

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

მერაბ კუკურის ძე ცეცხლაძე

რკალური ღუმელების
ელექტრული რეჟიმების კვლევა და დამუშავება

სპეციალობა 05.14.01 ენერგეტიკული სისტემები და კომპლექსები

დ ი ს ე რ ტ ა ც ი ა

ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატის
სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად

სამეცნიერო ხელმძღვანელი – ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი,
საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის
წევრ – კორესპონდენტი
პროფესორი **პ. მერაბიშვილი**

სამეცნიერო კონსულტანტი – ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი,
დოცენტი **ლ. ზუბიაშვილი**

თბილისი – 2006 წ.

ს ა რ ჩ ე ვ ი

შესავალი.

თავი I. რკალური ღუმელების, როგორც არაწრფივი ობიექტის –ელექტრო მომარაგების მკვებავ ქსელზე უარყოფითი გავლენის შემცირების ღონისძიებები.

- 1.1. რკალური ღუმელის ელექტრომომარაგების მკვებავ ქსელზე გავლენის კვლევა.
- 1.2. რკალური ღუმელის მიერ მკვებავ ქსელში გამოწვეული ძაბვის რხევების შემცირების ღონისძიებები.
- 1.3. ელექტრული ღუმელი, როგორც უმაღლესი ჰარმონიკების წყარო და მათი ფილტრაციის პრინციპები.

თავი II. რკალური ელექტროღუმელების კვლევა და ტექნიკოეკონომიკური მაჩვენებლები.

- 2.1. ელექტროღუმელის დანადგარები ნახშირბადიანი ფერომანგანუმის და სილიკომანგანუმის გამოდნობისათვის.
- 2.2. ელექტროღუმელის დანადგარები საშუალონახშირბადიანი ფერომანგანუმის გამოდნობისათვის.
- 2.3. რკალის სიმძლავრის რეგულირების არსებული მექანიზმების მიმოხილვა.
- 2.4. რკალური ელექტრული ღუმელის ელექტრული მომარაგება და ტექნიკოეკონომიური მაჩვენებლები.

თავი III. რკალური ელექტრული ღუმელების ტრანსფორმატორის ძაბვის ოპტიმალური რეგულირება.

- 3.1. რკალური ღუმელის ელექტრული პარამეტრების გაანგარიშება და ექსპერიმენტალური გაზომვა.
- 3.2. რკალური ღუმელის ელექტრული მახასიათებლები.
- 3.3. მადანთერმული რკალური ღუმელების კვლევა, როგორც რეგულირების ობიექტი.
- 3.4. ელექტროღუმელების რკალის სიმძლავრის ავტომატური მართვის ტიპიური შემსრულებელი მოდულის კვლევა და დამუშავება.

თავი IV. ელექტრული ღუმელების ელექტროდების გადაადგილების ავტომატური მართვის სისტემების ოპტიმიზაცია.

4.1. ელექტრული ღუმელის რკალის სიმძლავრის რეგულირების კვლევა და დამუშავება.

4.2. ელექტრული ღუმელის რკალის სიმძლავრის რეგულირების სისტემების კვლევა.

4.3. საღუმელო აგრეგატის მუშა ელექტროდების გადაადგილების მართვის სისტემების კვლევა და დამუშავება.

თავი V. ელექტრული ღუმელის რკალის სიმძლავრის მართვის სისტემების ექსპერიმენტალური კვლევა.

5.1. რკალური ღუმელის ელექტროდების გადაადგილების მართვის სისტემა.

5.2. ელექტრული ღუმელის რკალის სიმძლავრის რეგულირების სისტემის დამუშავება.

დასკვნები.

გამოყენებული ლიტერატურის სია.

შ ე ს ა ვ ა ლ ი

სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესის დაჩქარება უყენებს მაღალ მოთხოვნილებებს ეკონომიკის ისეთ ბაზურ დარგებს, როგორცაა ენერგეტიკა, სადაც დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ელექტრული ენერჯის წარმოებას, გადაცემას და რაციონალურ განაწილებას. პროდუქციის ტექნიკური დონისა და ხარისხის გაზრდის ამოცანებში მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავს ელექტროენერჯის ხარისხის გაუმჯობესებას და ელექტრომომარაგების საიმედოობის გაზრდას, რაც მნიშვნელოვანწილად დაკავშირებულია სამრეწველო მიმღებების მიერ ელექტროენერჯის მოხმარების რეჟიმების ოპტიმიზაციის პრობლემასთან. ელექტროენერჯის ხარისხზე დაკავშირებული მოთხოვნილებების უწყვეტ ზრდასთან დაკავშირებით აღნიშნული პრობლემა სულ უფრო და უფრო რთულ ხასიათს ღებულობს, განსაკუთრებით კი ისეთი ენერგოტევადი წარმოებისათვის როგორცაა ელექტრომეტალურგია [1].

ელექტრომეტალურგიური დანადგარების ელექტრომომარაგების თანამედროვე სისტემების დაპროექტებისა და ექსპლუატაციის მთავარ ამოცანებს წარმოადგენს ელექტრული დატვირთვების სწორი განსაზღვრა, ელექტროენერჯის რაციონალური გადაცემა და განაწილება, მკვებავ ქსელთან ელექტრომაგნიტური თავსებადობის უზრუნველყოფა, ელექტრული ენერჯის ეკონომიურობა. სამრეწველო ქსელზე ელექტრომეტალურგიური დანადგარების უარყოფითი გავლენის შემცირების მიზნით იყენებენ სხვადასხვა ზომებს. ელექტრომეტალურგიური დანადგარების მიერ ელექტროენერჯის მოხმარების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ მკვებავ ქსელში

ელექტროენერჯის კარგების შემცირების ძირითად მიმართულებებს წარმოადგენენ რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაცია, სადუმელო ტრანსფორმატორების განტვირთვის გაზრდა მათი მაქსიმალურად ეფექტურად გამოყენების მიზნით, სადუმელო ტრანსფორმატორის ძაბვის საფეხურების შემცირება და დადგენა, უშუალოდ სადუმელო ტრანსფორმატორში კარგების შემცირება, ცალკეული ელექტრო-მოწყობილობების მუშაობის ელექტრული რეჟიმების ოპტიმალურობა.

მეტალურგიულ დაწესებულებებში რკალური მადანთერმული ღუმელები წარმოადგენენ ფართო გავრცელებულ მძლავრ და ენერგოტევად ელექტროენერჯის მიმღებებს. რკალური ღუმელების სიმძლავრის ზრდა და მისი მუშაობის სპეციფიკური პირობები იწვევს აუცილებლობას გადაწყვეტილი იქნას ისეთი რთული ელექტროტექნიკური ამოცანები როგორცაა: რკალური ღუმელების მუშაობის საიმედოობისა და ეკონომიკურობის ზრდა, რკალური ღუმელების დენისა და მუშაობის ელექტრული რეჟიმის სხვა პარამეტრების გარკვეულ დონეზე სტაბილიზაცია, მკვებავ ქსელის ელექტრომომარაგების ხარისხზე რკალური ღუმელების მკვეთრადცვალებადი დატვირთვით განპირობებული უარყოფითი გავლენის შემცირება, რაც აისახება რკალური ღუმელის მკვებავ ქსელში ძაბვების რხევებით და უმაღლესი ჰარმონიკების არსებობით. რკალური ღუმელების მუშაობის დროს ელექტრომაგნიტური თავსებადობის პრობლემა, განსაკუთრებით კი მკვებავ ქსელში ძაბვის რხევების შემცირება მნიშვნელოვანს წარმოადგენს რკალური ღუმელების მიერ მოხმარებული ელექტრული ენერჯის ხარისხის გაუმჯობესებისათვის.

საქართველოს მრეწველობაში ერთ-ერთი წონადი ადგილი უჭირავს ფეროშენადნობების წარმოებას, სადაც ფეროშენადნობების მიღება ხდება მძლავრ რკალურ ელექტროღუმელებში. რკალური ღუმელების ელექტრულ რეჟიმებზე მნიშვნელოვანწილადაა დამოკიდებული ისეთი ფაქტორები, როგორცაა: ელექტრული ენერჯის ხვედრითი ხარჯი, მოწყობილობა დანადგარების სტაბილური და მედეგი მუშაობა,

ელექტრული და სხვა ტექნიკური სისტემების ფუნქციონირება, გამოშვებული პროდუქციის ხარისხი და რაოდენობა, ეკოლოგიური ვითარება.

ბოლო დროს ელექტრული პარამეტრებისა და მახასიათებლების შერჩევასთან დაკავშირებულმა კითხვებმა, რაც განპირობებულია სალუმელო ტრანსფორმატორების სიმძლავრეთა ზრდით, მიიღო მნიშვნელოვანი აქტუალობა. რკალური ელექტრული ღუმელების სწორი ექსპლუატაციისათვის აუცილებელია შეირჩეს რაციონალური მუშა რეჟიმები, რომლებსაც განსაზღვრული ელექტრული და მუშა მახასიათებლები შეესაბამება.

