღვრებშია.

აკუმულატორთა ბატარეას კერძო პარამეტრის ტემპერატურული კოეფიციენტი რიცხობრივად წარმოადგენს, გარემო ტემპერატურის 1°C -ით ცვლილების დროს ამ პარამეტრის ცვლილებას. ელექტროლიტური დისოციაციის თეორიიდან გამომდინარე და აკუმულატორთა ბატარეას ელექტროქიმიური მონაცემების საფუძველზე, (2.64) და (2.67) ფორმულების გათვალისწინებით გვექნება.

$$\alpha_{\gamma A} = \frac{\gamma_A - \gamma_{A20}}{T - 20} = E_A - E_{A20} = \frac{-2,3R}{F} \cdot \lg \frac{a_{H_2SO_4}}{a_{H_2O}} \approx -0,007 \left(\frac{1}{^\circ\text{C}} \right). \quad (2.72)$$

აკუმულატორთა ბატარეას სხვა დანარჩენი ტემპერატურული კოეფიციენტი, გამოითვლება ($\alpha_{A\gamma}$) ელექტროლიტის ტემპერატურული კოეფიციენტის დახმარებით.

მაზვის ტემპერატურული კოეფიციენტის გამოთვლისას ვსარგებლობთ შემდეგი დამოკიდებულებით.

$$\alpha_{EA} = \frac{E_A - E_{A20}}{E_{A20}(T - 20)} = \frac{\alpha_{\gamma A}}{0,84 + \gamma_{A20} + \alpha_{\gamma A}} \approx -0,00334 \left(\frac{1}{^\circ C} \right), \quad (2.73)$$

სადაც: $\gamma_{A20} = 1,25$ ტ/მ³ – ელექტროლიტის სიმკვრივეა ზომიერი სარტყელის პირობებში, აკუმულატორთა ბატარეას სრულად დამუხტვის დროს. ელექტროლიტის ტემპერატურული კოეფიციენტის გამოთვლისას ვსარგებლობთ დამოკიდებულებით $E_A = I_d R_d + I_d R_A$. (2.64) და (2.66) ფორმულების დახმარებით მივიღებთ.

$$\alpha_{RA} = \frac{R_A - R_{A20}}{R_{A20}(T - 20)} = \frac{\alpha_{\gamma A}}{\gamma_{A20} - 0,84} \approx -0,01707 \left(\frac{1}{^\circ C} \right), \quad (2.74)$$

ხოლო ტევადობის ტემპერატურული კოეფიციენტის გამოსათვლელად ვსარგებლობთ ემპირიული დამოკიდებულებით (1.19) და (2.66) ფორმულით.

$$\alpha_{CA} = \frac{C_A - C_{A20}}{C_{A20}(T - 20)} \approx -0,0208 \left(\frac{1}{^\circ C} \right). \quad (2.75)$$

ტემპერატურული კოეფიციენტების დადგენა საშუალებას გვაძლევს, ენერგობალანსის ფორმულაში გავითვალისწინოთ აკუმულატორთა ბატარეას პარამეტრების ტემპერატურული მახასიათებლები და ამით უფრო დავაზუსტოთ თეორიული კვლევის შედეგები, განსაკუთრებით ლუწი ზეციკლის, მიკროციკლების გაანგარიშებისას.

რაც შეეხება გენერატორზე მოქმედ ტემპერატურულ გავლენას. მისი ზემოქმედება უმნიშვნელოა, რადგან ტემპერატურული ცვლილება, მოქმედებს მხოლოდ გენერატორის აძვრის პროცესში, სანამ იგი დაიწყებს ელექტროენერჯის გამომუშავებას. ხოლო შემდგომ მისი მუშა ტემპერატურა მერყეობს 60 ± 90 °C–ის ფარგლებში. ამ ტემპერატურის დიაპაზონში გენერატორის გამომავალი ძაბვის ცვლილება ტემპერატურაზე ძალზედ უმნიშვნელოა. ამიტომ გენერატორის გამომავალი ძაბვის ტემპერატურაზე დამოკიდებულების საკითხი აღნიშნულ ნაშრომში არ განიხილება.

მიღებული გარეგანი შემაშფოთებელი ფაქტორები წარმოადგენს საანგარიშო სისტემისათვის საწყის პირობებს. ეს პირობები მიღებულია სტატისტიკური კვლევების შედეგად, როგორც კონსტრუქციულ მახასიათებლებზე დაყრდნობით, ასევე წინასწარი თეორიული მონაცემების და ექსპერიმენტალური კვლევების საფუძველზე.

2.6. თეორიული კვლევის შედეგები

2.6.1. დადებითი ენერგობალანსის არსებობის აუცილებელი პირობა, ოპტიმალური საშუალო სიჩქარის განსაზღვრა

დადებითი ენერგობალანსის აუცილებელ პირობას წარმოადგენს დამუხტვის დენის ძალის I_{Ad} მნიშვნელობის არსებობა მიკროციკლების პერიოდებში,

$$0 \leq I_{Ad} \leq \frac{1}{3} C_{A20}. \quad (2.76)$$

გაანგარიშებას ვაწარმოებთ სასაზღვრო პირობებით, ცალკეული მიკროციკლების დროს და სატრანსპორტო საშუალების ტიპის მიხედვით. სასაზღვრო პირობებად მივიღოთ, მინიმუმის და მაქსიმუმის პირობები: 1) მინიმუმის პირობა, როცა გენერატორი უზრუნველყოფს ელექტროენერჯის მომხმარებლების ელექტროენერჯით მომარაგებას, მაგრამ ვერ უზრუნველყოფს აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვას და $I_{Ad} = 0$. 2) მაქსიმუმის პირობა, როდესაც გენერატორი. მომხმარებლების ელექტროენერჯით მომარაგებასთან ერთად, უზრუნველყოფს აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვას, იმპულსური დენის ძალის, მაქსიმალური სიდიდით და $I_{Ad} = \frac{1}{3} C_{A20}$. ორივე პირობა წარმოადგენს გენერატორის როტორის ოპტიმალური ბრუნთა რიცხვის დიაპაზონს, დადებითი ენერგობალანსის არსებობის შესაძლებლობით. ხოლო მაქსიმუმის პირობა გვადლევს საშუალებას აკუმულატორთა ბატარეა დავმუხტოთ მაქსიმალური დენის ძალის მნიშვნელობით. სწორედ მაქსიმუმის პირობა წარმოადგენს, სატრანსპორტო საშუალების მოძრაობის სიჩქარის ოპტიმალურ მინიმუმს.

გენერატორის როტორის ოპტიმალური ბრუნთა რიცხვის განსაზღვრისათვის. ვისარგებლოთ სიმძლავრის ბალანსის (2.33) და (2.34) ფორმულებით. საიდანაც მივიღებთ:

$$n_G = n_x \cdot \left[1 - \ln \left(1 - \frac{P_{RE} + P_a + P_{m1} + P_{m2} + P_{Ad}}{U_G \cdot I_{Gmax}} \right) \right]. \quad (2.77)$$

საწყის პირობებად მივიღოთ: $P_{RE} = U_{RE} \cdot I_{RE}$ უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის, მართვის სისტემის მიერ მოხმარებული სიმძლავრე. $P_a = U_a \cdot I_{amax}$ გენერატორის

აღზნების ხვის მიერ მოხმარებული მაქსიმალური სიმძლავრე. ხოლო P_{m1} და P_{m2} სიმძლავრის სტატისტიკური მონაცემები მოცემულია დანართი 1-ში. ხოლო $I_{G \max}$ მნიშვნელობები სატრანსპორტო საშუალების ტიპის და კლასის მიხედვით მოცემულია ცხრილი 32. და ცხრილი 33-ში დანართი -2.

(2.13) და (2.14) ფორმულების საშუალებით გამოვსახოთ აკუმულატორთა ბატარეის დამუხტვის დენის ძალის სიდიდის საშუალო მნიშვნელობა, იმპულსური დამუხტვის რეჟიმის დროს.

$$I_{Ads} = \frac{I_{Ad}\tau_{Ad} - I_{Ag}\tau_{Ag}}{\tau_{Ad} + \tau_{Ag} + \tau_{Ap}} = 0.754I_{Ad}, \quad (2.78)$$

სადაც: I_{Ad} - დამუხტვის დენის ძალაა დამუხტვის τ_{Ad} დროის შუალედში. ხოლო აკუმულატორთა ბატარეის დამუხტვის სიმძლავრე გამოისახება განტოლებით.

$$P_{Ad} = U_{Ad} \cdot I_{Ads} = 0.754 \cdot U_{Ad} \cdot I_{Ad} \cdot \eta_{Ad}, \quad (2.79)$$

სადაც: $\eta_{Ad} = 0.93$ დამუხტვის სქემის მ.ქ.კ.-ია სიმძლავრის მიხედვით, დამუხტვის სქემის ძაბვა დამატების კასკადთან ერთად (თავი 3). თავის მხრივ დამუხტვის დენის ძალის I_{Ad} სიდიდე დამოკიდებულია, გენერატორის მიერ გაცემული დენის ძალის სიდიდეზე, რომელიც ხმარდება აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვას. ლუწი ზეციკლის მიკროციკლებში, სიჩქარის გაანგარიშებისას გავითვალისწინოთ ტემპერატურული ზემოქმედების გავლენა აკუმულატორთა ბატარეასათვის, რომლებიც განისაზღვრება (2.64) და (2.65) ფორმულებით. ამიტო გენერატორის როტორის ბრუნთა რიცხვის განმსაზღვრელი ფორმულა მიიღებს სახეს.

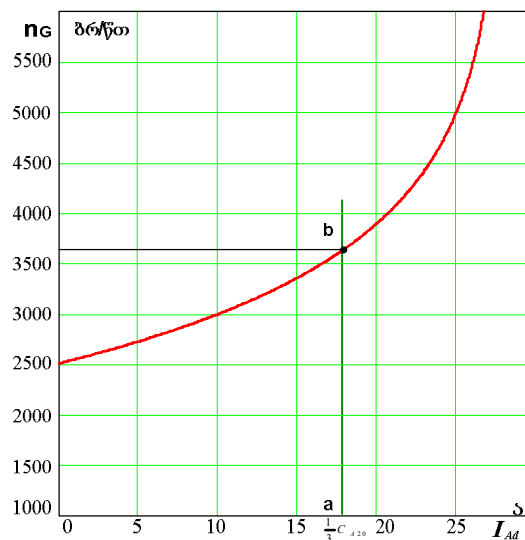
$$n_G = n_x \cdot \left[1 - \ln \left(1 - \frac{U_{RE} \cdot I_{RE} + U_a \cdot I_{a \max} + P_{m1} + P_{m2} + 0.701 \cdot U_{Ad20} \cdot I_{Ad} [1 + \alpha_{EA} \cdot (T - 20)]}{U_G \cdot I_{G \max}} \right) \right] \quad (2.80)$$

ძირითადი სტატისტიკური მონაცემების გათვალისწინებით, რომლებიც მოცემულია დანართი 1-ში მივიღებთ, სხვადასხვა ტიპის და კლასის სატრანსპორტო საშუალებების, გენერატორების ოპტიმალური ბრუნთა რიცხვის დიაპაზონს. რომლის მონაცემებიც მოცემულია ცხრილი 34-ში (დანართი 2). გენერატორის როტორის ბრუნთა რიცხვის დამოკიდებულება აკუმულატორთა ბატარეას დასამუხტ ძაბვაზე, მსუბუქი ავტომობილებისათვის ლუწი ზეციკლის ლუწ მიკროციკლში, მოცემულია ნახ. 12-ზე. სადაც ნაჩვენებია გენერატორის როტორის ბრუნთა რიცხვის დიაპაზონი

აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის შესაძლებლობით, მსუბუქი ავტომობილების ექსპლუატაციისას ამ მიკროციკლში, სადაც დამუხტვის დენის ძალა განისაზღვრება (2.76) პირობით.

სატრანსპორტო საშუალების ოპტიმალური სიჩქარის განსაზღვრისათვის, მიკროციკლების პერიოდებში, ვისარგებლოთ გენერატორის როტორის ოპტიმალური ბრუნთა რიცხვის განმსაზღვრელი ფორმულით (2.80), სადაც (2.48) ფორმულის გათვალისწინებით, ვამყარებთ დამოკიდებულებას სატრანსპორტო საშუალების სიჩქარესა და ენერგობალანსს შორის. აქედან სატრანსპორტო საშუალების სიჩქარის საანგარიშო ფორმულის საბოლოო სახე იქნება.

$$v_a = \frac{n_x \cdot \left[1 - \ln \left(1 - \frac{U_{RE} \cdot I_{RE} + U_a \cdot I_{a \max} + P_{m1} + P_{m2} + 0.701 \cdot U_{Ad20} \cdot I_{Ad} [1 + \alpha_{EA} \cdot (T - 20)]}{U_G \cdot I_{G \max}} \right) \right]}{K_{Gv}} \quad (2.81)$$

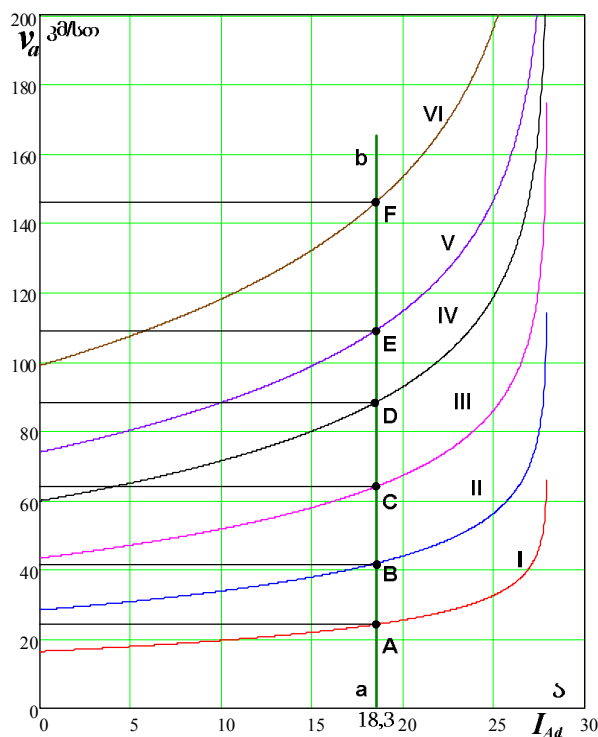


ნახ. 12. გენერატორის როტორის ბრუნთა რიცხვის დამოკიდებულება აკუმულატორთა ბატარეას დასამუხტ ძაბვაზე.

სტატისტიკური მონაცემების საფუძველზე, გაანგარიშებით მიღებული მონაცემები, მინიმუმის და მაქსიმუმის პირობებით, შეტანილია ცხრილი 35-ში დანართი-2. სადაც მოცემულია სატრანსპორტო საშუალებების კალასის და ტიპის მიხედვით ოპტიმალური სიჩქარის დიაპაზონი, ელექტრომომარაგების სისტემაში დადებითი ენერგობალანსის არსებობის აუცილებელი პირობით. გრაფიკულად აკუმულატორთა ბატარეას დასამუხტი დენის ძალის დამოკიდებულება, სატრანსპორტო საშუალების სიჩქარეზე,

გადაცემათა კოლოფის საფეხურების მიხედვით გამოსახულია ნახ. 13-ზე. სადაც მოცემულია, მსუბუქი ავტომობილების მოძრაობის სიჩქარის დიაპაზონი, ლუწი ზეციკლის. ლუწი მიკროციკლში t_{M22} დროის შუალედში.

გრაფიკზე „ab“ მონაკვეთის მარცხენა მხარე წარმოადგენს, აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის შესაძლებლობას ნორმირებული დენის ძალით, რა დენის ძალაც არ ესაჭიროება ელექტრულ ქსელს. გენერატორი ამ დროს გამოიმუშავებს შესაძლო მაქსიმალურ სიმძლავრეს და აღზნების დენის ძალის მნიშვნელობა მაქსიმალურია. ოპტიმალური საშუალო სიჩქარეს გადაცემათა კოლოფის ცალკეულ საფეხურზე შეესაბამება „ab“ მონაკვეთის, გადაცემათა კოლოფის საფეხურების გრაფიკებთან, გადაკვეთის (A,B,C,D,E,F) წერტილების შესაბამისი სიჩქარეები.



ნახ. 13. მსუბუქი ავტომობილების მოძრაობის სიჩქარის დიაპაზონი, დადებითი ენერგობალანსის არსებობის პირობებში t_{M22} მიკროციკლში. 6-CT-55 ტიპის აკუმულატორთა ბატარეათი.

დიაგრამაზე გრაფიკების „ab“ მონაკვეთთან გადაკვეთის წერტილების, მარჯვენა მხარე ჩვენ შემთხვევაში წარმოადგენს თეორიულ ვარიანტს. რადგან აკუმულატორთა ბატარეას დასამუხტი დენის ძალის კონტროლის შემთხვევაში. დიაგრამა გრძელდება

„ab“ მონაკვეთის გასწვრივ. ამ პროცესის დროს საქმეში ერთვება ძაბვის რეგულიატორი და გენერატორი დაიწყებს დენის ძალის გაცემის შეზღუდვას. იგი გასცემს ზუსტად იმ რაოდენობის ელექტროენერგიას რაც საჭიროა ელექტრული ქსელის ელექტროენერგიით მომარაგებისათვის და აკუმულატორთა ბატარეას ფიქსირებული დენის ძალით დასამუხტად. ე. ი. სატრანსპორტო საშუალების მოძრაობის სიჩქარის შემდგომი ზრდა, მოცემული გადაცემის საფეხურის დროს, არ იწვევს დამუხტვის დენის ძალის გაზრდას.

არსებულ სისტემებში სადაც არ კონტროლდება აკუმულატორთა ბატარეას დასამუხტი დენის ძალის სიდიდე, გრაფიკიდან ვხედავთ რომ, სატრანსპორტო საშუალების სიჩქარის მომატებასთან ერთად, იზრდება აკუმულატორთა ბატარეას დასამუხტი დენის ძალის სიდიდეც. რომელმაც მოცემული აკუმულატორთა ბატარეისათვის, კონკრეტულ პირობებში შესაძლებელია მიაღწიოს საშიშ ნიშნულამდე. მაგალითად: სტარტერით შიგაწვის ძრავის გაშვების შემდეგ, საკმარისზე მეტად განმუხტულ აკუმულატორთა ბატარეას, მიეწოდება დასამუხტი დენის ძალის მაქსიმალური მნიშვნელობა, რაც დამლუპველად მოქმედებს აკუმულატორთა ბატარეას მახასიათებლებზე.

ცხრილი 35-ის მონაცემების მიხედვით მივიღეთ საერთო რეკომენდაციები სატრანსპორტო საშუალების მოძრაობის ოპტიმალური საშუალო სიჩქარის შესახებ, აკუმულატორთა ბატარეის $\frac{1}{3} \cdot C_{A20}$ დენის ძალით დამუხტვის შესაძლებლობით. საიდანაც ცხრილი 36-ში მოცემულია რეკომენდირებული ოპტიმალური საშუალო სიჩქარის მნიშვნელობები, სხვადასხვა სატრანსპორტო საშუალების ტიპისათვის. მიღებული საშუალო სიჩქარეები წარმოადგენს, რეკომენდირებულ სიჩქარეს, მოცემული სატრანსპორტო საშუალებისათვის, საგზაო პირობების, მიკროციკლის მახასიათებლის და გადაცემათა კოლოფის გადაცემის რიცხვის მიხედვით. ხოლო ცხრილი 37-ში მოცემული საშუალო სიჩქარეები წარმოადგენს, მიკროციკლის პერიოდში რეკომენდირებულ საშუალო სიჩქარეს, მოცემული სატრანსპორტო საშუალებისათვის, საგზაო პირობების, მიკროციკლის მახასიათებლის და დანიშნულების მიხედვით. რომელსაც ვანგარიშობთ (2.50) ფორმულით.

ამრიგად მივიღეთ, სატრანსპორტო საშუალების მოძრაობის საშუალო სიჩქარის რეკომენდაცია, როგორც გადაცემათა კოლოფის ცალკეული საფეხურების მიხედვით, ასევე მიკროციკლის მახასიათებელზე დამოკიდებულებით, მოძრაობის ზოგადი საშუალო სიჩქარე მიკროციკლის დროს.

2.6.2. აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის ოპტიმალური დროის შუალედის განსაზღვრა

მიკროციკლის ოპტიმალური დროის მინიმუმს წარმოადგენს, დროის ის პერიოდი როდესაც აკუმულატორთა ბატარეა აღიდგენს თავის ტევადობას ნომინალურ ნიშნულამდე. ამ დროის პერიოდში აუცილებელია სატრანსპორტო საშუალება მოძრაობდეს რეკომენდირებული საშუალო სიჩქარით, რომლის დროსაც სრულდება პირობა $I_{Ad} = \frac{1}{3} C_{A20}$. მიკროციკლის დასაწყისში, აკუმულატორთა ბატარეას განმუხტულობის ხარისხი განისაზღვრება, აკუმულატორთა ბატარეას მიერ შიგაწვის მრავის გაშვებაზე დახარჯული ენერჯის რაოდენობით. განმუხტულობის ხარისხის აღდგენა არის უმთავრესი ამოცანა მიკროციკლის პერიოდში.

მიკროციკლის ოპტიმალური დროის შუალედის შეფასებისათვის ვისარგებლოთ ენერგობალანსის ფორმულით (2.37), რომელშიდაც სატრანსპორტო საშუალების მოძრაობის ინტენსივობის (I_{Mi}) და (2.62) ფორმულის გათვალისწინებით მივიღებთ:

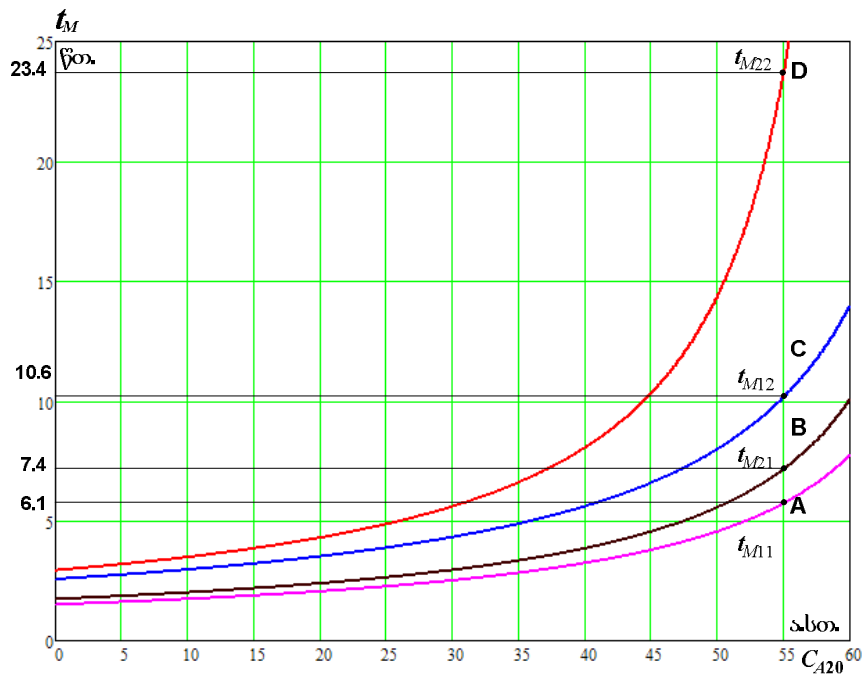
$$P_G t_{Mi} I_{Mi} + P_{Gts} t_{Mi} (1 - I_{Mi}) + P_{Ag} t_{Mi} (1 - I_{Mi}) = P_{RE} t_{Mi} + P_a t_{Mi} + P_{Ad} t_{Mi} I_{Mi} + P_{m1} t_{Mi} + P_{m2} t_{Mi} + \frac{i_{sti}}{60} (\tau_{st1} P_{st1} + \tau_{st2} P_{st2} + \tau_{st3} P_{st3}) \quad (2.82)$$

მიღებულ ფორმულაში გავითვალისწინოთ: საწყისი პირობები გვ.-97, (2.80) ფორმულა და დანართი 2-ში მოცემული ცხრილების სტატისტიკური პარამეტრები. მიღებულ ფორმულაში აგრეთვე გავითვალისწინოთ (2.64) და (2.65) ფორმულებით გამოსახული ტემპერატურული ზემოქმედების მახასიათებელი. მიკროციკლის ოპტიმალური დროის მინიმუმის გამოსათვლელი ფორმულა მიიღებს სახეს:

$$t_{Mi} = \frac{i_{sti} \cdot (\tau_{st1} \cdot P_{st1} + \tau_{st2} \cdot P_{st2} + \tau_{st3} \cdot P_{st3})}{60t_{Mi} \left[U_G I_{G \max} \left(1 - e^{-\frac{n_x - n_G}{n_x}} \right) - U_{RE} I_{RE} - U_a I_{a \max} - P_{m1} - P_{m2} - 0.701 U_{Ad20} I_{Ad} (1 + \alpha_{EA} [T - 20]) \right]} \quad (2.83)$$

მიკროციკლის მინიმალური დრო დამოკიდებულია, როგორც გენერატორის როტორის ბრუნთა რიცხვზე, ასევე მომხმარებლების და სტარტერის მიერ მოხმარებული ელექტროენერჯის მნიშვნელობაზე. (2.83) ფორმულაში აკუმულატორთა ბატარეას ტევადობის გათვალისწინებით მივიღებთ, აკუმულატორთა ბატარეას ტევადობის დამოკიდებულებას მიკროციკლის დროის შუალედთან მიმართებაში.

$$t_{Mi} = \frac{i_{sti} \cdot (\tau_{st1} \cdot P_{st1} + \tau_{st2} \cdot P_{st2} + \tau_{st3} \cdot P_{st3})}{60t_{Mi} \left[U_G I_{G \max} \left(1 - e^{-\frac{n_x - n_G}{n_x}} \right) - U_{RE} I_{RE} - U_a I_{a \max} - P_{m1} - P_{m2} - 0.701 U_{Ad20} \cdot \frac{1}{3} \cdot C_{A20} (1 + \alpha_{EA} [T - 20]) \right]} \quad (2.84)$$



ნახ. 14. მიკროციკლის ოპტიმალური დროის მინიმუმი მსუბუქი ავტომობილებისათვის, აკუმულატორთა ბატარეას მაქსიმალური დენის ძალით დამუხტვის შესაძლებლობით.

გრაფიკულად მოცემული პირობა, მსუბუქი ავტომობილებისათვის სხვადასხვა მიკროციკლის დროის შუალედში მოძრაობისას მოცემულია ნახ. 14-ზე. A;B;C და D

წერტილები შეესაბამება ნახაზზე მითითებული მიკროციკლების მინიმალური დროის ნიშნულს, როცა აკუმულატორთა ბატარეა მაქსიმალურად არის დამუხტული. ამ შემთხვევაში თეორიული კვლევა ჩავატარეთ, 6-CT-55 ტიპის აკუმულატორთა ბატარეათი აღჭურვილი მსუბუქი ავტომობილისათვის.

თეორიული კვლევის შედეგებით მიღებული მიკროციკლის რეკომენდირებული მინიმალური დროის შუალედები, სატრანსპორტო საშუალების კლასის და ტიპის მიხედვით მოცემულია დანართი 2-ში. მონაცემები მოცემულია სასაზღვრო პირობების მიხედვით, შესაძლო მაქსიმალური დატვირთვის გათვალისწინებით, ცალკეული მიკროციკლის პირობებში. სწორედ მიკროციკლის ეს დროის შუალედები წარმოადგენენ, მიკროციკლების რეკომენდირებულ მინიმალურ დროის შუალედებს.

მიკროციკლის ოპტიმალური დროის მაქსიმუმის პირობა არ არის რეგლამენტირებული და ის დამოკიდებულია სატრანსპორტო საშუალების საექსპლუატაციო მახასიათებლებზე. მიკროციკლის დროის შუალედის შემდგომი ზრდა იწვევს აკუმულატორთა ბატარეას გადასვლას შენახვის რეჟიმში. რაც უფრო მეტი დროით გაგრძელდება ამ პირობებით მიკროციკლის დროის ხანგრძლივობა, მით უფრო მეტი დროის განმავლობაში დარჩება აკუმულატორთა ბატარეა შენახვის რეჟიმში. რაც საგრძნობლად აუმჯობესებს როგორც აკუმულატორთა ბატარეას საექსპლუატაციო რესურსს ასევე მის ხანგამძლეობას.

2.6.3. ელექტრომომარაგების სისტემის ენერგოეფექტურობის და ხანგამძლეობის შეფასება

ელექტრომომარაგების სისტემის ენერგოეფექტურობის და ხანგამძლეობის შეფასებისათვის განვიხილოთ, არსებული და ჩვენს მიერ შემუშავებული ელექტრომომარაგების სისტემები. საწყის პირობებად მივიღოთ: სისტემათა ტექნიკური იდენტურობა განსხვავებული ძაბვის რეგულიატორებით, ერთნაირი მიკროციკლის პირობებით და მასზე მოქმედი ერთნაირი გარეგანი შემაშფოებელი ზემოქმედებებით. საექსპლუატაციო პირობების განსხვავებებად მივიღოთ ის, რომ არსებულ სისტემაზე არ მოქმედებს ჩვენს მიერ შემუშავებული არც ერთი ენერგოეფექტურობის კრიტერიუმი,

ხოლო ახალ ისტემაზე მოქმედებს ყველა ის კრიტერიუმი რომლებიც აუმჯობესებს სისტემის ენერგოეფექტურობას და ხანგამძლეობას. სისტემების შედარებითი დახასიათებისათვის აუცილებელია, გავითვალისწინოთ (2.6.1.) და (2.6.2.) პარაგრაფებში მიღებული რეკომენდაციები. ამ რეკომენდაციების მაქსიმალურად დაცვის პირობებში განვიხილოთ სისტემის ენერგოეფექტურობის შედარება არსებულ სისტემებთან.

ენერგოეფექტურობის გაზრდის წინაპირობას წარმოადგენს, აკუმულატორთა ბატარეა შენახვის რეჟიმის დროის გაზრდა, რომელიც მიიღწევა მიკროციკლის მინიმალური დროის გაზრდით. რაც უფრო დიდხანს გრძელდება მიკროციკლის დრო, იმ მინიმალური დროის ზღვართან მიმართებაში, რომლის დროსაც აკუმულატორთა ბატარეა აღიდგენს თავის ტევადობას. მით უფრო მეტად ენერგოეფექტურია სისტემა და მით უფრო დიდხანს რჩება აკუმულატორთა ბატარეა დამუხტულ მდგომარეობაში. მიკროციკლის მინიმალური დროის ზრდის მაჩვენებელი შეიძლება წარმოვადგინოთ ფარდობითი სიდიდით, რომელიც გამოისახება ფორმულით

$$N = \frac{t_{Mi}}{t_{Mi \min}}. \quad (2.85)$$

ჩვენს მიერ შემუშავებულ ელექტრომომარაგების სისტემაში, მიკროციკლის დროის შუალედის შემდგომი ზრდა იწვევს აკუმულატორთა ბატარეას გადასვლას შენახვის რეჟიმში. ენერგობალანსის განტოლება (2.82) და (2.85) ფორმულების საფუძველზე ჩაიწერება შემდეგი სახით.

$$\begin{aligned} P_G t_{Mi \min} t_{Mi} N + P_{Gts} t_{Mi \min} N(1 - t_{Mi}) + P_{Ag} t_{Mi \min} N(1 - t_{Mi}) = P_{RE} t_{Mi \min} N + \\ + P_a t_{Mi \min} N + P_{Ad} t_{Mi \min} t_{Mi} + P_{m1} t_{Mi \min} N + P_{m2} t_{Mi \min} N + P_{m3} \end{aligned} \quad (2.86)$$

არსებულ სისტემებში არ გამოიყენება ენერგოეფექტურობის გაზრდის კრიტერიუმები და ექსპლუატაციის პერიოდში აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის დასრულების მომენტიდან, გენერატორის აღზენების ხვიას შეუწყდება აღზენების დენის ძალა. ამ მომენტიდან ელექტროენერჯის მომხმარებლების ელექტროენერჯით მომარაგებას უზრუნველყოფს აკუმულატორთა ბატარეა, მის გარკვეულ ზღვარზე განმუხტვამდე. შემდეგ გენერატორის აღზენების ხვიას, კვლავ აღუდგება დენის ძალის მიწოდება და გენერატორი უზრუნველყოფს ელექტროენერჯის მომხმარებლების ელექტრომომარაგებას და აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვას. ამიტომ არსებულ სისტემებში გენერატორის და აკუმულატორთა ბატარეას ერთობლივი მუშაობა,

დადებითი ენერგობალანსის შემთხვევაში, განვიხილოთ როგორც გარკვეული პერიოდის ციკლირების პროცესი, მიკროციკლის დროსთან მიმართებაში.

გენერატორის და აკუმულატორთა ბატარეას ციკლირების პროცესი წარმოვადგინოთ, აკუმულატორთა ბატარეას (ζ_A) და გენერატორის (ζ_G) მიკროციკლის პერიოდში სისტემაში ჩართვის ალბათობების სახით. თეორიული კვლევების და პრაქტიკული სტატისტიკური ანალიზის საფუძველზე მივიღეთ ჩართვის ალბათობების საშუალო მნიშვნელობები მიკროციკლის დროის მახასიათებლების მიხედვით, რომელთა რიცხვითი მონაცემები მოცემულია ცხრილი 31 (გვ. 200. დანართი 2). ამ მახასიათებლების და დანარჩენი ფაქტორების გათვალისწინებით არსებული სისტემებისათვის ენერგობალანსის განტოლება წარმოდგება შემდეგი ფორმით.

$$\begin{aligned} P_G' t_{Mi \min} t_{Mi} N \zeta_G + P_{Gts} t_{Mi \min} N(1-t_{Mi}) + P_{Ag} t_{Mi \min} N(1-t_{Mi}) + P_{Ag} t_{Mi \min} t_{Mi} N \zeta_A = \\ = P_{RE} t_{Mi \min} N + P_a t_{Mi \min} N \zeta_G + P_{Ad} t_{Mi \min} t_{Mi} N \zeta_G + P_{m1} t_{Mi \min} N + P_{m2} t_{Mi \min} N + P_{m3} \end{aligned} \quad (2.87)$$

მიღებული ენერგობალანსის ფორმულებიდან (2.86) და (2.87), განვსაზღვროთ გენერატორის მიერ გაცემული ენერგიის მნიშვნელობა მიკროციკლის პერიოდში. სადაც (2.30) და (2.31) ფორმულების გათვალისწინებით, ახალი ელექტრომომარაგების სისტემისათვის მივიღებთ.

$$W_G = P_{Ad} t_{Mi \min} t_{Mi} + t_{Mi \min} t_{Mi} N (P_{RE} + P_a + P_{m1} + P_{m2}) + P_{m3}, \quad (2.88)$$

ხოლო არსებული ელექტრომომარაგების სისტემისათვის გვექნება.

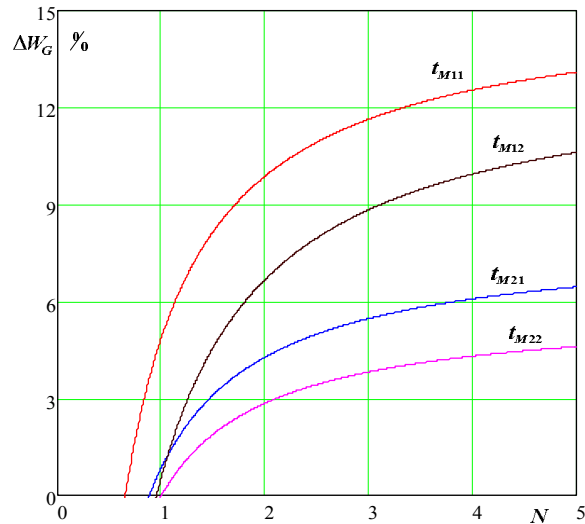
$$W_G' = P_{Ad} t_{Mi \min} t_{Mi} N \zeta_G + t_{Mi \min} t_{Mi} N \zeta_G (P_{RE} + P_{m1} + P_{m2}) + P_a t_{Mi \min} N (t_{Mi} + \zeta_G - 1) + P_{m3}. \quad (2.89)$$

ჩვენს მიერ შემუშავებული ელექტრომომარაგების სისტემის ენერგოეფექტურობა შევაფასოთ, გენერატორის მიერ გაცემული ელექტროენერგიის ფარდობითი მნიშვნელობით %-ში, არსებულ ელექტრომომარაგების სისტემებთან მიმართებაში. ენერგოეფექტურობის ზრდის მაჩვენებელი, გენერატორის მიერ გაცემული ელექტროენერგიის მიხედვით გამოისახება ფორმულით.

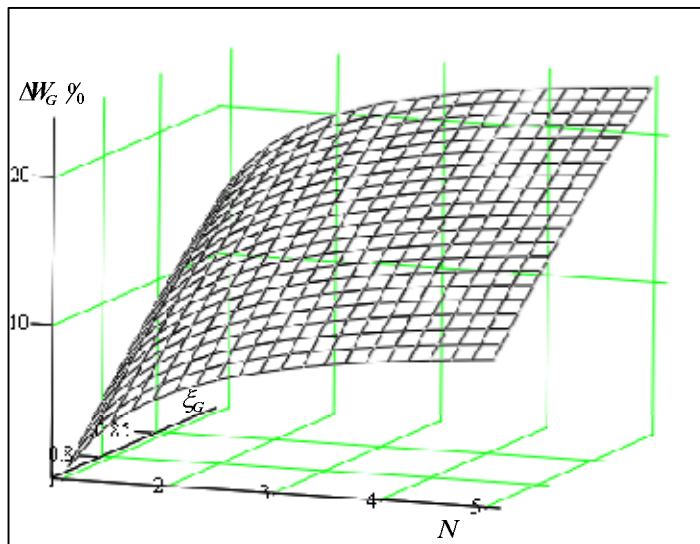
$$\Delta W_G = \frac{W_G' - W_G}{W_G} \cdot 100\%. \quad (2.90)$$

ელექტრომომარაგების სისტემის ენერგოეფექტურობის ზრდის მაჩვენებელი დამოკიდებულია საექსპლუატაციო რეკომენდაციების დაცვის ხარისხზე და მიკროციკლის დროის ფარდობით მაჩვენებელზე. ენერგოეფექტურობის ზრდის

მაჩვენებლის მნიშვნელობების დიაგრამები %-ში, მსუბუქი ავტომობილებისათვის, მოცემულია ნახ. 15-ზე. სადაც განხილულია, არსებულ სისტემებთან შედარებით ახალი სისტემის ენერგოეფექტურობის მნიშვნელობები, მიკროციკლების მახასიათებლების და მიკროციკლის მინიმალური დროის ზრდის მაჩვენებლის მიხედვით.



ნახ. 15. ენერგოეფექტურობის ზრდის მაჩვენებლის მნიშვნელობები, მსუბუქი ავტომობილებისათვის.



ნახ. 16. ენერგოეფექტურობის ზრდის მაჩვენებლის $\Delta W_G(N, \xi_G)$ მნიშვნელობები, მსუბუქი ავტომობილებისათვის.

ნახ. 16-ზე მოცემულია ენერგოეფექტურობის ზრდის მაჩვენებლის $\Delta W_G(N, \xi_G)$ სივრცითი დიაგრამა %-ში, გენერატორის (ξ_G) ჩართვის ალბათობის და მიკროციკლის მინიმალური დროის ზრდის მაჩვენებელზე დამოკიდებულებით. ნახაზზე

განხილულია t_{M11} მიკროციკლის პერიოდის განმავლობაში ენერგოეფექტურობის ზრდის მაჩვენებელი, ახალი ელექტრომომარაგების სისტემის გამოყენებისას მსუბუქ ავტომობილებში,

სატრანსპორტო საშუალებებში ელექტრომომარაგების სისტემის ენერგოეფექტურობის ხარისხობრივი ზრდა ამცირებს ელექტროენერგიის მიღებაზე დახარჯული საწვავის რაოდენობას და ადგილი აქვს საწვავის ეკონომიას. საწვავის დანახარჯების შემცირების მაჩვენებელი გამოისახება განტოლებით.

$$\Delta m_G = \frac{m'_G - m_G}{m'_G} \cdot 100\%, \quad (2.91)$$

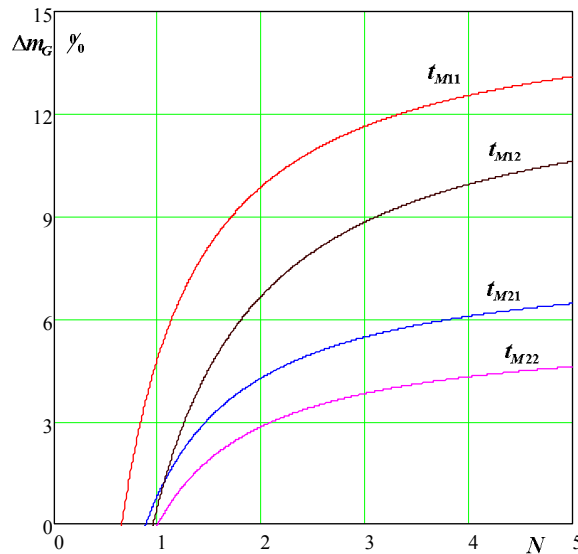
სადაც: m_G - გენერატორის მიერ. ელექტროენერგიის მიღებაზე დახარჯული საწვავის რაოდენობაა. ელექტროენერგიის მიღებაზე დახარჯული საწვავის ეკონომიურობის მაჩვენებელი %-ში, მიკროციკლის დროის ფარდობით მაჩვენებელზე დამოკიდებულებით ნაჩვენებია ნახ. 17-ზე. ეკონომიურობის მაჩვენებელი დიაგრამა მიღებულია იმ პირობით, რომ აკუმულატორთა ბატარეას მიერ გაცემული ენერგია დაყვანილია გენერატორის მიერ გაცემულ ენერგიის მაჩვენებლის მიხედვით, რადგან აკუმულატორთა ბატარეას მიერ გაცემული ენერგია, მიიღება გენერატორის მიერ აკუმულატორთა ბატარეის დამუხტვის შემდეგ, გარკვეული დანაკარგებით და აკუმულატორთა ბატარეას მ.ქ.კ.-ის გავლენით. ამ შემთხვევაშიც, მაგალითისათვის განვიხილეთ მსუბუქი ავტომობილების ექსპლუატაციის პირობები მიკროციკლების პერიოდში.

რეალურ პირობებში, საექსპლუატაციო პირობებიდან გამომდინარე გართულებულია რეკომენდაციების მაქსიმალური ხარისხით დაცვა. რეკომენდაციების დაცვის ხარისხის დამოკიდებულება ენერგოეფექტურობაზე აღიწერება მათემატიკური დამოკიდებულებით, რომელიც ამყარებს კავშირს რეკომენდაციების მაქსიმალურად (100%) დაცვის ხარისხსა და მაქსიმალურ ენერგოეფექტურობას შორის. ეს დამოკიდებულება გარკვეული მიახლოებით აღიწერება გამოსახულებით.

$$\Delta W_{GREAL} = \Delta W_G \cdot e^{\frac{x-100}{x}} ; \quad \Delta m_{GREAL} = \Delta m_G \cdot e^{\frac{x-100}{x}}, \quad (2.92)$$

სადაც, x სატრანსპორტო საშუალების ექსპლუატაციის პირობებში, მიღებული რეკომენდაციების დაცვის ხარისხია %-ში. (2.92) ფორმულით აღწერილი

მახასიათებლით, უფრო ზუსტად აღიწერება რეალურ პირობებში მიღებული, როგორც ენერგოეფექტურობის ასევე საწვავის ეკონომიურობის მაჩვენებელი.



ნახ. 17. ელექტროენერჯის მიღებაზე, საწვავის დანახარჯების შემცირების მაჩვენებელი მსუბუქი ავტომობილებისათვის.

გენერატორის ხანგამძლეობის შეფასებისათვის, გამოვიყენოთ გენერატორის ხანგამძლეობის გაზრდის ძირითადი კრიტერიუმები, რომლებიც ხელს უწყობენ გენერატორის ხანგამძლეობის გაუმჯობესებას (იხ. §2.1.1.). ამ კრიტერიუმებით მივიღეთ გენერატორის ექსპლუატაციის დროის ზრდა, მისი ტემპერატურული რეჟიმის და გამომავალი ძაბვის მნიშვნელობის მუდმივობის დაცვით. მაგრამ აქვე უნდა ავლნიშნოთ, ის რომ გენერატორის ხანგამძლეობაზე უარყოფითად მოქმედებს მისი ექსპლუატაციის ინტენსივობის ξ_G ზრდა არსებულ სისტემებთან შედარებით, სადაც $\xi_G < 1$ -ზე. არსებულ სისტემებთან მიმართებაში გენერატორის სამსახურის დრო გამოითვლება ფორმულით:

$$t_G = \frac{t_G'}{\xi_G}. \quad (2.93)$$

ამოცანის პირობას წარმოადგენს ენერგოეფექტურობის დადებითი და უარყოფითი კრიტერიუმების გავლენის შედეგად, გენერატორის ჯამური ხანგამძლეობის შეფასება. საერთო ჯამში გაიზრდება თუ შემცირდება გენერატორის საერთო ხანგამძლეობა ვიდრე არსებულ სისტემებში.

გენერატორის სამსახურის დროის ფარდობითი მაჩვენებელი %-ში, ტემპერატურული ზეგავლენის და გამომავალი ძაბვის მნიშვნელობის პირობებიდან გამომდინარე, გამოისახება განტოლებით.

$$\Delta t_G = \frac{\Delta t_{GT} + \Delta t_{GU}}{2(a_{GT} + a_{GU})}, \quad (2.94)$$

სადაც: $a_{GT} + a_{GU} = 1$ გენერატორის ტემპერატურული და გამომავალი ძაბვის მნიშვნელობის ზეგავლენის ალბათობებია ექსპლუატაციის პირობებში, Δt_{GT} და Δt_{GU} შესაბამისად გენერატორის ექსპლუატაციის დროის ფარდობითი მაჩვენებელია, რომელთა რიცხოვრივი მნიშვნელობები მოცემულია ცხრილი 2 და ცხრილი 3-ში.

მიღებული კრიტერიუმების, საშუალო სიჩქარისა და მიკროციკლის მინიმალური დროის რეკომენდაციების მაქსიმალურად დაცვის პირობებში, გენერატორის სამსახურის დროის ფარდობითი მაჩვენებელი მდებარეობს ზღვრებში $90\% \leq \Delta t_G \leq 112\%$.

მიკროციკლის მინიმალური დროის გაზრდით, იზრდება აკუმულატორთა ბატარეას შენახვის რეჟიმის დრო. აგრეთვე იზრდება აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვა განმუხტვის ციკლებს შორის დროის შუალედი. რაც საგრძნობლად ზრდის აკუმულატორთა ბატარეას სამსახურის დროს და მის ხანგამძლეობას. არსებულ სისტემებში აკუმულატორთა ბატარეას ექსპლუატაციისას მიკროციკლის პერიოდში, დამუხტვა-განმუხტვის ციკლების რაოდენობა დამოკიდებულია აკუმულატორთა ბატარეას ჩართვის ალბათობების მახასიათებელზე, ჩართვების მონაცვლეობის სიმრავლე ამცირებს აკუმულატორთა ბატარეას ხანგამძლეობას. შენახვის რეჟიმის ხარჯზე აკუმულატორთა ბატარეას ჩართვების ინტენსივობა მინიმუმამდეა დაყვანილი, რაც ნათლად აისახება აკუმულატორთა ბატარეას სამსახურის დროის გამოსათვლელ ფორმულებში (2.23) და (2.24). ექსპლუატაციის ინტენსივობის გათვალისწინებით აკუმულატორთა ბატარეას მთლიანი სამსახურის დრო კი გამოითვლება (2.25) ფორმულის საშუალებით, სადაც გათვალისწინებულია სატრანსპორტო საშუალების ექსპლუატაციის ინტენსივობის მახასიათებელიც. ამის საფუძველზე მივიღებთ:

$$T_A = \sum_{i=1}^{n_A} T_{cdgi} + \sum_{i=1}^{n_{A1}} t_{cdgi} + \sum_{i=1}^{n_H} t_{Mi \min} t_{Mi} (N - (1 \div 2.5)) + \sum_{i=1}^{n_m} N t_{Mi \min} (1 - t_{Mi}). \quad (2.95)$$

აკუმულატორთა ბატარეას ხანგამძლეობის შეფასება ექსპერიმენტალური კვლევის შედეგების გარეშე შეუძლებელია. რადგან მხოლოდ ექსპერიმენტის შედეგად არის შესაძლებელი, კონკრეტულ საექსპლუატაციო პირობებში განისაზღვროს: აკუმულატორთა ბატარეას სრული (T_{cdgi}) და ნაწილობრივი (t_{cdgi}) დამუხტვა-განმუხტვის ციკლების დროის მნიშვნელობები და მათი რაოდენობები (n_{A1}, n_H, n_m) მიკროციკლის დროის შუალედში. ექსპერიმენტის შედეგად, მიღებული საშუალო მნიშვნელობებით და (2.95) ფორმულის საშუალებით გამოვთვლება, აკუმულატორთა ბატარეას მთლიანი სამსახურის დრო, კონტრეტული სატრანსპორტო საშუალებისათვის, მოცემული ელექტრომომარაგების სისტემაში აკუმულატორთა ბატარეას ექსპლუატაციისას.

თეორიული კვლევების შედეგად დავადგინეთ, რომ სატრანსპორტო საშუალებების ექსპლუატაციისას, საშუალო სიჩქარისა და მიკროციკლის მინიმალური დროის რეკომენდაციების მნიშვნელობები, არ სცდება სატრანსპორტო საშუალების საექსპლუატაციო რეალურ პირობებს და ამ რეკომენდაციების დაცვა სავსებით შესაძლებელია. ხოლო ამ რეკომენდაციების დაცვის ხარისხის გაზრდა, აუმჯობესებს ელექტრომომარაგების სისტემის ენერგოეფექტურობას. რაც საშუალებას გვაძლევს დავზოგოთ საწვავი ელექტროენერჯის მიღებაზე და გავზარდოთ აკუმულატორთა ბატარეას და გენერატორის ხანგამძლეობა. ამასთან ერთად «შენახვის რეჟიმის» შემოღების შედეგად იზრდება აკუმულატორთა ბატარეას მთლიანი და ნაწილობრივი დამუხტვა-განმუხტვის ციკლებს შორის დროის შუალედები. რაც ზრდის აკუმულატორთა ბატარეას საექსპლუატაციო რესურსს. თავისუფალი სვლის და შენახვის რეჟიმების გამოყენება, სატრანსპორტო საშუალების ელექტრომომარაგების სისტემებში, საშუალებას გვაძლევს დავზოგოთ ელექტრომომარაგების სისტემის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯია. პრაქტიკული და თეორიული გამოთვლებით მიღებულია რომ, ასეთი რეჟიმების შემოღების შედეგად, სატრანსპორტო საშუალების ელექტრომოწყობილობის ექსპლუატაციისას ელექტროენერჯის ეკონომიამ შეადგინა $12 \div 15\%$, ხოლო აკუმულატორთა ბატარეას სამსახურის დრო გაიზარდა $2 \div 2,5$ -ჯერ [4;7].

2.7. მეორე თავის მოკლე დასკვნები

1. ელექტრომომარაგების სისტემის გენერატორების აღზნების დენის ძალის ოპტიმიზაციის მიზნით, გამოვიკვლიეთ „გენერატორის გადაცემის კოეფიციენტი ელექტრული სიმძლავრის მიხედვით“. კვლევის ანალიზის საფუძველზე მივიღეთ აღზნების დენის ძალის რეგულიატორის, „ტაქტური სიხშირის გენერატორის“ ოპტიმალური სიხშირის მნიშვნელობა. რომელის რეალიზაციის შედეგად, ადგილი აქვს ელექტროენერჯის დანაზოგს გენერატორის აღზნების წრედში, იზრდება გენერატორის ელექტრული მ.ქ.კ. და ენერგოეფექტურობა.
2. სატრანსპორტო საშუალების ელექტრომომარაგების სრულყოფის და საექსპლუატაციო რეჟიმების ოპტიმიზაციის მიზნით, შემოვიღეთ გენერატორის და აკუმულატორთა ბატარეას ენერგოეფექტურობის და ხანგამძლეობის 5 ძირითადი კრიტერიუმი.
3. თეორიული კვლევისა და ანალიზის განსახორციელებლად. შევიმუშავეთ ელექტრომომარაგების სისტემის საანგარიშო მოდელი, რომლის საფუძველზე მივიღეთ სიმძლავრის და ენერგობალანსის ძირითადი საანგარიშო ფორმულები. ხოლო საექსპლუატაციო რეჟიმების თეორიული კვლევა განვახორციელეთ ხანგამძლეობის და ენერგოეფექტურობის კრიტერიუმების მიხედვით.
4. ელექტრომომარაგების სისტემის გარეგანი შემაშფოთებელი ზემოქმედებების მახასიათებლების განსაზღვრისათვის და კვლევისათვის, ელექტრომომარაგების სისტემის საექსპლუატაციო პერიოდი დავყავით, დროით პერიოდებად: „მიკროციკლი“, „ციკლი“ და „ზეციკლი“. ხოლო ელექტროენერჯის მომხმარებლები კატეგორიებად, ელექტროენერჯის მოხმარებული სიმძლავრის რაოდენობისა და დატვირთვის დროის ხანგრძლივობის მიხედვით: ძირითად, ზოგად და ხანმოკლე დროით დატვირთვებად. განვსაზღვრეთ ამ პერიოდებში სისტემის დატვირთვის მახასიათებლები, რომლებიც გამოწვეულია გარეგანი შემაშფოთებელი ზემოქმედებების მიერ.
5. „ზეციკლი“ წარმოვადგინეთ, ერთი წლის განმავლობაში, სატრანსპორტო საშუალების ექსპლუატაციის დროის ერთეულად და სეზონური ზეგავლენის მიხედვით, დავყავით კენტ და ლუწ ზეციკლებად, შესაბამისად ზაფხულის და

ზამთრის პერიოდებად. ხოლო „ციკლები“ წარმოვადგინეთ დღისა და ღამის პერიოდებში სატრანსპორტო საშუალების ექსპლუატაციის დროის პერიოდებად. „მიკროციკლი“ კი, შიგაწვის ძრავის, გაშვება-გამორთვის ერთ სრულ დროის მონაკვეთად. მიკროციკლის მახასიათებლების მიხედვით განვახორციელებთ ელექტრომომარაგების სისტემის საექსპლუატაციო რეჟიმების კვლევა, ცვალებადი დატვირთვის და ცვალებადი გარემო ტემპერატურის პირობებში.

6. დადებითი ენერგობალანსის არსებობის აუცილებელი პირობით და აკუმულატორთა ბატარეის მაქსიმალურად დამუხტვის მინიმალური დროის მიხედვით ჩამოვყალიბებთ რეკომენდაციები სატრანსპორტო საშუალების მძღოლებისათვის, უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის გამოყენების შემთხვევაში, ოპტიმალური საშუალო სიჩქარის და მიკროციკლის მინიმალური დროის ხანგრძლივობის შესახებ.
7. ამ პირობებით განვახორციელებთ ელექტრომომარაგების სისტემის თეორიული კვლევა სისტემის ენერგოეფექტურობის და ხანგამძლეობის შეფასებისათვის.

3. ელექტრომომარაგების სისტემის თეორიული და პროგრამული კვლევის შედეგები

3.1. უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის ფუნქციონალური ბლოკ სქემა

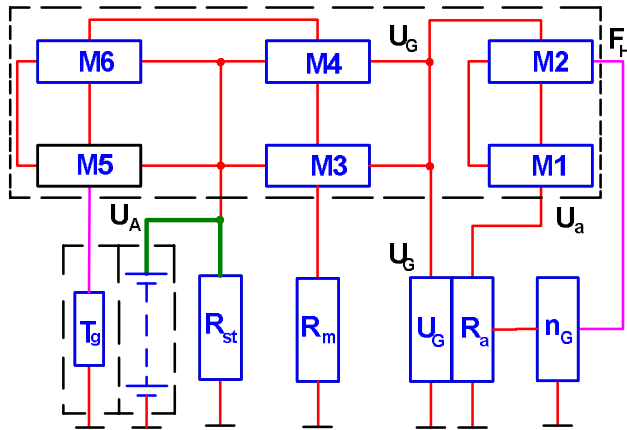
ელექტრომომარაგების სისტემის თეორიული კვლევის შედეგების გათვალისწინებით და მისი საექსპლუატაციო პარამეტრებიდან გამომდინარე, შევიმუშავეთ სრულიად განსხვავებული ძაბვის რეგულიატორის პრინციპიალური სქემა, რომელიც უზრუნველყოფს ელექტრომომარაგების სისტემის საექსპლუატაციო პარამეტრების დაცვას. მიღებული მოწყობილობა განეკუთვნება მუდმივი დენის ავტონომიური ელექტრომომარაგების სისტემებში გამოყენებულ ძაბვის რეგულიატორების ჯგუფს, რომელიც უზრუნველყოფს ავტონომიური ელექტრომომარაგების სისტემის ელემენტების შეთანხმებულ მუშაობას.

მიღებულ მოწყობილობას, არსებულ ძაბვის რეგულიატორთან შედარებით გააჩნია გაზრდილი ფუნქციონალური შესაძლებლობები, რომელიც მიიღწევა ელექტრომომარაგების სისტემის, მუშაობის უზრუნველყოფი სისტემის უნიფიკაციის ხარჯზე. ერთ მოწყობილობაში გავაერთიანეთ: გენერატორის გამომავალი ძაბვის რეგულირების, აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის უზრუნველყოფი და ელექტროენერჯის მომხმარებლების გამიჯვნის ფუნქციების მქონე სისტემები.

ჩვენს მიერ შემუშავებული „უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორი“, წარმოდგენილია ნახ. 18-ზე ფუნქციონალური სქემის სახით. იგი შედგება ერთიანი ლითონის კორპუსში მოთავსებული ექვსი მოდულისაგან. ესენია: გენერატორის აღზნების ხვიის დენის ძალის რეგულიატორი $M1$, გენერატორის როტორის ბრუნთა რიცხვის მაკონტროლირებელი $M2$, დატვირთვის ქსელის ელექტრომომარაგების გამანაწილებელი $M3$, აკუმულატორთა ბატარეას დასამუხტი დენის ძალის რეგულიატორი $M4$, აკუმულატორთა ბატარეას ძაბვის მაკონტროლებელი $M5$ და იმპულსური დამუხტვა-განმუხტვის, დესულფატაციის $M6$ მოდულები.

გენერატორის აღზნების ხვიის დენის ძალის რეგულიატორის $M1$ მოდულის, დანიშნულებას წარმოადგენს, გენერატორის როტორის ცვალებადი ბრუნთა რიცხვის და ცვალებადი დატვირთვის პირობებში, არეგულიროს გენერატორის აღზნების ხვიაში

დენის ძალის სიდიდე, რადგან შენარჩუნებული იქნას გენერატორის მომჭერებზე ნომინალური ძაბვის სიდიდის მნიშვნელობა. მის შემადგენლობაში შედის შემდეგი ბლოკები: სიხშირის გენერატორი F_1 , იმპულსების მაფორმირებელი M_1 , ძაბვის გამყოფი D_1 , განვიმპულსური სიღრმისეული რეგულიატორი H_1 , გარდამქმნელი C_1 და გამაძლიერებელი A_1 ნახ. 19.



ნახ. 18. უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის ფუნქციონალური სქემა.

გენერატორის როტორის ბრუნთა რიცხვის მაკონტროლირებლის M_2 , მოდულის დანიშნულებაა ის რომ. როდესაც გენერატორის როტორის მინიმალური ბრუნთა რიცხვის დროს, გენერატორს არ შეუძლია ნომინალური დენის ძალის გაცემა. შეუწყვიტოს ალგზნების ხვიას დენის ძალის მიწოდება. რადგან არ მოხდეს ელექტროენერგიის ფუჭი ხარჯვა და დაიცვას გენერატორის ალგზნების ხვია გადახურებისაგან. იგი შედგება: გამაძლიერებლისაგან A_2, A_3 , გარდამქმნელებისაგან $C_2; C_3$, ჩამრთველისაგან B_1 , და ფილტრისაგან K_1 .

დატვირთვის ქსელის ელექტრომომარაგების გამანაწილებლის M_3 მოდულის დანიშნულებაა, მიაწოდოს ელექტროენერგიის მომხმარებლებს აკუმულატორთა ბატარეადან ელექტროენერგია: უარყოფითი ენერგობალანსის, გენერატორის როტორის მინიმალური ბრუნთა რიცხვის და გენერატორის გამორთულ მდგომარეობაში ყოფნის დროს, რადგან დატვირთვის ქსელში არ შეიქმნას ელექტროენერგიის დეფიციტი. იგი შედგება გენერატორისა და აკუმულატორთა ბატარეას ძაბვის გამზომი U_1 ბლოკისაგან, ინვერტორისაგან I_1 , გამაძლიერებლებისაგან $A_4; A_5$ და ჩამრთველისაგან B_2 .

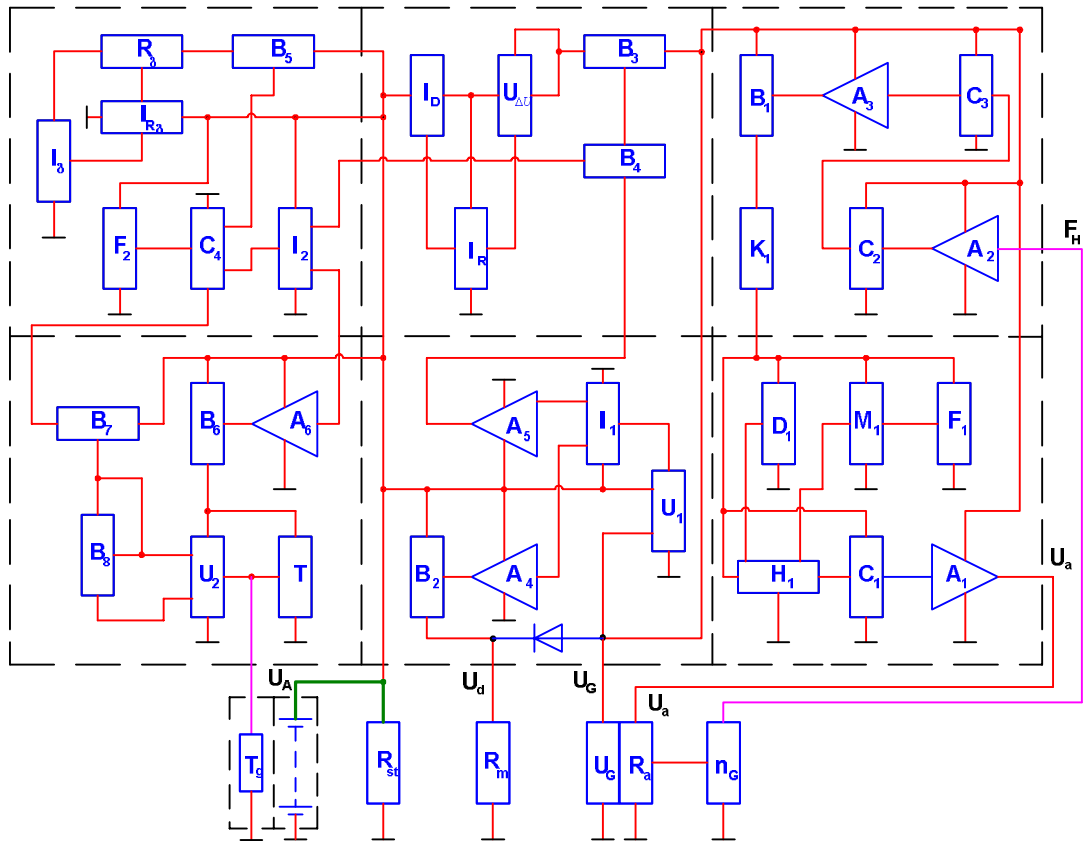
აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის დენის ძალის რეგულიატორის M4 მოდულის დანიშნულებაა, აკუმულატორთა ბატარეა დამუხტოს რეგულირებადი, ნომინალური დენის ძალით, რადგან შიგაწვის ძრავის სტარტერით გაშვების შემდეგ, აკუმულატორთა ბატარეას არ მიეწოდოს მაქსიმალური, პიკური მნიშვნელობის დასამუხტი დენის ძალის სიდიდე. იგი შედგება: $B_3; B_4$; ჩამრთველისაგან. $U_{\Delta U}$ ძაბვა დამატების კასკდისაგან. I_D დენის ძალის გადამწოდისაგან და I_R დენის ძალის რეგულიატორისაგან.

აკუმულატორთა ბატარეას ძაბვის მაკონტროლირებლის M5 მოდულის დანიშნულებაა, ელექტროლიტის ტემპერატურაზე დამოკიდებულებით, გამორთოს და ჩართოს აკუმულატორთა ბატარეა დამუხტვის რეჟიმიდან. როდესაც მისი ძაბვა შესაბამისად მიაღწევს მაქსიმალურ და მინიმალურ მნიშვნელობას, რადგან არ მოხდეს დაუმუხტავი აკუმულატორთა ბატარეას შენახვა, ან მისი გადამუხტვა. მის შემადგენლობაში შედიან: ჩამრთველები $B_6; B_7; B_8$; გამაძლიერებელი A_6 , აკუმულატორთა ბატარეას ძაბვის გამზომი ბლოკი U_2 და თერმობლოკი T , ხოლო თერმოგადამწოდი T_A მოთავსებულია აკუმულატორთა ბატარეას კორპუსზე.

იმპულსური დამუხტვა-განმუხტვის, დესულფატაციის M6 მოდულის დანიშნულებაა, აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის პროცესში განახორციელოს, აკუმულატორთა ბატარეას რეგულირებადი დამუხტვა-განმუხტვის ციკლების მონაცვლეობა, ეგრეთწოდებული „ფორსირებული“ დამუხტვის პრინციპით. იმ განსხვავებით რომ, ამ დროს ხორციელდება აკუმულატორთა ბატარეას ფირფიტებზე ნარჩენი სულფატაციის ნაწილობრივ მოხსნა. რომელიც ერთ-ერთი წინაპირობაა აკუმულატორთა ბატარეას რესურსის გაზრდისათვის. იგი შედგება: სიხშირის გენერატორისაგან F_2 , სიხშირის გარდამქმნელისაგან C_4 , ინვერტორისაგან I_2 , ჩამრთველისაგან B_5 , განმუხტვის წინალობისაგან R_8 , განმუხტვის დენის ძალის გადამწოდისაგან R_8 და განმუხტვის დენის ძალის რეგულიატორისაგან I_{R_8} .

განვიხილოთ ძაბვის რეგულიატორის მოდულებისა და მთლიანობაში ძაბვის რეგულიატორის მოქმედების პრინციპი. ძაბვის გამყოფი D_1 გენერატორის მომჭერებიდან მიიღებული ძაბვის მიხედვით, გადასცემს სიგნალს განივ-იმპულსურ რეგულიატორს H_1 , რომელიც იმპულსების მაფორმირებლისაგან M_1 მიღებულ

მუდმივი სიხშირის იმპულსებს გარდაქმნის განივრეგულირებად იმპულსებად. ეს იმპულსები გარდაიქმნება C_1 ბლოკში და გაძლიერდება A_1 გამაძლიერებლით. შემდეგ მიწოდება გენერატორის ალგუნების ხვიას R_a . გენერატორის ალგუნების ხვიაზე მიწოდებული დენის ძალის ცვლილება, ხორციელდება განივ იმპულსური რეგულიატორის მიერ, იმპულსების სიღრმის ცვლილებით, გენერატორის როტორის ბრუნთა რიცხვის ცვალებადობის და ცვალებადი დატვირთვის პირობებში, გენერატორის მომჭერებზე მუდმივი ძაბვის შენარჩუნების მიზნით. გენერატორის ერთ-ერთ ფაზაზე მიერთებული გამომყვანიდან, n_G გადამწოდი ინფორმაციას, გენერატორის ბრუნთა რიცხვის შესახებ, მიაწვდის A_2 გამაძლიერებელს. იგი გარდაიქმნება C_2 , და C_3 , გარდამქმნელებში და A_3 გამაძლიერებლით გაძლიერების შემდეგ ჩართავს B_1 ჩამრთველს. ჩამრთველის საშუალებით ხორციელდება გენერატორის ალგუნების დენის ძალის რეგულიატორის მოდულის ელექტრომომარაგება. როდესაც გენერატორის როტორის ბრუნთა რიცხვი დაბალია და გენერატორს არ შეუძლია ნომინალური ძაბვის გაცემა, მაშინ n_G გადამწოდის სიგნალზე დამოკიდებულებით გამოირთვება B_1 ჩამრთველი და შეუწყდება ელექტროენერგიის მიწოდება გენერატორის ალგუნების დენის ძალის რეგულიატორის მოდულს. ამ დროს ადგილი აქვს აკუმულატორთა ბატარეას ელექტროენერგიის ეკონომიას. როდესაც გენერატორის როტორის ბრუნთა რიცხვი მოიმატებს. მაშინ, გენერატორის ალგუნების დენის ძალის რეგულიატორის მოდულს აღუდგება ელექტროენერგიის მიწოდება და გენერატორი გააგრძელებს ელექტროენერგიის გამომუშავებას. იმ პირობის დროს როცა გენერატორის მომჭერებზე მიღებული ძაბვა მიაღწევს ნომინალურ მნიშვნელობას და მიიღწევა დადებითი ენერგობალანსი. მაშინ U_1 ძაბვის გამზომის ინფორმაციის საფუძველზე, I_1 ინვერტორის გავლის შემდეგ, A_4 გამაძლიერებლით გამოირთვება B_2 ჩამრთველი და აკუმულატორთა ბატარეა გამოირთვება ელექტრომომარაგების ქსელიდან. აკუმულატორთა ბატარეა გადადის დამუხტვის რეჟიმში, რადგან ამავდროულად ხორციელდება A_5 -ით B_4 -ის ჩართვა B_3 -ის გავლით. $U_{\Delta U}$ ძაბვა დამატების კასკდით რეგულირდება აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის დენის ძალის სიდიდე, რომელიც მოქმედებაში მოდის, დენის ძალის გადამწოდიდან I_D მიღებული ინფორმაციით, I_R დენის ძალის რეგულიატორის საშუალებით ნახ. 19.



ნახ. 19. უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის ფუნქციონალური ბლოკ სქემა.

აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვა ხორციელდება იმპულსური დამუხტვა-განმუხტვის პრინციპით, ფორსირებულ რეჟიმში. F_2 გენერატორის მიერ გამომუშავებული იმპულსები გარდაიქმნება დამუხტვა-განმუხტვის პერიოდების მმართველ იმპულსებად C_4 გარდამქმნელში. I_2 ბლოკის საშუალებით B_4 ჩამრთველი მიაწვდის აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის დენის ძალას. ხოლო B_5 ჩამრთველით ხორციელდება აკუმულატორთა ბატარეას განმუხტვის წრედში ჩართვა. სადაც I_D გადამწოდით და I_R დენის ძალის რეგულიატორის საშუალებით რეგულირდება აკუმულატორთა ბატარეას განმუხტვის დენის ძალა ნახ. 19.

აკუმულატორთა ბატარეას ძაბვის მაკონტროლებელი მოდული. აკუმულატორთა ბატარეას ძაბვის გაზომვას ახორციელებს მხოლოდ პაუზის რეჟიმის დროს. I_2 ინვერტორიდან, A_6 -ის გავლით B_6 ჩამრთველის ჩართვის შემდეგ U_2 ზომავს აკუმულატორთა ბატარეას ძაბვის მნიშვნელობას. როცა აკუმულატორთა ბატარეას ძაბვა მიაღწევს მაქსიმალურ ნიშნულს. მაშინ B_7 და B_8 ჩამრთველები გამორთავენ C_4

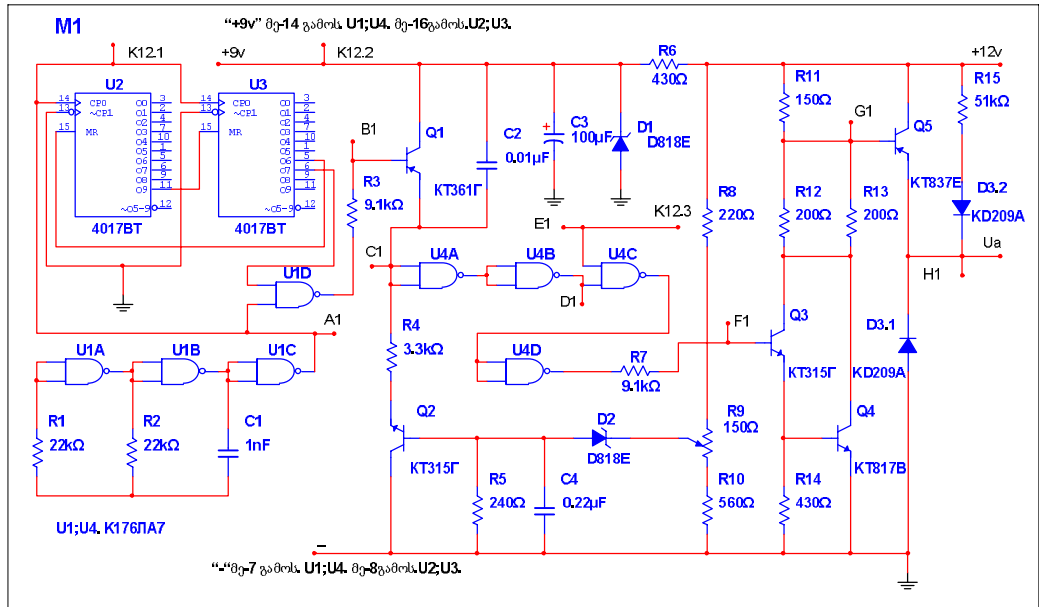
გარდამქმნელს და შეწყდება აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვა. აკუმულატორთა ბატარეა გამოირთვება წრედიდან როგორც დამუხტვის მხრივ, ასევე ელექტროენერგიის მომხმარებლების მომარაგების მხრივაც, ე.ი. გადავა შენახვის რეჟიმში. ხოლო როცა აკუმულატორთა ბატარეას ძაბვა დაიკლებს ნომინალურ ნიშნულზე დაბლა მაშინ U_2 აკუმულატორთა ბატარეას ძაბვის გამზომი ბლოკი აღადგენს B_7 და B_8 ჩამრთველების საშუალებით აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვა-განმუხტვის და დესულფატაციის რეჟიმს. U_2 აკუმულატორთა ბატარეას ძაბვის გამზომი ბლოკის მიერ, აკუმულატორთა ბატარეას მომჭერებზე ძაბვის გაზომვის შესწორება ხორციელდება, აკუმულატორთა ბატარეას კორპუსზე დამაგრებული T_A გადამწოდის და ძაბვის რეგულიატორის კორპუსში ჩამონტაჟებული T თერმობლოკის საშუალებით. რადგან ნებისმიერ კლიმატურ პირობებში არ დარჩეს აკუმულატორთა ბატარეა არასაკმარისად დამუხტული ნახ. 19.

ასეთი ძაბვის რეგულიატორის საშუალებით, შესაძლებლობა გვეძლევა დავზოგოთ ელექტრომომარაგების სისტემის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერგია, გენერატორის როტორის მინიმალური ბრუნთა რიცხვის დროს და აკუმულატორთა ბატარეას სრული დამუხტვისას. აგრეთვე გავაუმჯობესოთ აკუმულატორთა ბატარეას და გენერატორის მოვლის საკითხები. აკუმულატორთა ბატარეას რეგულირებადი დენის ძალით დამუხტვით. დამუხტვის პროცესში იმპულსური დამუხტვა-განმუხტვის დესულფატაციის პრინციპით და აკუმულატორთა ბატარეას ელექტროლიტის ტემპერატურის გათვალისწინებით. აგრეთვე შენახვის რეჟიმით გავზარდოთ აკუმულატორთა ბატარეას სრული და ნაწილობრივი დამუხტვა-განმუხტვის ციკლებს შორის დროის შუალედები. რასაც საბოლოოდ მივყავართ აკუმულატორთა ბატარეას ხანგამძლეობის გაზრდისაკენ. რაც შეეხება გენერატორს, მისი მინიმალურ ბრუნთა რიცხვზე მუშაობისას დავიცვათ გენერატორის აღზნების ხვია გადახურებისაგან და ამავდროულად დავზოგოთ ელექტროენერგია. ხოლო მისი აღზნების დენის ძალის რეგულირება ხორციელდება მუდმივი სიხშირით. რაც დადებითად მოქმედებს გენერატორის აღზნების ხვიის მიერ წარმოქმნილი მაგნიტური ნაკადის მარგი ქმედების კოეფიციენტზე და უფრო ეფექტურს ხდის გენერატორის და ნახევარგამტარი ხელსაწყოების მუშაობას.

3.2. უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის პრინციპიალური ელექტრონული სქემის თეორიული კვლევის შედეგები

3.2.1. უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის მოდულების პრინციპიალური ელექტრონული სქემების თეორიული კვლევის შედეგები

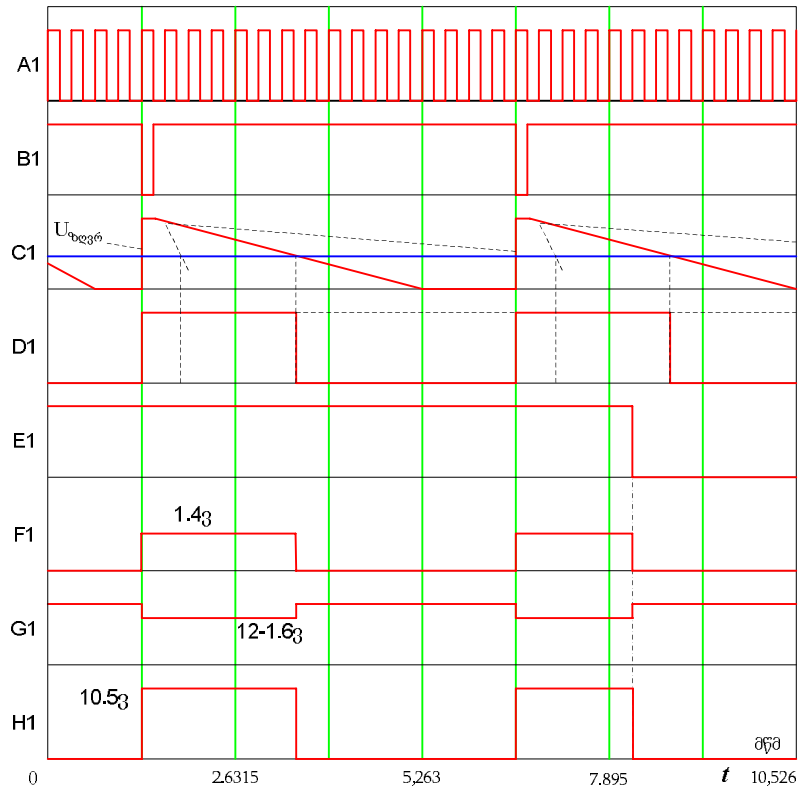
განვიხილოთ გენერატორის აღზნების ხვიის დენის ძალის რეგულიატორის M1 მოდულის პრინციპიალური ელექტრონული სქემა, რომელიც მოცემულია ნახ. 20-ზე. იგი შედგება ტაქტური სიხშირის გენერატორისაგან U1A,U1B,U1C., სიხშირის გამყოფისა და მაფორმირებლისაგან U2,U3,U1D. ძაბვის გამყოფისაგან R8;R9;R10, განვირეგულირებადი იმპულსების სიგანის გარდამქმნელი კასკადისაგან Q1;Q2;U4A;U4B და გამაძლიერებელი კასკადისაგან Q3;Q4;Q5.



ნახ. 20. გენერატორის აღზნების ხვიის დენის ძალის რეგულიატორი, M1 მოდული.

განივ-იმპულსური რეგულიატორის ფუნქციონალური გენერატორის, ტაქტური სიხშირის გენერატორის სიხშირე, მიღებულია თეორიული და ლაბორატორიული კვლევების მონაცემების მიხედვით §2.1.1. გვ.51. რომლის ნომინალურ მნიშვნელობას წარმოადგენს 190 კც. ტაქტური სიხშირის გენერატორის სიხშირედ მივიღეთ $f_t = 3.04$ კვც. სიხშირის გამყოფი და მაფორმირებელი, სიხშირეს ყოფს 16-ზე და აფორმირებს რეგულიატორისათვის მუშა იმპულსებს. აღნიშნულ იმპულსებს იგი

მიაწვდის $Q1, Q2$ ტრანზისტორებზე შესრულებულ იმპულსების სიგანის გარდამქმნელ კასკადს. აგრეთვე ამავე კასკადს, ძაბვის გამყოფისაგან $R8, R9, R10$ სტაბილიტრონი $D2$ -ის გავლით მიეწოდება ანალოგური სიგნალი, გენერატორის გამომავალი ძაბვის შესახებ.



ნახ. 21. $M1$ მოდულის, საკონტროლო წერტილებში მოქმედი ძაბვების და ციფრული სიგნალების, თეორიული დიაგრამები.

იმპულსების სიგანის გარდამქმნელ კასკადში, იმპულსური და ანალოგური სიგნალების ურთიერთქმედების საფუძველზე (ნახ. 21 გრაფიკი $C1$), ყალიბდება $U4B$ ელემენტის გამოსასვლელზე გამაძლიერებელ კასკადზე მისაწოდებელი იმპულსები. რომელთა ხანგრძლივობა დამოკიდებულია გენერატორის გამომავალი ძაბვის მნიშვნელობაზე, (ნახ. 21 გრაფიკი $D1$). აღნიშნული იმპულსები $U4C$ ელექტრონული რელეს გავლის შემდეგ მიეწოდება წინასწარი გაძლიერების კასკადს $Q3, Q4$. რომელიც სიგნალის გაძლიერების შემდეგ მიაწვდის მას საბოლოო გამაძლიერებელ კასკადს, იგი შესრულებულია $Q5$ ტრანზისტორზე. ამ ტრანზისტორის დატვირთვის წრედში ჩართულია გენერატორის ალგუნების ხვიის გრაგნილი. რომელზედაც მოქმედებს 190 ჰც

სიხშირის და განსხვავებული დროის ხანგრძლივობის იმპულსები, მათი ამპლიტუდა 10,5 ვოლტის სიდიდის ტოლია (ნახ. 21 გრაფიკი $H1$).

$$U_a = 10.5. \quad (3.1)$$

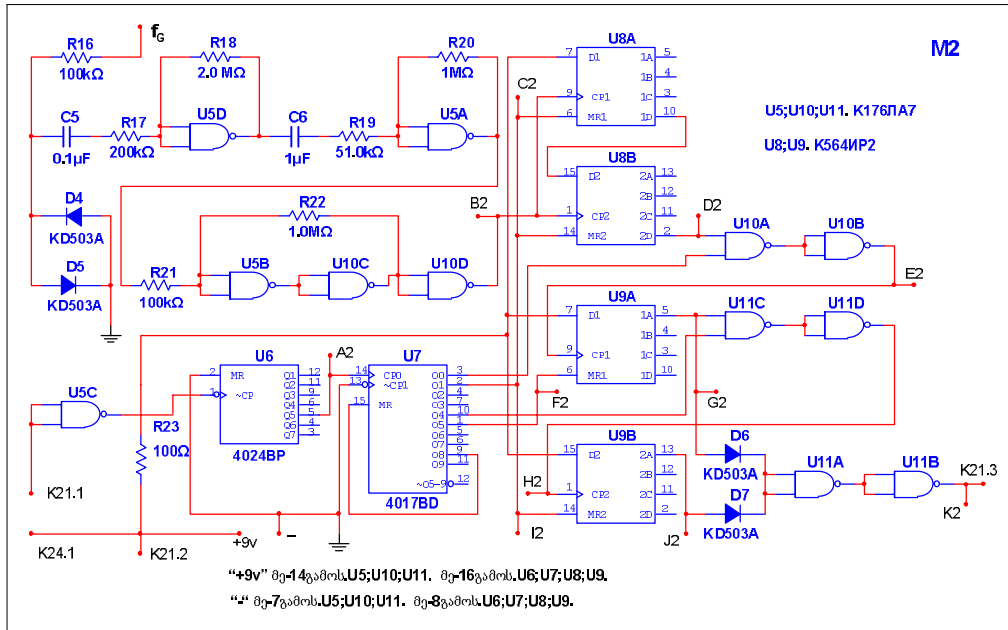
გენერატორზე დატვირთვის ზრდასთან ერთად, იმპულსების სიგანის გარდამქმნელი კასკადი ზრდის გენერატორის ალგუნების ხვიაზე მიწოდებული იმპულსების ხანგრძლივობას. რითაც რეგულიატორი უზრუნველყოფს გენერატორის გამოსასვლელზე ძაბვის ამპლიტუდის მუდმივ მნიშვნელობას (13,8 ვ) და გენერატორზე მოთხოვნილი სიმძლავრის დაკმაყოფილებას.

ელექტრონული რელე $U4C$ ნახ. 20. წარმოადგენს იმპულსების ბლოკირატორს. თუ გენერატორის ბრუნთა რიცხვი დაბალია, მაშინ რელე ჩაკეტილია, ხოლო გენერატორის ბრუნთა რიცხვის მომატებასთან ერთად, ელექტრონული რელე გაიღება და გენერატორის აღუდგება ალგუნების დენის ძალის მიწოდება. ელექტრონული რელეს მართვა ხორციელდება გენერატორის როტორის ბრუნთა რიცხვის მაკონტროლებელი $M2$ მოდულის საშუალებით, რომლის პრინციპალური სქემა მოცემულია ნახ. 22-ზე.

$M2$ მოდული ინფორმაციას იღებს გენერატორის სამფაზა გრაგნილის ერთ-ერთი ხვიიდან. როცა გენერატორის როტორის ბრუნთა რიცხვი დაბალია ნომინალურზე, მაშინ გენერატორის ალგუნების ხვიას არ მიეწოდება ალგუნების დენის ძალა. მაგრამ გენერატორის სტატორში მაინც აღიძვრება სუსტი ელექტრომაგნიტური ენერჯის ნაკადი, $R15$ წინააღობაში 210 მკა-ის გავლის ხარჯზე და იგი სტატორის გრაგნილის ხვიებში წარმოქმნის 20÷50 მილივოლტი ამპლიტუდის სიდიდის მქონე ძაბვას. რაც საკმარისია იმისათვის რომ f_G შესასვლელზე მივიღოთ, „წაკითხვადი“ სიდიდის ცვლადი ელექტრული სიგნალი. რომლის მრავალჯერადი გაძლიერებისა და გარდაქმნის შემდეგ, $U5D, U5A, U5B, U10C, U10D$ ლოგიკური ელემენტებში, ვღებულობთ გენერატორის როტორის ბრუნთა რიცხვის შესაბამისი სიხშირის პერიოდულ იმპულსებს (ნახ. 23 $f_G, B2$).

$M1$ მოდულის ტაქტური სიხშირის გენერატორიდან ვღებულობთ $M2$ მოდულის მართვის იმპულსებს (3,04 კჰც), $K21.1$ შემოსასვლელზე ნახ. 22. $U5C$ ინვერტორის გავლის შემდეგ იგი გაიყოფა 32 ზე და მივიღებთ 95 ჰც-ის ტოლ სიხშირის იმპულსებს. რომელიც წარმოადგენს, გენერატორის როტორის ბრუნთა რიცხვის შესაბამისი

იმპულსების, მთვლელ იმპულსებს. ამ იმპულსებიდან გამოვყოფთ ყოველ მე-8 იმპულსს იმპულსების მთვლელი პროცესორის $U7$ -ის საშუალებით $C2$ ნახ. 22.



ნახ. 22. გენერატორის როტორის ბრუნთა რიცხვის მაკონტროლებელი $M2$ მოდული

73,685 მწმ. დიაპაზონის დროის პერიოდში, გენერატორიდან მიღებული იმპულსების დათვლით, $U8A$ და $U8B$ მიმდევრობით ჩართულ ოთხთანრიგიან რეგისტრებში, მივიღებთ ალგზნების დენის ძალის რეგულიატორის მართვის იმპულსებს $D2$ ნახ. 22. $B2$ იმპულსების მინიმალური რაოდენობა, იმისათვის რომ მივიღოთ მართვის იმპულსები უნდა იყოს 7 იმპულსზე მეტი, დროის აღნიშნულ მონაკვეთში. რაც 95 ჰც სიხშირის ექვივალენტურია. წინააღმდეგ შემთხვევაში გამოსასვლელზე $D2$, მართვის იმპულსის „1“ არ წარმოიქმნება. ამიტომ ფაზის ძვრის გათვალისწინების გარეშე გენერატორის მინიმალური ბრუნთა რიცხვი, ალგზნების დენის ძალის რეგულიატორის ჩასართველად განისაზღვრება დამოკიდებულებით.

$$n_{G \min} = 10 \frac{N_{TSG}}{N_G} f_G = 10 \cdot \frac{8}{7} \cdot 95 = 1085,71 \text{ ბრ/წთ.} \quad (3.2)$$

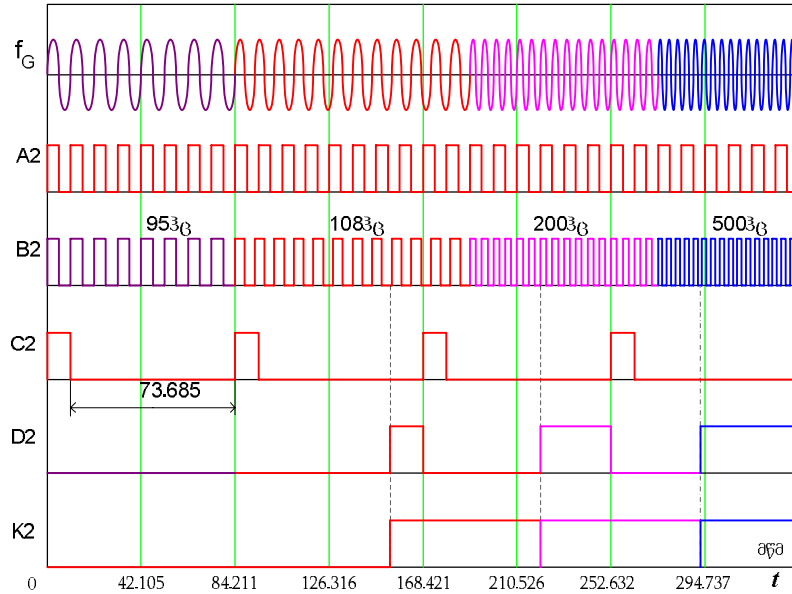
ხოლო, თუ გავითვალისწინებთ ამ ორ სიხშირეს ($f_G, B2$) შორის მაქსიმალურ ფაზურ ძვრას, მაშინ მივიღებთ.

$$n_{G \min} = 10 \cdot \frac{8}{7} \cdot 95 \cdot 0,9 = 977,139 \text{ ბრ/წთ.} \quad (3.3)$$

ამ ორი სასაზღვრო პირობიდან მივიღეთ, გენერატორის ალგზნების დენის ძალის რეგულიატორის ჩართვის საწყისი დიაპაზონი.

$$978 \leq n_{G_{\min}} \leq 1086 \text{ ბრ/წთ.} \quad (3.4)$$

რაც სავსებით შეესაბამება გენერატორის როტორის მინიმალურ ბრუნთა რიცხვის მნიშვნელობას, როცა გენერატორს შეუძლია ნომინალური დენის ძალის გაცემა.



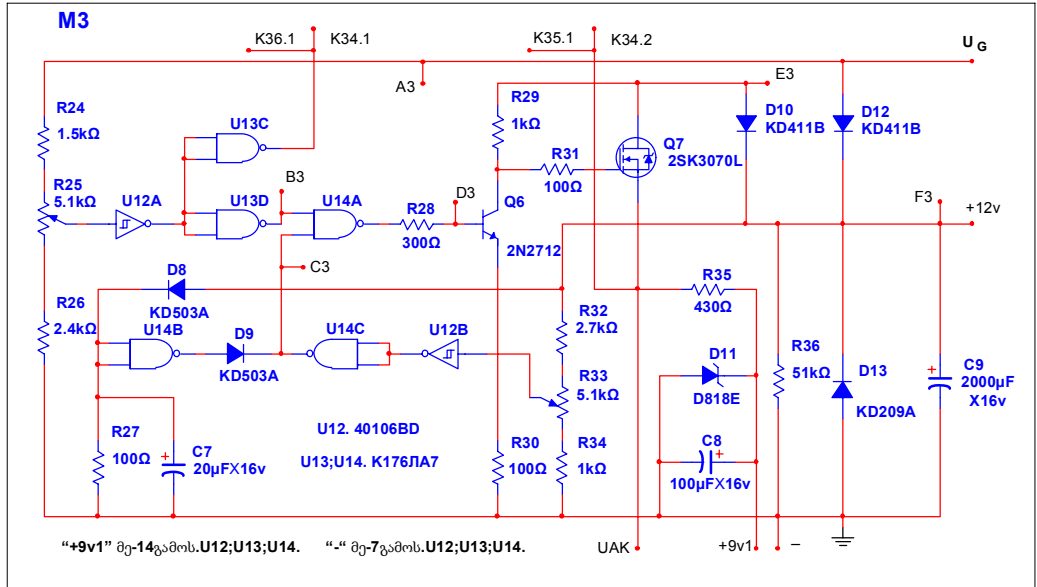
ნახ. 23. M2 მოდულის, საკონტროლო წერტილებში მოქმედი ძაბვების და ციფრული სიგნალების, თეორიული დიაგრამები.

გაზომვები ხორციელდება $N = \frac{95}{8} = 11.875$ სიხშირის პერიოდულობით, ყოველი

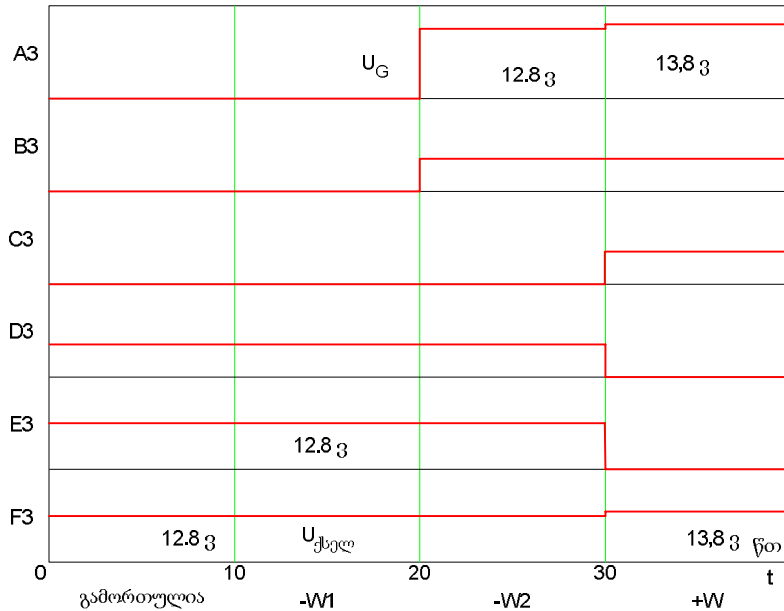
წამის განმავლობაში. მიღებული პერიოდული იმპულსები განსხვავდება ერთმანეთისაგან გავრცელების დროის ხანგრძლივობით. მათი გარდაქმნა და საჭირო ფორმის მიცემა ხორციელდება U9A და U9B პარალელურად ჩართული რეგისტრების საშუალებით ნახ. 22. თითოეული მიღებული მართვის იმპულსის „დაკავება“ ხორციელდება მომდევნო იმპულსის გამოჩენის დროის მომენტამდე (K2 ნახ. 23), რადგან არ შეწყდეს მართვის იმპულსის მიწოდება ალგზნების დენის ძალის რეგულიატორის M1 მოდულში. გენერატორის როტორის ბრუნთა რიცხვის შემცირების დროს, არ წარმოიქმნება იმპულსი და შეწყდება ალგზნების დენის ძალის მიწოდება.

დატვირთვის ქსელის ელექტრომომარაგების გამანაწილებელი M3 მოდულის პრინციპიალური ელექტრონული სქემა მოცემულია ნახ. 24-ზე. რომელიც შედგება

გენერატორის ძაბვის გამყოფის ($R24, R25, R26$) და ქსელის ძაბვის გამყოფისაგან ($R32, R33, R34$), აკუმულატორთა ბატარეას ქსელთან განმხოლოების კასკადისაგან ($Q6, Q7, D10$).



ნახ. 24. დატვირთვის ქსელის ელექტრომომარაგების გამანაწილებელი M3 მოდული.



ნახ. 25. M3 მოდულის, საკონტროლო წერტილებში მოქმედი ძაბვების და ციფრული სიგნალების, თეორიული დიაგრამები.

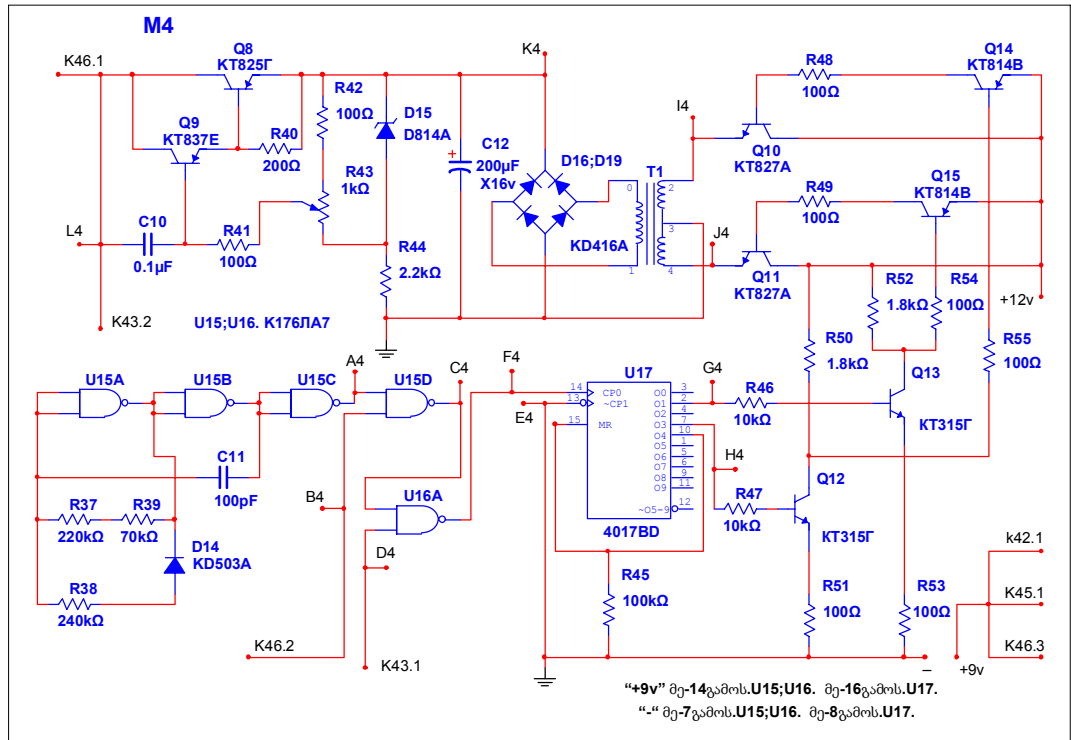
გენერატორის ძაბვის გამყოფიდან მიღებული ინფორმაცია მიეწოდება U14 ელექტრონულ რელეს U12A შმიდტის ლოგიკური ტრიგერისა და U13D ინვერტორის

გავლის შემდეგ *B3* ნახ. 25. ხოლო ქსელის ძაბვის გამყოფიდან ინფორმაცია, ელექტრონულ რელეს *U14*-ს, მიეწოდება *U12B* შმიდტის ლოგიკური ტრიგერისა და *U14C* ინვერტორის გავლის შემდეგ *C3* ნახ. 25. ორივე ეს ინფორმაცია გვამღვეს, აკუმულატორთა ბატარეას ქსელთან განმხოლოების კასკადის მართვის იმპულსებს *D3* ნახ. 25.

როდესაც გენერატორი გამორთულია და გვაქვს უარყოფითი ენერგობალანსი, მაშინ ელექტროენერჯის მომხმარებლებს კვებავს აკუმულატორთა ბატარეა, ხოლო როცა გენერატორი ვერ უზრუნველყოფს ელექტროენერჯის მომხმარებლების მომარაგებას საკმარისი სიმძლავრით, მაშინ მას ეხმარება აკუმულატორთა ბატარეა – *W2* ნახ. 25. დადებითი ენერგობალანსის დროს კი მხოლოდ გენერატორი უზრუნველყოფს დატვირთვის ქსელის ელექტრომომარაგებას *+W* ნახ. 25 და ამ დროის მომენტისათვის *U13C* ინვერტორის საშუალებით *M6* მოდულს მიეწოდება აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის დაშვების იმპულსი, *K36.1* გამომყვანი. *U14B, D8, D9, R27, C7* ელემენტები უზრუნველყოფს გამორთულ მდგომარეობაში მყოფი სისტემის გაშვებას მუშა რეჟიმამდე. *D10, D12* წარმოადგენს აკუმულატორთა ბატარეას და გენერატორის გამომავალი ძაბვების ბლოკირატორს. რადგან ძაბვების გაზომვისა და მათი ერთობლივი მუშაობისას, დავიცვათ უკუდენებისაგან აკუმულატორთა ბატარეას ქსელთან განმხოლოების კასკადი.

D11, C8, R35 ელემენტებზე შესრულებულია ძაბვის სტაბილიზატორი, რომელიც კვებავს აღნიშნული მოდულის მიკროპროცესორებს სტაბილური 9 ვოლტი სიდიდის ძაბვით. *C9* ფილტრის კონდესატორი ასრულებს, ქსელის ძაბვის ფილტრის როლს და უზრუნველყოფს გენერატორის გამომავალი ძაბვის სტაბილურობას, აკუმულატორთა ბატარეას წრედიდან გამორთვის შემთხვევაში.

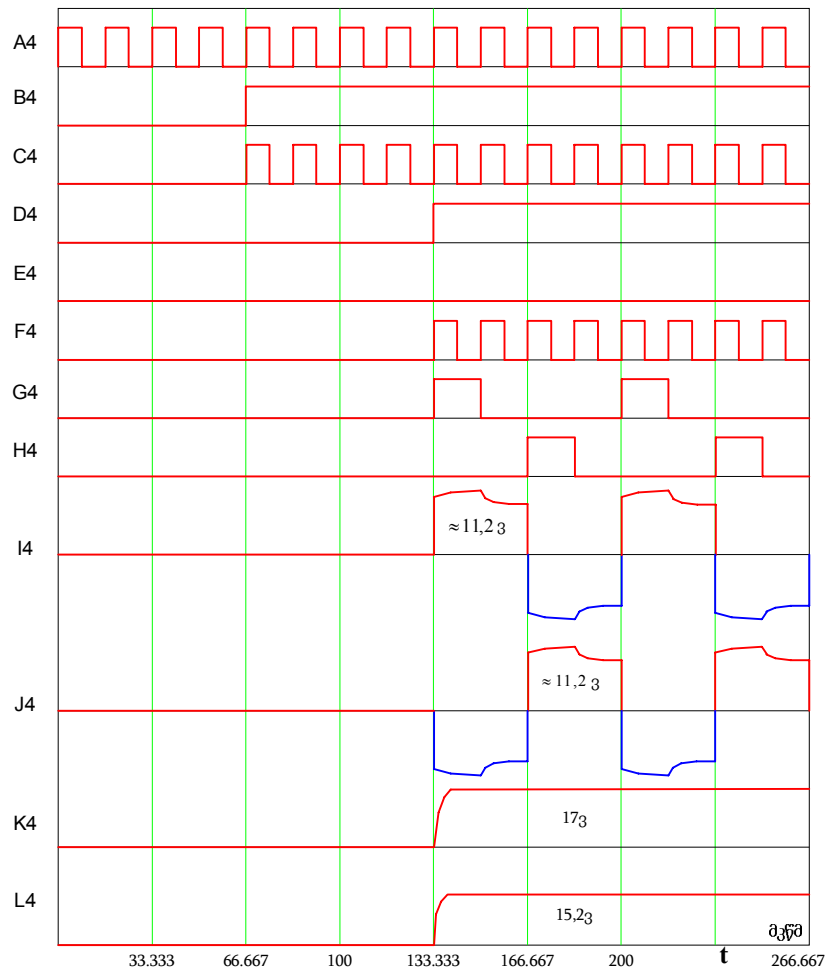
აკუმულატორთა ბატარეას დასამუხტი დენის ძალის რეგულიატორი *M4* მოდულის ელექტრონული პრინციპიალური სქემა მოცემულია ნახ. 26-ზე. რომლის შემადგენლობაში შედის: ტაქტური სიხშირის გენერატორი (*U15A, U15B*), იმპულსების დროითი გამყოფი (*U17*), ძაბვა დამატების კასკადი (*Q10, Q11, T1*), დამუხტვის დენის ძალის რეგულიატორი (*Q8, Q9, D15*) და მართვის ელექტრონული რელეები (*U15D, U16A*).



ნახ. 26. აკუმულატორთა ბატარეის დასამუხტი დენის ძალის რეგულიატორი M4 მოდული.

ტაქტური სიხშირის გენერატორიდან გამოიმუშავებს 90 კჰც. სიხშირის მართკუთხა ფორმის იმპულსებს A4 ნახ. 27. აღნიშნული იმპულსები მიეწოდება (U17) იმპულსების დროითი გამყოფს. რომელიც იმპულსებს განაცალკავებს ორ არხში და გაყოფს 2-ზე G4;H4. ნახ. 27. მიღებული 45 კჰც. სიხშირის იმპულსები ორ სხვადასხვა არხით მიეწოდება წინასწარი გაძლიერების კასკადს Q12;Q13. ამის შემდეგ კი-მაზვა დამატების კასკადის იმპულსურ გარდამქმნელს. რომლის გამოსასვლელზე ვღებულობთ 17 ვოლტის სიდიდის მაზვას აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვისათვის.

დამუხტვის დენის ძალის რეგულიატორი (Q8,Q9,D15) არეგულირებს აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის დენის ძალის მნიშვნელობას. გამომავალი მაზვის სიდიდის ცვლილების ხარჯზე L4 ნახ. 27. მართვის ელექტრონული რელე U15D, დამუხტვის რეჟიმის ჩართვის შესახებ ინფორმაციას იღებს M6 მოდულიდან, ხოლო U16A ელექტრონული რელე, M4 მოდულიდან, B4;D4. ნახ. 27. ორივე მოდულიდან მიღებული ინფორმაციის არსებობა უზრუნველყოფს აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის რეჟიმის ჩართვას.

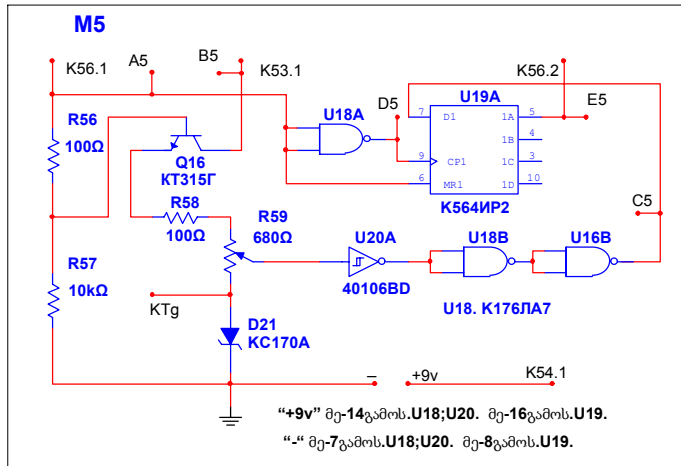


ნახ. 27. *M4* მოდულის, საკონტროლო წერტილებში მოქმედი ძაბვების და ციფრული სიგნალების, თეორიული დიაგრამები.