ღუმელის ოპტიმალური ელექტრული რეჟიმების კვლევა და დადგენა, რომელიც უზრუნველყოფს დნობის პროდუქტების რაოდენობრივ და ხარისხობრივ მაღალ მაჩვენებლებს, წარმოადგენს მნიშვნელოვან სამეცნიერო – ტექნიკურ ამოცანას. აღნიშნულთან დაკავშირებით და ღუმელების სპეციფიკური პირობებიდან გამომდინარე აუცილებელია გადაწყვეტილ იქნეს ისეთი რთული ელექტროტექნიკური ამოცანები, როგორცაა: ღუმელების და მათი ელექტრომომარაგების სისტემების საიმედოობის და ეკონომიკურობის გაზრდა, დენის და ღუმელის მუშაობის რეჟიმების სხვა პარამეტრების სათანადო სტაბილიზაციის უზრუნველყოფა, ძაბვების შემცირება, ელექტროქსელში ელექტრომაგნიტური თავსებადობის პირობების მიღწევა.

ღუმელის ელექტრული პარამეტრები და მათი მახასიათებლები მნიშვნელოვან ზემოქმედებას ახდენენ მუშაობის ისეთ მაჩვენებლებზე, როგორცაა: მიყვანილი და სასარგებლო აქტიური სიმძლავრე, ელექტრული კარგების სიმძლავრე, რეაქტიული სიმძლავრე, მარგი ქმედების კოეფიციენტი. ელექტრული რეჟიმების ავტომატური რეგულირება გულისხმობს მოცემული დირექტივური გრაფიკის ან ოპერატორის მიერ მიყვანილი სასარგებლო სიმძლავრის მუდმივად შენარჩუნებას, რაც მიიღწევა სალუმელო ტრანსფორმატორის ძაბვის საფეხურების და რკალის სიმძლავრის ოპტიმალურობით.

სალუმელო ტრანსფორმატორების ძაბვის საფეხურების გადართვას ახორციელებენ მოხსნილი დატვირთვისას დისტანციურად (მცირე და საშუალო სიმძლავრის შემთხვევაში), ხოლო დიდი სიმძლავრის ტრანსფორმატორებისთვის გამოყენებულია სპეციალური გადამრთველები. ტრანსფორმატორის მეორადი

მხრიდან მოხსნილი ენერჯის მუშა სივრცეში გადამცემ მოკლე ქსელს წაყენება შემდეგი მოთხოვნები:

1. ქსელის შესაძლო მცირე სიგრძე და გამტარების რაციონალური ტრანსპოზიცია, რაც განაპირობებს ინდუქციური წინაღობის შემცირებას, დენებით თანაზომიერ გადატვირთვას და ყველა ფაზის ერთნაირ ელექტრულ პარამეტრებს.

2. მოკლე ქსელის ექსპლუატაციის მინიმალური ღირებულება.

ელექტრული პარამეტრების ექსპერიმენტალური გაზომვის და სათანადო მეთოდით გაანგარიშების შედეგად მიღებული შედეგების საფუძველზე აგებული ელექტრული მახასიათებლების ანალიზით, დგინდება ღუმელის მუშაობის ოპტიმალური ელექტრული რეჟიმების შესაბამისი ძაბვის საფეხურები.

რკალურ ელექტროლუმელებში რკალის სიმძლავრის სარეგულირებლად ძირითადად დიფერენციალური სქემა გამოიყენება, რომელიც რკალის დენის და ძაბვის პროპორციული სიგნალების სხვაობით ახორციელებს რეგულირებას, რაც გულისხმობს რკალის ავტომატურ ანთებას, ღუმელის გამორთვისას მუშა ელექტროდების უძრაობას, ცალკეულ ფაზებს შორის დატვირთვის არათანაბარი განაწილების შემცირებას, რკალის სასურველ სიდიდეს და რეგულირების მგრძობიარობის ამაღლებას.

ძირითადი მოთხოვნები, რომლებიც წაყენება რკალის სიმძლავრის რეგულირებას არის შემდეგი:

1. სარეგულირებელი პარამეტრის მიმართ საკმაო მგრძობიარობა.
2. სწრაფმოქმედება.
3. მიყვანილი სიმძლავრის საკმაოდ მდორე ცვლილება.
4. ავტომატური მართვიდან ხელით მართვაზე გადასვლის სწრაფი შესაძლებლობა.
5. მომსახურების საიმედოობა და სიმარტივე.

რკალის სიმძლავრის რეგულირების მაჩვენებლები საკმაოდ გაიზარდა ელექტრული ელემენტებისა და რეგულირების რელეური კანონის გამოყენებით, რაც თავის მხრივ დაკავშირებულია მიკროელექტრონიკის მიღწევებთან, შედარებით უინერციო და სწრაფმოქმედი რეგულირების ბლოკების არსებობასთან, მართვაში ტირისტორების გამოყენებასთან, რამაც საშუალება მისცა შექმნილიყო პრაქტიკულად არაინერციული მართვის სქემები.

მოცემულ სამუშაოში განხილულია ელექტროდუმელის ელექტრული პარამეტრების დადგენის და რკალის სიმძლავრის ავტომატური რეგულირების კვლევისა და დამუშავების საკითხები.

სამუშაოს მიზანი – რკალური ელექტროდუმელის ოპტიმალური ელექტრული რეჟიმების დასადგენად ელექტრული პარამეტრების კვლევა, დადგენა, რკალის სიმძლავრის რეგულატორების კვლევა და დამუშავება.

დასახული მიზნის მისაღწევად გადაწყვეტილია შემდეგი ამოცანები:

1. შესწავლილი იქნა რკალური ღუმელების მკვებავ ქსელზე უარყოფითი გავლენის ძირითადი მაჩვენებლები და შესაბამისად შემუშავდა ელექტრული ღუმელების მკვებავ ქსელზე გავლენის სემცირების რონისძიებები.

2. შესწავლილი და დადგენილი იქნა ელექტროდუმელის რეკონსტრუქციამდე და რეკონსტრუქციის შემდეგ საღუმელო ტრანსფორმატორის ოპტიმალური ელექტრული რეჟიმების შესაბამისი ძაბვის საფეხურები.

3. ჩატარებული იქნა არსებული რკალის სიმძლავრის რეგულატორების ანალიზი და შედარებული იქნა ჩვენს მიერ შემუშავებულ სრიალის რეჟიმში მომუშავე რეგულირების სისტემასთან.

4. შემუშავებული იქნა რკალური ელექტროდუმელის სრიალის რეჟიმში მომუშავე ტიპიური შემსრულებელი მოდული მართვის ამოცანების პროგრამული გადაწყვეტით.

5. დამუშავდა რკალური ღუმელის მუშა ელექტროდების გადასაადგილებლად ელექტროამძრავები, რეგულირების ბლოკში სრიალის რეჟიმის არსებობით.

6. ჩატარებული იქნა რკალური ელექტრული ღუმელის სრიალის რეჟიმში მომუშავე ელექტროამძრავის ექსპერიმენტალური კვლევები.

სამეცნიერო სიახლე. მოცემულია სრიალის რეჟიმში მომუშავე რკალური ელექტრული ღუმელის რკალის სიმძლავრის რეგულირების ბლოკის კონსტრუქცია, რომელიც ხასიათდება მაღალი სწრაფმოქმედებით და სიზუსტით სხვადასხვა ტიპის ელექტროამძრავებში გამოყენებისას.

პრაქტიკული ღირებულება. დამუშავებული და შექმნილი იქნა რკალური ელექტრული ღუმელის რკალის სიმძლავრის რეგულირების ავტომატური სისტემა სრიალის რეჟიმის შედარებით ეფექტურად გამოყენებით, როგორც მართვის ისე რეგულირების პროცესებში, რომელიც სრულად შესაძლებელია გამოყენებული იქნას

ელექტროლუმელების რკალის სიმძლავრის სარეგულირებლად, რაც მოგვცემს ღუმელის ტექნიკო-ეკონომიკური მაჩვენებლების მნიშვნელოვან ზრდას.

სამუშაოს შედეგების დანერგვა. კვლევის შედეგები გამოყენებული იქნა ქ. მოსკოვის ლითონმჭრელი ჩარხების ექსპერიმენტალურ სამეცნიერო კვლევითი ინსტიტუტის “ЭНИИМС” ლაბორატორიაში სხვადასხვა მექანიზმების გადასაადგილებლად და გადაცემული იქნა დაბალი ძაბვის აპარატურების “HBA” ქარხანაში სრიალის რეჟიმში მომუშავე რეგულირების ბლოკის დასამზადებლად, სხვადასხვა მექანიზმების გადაადგილების ამძრავებში დასანერგად.

დისერტაციის სტრუქტურა და მოცულობა. სადისერტაციო ნაშრომი შედგება შესავალისაგან, ხუთი თავისაგან, დასკვნისაგან და ლიტერატურის ჩამონათვალისაგან.

პირველ თავში მოცემულია: რკალური ღუმელის მიერ მკვებავ ქსელში გამოწვეული უარყოფითი გავლენის ძირითადი მაჩვენებლები. შესწავლილი და დამუშავებული იქნა რკალური ღუმელების მკვეთრად ცვალებადი დატვირთვით მკვებავ ქსელში გამოწვეული ძაბვის რხევებისა და უმაღლესი ჰარმონიკების შემცირების ღონისძიებები.

მეორე თავში მოცემულია: ელექტრული ღუმელის რეკონსტრუქციამდე და რეკონსტრუქციის შემდეგ დადგენილი გეომეტრიული პარამეტრები, ელექტროლუმელის ტექნიკო-ეკონომიური მაჩვენებლები, რკალის სიმძლავრის რეგულირების სისტემების შემსრულებელი მექანიზმები.

მესამე თავში მოცემულია: ელექტროლუმელების ელექტრული პარამეტრების ექსპერიმენტალური გაზომვების შედეგები და მათი გაანგარიშების ანალიზი. მიღებული შედეგების საფუძველზე ელექტროლუმელის ოპტიმალური ელექტრული რეჟიმების დასადგენად აგებული იქნა ღუმელის ელექტრული მახასიათებლები. მადანთერმული რკალური ღუმელის, როგორც რეგულირების ობიექტის მიმოხილვა; რკალური ელექტრული ღუმელების რკალის სიმძლავრის რეგულირების ტიპური შემსრულებელი მოდული, მართვის ამოცანების პროგრამული გადაწყვეტით.

მეოთხე თავში მოცემულია: რკალის სიმძლავრის მართვის ავტომატური რეგულირების სისტემების ანალიზი; რკალური ელექტრული ღუმელების მუშა ელექტროდების არსებული ავტომატური მართვის სისტემების კვლევა და

ოპტიმალური მართვის ავტომატური რეგულირების სისტემების დამუშავება და შექმნა.

მეხუთე თავში მოცემულია ავტომატური რეგულირების სისტემების ექსპერიმენტალური კვლევა.

სადისერტაციო ნაშრომის ბოლოს წარმოდგენილია ძირითადი დასკვნები და შედეგები, ციტირებული ლიტერატურა, რეცენზიები.

თავი I.

რკალური ღუმელების, როგორც არაწრფივი ობიექტის ელექტრომომარაგების მკვებავ ქსელზე უარყოფითი გავლენის შემცირების ღონისძიებები

1.1. რკალური ღუმელის ელექტრომომარაგების მკვებავ ქსელზე გავლენის კვლევა

რკალური ღუმელის ელექტრული პარამეტრების არაწრფივობა, დატვირთვის მკვეთრად ცვალებადი ხასიათი და დიდი სიმძლავრე უარყოფით გავლენას ახდენს ელექტრომეტალურგიური საწარმოების მკვებავ სქელზე. ელექტრული ღუმელების რკალის დენის ბიძგები, საღუმელო ტრანსფორმატორების და დროსელების არსებობა რკალური ღუმელების ელექტრომომარაგების სისტემაში ქმნის მთელ რიგ პრობლემებს, კერძოდ ადგილი აქვს ძაბვის რხევებს და მრუდის დამახინჯებას, ცალკეულ ფაზებზე ძაბვების არასიმეტრიულობას [1,2].

რკალური ღუმელების დატვირთვის მკვეთრად ცვალებადი ხასიათი ძირითადად ვლინდება დნობის პროცესში, რომელიც რკალური ღუმელის მკვებავ ქსელში განაპირობებს (0,1-25) ჰც-ის ფარგლებში დენის რხევებს. დნობის პროცესში რკალის ანთების რთული პირობები და არამდგრადობა ელექტრული ღუმელების მკვებავ სქელში იწვევს დენის არარეგულარული რხევების წარმოშობას. ამ დროს დენის ბიძგის სიდიდემ შეიძლება გადააჭარბოს საღუმელო ტრანსფორმატორის ნომინალურ დენს.

რკალური ღუმელის მიერ მკვებავ ქსელში გამოწვეული ძაბვის რხევების საშუალო სიდიდეს ანგარიშობენ ფორმულით:

$$V_{\text{საშ}} = \frac{S_{\text{ტრ}}}{S_{\text{გაშ}}},$$

სადაც $V_{\text{საშ}}$ არის რკალური ღუმელის მკვებავ ქსელში ძაბვის რხევების საშუალო მნიშვნელობა,

$S_{\text{ტრ}}$ - საღუმელო ტრანსფორმატორების სიმძლავრე,

$S_{\text{გაშ}}$ - საღუმელო ტრანსფორმატორის მოკლე შერთვის სიმძლავრე რკალური ღუმელის მკვებავ ქსელში ძაბვის რხევების მაქსიმალური სიდიდე იანგარიშება ფორმულით:

$$V_{\text{მაქს}} = \frac{2S_{\text{ტრ}}}{S_{\text{გაშ}}},$$

რკალური ღუმელის ელექტრული პარამეტრების არაწრფივობით მკვებავ ქსელში განპირობებული უმაღლესი ჰარმონიკების არსებობა შემთხვევით ხასიათს ატარებს და იგი არ ექვემდებარება ანალიტიკურ განსაზღვრას, ძირითადად მათი განსაზღვრა ხდება ექსპერიმენტალური გზით. ექსპერიმენტალური კვლევის საფუძველზე მიღებული იქნა დამოკიდებულება რკალური ღუმელის მუშაობის დროს მკვებავ ქსელში დენის ჰარმონიკის მაქსიმალური მნიშვნელობის განსაზღვრისათვის, რომელსაც შემდეგი სახე აქვს:

$$I_V = \frac{I_{\text{ტრ}}}{V^2},$$

სადაც I_V არის V -ური ჰარმონიკის დენის სიდიდის მაქსიმალური მნიშვნელობა.

$I_{\text{ტრ}}$ - საღუმელო ტრანსფორმატორის დენი,

V - ჰარმონიკის რიგი.

ერთნაირი რკალური ღუმელების ჯგუფის მიერ მკვებავ ქსელში გამოწვეული დენის ცალკეული ჰარმონიკების სიდიდეების მაქსიმალური მნიშვნელობები განისაზღვრება ფორმულით:

$$I_{V_{\text{ჯგ}}} = I_V \sqrt[4]{N},$$

სადაც $I_{V_{\text{ჯგ}}}$ არის ერთნაირი რკალური ღუმელების მიერ მკვებავ ქსელში გამოწვეული დენის ცალკეული ჰარმონიკის სიდიდის მაქსიმალური მნიშვნელობა.

N - დნობის პროცესში ერთდროულად მომუშავე ელექტრული ღუმელების რაოდენობა.

სხვადასხვა სიმძლავრის ელექტრული ღუმელების შემთხვევაში მკვებავ ქსელში დენის ცალკეული ჰარმონიკების სიდიდის მაქსიმალური მნიშვნელობა განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$I = I_{V_{\text{მაქს}}} \sqrt{\sum_{i=1}^n S_{S_{\text{ტი}}} / S_{S_{\text{ტიმაქს}}}}$$

სადაც I არის სხვადასხვა სიმძლავრის რკალური ღუმელების მიერ მკვებავ ქსელში გამოწვეული V - ური ჰარმონიკის დენის სიდიდეს მაქსიმალური მნიშვნელობა.

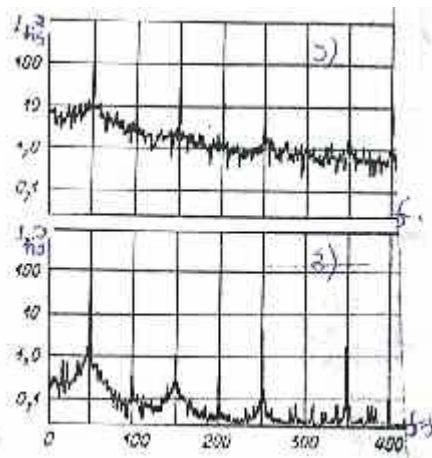
$S_{S_{\text{ტი}}}$ - i -ური საღუმელო ტრანსფორმატორის სიმძლავრე,

$S_{S_{\text{ტიმაქს}}}$ - საღუმელო ტრანსფორმატორის მაქსიმალური სიმძლავრე,

$I_{V_{\text{მაქს}}}$ - დიდი სიმძლავრის საღუმელო ტრანსფორმატის V -ური ჰარმონიკის დენი.

n - მომუშავე ელექტრული ღუმელების საერთო რაოდენობა.

ნახ. 1.1-ზე მოცემულია დნობის და რაფინირების პროცესში. ელექტრული ღუმელის რკალის დენის სიხშირული სპექტრი.[3]



ნახ. 1.1. რკალის დენის სიხშირული სპექტრი

ა) დნობის პროცესში, ბ) რაფინირების დროს.

როგორც 1.1. ნახაზიდან ჩანს რკალი დნობის პროცესში არასტაბილური ვიდრე რაფინირების დროს, რაც აიხსნება იმით რომ დნობის პროცესში მოკლე რკალები ანთებულია მოუწყესრიგებლად, ხდება მათი გადასროლა კაზმის ლითონის ერთი ნაჭრიდან მეორეზე, ადგილი აქვს რკალის წყვეტებს. ყოველივე ეს იწვევს დენის მნიშვნელოვან ბიძგებს და შესაბამისად მკვებავ ქსელში უმაღლესი ჰარმონიკების მკვეთრ გამოვლინებას.