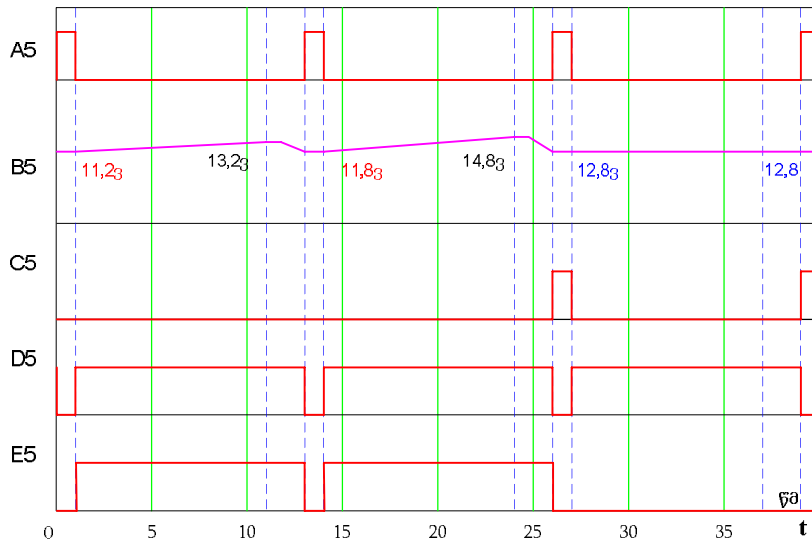
აკუმულატორთა ბატარეას ძაბვის მაკონტროლირებელი *M5* მოდულის ელექტრონული პრინციპიალური სქემა მოცემულია ნახ. 28 -ზე. რომლის შემადგენლობაში შედის: აკუმულატორთა ბატარეას გამომავალი ძაბვის გამყოფი *R58;R59;D21.*, ძაბვის გაზომვის მართვის გასაღები *R56;R57:Q16.* და მიკროპროცესორული გარდამქმნელები *U16B;U18A;U18B;U19A;U20A.*

აკუმულატორთა ბატარეას გამომავალი ძაბვის გაზომვა ხორციელდება პერიოდულად „პაუზა“, იმპულსის დროის მონაკვეთში. რომელიც მუდმივად წარმოიქმნება *M6* მოდულში და მიეწოდება *M5* მოდულს, *A5* ნახ. 29. სხვა შემთხვევაში აკუმულატორთა ბატარეას ძაბვის გაზომვა, მისი დამუხტვის რეჟიმის დროს მოგვეცემს მცდარ ინფორმაციას, აკუმულატორთა ბატარეას ე.მ.ძ.-ის შესახებ. აგრეთვე აკუმულატორთა ბატარეას გამომავალი ძაბვის გაზომვა ხორციელდება მისი

განმუხტვის დროსაც, როდესაც იგი მუშაობს უარყოფითი ენერგობალანსის პირობებში. გაზომვის პროცესში გაითვალისწინება ძაბვის რეგულიატორის გარემო ტემპერატურა $D21$ -ით და აკუმულატორთა ბატარეას ელექტროლიტის ტემპერატურა $DT1 \div DT10$ ნახევარგამტარული დიოდებით, რომლებიც განთავსებულია აკუმულატორთა ბატარეას კორპუსზე.



ნახ. 28. აკუმულატორთა ბატარეას ძაბვის მაკონტროლირებელი $M5$ მოდული.

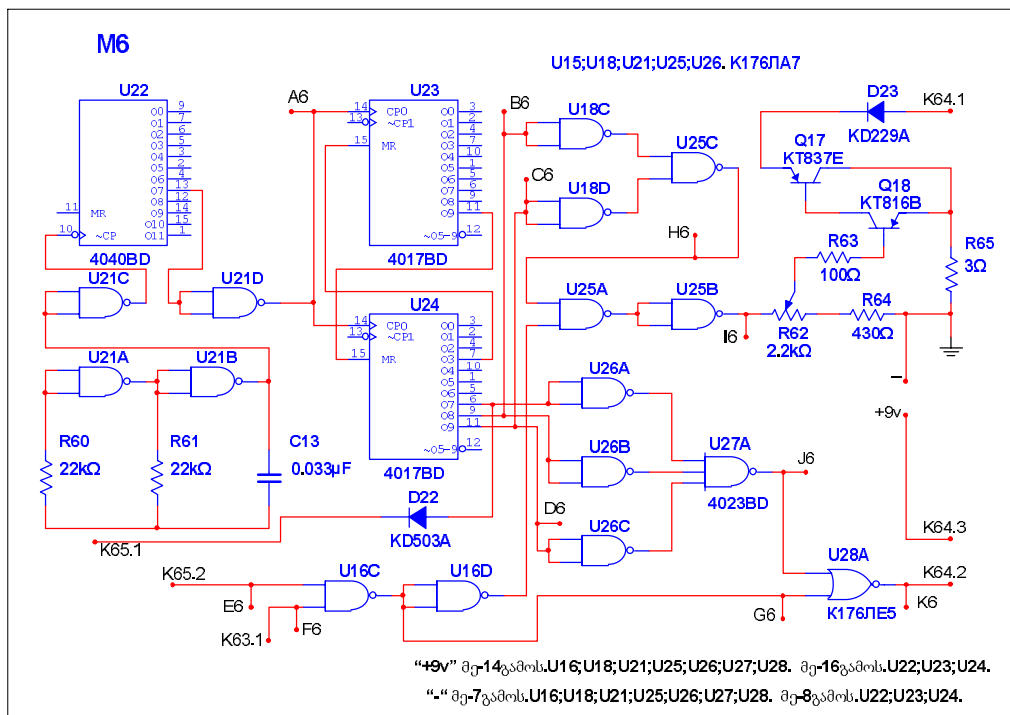


ნახ. 29. $M5$ მოდულის, საკონტროლო წერტილებში მოქმედი ძაბვების და ციფრული სიგნალების, თეორიული დიაგრამები.

თუ აკუმულატორთა ბატარეას გამომავალი ძაბვა $20^0 C$ -ის დროს არ აღემატება $12,8$ ვოლტს ($U_A \leq 12,8$), მაშინ $U20A$ ლოგიკური შმიდტის ტრიგერი, გარდაქმნის მიღებულ ანალოგიურ სიგნალს ლოგიკურ „1“-იანად. რის შემდეგაც მისი გარდაქმნით $E5$ გამოსასვლელში მივიღებთ დამუხტვის დაწყების სიგნალს, $E5$ ნახ. 29. ხოლო თუ

$U_A \geq 12,8$ მაშინ აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის სიგნალი არ გამოუმუშავდება, რაც უზრუნველყოფს აკუმულატორთა ბატარეას დაცვას გადამუხტვისაგან. მინიმუმამდეა დაყვანილი აკუმულატორთა ბატარეას დაუმუხტავად დარჩენის საშიშროება.

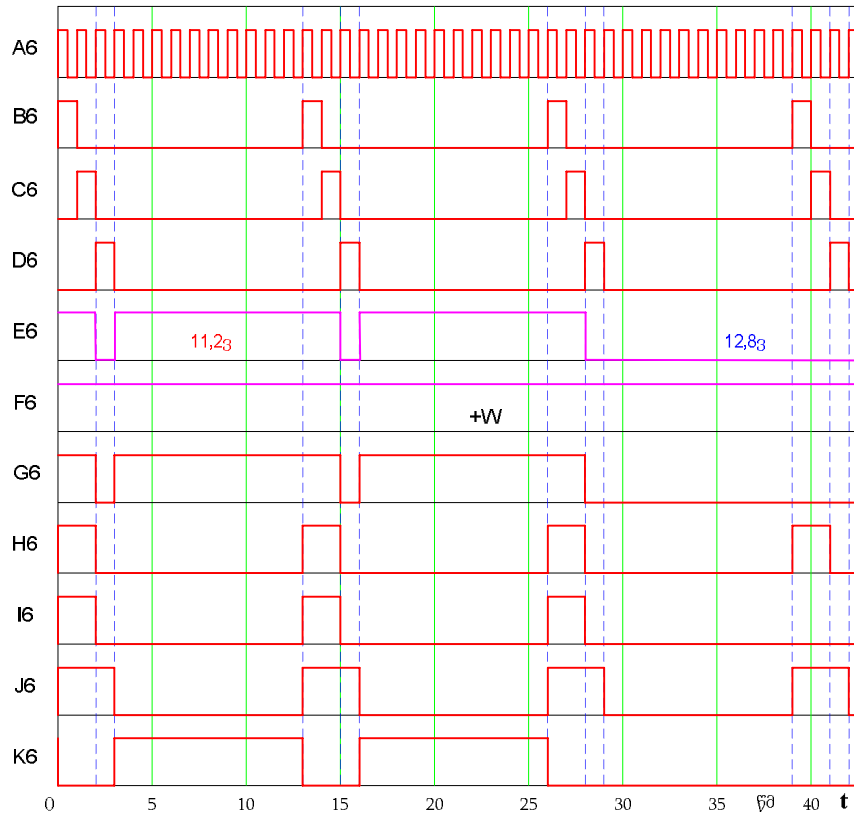
იმპულსური დამუხტვა-განმუხტვის, დესულფატაციის M6 მოდულის ელექტრონული პრინციპიალური სქემა მოცემულია ნახ. 30-ზე. რომლის შემადგენლობაში შედის: ტაქტური სიხშირის გენერატორი U21A;U21B, სიხშირის გამყოფი U22, მართვის იმპულსების დროითი გამანაწილებელი U23;U24, განმუხტვის იმპულსის მაფორმირებელი U18C;U18D;U25C, დამუხტვის იმპულსის მაფორმირებელი U26A;U26B;U26C;U27A, აკუმულატორთა ბატარეას განმუხტვის კასკადი Q17;Q18 და მართვის ელექტრონული რელეები U18C;U25A;U28A.



ნახ. 30. იმპულსური დამუხტვა-განმუხტვის, დესულფატაციის M6 მოდული.

ტაქტური სიხშირის გენერატორი გამოიმუშავებს 256 ჰც. სიხშირის მართკუთხოვანი ფორმის იმპულსებს, რომლებიც გაიყოფა 256-ზე და მივიღებთ პერიოდულ 1 ჰც. სიხშირის იმპულსებს A6 ნახ. 31. შემდგომ მისი გარდაქმნა ხორციელდება დროით გამანაწილებელში. მიღებული იმპულსების დროითი

დიაგრამები მიიღებს $B6;C6;D6$ (ნახ. 31) გრაფიკების შესაბამის სახეს. საიდანაც გამოვყოფთ, დამუხტვის 10 წმ., განმუხტვის 2 წმ. და პაუზა გაზომვის 1 წმ-ის, შესაბამისი დროის იმპულსებს. დამუხტვის იმპულსი მიეწოდება $M4$ მოდულს $K64.2$ გამომყვანის საშუალებით. „პაუზა-გაზომვის“ იმპულსი კი - $M5$ მოდულს, $K65.2$ გამომყვანით. ხოლო რაც შეეხება განმუხტვის იმპულსს, იგი მიეწოდება აკუმულატორთა ბატარეას განმუხტვის კასკადს $Q17;Q18$, $I6$ ნახ. 31. ელექტრონული რელეები $U16C$ და $U28A$ უზრუნველყოფს აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის პერიოდების შესაბამისი იმპულსების გატარებას. $U16C$ და $U25A$ ელექტრონული რელეები კი- განმუხტვის შესაბამისი იმპულსის გატარებას. მათ ინფორმაცია მიეწოდება $M3$ და $M5$ მოდულებიდან.



ნახ. 31. $M6$ მოდულის, საკონტროლო წერტილებში მოქმედი ძაბვების და ციფრული სიგნალების თეორიული დიაგრამები.

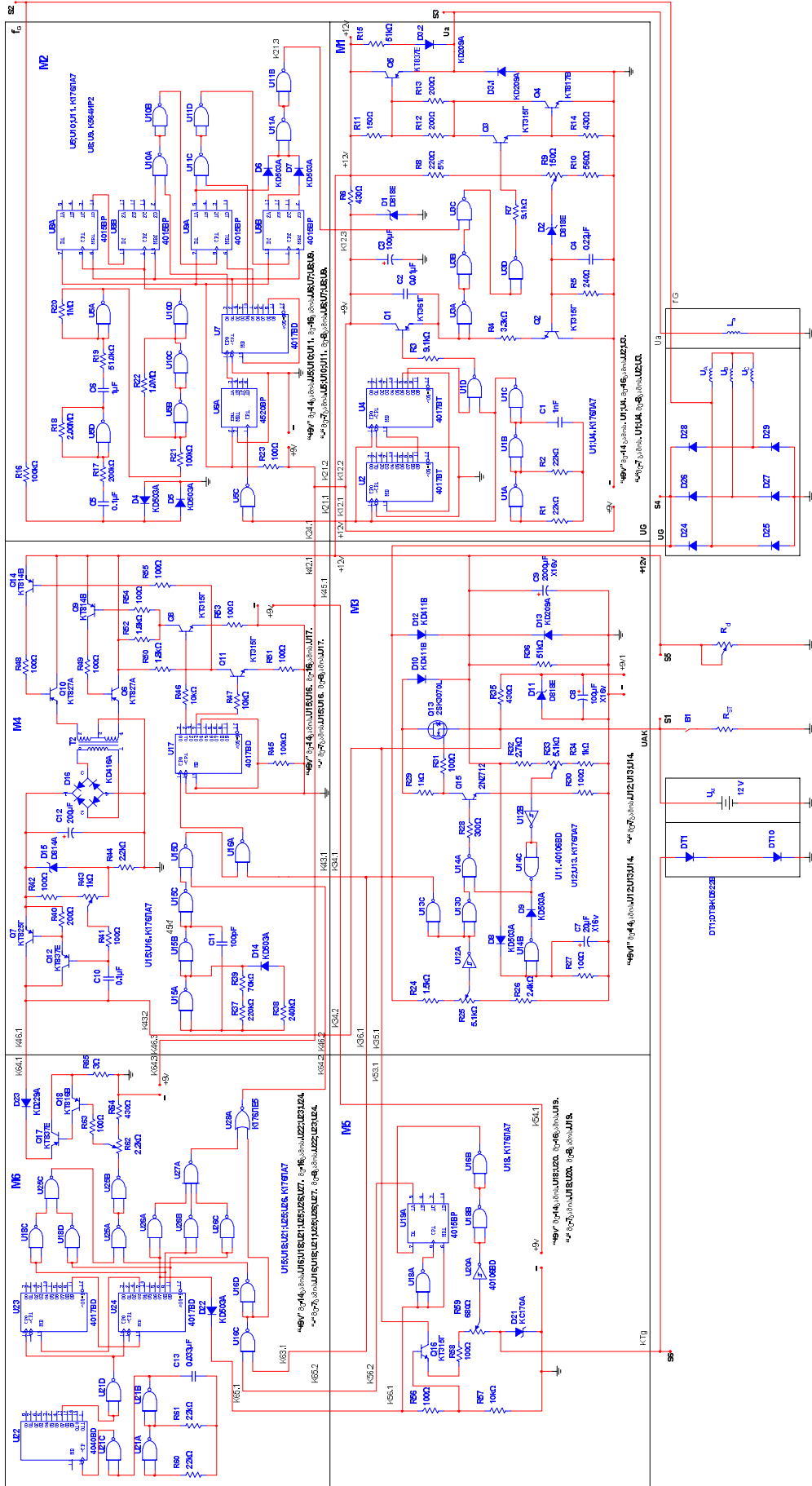
უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის მოდულების პრინციპიალური სქემები და მათი თეორიული დიაგრამები მიღებულია თეორიული და ლაბორატორიული კვლევების ანალიზზე დაყრდნობით. რომლებიც გამომდინარეობს სატრანსპორტო

საშუალების საექსპლუატაციო პარამეტრებიდან. რადგან უნიფიცირებულმა ძაბვის რეგულიატორმა უზრუნველყოს, სატრანსპორტო საშუალების ელექტრომომარაგების სისტემის ელემენტების და აგრეგატების საექსპლუატაციო პარამეტრების დაცვა. სადაც გავითვალისწინებთ სისტემის ენერგოეფექტურობას და ელემენტების ხანგამძლეობის და საიმედოობის გაზრდის საკითხებს.

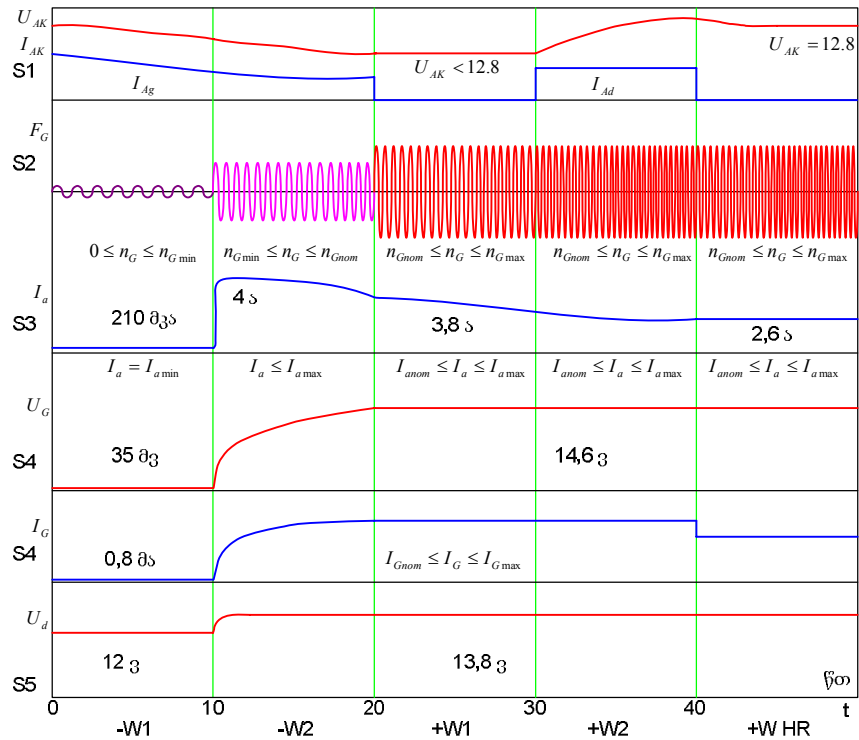
3.2.2. უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის სრული ელექტრონული სქემის თეორიული კვლევის შედეგები

უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის პრინციპიალური ელექტრონული სქემა მოცემულია ნახ. 32-ში. სადაც გამოსახულია უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის შერთების სქემა ელექტრომომარაგების სისტემის ელემენტებთან. ძაბვის რეგულიატორის შემადგენლობაში შედის, იმ ექვსივე მოდულის პრინციპიალური სქემები რომლებიც განვიხილეთ §3.2.1.-ში, პრინციპიალური ელექტრონული სქემა დაყვანილია საბოლოო ელექტრონულ სახემდე, მოდულების ურთიერთთავსებადობის ყველა პარამეტრის გათვალისწინებით. მოდულების მუშა პარამეტრები, რომლებიც მოცემულია დიაგრამების სახით §3.2.1.-ში, მოცემული ძაბვის რეგულიატორისათვის წარმოადგენენ შიგა მუშა მახასიათებლებს.

ძაბვის რეგულიატორის გარე მახასიათებლების თეორიული დიაგრამები მოცემულია ნახ. 33-ზე. გარე მახასიათებლებად მივიღეთ გენერატორის და აკუმულატორთა ბატარეას გამომავალი ძაბვები და დენის ძალების, და აღზნების ხვიაზე მიწოდებული დენის ძალის მნიშვნელობები. აგრეთვე გენერატორის როტორის ბრუნთა რიცხვის შესაბამისი სიხშირე, რომელიც ავიღეთ სტატორის ფაზიდან ცვლადი ელექტრული სიხშირის სახით. თეორიული კვლევა განვახორციელეთ სატრანსპორტო საშუალების საექსპლუატაციო რეჟიმების მიხედვით, მუშა ციკლების პარამეტრების გათვალისწინებით.



ნახ. 32. უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის პრინციპიალური ელექტრონული სქემა.



ნახ. 33. უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის გარე მახასიათებლები.

თავისუფალი სვლის რეჟიმს შეესაბამება დიაგრამების $-W1$ უბანი ნახ. 33. ამ დროს გენერატორის როტორის ბრუნთა რიცხვი დაბალია ნომინალურზე $n_G < 950$ ბრ/წთ. რომლის შესახებ, 35 მვ-ის ცვლადი ელექტრონული სიგნალის სახით, ინფორმაცია მიეწოდება ძაბვის რეგულიატორის $M2$ მოდულს. ამ პირობებში ქსელის ელექტრომომარაგებას უზრუნველყოფს აკუმულატორთა ბატარეა $U_d = U_{AK}$. გენერატორს კი არ მიეწოდება ალგზნების დენის ძალა და ის ელექტროენერგიას არ გამოიმუშავებს.

უარყოფითი ენერგობალანსის რეჟიმს მიეკუთვნება დიაგრამების $-W2$ უბანი. ოღონდ იმ განსხვავებით რომ, გენერატორის როტორის ბრუნთა რიცხვი მეტია ნომინალურზე და გენერატორს უკვე მიეწოდება ალგზნების დენის ძალის მნიშვნელობა. ამ ენერგობალანსის პირობებში გენერატორი და აკუმულატორთა ბატარეა ერთობლივად ახორციელებენ ქსელის ელექტრომომარაგებას.

ხოლო დადებითი ენერგობალანსის რეჟიმი განხილულია, დიაგრამების $+W1$, $+W2$ და $+WHR$ უბნებში. სადაც $+W1$ დიაგრამების უბანი შეესაბამება დადებითი ენერგობალანსის იმ მომენტს როცა გენერატორი უზრუნველყოფს ქსელის ელექტრომომარაგებას, მაგრამ ვერ უზრუნველყოფს აკუმულატორთა ბატარეას

დამუხტვას. ხოლო $+W2$ ენერგობალანსის დროს გენერატორი, ელექტროქსელის ელექტრომომარაგებასთან ერთად, ახორციელებს აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვას. რაც შეეხება დიაგრამების $+WHR$ უბნებს, იგი წარმოადგენს აკუმულატორთა ბატარეას შენახვის რეჟიმის შესაბამის სიტუაციას. როცა აკუმულატორთა ბატარეა დამუხტულია ბოლომდე და $M3$ მოდული, $M5$ მოდულიდან მიღებული ინფორმაციის ხარჯზე, გამორთავს მას ელექტროქსელიდან, იმ დრომდე, სანამ არ შესრულდება პირობა.

$$U_A \leq 12.8. \quad (3.5)$$

ამრიგად აღნიშნული თეორიული დიაგრამები სრულად ასახავენ უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის გარე მახასიათებლებს, სატრანსპორტო საშუალების ელექტრომომარაგების სისტემის, სხვადასხვა საექსპლუატაციო რეჟიმებში მუშაობისას.

3.3. უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის დაცვის და მართვის სისტემები

უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის, ელექტრომომარაგების სისტემის ელემენტებთან და ელექტრულ ქსელთან, საიმედო და გამართული მუშაობისათვის, აუცილებელია ძაბვის რეგულიატორმა უზრუნველყოს, როგორც საკუთარი შიგა სისტემების, ასევე ქსელის და ელექტრომომარაგების ელემენტების დაცვა სხვადასხვა საექსპლუატაციო რეჟიმების დროს. აგრეთვე სისტემაში მომხდარი მოკლე ჩართვისა და გადაძაბვების შემთხვევებში. ელექტროქსელში გამოწვეულმა დაზიანებებმა და აკუმულატორთა ბატარეას დაზიანებამ, არ უნდა გამოიყვანოს მწყობრიდან ძაბვის რეგულიატორი. ამისათვის ძაბვის რეგულიატორის სქემაში გათვალისწინებულია მთელი რიგი დაცვების პირობები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ძაბვის რეგულიატორის გამართულ მუშაობას. განვიხილოთ ცალკეულ მოდულებში ჩამონტაჟებული დაცვის სისტემების მუშაობის პრინციპები.

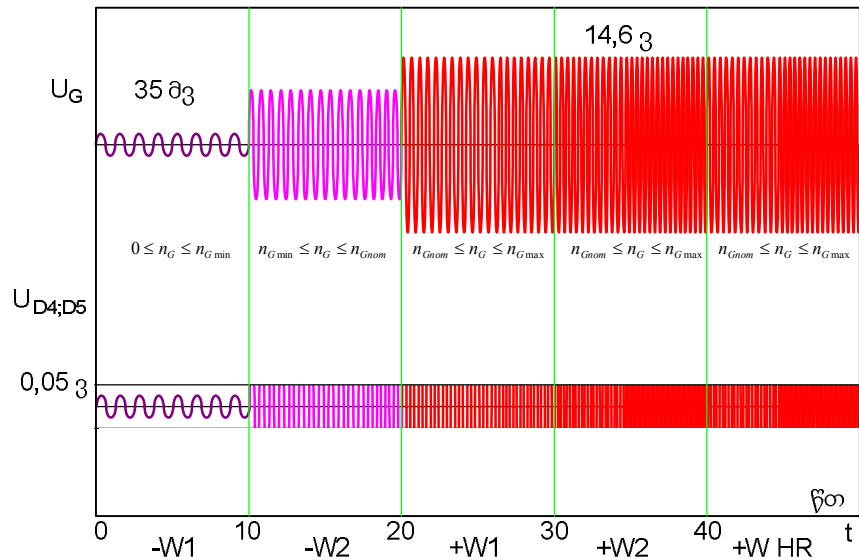
გენერატორის აღზენების ხვიის დენის ძალის რეგულიატორის $M1$ მოდულში, განივ იმპულსური რეგულიატორის, გენერატორის ტაქტური სიხშირე, შევარჩიეთ გენერატორის აღზენებაზე დახარჯული სიმძლავრის ოპტიმიზაციის პირობიდან. ეს

შერჩევა გავითვალისწინეთ გამაძლიერებელი კასკადის Q3;Q4;Q5 პროექტირებისას. გამაძლიერებელ კასკადის Q5 ტრანზისტორზე გაბნეული სიმძლავრე შევამცირეთ მინიმუმამდე. ამით გაიზარდა გამაძლიერებლის საიმედოობის და ხანგამძლეობის მახასიათებლები. გამოვიყენეთ ავტონომიური ძაბვის სტაბილიზატორი D1;C3 ნახ. 20, ტაქტური სიხშირის გენერატორის და სქემაში გამოყენებული მიკროსქემების ელექტრომომარაგებისათვის. ამით სიხშირის ცვლილება, გარემო ფაქტორების ზემოქმედებისას მინიმუმამდეა დაყვანილი.

განივ იმპულსური რეგულიატორის ექსპლუატაციისას, გენერატორის როტორში პაუზის და გამორთვის პროცესში, აღიძვრება ნარჩენი მაგნიტური ინდუქცია, რომელიც გამაძლიერებელი კასკადის გამოსასვლელზე წარმოქმნის უკუდენებს. რასაც შეუძლია მწყობრიდან გამოიყვანოს გამაძლიერებელი ტრანზისტორი Q5. ამ ტრანზისტორის დაცვისათვის გამოყენებულია, ალგუნების ხვიის პარალელურად ჩართული დიოდი D3.1 ნახ. 20. იგი უზრუნველყოფს ნარჩენი მაგნიტური ინდუქციის ნაკადის მიერ წარმოქმნილი უკუდენების ჩახშობას და იცავს გამაძლიერებელ კასკადს დაზიანებისაგან. ელექტროქსელს, აცნიშნული უკუდენებისაგან იცავს დიოდი D3.2 და R15-ის წრედი. რომელის ძირითად გამოიყენებას წარმოადგენს, ალგუნების ხვიაში მინიმალური დენის გატარებას, გენერატორის თავისუფალი სვლის დროს.

გენერატორის ბრუნთა რიცხვის გაზომვისათვის, ვიყენებთ გამომყვანს გენერატორის სტატორის ერთ-ერთი ფაზიდან. სადაც გამომავალი ცვლადი ძაბვის მნიშვნელობა იცვლება $0,035 \div 14,6$ ვოლტის დიაპაზონში. აღნიშნული ძაბვა მიეწოდება დიოდურ წრედს R16;D5;D4 ნახ. 22. ეს წრედი უზრუნველყოფს მიღებული სიგნალის მუდმივობას მის გამოსასვლელზე, რადგან არ დაზიანდეს იმპულსების მაფორმირებელი კასკადი. ძაბვების განაწილების კანონი დიოდურ ჩამხშობზე წარმოდგენილია გრაფიკული სახით ნახ. 34-ზე.

M3 მოდულში, განთავსებულია ელექტროქსელის მოკლე ჩართვის დენებისაგან დამცავი სისტემა. იგი წარმოდგენილია U14B;U14C;D8;D9 ელემენტების ბაზაზე. ამ ელემენტების შეთანწყობა საშუალებას გვაძლევს, ქსელში მოკლე ჩართვის შემთხვევაში, დავიცვათ როგორც აკუმულატორთა ბატარეას წრედი, ასევე გენერატორის წრედი.



ნახ. 34. $R16; D5; D4$ წრედში, ცვალებადი ამპლიტუდის სიდიდის, ცვლადი ძაბვის გატარების მახასიათებელი.

$U14B; U14C$ ელემენტების ურთიერთბლოკირება საშუალებას გვაძლევს მოკლე ჩართვის შემთხვევაში დავიცვათ ძაბვის განმხოლოების კასკადის ძალოვანი ტრანზისტორი $Q7$ დაზიანებისაგან. მოკლე ჩართვის შემთხვევაში $C3$ საკონტროლო წერტილში ვღებულობთ $U14A$ ელექტრონული რელეს ჩაკეტვის იმპულსს ნახ. 24. ამ დროს, ძალოვან ტრანზისტორს $Q7$ არ მიეწოდება გაშვების იმპულსი. მოკლე ჩართვის დენებზე თავდაცვის სისტემა და ძაბვების განმხოლოების კასკადი, შეწყვეტს ქსელში დენის ძალის მიწოდებას, მანამ სანამ არ აღდგება ქსელის ვარგისიანობა. როგორც კი აღდგება ქსელის ვარგისიანობა, იმპულსის მიწოდება კვლავ განახლდება. დროის გარკვეული პერიოდის გასვლის შემდგომ თუ ქსელის ვარგისიანობა არ არის აღდგენილი სისტემა კვლავ ამოქმედდება. ამოქმედების დრო დამოკიდებულია, $C7$ კონდესატორის განმუხტვის დროზე. რომელიც დამოკიდებულია $R27; C7$ ელემენტების ნომინალეზებზე და $U14B$ ელემენტის მიერ მოხმარებული დენის ძალის სიდიდეზე.

კონდესატორის განმუხტვის პროცესში, როდესაც მისი პოტენციალი, ლოგიკური „1“-იანის ქვემოთ აღმოჩნდება. მაშინ $U14C$ ლოგიკური ელემენტის გამოსასვლელზე მივიღებთ ლოგიკურ 1-იანს. რის შემდეგ $U14A$ ელექტრონული რელე, გახსნის ძალოვან ტრანზისტორს და იგი კვლავ მიაწვდის ქსელს ელექტროენერგიას. ეს პროცესი მიმდინარეობს მანამ, სანამ არ იქნება აღდგენილი ქსელის ვარგისიანობა. ქსელის

ვარგისიანობის შემოწმების სიხშირე დამოკიდებულია, გაშვების სისტემის მიერ ძრავის სრულად გაშვების დროის შუალედზე.

$$t_{am} = \frac{dC_7}{d(P_{U14B} + P_{R27})} \leq t_{gs}. \quad (3.6)$$

რადგან გაშვების სისტემის ამოქმედების დროს, აკუმულატორთა ბატარეას გამომავალი ძაბვა. მისი არასრულად დამუხტულ მდგომარეობაში ყოფნის დროს ეცემა $7 \div 8$ ვოლტამდე.

რაც შეეხება ელექტრონული დაცვის სწრაფქმედებას. ის გაცილებით მეტია, ვიდრე ბიმეტალური მცველების გამოყენების შემთხვევაში. ელექტრონული მცველის ამოქმედების დრო ნაკლებია დნობადი მცველების ამოქმედების დროზე, რომელსაც გამოვსახავთ დასწრების კოეფიციენტის სახით.

$$K_v = \frac{t_{bm}}{t_{em}} = 2,4. \quad (3.7)$$

მოკლე ჩართვის დენებზე დაცვის სისტემის მგრძობელობა გამოისახება ფორმულით.

$$K_{mh} = \frac{I_{mh}}{I_{mh \min}}. \quad (3.8)$$

მინიმალური დენის ძალის მნიშვნელობად მივიღოთ, ძალოვანი ტრანზისტორის კოლექტორის მაქსიმალური დენის ძალის მნიშვნელობა $I_{Q7 \max} = 140$ ა. მოკლე ჩართვის დენებზე საანგარიშო ფორმულა დენის ძალის მიხედვით მიიღებს სახეს.

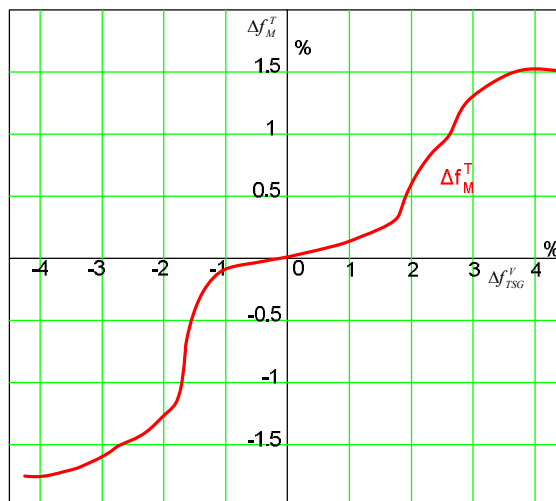
$$I_{mh} = \frac{U_d}{\sum_i R_{hs}}, \quad (3.9)$$

სადაც, R_{hs} -მაქსიმალური სიგრძის განუშტოებელი სადენის წინაღობაა. იგი დამოკიდებულია სატრანსპორტო საშუალების ტიპზე.

ამავე მოდულში განვახორციელებთ ძალოვანი ტრანზისტორის დაცვა, დატვირთვის მთლიანად მოხსნის შემთხვევაში ($I_d = 0$). ამ დროს ტრანზისტორს იცავს $R36$ წინაღობა. ხოლო უკუდენებისაგან დაცვისათვის ძალოვან ტრანზისტორს იცავს $D13$ დიოდი. $D10$ და $D12$ დიოდები, იცავს როგორც გენერატორის, ასევე აკუმულატორთა ბატარეას ძაბვების განმხოლოების პერიოდში. რაც შეეხება $C9$ ელექტროლიტური კონდენსატორს.

იგი წარმოადგენს ელექტრულ დაბალსიხშირულ ფილტრს. რომელიც უზრუნველყოფს ქსელის დაცვას, გენერატორის რეგულირებისას გამოწვეული მცირე იმპულსური რხევებისაგან. განსაკუთრებით აქტუალურია მისი არსებობა და გამართული მუშაობა, აკუმულატორთა ბატარეის შენახვის რეჟიმების დროს, როცა აკუმულატორთა ბატარეა განმხოლოებულია ელექტროქსელიდან.

M5 მოდული იცავს აკუმულატორთა ბატარეას გადამუხტვისაგან. ხოლო აკუმულატორთა ბატარეას ტემპერატურული დაცვისათვის გამოვიყენეთ თერმოგადამწოდი $DT1 \div DT10$ და თერმოზლოკი $D21$, რომლებიც პარალელურ რეჟიმში უზრუნველყოფენ აკუმულატორთა ბატარეას და დამუხტვის მოდულის ტემპერატურული ზემოქმედებებისაგან დაცვას. $D22$ და $D23$ დიოდები გამოიყენება, მართვის სიგნალისა და განმუხტვის წრედის დასაცავად უკუდენებისაგან.



ნახ. 35. მართვის სიგნალების სიხშირის თეორიული საშუალო გადახრა, „ტაქტური სიხშირის გენერატორის“ სიხშირის ცვლილებაზე.

მართვის სისტემის ძირითადი დამახასიათებელი ნიშანია მისი სწრაფქმედება, რომელიც აგრეთვე განაპირობებს დაცვის სისტემის სწრაფქმედებას. მართვის სისტემის სწრაფქმედებას განსაზღვრავს, მართვის სიგნალების სიხშირული მახასიათებლები. ძაბვის რეგულიატორის გამართული და საიმედო მუშაობისათვის, განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება მართვის სიგნალების, სიხშირულ მახასიათებლებს. ისინი არიან ძირითადი ინფორმაციის გადამტანები უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის მოდულებს შორის. მათი სწრაფქმედება და სიზუსტე პირდაპირ კავშირშია, ტაქტური

სიხშირის გენერატორების სიხშირეების სტაბილურობაზე. გენერატორის ბრუნთა რიცხვის შესაბამისი სიხშირის გაზომვისას და სხვადასხვა სიგნალების გადაცემის დროს. ამიტომ საგულისხმოა მართვის სიგნალების სიხშირის გადახრის დამოკიდებულების გამოკვლევა, ტაქტური სიხშირის გენერატორის სიხშირის ცვლილების მახასიათებელზე. ნახ. 35-ზე ნაჩვენებია, თეორიული კვლევის დროს, მართვის სიგნალების სიხშირის გადახრის მნიშვნელობის დამოკიდებულება ტაქტური სიხშირის გენერატორის სიხშირის ცვლილებაზე.

ძაბვის რეგულიატორში განთავსებული დაცვის და მართვის სისტემები, სრულად უზრუნველყოფენ სხვადასხვა საექსპლუატაციო რეჟიმების და ავარიული სიტუაციების დროს ელექტრომომარაგების სისტემის ელემენტების და ელექტროენერჯის ქსელის დაცვას, რომელთაც ადგილი აქვს რეალურ პირობებში სატრანსპორტო საშუალების ექსპლუატაციისას. რაც შეეხება მართვის სისტემებს მათი სწრაფქმედება მცირდება გარემო ზემოქმედებების გავლენით $\pm 2\%$ -ით, მაგრამ ეს ცვლილება სისტემის მუშაობაზე რაიმე მნიშვნელოვან გავლენას არ ახდენს.

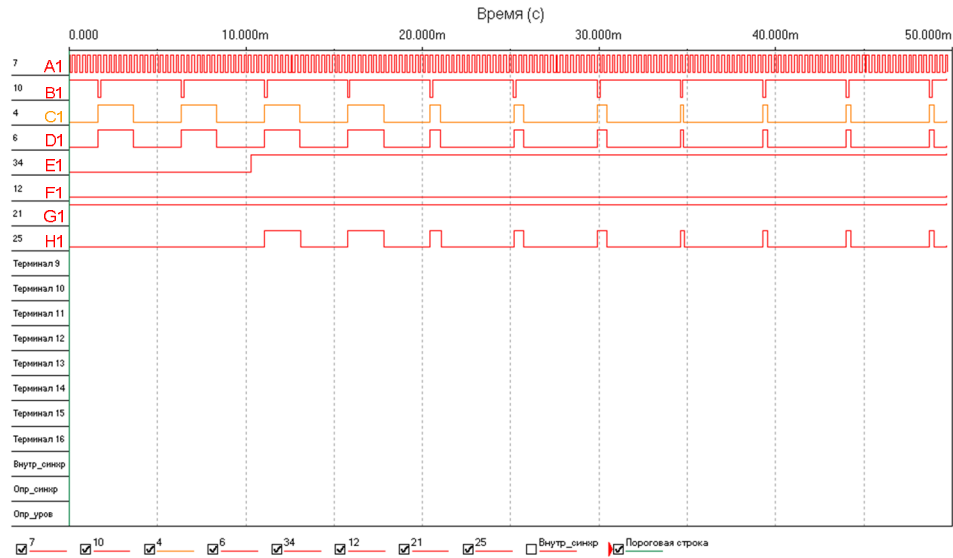
3.4. ელექტრომომარაგების სისტემის ვირტუალური მოდელის პროგრამული კვლევის შედეგები

3.4.1. ძაბვის რეგულიატორის მოდულების, ვირტუალური მოდელების, პროგრამული კვლევის შედეგები

უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის მოდულების, ვირტუალური მოდელების, პროგრამული კვლევა განვახორციელეთ პროგრამა „Multisim 11.0“-ის ვირტუალურ გარემოში. ვირტუალური მოდელირების ძირითად მახასიათებლებს წარმოადგენდა, ცალკეული ელემენტების ზუსტი ანალოგიები, რეალური პარამეტრების მიცემით. რომლის შემდგომ ვირტუალურ სქემებს მივაწოდეთ, საექსპლუატაციო პარამეტრებიდან გამომდინარე, ვირტუალური ძაბვის მნიშვნელობები და სხვა დანარჩენი გარე შემამოფოთებელი ვირტუალური სიდიდეები.

ვირტუალური კვლევის წარმოებისას გავითვალისწინეთ ელემენტების რეალური ნომინალების გადახრები და დაშვებები. რომლებიც სინამდვილეში გააჩნიათ სქემაში

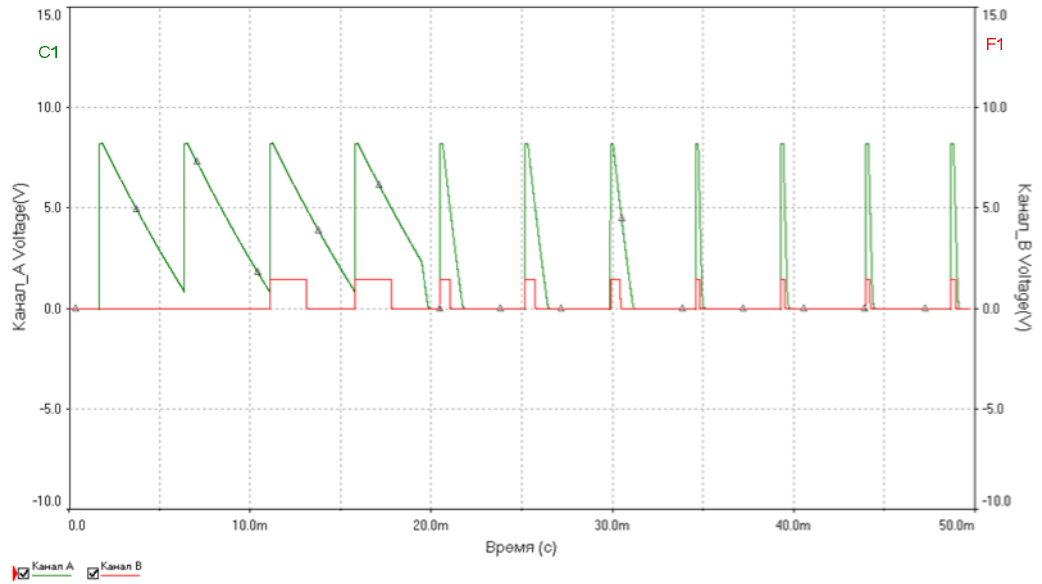
გამოყენებულ ელემენტებს. ამით უფრო გავზარდეთ ვირტუალური მოდელირების სიზუსტე, რეალურ გამოცდებთან მიმართებაში. აკუმულატორთა ბატარეას ტემპერატურული ზემოქმედების გავლენა სისტემის ელემენტებზე წარმოვადგინეთ მახვილ ცვლილებით დროში. ვირტუალური კვლევის შედეგები დავამუშავეთ ამავე პროგრამის გამოყენებით. კვლევის პარამეტრების მონაცემების ცხრილების ფრაგმენტები მოცემულია დანართი 4-ში.



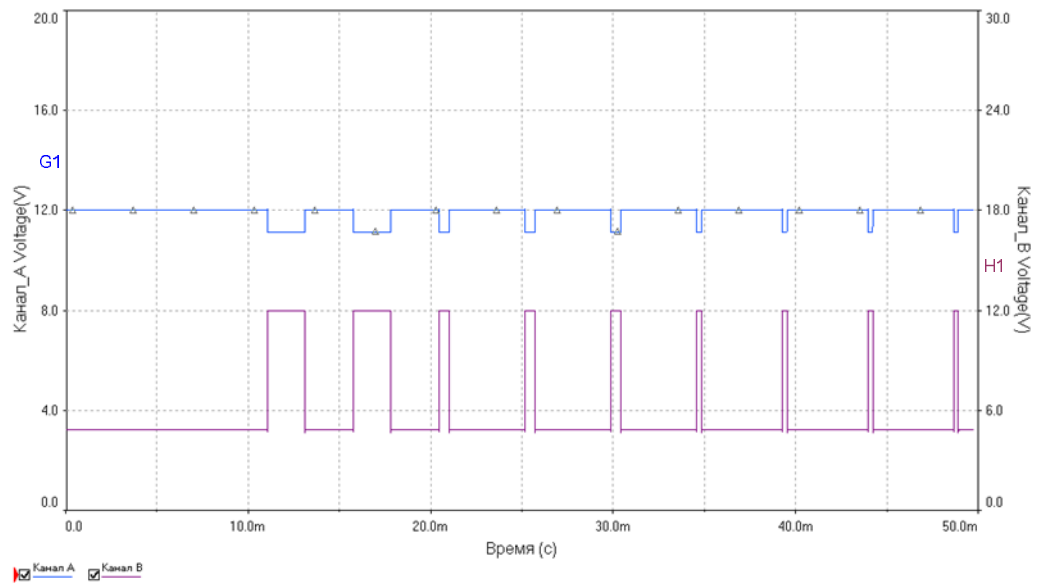
ნახ. 36. M1 მოდულის ვირტუალური მოდელის, საკონტროლო წერტილებში მოქმედი ციფრული სიგნალების, ვირტუალური დიაგრამები.

M1 მოდულის ვირტუალური კვლევისათვის, ვირტუალურ სქემაზე დავიტანეთ ის საკონტროლო წერტილები (A1 ÷ H1), რომლებშიდაც მიღებული გვაქვს თეორიული კვლევის მონაცემები. ამ საკონტროლო წერტილებიდან მონაცემები მივმართეთ ვირტუალურ გამზომ ხელსაწყოებზე. ციფრული სიგნალები ლოგიკურ ანალიზატორზე (XLA1), ხოლო ანალოგიური სიგნალები ვირტუალურ ოსცილოგრაფებზე (XSC1; XSC2). ციფრული სიგნალების ვირტუალური დიაგრამები, გრაფიკული ანალიზატორის დიაგრამების სახით მოცემულია ნახ. 36-ზე. სადაც ნათლად ჩანს, განივ-იმპულსების წარმოქმნის პროცესი. რომლებიც მართავენ ალგზნების ხვიაზე მისაწოდებელი დენის ძალის პერიოდულობას. ნახ. 37-ზე ნაჩვენებია ვირტუალური ოსცილოგრაფის მიერ ჩაწერილი ანალოგიური სიგნალები, განივი-იმპულსების მაფორმირებელი კასკადის მუშაობის პროცესში. რომელიც ასახავს განივ-იმპულსების ფორმირების პროცესს.

ხოლო ნახ. 38-ზე მოცემული ვირტუალური ოსცილოგრამები შეესაბამება, ალგზნების დენის ძალის გამაძლიერებელი კასკადის მართვის (G1) და ალგზნებაზე მისაწოდებელი (H1) ძაბვების პარამეტრებს.



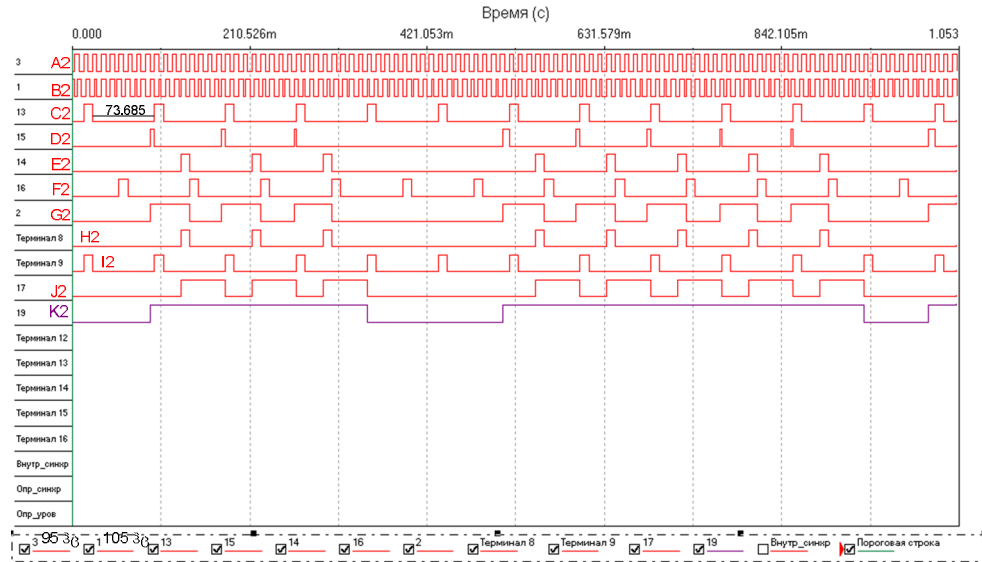
ნახ. 37. M1 მოდულის ვირტუალური მოდელის, საკონტროლო წერტილებში მოქმედი ძაბვების, ვირტუალური დიაგრამები.



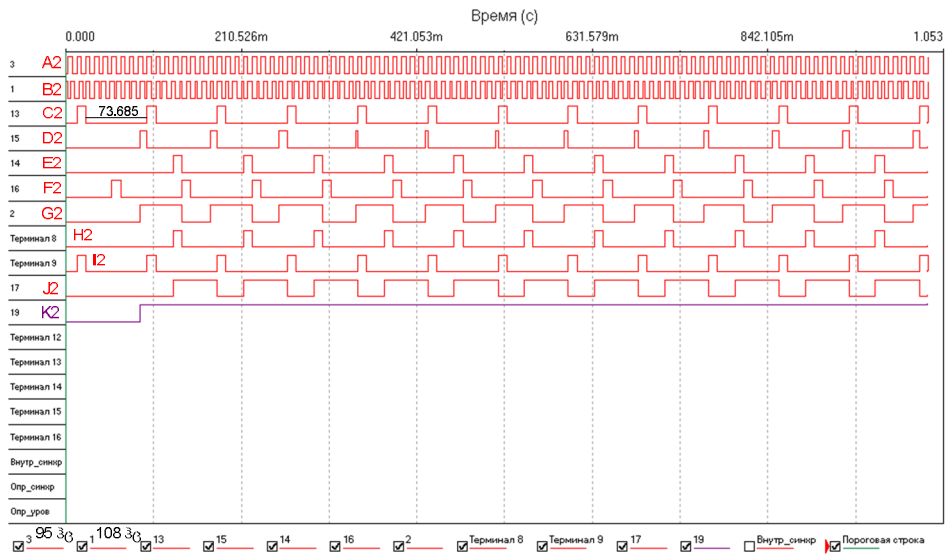
ნახ. 38. M1 მოდულის ვირტუალური მოდელის, საკონტროლო წერტილებში მოქმედი ძაბვების, ვირტუალური დიაგრამები.

M2 მოდული თავისი დანიშნულების მიხედვით წარმოადგენს, ძაბვის რეგულიატორის გამშვებ მოდულს. ამ მოდულის კვლევისას. განსაკუთრებული

მნიშვნელობა ენიჭება, გენერატორის როტორის ბრუნვის შესაბამისი, იმ სიხშირის დიაპაზონის კვლევას. რომლის დროსაც იწყებს M2 მოდული. აღზნების დენის ძალის მიწოდების დაშვებას.



ნახ. 39. M2 მოდულის ვირტუალური მოდელის, საკონტროლო წერტილებში მოქმედი მართვის ციფრული სიგნალების, ვირტუალური დიაგრამები.105 კჰც

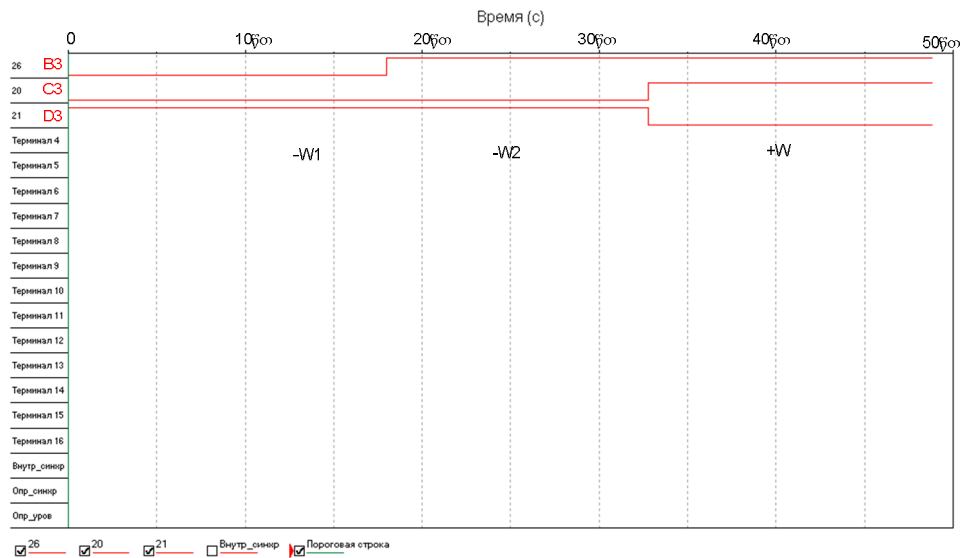


ნახ. 40. M2 მოდულის ვირტუალური მოდელის, საკონტროლო წერტილებში მოქმედი მართვის ციფრული სიგნალების, ვირტუალური დიაგრამები.108 კჰც

ვირტუალური კვლევისათვის, ისევე როგორც სხვა მოდულების ანალოგიურად, ვირტუალურ სქემაზე დავიტანეთ ის საკონტროლო წერტილები (A2 ÷ K2), რომლებშიდაც მიღებული გვაქვს თეორიული კვლევის მონაცემები. ამ საკონტროლო

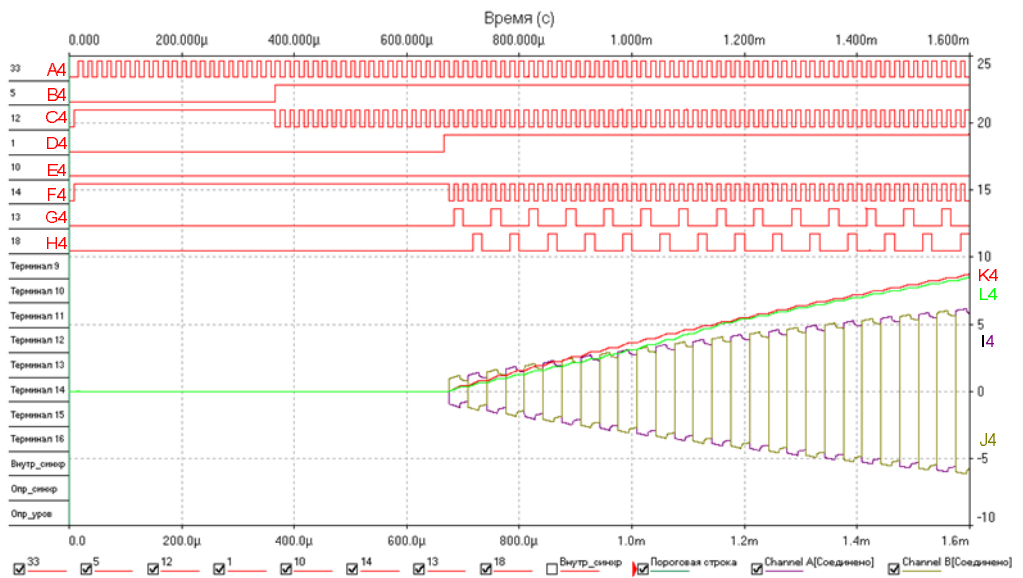
წერტილებიდან, ციფრული სიგნალების მონაცემები მივმართეთ ვირტუალურ ლოგიკურ ანალიზატორზე (XLAI). ნახ. 39-ზე ნაჩვენებია ციფრული სიგნალების ვირტუალური დიაგრამები, რომლებიც შეესაბამება, გენერატორის როტორის ბრუნთა რიცხვის შესაბამისი სიხშირის 105 ჰც-ს. როგორც დიაგრამიდან ვხედავთ, ფაზური ძვრის პირობიდან გამომდინარე. ამ შემთხვევაში ადგილი აქვს, ალგზნების დენის ძალის დაშვების წყვეტას (K2). ხოლო ნახ. 40-ზე ნაჩვენებია, გენერატორის როტორის ბრუნთა რიცხვის შესაბამისი, სიხშირის (108 ჰც) ვირტუალური დიაგრამები. სადაც ალგზნების დენის ძალის დაშვების იმპულსის წყვეტა არ შეინიშნება. რაც მიუთითებს იმ დიაპაზონის არსებობას რომელიც მიღებულია თეორიული კვლევების შედეგად.