რკალურ ღუმელებში არათანაბარი დატვირთვები მკვებავ ქსელში იწვევს ძაბვების არასიმეტრიას, რაც განაპირობებს რკალური ღუმელების ელექტრომომარაგების სისტემაში ელექტრული ენერჯის მნიშვნელოვან კარგვებს, ადაბლებს ელექტრომოწყობილობებისა და მთელი ენერგოსისტემის საიმედობას. რკალური ღუმელის არათანაბარი დატვირთვით მკვებავ ქსელში გამოწვეული ძაბვების არასიმეტრიულობა განისაზღვრება ფორმულით:

$$\varepsilon = \frac{S}{S_{\text{გა}}},$$

სადაც ε არის რკალური ღუმელის მიერ მკვებავ ქსელში გამოწვეული ძაბვების არასიმეტრიულობის კოეფიციენტი.

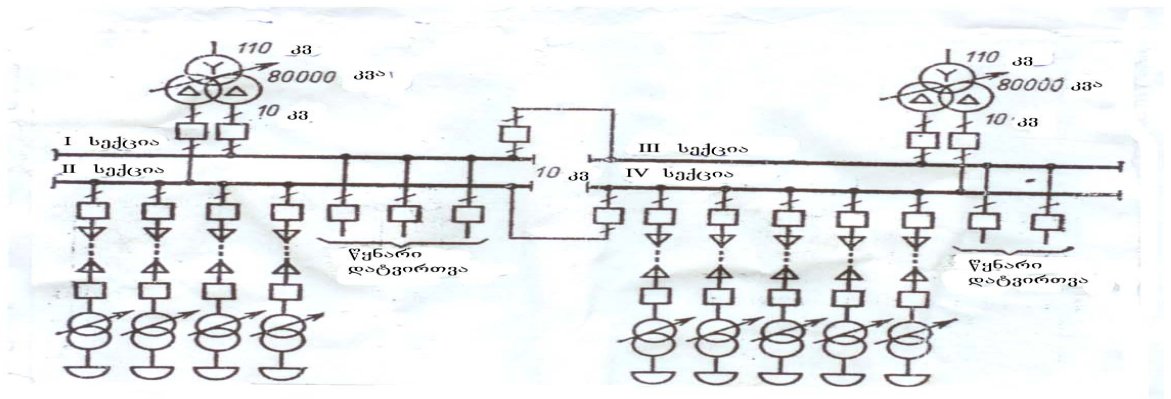
S - რკალური ღუმელის ფაზის დატვირთვის სიმძლავრე,

$S_{\text{გა}}$ - საღუმელო ტრანსფორმატორის მოკლე შერთვის სიმძლავრე.

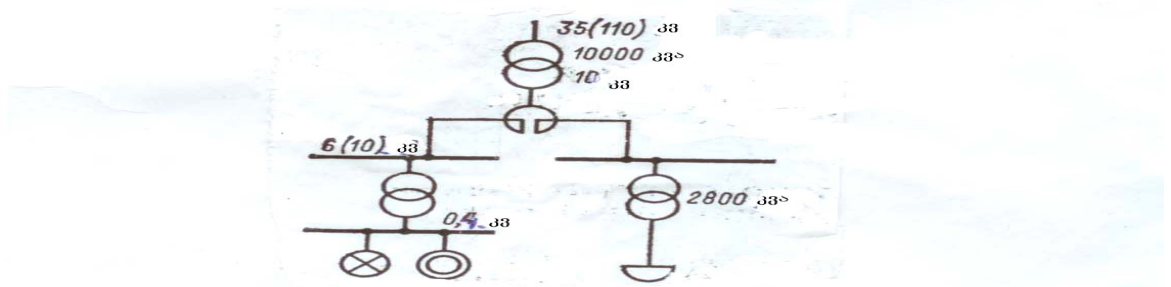
1.2. რკალური ღუმელის მიერ მკვებავ ქსელში გამოწვეული ძაბვის რხევების შემცირების ღონისძიებები

რკალური ღუმელების მკვებავ ქსელზე უარყოფითი გავლენის შესამცირებლად ელექტრულ ღუმელებს ელექტრომომარაგების სისტემასთან აერთებენ მოკლე შერთვის სიმძლავრის შესაძლო დიდი მნიშვნელობით, მაგრამ იმასთან დაკავშირებით, რომ რკალური ღუმელის მიერ მოხმარებული ელექტროენერჯის ხარისხი დამოკიდებულია ელექტრული ღუმელის სიმძლავრეზე, რომელიც უარყოფით გავლენას ახდენს ელექტროენერჯის ხარისხზე, მოკლეშერთვის დენების გაზრდით რკალური ღუმელის მკვებავ ქსელზე გავლენის შემცირება არასაკმარისია.

რკალური ღუმელების მკვებავ ქსელზე გავლენის შესამცირებლად იყენებენ ელექტრული ღუმელების რაციონალური სექციურ ელექტრომომარაგების სქემებს.[1]. ნახ. 1.2-ზე ნაჩვენებია რკალური ღუმელების ელექტრომომარაგების სქემა ქსელური ტრანსფორმატორის გახლეჩილი გრაგნილით.



ნახ. 1



ნახ. 2

ნახ. 1.2. რკალური ღუმელების ელექტრომომარაგების სექციური სქემა.

ნახ. 1.3-ზე ნაჩვენებია რკალური ღუმელის ელექტრომომარაგების სქემა ორმაგი რეაქტორით.

1.3. რკალური ღუმელის ელექტრომომარაგების სქემა ორმაგი რეაქტორით

რკალური ღუმელების სექციურ ელექტრომომარაგების სისტემებში ძაბვების რხევები სექციებზე გაცილებით მცირეა, ვიდრე ეს იქნებოდა გაერთიანებული სექციების მქონე სალტის შემთხვევაში, რაც ნათლად ჩანს შემდეგი გამოსახულებიდან:

$$\Delta U = X_L (I_1 - I_2 K_M) \approx I_{გრ} \cdot 0.5,$$

სადაც ΔU არის ძაბვის ვარდნა რეაქტორზე,

X_L - რეაქტორის გრაგნილების ინდუქციური წინაღობა,

$I_1 = I_2 = I_{გრ}$ - რეაქტორის გრაგნილის სექციებში დენების მნიშვნელობები,

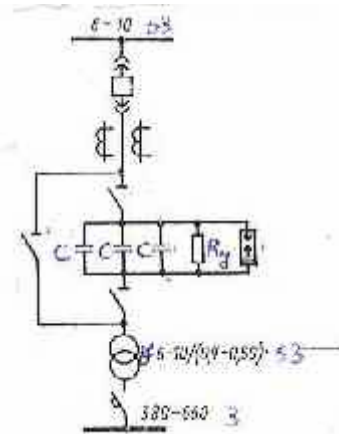
$K_M = \frac{M}{L} \approx 0.5$ ორმაგი რეაქტორის გრაგნილის სექციებს შორის

ურთიერთინდუქციის კოეფიციენტი.

ლითონის დნობის პერიოდში მკვეთრად იზრდება რკალური ღუმელის მოთხოვნა რეაქტიულ სიმძლავრეზე. ღუმელის მოცულობასა და საღუმელო ტრანსფორმატორის სიმძლავრის ზრდასთან დაკავშირებით საჭირო ხდება ინდუქციური რობის ზრდა, რაც იწვევს საღუმელო აგრეგატის სიმძლავრის კოეფიციენტის შემცირებას.

რკალური ღუმელების და მისი ელექტრომომარაგების სისტემის რეაქტიული სიმძლავრის ოპტიმალური ბალანსის უზრუნველსაყოფად და აგრეთვე რკალური ღუმელის მკვებავ ქსელში ძაბვების არასიმეტრიულობისა და არასინუსოიდურობის შემცირების მიზნით ელექტრული ღუმელის მკვებავ ქსელში იყენებენ მაკომპენსირებელ მოწყობილობებს [1,2].

რკალური ღუმელების მკვებავ ქსელში რეაქტიული სიმძლავრის ერთ-ერთ წყაროს სინქრონული კომპენსატორი წარმოადგენს. სინქრონული კომპენსატორი სინქრონული მანქანის ერთ-ერთი სახეობაა ლილვზე აქტიური დატვირთვის გარეშე. გარდა სინქრონული კომპენსატორისა რეაქტიული სიმძლავრის დამატებითი წყაროს არსებობისათვის იყენებენ კონდენსატორულ ბატარიებს. რკალური ღუმელების მკვებავ ქსელში ძირითადად გამოიყენებენ სიგრძივ-ტევადურ კომპენსატორებს, რომლის სქემა მოცემულია 1.4 ნახაზზე.



1.4. რეაქტიული სიმძლავრის სიგრძივ-ტევადური კომპენსაციის სქემა

სადაც ტ არის საღუმელო ტრანსფორმატორი,

R_{Σ} – შუნტის წინაღობა.

განივი კომპენსაცია ნაწილობრივ ახორციელებს რკალური ღუმელის მკვებავი ქსელის უბნებზე ინდუქციური წინააღობის კომპენსაციას. ტევადური კომპენსაციის დროს ადგილი აქვს ტრანსფორმატორული ქვესადგურის ყველა ელემენტზე მოკლე

შერთვის დენების ზრდას, რაც საშიშია თვით მაკომპენსირებელი კონდენსატორებისათვის რის გამოც კონდენსატორების დაცვისათვის გამოიყენებენ ნაპერწკლოვან განმუხტველებს.

ტევადური კომპენსატორების ძირითად ნაკლს წარმოადგენს ის, რომ რკალური ღუმელების მკვებავ ქსელში ძაბვის შემცირებისას კონდენსატორული ბატარეები ამცირებენ რეაქტიული სიმძლავრის გაცემას მკვებავი ძაბვის კვადრატის პროპორციულად. სინქრონული კომპენსატორების უპირატესობა ტევადურ კომპენსატორებთან შედარებით განპირობებულია შემდეგი ტექნიკური მახასიათებლებით: სინქრონული კომპენსატორის აგზნების დენის ცვლილებით რეაქტიული სიმძლავრის მდორე რეგულირების შესაძლებლობა, მკვებავი ქსელის ძაბვის უცაბედი ცვლილებისას ფორმირებული აგზნების დენის არსებობით რეაქტიული სიმძლავრის გაცემის მკვეთრი ზრდის შესაძლებლობა რკალური ღუმელის ელექტრომომარაგების სისტემის მდგრადობის ამაღლება.

მიუხედავად აღნიშნულისა სინქრონულ კომპენსატორებს გააჩნიათ აგრეთვე ნაკლოვანი მხარეებიც, რაც დაკავშირებულია მის ცუდ ეკონომიკურ მაჩვენებლებზე, როგორცაა: აქტიური სიმძლავრის მაღალი კარგვები, მაღალი კაპიტალური ხარჯები, დიდი მასა და ვიბრაცია.

რკალური ღუმელების მკვებავ ქსელში ძაბვის რხევების შემცირების მიზნით და შესაბამისად რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაციისათვის ძირითადად გამოიყენება რეაქტორები ან კონდენსატორული ბატარეები, რომელთა დენი მოთხოვნილი რეაქტიული სიმძლავრის მისაღებად ფორმირდება მართვადი ვენტილების საშუალებით.

კაზმის დნობის პროცედში ელექტრული ღუმელის რკალის დენის ბიძგების შესაბამისად მკვებავ ქსელში ძაბვის რხევების სწრაფი ლიკვიდაციისათვის აუცილებელია ელექტროდების დიდი სიჩქარით გადაადგილება. რკალური ღუმელების ელექტროდების გადაადგილების ძრავის მართვას ახორციელებენ ავტომატური მართვის რეგულატორების საშუალებით. ელექტროდების გადაადგილების ავტომატური მართვის რეგულატორების ძირითად ამოცანას წარმოადგენს რკალს სასრგებლო სიმძლავრის სტაბილიზაცია ან პროგრამის მიხედვით ცვალებადობა. ზოგად შემთხვევაში ელექტრული ღუმელის რკალის სიმძლავრის ავტომატური მართვის რეგულირების სისტემებს მოეთხოვებათ მაღალი

მგრძობიარობა და სწრაფმოქმედება [11] რკალის სიმძლავრის ავტომატური მართვის რეგულირების სისტემის მაღალი მგრძობიარობა აუცილებელია დასაშვები გადახრების საზღვრებში, ელექტრული ღუმელის მოცემული მუშაობის რეჟიმის არსებობისათვის, ხოლო რკალის სიმძლავრის ავტომატური რეგულირების სისტემის სწრაფმოქმედება უზრუნველყოფს ისეთი შეშფოთებების აღმოფრქვას როგორცაა დნობის პროცესში რკალის დენების მოკლე შერთვები და წყვეტა, რაც შესაბამისად რკალური ღუმელის მკვებავ ქსელში ამცირებს ძაბვის რხევებს და უმაღლესი ჰარმონიკების არსებობას. გარდა აღნიშნულისა რკალის სიმძლავრის ავტომატური მართვის რეგულირების სისტემები უნდა ახორციელებდნენ ელექტროდების მინიმალური გადაადგილებების შეზღუდვას, რასაც ადგილი აქვს ელექტრული ღუმელის მუშაობის რეჟიმის არასიმეტრიულობის და ხანმოკლე მიმდინარე შეშფოთებების დროს.

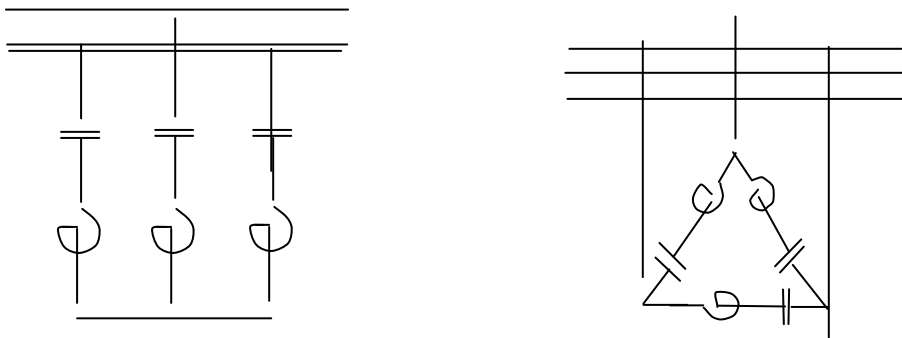
1.3. ელექტრული ღუმელი, როგორც უმაღლესი ჰარმონიკების წყარო და მათი ფილტრაციის პრინციპები

ელექტრული ღუმელის რკალი დნობის პროცესის განმავლობაში მნიშვნელოვან ცვალებადობას განიცდის, კერძოდ, რკალის მოცემული სიმძლავრის დროს მისი გეომეტრიული და ფიზიკური თვისებები, როგორცაა დენის გავლის საშუალება, ტემპერატურა, გამოსხივების ინტენსივობა, რკალის დენისა და ძაბვის ფორმები განიცდიან ცვალებადობას. რკალის მახასიათებელი $U_{\phi_3} = \phi(I_{\phi_3})$ ვერ უზრუნველყოფს რკალის სტაბილურ ელექტრულ რეჟიმს, რამდენადაც დენი შეიძლება გაიზარდოს ძაბვის გადიდების გარეშე. რკალის ძაბვისა და დენის ფორმების არასინუსოიდურობა, რომელიც განპირობებულია რკალის ბუნებით, მისი უჩვეულო სტატისტიკური მახასიათებლებით და შემთხვევითი ფაქტორებით, რომლებიც ცვლიან რკალის წინაღობას, განაპირობებს რკალური ღუმელის მკვებავ ქსელში უმაღლესი ჰარმონიკების გენერირებას.

რკალური ღუმელების მკვებავ ქსელში დენისა და ძაბვის ჰარმონიკების დონის შემცირების სტანდარტები მოითხოვს [1,2]:

1. სინუსოიდური დენის და ძაბვის ფორმის დამახინჯების შემცირებას იმ მნიშვნელობამდე, რომელიც დასაშვებია რკალური ღუმელის ელექტრო-მომარაგების სისტემისათვის და საღუმელო აგრეგატის სხვადასხვა მოწყობილობებისათვის.
2. რკალური ღუმელის სინუსოიდური ძაბვის ფორმის დამახინჯების ისეთი დონის უზრუნველყოფას, რომელიც დასაშვებია ელექტრული ღუმელის ცალკეული ელექტრომოწყობილობებისათვის.
3. რკალური ღუმელის ელექტრული სისტემასა და სხვა მომხმარებლებზე არასასურველი გავლენის შემცირებას.

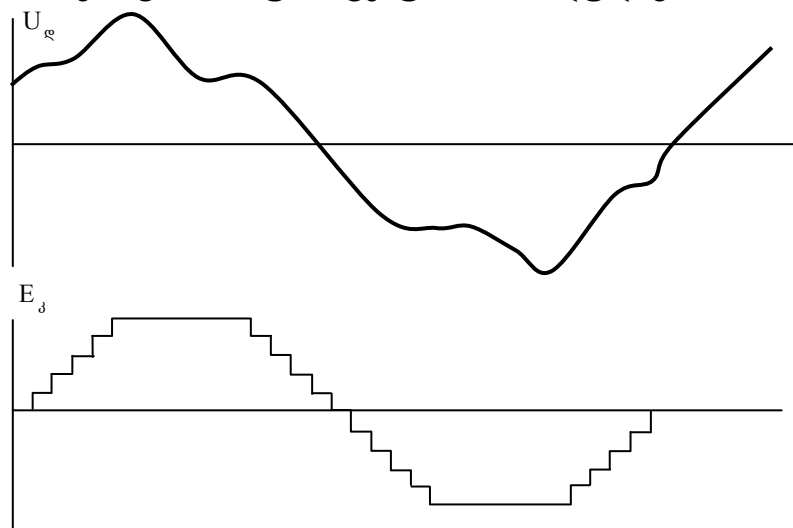
რკალური ღუმელების მიერ გამოწვეული მკვებავ ქსელში უმაღლესი ჰარმონიკების შემცირების მიზნით იყენებენ სხვადასხვა ძალოვან ფილტრებს, რომლებიც წარმოადგენენ მიმდევრობით შეერთებულ საფილტრავი ჰარმონიკის რეზონანსზე აწყობილ ინდუქციურ და ტევადურ წინაღობებს [1]. ნახ. 1.5. –ზე ნაჩვენებია ფილტრების სქემა.



ნახ. 1.5. რკალური ღუმელის მკვებავ ქსელში უმაღლესი ჰარმონიკების ძალოვანი ფილტრების სქემა.