დატვირთვის ქსელის ელექტრომომარაგების გამანაწილებელი M3 მოდულის, ვირტუალური კვლევისას, ძირითადი მახასიათებლების ანათვლების აღება განვახორციელეთ დაჩქარებულ რეჟიმში. გამოვიყენეთ ანათვლების აღების ანალოგიები, მიკროწამების ინტერვალებით, რომელიც ზუსტად შეესაბამება ანათვლების აღების წუთობრივ ინტერვალს. გაზომვებისათვის გამოვიყენეთ ციფრული სიგნალების ლოგიკური ანალიზატორი (XLAI) და ვირტუალური ოსცილოგრაფი (XSCI). ნახ. 41-ზე ნაჩვენებია ელექტრომომარაგების სისტემის უარყოფითი ენერგობალანსის (-W1;-W2) და დადებითი (+W) ენერგობალანსის შემთხვევის დროს, გამანაწილებელი მოდულის მიერ ძაბვების განაწილების კანონი.



ნახ. 41. M3 მოდულის ვირტუალური მოდელის, საკონტროლო წერტილებში მოქმედი, მართვის სიგნალების, ვირტუალური დიაგრამები.

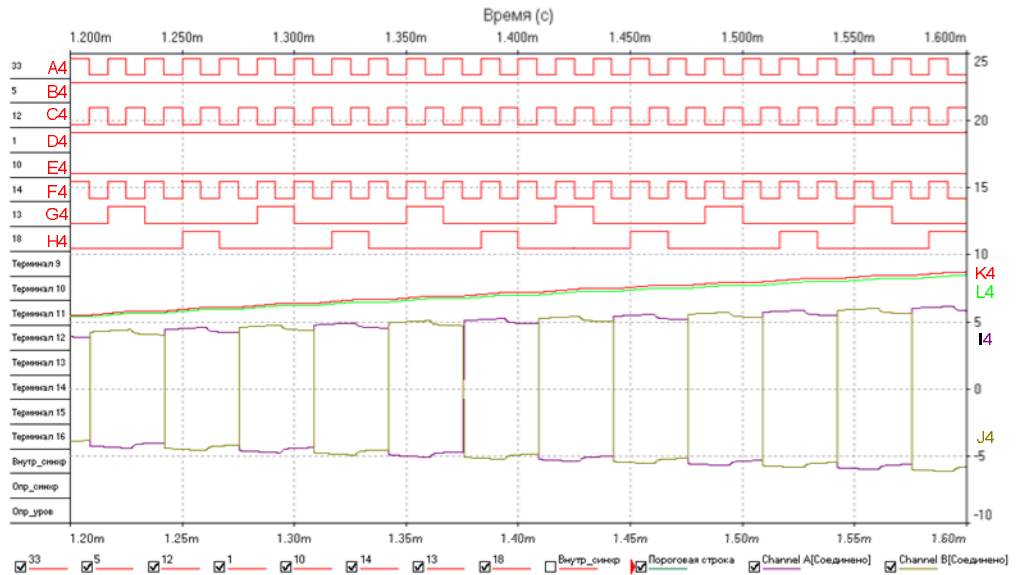
M4 მოდულის ვირტუალური კვლევისათვის, ვირტუალურ სქემაზე დავიტანეთ ციფრული სიგნალების ანათვლების ასაღებად ($A4 \div H4$) საკონტროლო წერტილები, ხოლო ანალოგიური სიგნალების ანათვლების ასაღებად ($I4 \div L4$) საკონტროლო წერტილები ნახ. 26. ციფრული სიგნალების ანათვლების აღება განვახორციელეთ, ვირტუალურ ლოგიკურ ანალიზატორზე (*XLAI*), ხოლო ანალოგიური სიგნალების ასაღებად გამოვიყენეთ ვირტუალური ოსცილოგრაფი (*XSCI*). მიღებული ანათვლები, გრაფიკული კვლევის შედეგების ნათლად წარმოჩენის მიზნით, გავაერთიანეთ ერთი მთლიანი სურათის სახით, ვირტუალური გარფიკული ამგების დაფაზე ნახ. 42.



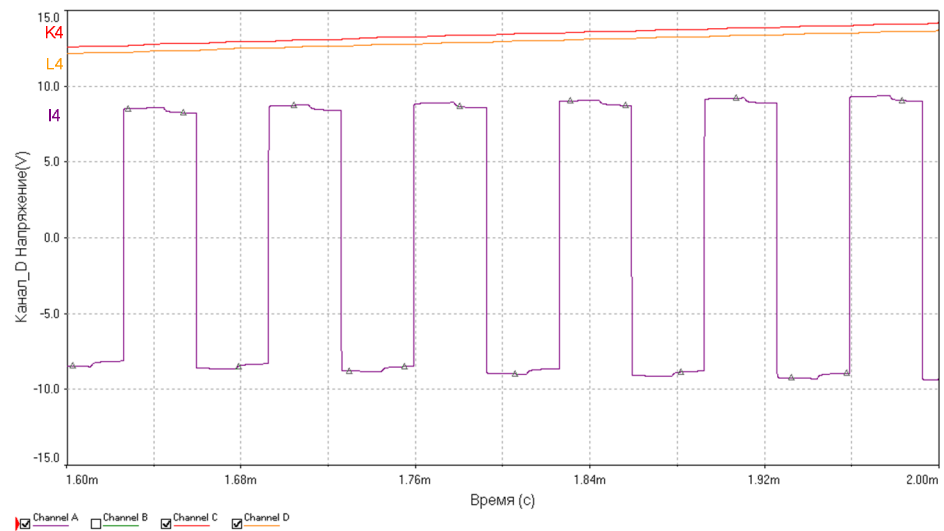
ნახ. 42. M4 მოდულის ვირტუალური მოდელის, საკონტროლო წერტილებში მოქმედი ციფრული სიგნალების, ვირტუალური დიაგრამები.

აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის პროცესის დაშვება, შესაძლებელია მხოლოდ მას შემდეგ, რაც დადგება დადებითი ენერგობალანსის მეორე საფეხური. ამ პროცესის დაცვას უზრუნველყოფს B4 და D4 საკონტროლო წერტილებში, M6 და M3 მოდულებიდან მოსული სიგნალები. დამუხტვის პროცესის დასაწყისში, აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის ძაბვის ზრდას, გარკვეული დროის პერიოდი ესაჭიროება. რომელიც 2 მწმ-ს არ აღემატება ნახ. 43. ძაბვა დამატების კასკადში, იმპულსური ტრანსფორმატორში მოქმედი ძაბვის იმპულსების გრაფიკული ანათვლები მოცემულია ($I4; J4$) დიაგრამების სახით. ძაბვის იპულსის ფორმის თავისებურება განპირობებულია, იმპულსური ტრანსფორმატორის გულანის მაგნიტური ინდუქციის

ნაკადის მახასიათებლით ნახ. 44. აღნიშნული მოდულის ვირტუალური სქემა სრულად უზრუნველყოფს აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის პროცესის დროის პერიოდის და დასამუხტი დენის ძალის სტაბილურობის დაცვას.



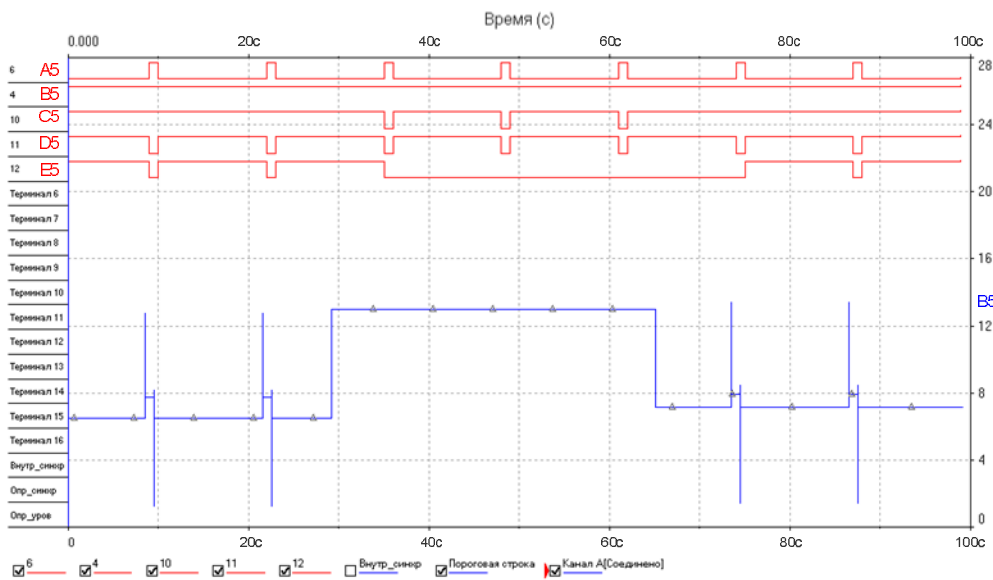
ნახ. 43. M4 მოდულის ვირტუალური მოდელის, საკონტროლო წერტილებში მოქმედი ძაბვების, ვირტუალური დიაგრამები.



ნახ. 44. M4 მოდულის ვირტუალური მოდელის, საკონტროლო წერტილებში მოქმედი ძაბვების, ვირტუალური დიაგრამები.

აკუმულატორთა ბატარეის ძაბვის მაკონტროლირებელი M5 მოდულის ვირტუალური კვლევისათვის, ვირტუალურ სქემაზე დავიტანეთ საკონტროლო წერტილები (A5 ÷ E5). ამ საკონტროლო წერტილებიდან მონაცემები მივმართეთ

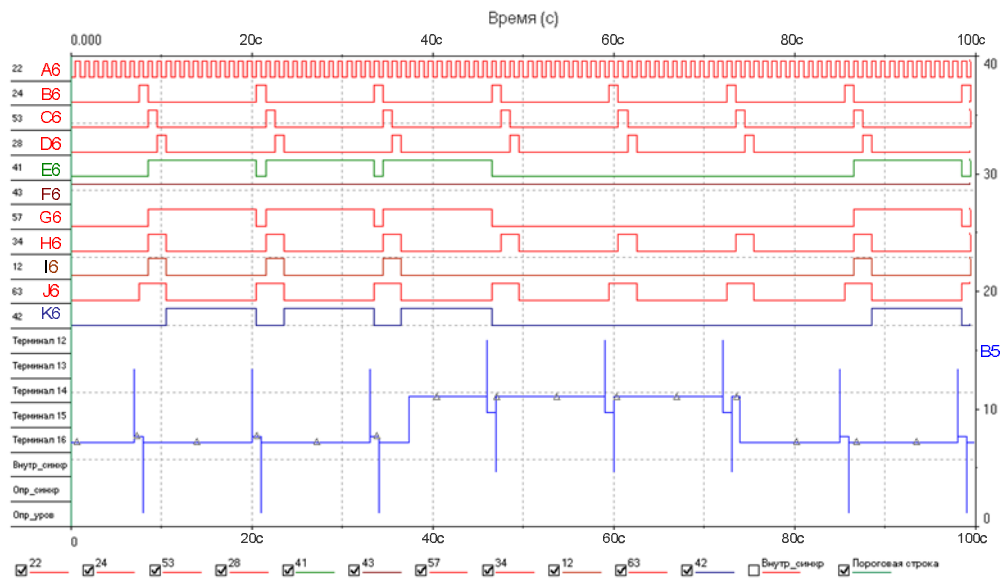
ვირტუალურ გამზომ ხელსაწყოებზე: ციფრული სიგნალები ლოგიკურ ანალიზატორზე (XLAI), ხოლო ანალოგიური სიგნალები ვირტუალურ ოსცილოგრაფზე (XSCI). ციფრული სიგნალების ვირტუალური დიაგრამები, და აკუმულატორთა ბატარეას გამომავალი ძაბვის, შესაბამისი ანალოგიური დიაგრამები მოცემულია ნახ. 45-ზე. აკუმულატორთა ბატარეას გამომავალი ძაბვის გაზომვის პერიოდში, აკუმულატორთა ბატარეაზე, არ მოქმედებს არცერთი დატვირთვა. ამიტომ ამ ძაბვის მნიშვნელობა. გარკვეული მიახლოებით ჩაითვლება მის ელექტრომამოძრავებელ ძლად. ეს საშუალებას გვაძლევს ძაბვის გამზომის წრედი, ელექტროლიტის ტემპერატურაზე დამოკიდებულებით, დავარეგულიროთ მუდმივ მახასიათებელზე.



ნახ. 45. M5 მოდულის ვირტუალური მოდელის, საკონტროლო წერტილებში მოქმედი ძაბვების და ციფრული სიგნალების, ვირტუალური დიაგრამები.

გაზომვის პერიოდებს შეესაბამება A5 გრაფიკის ლოგიკური „1“. რომელიც ძაბვის გაზომვის შემდეგ, გვაძლევს ინფორმაციას აკუმულატორთა ბატარეის დამუხტულობის შესახებ E5. როცა ნორმალურ პირობებში, $U_A < 12,8$ ვ, მაშინ დამუხტვა განმუხტვის დროის პერიოდში, წარმოიქმნება ლოგიკური „1“, რაც მიუთითებს აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის აუცილებლობას. ხოლო როცა $U_A > 12,8$ ვ-ზე, მაშინ დამუხტვის აუცილებლობის იმპულსი არ წარმოიქმნება და აკუმულატორთა ბატარეა გადადის შენახვის რეჟიმში შესაბამისი პირობების არსებობისას.

იმპულსური დამუხტვა-განმუხტვის, დესულფატაციის M6 მოდულის ვირტუალური კვლევისათვის, ვირტუალურ სქემაზე დავიტანეთ საკონტროლო წერტილები (A6 ÷ K6), საკონტროლო წერტილებში ციფრული სიგნალების მახასიათებლები, ავიღეთ ვირტუალური ლოგიკური ანალიზატორის (XLA1)-ს საშუალებით. ციფრული სიგნალების ვირტუალური დიაგრამები მოცემულია ნახ. 46-ზე. სადაც აგარეთვე დავიტანეთ B5 საკონტროლო წერტილში მოქმედი, აკუმულატორთა ბატარეას ძაბვის შესაბამისი დიაგრამა.



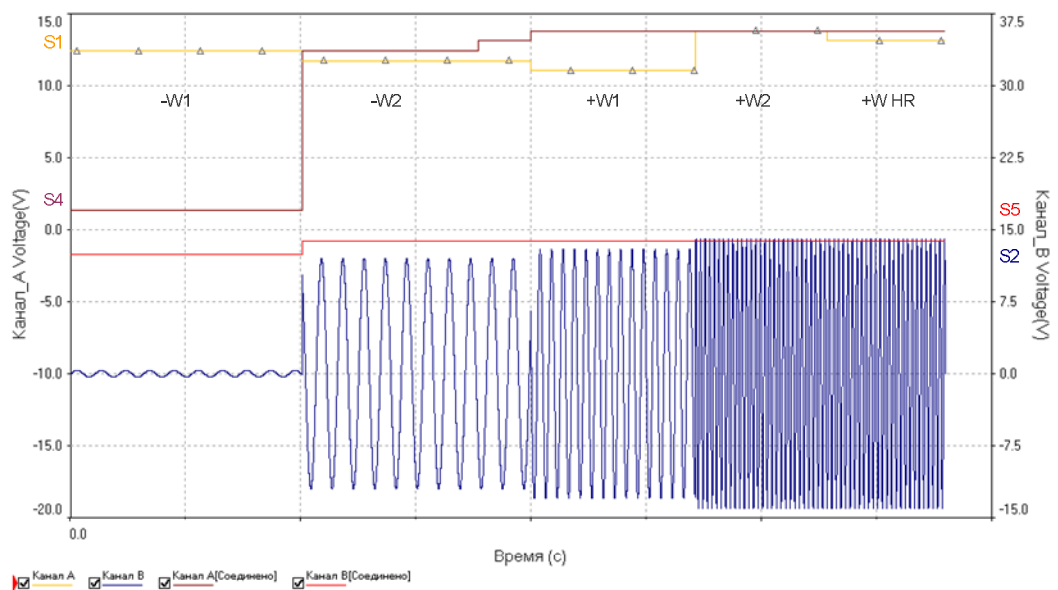
ნახ. 46. M6 მოდულის ვირტუალური მოდელის, საკონტროლო წერტილებში მოქმედი ძაბვების და ციფრული სიგნალების, ვირტუალური დიაგრამები.

ეს გამაერთიანებელი გრაფიკული ანალიზი საშუალებას გვაძლევს უკეთ გავარჩიოთ, აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვა, განმუხტვის და პაუზის დროის პერიოდების მონაცვლეობა. E6 დიაგრამაზე ლოგიკური „1“ იმპულსები განსაზღვრავენ აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის აუცილებლობის პირობას M5 მოდულიდან. ამ შემთხვევაში სისტემა, I6 და K6 საკონტროლო წერტილებში წარმოქმნის, შესაბამისად განმუხტვის და დამუხტვის დაშვების იმპულსებს. სხვა შემთხვევაში დაშვების იმპულსები არ წარმოიქმნება.

3.4.2. ელექტრომომარაგების სისტემის ვირტუალური მოდელის პროგრამული კვლევის შედეგები

უნიფიცირებული ძაბვის რეგულატორის ვირტუალური მოდელის, პროგრამული კვლევა, მისი მოდულების ანალოგიურად, განვახორციელეთ პროგრამა „Multisim 11.0“-ის ვირტუალურ გარემოში. სადაც ვირტუალური მოდელირების ძირითად მახასიათებლებს წარმოადგენდა, ცალკეული მოდულების ზუსტი ანალოგიები, რეალური პარამეტრების მიცემით.

ვირტუალური კვლევის წარმოებისას გავითვალისწინეთ, მოდულების და მოდულებში გამოყენებული ელემენტების, რეალური ნომინალების გადახრები და დაშვებები. აკუმულატორთა ბატარეას ტემპერატურული ზემოქმედების გავლენა სისტემის ელემენტებზე წარმოვადგინეთ ძაბვის ცვლილებით დროში. ვირტუალური კვლევის შედეგები დავამუშავეთ ამავე პროგრამის გამოყენებით. კვლევის პარამეტრების მონაცემების ცხრილების ფრაგმენტები მოცემულია დანართი 4-ში.

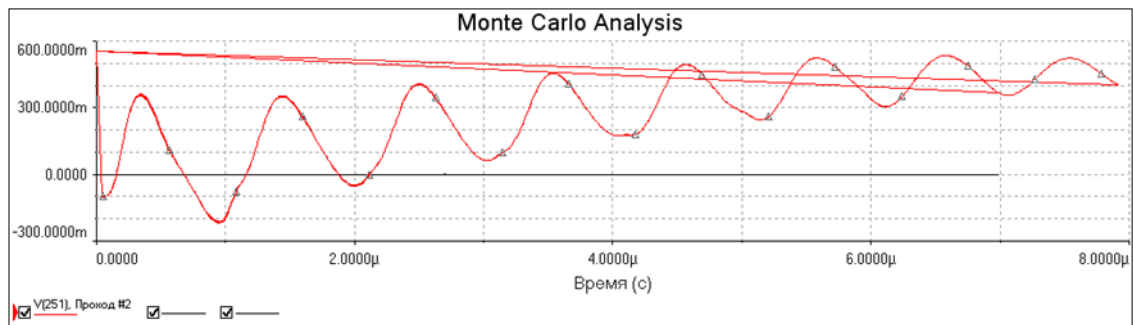


ნახ. 47. უნიფიცირებული ძაბვის რეგულატორის ვირტუალური მოდელის, საკონტროლო წერტილებში მოქმედი ძაბვების, ვირტუალური დიაგრამები.

ძაბვის რეგულატორის ვირტუალური კვლევისათვის, ვირტუალურ სქემაზე (ნახ. 79. დანართი 4.) დავიტანეთ ის საკონტროლო წერტილები ($S1 \div S5$), რომლებშიდაც მთლიანად აისახება ძაბვის რეგულატორის ძირითადი გარე მახასიათებლები.

საკონტროლო წერტილებიდან მონაცემები, ანალოგიური სიგნალების სახით ავიღეთ, ვირტუალურ ოსცილოგრაფებზე ($XSC1; XSC2$). ვირტუალური კვლევის ოსცილოგრამები ნაჩვენებია ნახ. 47-ზე. მოდულების შიგა მახასიათებლების ანათვლების აღება განხორციელდა მიკროწამების ინტერვალებში. ხოლო ძაბვის რეგულიატორის გარე მახასიათებლების აღება განვახორციელეთ რამოდენიმე წუთის ინტერვალებით.

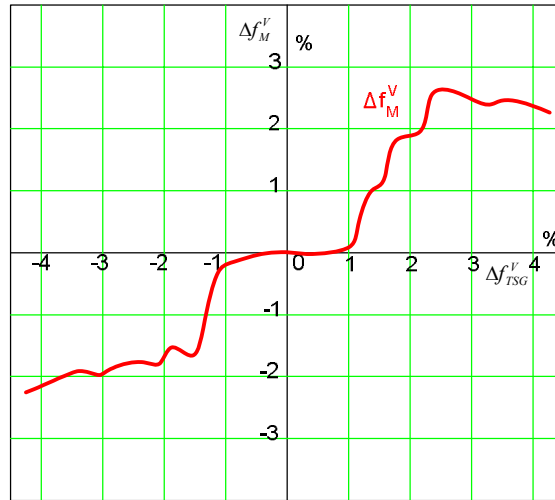
გრაფიკზე მოცემული დროის შუალედები, შეესაბამება ელექტრომომარაგების სისტემის უარყოფითი ($-W1; -W2$) და დადებითი ენერგობალანსის ($+W1; +W2$) პერიოდებს. ხოლო ($+WHR$) დროის შუალედი წარმოდგენს აკუმულატორთა ბატარეას შენახვის რეჟიმის შესაბამის დროის პერიოდს. უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის გარე მახასიათებლების ასეთი სახით წარმოდგენა, ნათლად ასახავს ძაბვის რეგულიატორში მიმდინარე პროცესებს, რომლებიც დამახასიათებელია სატრანსპორტო საშუალების ექსპლუატაციისას მიკროციკლის პერიოდებში. მიღებული მახასიათებლები სრულად აკმაყოფილებენ იმ მოთხოვნებს, რაც წაყენება სატრანსპორტო საშუალების ელექტრომომარაგების სისტემას, ასეთი ტიპის უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორთან ერთად ექსპლუატაციისას.



ნახ. 48. უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის გარდამავალი რეჟიმების ანალიზი მონტე კარლოს მეთოდით.

ჩავატარეთ ელექტრომომარაგების სისტემის, ვირტუალური პროგრამული კვლევა გარდამავალ რეჟიმებზე, მონტე კარლოს ანალიზის მეთოდით. კვლევის შედეგად მიღებული ოსცილოგრამები მოცემულია ნახ. 48-ზე. რომელზეც ნათლად ჩანს, რომ სისტემის მახასიათებლები ინარჩუნებენ სტაბილურობას გარდამავალი რეჟიმების დროს. გარდამავალი რეჟიმების პროცესის დროს სისტემის საკუთარი რხევის

მახასიათებელი მიიღევა, რაც მიუთითებს სისტემის მდგრადობაზე. აქედან შეგვიძლია გავაკეთოთ დასკვნა სისტემის მდგრადობის შესახებ ექსპლუატაციის ნებისმიერი პირობების დროს.



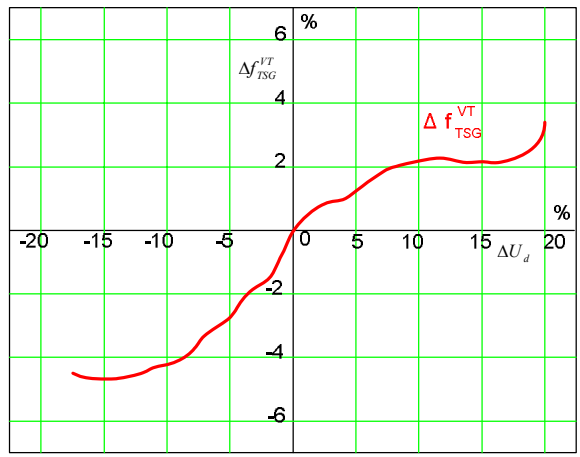
ნახ. 49. მართვის სიგნალების სიხშირის საშუალო გადახრა, „ტაქტური სიხშირის გენერატორის“ სიხშირის ცვლილებაზე. ვირტუალური კვლევის დროს.

მართვის სიგნალების სიხშირული მახასიათებლები განაპირობებს მართვის საიმედოობას. ამიტომ მართვის სიგნალები, თეორიული კვლევის მსგავსად ვირტუალურ პროგრამული კვლევის დროს, გამოვიკვლიეთ ტაქტური სიხშირის გენერატორის სიხშირის ცვლილებაზე დამოკიდებულებით. ნახ. 49-ზე ნაჩვენებია მართვის სიგნალების სიხშირის საშუალო გადახრა, „ტაქტური სიხშირის გენერატორის“ სიხშირის ცვლილებაზე. როგორც ვხედავთ გადახრის საშუალო მაჩვენებელი არ აღემატება $\pm 2,3$ %, რაც დასაშვებ ზღვრებში მდებარეობს.

3.5. თეორიული კვლევის შედეგების შედარება, ვირტუალურ გარემოში წარმოებული, პროგრამული კვლევის შედეგებთან

თეორიული კვლევის ანალიზის შედეგების, დაყვანილი კერძო პარამეტრების მიღების შემდეგ, საშუალება გვქვია მიღებული პარამეტრები შევადაროთ ვირტუალური კვლევის შედეგად მიღებულ შესაბამის პარამეტრებს. შედარებისათვის გამოვიყენეთ სისტემის ინდენტურობა გაანგარიშების მომენტებისათვის. მიღებული

მონაცემები შევიტანეთ ცხრილებში, რომლებიც მოცემულია დანართი 4-ში. ანგარიშისათვის გამოვიყენეთ, თეორიული და ვირტუალური პროგრამული კვლევების შედეგად, გაანგარიშებულ მონაცემებს შორის ფარდობითი სხვაობის გამოსათვლელი ფორმულები. ვირტუალური ანათვლები ავიღეთ, ვირტუალური გრაფიკული ამგების დიაგრამებიდან, ელექტრონული კურსორების საშუალებით. შედეგები შევიტანეთ ცხრილში. ხოლო თეორიული კვლევის შედეგები მივიღეთ გაანგარიშების შედეგად, ვირტუალური კურსორის მდებარეობის შესაბამისი დროის მაჩვენებლების მიხედვით.



ნახ. 50. „ტაქტური სიხშირის გენერატორის“ სიხშირის გადახრის ცდომილება, თეორიული და ვირტუალური კვლევის შედეგების მიხედვით.

ტაქტური სიხშირის გენერატორის სიხშირის გადახრა ნომინალურთან მიმართებაში წარმოდგენილია, ელექტროქსელში ძაბვის მნიშვნელობის ნომინალურიდან გადახრასთან მიმართებაში ნახ. 50. ქსელის ძაბვის ნომინალური მნიშვნელობა $U_d = 13,8$ ვ, გადახრა $\pm \Delta U_d$, ხოლო ტაქტური სიხშირის გენერატორის ნომინალური მნიშვნელობა $f_{TGS} = 3040$ ჰერცი. გაანგარიშებისათვის გამოვიყენეთ ფარდობითი სხვაობის გამოსათვლელი ფორმულა.

$$\Delta f_{TSG}^{VT} = \frac{f_{TSG}^T - f_{TSG}^V}{f_{TSG}^T} \cdot 100\% . \tag{3. 10}$$

ხოლო საშუალო გადახრის მაჩვენებელი გაიანგარიშება ფორმულით.

$$\Delta f_{TSGsah}^{VT} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta f_{TSG}}{n} , \tag{3. 11}$$

სადაც: n - გაანგარიშებული მონაცემების რაოდენობაა.

განგარიშებული მონაცემების საფუძველზე მივიღეთ. „ტაქტური სიხშირის გენერატორის“, თეორიული და ვირტუალური მოდელის, სიხშირებს შორის გადახრის მახასიათებელი, ელექტროქსელის ძაბვის ნომინალურიდან გადახრასთან მიმართებაში.



ნახ. 51. მართვის სიგნალების სიხშირის საშუალო გადახრის, ცდომილება თეორიული და ვირტუალური კვლევის შედეგების მიხედვით.

„ტაქტური სიხშირის გენერატორის სიხშირის“ ცვლილებაზეა დამოკიდებული მართვის სიგნალების სიხშირული გადახრა. მართვის სიგნალების სიხშირული გადახრის გამოკვლევის ცდომილება, ვირტუალური და თეორიული კვლევის შედეგების შედარების მიხედვით ნაჩვენებია ნახ. 51-ზე. სადაც მივიღეთ, ვირტუალური და თეორიული კვლევის შედეგებს შორის განსხვავების აბსოლუტური მნიშვნელობები.

აკუმულატორთა ბატარეას და გენერატორის გამომავალი ძაბვების, თეორიული და ვირტუალური კვლევის პროცესში, მიღებულ მნიშვნელობებს შორის, განსხვავებები ნაჩვენებია ნახ. 52-ზე. ძაბვების ანგარიში და ვირტუალური გაზომვები, ვაწარმოეთ დროის და საექსპლუატაციო პარამეტრების იდენტური მახასიათებლების პირობებში, სრულფასოვანი მიკროციკლის მიმდინარეობის დროს. ცდომილებების გამოსათვლელი ფორმულა წარმოდგება შემდეგი სახით.

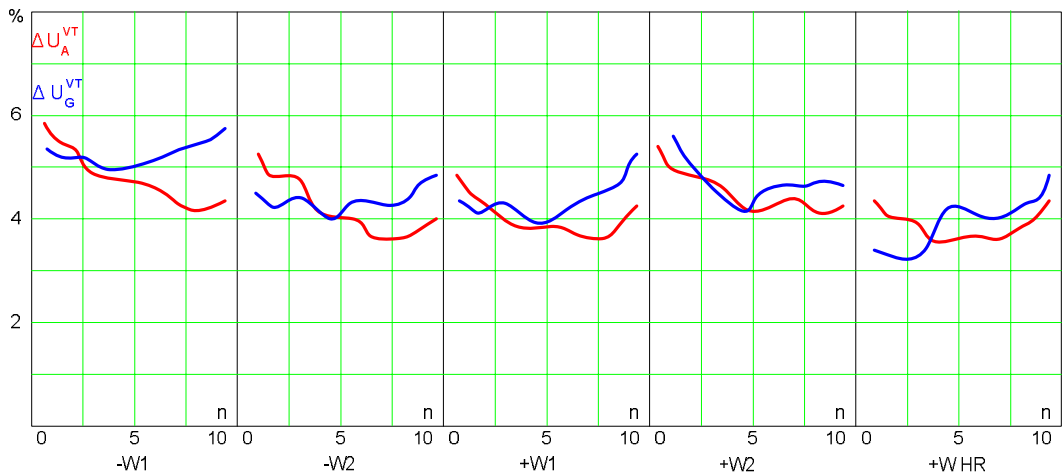
$$\Delta U_A^{VT} = \frac{|U_A^T - U_A^V|}{U_A^T} \cdot 100\%; \quad \Delta U_G^{VT} = \frac{|U_G^T - U_G^V|}{U_G^T} \cdot 100\%. \quad (3. 12)$$

გადახრის საშუალო მაჩვენებელი გამოითვლება, თითოეული განგარიშებული მონაცემების საშუალო არითმეტიკულის გამოყენებით. სადაც გაზომვათა რაოდენობა ერთნაირია ნახაზზე ნაჩვენები დაყოფის მიხედვით.

$$\Delta U_{Asah}^{VT} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta U_A}{n}; \Delta U_{Gsh}^{VT} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta U_G}{n}. \quad (3. 13)$$

დიაგრამიდან ჩანს რომ. გაზომვის ცდომილებები ყველაზე მაღალია უარყოფითი ენერგობალანსის დროს $-W1$. ამ პიროცესში მიმდინარეობს შიგაწვის ძრავის გაშვება სტარტერით და ამ პროცესის მიმდინარეობისას, არ არის ნორმირებული აკუმულატორთა ბატარეას მიერ დროის შუალედში გაცემული სიმძლავრე. ხოლო შენახვის რეჟიმის დროს ცდომილების შემცირება მიუთითებს აკუმულატორთა ბატარეას შენახვის რეჟიმში ყოფნის დროს, ადგილი აქვს აკუმულატორთა ბატარეას თვითგანმუხტვას და მისი გამომავალი ძაბვა, არ არის მუდმივი.

გარემო ტემპერატურის ზემოქმედება სისტემის ელემენტებზე, ზრდის ანგარიშების შედეგად მიღებულ სიდიდეების ცდომილებებს. ტემპერატურას განსაკუთრებული გავლენა აქვს აკუმულატორთა ბატარეას ელექტროლიტზე. ამიტომ საგულისხმოა ტემპერატურის მახასიათებლის გავლენის გამოკვლევა, თეორიული ანგარიშის და ვირტუალური გაზომვების შედეგების შედარებისას.



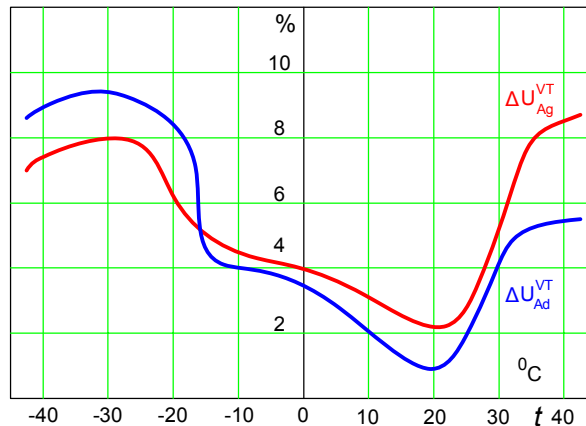
ნახ. 52. აკუმულატორთა ბატარეას და გენერატორის, ძაბვების მნიშვნელობების ცდომილება თეორიული და ვირტუალური კვლევის შედეგების მიხედვით.

აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის და შენახვის რეჟიმში გადასვლის პროცესში, გაანგარიშებული და ვირტუალური გაზომვების შედეგად მიღებულ სიდიდეებს შორის ცდომილების გრაფიკები მოცემულია ნახ. 53-ზე. ანგარიში და გაზომვები ვაწარმოეთ, აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის რეჟიმში და შენახვის რეჟიმში გადასვლის

მომენტში. ეს მახასიათებელი აგრეთვე ახასიათებს დამუხტვის და შენახვის რეჟიმების ჩართვის სისტემის მგრძობელობას. აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის რეჟიმის დაშვების დროს, აკუმულატორთა ბატარეას გამომავალი ძაბვის გაანგარიშების და ვირტუალური კვლევის დროს გაზომვებს შორის ცდომილება, იდენტური დასამუხტი დენის ძალის არსებობის დროს, ტემპერატურული მახასიათებლის ზეგავლენის პირობებში. გამოითვლება შემდეგი ფორმულით.

$$\Delta U_{Ad}^{VT} = \frac{|U_{Ad}^T - U_{Ad}^V|}{U_{Ad}^T} \cdot 100\% ; \Delta U_{Ag}^{VT} = \frac{|U_{Ag}^T - U_{Ag}^V|}{U_{Ag}^T} \cdot 100\% . \quad (3.14)$$

$$\Delta U_{Adsah}^{VT} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta U_{Ad}}{n} ; \Delta U_{Agsah}^{VT} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta U_{Ag}}{n} . \quad (3.15)$$



ნახ. 53. აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის და შენახვის რეჟიმის ჩართვის დაწყების დროს, ძაბვის მნიშვნელობის ცდომილება, თეორიული და ვირტუალური კვლევის შედეგების მიხედვით.

მიღებული კვლევის შედეგების შედარება თეორიული კვლევის შედეგებთან და განსხვავების გამოთვლა განვახორციელეთ „Microsoft office Excel 2003“-ის პროგრამის გამოყენებით. სადაც გადავიტანეთ თეორიული და ვირტუალური კვლევის შედეგები და ავაგეთ შესაბამისი დიაგრამები. ეს ცდომილებები, გვაძლევენ ძირითადი ცდომილების შესასწორებელ მახასიათებლებს, ელექტრომომარაგების სისტემის ხანგამძლეობის და საიმედოობის მახასიათებლის კვლევის პროცესში ჯამური ცდომილებების შეფასების საქმეში.

3.6. მესამე თავის მოკლე დასკვნები

1. დავამუშავეთ უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის ფუნქციონალური ბლოკ სქემა. შევქმენით ძაბვის რეგულიატორის, მოდულების და მთლიანი სისტემის ელექტრონული პრინციპიალური სქემა. ანგარიშების საფუძველზე შევარჩიეთ სქემის ელემენტების ტიპები და პარამეტრები.
2. ჩავატარეთ უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის თეორიული და პროგრამული გამოკვლევა. თეორიული კვლევა განვახორციელეთ „Mathcad 14“ პროგრამის საშუალებით, ხოლო პროგრამული გამოკვლევა ჩავატარეთ ვირტუალურ გარემოში „Multisim-11“ ელექტრონული მოდელირების პროგრამის გამოყენებით.
3. გამოვიკვლიეთ თეორიულად და ვირტუალურ გარემოში უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის მოდულების და მთლიანი ელექტრონული პრინციპიალური სქემა. გავიანგარიშეთ პროგრამულად „უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის“ ელექტრონული სქემა და სქემის საექსპლუატაციო პარამეტრები.
4. შევადარეთ ერთმანეთს თეორიული და პრაქტიკული ვირტუალური კვლევების შედეგები. განსხვავება %-ში და გავაკეთეთ დასკვნა იმის შესახებ რომ ვირტუალური კვლევის შედეგები ძალზედ ახლოს არიან თეორიული კვლევის შედეგებთან. განსხვავება ძაბვების და დენის ძალების მიხედვით არ აღემატება $5 \div 8$ %-ს, ხოლო მართვის ციფრული სიგნალების მიხედვით შეადგენს $2 \div 3$ %-ს,
5. შევქმენით უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის მოქმედი ფიზიკური მოდელი, რომელიც მოვამზადეთ რეალურ პირობებში გამოსაცდელად.

4. ელექტრომომარაგების სისტემის, რეალურ გარემოში ლაბორატორიული კვლევის შედეგები

4.1. პროგრამა, მეთოდიკა, მოწყობილობა და აპარატურა ექსპერიმენტული კვლევების შესრულებისათვის

4.1.1. თეორიული და პროგრამული კვლევებისათვის გამოყენებული, პროგრამები და მეთოდური უზრუნველყოფა

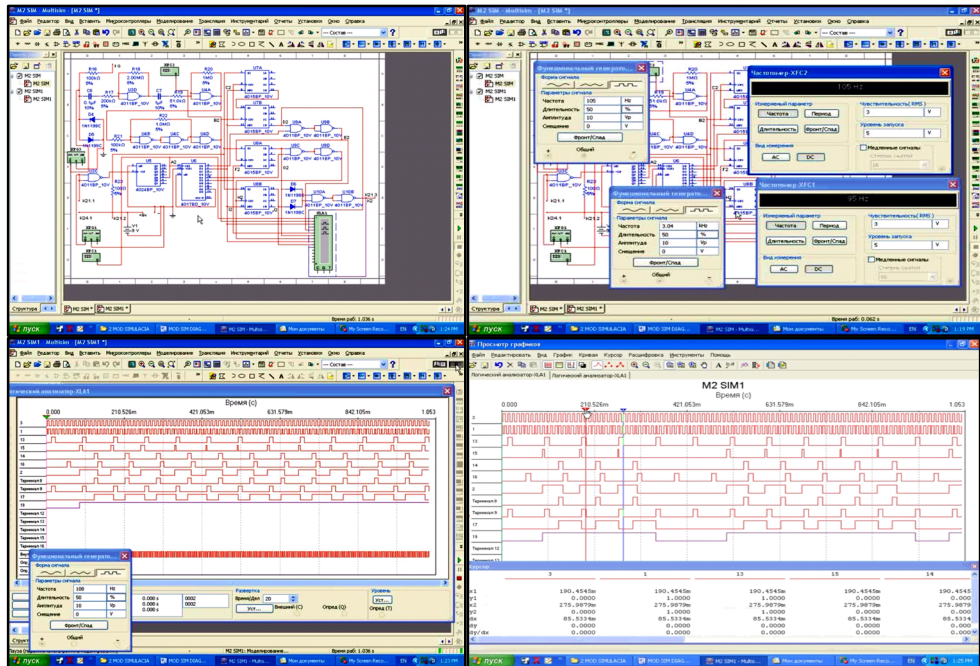
თეორიული და პროგრამული კვლევების ჩატარებისათვის, მაქსიმალურად გამოვიყენეთ კომპიუტერული ტექნიკური უზრუნველყოფა. თეორიული კვლევების და ანგარიშების წარმოებისათვის შევარჩიეთ პროგრამები: „Mathcad 14“ და „Microsoft office Excel 2003“. ხოლო ვირტუალური პროგრამული კვლევის ჩატარებისთვის პროგრამები: „Multisim 11.0“ და „Ultiboard 11.0“. ამ პროგრამების შერჩევა განაპირობა მათმა სიზუსტის მახასიათებლებმა, როგორც თეორიული ასევე ვირტუალური კვლევის მიმართულებით. ამასთან ერთად, გავითვალისწინეთ ვირტუალური მოდელირების სიიარფე და სიზუსტე, სწორად შერჩეული პროგრამული უზრუნველყოფის პირობებში. „Multisim 11.0“ და „Ultiboard 11.0“ პროგრამებით ძალიან მაღალი სიზუსტით წარმოებს, ყველა ელემენტის და დეტალის მახასიათებლების მოდელირება, ვირტუალური კვების წყაროების ანალოგიების ჩათვლით.

თეორიული კვლევის დროს, ძირითად გაანგარიშებანი შევასრულეთ პროგრამა „Mathcad 14“-ში, სპეციალურად შედგენილი საანგარიშო მატრიცების გამოყენებით. რომელთა საფუძველზე თეორიული კვლევის სტადიებში ავაგეთ, ელექტრომომარაგების სისტემის ელემენტების კერძო და განზოგადებული მახასიათებლები. მახასიათებლების გრაფიკული წარმოდგენა შევასრულეთ, ორ და სამგანზომილებიანი სივრცითი დიაგრამების სახით. მიღებული დიაგრამები მოვიყვანეთ შესაბამისობაში ვირტუალური და ლაბორატორიული კვლევების მონაცემების მიხედვით აგებულ მახასიათებლებთან.

კვლევის შედეგებით მიღებული მონაცემების, ურთიერთშედარების მიზნით, გარე შემაშფოთებელი ზემოქმედების თეორიული სტატისტიკური მახასიათებლების პერიოდულობა და მათი ელექტრომომარაგების სისტემაზე ზემოქმედების სტატისტიკა,

შევადგინეთ „Microsoft office Excel 2003“ პროგრამის დახმარებით. რომლის საშუალებითაც გავიანგარიშეთ ამ მახასიათებლების კერძო და განზოგადებული პარამეტრები.

ელექტრომომარაგების სისტემის, პრინციპიალური ელექტრონული სქემის პარამეტრების, პროგრამული ვირტუალური კვლევების ჩატარებისათვის გამოვიყენეთ პროგრამა „Multisim 11.0“. რომლის ინტერფეისი ნახ. 54. საშუალებას გვაძლევს, ცალკეულ დეტალს მივცეთ კერძო და განზოგადებული პარამეტრები. აღნიშნული პარამეტრები ვირტუალური ექსპერიმენტების დროს, ძალზედ ახლოს არიან რეალური ელემენტების პარამეტრებთან. რაც შეეხება ვირტუალური ექსპერიმენტის წარმოების დროს, ვირტუალური ძაბვის და სიხშირის მახასიათებლებს, ისინიც უზუსტესი კრიტერიუმებით აკმაყოფილებენ ვირტუალური გამოცდის პირობებს.



ნახ. 54. პროგრამული კვლევებისათვის გამოყენებული, პროგრამა „Multisim 11.0“-ის სამუშაო მაგიდის ინტერფეისი.

ვირტუალური ექსპერიმენტების წარმოებისას გამოვიყენეთ ვირტუალური გამოზომი ხელსაწყოები, რომლებიც განთავსებულია აღნიშნული პროგრამის ინტერფეისში. ვირტუალური ვოლტმეტრები და ოსცილოგრაფები, რომელთა საშუალებითაც განხორციელდა გაზომვები, $\pm 1\%$ -ის სიზუსტით აღწერს ვირტუალურ

ელექტრონულ სქემაში მიმდინარე პროცესებს. მიღებული ანათვლების ჩაწერა ვაწარმოეთ, როგორც ვირტუალური ხელსაწყოების ინდიკატორებზე და მონიტორებზე, ასევე ვირტუალურ გრაფიკულ ანალიზატორში. სადაც განვახორციელეთ მიღებული მონაცემების ანალიზი, უზუსტესი კურსორების გამოყენებით. ხოლო ანათვლების ცხრილური მონაცემები გადავგზავნეთ „Microsoft office Excel 2003“-ში, თეორიული, ვირტუალური და ლაბორატორიული კვლევის შედეგებთან შესადარებლად. განსხვავების კრიტერიუმების ანგარიში განვახორციელეთ ამავე პროგრამით, სპეციალურად შედგენილი ალგორითმის გამოყენებით.

ვირტუალური ციფრული სიგნალების ლოგიკური ანალოგიების გრაფიკული მონაცემები, დავაფიქსირეთ ვირტუალური ლოგიკური ანალიზატორის ლსცილოგრამების სახით. რომლებიც შემდგომი გამოკვლევებისათვის მივმართეთ ვირტუალურ გრაფიკულ ანალიზატორში კომპლექსური კვლევების წარმოებისათვის.

უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის ელექტრონული სქემის შემდგომი გადამუშავების სტადიაში. ანუ ექსპერიმენტალური მოქმედი მოდელის დამზადებისათვის გამოვიყენეთ პროგრამა „Ultiboard 11.0“ (დანართი 5). რომლის დახმარებით ავტომატურ რეჟიმში განვახორციელეთ, უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის ელემენტების განსათავსებელი „ნაბეჭდი დაფის“ სტრუქტურის შექმნა. რის შემდეგაც განვახორციელეთ უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის რეალური ექსპერიმენტალური მოქმედი მოდელის დამზადება (დანართი 5).

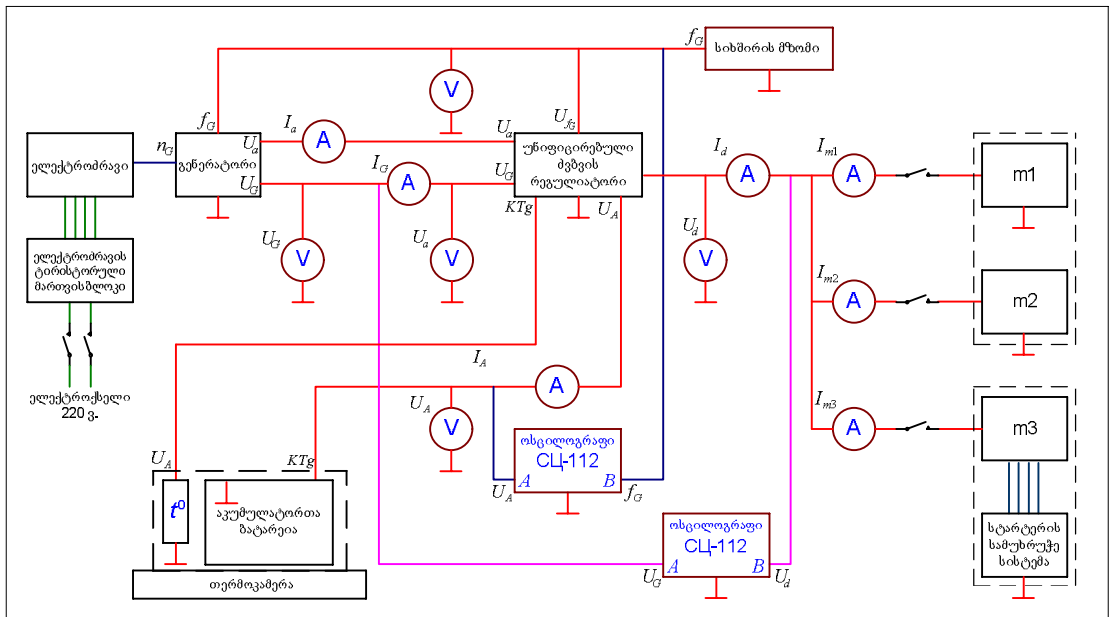
ვირტუალური პროგრამული კვლევისათვის გამოვიყენეთ, როგორც მუდმივი დაკვირვების, ასევე ხანმოკლე პერიოდული დაკვირვების მეთოდი. ექსპერიმენტების მიმდინარეობის პროცესში, მოდულების შიგა მახასიათებლების ანათვლების აღება განვახორციელეთ მიკროწამების ინტერვალებში. ფაქტიურად უწყვეტი დროის პერიოდში, ხოლო ძაბვის რეგულიატორის გარე მახასიათებლის აღება განვახორციელეთ 30 წამიანი ინტერვალებით. რადგან, შესაბამისობაში მოგვეყვანა თეორიული და ლაბორატორიული კვლევის შედეგებთან.

4.1.2. ლაბორატორიული კვლევებისათვის გამოყენებული მოწყობილობა და მეთოდური უზრუნველყოფა

ლაბორატორიულ კვლევების ჩატარებისათვის, კვლევის დაგეგმვის საწყის სტადიაში შევიმუშავეთ კონცეფცია, ლაბორატორიული გარემოს რეალურ პირობებთან მაქსიმალურად მიახლოების თაობაზე. ამისათვის სატრანსპორტო საშუალების ელექტრომომარაგების სისტემის ლაბორატორიულ პირობებში, გარე შემაშფოთებელი პარამეტრების შექმნის მიზნით, გამოვიყენეთ ელექტრული დატვირთვის ანალოგიები და აკუმულატორთა ბატარეაზე ტემპერატურული ზემოქმედების წარმომქმნელი სისტემა.

ლაბორატორიული ექსპერიმენტების ჩატარება განვახორციელეთ სატრანსპორტო საშუალების ელექტრომოწყობილობის გამოსაცდელ სტენდზე, რომლის ფუნქციონალური ბლოკ სქემა ნაჩვენებია ნახ. 55-ზე. აღნიშნული სტენდის შემადგენლობაში შედის: გენერატორი, გენერატორის ამძრავი ელექტროძრავი, ელექტროძრავის ტირისტორული მართვის ბლოკი, აკუმულატორთა ბატარეა, კალორიფერული თერმოკამერა, თერმოგადამწოდი, გამოსაცდელი ძაბვის რეგულიატორი, გაშვების სისტემის მოქმედი მოდელი სტარტერის სამუხრუჭე სისტემით, ელექტროენერგიის მომხმარებლების ანალოგიები, ოსცილოგრაფი, სიხშირის მზომი, ვოლტმეტრები და ამპერმეტრები.

გენერატორის ამძრავი ელექტროძრავის მართვას ახორციელებს ბრუნთა რიცხვის ცვალებადობის ციფრული მართვის სისტემა, რომელიც ზუსტად იმეორებს შიგაწვის ძრავის ბრუნთა რიცხვის ცვალებადობის კანონს. აკუმულატორთა ბატარეაზე ტემპერატურული ზეგავლენის წარმოქმნა განვახორციელეთ, აკუმულატორთა ბატარეას თერმოკამერაში მოთავსებით და თერმოკამერის ტემპერატურის ცვლილების ხარჯზე. ელექტროენერგიის მომხმარებლების დატვირთვის ცვალებადი მახასიათებლის პარამეტრების იმიტირება ვაწარმოეთ: გაშვების სისტემის მოქმედი მოდელთ მისი სამუხრუჭე სისტემით, ანთების და განათების სისტემის მოდელების და დამტვირთავი რეზისტორების გამოყენებით. ყველა ეს სისტემა წარმოქმნის ლაბორატორიული პირობების მაქსიმალური მიახლოების პირობას, სატრანსპორტო საშუალებების საექსპლუატაციო რეალურ პირობებთან.