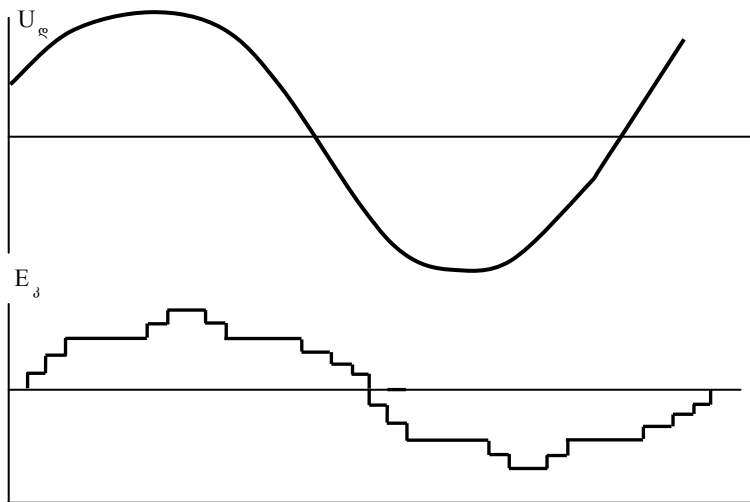
აღსანიშნავია რომ რკალური ღუმელების მკვებავ ქსელში უმაღლესი ჰარმონიკების ძალოვანი ფილტრების გამოყენება ნაწილობრივ ან ზოგჯერ მთლიანად წყვეტს რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაციის პრობლემას, რამდენადაც კონდენსატორები, რომლებსაც შეიცავს ძალოვანი ფილტრი, წარმოადგენს ძირითად სიხშირეზე რეაქტიული სიმძლავრის წყაროს.

რკალური ღუმელების მიერ მკვებავ ქსელში გამოწვეული უმაღლესი ჰარმონიკების შემცირების ახალ მიმართულებას წარმოადგენს საფეხურებრივი მოდულაციით ძაბვის ინვენტორების გამოყენებით აქტიური ფილტრაცია [4]. აქტიური ფილტრაციის საფუძველს წარმოადგენს რკალური ღუმელის მკვებავ ქსელში მართვადი დამახინჯების მქონე ძაბვის მიმდევრობითი წყაროს ან დენის პარალელური წყაროს შეყვანა. ამ დროს მათ მიერ მკვებავ ქსელში შეყვანილი დამახინჯება რკალური ღუმელის მკვებავ ქსელში არსებული დამახინჯების უკუფაზაში იმყოფება და აკომპენსირებს მას. ტრადიციულად აქტიური ფილტრები შესრულებულია ძაბვის ინვენტორების ბაზაზე გარდამსახების დახმარებით განივი – იმპულსური მოდულაციით. განივი – იმპულსურ მოდულაციას გააჩნია მთელი რიგი ნაკლოვანობები, რომელთაგან მნიშვნელოვანს წარმოადგენს სიმპლავრის დიდი კარგვები. ძალოვანი ელექტრონიკის განვითარებაში პერსპექტიულ მიმართულებას წარმოადგენს მრავალდონიანი გამოსასვლელი ძაბვის მქონე სქემების გამოყენება. ძაბვის დონეების გაზრდით შესაძლებელია საფეხურებრივი ძაბვის ფორმირება, რომელიც ძაბვის დონეების რიცხვის შესაბამისი სიზუსტით ანხორციელებს სინუსოიდური ძაბვის აპროქსიმაციას. ნახ. 1.6 – ზე მოცემულია რკალური ღუმელის მიერ მკვებავ ქსელში გამოწვეული შესაძლო ძაბვის ფორმა და აქტიური ფილტრის გამოსასვლელი ძაბვის ფორმა, ხუთსაფეხურიანი მოდულაციით.



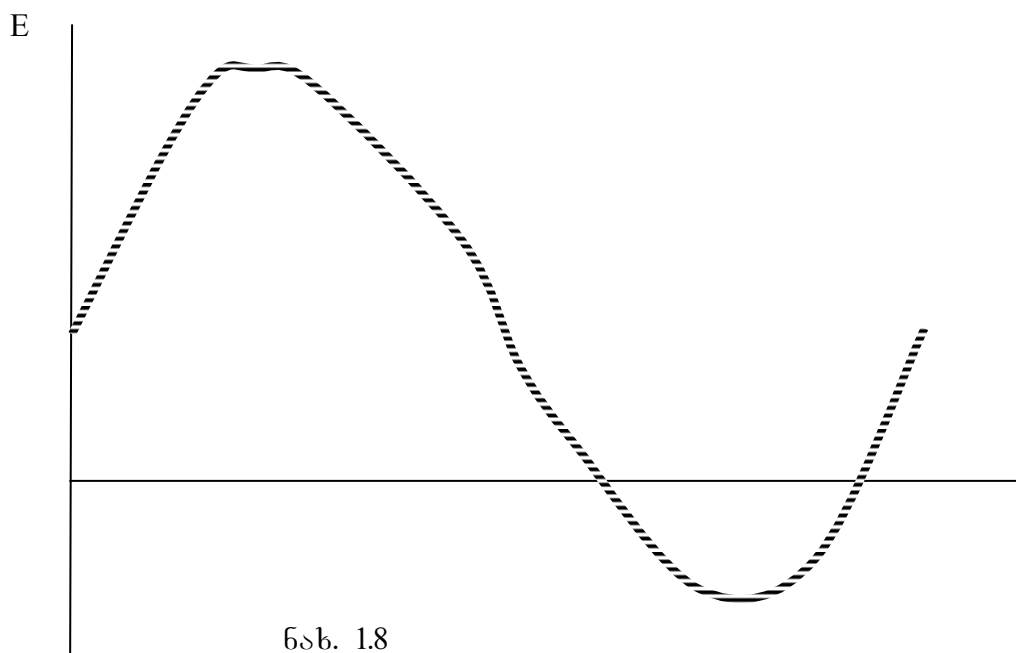
ნახ. 1.6. რკალური ღუმელის მიერ მკვებავ ქსელში გამოწვეული შესაძლო ძაბვის ფორმა და აქტიური ფილტრის გამოსასვლელი ძაბვის ფორმა ხუთსაფეხურიანი მოდულაციით.

ძაბვის ინვენტორის გამოსასვლელი ძაბვის ფორმის ცვლილების შედარებით ეფექტურ მეთოდს წარმოადგენს ვენტილების არა კომუტაციის მომენტების ცვლილება, არამედ ყოველი დროის მომენტში გამოსასვლელი ძაბვის დონის ცვლილება. ნახ.1.7. ნაჩვენებია რკალური ღუმელის მკვებავ ქსელში ძაბვის მრუდის ფორმა კორექტორის გამოყენებით და კორექტორის გამოსასვლელი ძაბვის მრუდის ფორმა.



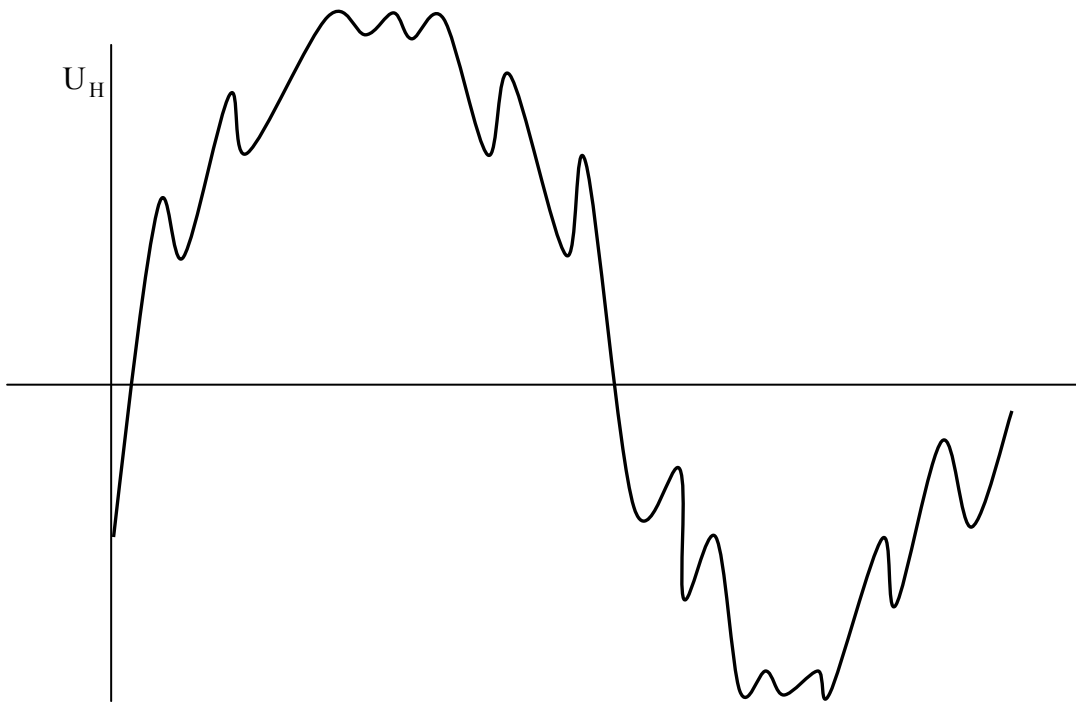
ნახ. 1.7. რკალური ღუმელის მკვებავ ქსელში ძაბვის ფორმა კორექტორის გამოყენებით და კორექტორის გამოსასვლელი ძაბვის ფორმა.