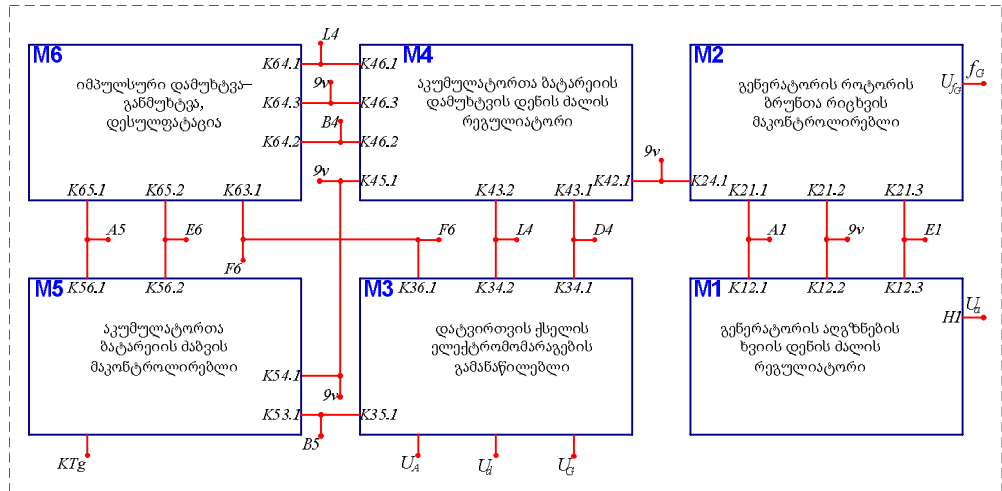


ნახ. 55. სატრანსპორტო საშუალების ელექტროძრავების სისტემის გამოცდის ფუნქციონალური ბლოკ სქემა

ლაბორატორიული ექსპერიმენტალური კვლევითი სამუშაოების წარმოებისას გამოვიყენეთ შემდეგი ტიპის და მოდელის გამზომი ხელსაწყოები: ოსცილოგრაფი „CL-112“, მულტიმეტრები „DT9208A“ და „AVD-830D“, ამპერმეტრები „96 sLA-3“ ტიპის 1;10;20; და 50 ამპერის გამზომი შკალით, ვოლტმეტრები „95 sLA-3“ ტიპის 20 ვოლტიანი შკალით, ტემპერატურის და სიხშირის ელექტრონული გამზომი ხელსაწყოები შევქმენით მულტიმეტრი „DT9208A“-ის ბაზაზე.

ძაბვის რეგულიატორის შიგა მახასიათებლების აღება განვახორციელეთ იმ საკონტროლო წერტილებიდან, რომლებიც გამოვიყენეთ თეორიული და ვირტუალური კვლევის პირობებში. რის შემდეგაც გაზომვის შედეგები შევადარეთ თეორიული და ვირტუალური კვლევის შედეგად მიღებული მახასიათებლების პარამეტრებს. ნახ. 56-ზე ნაჩვენებია უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის შიგა მახასიათებლების ანათვლების ასაღები საკონტროლო წერტილები. ამ წერტილებიდან განვახორციელეთ ძაბვის რეგულიატორის შიგა მახასიათებლების აღება ლაბორატორიული კვლევის დროს. მიღებული მონაცემები შევიტანეთ ცხრილში და ავაგეთ დროზე დამოკიდებულების დიაგრამები. აგრეთვე უნდა აღინიშნოს ისიც რომ, ელექტრონული მახასიათებლების გაზომვისათვის გამოვიყენეთ პირდაპირი გაზომვის მეთოდები,

როგორც ძაბვების და დენის ძალების შემთხვევაში ასევე სიხშირის და ლოგიკური პარამეტრების გაზომვისას. ხოლო მექანიკური მახასიათებლების გაზომვისათვის, ისეთი როგორცაა გენერატორის როტორის ბრუნის სიხშირე, მისი გაზომვისათვის გამოვიყენეთ ექვივალენტური გაზომვის მეთოდი, გენერატორის გამომავალი ძაბვის ერთ-ერთი ფაზის სიხშირის გაზომვით.



ნახ. 56. უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის შიგა მახასიათებლების ანათვლების აღების საკონტროლო წერტილები.

შუალედური გაზომვები განვახორციელეთ უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის შიგა მახასიათებლების დაზუსტების მიზნით, ძირითადი გაზომვების ინტერვალების დროის პერიოდებში. ამ პროცესით აგრეთვე გავზრდეთ გარე მახასიათებლების გაზომვის სიზუსტე და მივიღეთ ამ მახასიათებლების უფრო მეტად დაზუსტებული რეალური სიდიდეების მნიშვნელობები.

ლაბორატორიული კვლევების ჩატარების დროს გამოვიყენეთ ვირტუალური კვლევის ანალოგიურად მუდმივი და ხანმოკლე პერიოდული დაკვირვების მეთოდები. ლაბორატორიული ექსპერიმენტების პროცესში, უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის მოდულების შიგა მახასიათებლების ანათვლები ავიღეთ მიკროწამის სიზუსტით, უწყვეტი დროის პერიოდში. გარე მახასიათებლების დაფიქსირება კი განვახორციელეთ 30 წამიანი ინტერვალებით. ხოლო კერძო პარამეტრების ანათვლების აღებისას ანათვლები აღიწერებოდა ოსცილოგრაფის საშუალებით, მიკროწამების სიზუსტით, ოსცილოგრაფი CII-112-ის საშუალებით. ამ პრინციპის დაცვა განაპირობა

ვირტუალური კვლევის და ანათვლების აღების მეთოდმა, რითაც ერთიან სისტემაში მოვიყვანეთ ვირტუალური და ლაბორატორიული კვლევის შედეგების მონაცემები. მიღებული სტატისტიკური მონაცემები განვათავსეთ ცხრილებში, რომელთა საფუძველზე ავაგეთ დროზე დამოკიდებულების მახასიათებელი დიაგრამები.

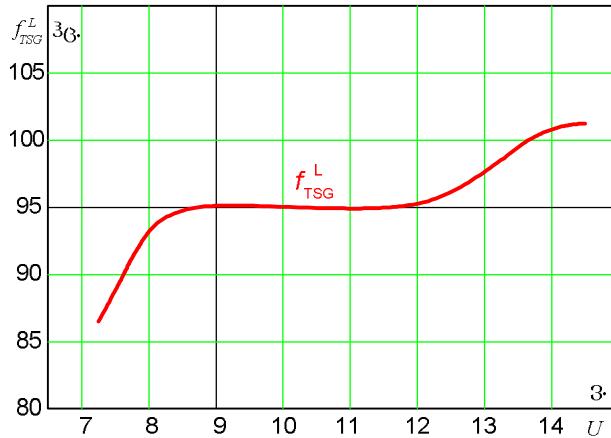
4.2. ელექტრომომარაგების სისტემის ლაბორატორიული კვლევის შედეგები

ელექტრომომარაგების სისტემის ლაბორატორიული კვლევის დროს პირველ ეტაპზე გამოვიკვლიეთ ტაქტური სიხშირის გენერატორის მახასიათებელი, მკვებავი ძაბვის მნიშვნელობის ნომინალური მნიშვნელობიდან გადახრის პირობებში. ტაქტური სიხშირის გენერატორის ძირითად პარამეტრს წარმოადგენს გამომავალი სიხშირის მუდმივობა. აღნიშნული პარამეტრის მუდმივობა განაპირობებს ძაბვის რეგულიატორის საიმედო და ეფექტურ ფუნქციონირებას, ენერგოეფექტურობის და ხანგამძლეობის კრიტერიუმების მაქსიმალური დაცვის მხრივ.

ტაქტური სიხშირის გენერატორის გამომავალი სიხშირის გადახრა აგრეთვე მოქმედებს დაცვის სისტემებზე, ამიტომ აუცილებელია მისი გამოკვლევა სხვადასხვა გარემო შემაშფოთებელი ზემოქმედების პირობებში. ერთ-ერთ ასეთ პირობას წარმოადგენს, მიკროპროცესორების მკვებავი ძაბვის ნომინალური მნიშვნელობის დაცვა. რადგან მკვებავი ძაბვის მნიშვნელობის ნომინალურიდან გადახრა იწვევს ტაქტური სიხშირის გენერატორის გამომავალი სიხშირის ცვლილებას. ამ პარამეტრის მკვებავ ძაბვის ნომინალური მნიშვნელობიდან გადახრაზე დამოკიდებულების დიაგრამა ნაჩვენებია ნახ. 57-ზე. ხოლო გაზომვების ანათვლების მნიშვნელობები მოცემულია ცხრილი 49-ში, დანართი 6. რომლის საფუძველზე განხორციელდა აღნიშნული მახასიათებლის გრაფიკული წარმოდგენა.

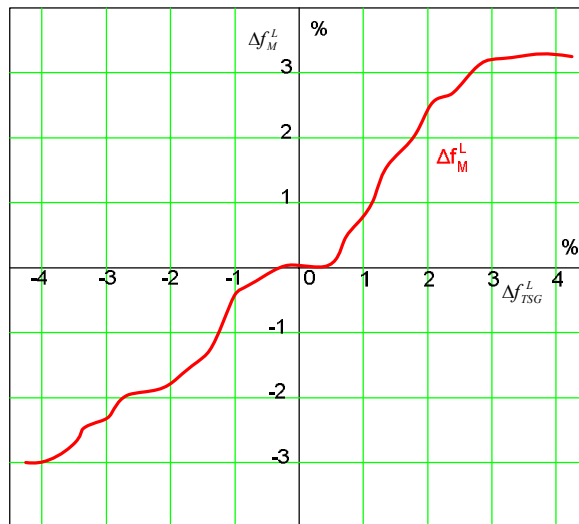
ელექტრომომარაგების ძაბვის რეგულიატორის ფუნქციონირებისათვის აგრეთვე მეტად მნიშვნელოვან როლს წარმოადგენს მართვის სიგნალების სისუფთავე და მათი სიხშირის მუდმივობა. ისიც დამოკიდებულია ტაქტური სიხშირის გენერატორის სიხშირულ გადახრაზე. სიხშირის გადახრა იწვევს მართვის სიგნალების მიერ,

ზოგიერთი პროცესის მართვის დაგვიანებას, რომელიც დამოკიდებულია მართვის ელემენტზე ამპრავი სიხშირის მიწოდების უთანაბრობით.



ნახ. 57. „ტაქტური სიხშირის გენერატორის“ სიხშირის გადახრა, მკვებავი ძაბვის ცვლილებაზე დამოკიდებულებით. ლაბორატორიული კვლევის დროს.

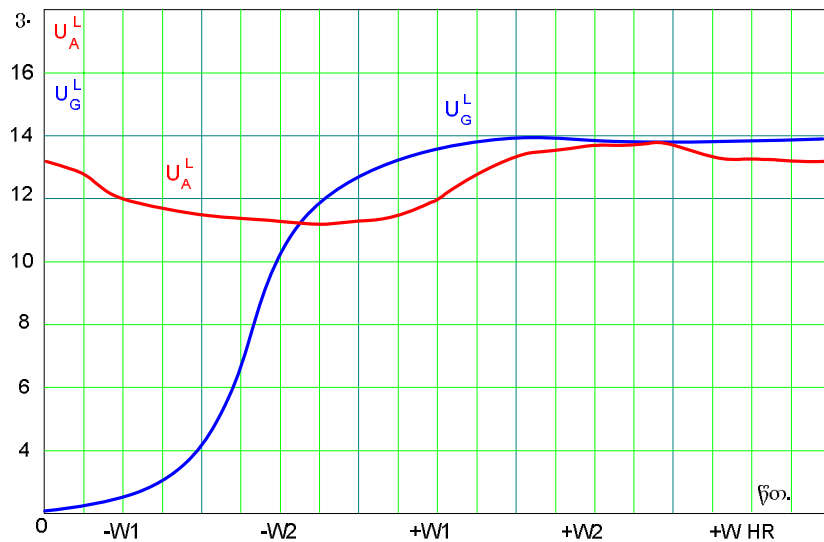
ნახ. 58-ზე მოცემულია მართვის სიგნალების სიხშირის საშუალო გადახრა, „ტაქტური სიხშირის გენერატორის“ სიხშირის ცვლილებაზე დამოკიდებულებით ლაბორატორიული კვლევის შედეგების მიხედვით.



ნახ. 58. მართვის სიგნალების სიხშირის საშუალო გადახრა, „ტაქტური სიხშირის გენერატორის“ სიხშირის ცვლილებაზე. ლაბორატორიული კვლევის დროს.

გენერატორის და აუმულატორთა ბატარეას გამომავალი ძაბვების გაზომვები განხორციელდა მიკროციკლების დროის ინტერვალებში. ანათვლების აღების

ინტერვალები განისაზღვრა 30 წამის პერიოდულობით. სადაც მიკროციკლების განმავლობაში მაქსიმალურად იყო დაცული რეალური საექსპლუატაციო რეჟიმების დროს მიმდინარე პროცესები. გაზომვის შედეგების საშუალო მნიშვნელობები მოცემულია ცხრილი 50-ში დანართი 6. ხოლო გენერატორის და აკუმულატორთა ბატარეას მუშა ძაბვების საშუალო მნიშვნელობების დიაგრამები ნაჩვენებია ნახ. 59-ზე.

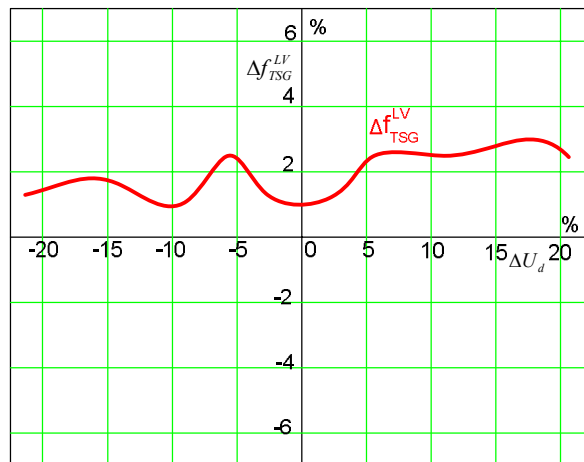


ნახ. 59. აკუმულატორთა ბატარეას და გენერატორის მუშა ძაბვების საშუალო მნიშვნელობები. ლაბორატორიული კვლევის შედეგების მიხედვით.

დიაგრამები აგებულია მრავალჯერადი გაზომვის შედეგად მიღებული მონაცემების საშუალო არითმეტიკულის მიხედვით. ძაბვის რეგულატორის დარეგულირების პროცესის დროს აუცილებელია მართვის სიგნალების ჩართვა-გამორთვის დაწყების მომენტის ზუსტად განსაზღვრა. ამიტომ მრავალჯერადი გაზომვები გვაძლევს საშუალებას დავარეგულიროთ მართვის სიგნალების ამოქმედების მომენტები გენერატორის და აკუმულატორთა ბატარეას გამომავალი ძაბვების მიხედვით. ამ მეთოდის გამოყენების აუცილებლობა განპირობებულია ძაბვის გამყოფების მიერ შმიდტის ტრიგერების ამოქმედების დაწყების მომენტის ზუსტი განსაზღვრისათვის.

4.3. ლაბორატორიული კვლევის შედეგების შედარება, ვირტუალურ გარემოში წარმოებული, პროგრამული კვლევის შედეგებთან

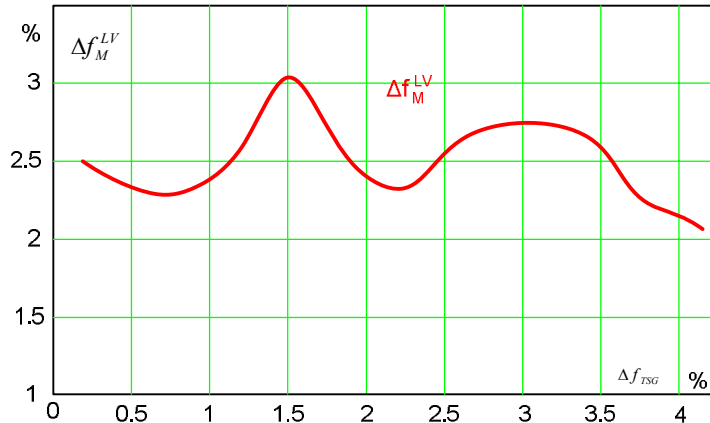
„ტაქტური სიხშირის გენერატორის“ გამომავალი სიხშირის გადახრის კვლევა ვაწარმოეთ ვირტუალური გარემოში. ასევე ჩავატარეთ ამ სიხშირის გადახრის ლაბორატორიული კვლევა. მიღებული მონაცემების სიზუსტეში დარწმუნების მიზნით აღნიშნული მონაცემები შევადარეთ ერთმანეთს და გამოვთვალეთ „ტაქტური სიხშირის გენერატორის“ სიხშირის გადახრის ცდომილება. მიღებული მონაცემები მოცემულია ცხრილი 51-ში დანართი 6. ლაბორატორიული და ვირტუალური კვლევის შედეგების მიხედვით მიღებული მონაცემების საფუძველზე ავაგეთ დამოკიდებულების დიაგრამა რომელიც მოცემულია ნახ. 60-ზე. აქ მოცემულია ცდომილების აბსოლიტური მნიშვნელობა მკვებავი ძაბვის დადებითი და უარყოფითი გადახრის შემთხვევებისათვის.



ნახ. 60. „ტაქტური სიხშირის გენერატორის“ სიხშირის გადახრის ცდომილება, ლაბორატორიული და ვირტუალური კვლევის შედეგების მიხედვით.

„ტაქტური სიხშირის გენერატორის“ გამომავალი სიხშირის გადახრაზე დამოკიდებულია მართვის სიგნალების სიხშირული გადახრა. მართვის სიგნალების სიხშირის საშუალო გადახრის გამოკვლევა განვახორციელეთ ვირტუალურ და ლაბორატორიულ პირობებში. მიღებული მონაცემების საშუალო მნიშვნელობები მოცემულია ცხრილი 52-ში დანართი 6. რის საფუძველზეც ავაგეთ მახასიათებელი დიაგრამა, რომელიც ამყარებს დამოკიდებულებას ვირტუალურ და ლაბორატორიულ

კვლევის შედეგების განსხვავებას შორის. ნახ. 61-ზე მოცემულია მართვის სიგნალების სიხშირის საშუალო გადახრის, ცდომილება ლაბორატორიული და ვირტუალური კვლევის შედეგების მიხედვით.

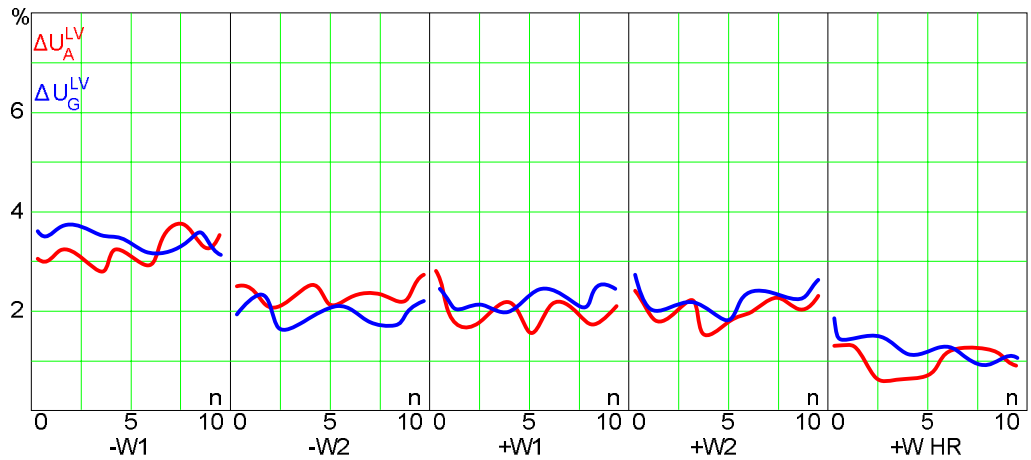


ნახ. 61. მართვის სიგნალების სიხშირის საშუალო გადახრის, ცდომილება ლაბორატორიული და ვირტუალური კვლევის შედეგების მიხედვით.

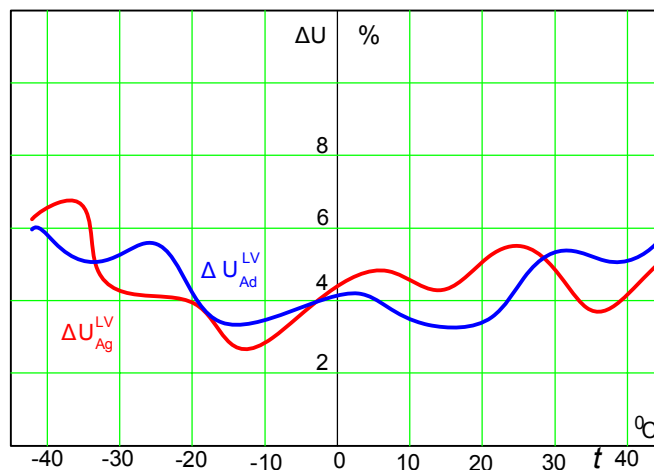
ვირტუალური გამოკვლევის დროს სატრანსპორტო საშუალებების საექსპლუატაციო რეჟიმების იმიტირებისას მივიღეთ გენერატორის და აკუმულატორთა ბატარეის გამომავალი ძაბვების საშუალო მნიშვნელობები. ანალოგიური მნიშვნელობები მივიღეთ ლაბორატორიული კვლევის დროს. მიღებული მონაცემების სიზუსტის შემოწმების მიზნით შევადარეთ ერთმანეთს ვირტუალური და ლაბორატორიული კვლევების მონაცემები. ნახ. 62-ზე მოცემულია აკუმულატორთა ბატარეას და გენერატორის, მუშა ძაბვების გაზომვის ცდომილების საშუალო მნიშვნელობა, ლაბორატორიული და ვირტუალური კვლევის შედეგების მიხედვით. აქ განხილულია სატრანსპორტო საშუალების ის ძირითადი საექსპლუატაციო რეჟიმები რომლებიც შეესაბამება, უარყოფითი და დადებითი ენერგობალანსის რეჟიმებს.

კვლევის პროცესში ძალზედ აქტუალურ საკითხს წარმოადგენდა, თეორიული გამოთვლების შედეგად მიღებული დამუხტვის და შენახვის რეჟიმის ჩართვის მომენტის დროს აკუმულატორთა ბატარეას გამომავალი ძაბვის გაზომვა. ვირტუალური და ლაბორატორიული კვლევის შედეგების დროს, მიღებული საშუალო მონაცემების შედარების ანალიზის მიხედვით მივიღეთ ნახ. 63-ზე წარმოდგენილი დიაგრამა. იგი წარმოადგენს აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის და შენახვის რეჟიმის ჩართვის

დაწყების დროს, ძაბვების გაზომვის ცდომილებებს, ლაბორატორიული და ვირტუალური კვლევის შედეგების მიხედვით.



ნახ. 62. აკუმულატორთა ბატარეას და გენერატორის, მუშა ძაბვების გაზომვის ცდომილების საშუალო მნიშვნელობა, ლაბორატორიული და ვირტუალური კვლევის შედეგების მიხედვით.

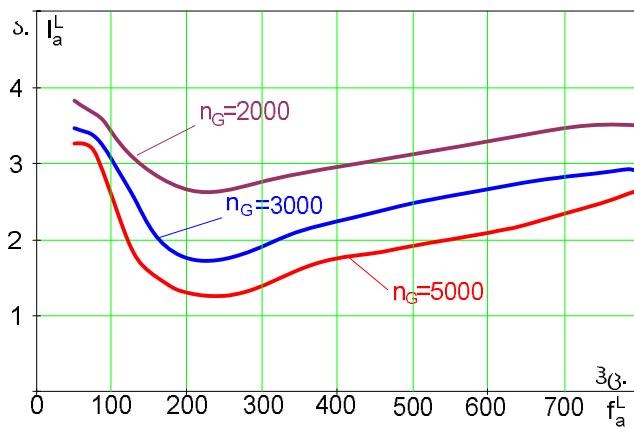


ნახ. 63. აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის და შენახვის რეჟიმის ჩართვის დაწყების დროს, ძაბვების გაზომვის ფარდობითი მნიშვნელობა, ლაბორატორიული და ვირტუალური კვლევის შედეგების მიხედვით.

ლაბორატორიული და ვირტუალური კვლევის შედეგების შედარების ანალიზი გვიჩვენებს რომ, ვირტუალურ გარემოში და ლაბორატორიულ პირობებში მიღებული შესაბამისი მონაცემებს შორის განსხვავება არ სცილდება დასაშვებ ფარგლებს. რაც გვამღევეს იმის საფუძველს რომ, ვირტუალური და ლაბორატორიული კვლევის შედეგები ჩავთვალოთ დამაკმაყოფილებლად.

4.4. გენერატორის ალგუნების დენის ძალის ოპტიმიზაციის ექსპერიმენტალური დადასტურება

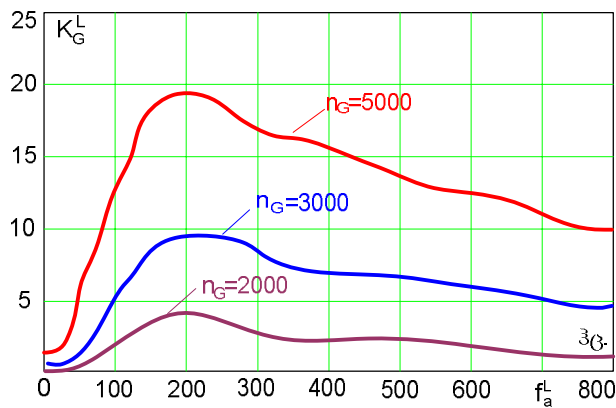
გენერატორის გამოკვლევა განივ-იმპულსური რეგულიატორთან ერთად ექსპლუატაციის პირობებში, რეგულიატორის მუშა სიხშირის შერჩევის მიზნით. წარმოადგენს მეტად აქტუალურ საკითხს. ამ კვლევით შესაძლებლობა გვეძლევა პრაქტიკულად განვსაზღვროთ განივ იმპულსური რეგულიატორის ოპტიმალური კომუტაციის სიხშირე. ექსპერიმენტის დროს გენერატორზე მოდებული დატვირთვა შეესაბამებოდა გენერატორის ნომინალური დატვირთვის მნიშვნელობას მოცემული ბრუნთა რიცხვის მიხედვით. ამ მეთოდმა საშუალება მოგვცა განგვესაზღვრა ალგუნების დენის ძალის ნომინალური მნიშვნელობა გენერატორის როტორის სხვადასხვა ბრუნთა რიცხვის დროს. ამ დროს ვცვლიდით მხოლოდ „ტაქტური სიხშირის გენერატორის“ გამომავალ სიხშირეს, რომელიც წარმოადგენს განივ იმპულსური რეგულიატორის ამძრავ სიხშირეს. გაზომვების შედეგად მიღებული მონაცემები მოცემულია ცხრილი 54-ში დანართი 7. ხოლო ნახ. 64-ზე მოცემულია ალგუნების დენის ძალის დამოკიდებულების გრაფიკული გამოსახულება განივ-იმპულსური რეგულიატორის ტაქტურ სიხშირეზე.



ნახ. 64. ალგუნების დენის ძალის დამოკიდებულება განივ-იმპულსური რეგულიატორის ტაქტურ სიხშირეზე.

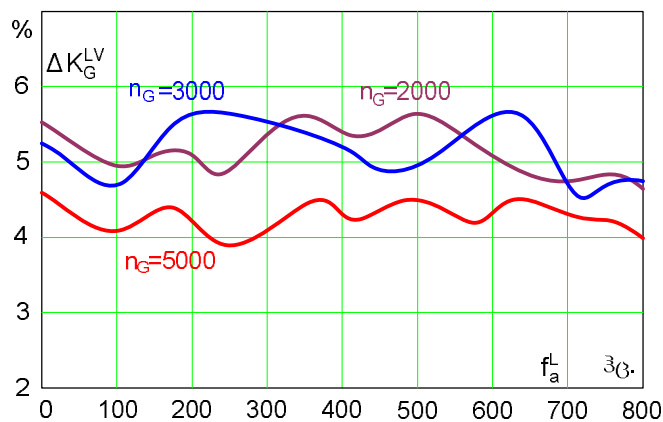
ექსპერიმენტის გზით განვსაზღვრავთ გენერატორის ალგუნების დენის ძალის სიხშირის ოპტიმალურ ვარიანტს. როცა ალგუნების დენის ძალა მოცემულ პირობებში მიისწრაფის მინიმუმისკენ. გაზომვების შედეგად მიღებული ანათვლების ჩასმით და

(2.1) ფორმულაში გამოვთვალეთ K_G^L სიდიდის პრაქტიკული მნიშვნელობები. გამოთვლების შედეგები მოცემულია ცხრილი 55-ში დანართი 7. ამ მონაცემების საფუძველზე ავაგეთ გენერატორის გადაცემის კოეფიციენტის დიაგრამები განვი-იმპულსური რეგულიატორის ტაქტურ სიხშირეზე დამოკიდებულებით, გენერატორის როტორის სხვადასხვა ბრუნთა რიცხვების შემთხვისათვის ნახ. 65.



ნახ. 65. გენერატორის გადაცემის კოეფიციენტის დამოკიდებულება განვი-იმპულსური რეგულიატორის ტაქტურ სიხშირეზე.

გენერატორის გადაცემის კოეფიციენტის თეორიული K_G^T და ლაბორატორიული K_G^L კვლევების შედეგად მიღებული მნიშვნელობები შევადარეთ ერთმანეთს. მივიღეთ გენერატორის გადაცემის კოეფიციენტის, განსაზღვრის ცდომილება. თეორიული და ლაბორატორიული კვლევის შედეგების მიხედვით. რომლის გრაფიკული გამოსახულება მოცემულია ნახ. 66-ზე.



ნახ. 66. გენერატორის გადაცემის კოეფიციენტის, განსაზღვრის ცდომილება. თეორიული და ლაბორატორიული კვლევის შედეგების მიხედვით.

4.5. ლაბორატორიული კვლევის შედეგად მიღებული ენერგოეფექტურობის და ხანგამძლეობის მაჩვენებლების შეფასება

ელექტრომომარაგების სისტემის ენერგოეფექტურობის და ხანგამძლეობის პრაქტიკული შეფასებისათვის განვიხილოთ, არსებული და ჩვენს მიერ შემუშავებული ელექტრომომარაგების სისტემების ლაბორატორიული კვლევის შედეგები. საწყის პირობებად მივიღოთ ორივე სისტემათა ტექნიკური იდენტურობა. საექსპლუატაციო პირობების განსხვავებებად მივიღოთ ის, რომ არსებულ სისტემაზე არ მოქმედებს ჩვენს მიერ შემუშავებული არც ერთი ენერგოეფექტურობის კრიტერიუმი, ხოლო ახალ სისტემაზე მოქმედებს ყველა ის კრიტერიუმი რომლებიც აუმჯობესებს სისტემის ენერგოეფექტურობას და ხანგამძლეობას.

ენერგოეფექტურობის კვლევისათვის (2.85) ფორმულიდან განვსაზღვროთ ლაბორატორიულ პირობებში, მიკროციკლის მინიმალური დროის ზრდის მაჩვენებელი. რომელიც გამოისახება ფორმულით

$$N^L = \frac{t_{Mi}^L}{t_{Mi \min}^L}. \quad (4.1)$$

ენერგობალანსის ფორმულებიდან (2.86) და (2.87), განვსაზღვროთ გენერატორის მიერ გაცემული ენერგიის მნიშვნელობა, ლაბორატორიულ პირობებში შექმნილი მიკროციკლის პერიოდში. სადაც (2.30) და (2.31) ფორმულების გათვალისწინებით, ახალი ელექტრომომარაგების სისტემისათვის მივიღებთ.

$$W_G^L = P_{Ad} t_{Mi \min} t_{Mi} + t_{Mi \min} t_{Mi} N (P_{RE} + P_a + P_{m1} + P_{m2}) + P_{m3}, \quad (4.2)$$

ხოლო არსებული ელექტრომომარაგების სისტემისათვის გვექნება.

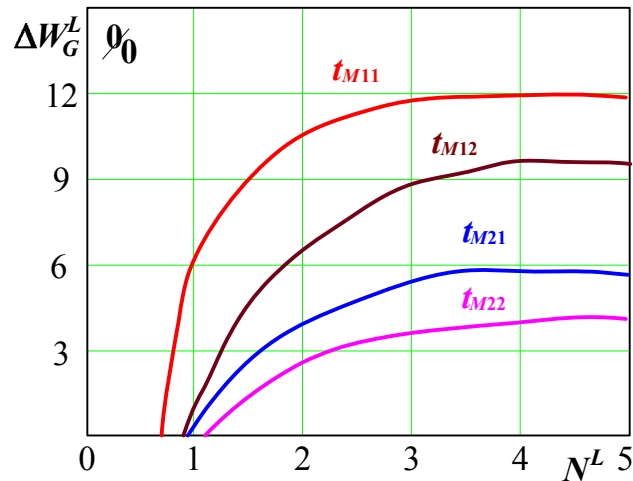
$$W_G^{/L} = P_{Ad} t_{Mi \min} t_{Mi} N \zeta_G + t_{Mi \min} t_{Mi} N \zeta_G (P_{RE} + P_{m1} + P_{m2}) + P_a t_{Mi \min} N (t_{Mi} + \zeta_G - 1) + P_{m3}. \quad (4.3)$$

ენერგოეფექტურობის ზრდის მაჩვენებელი ლაბორატორიულ პირობებში, გენერატორის მიერ გაცემული ელექტროენერგიის მიხედვით გამოისახება ფორმულით.

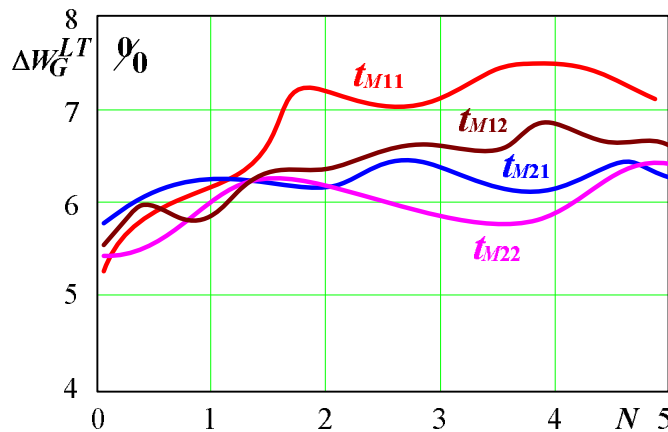
$$\Delta W_G^L = \frac{W_G^{/L} - W_G^L}{W_G^{/L}} \cdot 100\%. \quad (4.4)$$

ექსპერიმენტების დროს გავითვალისწინეთ (2.6.1.) და (2.6.2.) პარაგრაფებში მიღებული რეკომენდაციები. ჩავატარეთ ლაბორატორიული გამოცდები ამ რეკომენდაციების მაქსიმალურად დაცვის პირობებში. ენერგოეფექტურობის

შეფასებისათვის მიღებული შედეგები შევადარეთ არსებული სისტემების კვლევის შედეგებს. შედარებისათვის ავიღეთ სტანდარტული ძაბვის რეგულიატორი (მოდელი- „22.3702“) და უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორი. საგამოცდო სტენდზე ჩატარებული კვლევის შედეგები ნაჩვენებია ნახ. 67-ზე. ხოლო კვლევის შედეგად მიღებული ანათვლების მონაცემების საშუალო მნიშვნელობები მოცემულია ცხრილი 56-ში დანართი 7.



ნახ. 67. ენერგოეფექტურობის ზრდის მაჩვენებლის მნიშვნელობები, მსუბუქი ავტომობილებისათვის.



ნახ. 68. ენერგოეფექტურობის ზრდის მაჩვენებლის მნიშვნელობების განსხვავება ლაბორატორიული და თეორიული კვლევების შედეგებით.

ელექტრომომარაგების სისტემის ენერგოეფექტურობის ზრდის მაჩვენებელი დამოკიდებულია საექსპლუატაციო რეკომენდაციების დაცვის ხარისხზე და

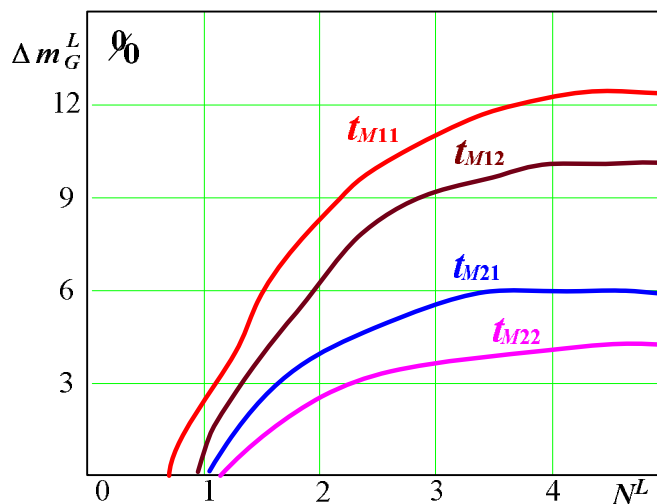
მიკროციკლის დროის ფარდობით მაჩვენებელზე. ლაბორატორიულ და თეორიულ კვლევებს შორის პრაქტიკული განსხვავების გამოთვლა ვაწარმოეთ ფორმულით (4.5). რაც გრაფიკულად ნაჩვენებია ნახ. 68-ზე.

$$\Delta W_G^{LT} = \frac{|W_G^T - W_G^V|}{W_G^T} \cdot 100\%. \quad (4.5)$$

თეორიული კვლევიდან ვიცით, რომ ელექტრომომარაგების სისტემის ენერგოეფექტურობის ზრდა, ამცირებს ელექტროენერგიის მიღებაზე დახარჯული საწვავის რაოდენობას. ამ დროს გვაქვს საწვავის ეკონომია. საწვავის დანახარჯების შემცირების მაჩვენებელი ლაბორატორიული კვლევის პირობებში, გამოისახება განტოლებით.

$$\Delta m_G^L = \frac{m_G^{/L} - m_G^L}{m_G^{/L}} \cdot 100\%, \quad (4.6)$$

სადაც: m_G^L გენერატორის მიერ. ელექტროენერგიის მიღებაზე დახარჯული წარმოსახვითი საწვავის რაოდენობაა. რეალური მონაცემების მიღება შეიძლება სავსე ექსპერიმენტების შემთხვევაში.

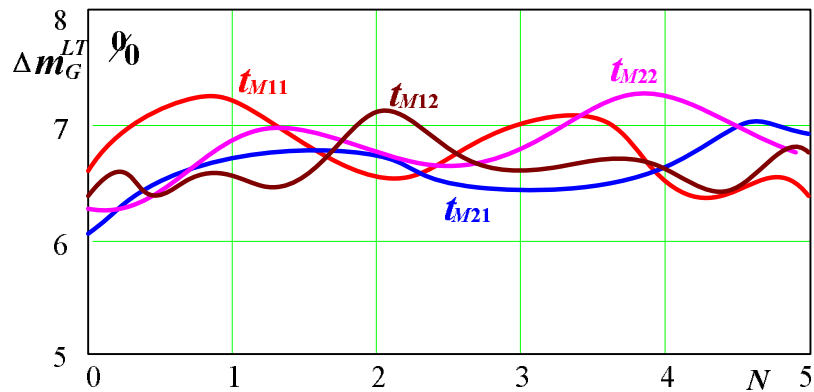


ნახ. 69. ელექტროენერგიის მიღებაზე, საწვავის დანახარჯების შემცირების მაჩვენებელი მსუბუქი ავტომობილებისათვის.

ელექტროენერგიის მიღებაზე დახარჯული საწვავის ეკონომიურობის მაჩვენებელი %-ში, მიკროციკლის დროის ფარდობითი მაჩვენებლის მიხედვით ლაბორატორიულ პირობებში ნაჩვენებია დამოკიდებულებით ნაჩვენებია ნახ. 69-ზე. ეკონომიურობის

მაჩვენებელი დიაგრამა მივიღეთ იგივე პირობებით რაც თეორიული კვლევის დროს. ლაბორატორიული გაზომვების და გამოთვლების შედეგების საშუალო მნიშვნელობების მონაცემები მოცემულია ცხრილი 57-ში დანართი 7.

თეორიული და ლაბორატორიული კვლევის შედეგებს შორის განსხვავება ნაჩვენებია ნახ. 70-ზე. მიღებული განსხვავებების მნიშვნელობები წარმოდგენილია, მიკროციკლების თავისებურებების მიხედვით. ანგარიში ვაწარმოეთ (4.5) ფორმულის ანალოგიური ფორმულით.



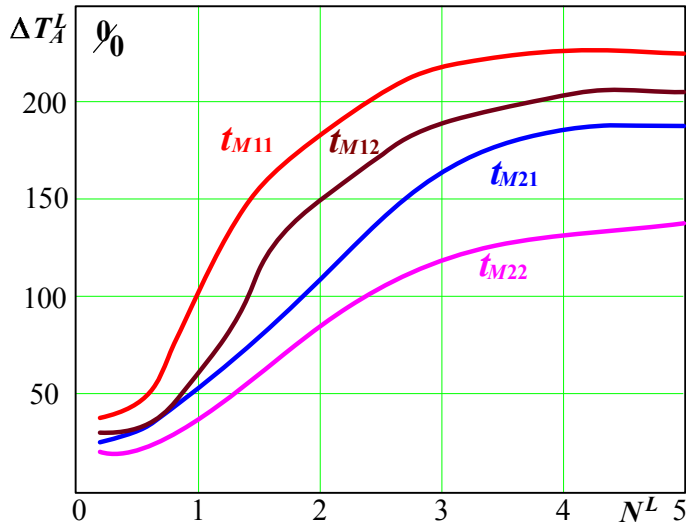
ნახ. 70. ელექტროენერჯის მიღებაზე, საწვავის დანახარჯების შემცირების მაჩვენებლის მნიშვნელობების განსხვავება ლაბორატორიული და თეორიული კვლევების შედეგებით.

აკუმულატორთა ბატარეის სამსახურის მაქსიმალური დროის განსაზღვრის მიზნით. ჩავატარეთ გამოკვლევა ლაბორატორიულ პირობებში. მიკროციკლების მახასიათებლების მიხედვით გამოვიკვლიეთ, აკუმულატორთა ბატარეას მახასიათებლები, არსებული ძაბვის რეგულიატორთან ერთად ექსპლუატაციის პირობებში და უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორთან ექსპლუატაციის დროს. კვლევის შედეგად განვსაზღვრეთ: აკუმულატორთა ბატარეას სრული (T_{cdgi}) და ნაწილობრივი (t_{cdgi}) დამუხტვა-განმუხტვის ციკლების დროის მნიშვნელობები და მათი რაოდენობები ($n_{A1}; n_H; n_m$) მიკროციკლების დროის შუალედებში.

$$T_A^L = \sum_{i=1}^{n_A} T_{cdgi} + \sum_{i=1}^{n_{A1}} t_{cdgi} + \sum_{i=1}^{n_H} t_{Mi \min} t_{Mi} (N - (1 \div 2.5)) + \sum_{i=1}^{n_m} N t_{Mi \min} (1 - t_{Mi}). \quad (4.7)$$

ექსპერიმენტის შედეგად, მიღებული საშუალო მნიშვნელობებით და (4.9) ფორმულის საშუალებით გავიანგარიშეთ, აკუმულატორთა ბატარეას მთლიანი

სამსახურის დრო, რომლის შედეგები მოცემულია ცხრილი 58-ში დანართი 7. ხოლო ამ მონაცემებით აგებული გრაფიკული გამოსახულება მოცემულია ნახ. 71-ზე, სადაც გამოსახულია აკუმულატორთა ბატარეას სამსახურის დროის მაჩვენებლის ზრდის მახასიათებელი. შედარება მოვიყვანეთ არსებულ სისტემებში აკუმულატორთა ბატარეას ექსპლუატაციის პირობებთან.



ნახ. 71. აკუმულატორთა ბატარეას სამსახურის დროის მაჩვენებელი. არსებულ სისტემებში ექსპლუატაციასთან მიმართებაში.

როგორც ვხედავთ «შენახვის რეჟიმის» შემოღებამ, და საექსპლუატაციო რეჟიმების სრულყოფამ, გაზარდა აკუმულატორთა ბატარეას მთლიანი და ნაწილობრივი „დამუხტვა-განმუხტვის“ ციკლებს შორის დროის შუალედები. რის შედეგადაც გაიზარდა აკუმულატორთა ბატარეას სამსახურის ვადა 2÷2,3-ჯერ. ხოლო, თავისუფალი სვლის და შენახვის რეჟიმების გამოყენებამ, ელექტრომომარაგების სისტემაში, საშუალება მოგვცა დაგვეზოგა ელექტრომომარაგების სისტემის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერგია 10÷12%-ით. რაც იწვევს სატრანსპორტო საშუალებებში, ელექტროენერგიის მიღებაზე საწვავის დანახარჯების შემცირებას 10÷12%-ით.

4.6. მეოთხე თავის მოკლე დასკვნები

1. ლაბორატორიული კვლევების ჩატარება განვახორციელეთ 12 ვოლტიანი ელექტრომოწყობილობის სტენდის ბაზაზე. კვლევა განვახორციელეთ, თეორიული კვლევების შედეგად მიღებული ახალი საექსპლუატაციო რეჟიმების პირობებით და ენერგოეფექტურობის და ხანგამძლეობის კრიტერიუმების მაქსიმალური დაცვით.
2. ლაბორატორიული კვლევების შედეგად გადავამოწმეთ თეორიული და ვირტუალური კვლევის შედეგები. დადებითი ენერგობალანსის არსებობის აუცილებელი პირობების და აკუმულატორთა ბატარეას მაქსიმალურად დამუხტვის მინიმალური დროის განსაზღვრის მიხედვით.
3. დავაზუსტეთ თეორიული და ვირტუალური კვლევების შედეგად მიღებული რეკომენდაციები სატრანსპორტო საშუალების მძღოლებისათვის, უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის გამოყენების შემთხვევაში, ოპტიმალური საშუალო სიჩქარის და მიკროციკლის მინიმალური დროის ხანგრძლივობის შესახებ.
4. ლაბორატორიული კვლევების დროს გამოვიყენეთ, სისტემაზე მუდმივი და ხანმოკლე პერიოდული დაკვირვების და ანათვლების აღების მეთოდები. აგრეთვე გამოვიყენეთ პარამეტრების გაზომვის პირდაპირი და ირიბი მეთოდები. გამოვიკვლიეთ „უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის“ მოდულების პრინციპიალური სქემები და ელექტრომომარაგების სისტემის სრული პრინციპიალური სქემა. გავიანგარიშეთ ანათვლების შედეგად მიღებული მონაცემები და ავაგეთ მახასიათებელი დიაგრამები.
5. გამოვიკვლიეთ „გენერატორის გადაცემის კოეფიციენტი ელექტრული სიმძლავრის მიხედვით“. კვლევის ანალიზის საფუძველზე მივიღეთ აღზნების დენის ძალის რეგულიატორის, „ტაქტური სიხშირის გენერატორის“ ოპტიმალური სიხშირის პრაქტიკული მნიშვნელობა.
6. შევადარეთ ერთმანეთს ლაბორატორიული და პროგრამული ვირტუალური კვლევების შედეგები. განსხვავება ძაბვების და დენის ძალების მიხედვით არ აღემატება 5÷7 %-ს, ხოლო მართვის ციფრული სიგნალების მიხედვით შეადგენს 2÷3%-ს. ენერგოეფექტურობის და ელექტროენერჯის მიღებაზე საწვავის

დანახარჯების შემცირების მაჩვენებლების, ლაბორატორიული კვლევის შედეგების განსხვავება პროგრამული ვირტუალური კვლევის შედეგებთან არ აღემატება 5÷7 %ს.

7. მივიღეთ „უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის“ საბოლოო დამუშავებული და დახვეწილი სამრეწველო ნიმუში. რომელიც მზად არის წარმოებაში ჩასაშვებად.
8. «შენახვის რეჟიმის» შემოღებამ, და საექსპლუატაციო რეჟიმების სრულყოფამ, გაზარდა აკუმულატორთა ბატარეას მთლიანი და ნაწილობრივი „დამუხტვა-განმუხტვის“ ციკლებს შორის დროის შუალედები. რის შედეგადაც გაიზარდა აკუმულატორთა ბატარეას სამსახურის დრო 2÷2,3-ჯერ. ხოლო, თავისუფალი სვლის და შენახვის რეჟიმების გამოყენებამ, საშუალება მოგვცა დაგვეზოგა ელექტრომომარაგების სისტემის მიერ გამოიმუშავებული ელექტროენერგია 10÷12%-ით. რამაც გამოიწვია სატრანსპორტო საშუალებებში, ელექტროენერგიის მიღებაზე საწვავის დანახარჯების შემცირება 10÷12%-ით.

ძირითადი დასკვნები

1. ჩატარებული კვლევების და ანალიზის საფუძველზე, განვახორციელეთ სატრანსპორტო საშუალების ელექტრომომარაგების სისტემის სრულყოფა და მისი საექსპლუატაციო რეჟიმების ოპტიმიზაცია, შემოვიღეთ გენერატორის და აკუმულატორთა ბატარეის ენერგოეფექტურობის და ხანგამძლეობის 5 ძირითადი კრიტერიუმი. მათი ურთიერთშეთანხმების მიზნით დაისვა და გადაწყდა ოპტიმიზაციის ამოცანა.
2. ელექტრომომარაგების სისტემის გარეგანი შემაშფოთებელი ზემოქმედებების მახასიათებლების განსაზღვრისა და კვლევისათვის, ელექტრომომარაგების სისტემის საექსპლუატაციო პერიოდი დაყვავით, დროით პერიოდებად: „მიკროციკლი“, „ციკლი“ და „ზეციკლი“. ხოლო ელექტროენერჯის მომხმარებლები კატეგორიებად: ძირითად, ზოგად და ხანმოკლე დროით დატვირთვებად.
3. უარყოფითი ენერგობალანსის მოხდენის ალბათობის მინიმუმამდე შემცირების მიზნით, განვახორციელოთ „შენახვის რეჟიმის“ შემოღება. რაც საშუალებას გვაძლევს, ექსპლუატაციის პერიოდში აკუმულატორთა ბატარეა შევინარჩუნოთ პროცენტულად უფრო მეტი დროის განმავლობაში დამუხტულ მდგომარეობაში და გავზარდოთ მისი ხანგამძლეობა.
4. კვლევების საფუძველზე განვახორციელოთ, აკუმულატორთა ბატარეას დასამუხტი ძაბვის და ელექტროენერჯის მომხმარებლებზე მისაწოდებელი ძაბვების განმხილვება. ტექნიკურ პირობად მივიღეთ: ელექტრომომარაგების სისტემის ექსპლუატაციის პირობებში, აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვა ვაწარმოოთ მართვადი იმპულსური დენის ძალის მიხედვით. ხოლო გენერატორის გამომავალი ძაბვის რეგულირება, განვახორციელოთ ალგზნების დენის ძალის „განივი-იმპულსური რეგულირების“ პრინციპის მეშვეობით.
5. ელექტრომომარაგების სისტემის გენერატორების ალგზნების დენის ძალის ოპტიმიზაციის მიზნით, გამოვიკვლიეთ გენერატორის „გადაცემის კოეფიციენტი ელექტრული სიმძლავრის მიხედვით“. კვლევების ანალიზის საფუძველზე მივიღეთ ალგზნების დენის ძალის რეგულიატორის, „ტაქტური სიხშირის გენერატორის“ ოპტიმალური სიხშირის მნიშვნელობა.

6. შევიმუშავეთ ელექტრომომარაგების სისტემის საანგარიშო მოდელი, რომლის საფუძველზე მივიღეთ სიმპლავრის და ენერგობალანსის ძირითადი საანგარიშო ფორმულები. საექსპლუატაციო რეჟიმების თეორიული კვლევა განვახორციელეთ მიღებული კრიტერიუმების საფუძველზე.
7. დადებითი ენერგობალანსის არსებობის აუცილებელი პირობთ და აკუმულატორთა ბატარიის მაქსიმალურად დამუხტვის მინიმალური დროის მიხედვით, ჩამოვყალიბეთ რეკომენდაციები სატრანსპორტო საშუალების მძღოლებისათვის, უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის გამოყენების შემთხვევაში, ოპტიმალური საშუალო სიჩქარის და მიკროციკლის მინიმალური დროის ხანგრძლივობის შესახებ.
8. დავამუშავეთ „უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის“ პრინციპიალური ელექტრონული სქემა. ჩაუტარეთ თეორიული, პროგრამული და ლაბორატორიული გამოკვლევა. პროგრამული კვლევა განვახორციელეთ ვირტუალურ გარემოში „Multisim-11“ ელექტრონული მოდელირების პროგრამის გამოყენებით. ხოლო ლაბორატორიული კვლევა 12 ვოლტიანი სტენდის ბაზაზე. მივიღეთ „უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის“ საბოლოოდ დამუშავებული სამრეწველო ნიმუში. რომელიც მზად არის წარმოებაში ჩასაშვებად.
9. შევადარეთ ერთმანეთს თეორიული, პროგრამული და ვირტუალური კვლევების შედეგები. მათ შორის განსხვავება: ძაბვების და დენის ძალების მიხედვით არ აღემატება 5÷8 %-ს, მართვის ციფრული სიგნალების მიხედვით შეადგენს 2÷3 %-ს. ხოლო ენერგოეფექტურობის და ელექტროენერჯის მიღებაზე საწვავის დანახარჯების შემცირების მაჩვენებლების, მიხედვით არ აღემატება 7÷8 %-ს.
10. «შენახვის რეჟიმის» შემოღებამ, და საექსპლუატაციო რეჟიმების სრულყოფამ, გაზარდა აკუმულატორთა ბატარეას მთლიანი და ნაწილობრივი „დამუხტვა-განმუხტვის“ ციკლებს შორის დროის შუალედები. რის შედეგადაც გაიზარდა აკუმულატორთა ბატარეას სამსახურის დრო 2÷2,3-ჯერ. ხოლო, უქმი სვლის რეჟიმის სრულყოფამ და შენახვის რეჟიმის გამოყენებამ, საშუალება მოგვცა დაგვეზოგა ელექტრომომარაგების სისტემის მიერ გამოიმუშავებული ელექტროენერჯია 10÷12%-ით. რამაც გამოიწვია ელექტროენერჯის მიღებაზე საწვავის დანახარჯების შემცირება 10÷12%-ით.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. აგლაძე რ. ჰოფმანი ნ. გამოყენებითი ელექტროქიმია. - განათლება, თბილისი. 1973.- 356 გვ.
2. ბებიაშვილი შ. საიმედოობის თეორიის საფუძვლები.- თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა. 1969.- 156 გვ.
3. კამკამიძე ი. ზივზივადე ო. საავტოტრაქტორო ელექტრომომწყობილობის გამოსაცდელი სტენდი.- საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენციის „ სუბტროპიკული ზონის აგრარული პრობლემები“ მასალები.-ISSN 1512-200X. ქუთაისი №6 სტამბა, 2006.- გვ.199-201.
4. კამკამიძე ი. კოჩაძე თ. ყანთელაძე ნ. სატრანსპორტო საშუალების ელექტრომომარაგების სისტემის საექსპლუატაციო თავისებურებანი.-„მეცნიერება და ტექნოლოგიები“ საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის ყოველთვიური სამეცნიერო-რეფერირებული ჟურნალი №10-12, 2009 წელი. გვ. 81-86.
5. კამკამიძე ი. რუსაძე თ. თერმოკომპენსირებადი ძაბვის რეგულიატორი.- ქუთაისის ნ. მუსხელიშვილის სახელობის სახელმწიფო ტექნიკური უნივერსიტეტის შრომები №1(12). -ISSN 1512-0570, გამომცემლობა „საქართველო“ ქუთაისის ფილიალი, 2003.- გვ.86-87.
6. კამკამიძე ი. ყანთელაძე ნ. იოსელიანი ლ. საავტოტრაქტორო ელექტრომომარაგების ძაბვის რეგულიატორის ფუნქციონალური შესაძლებლობის გაზრდა.- საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენციის „სუბტროპიკული ზონის აგრარული პრობლემები“ მასალები. -ISSN 1512-200X. ქუთაისი №6 სტამბა, 2006.- გვ.170-174.
7. კამკამიძე ი. ჯინჯიხაძე ლ. ფხაკაძე შ. მუდმივი დენის ელექტრომომარაგების სისტემის უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორი.-„მეცნიერება და ტექნოლოგიები“ საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის ყოველთვიური სამეცნიერო-რეფერირებული ჟურნალი №10-12, 2009 წელი. გვ. 97-101.
8. კოჩაძე თ. ზივზივადე ო. კამკამიძე ი. სატრანსპორტო საშუალების გენერატორის ენერგოეფექტურობის გაზრდის ძირითადი პრინციპები.-საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „ენერგეტიკა: რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები“

მოხსენებების კრებული-ISBN 978-9941-417-60-3. აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 2010.-გვ.179-184.