ნახ. 1.8. – ზე მოცემულია 24 დონის მოდულაციის ავტონომიური ძაბვის ინვენტორის გამოსასვლელი ძაბვის მრუდი.



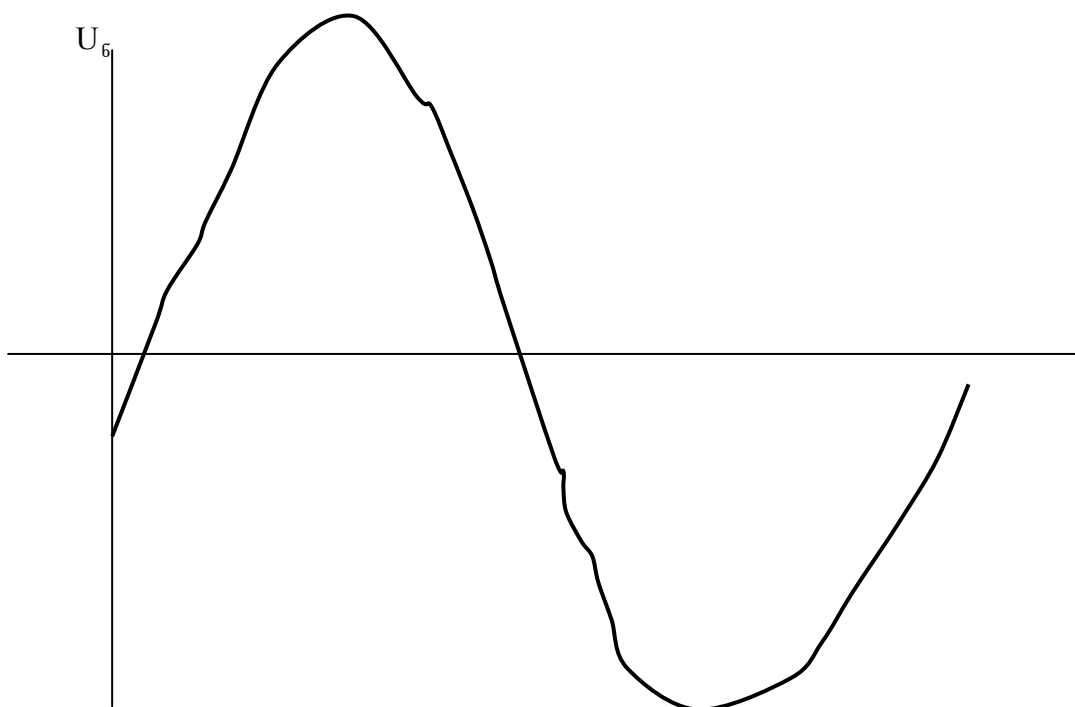
ნახ. 1.8

ნახ. 1.9 – ზე მოცემულია რკალური ღუმელის მიერ მკვებავ ქსელში გამოწვეული შესაძლო ძაბვის დამახინჯების ფორმა.



ნახ. 1.9. რკალური ღუმელის მიერ მკვებავ ქსელში გამოწვეული შესაძლო ძაბვის დამახინჯების ფორმა.

ავტონომიური ძაბვის ინვენტორის გამოყენებით რკალური ღუმელის მიერ მკვებავ ქსელში ძაბვის ჰარმონიკების შემცირებისას ძაბვის მრუდის ფორმას ექნება 1.10 ნახაზზე ნაჩვენები სახე.



ნახ. 1.10. რკალური ღუმელის მკვებავ ქსელში ძაბვის ფორმა კორექტორის გამოყენების შემდეგ.

დასკვნები

რკალური ღუმელის ელექტრომომარაგების ქსელზე უარყოფითი გავლენის შემცირებას უზრუნველყოფს შემდეგი ღონისძიებები:

1. რკალური ღუმელის ელექტრომომარაგების სისტემის შერჩევა, რომელიც უზრუნველყოფს ელექტროენერჯის რაციონალურ გადაცემას და განაწილებას.
2. ელექტროღუმელებში სიმძლავრის კარგების შემცირება, რაც შეიძლება განხორციელდეს სიმძლავრის მაკომპენსირებელი მოწყობილობების გამოყენებით და რკალურ ღუმელში სიმძლავრის კარგების შემცირებით.
3. ელექტრომომარაგების სისტემაში ფილტრების გამოყენებით და რკალის სიმძლავრის ავტომატური რეგულირების სისტემების დამუშავებით.

თავი II.

რკალური ელექტროღუმელების კვლევა და ტექნიკო-ეკონომიკური მაჩვენებლები

2.1. ელექტროღუმელის დანადგარები ნახშირბადიანი ფერომანგანუმის და სილიკომანგანუმის გამოდნობისთვის

ელექტრული ღუმელების უპირატესობას თბურთან შედარებით წარმოადგენს ის, რომ მათი საშუალებით შეიძლება მივიღოთ მაღალი სისუფთავის და ხარისხის ლითონი, ხელსაყრელია ექსპლოატაციის და მომსახურების თვალსაზრისით.

აღნიშნული ფაქტორები განაპირობებს ელექტრული ღუმელების ფართოდ გამოყენებას პრაქტიკაში. ელექტრული ღუმელების კლასიფიკაცია ხდება შემდეგი ნიშნებით:

- ა) ელექტრული ენერჯის თბურში გარდაქმნა;
- ბ) მუშა სხეულის ხასიათი;

გ) კონსტრუქციული შესრულება;

გ.ა. სისოიანი იძლევა ელექტრული ღუმელების საერთო კლასიფიკაციას [5]. ამ კლასიფიკაციით ყველა ფეროშენადნობის სადნობი ღუმელი მიეკუთვნება ღუმელების მესამე კატეგორიას, ე.ი. შერეული მოქმედების ღუმელებს, რომლებშიც ელექტროენერგია თბურში გარდაიქმნება მყარ ან თხევად და აირისებრივ გარემოში. ისინი ამასთანავე პირდაპირი მოქმედებისაა, სადაც სითბო ნაწილობრივ გამოიყოფა რკალში, ნაწილობრივ თვით დასამუშავებელ მასალაში, რომელიც იმყოფება მყარ ან თხევად მდგომარეობაში. აგებულების მიხედვით ღუმელები არსებობს ღია და დახურული ტიპის. ორთავე ტიპის ღუმელი წარმოადგენს:

ა) ცილინდრული ფორმის აბაზანას ელექტროდების ტოლგვერდა სამკუთხედის წვეროებზე განლაგებით;

ბ) სწორკუთხა აბაზანის ელექტროდების რიგში განლაგებით.

ნახშირბადიანი ფერომანგანუმის და სილიკომანგანუმის მისაღებად გამოიყენება ოთხკუთხა აბაზანიანი ღუმელები მუშა ელექტროდების რიგში განლაგებით, ასეთ ღუმელებს გააჩნიათ დიდი მოცულობა და მაღალი სიმძლავრე. ტრანსფორმატის სიმძლავრე 11150 კვა, რომლის გრაგნილები შეერთებულია სქემით: სამკუთხედი-ვარსკვლავი. 1-ელ ცხრილში ნაჩვენებია ტრანსფორმატორის ძირითადი მონაცემები.

ღუმელის ტრანსფორმატორის ძირითადი

მახასიათებლები

ცხრილი 2.1.

გადამრთველის მდგომარეობა	სიმძლავრე, კვა	დენი მაღალი მხრიდა ნ, ა	ძაბვა მაღალი მხრიდა ნ, ვ	ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი	მოკლე შერთვის ძაბვა, %
1	11150	643	143	71.8	9.0
2	10700	618	137	74.6	9.25
3	10300	595	132	76.9	9.55
4	9900	570	127	78.6	9.85
5	9550	550	123	81.3	10.20

ტრანსფორმატორის პირველადი ძაბვა – 10 კვ. ტრანსფორმატორის საფეხურების გადართვა ხორციელდება დატვირთვის არ არსებობისას. უნდა აღინიშნოს რომ ამ ღუმელების ტრანსფორმატორი, აბაზანა და ელექტროდი ერთნაირია, ხოლო მოკლე ქსელი განსხვავებულია.

ფერომანგანუმის ღუმელის მოკლე ქსელი შეიცავს შემდეგ რგოლებს: სპილენძის ზონარები, რომლებიც ტრანსფორმატორის გამომყვანებს აერთებს წყლიან მილებთან, 32 ზონარი თითოეულ ფაზაზე; სპილენძის სალტეები 8 ცალი თითო ფაზაზე, დრეკადი სპილენძის ფილები, რომლებიც აკავშირებენ მოკლე ქსელის უძრავ ნაწილს მოძრავთან, ელექტროდამჭერის დრეკად პაკეტებთან დამაკავშირებელი მილები 8 ცალი თითო ფაზაზე.