9. ნეტუმილი ა. ავტომატური მართვის თეორია.- განათლება, თბილისი. 1977.- 458 გვ.
10. ჟღანოვი კ. ელექტრული სისტემების მდგრადობა.- ტექნიკა და შრომა, ბილისი.1954.- 474 გვ.
11. რუსაძე თ. კამკამიძე ი. სატრანსპორტო საშუალების აკუმულატორის დამმუხტავი თერმოკომპენსირებადი ძაბვის რეგულიატორი.- პატენტი სასარგებლო მოდელებზე U476 (საქართველო). პატენტმფლობელი რუსაძე თ. კამკამიძე ი. GEU1999 476 Y. პრიორიტეტი 16.10.1996. Y02J7/14.
12. Агаханян Т. Линейные импульсные усилители.- М.: Связь, 1970.- 472.
13. Агладзе Р. Ваграмян Т. и др. Прикладная электрохимия.- М.: Химия. 1984.- 520стр.
14. Акимов А. В. Акимов О. А. и др. Электрооборудование автомобилей. Справочник.- М.: Транспорт, 1993.- 223стр.
15. Акимов С. В. Чижков Ю. Р. Электрооборудование автомобилей.- М.: издательство За рулём, 1999.- 384стр.
16. Алексенко А. Г., Галицин А. Д. Проектирование радиоэлектронной аппаратуры на микропроцессорах.- М.: Радио и связь, 1984.- 270 стр.
17. Алексенко А. Шагурин И. Микросхемотехника.- М.: Радио и связь, 1982.-414стр.
18. Антропов Л. И. Теоретическая электрохимия.- М.: Высшая школа, 1975.- 510стр.
19. Аринин И. Диагностирование технического состояния автомобиля.- М.: Транспорт, 1978.- 176стр.
20. Бальян Р. Сиверс М. Тиристорные генераторы и инверторы.- Л.: Энергоиздат, 1982.- 223стр.
21. Банников С. П. Электрооборудование автомобилей.- М.: Транспорт, 1977.- 288стр.
22. Барабанов В. Е. Василевский В. И. Левин С. М. Электрооборудование тракторов и автомобилей.- М.: Колос, 1974.-348стр.
23. Бендат Д. Пирсол А. Измерение и анализ случайных процессов.- М.: Мир, 1978.- 463стр.

24. Бесекерский В. А. Попов Е. П. Теория систем автоматического регулирования.- М.: Наука, 1972.- 370стр.
25. Бирюков С. Простой термо-компенсированный регулятор напряжения.- М.: Жур. Радио №1 1994.-сс. 34-35.
26. Боровский Ю. И. Мельников А. Ф. Прудников И. П. Автомобильные контрольно-измерительные приборы.- М.: Транспорт. 1976.-168 стр.
27. Бот Р. А. Регуляторы напряжения автотракторных генераторов переменного тока.- М.: Высшая школа, 1974.- 236 стр.
28. Блох З. Ш. Динамика линейных систем автоматического регулирования.- М.: Гостех - издать, 1952.- 346стр.
29. Булатов О. Г. Иванов В. С. Квашин Г. Н. Панфилов Д. И. Устройство для импульсного заряда ёмкостного накопителя энергии.- М.: Бюллетень изобретения. 1973. №21.-сс67.
30. Булатов О. Г. Иванов В. С. Панфилов Д. И. Полупроводниковые зарядные устройства ёмкостных накопителей энергии.- М.: Радио и связь. 1986.- 159стр.
31. Булгаков В. А. Электрическая аппаратура управления.- М.: Энергоиздат, 1977.-362стр.
32. Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем.- М.: Наука, 1978.-339стр.
33. Буль Б. Буткевич Г. Основы теории электрических аппаратов.- М.: Высшая школа. 1970.- 600стр.
34. Василевский В. И. Купеев Ю. А. Автомобильные генераторы.- М.: Транспорт, 1978.- 159стр.
35. Васильев В. Термодинамические свойства растворов электролитов.- М.: Высшая школа. 1982.- 320стр.
36. Васильев Д. Чуич В. Системы автоматического управления.- М.: Высшая школа. 1967.- 418стр.
37. Веников В. А. Журавлёв В. Г. Филиппова Т. А. Оптимизация режимов электростанций и энергосистем.- М.: Энергоиздат, 1981.- 464стр.
38. Воронов А. Титов В. Новогранов Б. Основы теории автоматического регулирования и управления.- М.: Высшая школа, 1977.- 519стр.

39. Гихман И. И. Скороходов А. В. Введение в теорию случайных процессов.- М.: Наука, 1977.- 564стр.
40. Гловацкий В. А. Транзисторные импульсные усилители стабилизаторы постоянного напряжения.- М.: Советское радио, 1974.-160стр.
41. Гольда В. Прочность и долговечность автомобиля.- М.: Машиностроение, 1974.-328стр.
42. Горбацевич Е. Левинзон Ф. Аналоговое моделирование систем управления.- М.: Наука, 1984.- 304стр.
43. Гусев В. Гусев Ю. Электроника.- М.: Высшая школа. 1982.- 495стр.
44. Гусев В. Зеличенко Л. и др. Основы импульсной и цифровой техники.- М.: Советское радио, 1975.- 438.
45. Дасоян М. Агуф И. Современная теория свинцового аккумулятора.- Л.: Энергия, 1975.- 312стр.
46. Дмитриев Б. Ф. Автономные системы электропитания с многоуровневыми выпрямителями и широтно-импульсным регулированием: Дисс. на соискание ученой степени доктора технических наук: 05.09.03.– Санкт-Петербург, 2002. 421стр. РГБ ОД, 71:04-5/253.
47. Добровольская Л. А. Минимизация потерь электроэнергии в системах электроснабжения подвижных объектов: Дисс. на соискание ученой степени канд. технических наук: 05.14.02. Приазовский гос. технический ун-т. - Мариуполь, 2002.- 139с.
48. Дружинин Г. Надёжность автоматизированных систем.- М.: Энергия, 1977.-536стр.
49. Дубровский В. Забокрицкий Е. и др. Справочник по наладке автоматических устройств контроля и регулирования.- Киев: Наукова думка. 1981.- 940стр.
50. Епифанова О. В. Оптимизация режимов работы автономных систем электроснабжения с мощными тихоходными генераторами с дизельным приводом: диссертация на соискание ученой степени канд. технических наук: 05.14.02 Санкт-Петербург, 2007.- 155стр.
51. Зайцев Г. Ф. Коррекция систем автоматического управления постоянного и переменного тока.- М.: Энергия, 1969.-357стр.

52. Иванов В. С. Красавин В. Н. Панфилов Д. И. и др. Реализация различных режимов работы в зарядных устройствах с амплитудно-импульсным регулированием выходного напряжения.- Киев: изд. И.Е.Д. АН. УССР, 1979.-с.с. 143-146.
53. Иващенко Н. Н. Автоматическое регулирование.- М.: Машиностроение, 1973.- 420стр.
54. Изерман Р. Цифровые системы управления.- М.: Мир, 1984.- 541стр.
55. Ильин Н. Электрооборудование автомобилей.- М.: Транспорт, 1974.- 239стр.
56. Ильин Н. Тимофеев Ю. Ваняев В. Электрооборудование автомобилей.- М.: Транспорт, 1982.- 262стр.
57. Ищевская С. Усовершенствованный вариант метода «без вращения».- М.: Жур. Автомобильная промышленность, №1 1993.-с.с.29-30.
58. Катасонов Н. М. Исследование системы зарядки ёмкостных накопителей ступенчатым током, в кн. Системы электропитания потребителей импульсной мощности. М.: Энергия, 1976.-с.с. 30-35.
59. Киреев П. Физика полупроводников.- М.: Высшая школа. 1975.- 584стр.
60. Ковалёв В. Электронные регуляторы напряжения для автомобилей.- М.: Энергия. 1971.-258стр.
61. Козлов В. Е. Квайт С. М. Чижов Ю. П. Особенности эксплуатации автотракторных двигателей зимой.- М.: Колос, 1977.- 385стр.
62. Копылова Л. В. Коротков В. И. и др. Теория, конструкция и расчет автотракторного электрооборудования.- М.: Машиностроение. 1979.- 344стр.
63. Коробков А. С. Автомобильный регулятор напряжения.- М.: Жур. Радио №4 1986.- с.с.44-45.
64. Котенко Г. И. Гальваномагнитные преобразователи и их примененные.- Л.: Энергоиздат, 1982.-104стр.
65. Краткий автомобильный справочник. Грузовые автомобили. Том-2. ISBN5-7637-0076-7.ИПЦ. Фокпол. Москва- 2004,- 667стр.
66. Краткий автомобильный справочник. Грузовые автомобили. Том-3. част-1. ISBN5-94392-007-2.КПСТ. Трансконсвилтинг. Москва- 2004,- 483стр.

67. Краткий автомобильный справочник. Грузовые автомобили. Том-3. част-2. ISBN5-94392-007-2. КПСТ. Трансконсвилтинг. Москва- 2004,- 557стр.
68. Куприянов К. Приставка для автоматического отключения зарядного устройства.- М.: Жур. Радио №7 2003.-сс.47-48.
69. Литвиненко В. В. Электрооборудование автомобилей ВАЗ.- М.: издательство За рулём, 1999.- 236стр.
70. Литвинов А. П. О вычислительны передаточных функций дискретных систем управления. М.: Жур. Автоматика и телемеханика, №8 1973.-сс. 28-30.
71. Ломанович В. Термо-компенсированный регулятор напряжения.- М.: Жур. Радио №5 1985.-сс. 24-27.
72. Лясковский Л. Двухрежимное зарядно-разрядное устройство.- М.: Жур. Радио №6 1998.-сс. 54-55.
73. Мацко П. Простое автоматическое зарядное устройство.- М.: Жур. Радио №6 2004.-сс.47.
74. Моисеев Н. Н. Математические задачи системного анализа. М.: Наука, 1981.- 488стр.
75. Мороз К. Измеритель ёмкости стартерных аккумуляторных батарей.- М.: Жур. Радио №11 2005.-сс. 48-49.
76. Окунь С. Сергеенков Б. Киселев В. Трансформаторные и трансформаторно-тиристорные регуляторы-стабилизаторы напряжения.- М.: Энергия, 1969.-183стр.
77. Павлов В. Зарядное устройство.- М.: Жур. Радио №4 1973.-сс. 46-47.
78. Панфилов Д. И. Иванов В. С. Анализ режимов зарядки, зарядных устройств с амплитудно-импульсным регулированием выходного напряжения. М.: Известия вузов, приборостроение №7 1980.-сс. 36-42.
79. Паперно Л. Бесконтактные токовые защиты электроустановок.- М.: Энергоиздат, 1983.- 110стр.
80. Петров А. Зарядное устройство.- Минск: Жур. Радиолучитель, №4 1992.-сс. 33-34.
81. Петров В. М. Дьяков И. Ф. Электрооборудование, электронные системы и бортовая диагностика автомобиля.- Ульяновск: Государственный технический университет.- Типография УлГТУ, 2009Б-115стр.

82. Преснухин Л. Архитектура и проектирование микро-ЭВМ, организация вычислительных процессов.- М.: Высшая школа. 1986.- 495стр.
83. Пятаков В. Бортовая система разогрева аккумуляторной батареи.- М.: Жур. Автомобильная промышленность, №11 1995.-с.с.27.
84. Резник А. Электрооборудование автомобилей.- М.: Транспорт, 1990.-256стр.
85. Резник А. Орлов В. Электрооборудование автомобилей.- М.: Транспорт, 1988.-239стр.
86. Рунов Ю. Варианты применения микросхем К538УН1 и К548УН1.- М.: Жур. Радио №3 1993.-с.с. 12-14.
87. Сергеев Г. Точность и достоверность диагностики автомобилей.- М.: Транспорт, 1980.- 192стр.
88. Синельников А. Х. Электроника в автомобиле.- М.: Радио и связь, 1986.- 97стр.
89. Синельников А. Х. Электронный регулятор напряжения.- М.: ДОСААФ, В помощь радиолюбителю, вип-72 1981.-78стр.
90. Сорокоумов В. Импульсное зарядное устройство.- М.: Жур. Радио №8 2004.-с.с. 46-47.
91. Спектор С. Электрические измерения физических величин.- Л.: Энергоатомиздат, 1987.-320стр.
92. Тамсон М. Устройство для ускоренной зарядки аккумуляторных батарей.- Смоленский: Смоленский межотраслевой центр научно технической информации и пропаганды, №132-78, 1978.
93. Тетельбаум И. Тетельбаум Я. Модели прямой аналогии.- М.: Наука, 1979.- 383стр.
94. Тимофеев Ю. Ильин н. Электрооборудование автомобиля.- М.: Транспорт, 1981.- 141стр.
95. Тышкевич Е. Ш.И. регулятор напряжения.- М.: Жур. Радио №6 1984.-с.с. 27-28.
96. Усманходжаев Н. Частотное регулирование однофазных конденсаторных асинхронных двигателей.- Ташкент: Ф.А.Н. 1987.- 116стр.
97. Федий К. С. Низкоскоростной торцевой синхронный генератор автономных источников электроснабжения: диссертация на соискание ученой степени канд. технических наук: 05.09.01 Красноярск, 2007.- 159стр,

98. Фокин А. Обзор источников и потребителей электроэнергии в борт сети автомобиля.- Вестник автомеханический институт: Сборник трудов Тольяттинский государственный университет, 2004.- 468стр.
99. Хромов В. Стабилизатор напряжения с термокомпенсацией.- М.: Жур. Радио №3 2003.- сс. 46-48.
100. Хромов В. Электронное реле контроля зарядки.- М.: Жур. Радио №7 2004.- сс. 46-47.
101. Шило В. Популярные цифровые микросхемы.- Челябинск: Metallurgy, 1989.- 352стр.
102. Юдицкий С. Тагаевская А. Ефремова Т. Проектирование дискретных систем автоматики.- М.: Машиностроение, 1980.- 232стр.
103. Ютт В. Е. Электрооборудование автомобилей.- М.: МАДИ, 1984.- 125стр.
104. Ютт В. Бабешко С. Электрооборудование автомобилей.- М.: Горячая линия - Телеком, 2006.- 439стр.
105. Яковлев В. Воскресенский В. и др. Справочник по импульсной технике.- Киев: Техника, 1971.- 654стр.
106. Ямпольский А. Ильин В. Краткий справочник гальванотехника.- Л.: Машиностроение, 1981.- 269стр.
107. http://www.alibaba.com/showroom/Car_Voltage_Regulator/2.html: უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 27.01.2010.
108. http://www.autoparts007.com/Catalog_1828/Car-Voltage-Regulator.html: უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 27.01.2010.
109. <http://www.familycar.com/Classroom/charging.htm>: უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 27.01.2010.
110. <http://www.filestube.com/738d2480512edf3103e9,g/Cadence-OrCAD-v16-2-ISO-TBEr>
111. <http://www.lib.ua-ru.net/api/search/?query=электроснабжения&p=3>: უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 27.01.2010.
112. <http://www.nanocad.ru/>: უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 27.01.2010.
113. <http://www.nlr.ru/vnk/general.php>: უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 27.01.2010.
114. <http://www.orcada.ru/>: უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 27.01.2010.

115. http://www.radiomaster.ru/shemi/elec_bit/index.php: უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 27.01.2010.
116. <http://www.radiosvit.com/>: უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 27.01.2010.
117. <http://www.radio.ru/>: უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 27.01.2010.
118. <http://www.radio-portal.ru/modules.php?op=modload&name=EZCMS&file=index&menu:> უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 27.01.2010.
119. <http://www.st.com>: უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 10.02.2010.
120. <http://www.twirpx.com/>: უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 27.01.2010.

დანართები

დანართი 1

გარეგანი შემაშფოთებელი ზემოქმედებების, საწყისი პირობების სტატისტიკური მონაცემები

მიკროციკლებს გამეორების სიხშირე დამოკიდებულია სატრანსპორტო საშუალების ტიპზე, მის დანიშნულებაზე და ექსპლუატაციის მახასიათებელზე. მისი მახასიათებელი, კენტი და ლუწი ციკლების პერიოდებში მოცემულია ცხრილი 9-ში.

ცხრილი 9

მიკროციკლებს გამეორების სიხშირე

სატრანსპორტო საშუალების ტიპი	დანიშნულება	მიკროციკლის რაოდენობა			
		J_{11}	J_{21}	J_{12}	J_{22}
მსუბუქი	ტაქსი	5÷40	5÷20	5÷40	5÷20
	პირადი მოხმარების	5÷20	5÷15	5÷20	5÷15
მიკროავტობუსი	შიგასაქალაქო საგარეუბნო	5÷60	5÷30	5÷60	5÷30
	საქალაქთაშორისო	5÷30	5÷20	5÷30	5÷20
ავტობუსი	შიგასაქალაქო საგარეუბნო	5÷60	5÷30	5÷60	5÷30
	საქალაქთაშორისო	5÷30	5÷20	5÷30	5÷20
სატვირთო	მცირე და საშუალო ტვირთამწეობის	5÷50	5÷30	5÷50	5÷30
	დიდი ტვირთამწეობის	5÷15	5÷10	5÷15	5÷10

გენერატორის როტორსა და სატრანსპორტო საშუალების სიჩქარეს შორის, კინემატიკური გადაცემის კოეფიციენტის საშუალო მნიშვნელობის ანგარიშისათვის. განვიხილეთ სატრანსპორტო საშუალებების ტრანსმისიის კინემატიკური მონაცემები. მონაცემები ავიღეთ სხვადასხვა კლასის და ტიპის ავტომობილებისათვის [65,66,67] ლიტერატურულ წყაროებზე დაყრდნობით. მონაცემების მიხედვით კინემატიკური გადაცემის კოეფიციენტი გავიანგარიშეთ ფორმულით.

$$K_{Gv} = \frac{\xi_{HG} \cdot \xi_{gk} \cdot \xi_{mg} \cdot \xi_{gk}}{0,12 \cdot \pi \cdot r_{sa}}$$

მიღებული მონაცემები, სატრანსპორტო საშუალების კლასის და ტიპის მიხედვით, ნაჩვენებია შემდეგ ცხრილებში:

გენერატორის როტორსა და სატრანსპორტო საშუალების სიჩქარეს შორის, კინემატიკური
გადაცემის კოეფიციენტი

მსუბუქი	K_{Gv}					
	I	II	III	IV	V	VI
ALFA ROMEO 147	159.5	100.7	68.4	52	41.3	0
AUDI A6;S6	147.4	90.8	62.1	41.3	33.2	0
BMW X53	190	104	65	46	37	0
BMW 765	153.5	86	56	42	32	25.4
CHEVROLET Blazer	126	78	50	36	28	0
FORD Fokus	173	94	62.6	46.5	37	0
FORD Expedition	133	72	47	32	0	0
JAGUAR S-Type	148.6	88.5	58.5	43	35	0
MERCEDES-BENZ W/U 220	107.7	65.5	42.2	30	24.8	0
OPEL Omega	194.5	107.7	68	51	38.8	0
ჯამი	1533.2	887.2	579.8	419.8	307.1	25.4
საშუალო	153,3	88,7	58	42	34	25,4

ცხრილი 11

მიკროავტობუსი	K_{Gv}					
	I	II	III	IV	V	VI
FORD Transit	219	117.7	77	56.6	43	0
HYUNDAI H-1	206	111.6	73	52	42	0
MERCEDES Benz TO-Vito	194	107	66.5	48.6	37	0
MERCEDES Benz TO-T1N Sprinter	232	120	70	47.5	37	0
PEUGEOT Boxser	239	125	82	56	37.6	0
Volkswagen LT28	246	127.5	74	50	37	0
CITROEN Jumper	233	122	80.5	59	45.7	0
PEUGEOT Boxser E15	222	106	71	52	40	0
Wolkswagen 7D	209	117	75	54	42	0
IVECO Daily-65	233	140	89	61	45	34
ჯამი	2233	1193.8	758	536.7	406.3	34
საშუალო	223,3	119,4	75,8	53,7	40,6	34

ცხრილი 12

ავტობუსი	K_{Gv}					
	I	II	III	IV	V	VI
ЗИЛ-5301	174	96	55	37	26.6	0
ПА3-672	363	171	94	55	0	0
ЛАЗ-695H	340	187	79	98.8	55.2	0
IKARUS-250	240	120	67	41	29	0
K-SETRA	191	105	60	36	26	0
MERSEDES-5030	221	125.5	75.4	48.8	33	28
MAN-E850	248	116	65	34	24	0
ჯამი	1777	920.5	495.4	350.6	193.8	28
საშუალო	254	131,5	70,8	50	32,3	28

სატვირთო მცირე	K_{Gv}					
	I	II	III	IV	V	VI
ГАЗ-3302	219	127	75.6	54.2	46	0
FORD Transit	219	117	76	56	43	0
IVEKO Dail Y-65	252	132	77	50	39	0
Mazda B2500	198	110	67	46.6	38.5	0
ЗИЛ-4331	227	126	76	43.7	31	0
ЗИЛ-Купава-3729	204	112	62.7	40	31	0
MERCEDES Benz TO-T1N Sprinter	232	120	70	47.5	37	32
Volkswagen LT35	246	127.5	74	50	37	0
ЗИЛ-5301	174	96	55	37	26.6	0
PEUGEOT Boxser E20	222	106	71	52	40	36
ჯამი	2193	1173.5	704.3	477	369.1	68
საშუალო	219	118,6	70,4	47	35,6	34

სატვირთო დიდი	K_{Gv}					
	I	II	III	IV	V	VI
КамАЗ-43114-02	273.5	141	87	53.5	35	0
МАЗ-6422	202.7	135	97	59	38	27
МАЗ-Купава-5731 (Евро-2)	226.6	125	65	43	28	0
Урал-4320	226	125	65.7	43	28.5	0
MAN F2000/E2000	206	134	76	44	30	25
MERCEDES-Benz SKN Actros/Atego S	215.8	122.7	73.76	47.7	32.2	23.5
Scania 164	221	152	113	90	58	24
TATRA T815	232	130	73	41.6	23.6	0
ჯამი	1803.6	1064.7	650.46	421.8	273.3	99.5
საშუალო	225,5	133	81,3	53,7	34	25

სატრანსპორტო საშუალების კონსტრუქციული თავისებურებებიდან გამომდინარე

K_{Gv} მახასიათებლის საშუალო მნიშვნელობები

სატრანსპორტო საშუალების ტიპი		გადაცემათა კოლოფის გადაცემის საფეხური					
		I	II	III	IV	V	VI
		გადაცემის კოეფიციენტი K_{Gvi}					
		K_{Gv1}	K_{Gv2}	K_{Gv3}	K_{Gv4}	K_{Gv5}	K_{Gv6}
მსუბუქი		153,3	88,7	58	42	34	25,4
მიკროავტობუსი		223,3	119,4	75,8	53,7	40,6	34
ავტობუსი		254	131,5	70,8	50	32,3	28
სატვირთო	მცირე და საშუალო ტვირთამწეობის	219	118,6	70,4	47	35,6	34
	დიდი ტვირთამწეობის	225,5	133	81,3	53,7	34	25

სატრანსპორტო საშუალების მოძრაობის ინტენსივობის კოეფიციენტის

მნიშვნელობები

მიკროციკლი	გადაცემათა კოლოფის გადაცემის საფეხური	სატრანსპორტო საშუალების ტიპი							
		მსუბუქი		მიკროავტობუსი		ავტობუსი		სატვირთო	
		ტაქსი	პირადი მოხმარების	შეგასაქალაქო საგარეუბნო	საქალაქთაშორისო	შეგასაქალაქო საგარეუბნო	საქალაქთაშორისო	მცირე და საშუალო ტვირთამწეობის	დიდი ტვირთამწეობის
		სატრანსპორტო საშუალების მოძრაობის ინტენსივობის კოეფიციენტი							
		K_{kMi}	K_{kMi}	K_{kMi}	K_{kMi}	K_{kMi}	K_{kMi}	K_{kMi}	K_{kMi}
t_{M11} t_{M12}	I	0,22	0,15	0,15	0,15	0,25	0,15	0,25	0,15
	II	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,15
	III	0,3	0,3	0,3	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
	IV	0,1	0,1	0,1	0,15	0,05	0,15	0,05	0,15
	V	0,05	0,1	0,1	0,1	0,05	0,1	0,05	0,1
	VI	0,03	0,05	0,05	0,05	-	0,05	-	0,1
t_{M21} t_{M22}	I	0,2	0,2	0,2	0,15	0,2	0,15	0,2	0,15
	II	0,35	0,3	0,3	0,15	0,35	0,15	0,35	0,15
	III	0,33	0,34	0,34	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
	IV	0,08	0,08	0,08	0,15	0,05	0,15	0,05	0,15
	V	0,02	0,05	0,05	0,1	0,05	0,1	0,05	0,1
	VI	0,02	0,03	0,03	0,1	-	0,1	-	0,1

მომრაობის ინტენსივობის კოეფიციენტს ზოგადი მაჩვენებლები, მიკროციკლის პერიოდში

სატრანსპორტო საშუალების ტიპი	დანიშნულება	მიკროციკლი			
		t_{M11}	t_{M21}	t_{M12}	t_{M22}
		მომრაობის ინტენსივობა			
		l_{Mi11}	l_{Mi21}	l_{Mi12}	l_{Mi22}
მსუბუქი	ტაქსი	0,65	0,7	0,65	0,7
	პირადი მოხმარების	0,8	0,85	0,8	0,85
მიკროავტობუსი	შიგასაქალაქო საგარეუბნო	0,55	0,65	0,55	0,65
	საქალაქთაშორისო	0,8	0,85	0,8	0,85
ავტობუსი	შიგასაქალაქო საგარეუბნო	0,5	0,6	0,5	0,6
	საქალაქთაშორისო	0,75	0,8	0,75	0,8
სატვირთო	მცირე და საშუალო ტვირთამწეობის	0,65	0,7	0,65	0,7
	დიდი ტვირთამწეობის	0,8	0,85	0,8	0,85

ელექტროენერჯის მომხმარებლების სიმძლავრეთა ანგარიში დატვირთვის ინტენსივობის გათვალისწინებით მიკროციკლში.

დატვირთვის ინტენსივობა განსაზღვრავს, მომხმარებელთა ფარდობით სამსახურის დროს მიკროციკლის პერიოდში. P_{m1} –ძირითადი და P_{m2} –ზოგადი მომხმარებლების დატვირთვის ინტენსივობის მნიშვნელობები, მიკროციკლების პერიოდში მოცემულია ცხრილი 18-ში [14.15]. აქ განხილული სიმძლავრის მნიშვნელობები მოცემულია ცხრილი 19-ში, სადაც იხილი დაჯგუფებულია სატრანსპორტო საშუალების კლასის და ტიპის მიხედვით. ხოლო თითოეული დატვირთვის მიერ მოხმარებული სიმძლავრე წარმოადგენს, დატვირთვის სიმძლავრის საშუალო მნიშვნელობას, კონკრეტული კლასის სატრანსპორტო საშუალებების მიხედვით.

სატრანსპორტო საშუალების კლასის და ტიპის მიხედვით, ცალკეული დატვირთვის (P_{mi}) მიერ მოხმარებული სიმძლავრე ($k_{mi}P_{mi}$), მიკროციკლების განმავლობაში, ცალკეული დატვირთვის ინტენსივობის (k_{mi}) მიხედვით, რომელიც გავიანგარიშეთ შემდეგი ფორმულით:

$$P_{mj} = \sum_{i=1}^{17} k_{Mmi} \cdot P_{mji} .$$

ძირითადი და ზოგადი დატვირთვების ინტენსივობები

დატვირთვა			მიკროციკლი			
კატეგორი	დასახელება	აღნიშვნა	t_{M11}	t_{M21}	t_{M12}	t_{M22}
			დატვირთვის ინტენსივობა			
			k_{M11}	k_{M21}	k_{M12}	k_{M22}
ძირითადი	ანთების სისტემა	<i>m1.1</i>	1	1	1	1
	საწვავის ტუმბო	<i>m1.2</i>	1	1	1	1
	საწვავის ელ. შეფრქვევა	<i>m1.3</i>	1	1	1	1
	ძრავის ელ. გაგრილება	<i>m1.4</i>	0,2	0,1	0	0
	საკონტროლო გამზომი ხელსაწყოები	<i>m1.5</i>	1	1	1	1
	ბორტ კომპიუტერი	<i>m1.6</i>	0,5	0,5	0,5	0,5
	აუდიო-ვიდეო აპარატურა	<i>m1.7</i>	0,5	0,5	0,5	0,5
	ახლო განათების სანათები	<i>m1.8</i>	0,1	0,4	0,1	0,4
	შორი განათების სანათები	<i>m1.9</i>	0,1	0,6	0,1	0,6
	გაბარიტული სანათი	<i>m1.10</i>	0,2	1	0,2	1
	სანომრე ნიშნის განათება	<i>m1.11</i>	0,2	1	0,2	1
	ხელსაწყოთა განათება	<i>m1.12</i>	1	1	1	1
	სალონის განათება	<i>m1.13</i>	0,2	0,5	0,2	0,5
	საკეტების ელ. ბლოკირატორი	<i>m1.14</i>	0,3	0,3	0,3	0,3
	დაკიდების სისტემის მართვა	<i>m1.15</i>	1	1	1	1
	გათბობის სისტემა	<i>m1.16</i>	0	0	0,3	0,5
	კონდიციონერების სისტემა	<i>m1.17</i>	0,5	0,3	0	0
ზოგადი	საქარე მინამწმენდი	<i>m2.1</i>	0,25	0,25	0,25	0,25
	უკანა მინამწმენდი	<i>m2.2</i>	0,15	0,2	0,15	0,2
	ნისლსაწინააღმდეგო სანათები	<i>m2.3</i>	0,2	0,3	0,3	0,4
	დამუხრუჭების სანათი	<i>m2.4</i>	0,5	0,5	0,5	0,5
	მობრუნების მანიშნებელი	<i>m2.5</i>	0,1	0,1	0,1	0,1
	სანათების მინამწმენდი	<i>m2.6</i>	0,1	0,2	0,1	0,2
	„ABS“ სისტემა	<i>m2.7</i>	0,5	0,5	0,5	0,5
	მინის შემთბობი	<i>m2.8</i>	0,4	0,5	0,8	0,8
	ტონალური სიგნალი	<i>m2.9</i>	0,02	0,03	0,02	0,03
	სიგნალიზაცია	<i>m2.10</i>	0,05	0,02	0,05	0,02

ძირითადი და ზოგადი დატვირთვების მიერ, მოხმარებული სიმძლავრის მნიშვნელობები

დატვირთვა			სატრანსპორტო საშუალების ტიპი				
კატეგორია	დასახელება	აღნიშვნა	მსუბუქი	მიკროავტობუსი	ავტობუსი	სატვირთო	
						მცირე და საშუალო ტვირთამწეობის	მძიმე ტვირთამწეობის
			P_{mi}	P_{mi}	P_{mi}	P_{mi}	P_{mi}
ძირითადი	ანთების სისტემა	m1.1	40	40	0	50	0
	საწვავის ტუმბო	m1.2	20	20	30	30	40
	საწვავის ელ. შეფრქვევა	m1.3	20	20	50	30	50
	ძრავის ელ. გაგრილება	m1.4	25	25	40	40	60
	საკონტროლო გამზომი ხელსაწყოები	m1.5	20	20	30	30	40
	ბორტ კომპიუტერი	m1.6	40	40	40	40	40
	აუდიო-ვიდეო აპარატურა	m1.7	80	80	100	80	80
	ახლო განათების სანათები	m1.8	110	110	110	110	110
	შორი განათების სანათები	m1.9	210	210	210	210	210
	გაბარიტული სანათი	m1.10	30	30	45	30	60
	სანომრე ნიშნის განათება	m1.11	10	10	20	20	20
	ხელსაწყოთა განათება	m1.12	10	10	20	10	20
	სალონის განათება	m1.13	20	60	200	40	40
	საკეტების ელ. ბლოკირატორი	m1.14	30	30	30	20	20
	დაკიდების სისტემის მართვა	m1.15	25	25	40	30	30
	გათბობის სისტემა	m1.16	250	300	800	300	400
	კონდიციონერების სისტემა	m1.17	250	300	800	300	400
ჯამური დატვირთვა $\sum_{i=1}^{17} P_{m1i}$			1190	1330	2565	1370	1620
ზოგადი	საქარე მინამწმენდი	m2.1	20	25	60	25	60
	უკანა მინამწმენდი	m2.2	30	30	60	0	0
	ნისლსაწინააღმდეგო სანათები	m2.3	140	160	180	160	180
	დამუხრუჭების სანათი	m2.4	20	20	40	40	80
	მობრუნების მანიშნებელი	m2.5	25	25	50	30	40
	სანათების მინამწმენდი	m2.6	15	15	24	24	24
	„ABS“ სისტემა	m2.7	50	50	70	60	70
	მინის შემთბობი	m2.8	60	80	120	80	120
	ტონალური სიგნალი	m2.9	200	200	200	200	200
	სიგნალიზაცია	m2.10	40	40	60	60	60
	ჯამური დატვირთვა $\sum_{i=1}^8 P_{m2i}$			600	645	864	679

მსუბუქი ავტომობილი

დატვირთვა			მიკროციკლი			
კატეგორია	დასახელება	აღნიშვნა	t_{M11}	t_{M21}	t_{M12}	t_{M22}
			დატვირთვის მნიშვნელობა			
			$k_{Mmi}P_{mi}$	$k_{Mmi}P_{mi}$	$k_{Mmi}P_{mi}$	$k_{Mmi}P_{mi}$
ძირითადი	ანთების სისტემა	$m1.1$	40	40	40	40
	საწვავის ტუმბო	$m1.2$	20	20	20	20
	საწვავის ელ. შეფრქვევა	$m1.3$	20	20	20	20
	ძრავის ელ. გაგრილება	$m1.4$	5	2.5	0	0
	საკონტროლო გამზომი ხელსაწყოები	$m1.5$	20	20	20	20
	ბორტ კომპიუტერი	$m1.6$	20	20	20	40
	აუდიო-ვიდეო აპარატურა	$m1.7$	40	40	40	40
	ახლო განათების სანათები	$m1.8$	11	44	11	44
	შორი განათების სანათები	$m1.9$	21	126	21	126
	გაბარიტული სანათი	$m1.10$	6	30	6	30
	სანომრე ნიშნის განათება	$m1.11$	2	10	2	10
	ხელსაწყოთა განათება	$m1.12$	10	10	10	10
	სალონის განათება	$m1.13$	4	10	4	10
	საკეტების ელ. ბლოკირატორი	$m1.14$	9	9	9	9
	დაკიდების სისტემის მართვა	$m1.15$	25	25	25	25
	გათბობის სისტემა	$m1.16$	0	0	75	125
	კონდიციონერების სისტემა	$m1.17$	125	75	0	0
ჯამური დატვირთვა მიკროციკლში			378	501.5	323	569
		$P_{m1} = \sum_{i=1}^{17} k_{Mmi} \cdot P_{m1i}$				
ზოგადი	საქარე მინამწმენდი	$m2.1$	5	5	5	5
	უკანა მინამწმენდი	$m2.2$	4.5	6	4.5	6
	ნისლსაწინააღმდეგო სანათები	$m2.3$	28	42	42	56
	დამუხრუჭების სანათი	$m2.4$	10	10	10	10
	მობრუნების მანიშნებელი	$m2.5$	2.5	2.5	2.5	2.5
	სანათების მინამწმენდი	$m2.6$	1.5	3	1.5	3
	„ABS“ სისტემა	$m2.7$	25	25	25	25
	მინის შემთბობი	$m2.8$	24	30	56	56
	ტონალური სიგნალი	$m2.9$	4	6	4	6
	სიგნალიზაცია	$m2.10$	2	0.8	2	0.8
ჯამური დატვირთვა მიკროციკლში			106.5	130.3	152.5	170.3
		$P_{m2} = \sum_{i=1}^{17} k_{Mmi} \cdot P_{m2i}$				

მიკროავტობუსი

დატვირთვა			მიკროციკლი			
კატეგორია	დასახელება	აღნიშვნა	t_{M11}	t_{M21}	t_{M12}	t_{M22}
			დატვირთვის მნიშვნელობა			
			$k_{Mmi}P_{mi}$	$k_{Mmi}P_{mi}$	$k_{Mmi}P_{mi}$	$k_{Mmi}P_{mi}$
ძირითადი	ანთების სისტემა	$m1.1$	40	40	40	40
	საწვავის ტუმბო	$m1.2$	20	20	20	20
	საწვავის ელ. შეფრქვევა	$m1.3$	20	20	20	20
	ძრავის ელ. გაგრილება	$m1.4$	5	2.5	0	0
	საკონტროლო გამზომი ხელსაწყოები	$m1.5$	20	20	20	20
	ბორტ კომპიუტერი	$m1.6$	20	20	20	20
	აუდიო-ვიდეო აპარატურა	$m1.7$	40	40	40	40
	ახლო განათების სანათები	$m1.8$	11	44	11	44
	შორი განათების სანათები	$m1.9$	21	126	21	126
	გაბარიტული სანათი	$m1.10$	6	30	6	30
	სანომრე ნიშნის განათება	$m1.11$	2	10	2	10
	ხელსაწყოთა განათება	$m1.12$	10	10	10	10
	სალონის განათება	$m1.13$	12	30	12	30
	საკეტების ელ. ბლოკირატორი	$m1.14$	9	9	9	9
	დაკიდების სისტემის მართვა	$m1.15$	25	25	25	25
	გათბობის სისტემა	$m1.16$	0	0	90	150
	კონდიციონერების სისტემა	$m1.17$	150	90	0	0
ჯამური დატვირთვა მიკროციკლში			411	536.5	346	594
$P_{m1} = \sum_{i=1}^{17} k_{Mmi} \cdot P_{m1i}$						
ზოგადი	საქარე მინამწმენდი	$m2.1$	6.25	6.25	6.25	6.25
	უკანა მინამწმენდი	$m2.2$	4.5	6	4.5	6
	ნისლსაწინააღმდეგო სანათები	$m2.3$	32	48	48	64
	დამუხრუჭების სანათი	$m2.4$	10	10	10	10
	მობრუნების მანიშნებელი	$m2.5$	2.5	2.5	2.5	2.5
	სანათების მინამწმენდი	$m2.6$	1.5	3	1.5	3
	„ABS“ სისტემა	$m2.7$	25	25	25	25
	მინის შემთბობი	$m2.8$	32	40	64	64
	ტონალური სიგნალი	$m2.9$	4	6	4	6
	სიგნალიზაცია	$m2.10$	2	0.8	2	0.8
	ჯამური დატვირთვა მიკროციკლში			119.75	147.55	167.75
$P_{m2} = \sum_{i=1}^{17} k_{Mmi} \cdot P_{m2i}$						

ავტობუსი

დატვირთვა			მიკროციკლი			
კატეგორია	დასახელება	აღნიშვნა	t_{M11}	t_{M21}	t_{M12}	t_{M22}
			დატვირთვის მნიშვნელობა			
			$k_{Mmi}P_{mi}$	$k_{Mmi}P_{mi}$	$k_{Mmi}P_{mi}$	$k_{Mmi}P_{mi}$
ძირითადი	ანთების სისტემა	$m1.1$	0	0	0	0
	საწვავის ტუმბო	$m1.2$	30	30	30	30
	საწვავის ელ. შეფრქვევა	$m1.3$	50	50	50	50
	ძრავის ელ. გაგრილება	$m1.4$	8	4	0	0
	საკონტროლო გამზომი ხელსაწყოები	$m1.5$	30	30	30	30
	ბორტ კომპიუტერი	$m1.6$	20	20	20	20
	აუდიო-ვიდეო აპარატურა	$m1.7$	50	50	50	50
	ახლო განათების სანათები	$m1.8$	11	44	11	44
	შორი განათების სანათები	$m1.9$	21	126	21	126
	გაბარიტული სანათი	$m1.10$	9	45	9	45
	სანომრე ნიშნის განათება	$m1.11$	4	20	4	20
	ხელსაწყოთა განათება	$m1.12$	20	20	20	20
	სალონის განათება	$m1.13$	40	100	40	100
	საკეტების ელ. ბლოკირატორი	$m1.14$	9	9	9	9
	დაკიდების სისტემის მართვა	$m1.15$	40	40	40	40
	გათბობის სისტემა	$m1.16$	0	0	240	400
	კონდიციონერების სისტემა	$m1.17$	400	240	0	0
ჯამური დატვირთვა მიკროციკლში			742	828	574	984
$P_{m1} = \sum_{i=1}^{17} k_{Mmi} \cdot P_{m1i}$						
ზოგადი	საქარე მინამწმენდი	$m2.1$	15	15	15	15
	უკანა მინამწმენდი	$m2.2$	9	12	9	12
	ნისლსაწინააღმდეგო სანათები	$m2.3$	36	54	54	72
	დამუხრუჭების სანათი	$m2.4$	20	20	20	20
	მობრუნების მანიშნებელი	$m2.5$	5	5	5	5
	სანათების მინამწმენდი	$m2.6$	2.4	4.8	2.4	4.8
	„ABS“ სისტემა	$m2.7$	35	35	35	35
	მინის შემთბობი	$m2.8$	48	60	96	96
	ტონალური სიგნალი	$m2.9$	4	6	4	6
	სიგნალიზაცია	$m2.10$	3	1.2	3	1.2
	ჯამური დატვირთვა მიკროციკლში			177.4	213	243.4
$P_{m2} = \sum_{i=1}^{17} k_{Mmi} \cdot P_{m2i}$						

სატვირთო, მცირე და საშუალო ტვირთამწეობის

დატვირთვა			მიკროციკლი			
კატეგორია	დასახელება	აღნიშვნა	t_{M11}	t_{M21}	t_{M12}	t_{M22}
			დატვირთვის მნიშვნელობა			
			$k_{Mmi}P_{mi}$	$k_{Mmi}P_{mi}$	$k_{Mmi}P_{mi}$	$k_{Mmi}P_{mi}$
ძირითადი	ანთების სისტემა	$m1.1$	50	50	50	50
	საწვავის ტუმბო	$m1.2$	30	30	30	30
	საწვავის ელ. შეფრქვევა	$m1.3$	30	30	30	30
	ძრავის ელ. გაგრილება	$m1.4$	8	4	0	0
	საკონტროლო გამზომი ხელსაწყოები	$m1.5$	30	30	30	30
	ბორტ კომპიუტერი	$m1.6$	20	20	20	20
	აუდიო-ვიდეო აპარატურა	$m1.7$	40	40	40	40
	ახლო განათების სანათები	$m1.8$	11	44	11	44
	შორი განათების სანათები	$m1.9$	21	126	21	126
	გაბარიტული სანათი	$m1.10$	6	30	6	30
	სანომრე ნიშნის განათება	$m1.11$	4	20	4	20
	ხელსაწყოთა განათება	$m1.12$	10	10	10	10
	სალონის განათება	$m1.13$	8	20	8	20
	საკეტების ელ. ბლოკირატორი	$m1.14$	6	6	6	6
	დაკიდების სისტემის მართვა	$m1.15$	30	30	30	30
	გათბობის სისტემა	$m1.16$	0	0	90	150
	კონდიციონერების სისტემა	$m1.17$	150	90	0	0
ჯამური დატვირთვა მიკროციკლში			454	580	386	636
$P_{m1} = \sum_{i=1}^{17} k_{Mmi} \cdot P_{m1i}$						
ზოგადი	საქარე მინამწმენდი	$m2.1$	6.25	6.25	6.25	6.25
	უკანა მინამწმენდი	$m2.2$	0	0	0	0
	ნისლსაწინააღმდეგო სანათები	$m2.3$	32	48	48	64
	დამუხრუჭების სანათი	$m2.4$	20	20	20	20
	მობრუნების მანიშნებელი	$m2.5$	3	3	3	3
	სანათების მინამწმენდი	$m2.6$	2.4	4.8	2.4	4.8
	„ABS“ სისტემა	$m2.7$	30	30	30	30
	მინის შემთბობი	$m2.8$	32	40	64	64
	ტონალური სიგნალი	$m2.9$	4	6	4	6
	სიგნალიზაცია	$m2.10$	3	1.2	3	1.2
	ჯამური დატვირთვა მიკროციკლში			132.65	159.25	180.65
$P_{m2} = \sum_{i=1}^{17} k_{Mmi} \cdot P_{m2i}$						

დიდი ტვირთამწეობის სატვირთო

დატვირთვა			მიკროციკლი			
კატეგორია	დასახელება	აღნიშვნა	t_{M11}	t_{M21}	t_{M12}	t_{M22}
			დატვირთვის მნიშვნელობა			
			$k_{Mmi}P_{mi}$	$k_{Mmi}P_{mi}$	$k_{Mmi}P_{mi}$	$k_{Mmi}P_{mi}$
ძირითადი	ანთების სისტემა	$m1.1$	0	0	0	0
	საწვავის ტუმბო	$m1.2$	40	40	40	40
	საწვავის ელ. შეფრქვევა	$m1.3$	50	50	50	50
	ძრავის ელ. გაგრილება	$m1.4$	12	6	0	0
	საკონტროლო გამზომი ხელსაწყოები	$m1.5$	40	40	40	40
	ბორტ კომპიუტერი	$m1.6$	20	20	20	20
	აუდიო-ვიდეო აპარატურა	$m1.7$	40	40	40	40
	ახლო განათების სანათები	$m1.8$	11	44	11	44
	შორი განათების სანათები	$m1.9$	21	126	21	126
	გაბარიტული სანათი	$m1.10$	12	60	12	60
	სანომრე ნიშნის განათება	$m1.11$	4	20	4	20
	ხელსაწყოთა განათება	$m1.12$	20	20	20	20
	სალონის განათება	$m1.13$	8	20	8	20
	საკეტების ელ. ბლოკირატორი	$m1.14$	6	6	6	6
	დაკიდების სისტემის მართვა	$m1.15$	30	30	30	30
	გათბობის სისტემა	$m1.16$	0	0	120	200
	კონდიციონერების სისტემა	$m1.17$	200	120	0	0
ჯამური დატვირთვა მიკროციკლში			514	642	422	716
$P_{m1} = \sum_{i=1}^{17} k_{Mmi} \cdot P_{m1i}$						
ზოგადი	საქარე მინამწმენდი	$m2.1$	15	15	15	15
	უკანა მინამწმენდი	$m2.2$	0	0	0	0
	ნისლსაწინააღმდეგო სანათები	$m2.3$	36	54	54	72
	დამუხრუჭების სანათი	$m2.4$	40	40	40	40
	მობრუნების მანიშნებელი	$m2.5$	4	4	4	4
	სანათების მინამწმენდი	$m2.6$	2.4	4.8	2.4	4.8
	„ABS“ სისტემა	$m2.7$	35	35	35	35
	მინის შემთბობი	$m2.8$	48	60	96	96
	ტონალური სიგნალი	$m2.9$	4	6	4	6
	სიგნალიზაცია	$m2.10$	3	1.2	3	1.2
	ჯამური დატვირთვა მიკროციკლში			187.4	220	253.4
$P_{m2} = \sum_{i=1}^{17} k_{Mmi} \cdot P_{m2i}$						

მიკროციკლში ჯამური დატვირთვის, ძირითადი სტატისტიკური საშუალო მნიშვნელობები, სატრანსპორტო საშუალებების კლასის და ტიპის მიხედვით.

სატრანსპორტო საშუალების ტიპი	მოხმარებული სიმძლავრე	მიკროციკლი			
		t_{M11}	t_{M21}	t_{M12}	t_{M22}
		საშუალო ჯამური დატვირთვის მნიშვნელობა მიკროციკლში (ვტ)			
მსუბუქი	$P_{m1} = \sum_{i=1}^{17} k_{mi} \cdot P_{m1i}$	378	501,5	323	569
	$P_{m2} = \sum_{i=1}^{10} k_{mi} \cdot P_{m2i}$	106,5	103,3	152,5	170,3
მიკროავტობუსი	$P_{m1} = \sum_{i=1}^{17} k_{mi} \cdot P_{m1i}$	411	536,5	346	594
	$P_{m2} = \sum_{i=1}^{10} k_{mi} \cdot P_{m2i}$	119,75	147,55	167,75	187,55
ავტობუსი	$P_{m1} = \sum_{i=1}^{17} k_{mi} \cdot P_{m1i}$	742	828	574	984
	$P_{m2} = \sum_{i=1}^{10} k_{mi} \cdot P_{m2i}$	177,4	213	243,4	267
სატვირთო მცირე და საშუალო ტვირთამწეობის	$P_{m1} = \sum_{i=1}^{17} k_{mi} \cdot P_{m1i}$	454	580	386	636
	$P_{m2} = \sum_{i=1}^{10} k_{mi} \cdot P_{m2i}$	132,65	159,25	180,65	199,25
სატვირთო დიდი ტვირთამწეობის	$P_{m1} = \sum_{i=1}^{17} k_{mi} \cdot P_{m1i}$	514	642	422	716
	$P_{m2} = \sum_{i=1}^{10} k_{mi} \cdot P_{m2i}$	187,4	220	253,4	274

გენერატორის ნომინალური სიმძლავრის შერჩევასა მსუბუქი

ავტომობილებისათვის, ფირმა „Bosch“-ის რეკომენდაციის მიხედვით, ვისარგებლეთ (2.58) და (2.59) ფორმულებით [15]. მსუბუქი ავტომობილებისათვის და ავტობუსებისა და სატვირთო ავტომობილებისათვის:

$$I_{Gnom} = (1.25 \div 1.35) \cdot \left[\sum_{i=1}^n I_{dm1i} + \sum_{i=1}^{n_1} I_{dm2i} \right], \quad I_{Gnom} = (1.35 \div 1.5) \cdot \left[\sum_{i=1}^n I_{dm1i} + \sum_{i=1}^{n_1} I_{dm2i} \right],$$

სადაც: I_{dm1i} არის, ლუწი მიკროციკლების დროს (ღამის პერიოდი) ჩართული, i -ური ძირითადი მომხმარებლის ჯამური დენის ძალის სიდიდე. ხოლო I_{dm2i} არის ამავე მიკროციკლის დროს ჩართული i -ური ზოგადი მომხმარებლის ჯამური დენის ძალის

სიდიდე. სეზონური გავლენის გათვალისწინებით საანგარიშო მონაცემად ავიღეთ ზამთრის პერიოდის ლუწი მიკროციკლის შემთხვევა, რადგან ამ პერიოდში, ელექტროენერჯის მომხმარებლების ყველაზე მეტი რაოდენობაა ჩართული ვიდრე სხვა მიკროციკლის შემთხვევაში.

ცხრილი 26

სატრანსპორტო საშუალებების გენერატორების სიმძლავრეები

სატრანსპორტო საშუალების ტიპი		გენერატორის ნომინალური სიმძლავრე (ვტ)
მსუბუქი		925÷1000
მიკროავტობუსი		580÷1200
ავტობუსი		1700÷1900
სატვირთო	მცირე და საშუალო ტვირთამწეობის	1130÷1260
	დიდი ტვირთამწეობის	1340÷1500

გაშვების დროის ინტერვალის საშუალო მნიშვნელობა, სატრანსპორტო საშუალების შიგაწვის ძრავის ტიპის მიხედვით. შეადგენს: 5÷10 წამს ბენზინის საწვავზე მომუშავე ძრავებისათვის და 8÷15 წამს დიზელის საწვავზე მომუშავე ძრავებისათვის. შიგაწვის ძრავის გაშვების დროის ინტერვალები, დამოკიდებულია სატრანსპორტო საშუალების ტიპზე და მიკროციკლის მახასიათებელზე. შიგაწვის ძრავის გაშვების დროის ინტერვალის საშუალო მნიშვნელობები, მოხმარებული სიმძლავრის მიხედვით განაწილებული, სატრანსპორტო საშუალების კლასის და ტიპის მიხედვით, მოცემულია ცხრილი 27-ში.

ცხრილი 27

გაშვების სისტემის მუშაობის დროის ინტერვალები

სატრანსპორტო საშუალების ტიპი		მიკროციკლი			
		t_{M11}	t_{M21}	t_{M12}	t_{M22}
		გაშვების დროის ინტერვალები (წმ)			
		$\tau_{st1} ; \tau_{st2} ; \tau_{st3}$	$\tau_{st1} ; \tau_{st2} ; \tau_{st3}$	$\tau_{st1} ; \tau_{st2} ; \tau_{st3}$	$\tau_{st1} ; \tau_{st2} ; \tau_{st3}$
მსუბუქი		2;4;2;	2;5;2;	3;5;2;	3;5;2;
მიკროავტობუსი		2;4;2;	2;5;2;	3;5;2;	3;5;2;
ავტობუსი		3;7;3;	3;7;3;	4;8;3;	4;8;3;
სატვირთო	მცირე და საშუალო ტვირთამწეობის	2;4;2;	2;5;2;	3;5;2;	3;5;2;
	დიდი ტვირთამწეობის	3;7;3;	3;7;3;	4;8;3;	4;8;3;

სტარტერის მიერ მოხმარებული სიმძლავრეები, რომელსაც გასცემს აკუმულატორთა ბატარეა, გაშვების პროცესში, დამოკიდებულია სატრანსპორტო საშუალების ტიპზე. რომელიც მოცემულია ცხრილი 28-ში, სადაც განხილულია გაშვების დროის ინტერვალებში, აკუმულატორთა ბატარეას მიერ გაცემული მიმდინარე სიმძლავრეების საშუალო მნიშვნელობები [81].

ცხრილი 28

სტარტერის მიერ მოხმარებული სიმძლავრეები

სატრანსპორტო საშუალების ტიპი		P_{st1} (კვტ)	P_{st2} (კვტ)	P_{st3} (კვტ)
მსუბუქი		2÷3	1,4÷1,5	0,64÷0,96
მიკროავტობუსი		2,16÷3,24	1,5÷1,6	0,64÷0,96
ავტობუსი		11,4÷13,6	7÷9	1,4÷1,92
სატვირთო	მცირე და საშუალო ტვირთამწეობის	2,16÷3,24	1,5÷1,6	0,64÷0,96
	დიდი ტვირთამწეობის	13÷15,5	9÷11	2÷2,64

ხოლო გაშვების მცდელობათა რაოდენობა დამოკიდებულია, სატრანსპორტო საშუალების ექსპლუატაციის პირობებზე და შიგაწვის ძრავის საწყის ტემპერატურაზე. გაშვების მცდელობათა რაოდენობის საშუალო მნიშვნელობები, მიკროციკლის მახასიათებელზე დამოკიდებულებით. მოცემულია ცხრილი 29-ში,

ცხრილი 29

სტარტერის მიერ შიგაწვის ძრავის გაშვების მცდელობათა რაოდენობა

მიკროციკლი			
t_{M11}	t_{M21}	t_{M12}	t_{M22}
გაშვების მცდელობათა რაოდენობა			
i_{st11}	i_{st21}	i_{st12}	i_{st22}
1÷2	1÷3	1÷3	1÷5

მიღებული მონაცემების მიხედვით და (2.63) ფორმულის საშუალებით, გავიანგარიშეთ სტარტერის მიერ მოხმარებული ენერჯის საშუალო მნიშვნელობა, მიკროციკლების პერიოდებში. სატრანსპორტო საშუალების კლასის და ტიპის მიხედვით. გაანგარიშებების შედეგები მოთავსებულია ცხრილი 30-ში.

სტარტერის მიერ მოხმარებული სიმძლავრის მნიშვნელობები, გაშვების პროცესის სხვადასხვა ეტაპზე მოცემულია ცხრილი 30-ში. სატრანსპორტო საშუალებების კლასის და ტიპის მიხედვით, მიკროციკლების პერიოდებში. შედეგები მიღებულია, თეორიული და ლაბორატორიული კვლევების შედეგად მიღებული მონაცემების საფუძველზე,

ცხრილი 30

სტარტერის მიერ მოხმარებული ენერჯის მნიშვნელობები

სატრანსპორტო საშუალების ტიპი		სტარტერის მიერ მოხმარებული ენერჯია	მიკროციკლი			
			t_{M11}	t_{M11}	t_{M11}	t_{M11}
			ენერჯის საშუალო (ვტ.წთ)			
მსუბუქი		W_{m3i}	290	326	490	520
მიკროავტობუსი		W_{m3i}	460	520	627	780
ავტობუსი		W_{m3i}	2600	3885	4670	5840
სატვირთო	მცირე და საშუალო ტვირთამწეობის	W_{m3i}	397	480	630	1050
	დიდი ტვირთამწეობის	W_{m3i}	3280	4370	5250	6560

არსებულ სისტემებში გენერატორის და აკუმულატორთა ბატარეის ციკლირება და ჩართვების სიხშირე დამოკიდებულია მიკროციკლის მახასიათებელზე და ექსპლუატაციის პირობებზე, ჩართვის ალბათობების საშუალო მნიშვნელობები გამოსახულია ცხრილი 31.-ში

ცხრილი 31

გენერატორის და აკუმულატორთა ბატარეის ჩართვის ალბათობების საშუალო მნიშვნელობები

სატრანსპორტო საშუალების ტიპი		მიკროციკლი							
		t_{M11}		t_{M21}		t_{M12}		t_{M22}	
		ჩართვის ალბათობის საშუალო მნიშვნელობა							
		ζ_G	ζ_A	ξ_G	ξ_A	ξ_G	ζ_A	ξ_G	ζ_A
მსუბუქი		0,54	0,46	0,65	0,35	0,54	0,46	0,65	0,35
მიკროავტობუსი		0,54	0,46	0,65	0,35	0,54	0,46	0,65	0,35
ავტობუსი		0,55	0,45	0,7	0,3	0,55	0,45	0,7	0,3
სატვირთო	მცირე და საშუალო ტვირთამწეობის	0,54	0,46	0,65	0,35	0,54	0,46	0,65	0,35
	დიდი ტვირთამწეობის	0,55	0,45	0,67	0,33	0,55	0,45	0,67	0,33

სატრანსპორტო საშუალებების მოძრაობის რეკომენდირებულ საშუალო სიჩქარე და მიკროციკლების რეკომენდირებული მინიმალური დროის მონაკვეთი

სატრანსპორტო საშუალებებში გამოყენებული გენერატორების მახასიათებლები დამოკიდებულია, სატრანსპორტო საშუალების ტიპზე. ცხრილი 32-ში მოცემულია სხვადასხვა ფირმის მიერ გამოშვებული, ზოგიერთი ტიპის გენერატორების მახასიათებლები. რომლებიც ძირითადად გამოიყენება, ცხრილში მოცემულ სატრანსპორტო საშუალების კლასის ავტომობილებში. [107,108,109,110,113,119].

ცხრილი 32

საშუალებებში გამოყენებული ზოგიერთი ტიპის გენერატორების მახასიათებლები

სატრანსპორტო საშუალების ტიპი		გენერატორი		საწყისი ბრუნთა რიცხვი დატვირთვის გარეშე n_x	გაცემული დენის ძალის მნიშვნელობა		
		მწარმოებელი ფირმა	ტიპი		1500 ბრ/წთ	6000 ბრ/წთ	
მსუბუქი		BOSCH	K1-14v	28/70A	1100	28	70
		BOSCH	K1-14v	30/80A	1150	30	80
მიკროავტობუსი		BOSCH	N1-14v	40/115A	1100	40	115
		Deico Reiny	CS144		1150	48	108
ავტობუსი		BOSCH	N1-14v	80/140A	1100	80	140
		Deico Reiny	CS144		1150	83	150
სატვირთო	მცირე და საშუალო ტვირთამწეობის	BOSCH	N1-14v	40/115A	1100	40	115
		Deico Reiny	CS130		1100	62	105
	დიდი ტვირთამწეობის	BOSCH	CS144		1000	63	120
		Deico Reiny	CS144		950	83	150

სატრანსპორტო საშუალებებში გამოყენებული აკუმულატორთა ბატარეას ზოგიერთი მოდიფიკაცია, სატრანსპორტო საშუალების კლასის და ტიპის მიხედვით.

სატრანსპორტო საშუალების ტიპი		აკუმულატორთა ბატარეას ტიპი	ტევადობა C_{A20} განმუხტვის დენის ძალით		გენმუხტვის დენის ძალა I_{Ag}		
			20 სთ	10 სთ	20 სთ	10 სთ	სტარტერული 3 წთ
მსუბუქი		6-CT-55	55	50	2,75	5	225
		6-CT-60	60	54	3	5,4	230
მიკროავტობუსი		6-CT-75	75	68	3,75	6,8	255
		6-CT-90	90	81	4,5	8,1	270
ავტობუსი		6-CT-190	190	170	9,5	17	570
		6-CT-240	250	190	10,8	21,6	646
სატვირთ	მცირე და საშუალო ტვირთამწეობის	6-CT-90	90	81	4,5	8,1	270
		6-CT-105	105	95	5,25	9,5	315
	დიდი ტვირთამწეობის	6-CT-190	190	170	9,5	17	570
		6-CT-240	250	190	10,8	21,6	646

ცხრილი 35-ში მოცემული მონაცემები მივიღეთ (2.79) ფორმულით გაანგარიშების შედეგად. მიღებული მონაცემები წარმოადგენს სატრანსპორტო საშუალების მოძრაობის სიჩქარის დიაპაზონს. აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის შესაძლებლობით, მიკროციკლების პერიოდებში. ხოლო ცხრილი 36-ში მოცემულია სატრანსპორტო საშუალების საშუალო სიჩქარის მნიშვნელობები, აკუმულატორთა ბატარეას $\frac{1}{3} \cdot C_{A20}$ დენის ძალით დამუხტვის შესაძლებლობით. მიღებული საშუალო სიჩქარეები წარმოადგენს, რეკომენდირებულ სიჩქარეს, მოცემული სატრანსპორტო საშუალებისათვის, ოთხივე მიკროციკლის შემთხვევაში, მიკროციკლის მახასიათებლის და გადაცემათა კოლოფის გადაცემის რიცხვის მიხედვით.

მიკროციკლი	სატრანსპორტო საშუალების ტიპი				
	მსუბუქი	მიკროავტობუსი	ავტობუსი	სატვირთო	
				მცირე და საშუალო ტვირთამწეობის	დიდი ტვირთამწეობის
	გენერატორის როტორის ოპტიმალური ბრუნთა რიცხვი (ბრ/წთ)				
	$n_{Gk \min} \div n_{Gk \max}$	$n_{Gk \min} \div n_{Gk \max}$	$n_{Gk \min} \div n_{Gk \max}$	$n_{Gk \min} \div n_{Gk \max}$	$n_{Gk \min} \div n_{Gk \max}$
t_{M11}	1850÷2256	1620÷2000	1725÷2550	1685÷2080	1400÷2000
t_{M21}	2110÷2680	1800÷2270	1850÷2900	1880÷2360	1515÷2240
t_{M12}	1834÷2320	1600÷2040	1630÷2390	1660÷2130	1370÷2070
t_{M22}	2510÷3686	1940÷2580	2100÷3810	2020÷2730	1625÷2710

მიკროციკლი	გადაცემათა კოლოფის გადაცემის საფეხური	სატრანსპორტო საშუალების ტიპი				
		მსუბუქი	მიკროავტობუსი	ავტობუსი	სატვირთო	
					მცირე და საშუალო ტვირთამწეობის	დიდი ტვირთამწეობის
		ოპტიმალური სიჩქარის დიაპაზონი (კმ/სთ)				
$v_{ak \min} \div v_{ak \max}$	$v_{ak \min} \div v_{ak \max}$	$v_{ak \min} \div v_{ak \max}$	$v_{ak \min} \div v_{ak \max}$	$v_{ak \min} \div v_{ak \max}$	$v_{ak \min} \div v_{ak \max}$	
t_{M11}	I	12,1÷14,7	7÷9	6,8÷10	7,8÷9,5	6,2÷8,8
	II	21÷25,4	13,6÷16,8	13÷19	14÷17,5	10,5÷15
	III	32÷39	21÷26	24÷36	24÷30	17,1÷24,5
	IV	44÷54	30÷37,3	34,5÷51	36÷44	26÷37
	V	55÷66	40÷49	53,4÷79	47÷58	41÷59
	VI	73÷89	47,7÷59	61,6÷91	50÷61	55,6÷80
t_{M21}	I	13,8÷17,5	8÷10	7,3÷11,4	8,6÷11	6,7÷10
	II	24÷30	15÷19	14÷22	16÷20	11,4÷17
	III	36,5÷46	23,8÷30	26÷41	26,7÷33,6	18,6÷28
	IV	50÷64	33,6÷42,3	37÷58	40÷50	28,2÷42
	V	62÷79	44,4÷56	57÷90	53÷66,4	44,5÷66
	VI	83÷106	53÷67	68÷103	55÷60	60,5÷90
t_{M12}	I	12÷15	7,2÷9	6,4÷9,4	7,6÷9,7	6,1÷9,2
	II	20÷26	13,4÷17	12,4÷18,2	14÷18	10,3÷15,6
	III	32÷40	21÷27	23÷33,8	23,6÷30	17÷25,5
	IV	43,7÷55	30÷38	32,6÷48	35÷45	26÷38,6
	V	54÷68	39,5÷50	50÷74	46,6÷50	40,3÷61
	VI	72÷91	47÷60	58÷85	49÷62	55÷83
t_{M22}	I	16÷24	8,7÷11,6	8,3÷15	9,2÷12,5	7,2÷12
	II	28÷41,5	16÷21,6	16÷29	17÷23	13÷20,4
	III	43÷63,5	25,6÷34	30÷54	29÷39	20÷33
	IV	59÷88	36÷48	42÷76	43÷58	30÷50
	V	74÷108	47,7÷63,6	65÷118	57÷77	48÷80
	VI	98÷145	57÷76	75÷136	60÷80	65÷108

მიკროციკლი	გადაცემათა კოლოფის გადაცემის საფეხური	სატრანსპორტო საშუალების ტიპი				
		მსუბუქი	მიკროავტობუსი	ავტობუსი	სატვირთო	
					მცირე და საშუალო ტვირთამწეობის	დიდი ტვირთამწეობის
		რეკომენდირებული ოპტიმალური საშუალო სიჩქარე (კმ/სთ)				
v_{aki}	v_{aki}	v_{aki}	v_{aki}	v_{aki}		
t_{M11}	I	14,7	7÷9	10	9,5	8,8
	II	25,4	16,8	19	17,5	15
	III	39	26	36	30	24,5
	IV	54	37,3	51	44	37
	V	66	49	79	58	59
	VI	89	59	91	61	80
t_{M21}	I	17,5	10	11,4	11	10
	II	30	19	22	20	17
	III	46	30	41	33,6	28
	IV	64	42,3	58	50	42
	V	79	56	90	66,4	66
	VI	106	67	103	60	90
t_{M12}	I	15	9	9,4	9,7	9,2
	II	26	17	18,2	18	15,6
	III	40	27	33,8	30	25,5
	IV	55	38	48	45	38,6
	V	68	50	74	50	61
	VI	91	60	85	62	83
t_{M22}	I	24	11,6	15	12,5	12
	II	41,5	21,6	29	23	20,4
	III	63,5	34	54	39	33
	IV	88	48	76	58	50
	V	108	63,6	118	77	80
	VI	145	76	136	80	108

ცხრილი 37-ში მიღებული საშუალო სიჩქარეები წარმოადგენს, რეკომენდირებულ მინიმალურ საშუალო სიჩქარეს, მოცემული სატრანსპორტო საშუალებისათვის, საგზაო პირობების, მიკროციკლის მახასიათებლის და დანიშნულების მიხედვით.

ცხრილი 37

რეკომენდირებული მინიმალური საშუალო სიჩქარე

მიკროციკლი	სატრანსპორტო საშუალების ტიპი							
	მსუბუქი		მიკროავტობუსი		ავტობუსი		სატვირთო	
	ტაქსი	პირადი მოხმარების	შიგასაქალაქო საგარეუბნო	საქალაქთაშორისო	შიგასაქალაქო საგარეუბნო	საქალაქთაშორისო	მცირე და საშუალო ტვირთამწეობის	დიდი ტვირთამწეობის
	მოძრაობის დროს რეკომენდირებული მინიმალური საშუალო სიჩქარე (კმ/სთ)							
	v_{aMi}	v_{aMi}	v_{aMi}	v_{aMi}	v_{aMi}	v_{aMi}	v_{aMi}	v_{aMi}
t_{M11}	34	38	25,8	27	27	38	23	32
t_{M21}	38	40	26	33,5	32	47	27	36
t_{M12}	35	39	26,4	28	26	36	23	33
t_{M22}	52	56	30	38	42	62	31	43

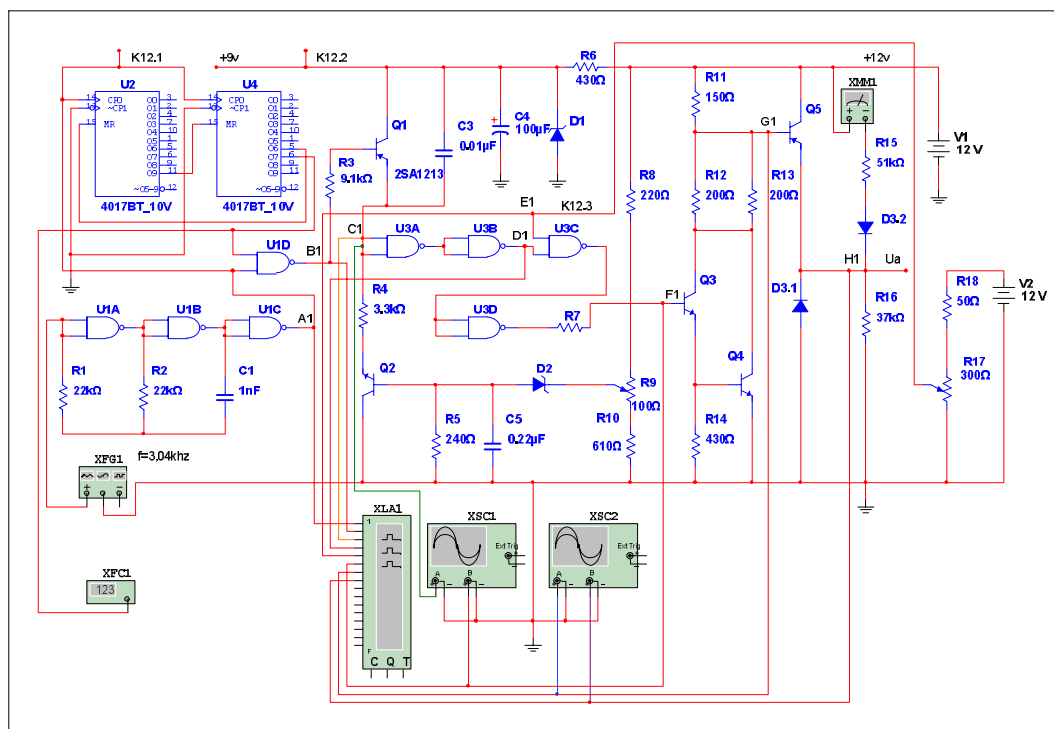
ცხრილი 38

მიკროციკლის რეკომენდირებული მინიმალური დრო

მიკროციკლი	სატრანსპორტო საშუალების ტიპი							
	მსუბუქი		მიკროავტობუსი		ავტობუსი		სატვირთო	
	ტაქსი	პირადი მოხმარების	შიგასაქალაქო საგარეუბნო	საქალაქთაშორისო	შიგასაქალაქო საგარეუბნო	საქალაქთაშორისო	მცირე და საშუალო ტვირთამწეობის	დიდი ტვირთამწეობის
	მიკროციკლის რეკომენდირებული მინიმალური დრო (წთ)							
	t_{Mi}	t_{Mi}	t_{Mi}	t_{Mi}	t_{Mi}	t_{Mi}	t_{Mi}	t_{Mi}
t_{M11}	6,1	5	11,4	7,9	18	12	12,4	15,4
t_{M21}	7,4	6,1	13,8	10,6	21	15,8	17,5	18
t_{M12}	10,6	8,1	20,5	14,1	23,6	16,2	19,2	22,5
t_{M22}	23,4	20,1	24,2	18,5	25,4	21,5	21,6	26,6

უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის მოდულების, ვირტუალური მედელების პროგრამული კვლევა

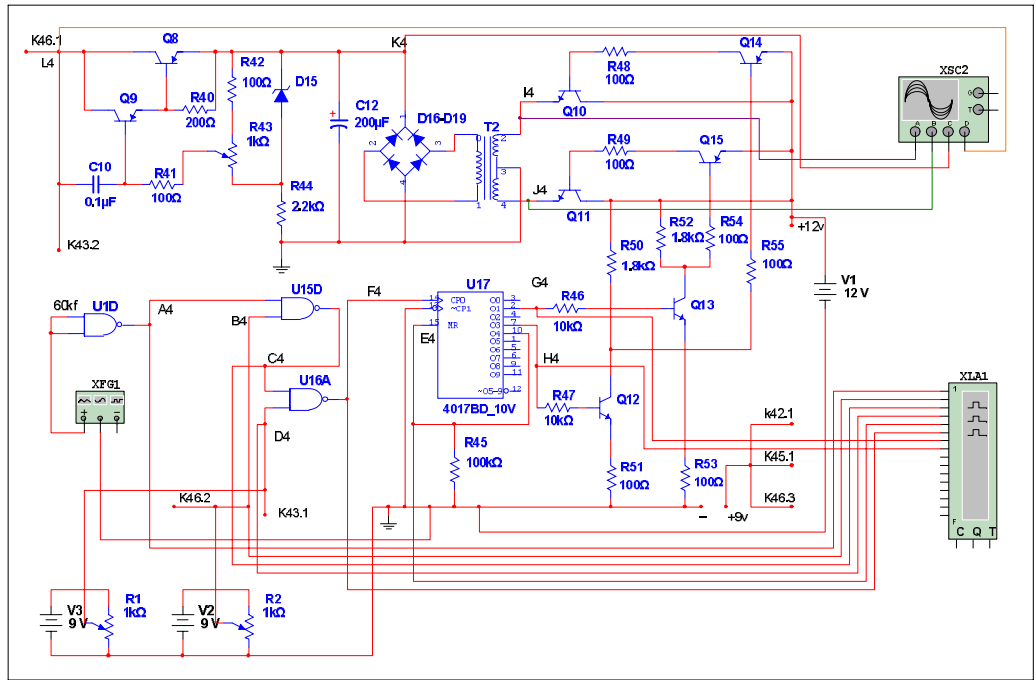
ვირტუალური პროგრამული კვლევა ვაწარმოეთ „Multisim 11.0“ პროგრამის გამოყენებით. კვლევების წარმოების დროს გამოყენებული ვირტუალური ხელსაწყოები განთავსებულია ამ პროგრამის ინტერფეისში. ისინი საშუალებას გვაძლევენ ავილოთ სიდიდეების მიმდინარე ანათვლები კვლევის პროცესის მიმდინარეობის დროს.



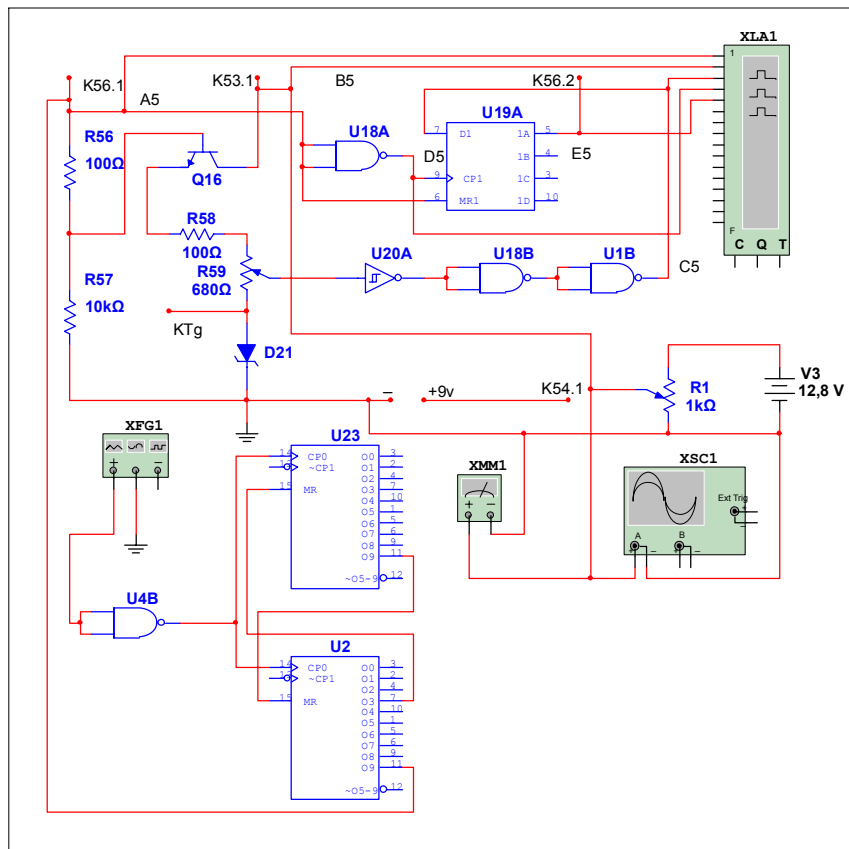
ნახ. 72. M1 მოდულის, საკონტროლო წერტილებში პროგრამული კვლევისას გამოყენებული სქემოტექნიკა

ნახ. 72-ზე ნაჩვენებია M1 მოდულის ვირტუალური მოდელის კვლევის დროს გამოყენებული ჩართვის სქემა. აქ განთავსებული ხელსაწყოების საშუალებით მიღებული მონაცემები გადაგვაქვს გრაფიკულ ჩამწერზე შემდგომი დამუშავებისათვის. ეს გრაფიკული ჩამწერიც განთავსებულია ამ პროგრამის ინტერფეისში.

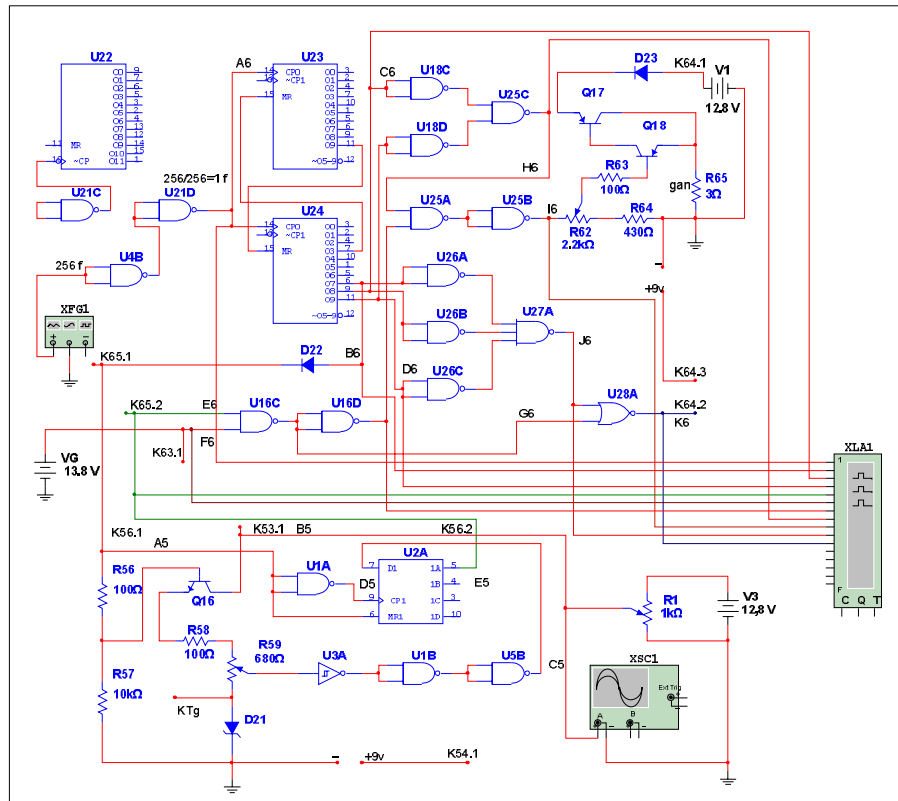
ანალოგიურად განვახორციელოთ დანარჩენი მოდულების ვირტუალური მოდელების პროგრამული კვლევა. პროგრამული კვლევის დროს გამოყენებული ჩართვის სქემები მოცემულია ქვემოთ წარმოდგენილ შემდეგ ნახაზებზე:



ნახ. 75. M4 მოდულის, საკონტროლო წერტილებში პროგრამული კვლევისას გამოყენებული სქემოტექნიკა

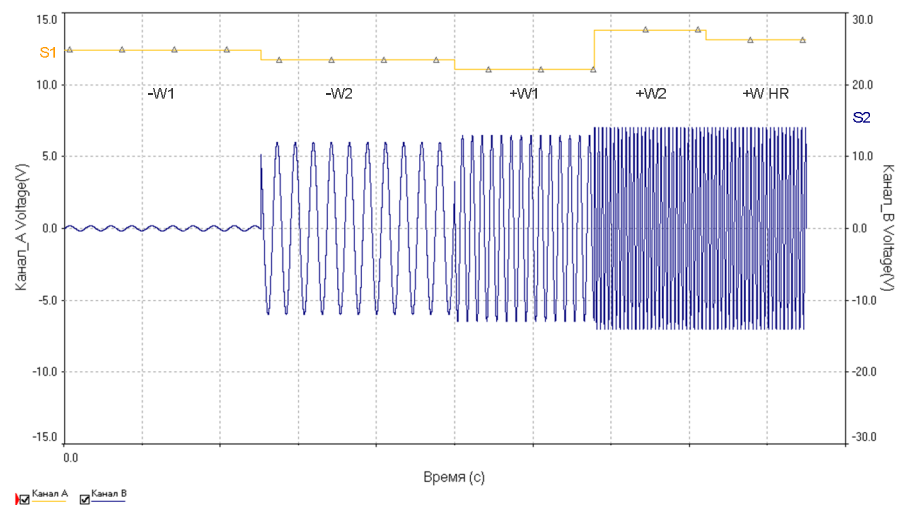


ნახ. 76. M5 მოდულის, საკონტროლო წერტილებში პროგრამული კვლევისას გამოყენებული სქემოტექნიკა



ნახ. 77. M6 მოდულის, საკონტროლო წერტილებში პროგრამული კვლევისას გამოყენებული სქემოტექნიკა

ელექტრომომარაგების სისტემის პროგრამული კვლევის დროს გამოყენებული ჩართვის სქემა ნაჩვენებია ნახ. 79-ზე. ხოლო გამოცდების შედეგად მიღებული ოსცილოგრამები ნახ. 78-ზე.



ნახ. 78. უნიფიცირებული ძაბვის რეგულატორის ვირტუალური მოდელის, საკონტროლო წერტილებში მოქმედი ძაბვების, ვირტუალური დიაგრამები.

ვირტუალური მოდელის პროგრამული კვლევის შედეგად მიღებული მონაცემების ანალიზი ცხრილური მეთოდით.

პროგრამული კვლევის მონაცემები, ვირტუალური გრაფიკებიდან ავიღეთ გრაფიკული ამგების დიაგრამებიდან ვირტუალური კურსორების საშუალებით. შედეგები გადავიტანეთ ცხრილების ფორმატში „Microsoft office Excel 2003“-ის პროგრამაში შემდგომი ანგარიშების შესასრულებლად და თეორიული კვლევის შედეგებთან შესადარებლად. უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის მოდულების ვირტუალური მოდელების პროგრამული კვლევის შედეგების ფრაგმენტები, საკონტროლო წერტილების მიხედვით მოცემულია შემდეგ ცხრილებში:

ცხრილი 39

M1 მოდულის ვირტუალური გამოცდის შედეგების მონაცემების ფრაგმენტი, საკონტროლო წერტილების მიხედვით.

X-[A1]	Y-[A1]	X-[B1]	Y-[B1]	X-[C1]	Y-[C1]	X-[D1]	Y-[D1]	X-[E1]	Y-[E1]	X-[F1]	Y-[F1]	X-[G1]	Y-[G1]	X-[H1]	Y-[H1]
0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0.00005	1	0.00005	1	0.00005	0	0.00005	0	0.00005	0	0.00005	0	0.00005	1	0.00005	0
0.00005	0	0.0001	1	0.0001	0	0.0001	0	0.0001	0	0.0001	0	0.0001	1	0.0001	0
0.0001	0	0.00015	1	0.00015	0	0.00015	0	0.00015	0	0.00015	0	0.00015	1	0.00015	0
0.00015	0	0.0002	1	0.0002	0	0.0002	0	0.0002	0	0.0002	0	0.0002	1	0.0002	0
0.00015	1	0.00025	1	0.00025	0	0.00025	0	0.00025	0	0.00025	0	0.00025	1	0.00025	0
0.0002	1	0.0003	1	0.0003	0	0.0003	0	0.0003	0	0.0003	0	0.0003	1	0.0003	0
0.00025	1	0.00035	1	0.00035	0	0.00035	0	0.00035	0	0.00035	0	0.00035	1	0.00035	0
0.0003	1	0.0004	1	0.0004	0	0.0004	0	0.0004	0	0.0004	0	0.0004	1	0.0004	0
0.0003	0	0.00045	1	0.00045	0	0.00045	0	0.00045	0	0.00045	0	0.00045	1	0.00045	0
0.00035	0	0.0005	1	0.0005	0	0.0005	0	0.0005	0	0.0005	0	0.0005	1	0.0005	0
0.0004	0	0.00055	1	0.00055	0	0.00055	0	0.00055	0	0.00055	0	0.00055	1	0.00055	0
0.00045	0	0.0006	1	0.0006	0	0.0006	0	0.0006	0	0.0006	0	0.0006	1	0.0006	0
0.00045	1	0.00065	1	0.00065	0	0.00065	0	0.00065	0	0.00065	0	0.00065	1	0.00065	0
0.0005	1	0.0007	1	0.0007	0	0.0007	0	0.0007	0	0.0007	0	0.0007	1	0.0007	0
0.00055	1	0.00075	1	0.00075	0	0.00075	0	0.00075	0	0.00075	0	0.00075	1	0.00075	0
0.0006	1	0.0008	1	0.0008	0	0.0008	0	0.0008	0	0.0008	0	0.0008	1	0.0008	0
0.0006	0	0.00085	1	0.00085	0	0.00085	0	0.00085	0	0.00085	0	0.00085	1	0.00085	0
0.00065	0	0.0009	1	0.0009	0	0.0009	0	0.0009	0	0.0009	0	0.0009	1	0.0009	0
0.0007	0	0.00095	1	0.00095	0	0.00095	0	0.00095	0	0.00095	0	0.00095	1	0.00095	0
0.00075	0	0.001	1	0.001	0	0.001	0	0.001	0	0.001	0	0.001	1	0.001	0
0.00075	1	0.00105	1	0.00105	0	0.00105	0	0.00105	0	0.00105	0	0.00105	1	0.00105	0
0.0008	1	0.0011	1	0.0011	0	0.0011	0	0.0011	0	0.0011	0	0.0011	1	0.0011	0
0.00085	1	0.00115	1	0.00115	0	0.00115	0	0.00115	0	0.00115	0	0.00115	1	0.00115	0
0.0009	1	0.0012	1	0.0012	0	0.0012	0	0.0012	0	0.0012	0	0.0012	1	0.0012	0
0.0009	0	0.00125	1	0.00125	0	0.00125	0	0.00125	0	0.00125	0	0.00125	1	0.00125	0
0.00095	0	0.0013	1	0.0013	0	0.0013	0	0.0013	0	0.0013	0	0.0013	1	0.0013	0

M1 მოდულის ვირტუალური გამოცდის შედეგების მონაცემების ფრაგმენტი,
საკონტროლო წერტილების მიხედვით.

X-[C1]	Y-[C1]	X-[F1]	Y-[F1]	X-[G1]	Y-[G1]	X-[H1]	Y-[H1]
0	-0.01264	0	6.93E-09	0	12	0	4.817007
1E-11	-0.01264	1E-11	6.93E-09	1E-11	12	1E-11	4.817007
2E-11	-0.01264	2E-11	6.93E-09	2E-11	12	2E-11	4.817007
4E-11	-0.01264	4E-11	6.93E-09	4E-11	12	4E-11	4.817007
8E-11	-0.01264	8E-11	6.93E-09	8E-11	12	8E-11	4.817007
1.6E-10	-0.01264	1.6E-10	6.93E-09	1.6E-10	12	1.6E-10	4.817007
3.2E-10	-0.01264	3.2E-10	6.93E-09	3.2E-10	12	3.2E-10	4.817007
6.4E-10	-0.01264	6.4E-10	6.93E-09	6.4E-10	12	6.4E-10	4.817007
1E-09	-0.01264	1E-09	6.93E-09	1E-09	12	1E-09	4.817007
1.06E-09	-0.01264	1.06E-09	6.93E-09	1.06E-09	12	1.06E-09	4.817007
1.19E-09	-0.01264	1.19E-09	6.93E-09	1.19E-09	12	1.19E-09	4.817007
1.45E-09	-0.01264	1.45E-09	6.93E-09	1.45E-09	12	1.45E-09	4.817007
1.96E-09	-0.01264	1.96E-09	6.93E-09	1.96E-09	12	1.96E-09	4.817007
2.98E-09	-0.01264	2.98E-09	6.93E-09	2.98E-09	12	2.98E-09	4.817007
5.03E-09	-0.01264	5.03E-09	6.93E-09	5.03E-09	12	5.03E-09	4.817007
9.13E-09	-0.01264	9.13E-09	6.93E-09	9.13E-09	12	9.13E-09	4.817007
1.73E-08	-0.01264	1.73E-08	6.93E-09	1.73E-08	12	1.73E-08	4.817007
3.37E-08	-0.01264	3.37E-08	6.93E-09	3.37E-08	12	3.37E-08	4.817007
4.7E-08	-0.01264	4.7E-08	6.93E-09	4.7E-08	12	4.7E-08	4.817007
4.71E-08	-0.01264	4.71E-08	6.93E-09	4.71E-08	12	4.71E-08	4.817007
4.73E-08	-0.01264	4.73E-08	6.93E-09	4.73E-08	12	4.73E-08	4.817007
4.77E-08	-0.01264	4.77E-08	6.93E-09	4.77E-08	12	4.77E-08	4.817007
4.8E-08	-0.01264	4.8E-08	6.93E-09	4.8E-08	12	4.8E-08	4.817007
4.81E-08	-0.01264	4.81E-08	6.93E-09	4.81E-08	12	4.81E-08	4.817007
4.82E-08	-0.01264	4.82E-08	6.93E-09	4.82E-08	12	4.82E-08	4.817007
4.86E-08	-0.01264	4.86E-08	6.93E-09	4.86E-08	12	4.86E-08	4.817007
4.92E-08	-0.01264	4.92E-08	6.93E-09	4.92E-08	12	4.92E-08	4.817007
5.05E-08	-0.01264	5.05E-08	6.93E-09	5.05E-08	12	5.05E-08	4.817007
5.3E-08	-0.01264	5.3E-08	6.93E-09	5.3E-08	12	5.3E-08	4.817007
5.82E-08	-0.01264	5.82E-08	6.93E-09	5.82E-08	12	5.82E-08	4.817007
6.84E-08	-0.01264	6.84E-08	6.93E-09	6.84E-08	12	6.84E-08	4.817007
8.89E-08	-0.01264	8.89E-08	6.93E-09	8.89E-08	12	8.89E-08	4.817007
1.09E-07	-0.01264	1.09E-07	6.94E-09	1.09E-07	12	1.09E-07	4.817007
1.09E-07	-0.01264	1.09E-07	6.94E-09	1.09E-07	12	1.09E-07	4.817007
1.09E-07	-0.01264	1.09E-07	6.94E-09	1.09E-07	12	1.09E-07	4.817007
1.09E-07	-0.01264	1.09E-07	6.93E-09	1.09E-07	12	1.09E-07	4.817007
1.1E-07	-0.01264	1.1E-07	6.93E-09	1.1E-07	12	1.1E-07	4.817007
1.1E-07	-0.01264	1.1E-07	6.93E-09	1.1E-07	12	1.1E-07	4.817007
1.1E-07	-0.01264	1.1E-07	6.93E-09	1.1E-07	12	1.1E-07	4.817007
1.1E-07	-0.01264	1.1E-07	6.93E-09	1.1E-07	12	1.1E-07	4.817007
1.11E-07	-0.01264	1.11E-07	6.93E-09	1.11E-07	12	1.11E-07	4.817007
1.12E-07	-0.01264	1.12E-07	6.93E-09	1.12E-07	12	1.12E-07	4.817007
1.15E-07	-0.01264	1.15E-07	6.93E-09	1.15E-07	12	1.15E-07	4.817007
1.2E-07	-0.01264	1.2E-07	6.93E-09	1.2E-07	12	1.2E-07	4.817007
1.3E-07	-0.01264	1.3E-07	6.93E-09	1.3E-07	12	1.3E-07	4.817007
1.51E-07	-0.01264	1.51E-07	6.93E-09	1.51E-07	12	1.51E-07	4.817007

M2 მოდულის ვირტუალური გამოცდის შედეგების მონაცემების ფრაგმენტი,
საკონტროლო წერტილების მიხედვით.

X-A2	Y-A2	X-B2	Y-B2	X-C2	Y-C2	X-D2	Y-D2	X-E2	Y-E2	X-F2	Y-F2
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0.002632	0	0.002632	1	0.002632	0	0.002632	0	0.002632	0	0.002632	0
0.002632	1	0.002632	0	0.005263	0	0.005263	0	0.005263	0	0.005263	0
0.005263	1	0.005263	0	0.007895	0	0.007895	0	0.007895	0	0.007895	0
0.007895	1	0.005263	1	0.010526	0	0.010526	0	0.010526	0	0.010526	0
0.007895	0	0.007895	1	0.013158	0	0.013158	0	0.013158	0	0.013158	0
0.010526	0	0.010526	1	0.013158	1	0.015789	0	0.015789	0	0.015789	0
0.013158	0	0.010526	0	0.015789	1	0.018421	0	0.018421	0	0.018421	0
0.013158	1	0.013158	0	0.018421	1	0.021053	0	0.021053	0	0.021053	0
0.015789	1	0.015789	0	0.021053	1	0.023684	0	0.023684	0	0.023684	0
0.018421	1	0.015789	1	0.023684	1	0.026316	0	0.026316	0	0.026316	0
0.018421	0	0.018421	1	0.023684	0	0.028947	0	0.028947	0	0.028947	0
0.021053	0	0.021053	1	0.026316	0	0.031579	0	0.031579	0	0.031579	0
0.023684	0	0.021053	0	0.028947	0	0.034211	0	0.034211	0	0.034211	0
0.023684	1	0.023684	0	0.031579	0	0.036842	0	0.036842	0	0.036842	0
0.026316	1	0.026316	0	0.034211	0	0.039474	0	0.039474	0	0.039474	0
0.028947	1	0.026316	1	0.036842	0	0.042105	0	0.042105	0	0.042105	0
0.028947	0	0.028947	1	0.039474	0	0.044737	0	0.044737	0	0.044737	0
0.031579	0	0.028947	0	0.042105	0	0.047368	0	0.047368	0	0.047368	0
0.034211	0	0.031579	0	0.044737	0	0.05	0	0.05	0	0.05	0
0.034211	1	0.034211	0	0.047368	0	0.052632	0	0.052632	0	0.052632	0
0.036842	1	0.034211	1	0.05	0	0.055263	0	0.055263	0	0.055263	0
0.039474	1	0.036842	1	0.052632	0	0.057895	0	0.057895	0	0.055263	1
0.039474	0	0.039474	1	0.055263	0	0.060526	0	0.060526	0	0.057895	1
0.042105	0	0.039474	0	0.057895	0	0.063158	0	0.063158	0	0.060526	1
0.044737	0	0.042105	0	0.060526	0	0.065789	0	0.065789	0	0.063158	1
0.044737	1	0.044737	0	0.063158	0	0.068421	0	0.068421	0	0.065789	1
0.047368	1	0.044737	1	0.065789	0	0.071053	0	0.071053	0	0.065789	0
0.05	1	0.047368	1	0.068421	0	0.073684	0	0.073684	0	0.068421	0
0.05	0	0.05	1	0.071053	0	0.076316	0	0.076316	0	0.071053	0
0.052632	0	0.05	0	0.073684	0	0.078947	0	0.078947	0	0.073684	0
0.055263	0	0.052632	0	0.076316	0	0.081579	0	0.081579	0	0.076316	0
0.055263	1	0.052632	1	0.078947	0	0.084211	0	0.084211	0	0.078947	0
0.057895	1	0.055263	1	0.081579	0	0.086842	0	0.086842	0	0.081579	0
0.060526	1	0.057895	1	0.084211	0	0.089474	0	0.089474	0	0.084211	0
0.060526	0	0.057895	0	0.086842	0	0.092105	0	0.092105	0	0.086842	0
0.063158	0	0.060526	0	0.089474	0	0.092105	1	0.094737	0	0.089474	0
0.065789	0	0.063158	0	0.092105	0	0.094737	1	0.097368	0	0.092105	0
0.065789	1	0.063158	1	0.094737	0	0.097368	1	0.1	0	0.094737	0
0.068421	1	0.065789	1	0.097368	0	0.097368	0	0.102632	0	0.097368	0
0.071053	1	0.068421	1	0.097368	1	0.1	0	0.105263	0	0.1	0
0.071053	0	0.068421	0	0.1	1	0.102632	0	0.107895	0	0.102632	0
0.073684	0	0.071053	0	0.102632	1	0.105263	0	0.110526	0	0.105263	0
0.076316	0	0.073684	0	0.105263	1	0.107895	0	0.113158	0	0.107895	0
0.076316	1	0.073684	1	0.107895	1	0.110526	0	0.115789	0	0.110526	0
0.078947	1	0.076316	1	0.107895	0	0.113158	0	0.118421	0	0.113158	0

M2 მოდულის ვირტუალური გამოცდის შედეგების მონაცემების ფრაგმენტი,
საკონტროლო წერტილების მიხედვით.

X-G2	Y-G2	X-H2	Y-H2	X-I2	Y-I2	X-J2	Y-J2	X-K2	Y-K2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.002632	0	0.002632	0	0.002632	0	0.002632	0	0.002632	0
0.005263	0	0.005263	0	0.005263	0	0.005263	0	0.005263	0
0.007895	0	0.007895	0	0.007895	0	0.007895	0	0.007895	0
0.010526	0	0.010526	0	0.010526	0	0.010526	0	0.010526	0
0.013158	0	0.013158	0	0.013158	0	0.013158	0	0.013158	0
0.015789	0	0.015789	0	0.013158	1	0.015789	0	0.015789	0
0.018421	0	0.018421	0	0.015789	1	0.018421	0	0.018421	0
0.021053	0	0.021053	0	0.018421	1	0.021053	0	0.021053	0
0.023684	0	0.023684	0	0.021053	1	0.023684	0	0.023684	0
0.026316	0	0.026316	0	0.023684	1	0.026316	0	0.026316	0
0.028947	0	0.028947	0	0.023684	0	0.028947	0	0.028947	0
0.031579	0	0.031579	0	0.026316	0	0.031579	0	0.031579	0
0.034211	0	0.034211	0	0.028947	0	0.034211	0	0.034211	0
0.036842	0	0.036842	0	0.031579	0	0.036842	0	0.036842	0
0.039474	0	0.039474	0	0.034211	0	0.039474	0	0.039474	0
0.042105	0	0.042105	0	0.036842	0	0.042105	0	0.042105	0
0.044737	0	0.044737	0	0.039474	0	0.044737	0	0.044737	0
0.047368	0	0.047368	0	0.042105	0	0.047368	0	0.047368	0
0.05	0	0.05	0	0.044737	0	0.05	0	0.05	0
0.052632	0	0.052632	0	0.047368	0	0.052632	0	0.052632	0
0.055263	0	0.055263	0	0.05	0	0.055263	0	0.055263	0
0.057895	0	0.057895	0	0.052632	0	0.057895	0	0.057895	0
0.060526	0	0.060526	0	0.055263	0	0.060526	0	0.060526	0
0.063158	0	0.063158	0	0.057895	0	0.063158	0	0.063158	0
0.065789	0	0.065789	0	0.060526	0	0.065789	0	0.065789	0
0.068421	0	0.068421	0	0.063158	0	0.068421	0	0.068421	0
0.071053	0	0.071053	0	0.065789	0	0.071053	0	0.071053	0
0.073684	0	0.073684	0	0.068421	0	0.073684	0	0.073684	0
0.076316	0	0.076316	0	0.071053	0	0.076316	0	0.076316	0
0.078947	0	0.078947	0	0.073684	0	0.078947	0	0.078947	0
0.081579	0	0.081579	0	0.076316	0	0.081579	0	0.081579	0
0.084211	0	0.084211	0	0.078947	0	0.084211	0	0.084211	0
0.086842	0	0.086842	0	0.081579	0	0.086842	0	0.086842	0
0.089474	0	0.089474	0	0.084211	0	0.089474	0	0.089474	0
0.092105	0	0.092105	0	0.086842	0	0.092105	0	0.092105	0
0.092105	1	0.094737	0	0.089474	0	0.094737	0	0.092105	1
0.094737	1	0.097368	0	0.092105	0	0.097368	0	0.094737	1
0.097368	1	0.1	0	0.094737	0	0.1	0	0.097368	1
0.1	1	0.102632	0	0.097368	0	0.102632	0	0.1	1
0.102632	1	0.105263	0	0.097368	1	0.105263	0	0.102632	1
0.105263	1	0.107895	0	0.1	1	0.107895	0	0.105263	1
0.107895	1	0.110526	0	0.102632	1	0.110526	0	0.107895	1
0.110526	1	0.113158	0	0.105263	1	0.113158	0	0.110526	1
0.113158	1	0.115789	0	0.107895	1	0.115789	0	0.113158	1
0.115789	1	0.118421	0	0.107895	0	0.118421	0	0.115789	1

M4 მოდულის ვირტუალური გამოცდის შედეგების მონაცემების ფრაგმენტი,
საკონტროლო წერტილების მიხედვით.

X-A4	Y-A4	X-B4	Y-B4	X-C4	Y-C4	X-D4	Y-D4	X-E4	Y-E4	X-F4	Y-F4	X-G4	Y-G4	X-H4	Y-H4
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.33E-06	0	8.33E-06	0	8.33E-06	0	8.33E-06	0	8.33E-06	0	8.33E-06	0	8.33E-06	0	8.33E-06	0
1.67E-05	0	1.67E-05	0	8.33E-06	1	1.67E-05	0	1.67E-05	0	8.33E-06	1	1.67E-05	0	1.67E-05	0
1.67E-05	1	0.000025	0	1.67E-05	1	0.000025	0	0.000025	0	1.67E-05	1	0.000025	0	0.000025	0
0.000025	1	3.33E-05	0	0.000025	1	3.33E-05	0	3.33E-05	0	0.000025	1	3.33E-05	0	3.33E-05	0
0.000025	0	4.17E-05	0	3.33E-05	1	4.17E-05	0	4.17E-05	0	3.33E-05	1	4.17E-05	0	4.17E-05	0
3.33E-05	0	0.00005	0	4.17E-05	1	0.00005	0	0.00005	0	4.17E-05	1	0.00005	0	0.00005	0
3.33E-05	1	5.83E-05	0	0.00005	1	5.83E-05	0	5.83E-05	0	0.00005	1	5.83E-05	0	5.83E-05	0
4.17E-05	1	6.67E-05	0	5.83E-05	1	6.67E-05	0	6.67E-05	0	5.83E-05	1	6.67E-05	0	6.67E-05	0
4.17E-05	0	0.000075	0	6.67E-05	1	0.000075	0	0.000075	0	6.67E-05	1	0.000075	0	0.000075	0
0.00005	0	8.33E-05	0	0.000075	1	8.33E-05	0	8.33E-05	0	0.000075	1	8.33E-05	0	8.33E-05	0
0.00005	1	9.17E-05	0	8.33E-05	1	9.17E-05	0	9.17E-05	0	8.33E-05	1	9.17E-05	0	9.17E-05	0
5.83E-05	1	0.0001	0	9.17E-05	1	0.0001	0	0.0001	0	9.17E-05	1	0.0001	0	0.0001	0
5.83E-05	0	0.000108	0	0.0001	1	0.000108	0	0.000108	0	0.0001	1	0.000108	0	0.000108	0
6.67E-05	0	0.000117	0	0.000108	1	0.000117	0	0.000117	0	0.000108	1	0.000117	0	0.000117	0
6.67E-05	1	0.000125	0	0.000117	1	0.000125	0	0.000125	0	0.000117	1	0.000125	0	0.000125	0
0.000075	1	0.000133	0	0.000125	1	0.000133	0	0.000133	0	0.000125	1	0.000133	0	0.000133	0
0.000075	0	0.000142	0	0.000133	1	0.000142	0	0.000142	0	0.000133	1	0.000142	0	0.000142	0
8.33E-05	0	0.00015	0	0.000142	1	0.00015	0	0.00015	0	0.000142	1	0.00015	0	0.00015	0
8.33E-05	1	0.000158	0	0.00015	1	0.000158	0	0.000158	0	0.00015	1	0.000158	0	0.000158	0
9.17E-05	1	0.000167	0	0.000158	1	0.000167	0	0.000167	0	0.000158	1	0.000167	0	0.000167	0
9.17E-05	0	0.000175	0	0.000167	1	0.000175	0	0.000175	0	0.000167	1	0.000175	0	0.000175	0
0.0001	0	0.000183	0	0.000175	1	0.000183	0	0.000183	0	0.000175	1	0.000183	0	0.000183	0
0.0001	1	0.000192	0	0.000183	1	0.000192	0	0.000192	0	0.000183	1	0.000192	0	0.000192	0
0.000108	1	0.0002	0	0.000192	1	0.0002	0	0.0002	0	0.000192	1	0.0002	0	0.0002	0
0.000108	0	0.000208	0	0.0002	1	0.000208	0	0.000208	0	0.0002	1	0.000208	0	0.000208	0
0.000117	0	0.000217	0	0.000208	1	0.000217	0	0.000217	0	0.000208	1	0.000217	0	0.000217	0
0.000117	1	0.000225	0	0.000217	1	0.000225	0	0.000225	0	0.000217	1	0.000225	0	0.000225	0
0.000125	1	0.000233	0	0.000225	1	0.000233	0	0.000233	0	0.000225	1	0.000233	0	0.000233	0
0.000125	0	0.000242	0	0.000233	1	0.000242	0	0.000242	0	0.000233	1	0.000242	0	0.000242	0
0.000133	0	0.00025	0	0.000242	1	0.00025	0	0.00025	0	0.000242	1	0.00025	0	0.00025	0
0.000133	1	0.000258	0	0.00025	1	0.000258	0	0.000258	0	0.00025	1	0.000258	0	0.000258	0
0.000142	1	0.000267	0	0.000258	1	0.000267	0	0.000267	0	0.000258	1	0.000267	0	0.000267	0
0.000142	0	0.000275	0	0.000267	1	0.000275	0	0.000275	0	0.000267	1	0.000275	0	0.000275	0
0.00015	0	0.000283	0	0.000275	1	0.000283	0	0.000283	0	0.000275	1	0.000283	0	0.000283	0
0.00015	1	0.000292	0	0.000283	1	0.000292	0	0.000292	0	0.000283	1	0.000292	0	0.000292	0
0.000158	1	0.0003	0	0.000292	1	0.0003	0	0.0003	0	0.000292	1	0.0003	0	0.0003	0
0.000158	0	0.000308	0	0.0003	1	0.000308	0	0.000308	0	0.0003	1	0.000308	0	0.000308	0
0.000167	0	0.000317	0	0.000308	1	0.000317	0	0.000317	0	0.000308	1	0.000317	0	0.000317	0
0.000167	1	0.000325	0	0.000317	1	0.000325	0	0.000325	0	0.000317	1	0.000325	0	0.000325	0
0.000175	1	0.000333	0	0.000325	1	0.000333	0	0.000333	0	0.000325	1	0.000333	0	0.000333	0
0.000175	0	0.000342	0	0.000333	1	0.000342	0	0.000342	0	0.000333	1	0.000342	0	0.000342	0
0.000183	0	0.00035	0	0.000342	1	0.00035	0	0.00035	0	0.000342	1	0.00035	0	0.00035	0
0.000183	1	0.000358	0	0.00035	1	0.000358	0	0.000358	0	0.00035	1	0.000358	0	0.000358	0
0.000192	1	0.000367	0	0.000358	1	0.000367	0	0.000367	0	0.000358	1	0.000367	0	0.000367	0
0.000192	0	0.000367	1	0.000367	1	0.000375	0	0.000375	0	0.000367	1	0.000375	0	0.000375	0

M4 მოდულის ვირტუალური გამოცდის შედეგების მონაცემების ფრაგმენტი,
საკონტროლო წერტილების მიხედვით.

X-I4	Y-I4	X-J4	Y-J4	X-K4	Y-K4	X-L4	Y-L4
0	0	0	0	0	0	0	0
1E-10	1.3E-05	1E-10	8.68E-06	1E-10	1.04E-17	1E-10	-3.2E-12
1.03E-10	7.52E-06	1.03E-10	5.04E-06	1.03E-10	1.07E-17	1.03E-10	-3.3E-12
1.09E-10	1.96E-06	1.09E-10	1.32E-06	1.09E-10	1.13E-17	1.09E-10	-3.5E-12
1.21E-10	-3.5E-07	1.21E-10	-2.3E-07	1.21E-10	1.26E-17	1.21E-10	-3.8E-12
1.39E-10	1.6E-07	1.39E-10	1.12E-07	1.39E-10	1.44E-17	1.39E-10	-4.5E-12
1.64E-10	6.96E-07	1.64E-10	4.71E-07	1.64E-10	1.71E-17	1.64E-10	-5.4E-12
2E-10	7.97E-07	2E-10	5.39E-07	2E-10	2.08E-17	2E-10	-6.9E-12
2.29E-10	7.85E-07	2.29E-10	5.31E-07	2.29E-10	2.39E-17	2.29E-10	-8.3E-12
2.69E-10	7.9E-07	2.69E-10	5.34E-07	2.69E-10	2.8E-17	2.69E-10	-1E-11
3.2E-10	8.07E-07	3.2E-10	5.46E-07	3.2E-10	3.33E-17	3.2E-10	-1.3E-11
4.23E-10	8.43E-07	4.23E-10	5.7E-07	4.23E-10	4.41E-17	4.23E-10	-2E-11
5.71E-10	8.94E-07	5.71E-10	6.05E-07	5.71E-10	5.98E-17	5.71E-10	-3.2E-11
8.68E-10	9.94E-07	8.68E-10	6.73E-07	8.68E-10	9.13E-17	8.68E-10	-6.2E-11
1.06E-09	1.05E-06	1.06E-09	7.15E-07	1.06E-09	1.12E-16	1.06E-09	-8.6E-11
1.27E-09	1.12E-06	1.27E-09	7.58E-07	1.27E-09	1.34E-16	1.27E-09	-1.1E-10
1.47E-09	1.18E-06	1.47E-09	8.02E-07	1.47E-09	1.56E-16	1.47E-09	-1.5E-10
1.72E-09	1.26E-06	1.72E-09	8.54E-07	1.72E-09	1.83E-16	1.72E-09	-1.9E-10
2.22E-09	1.41E-06	2.22E-09	9.61E-07	2.22E-09	2.38E-16	2.22E-09	-2.8E-10
3.06E-09	1.67E-06	3.06E-09	1.14E-06	3.06E-09	3.33E-16	3.06E-09	-4.7E-10
4.25E-09	2.03E-06	4.25E-09	1.4E-06	4.25E-09	4.68E-16	4.25E-09	-7.4E-10
6.62E-09	2.75E-06	6.62E-09	1.92E-06	6.62E-09	7.44E-16	6.62E-09	-1.3E-09
1E-08	3.73E-06	1E-08	2.67E-06	1E-08	1.15E-15	1E-08	-2E-09
1.05E-08	3.86E-06	1.05E-08	2.77E-06	1.05E-08	1.21E-15	1.05E-08	-2.1E-09
1.14E-08	4.13E-06	1.14E-08	2.98E-06	1.14E-08	1.33E-15	1.14E-08	-2.3E-09
1.33E-08	4.65E-06	1.33E-08	3.41E-06	1.33E-08	1.56E-15	1.33E-08	-2.6E-09
1.71E-08	5.64E-06	1.71E-08	4.26E-06	1.71E-08	2.03E-15	1.71E-08	-3.1E-09
2.47E-08	7.41E-06	2.47E-08	6E-06	2.47E-08	3E-15	2.47E-08	-3.9E-09
3.98E-08	1.02E-05	3.98E-08	9.35E-06	3.98E-08	4.97E-15	3.98E-08	-5E-09
5.6E-08	1.24E-05	5.6E-08	1.24E-05	5.6E-08	7.13E-15	5.6E-08	-5.7E-09
5.61E-08	1.24E-05	5.61E-08	1.24E-05	5.61E-08	7.14E-15	5.61E-08	-5.7E-09
5.63E-08	1.24E-05	5.63E-08	1.24E-05	5.63E-08	7.17E-15	5.63E-08	-5.7E-09
5.67E-08	1.25E-05	5.67E-08	1.25E-05	5.67E-08	7.22E-15	5.67E-08	-5.7E-09
5.7E-08	1.25E-05	5.7E-08	1.25E-05	5.7E-08	7.26E-15	5.7E-08	-5.7E-09
5.71E-08	1.25E-05	5.71E-08	1.26E-05	5.71E-08	7.27E-15	5.71E-08	-5.7E-09
5.72E-08	1.25E-05	5.72E-08	1.26E-05	5.72E-08	7.29E-15	5.72E-08	-5.7E-09
5.76E-08	1.26E-05	5.76E-08	1.26E-05	5.76E-08	7.34E-15	5.76E-08	-5.7E-09
5.82E-08	1.26E-05	5.82E-08	1.27E-05	5.82E-08	7.42E-15	5.82E-08	-5.8E-09
5.95E-08	1.28E-05	5.95E-08	1.29E-05	5.95E-08	7.6E-15	5.95E-08	-5.8E-09
6.2E-08	1.3E-05	6.2E-08	1.33E-05	6.2E-08	7.94E-15	6.2E-08	-5.9E-09
6.72E-08	1.36E-05	6.72E-08	1.4E-05	6.72E-08	8.63E-15	6.72E-08	-6E-09
7.74E-08	1.45E-05	7.74E-08	1.52E-05	7.74E-08	1E-14	7.74E-08	-6.3E-09
9.79E-08	1.62E-05	9.79E-08	1.67E-05	9.79E-08	1.27E-14	9.79E-08	-6.7E-09
1.26E-07	1.78E-05	1.26E-07	1.77E-05	1.26E-07	1.64E-14	1.26E-07	-7E-09
1.56E-07	1.86E-05	1.56E-07	1.83E-05	1.56E-07	2.05E-14	1.56E-07	-7.1E-09
2E-07	1.89E-05	2E-07	1.89E-05	2E-07	2.64E-14	2E-07	-7.3E-09

M5 მოდულის ვირტუალური გამოცდის შედეგების მონაცემების ფრაგმენტი,
საკონტროლო წერტილების მიხედვით.

X-A5	Y-A5	X-B5	Y-B5	X-C5	Y-C5	X-D5	Y-D5	X-E5	Y-E5	X-B5	Y-B5
0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0.628303	13
0.005	0	0.005	1	0.005	1	0.005	1	0.005	1	0.628313	13
0.01	0	0.01	1	0.01	1	0.01	1	0.01	1	0.628323	13
0.015	0	0.015	1	0.015	1	0.015	1	0.015	1	0.628333	13
0.02	0	0.02	1	0.02	1	0.02	1	0.02	1	0.628343	13
0.025	0	0.025	1	0.025	1	0.025	1	0.025	1	0.628353	13
0.03	0	0.03	1	0.03	1	0.03	1	0.03	1	0.628363	13
0.035	0	0.035	1	0.035	1	0.035	1	0.035	1	0.628373	13
0.04	0	0.04	1	0.04	1	0.04	1	0.04	1	0.628383	13
0.045	0	0.045	1	0.045	1	0.045	1	0.045	1	0.628393	13
0.05	0	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.628403	13
0.055	0	0.055	1	0.055	1	0.055	1	0.055	1	0.628413	13
0.06	0	0.06	1	0.06	1	0.06	1	0.06	1	0.628423	13
0.065	0	0.065	1	0.065	1	0.065	1	0.065	1	0.628433	13
0.07	0	0.07	1	0.07	1	0.07	1	0.07	1	0.628443	13
0.075	0	0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.628453	13
0.08	0	0.08	1	0.08	1	0.08	1	0.08	1	0.628463	13
0.085	0	0.085	1	0.085	1	0.085	1	0.085	1	0.628473	13
0.09	0	0.09	1	0.09	1	0.09	1	0.09	1	0.628483	13
0.09	1	0.095	1	0.095	1	0.09	0	0.09	0	0.628493	13
0.095	1	0.1	1	0.1	1	0.095	0	0.095	0	0.628503	13
0.1	1	0.105	1	0.105	1	0.1	0	0.1	0	0.628513	13
0.1	0	0.11	1	0.11	1	0.1	1	0.1	1	0.628523	13
0.105	0	0.115	1	0.115	1	0.105	1	0.105	1	0.628533	13
0.11	0	0.12	1	0.12	1	0.11	1	0.11	1	0.628543	13
0.115	0	0.125	1	0.125	1	0.115	1	0.115	1	0.628553	13
0.12	0	0.13	1	0.13	1	0.12	1	0.12	1	0.628563	13
0.125	0	0.135	1	0.135	1	0.125	1	0.125	1	0.628573	13
0.13	0	0.14	1	0.14	1	0.13	1	0.13	1	0.628583	13
0.135	0	0.145	1	0.145	1	0.135	1	0.135	1	0.628593	13
0.14	0	0.15	1	0.15	1	0.14	1	0.14	1	0.628603	13
0.145	0	0.155	1	0.155	1	0.145	1	0.145	1	0.628613	13
0.15	0	0.16	1	0.16	1	0.15	1	0.15	1	0.628623	13
0.155	0	0.165	1	0.165	1	0.155	1	0.155	1	0.628633	13
0.16	0	0.17	1	0.17	1	0.16	1	0.16	1	0.628643	13
0.165	0	0.175	1	0.175	1	0.165	1	0.165	1	0.628653	13
0.17	0	0.18	1	0.18	1	0.17	1	0.17	1	0.628663	13
0.175	0	0.185	1	0.185	1	0.175	1	0.175	1	0.628673	13
0.18	0	0.19	1	0.19	1	0.18	1	0.18	1	0.628683	13
0.185	0	0.195	1	0.195	1	0.185	1	0.185	1	0.628693	13
0.19	0	0.2	1	0.2	1	0.19	1	0.19	1	0.628703	13
0.195	0	0.205	1	0.205	1	0.195	1	0.195	1	0.628713	13
0.2	0	0.21	1	0.21	1	0.2	1	0.2	1	0.628723	13
0.205	0	0.215	1	0.215	1	0.205	1	0.205	1	0.628733	13
0.21	0	0.22	1	0.22	1	0.21	1	0.21	1	0.628743	13
0.215	0	0.225	1	0.225	1	0.215	1	0.215	1	0.628753	13

M6 მოდულის ვირტუალური გამოცდის შედეგების მონაცემების ფრაგმენტი,
საკონტროლო წერტილების მიხედვით.

X-A6	Y-A6	X-B6	Y-B6	X-C6	Y-C6	X-D6	Y-D6	X-E6	Y-E6	X-F6	Y-F6
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0.005	0	0.005	0	0.005	0	0.005	0	0.005	0	0.005	1
0.005	1	0.01	0	0.01	0	0.01	0	0.01	0	0.01	1
0.01	1	0.015	0	0.015	0	0.015	0	0.015	0	0.015	1
0.01	0	0.02	0	0.02	0	0.02	0	0.02	0	0.02	1
0.015	0	0.025	0	0.025	0	0.025	0	0.025	0	0.025	1
0.015	1	0.03	0	0.03	0	0.03	0	0.03	0	0.03	1
0.02	1	0.035	0	0.035	0	0.035	0	0.035	0	0.035	1
0.02	0	0.04	0	0.04	0	0.04	0	0.04	0	0.04	1
0.025	0	0.045	0	0.045	0	0.045	0	0.045	0	0.045	1
0.025	1	0.05	0	0.05	0	0.05	0	0.05	0	0.05	1
0.03	1	0.055	0	0.055	0	0.055	0	0.055	0	0.055	1
0.03	0	0.06	0	0.06	0	0.06	0	0.06	0	0.06	1
0.035	0	0.065	0	0.065	0	0.065	0	0.065	0	0.065	1
0.035	1	0.07	0	0.07	0	0.07	0	0.07	0	0.07	1
0.04	1	0.075	0	0.075	0	0.075	0	0.075	0	0.075	1
0.04	0	0.075	1	0.08	0	0.08	0	0.08	0	0.08	1
0.045	0	0.08	1	0.085	0	0.085	0	0.085	0	0.085	1
0.045	1	0.085	1	0.085	1	0.09	0	0.085	1	0.09	1
0.05	1	0.085	0	0.09	1	0.095	0	0.09	1	0.095	1
0.05	0	0.09	0	0.095	1	0.095	1	0.095	1	0.1	1
0.055	0	0.095	0	0.095	0	0.1	1	0.1	1	0.105	1
0.055	1	0.1	0	0.1	0	0.105	1	0.105	1	0.11	1
0.06	1	0.105	0	0.105	0	0.105	0	0.11	1	0.115	1
0.06	0	0.11	0	0.11	0	0.11	0	0.115	1	0.12	1
0.065	0	0.115	0	0.115	0	0.115	0	0.12	1	0.125	1
0.065	1	0.12	0	0.12	0	0.12	0	0.125	1	0.13	1
0.07	1	0.125	0	0.125	0	0.125	0	0.13	1	0.135	1
0.07	0	0.13	0	0.13	0	0.13	0	0.135	1	0.14	1
0.075	0	0.135	0	0.135	0	0.135	0	0.14	1	0.145	1
0.075	1	0.14	0	0.14	0	0.14	0	0.145	1	0.15	1
0.08	1	0.145	0	0.145	0	0.145	0	0.15	1	0.155	1
0.08	0	0.15	0	0.15	0	0.15	0	0.155	1	0.16	1
0.085	0	0.155	0	0.155	0	0.155	0	0.16	1	0.165	1
0.085	1	0.16	0	0.16	0	0.16	0	0.165	1	0.17	1
0.09	1	0.165	0	0.165	0	0.165	0	0.17	1	0.175	1
0.09	0	0.17	0	0.17	0	0.17	0	0.175	1	0.18	1
0.095	0	0.175	0	0.175	0	0.175	0	0.18	1	0.185	1
0.095	1	0.18	0	0.18	0	0.18	0	0.185	1	0.19	1
0.1	1	0.185	0	0.185	0	0.185	0	0.19	1	0.195	1
0.1	0	0.19	0	0.19	0	0.19	0	0.195	1	0.2	1
0.105	0	0.195	0	0.195	0	0.195	0	0.2	1	0.205	1
0.105	1	0.2	0	0.2	0	0.2	0	0.205	1	0.21	1
0.11	1	0.205	0	0.205	0	0.205	0	0.205	0	0.215	1
0.11	0	0.205	1	0.21	0	0.21	0	0.21	0	0.22	1
0.115	0	0.21	1	0.215	0	0.215	0	0.215	0	0.225	1

M6 მოდულის ვირტუალური გამოცდის შედეგების მონაცემების ფრაგმენტი,
საკონტროლო წერტილების მიხედვით.

X-G6	Y-G6	X-H6	Y-H6	X-I6	Y-I6	X-J6	Y-J6	X-K6	Y-K6	X-B5	Y-B5
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.15
0.005	0	0.005	0	0.005	0	0.005	0	0.005	0	1E-12	7.15
0.01	0	0.01	0	0.01	0	0.01	0	0.01	0	2E-12	7.15
0.015	0	0.015	0	0.015	0	0.015	0	0.015	0	4E-12	7.15
0.02	0	0.02	0	0.02	0	0.02	0	0.02	0	8E-12	7.15
0.025	0	0.025	0	0.025	0	0.025	0	0.025	0	1.6E-11	7.15
0.03	0	0.03	0	0.03	0	0.03	0	0.03	0	3.2E-11	7.15
0.035	0	0.035	0	0.035	0	0.035	0	0.035	0	6.4E-11	7.15
0.04	0	0.04	0	0.04	0	0.04	0	0.04	0	1E-10	7.15
0.045	0	0.045	0	0.045	0	0.045	0	0.045	0	1.06E-10	7.15
0.05	0	0.05	0	0.05	0	0.05	0	0.05	0	1.19E-10	7.15
0.055	0	0.055	0	0.055	0	0.055	0	0.055	0	1.45E-10	7.15
0.06	0	0.06	0	0.06	0	0.06	0	0.06	0	1.96E-10	7.15
0.065	0	0.065	0	0.065	0	0.065	0	0.065	0	2.98E-10	7.15
0.07	0	0.07	0	0.07	0	0.07	0	0.07	0	5.03E-10	7.15
0.075	0	0.075	0	0.075	0	0.075	0	0.075	0	9.13E-10	7.15
0.08	0	0.08	0	0.08	0	0.075	1	0.08	0	1.73E-09	7.15
0.085	0	0.085	0	0.085	0	0.08	1	0.085	0	3.37E-09	7.15
0.085	1	0.085	1	0.085	1	0.085	1	0.09	0	6.65E-09	7.15
0.09	1	0.09	1	0.09	1	0.09	1	0.095	0	1.32E-08	7.15
0.095	1	0.095	1	0.095	1	0.095	1	0.1	0	2.63E-08	7.15
0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.105	0	5.25E-08	7.15
0.105	1	0.105	1	0.105	1	0.105	1	0.105	1	1.05E-07	7.15
0.11	1	0.105	0	0.105	0	0.105	0	0.11	1	1.06E-07	7.15
0.115	1	0.11	0	0.11	0	0.11	0	0.115	1	1.06E-07	7.15
0.12	1	0.115	0	0.115	0	0.115	0	0.12	1	1.06E-07	7.15
0.125	1	0.12	0	0.12	0	0.12	0	0.125	1	1.07E-07	7.15
0.13	1	0.125	0	0.125	0	0.125	0	0.13	1	1.07E-07	7.15
0.135	1	0.13	0	0.13	0	0.13	0	0.135	1	1.07E-07	7.15
0.14	1	0.135	0	0.135	0	0.135	0	0.14	1	1.07E-07	7.15
0.145	1	0.14	0	0.14	0	0.14	0	0.145	1	1.08E-07	7.15
0.15	1	0.145	0	0.145	0	0.145	0	0.15	1	1.08E-07	7.15
0.155	1	0.15	0	0.15	0	0.15	0	0.155	1	1.1E-07	7.15
0.16	1	0.155	0	0.155	0	0.155	0	0.16	1	1.12E-07	7.15
0.165	1	0.16	0	0.16	0	0.16	0	0.165	1	1.17E-07	7.15
0.17	1	0.165	0	0.165	0	0.165	0	0.17	1	1.28E-07	7.15
0.175	1	0.17	0	0.17	0	0.17	0	0.175	1	1.48E-07	7.15
0.18	1	0.175	0	0.175	0	0.175	0	0.18	1	1.89E-07	7.15
0.185	1	0.18	0	0.18	0	0.18	0	0.185	1	2.71E-07	7.15
0.19	1	0.185	0	0.185	0	0.185	0	0.19	1	4.35E-07	7.15
0.195	1	0.19	0	0.19	0	0.19	0	0.195	1	7.62E-07	7.15
0.2	1	0.195	0	0.195	0	0.195	0	0.2	1	1.42E-06	7.15
0.205	1	0.2	0	0.2	0	0.2	0	0.205	1	2.73E-06	7.15
0.205	0	0.205	0	0.205	0	0.205	0	0.205	0	5.35E-06	7.15
0.21	0	0.21	0	0.21	0	0.205	1	0.21	0	1.06E-05	7.15
0.215	0	0.215	0	0.215	0	0.21	1	0.215	0	2.06E-05	7.15

სრული სქემის ვირტუალური გამოცდის შედეგების მონაცემების ფრაგმენტი,

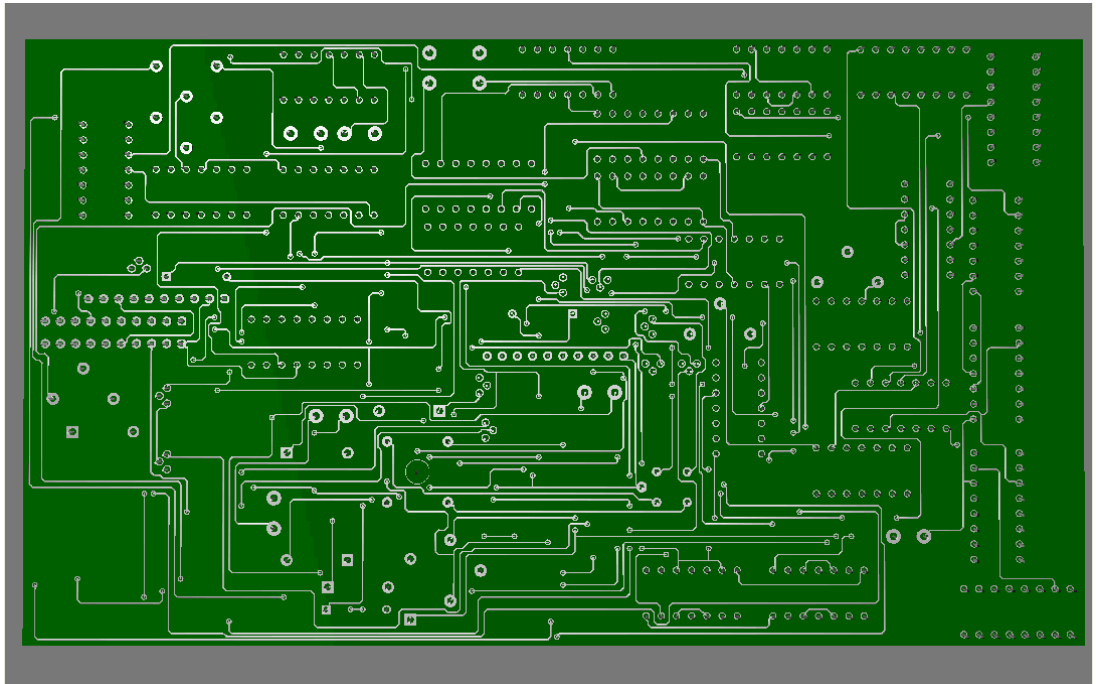
საკონტროლო წერტილების მიხედვით.

X-S1	Y-S1	X-S2	Y-S2	X-S3	Y-S3	X-S4	Y-S4
0	12.42	0	0	0	1.38	0	12.42
1E-07	12.42	1E-07	2.09E-05	1E-07	1.38	1E-07	12.42
2E-07	12.42	2E-07	4.18E-05	2E-07	1.38	2E-07	12.42
4E-07	12.42	4E-07	8.36E-05	4E-07	1.38	4E-07	12.42
8E-07	12.42	8E-07	0.000167	8E-07	1.38	8E-07	12.42
1.6E-06	12.42	1.6E-06	0.000334	1.6E-06	1.38	1.6E-06	12.42
3.2E-06	12.42	3.2E-06	0.000669	3.2E-06	1.38	3.2E-06	12.42
6.4E-06	12.42	6.4E-06	0.001337	6.4E-06	1.38	6.4E-06	12.42
1.28E-05	12.42	1.28E-05	0.002674	1.28E-05	1.38	1.28E-05	12.42
2.28E-05	12.42	2.28E-05	0.004763	2.28E-05	1.38	2.28E-05	12.42
3.28E-05	12.42	3.28E-05	0.006852	3.28E-05	1.38	3.28E-05	12.42
4.28E-05	12.42	4.28E-05	0.008941	4.28E-05	1.38	4.28E-05	12.42
5.28E-05	12.42	5.28E-05	0.011029	5.28E-05	1.38	5.28E-05	12.42
6.28E-05	12.42	6.28E-05	0.013117	6.28E-05	1.38	6.28E-05	12.42
7.28E-05	12.42	7.28E-05	0.015204	7.28E-05	1.38	7.28E-05	12.42
8.28E-05	12.42	8.28E-05	0.017291	8.28E-05	1.38	8.28E-05	12.42
9.28E-05	12.42	9.28E-05	0.019377	9.28E-05	1.38	9.28E-05	12.42
0.000103	12.42	0.000103	0.021463	0.000103	1.38	0.000103	12.42
0.000113	12.42	0.000113	0.023548	0.000113	1.38	0.000113	12.42
0.000123	12.42	0.000123	0.025632	0.000123	1.38	0.000123	12.42
0.000133	12.42	0.000133	0.027715	0.000133	1.38	0.000133	12.42
0.000143	12.42	0.000143	0.029797	0.000143	1.38	0.000143	12.42
0.000153	12.42	0.000153	0.031878	0.000153	1.38	0.000153	12.42
0.000163	12.42	0.000163	0.033958	0.000163	1.38	0.000163	12.42
0.000173	12.42	0.000173	0.036037	0.000173	1.38	0.000173	12.42
0.000183	12.42	0.000183	0.038114	0.000183	1.38	0.000183	12.42
0.000193	12.42	0.000193	0.04019	0.000193	1.38	0.000193	12.42
0.000203	12.42	0.000203	0.042265	0.000203	1.38	0.000203	12.42
0.000213	12.42	0.000213	0.044338	0.000213	1.38	0.000213	12.42
0.000223	12.42	0.000223	0.046409	0.000223	1.38	0.000223	12.42
0.000233	12.42	0.000233	0.048479	0.000233	1.38	0.000233	12.42
0.000243	12.42	0.000243	0.050547	0.000243	1.38	0.000243	12.42
0.000253	12.42	0.000253	0.052614	0.000253	1.38	0.000253	12.42
0.000263	12.42	0.000263	0.054678	0.000263	1.38	0.000263	12.42
0.000273	12.42	0.000273	0.056741	0.000273	1.38	0.000273	12.42
0.000283	12.42	0.000283	0.058801	0.000283	1.38	0.000283	12.42
0.000293	12.42	0.000293	0.06086	0.000293	1.38	0.000293	12.42
0.000303	12.42	0.000303	0.062916	0.000303	1.38	0.000303	12.42
0.000313	12.42	0.000313	0.06497	0.000313	1.38	0.000313	12.42
0.000323	12.42	0.000323	0.067022	0.000323	1.38	0.000323	12.42
0.000333	12.42	0.000333	0.069071	0.000333	1.38	0.000333	12.42
0.000343	12.42	0.000343	0.071118	0.000343	1.38	0.000343	12.42
0.000353	12.42	0.000353	0.073162	0.000353	1.38	0.000353	12.42
0.000363	12.42	0.000363	0.075204	0.000363	1.38	0.000363	12.42
0.000373	12.42	0.000373	0.077243	0.000373	1.38	0.000373	12.42
0.000383	12.42	0.000383	0.079279	0.000383	1.38	0.000383	12.42

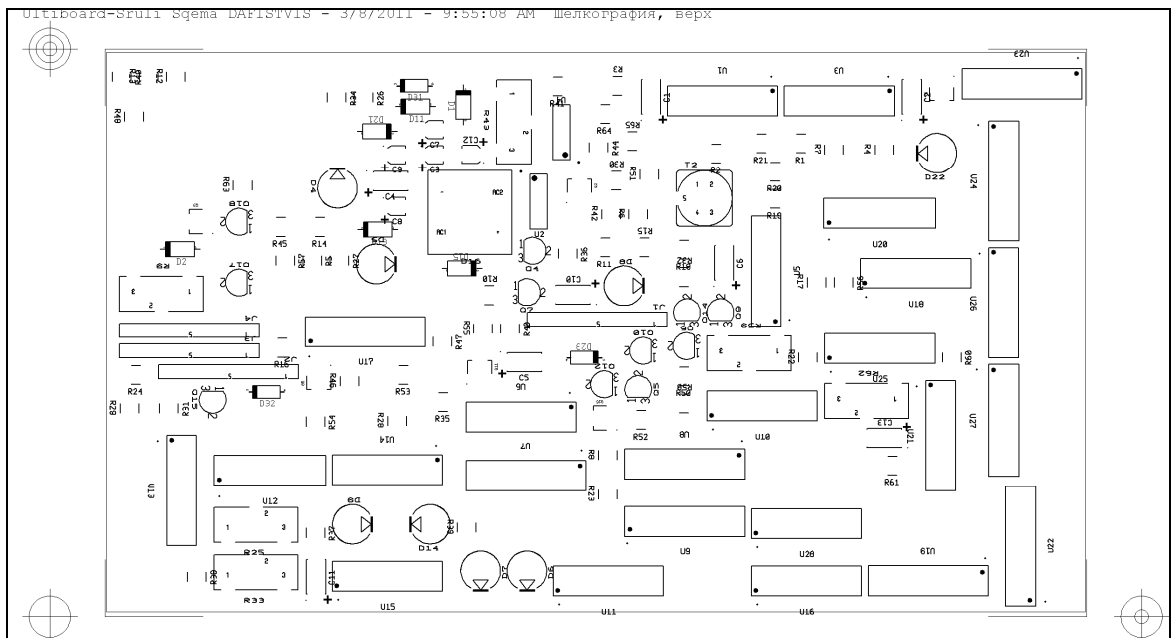
უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის ექსპერიმენტალური მოქმედი მოდელი ვირტუალური მოდელის დამზადებისათვის გამოვიყენეთ პროგრამა „Ultiboard 11.0“, რომელიც მოთავსებულია „Multisim 11.0“-ის მონაცემთა ბაზაში. მისი დახმარებით ავტომატურ რეჟიმში განვახორციელეთ, უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის ელემენტების განსათავსებელი „ნაბეჭდი დაფის“ სტრუქტურის შექმნა, რომელიც მოცემულია ნახ. 81-ზე. რის შემდეგაც განვახორციელეთ უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის რეალური ექსპერიმენტალური მოქმედი მოდელს დამზადება.



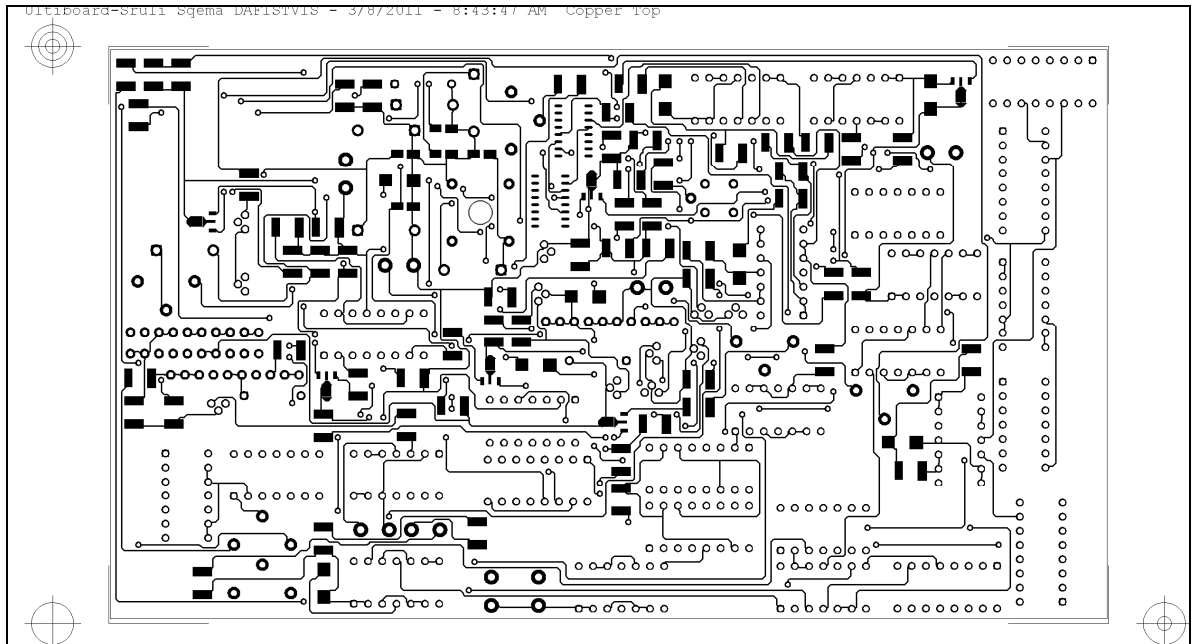
ნახ. 80. უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის ექსპერიმენტალური მოქმედი მოდელის ვირტუალური ვარიანტი



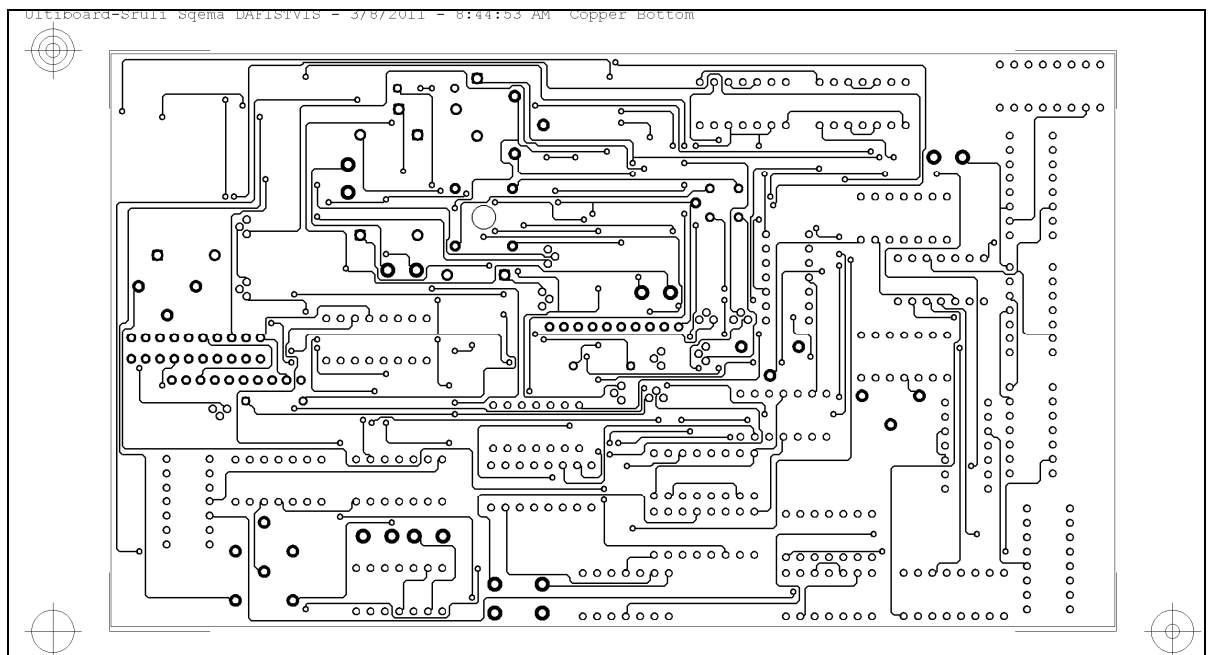
ნახ. 81. უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის ექსპერიმენტალური მოქმედი მოდელის დაფის უკანა მხარე
 უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის დაფის მხარეების კონსტრუქციული გამოსახულებანი ნაჩვენებია შემდეგ ნახაზებზე:



ნახ. 82. უნიფიცირებული ძაბვის რეგულიატორის ექსპერიმენტალური მოქმედი დეტალების განლაგების სქემა სამონტაჟო დაფაზე



ნახ. 83. უნიფიცირებული ძაბვის რეგულატორის ექსპერიმენტალური მოქმედი მოდელის სამონტაჟო დაფა დეტალების მხარე



ნახ. 84. უნიფიცირებული ძაბვის რეგულატორის ექსპერიმენტალური მოქმედი მოდელის სამონტაჟო დაფა დეტალების ქვედა მეორე მხარე

ელექტრომომარაგების სისტემის ლაბორატორიული კვლევა.

გაზომვებს ვაწარმოებდით ძირითადი ტაქტური სიხშირის გენერატორის გამომავალი სიხშირის მიხედვით 3040 ჰერცის მიმართ. სქემის მიხედვით ეს სიხშირე გაიყოფა 32-ზე და ამის შემდეგ მიეწოდება გენერატორის ადგენების დენის ძალის რეგულიატორს. მივიღეთ ძაბვის რეგულიატორში განივ იმპულსების წარმომქმნელი ტაქტური სიხშირის მნიშვნელობები. რომელთა მონაცემების საფუძველზე გამოვსახეთ დიაგრამა ნახ. 57-ზე. აღნიშნული იმპულსები აგრეთვე წარმოადგენს გენერატორის როტორის ბრუნთა რიცხვის ექვივალენტური სიხშირის გამზომ იმპულსებს. ამიტომ აუცილებელია განვსაზღვროთ მართვის იმპულსების გადახრის მაჩვენებელიც, რომელიც გამოვთვალეთ მიღებული მონაცემების საფუძველზე საშუალო გადახრის მახასიათებლის სახით და ავაგეთ შესაბამისი დიაგრამა ნახ. 58-ზე.

ცხრილი 49

ტაქტური სიხშირის გენერატორის სიხშირის ანათვლების ცხრილი

U_{TSG}	F_{TGS}^0	F_{TGS}	U_{TSG}	F_{TGS}^0	F_{TGS}
ვ.	ჰც.	ჰც.	ვ.	ჰც.	ჰც.
7,25	2789	87	1,25	3049	95,3
7,5	2816	88	11,5	3438	95,5
7,75	2880	90	11,75	3438	95,5
8	2976	93	12	3072	96
8,25	3008	94	12,25	3056	96,5
8,5	3024	94,5	12,5	3104	97
8,75	3040	95	12,75	3120	97,5
9	3040	95	13	3136	98
9,25	3040	95	13,25	3152	98,5
9,5	3040	95	13,5	3168	99
9,75	3040	95	13,75	3200	100
10	3040	95	14	3232	101
10,25	3040	95	14,25	3248	101,5
10,5	3040	95	14,5	3258	101,8
10,75	3040	95	14,75	3264	102
11	3046	95,2	15	3280	102,5

სატრანსპორტო საშუალების ელექტრომომარაგების სისტემის კვლევის დროს ავიღეთ გენერატორის და აკუმულატორთა ბატარეას გამომავალი ძაბვების ანათვლები. ამ ანათვლების აღება განვახორციელეთ ელექტრომომარაგების სისტემის სხვადასხვა საექსპლუატაციო რეჟიმების პირობებში, რომელსაც ლაბორატორიულ პირობებში

ხელოვნურად ვუქმნიდით ელექტრომომარაგების სისტემას. მრავალჯერადი ცდების ჩატარების შედეგად მიღებული ანათვლების მონაცემების საფუძველზე გამოვთვალეთ მონაცემების საშუალო მნიშვნელობები. საშუალო მნიშვნელობების მონაცემები მოცემულია ცხრილი 50-ში.

ცხრილი 50

აკუმულატორთა ბატარეას და გენერატორის მუშა ძაბვების საშუალო მნიშვნელობები

- W1		- W2		+ W1		+ W2		+ WHR	
U_A^L	U_G^L	U_A^L	U_G^L	U_A^L	U_G^L	U_A^L	U_G^L	U_A^L	U_G^L
3.	3.	3.	3.	3.	3.	3.	3.	3.	3.
13	0,3	11,4	4,2	11,8	12,5	13,7	13,9	13,8	14,1
12,8	0,7	11,2	4,8	12	12,6	13,72	14	13,8	14
12,75	1,3	11,2	5,5	12,4	12,9	13,72	14	13,78	14
12,6	1,8	11	6,8	12,8	13	13,74	13,88	13,78	13,98
12	2,3	11,2	7,6	13	13,2	13,74	13,9	13,77	13,97
11,8	2,8	11,3	9,8	13,4	13,3	13,75	14	13,77	14
11,9	3,2	11,5	10,6	12,65	13,5	13,76	14,1	13,77	14
11,6	3,5	11,6	11,2	13,67	13,6	13,77	14,12	13,76	13,95
11,4	3,8	11,6	12,3	13,68	13,8	13,79	14,1	13,76	14,1
11,2	4	11,8	12,5	13,68	13,9	13,8	14	13,76	14

ლაბორატორიული და ვირტუალური კვლევის შედეგების შედარებისათვის, შესაბამეთ მონაცემები დროისა და ანათვლების აღების მომენტების მიხედვით. ანგარიშები ვაწარმოეთ პროგრამული მეთოდებით. მიღებული შედეგები შევიტანეთ ქვემოთ მოყვანილ ცხრილებში. რის შემდეგაც ავაგეთ კონკრეტული სიდიდეების ცდომილებების შესაბამისი დიაგრამები.

ცხრილი 51

ტაქტური სიხშირის გენერატორის სიხშირის გადახრის ცდომილება ლაბორატორიული და ვირტუალური კვლევის შედეგების მიხედვით.

ΔU_d	Δf_{TSG}^{LV}	ΔU_d	Δf_{TSG}^{LV}	ΔU_d	Δf_{TSG}^{LV}
%	%	%	%	%	%
-20	1,75	-6	2,3	8	2,25
-18	1,76	-4	2	10	2,23
-16	1,8	-2	1,6	12	2,2
-14	1,56	0	1,1	14	2,3
-12	1,33	2	1,2	16	2,35
-10	1,2	4	1,8	18	2,4
-8	1,33	6	2,2	20	2,3

მართვის სიგნალების სიხშირის საშუალო გადახრის ცდომილება
ლაბორატორიული და ვირტუალური კვლევის შედეგების მიხედვით

Δf_{TSG}	Δf_M^{LV}	Δf_{TSG}	Δf_M^{LV}	Δf_{TSG}	Δf_M^{LV}
%	%	%	%	%	%
0,2	2,5	1,6	2,95	3	2,75
0,3	2,48	1,7	2,86	3,1	2,76
0,4	2,4	1,8	2,65	3,2	2,75
0,5	2,38	1,9	2,55	3,3	2,71
0,6	2,35	2	2,4	3,4	2,63
0,7	2,3	2,1	2,4	3,5	2,6
0,8	2,35	2,2	2,38	3,6	2,5
0,9	2,38	2,3	2,35	3,7	2,4
1	2,4	2,4	2,43	3,8	2,3
1,1	2,46	2,5	2,55	3,9	2,36
1,2	2,5	2,6	2,6	4	2,2
1,3	2,65	2,7	2,64	4,1	2,18
1,4	2,84	2,8	2,68	4,2	2,16
1,5	3,05	2,9	2,73	4,3	2,1

აკუმულატორთა ბატარეას დამუხტვის და შენახვის რეჟიმის ჩართვის დაწყების
დროს ძაბვების გაზომვის ცდომილება ლაბორატორიული და ვირტუალური კვლევის
შედეგების მიხედვით.

t	ΔU_{Ad}^{LV}	ΔU_{Ag}^{LV}	t	ΔU_{Ad}^{LV}	ΔU_{Ag}^{LV}
$^{\circ}C$	%	%	$^{\circ}C$	%	%
-40	6	6,3	5	4	4,8
-35	5,5	6,8	10	3,5	4,3
-30	5,6	4,1	15	3	4,2
-25	5,8	4,1	20	3,2	5,3
-20	4,2	4	25	4,2	5,6
-15	3,4	2,8	30	5,3	4,8
-10	3,6	3	35	5,1	3,8
-5	3,8	3,6	40	5,2	4,2
0	2,1	4,3			

გენერატორის ალგუნების დენის ძალის ოპტიმიზაციის ლაბორატორიული კვლევა
 ლაბორატორიული კვლევის შედეგების მიხედვით შევადგინეთ ცხრილი 54, სადაც
 მოცემულია გენერატორის ალგუნების დენის ძალის მონაცემები განივ-იმპულსური
 რეგულიატორის ტაქტური სიხშირის მიხედვით.

ცხრილი 54

გენერატორის ალგუნების დენის ძალის მნიშვნელობები

f_a^L	I_a^L ა.			f_a^L	I_a^L ა.		
	$n_G = 200$ ჰც	$n_G = 300$ ჰც	$n_G = 500$ ჰც		$n_G = 200$ ჰც	$n_G = 300$ ჰც	$n_G = 500$ ჰც
50	3,8	3,55	3,31	320	2,83	1,96	1,38
60	3,78	3,52	3,25	340	2,85	2,1	1,46
70	3,72	3,4	2,96	360	2,88	2,16	1,62
80	3,7	3,36	2,88	380	2,89	2,22	1,75
90	3,65	3,21	2,83	400	3	2,25	1,82
100	3,6	3,21	2,75	420	3,1	2,28	1,83
110	3,4	3,18	2,56	440	3,1	2,34	1,86
120	3,3	2,84	2,2	460	3,15	2,37	1,87
130	3,1	2,74	1,82	480	3,18	2,45	1,93
140	3	2,68	1,73	500	3,2	2,48	1,95
150	2,85	2,62	1,65	520	3,22	2,53	1,98
160	2,82	2,68	1,54	540	3,24	2,58	2
170	2,8	2,72	1,43	560	3,25	2,65	2,06
180	2,78	2,75	1,35	580	3,28	2,67	2,08
190	2,73	2,77	1,23	600	3,3	2,68	2,15
200	2,75	2,78	1,24	620	3,35	2,72	2,22
210	2,76	1,79	1,26	640	3,38	2,76	2,28
220	2,76	1,8	1,29	660	3,4	2,79	2,3
230	2,77	1,82	1,3	680	3,46	2,8	2,34
240	2,78	1,85	1,31	700	3,5	2,82	2,37
250	2,78	1,86	1,32	720	3,5	2,84	2,44
260	2,79	1,88	1,32	740	3,55	2,86	2,49
270	2,8	1,9	1,33	760	3,58	2,9	2,67
280	2,79	1,92	1,34	780	3,57	2,92	2,75
290	2,81	1,94	1,35	800	3,57	2,92	2,78
300	2,83	1,95	1,36				

გენერატორის გადაცემის კოეფიციენტი სიმძლავრის მიხედვით გამოკვლევის მონაცემები, ლაბორატორიული კვლევის შედეგებზე დაყრდნობით მოცემულია ცხრილი 55-ში. გაანგარიშებანი ვაწარმოეთ გენერატორის მუდმივი დატვირთვის პირობების და სხვადასხვა ბრუნთა რიცხვების მიხედვით.

ცხრილი 55

გენერატორის გადაცემის კოეფიციენტი სიმძლავრის მიხედვით

f_a^L	l_G^L			f_a^L	l_G^L		
	$n_G = 200$ ჰც	$n_G = 300$ ჰც	$n_G = 500$ ჰც		$n_G = 200$ ჰც	$n_G = 300$ ჰც	$n_G = 500$ ჰც
50	1,1	1,6	2	320	2,48	7,2	16,5
60	1,6	1,8	2,5	340	2,48	7	16,3
70	1,8	2,1	3,4	360	2,47	6,9	16
80	2,2	3,4	8,4	380	2,46	6,8	15,9
90	2,5	4,8	10,2	400	2,48	6,5	15,8
100	2,8	5	14,3	420	2,48	6,4	15,4
110	2,9	5,2	14,8	440	2,47	6,4	14,6
120	3,2	5,4	15,2	460	2,46	6,3	14,2
130	3,5	5,4	16,4	480	2,47	6,2	13,9
140	3,64	5,55	17,2	500	2,47	6,2	13,8
150	3,73	7,6	17,8	520	2,45	6,1	13,7
160	3,8	7,7	18,2	540	2,42	6	13,6
170	3,85	8,1	18,3	560	2,37	5,9	13,5
180	4,1	8,5	18,48	580	2,31	5,8	13,5
190	4,2	9,3	18,5	600	2,2,8	5,7	13,4
200	4	9,2	18,46	620	2,22	5,66	12,9
210	3,9	8,8	18,36	640	2,15	5,49	12,4
220	3,84	8,7	18,2	660	2,1	5,36	12
230	3,68	8,7	17,8	680	2,1	5,25	11,7
240	3,6	8,6	17,7	700	1,9	5	11,5
250	3,4	8,2	17,5	720	1,8	4,73	11,3
260	3,1	8,1	17,4	740	1,7	4,63	1,6
270	2,9	8	17,3	760	1,7	4,55	10,2
280	2,7	7,8	17,1	780	1,6	4,55	10
290	2,58	7,6	16,9	800	1,6	4,5	10
300	2,5	7,4	16,8				

ლაბორატორიული კვლევების შედეგად მიღებული ენერგოეფექტურობის და ხანგამძლეობის ზრდის მაჩვენებლები

ენერგოეფექტურობის, ხანგამძლეობის და საწვავის დანახარჯების მიხედვით ლაბორატორიული კვლევის შედეგების მნიშვნელობები მოცემულია ქვემოთ მოყვანილ ცხრილებში:

ცხრილი 56

ენერგოეფექტურობის ზრდის მაჩვენებლის საანგარიშო ცხრილი

N	ΔW_G^L %				N	ΔW_G^L %			
	t_{M11}	t_{M12}	t_{M21}	t_{22}		t_{M11}	t_{M12}	t_{M21}	t_{22}
0,6	0	-	-	-	3	11,8	8,7	5,5	3,8
0,8	4,5	1	0,5	-	3,2	11,8	8,8	5,6	3,82
1	6,2	1,5	0,7	-	3,4	11,9	9,2	5,7	3,85
1,2	7,4	2,3	2	0	3,6	11,9	9,2	5,8	3,95
1,4	8,7	3	2,5	0,8	3,8	11,9	9,4	5,9	4,1
1,6	9,6	4,2	3,2	1,6	4	12	9,6	5,9	4,2
1,8	10,2	5,8	3,8	2,2	4,2	12	9,6	5,91	4,3
2	10,6	6,8	4	2,5	4,4	12	9,6	5,91	4,4
2,2	10,9	7,1	4,1	2,6	4,6	12,1	9,7	5,89	4,4
2,4	11,3	7,4	4,2	2,7	4,8	12,1	9,7	5,9	4,5
2,6	11,5	7,8	4,4	2,76	5	12,1	9,7	5,9	4,6
2,8	11,7	8,5	4,5	3,4					

ცხრილი 57

ელექტროენერჯის მიღებაზე საწვავის დანახარჯების შემცირების მაჩვენებლის საანგარიშო ცხრილი ლაბორატორიული კვლევების მიხედვით

N	Δm_G^L %				N	Δm_G^L %			
	t_{M11}	t_{M12}	t_{M21}	t_{22}		t_{M11}	t_{M12}	t_{M21}	t_{22}
0,6	0	-	-	-	3	10,5	9,5	5,7	3,7
0,8	1,5	0	-	-	3,2	10,8	9,7	5,7	3,75
1	2,8	0,8	-	-	3,4	11	9,8	5,8	3,8
1,2	3,4	1,8	0	-	3,6	11,2	10,1	5,9	3,83
1,4	4,5	2,8	1,8	0	3,8	11,9	10,2	5,9	3,87
1,6	6,1	3,6	2,4	1,4	4	12,4	10,2	6	3,9
1,8	7,4	5,4	3,2	2,2	4,2	12,5	10,23	6	4
2	8,2	6,3	3,8	2,6	4,4	12,5	10,25	6,05	4
2,2	8,5	7,1	4,3	2,9	4,6	12,6	10,25	6,05	4,1
2,4	9	7,8	4,5	3,1	4,8	12,6	10,3	6,1	4,1
2,6	9,4	8,3	4,8	2,4	5	12,6	10,3	6,1	4,2
2,8	10,1	8,9	5,2	3,5					

აკუმულატორთა ბატარეას სამსახურის დროის ფარდობითი მაჩვენებელი
არსებულ სისტემებში ექსპლუატაციისას მიმართებაში.

N	ΔT_A^L %				N	ΔT_A^L %			
	t_{M11}	t_{M12}	t_{M21}	t_{22}		t_{M11}	t_{M12}	t_{M21}	t_{22}
0,2	36	32	30	24	2,8	218	174	157	118
0,4	37	33	32	26	3	220	185	164	123
0,6	50	43	43	28	3,2	221	189	168	125
0,8	75	50	48	33	3,4	222	196	170	128
1	100	58	52	36	3,6	222	201	172	132
1,2	138	76	63	42	3,8	223	205	174	135
1,4	150	100	72	50	4	223	207	175	138
1,6	160	132	85	58	4,2	224	208	178	139
1,8	170	142	100	76	4,4	224	210	180	140
2	175	150	115	85	4,6	224	212	183	142
2,2	183	156	126	89	4,8	225	214	184	143
2,4	200	160	142	100	5	225	215	185	143
2,6	210	169	150	115					