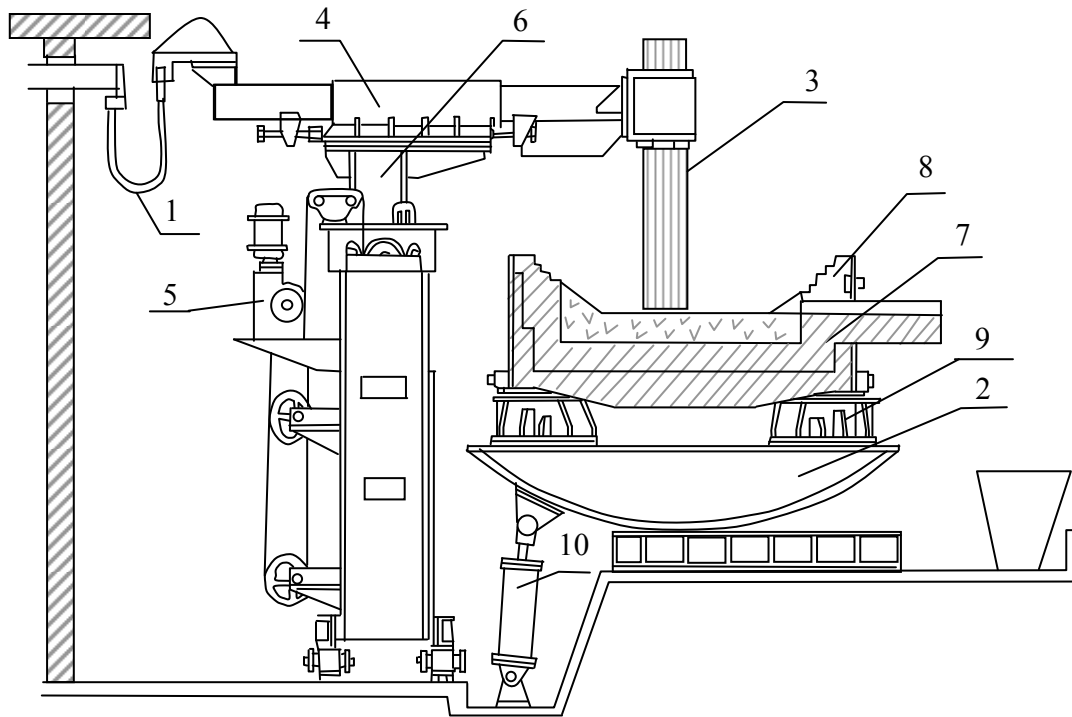
სილიკომანგანუმის ღუმელის მოკლე ქსელი შეიცავს შემდეგ რგოლებს: სპილენძის სალტეები, რომლებიც ტრანსფორმატორის გამომყვანებს აერთებს დრეკად სპილენძის ზონარებთან. სპილენძის ზონარები, რომლებიც აკავშირებენ მოკლე ქსელის უძრავ ნაწილს მოძრავთან. სპილენძის მილები, რომლებიც დრეკად ზონარებს აკავშირებენ ელექტროდამჭერთან თითოეულ ფაზაზე სამი ცალი. სპილენძის მილების საერთო სიგრძეა 5 მ.

ღუმელის თითოეული თვითცხოვადი მუშა ელექტროდის დიამეტრი – 1000 მმ. ელექტროდის რკინის შალითა სექციებად არის დაყოფილი. თითოეული სექციის სიგრძე – 1400 მმ. რკინის გარსაცმის სისქე – 1,5 მმ. ელექტროდები ჩაშვებულია აბაზანის სიღრმეში. აბაზანის გეომეტრიული ზომებია: სიგრძე – 8800 მმ, სიგანე 4000 მმ, სიმაღლე 3900 მმ. კედლები და ძირის ამონაგები ცეცხლგამძლე აგურის და ნახშირის ბლოკისაგანაა ნაგები. აბაზანა სტაციონალურია, არაბრუნვადია და არ იხრება. დნობით მიღებული ნაწარმის გამოშვება ხორციელდება გამომშვები არხით, რომლის სიგრძე – 940 სმ, სიგანე – $400 \div 500$ მმ.

2.2. ელექტროღუმელის დანადგარები საშუალონახშირბადიანი ფერომანგანუმის გამოდნობისათვის

რეკონსტრუქციამდე (ჩვენს საექსპერიმენტო ობიექტზე), საშუალონახშირბადიანი ფერომანგანუმის მისაღებად გამოყენებული იყო ОКБ –262 ტიპის ელექტრული ღუმელები. ისინი სამფაზაა, ცილინდრული მრგვალი ფორმის, მუშა

ელექტროდების ტოლგვერდა სამკუთხედის წვეროებზე განლაგებით. 1.1. ნახაზზე ნაჩვენებია ОКБ –262 ტიპის, 2500 კვა სიმძლავრის ელექტრული ღუმელის საერთო ხედი. იგი შედგება: 1. მოკლე ქსელი; 2. აბაზანა; 3. ელექტროდი; 4. ელექტროდის დამჭერი; 5. ელექტროდის გადაადგილების მოწყობილობა; 6. საყრდენი; 7. აბაზანის გარსაცმი; 8. ამონაგი; 9. ბრუნვის მექანიზმი; 10. დახრის მექანიზმი.



ნახ. 2.1. ОКБ –262 ტიპის 5.2 მვტ სიმძლავრის

ელექტრული რკალური ღუმელის საერთო ხედი

სალუმელო ტრანსფორმატორის ძირითადი ელექტრული მახასიათებლები მოცემულია 2.2. ცხრილში.

სალუმელო ტრანსფორმატორის ძირითადი ელექტრული მახასიათებლები ცხრილი 2.2.

გადამრთველის მდგომარეობა	სიმძლავრა	დენიმადანა	ძაბვა და მხრიდან	დენი და მხრიდან	ტრის კოეფ.	მოკლე შერთვის ძაბვა %	უკონსერვაციის %	უსკარგ %
1	2500	138	178	8110	58.04	4.5	8.0	18.4
2	2500	138	149	9680	70.02			
3	2500	138	127	11350	82.40			
4	2200	124	111	11750	94.70			
5	2000	110	89	13000	118.10	16.3	0.50	4.5

ტრანსფორმატორის გრაგნილები შეერთებულია სქემით ვარსკვლავი. ნომინალური პირველადი ძაბვა – 10.5 კვ. ტრანსფორმატორის საფეხურების გადართვა ხორციელდება ძაბვის საფეხურების გადამრთველით, დატვირთვის არ არსებობის დროს. მუშა ძაბვა $111 \div 178$ ვ.

ღუმელის მოკლე ქსელი შეიცავს რგოლებს:

ა) სალტების პაკეტი – თითოეულ პაკეტში ოთხი სალტე. სალტეს სისქე – 10 მმ, სიგანე – 200 მმ, საერთო კვეთი – 8000 კვ. მმ.

ბ) მოქნილი კაბელი – სიგრძე 3000 მმ, რომლის გაგრძელებას წარმოადგენს სპილენძის მილები თითოეულ ფაზაზე ოთხი ცალი. მილების საერთო კვეთი – 18650 კვ. მმ. თითოეულ ელექტროდზე საკონტაქტო ფილები – ოთხი ცალი. საკონტაქტო ფილის სიგრძე – 730 მმ, სიგანე – 250 მმ, სისქე – 42 მმ.

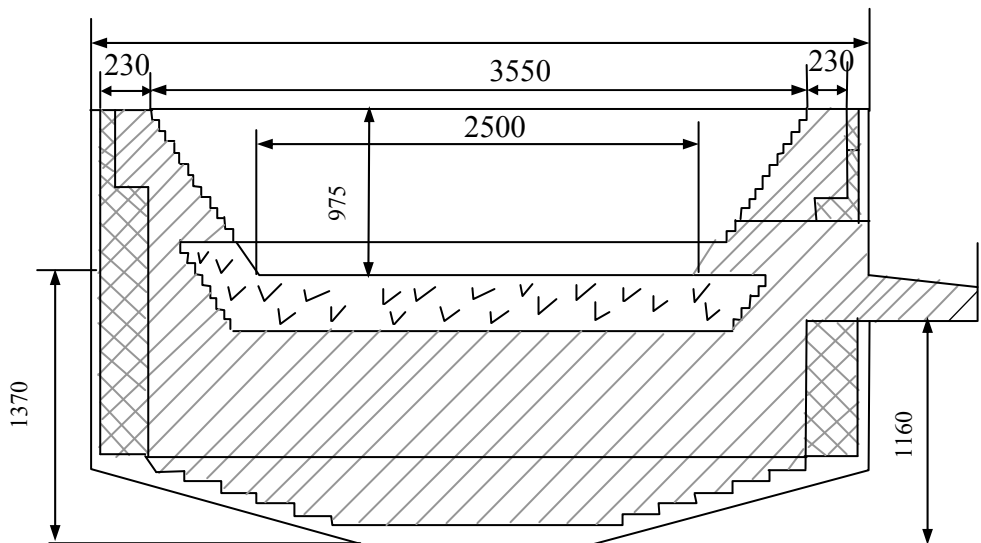
ელექტროდები – თვითცხოზადი, დიამეტრი – 480 მმ. ელექტროდის რკინის შალითას სისქე – 1.25 მმ. ელექტროდამჭერის დიამეტრი 600 მმ, სიმაღლე – 500 მმ. ელექტროდების გადასაადგილებლად გამოყენებულია კონსოლური მექანიზმი PMД - 4.5 ტიპის რკალის სიმძლავრის რეგულატორით, რომლის ძირითადი მახასიათებლები მოცემულია 2.3. ცხრილში.

ცხრილი 2.3.

ელექტრომ ანქანური გამაძლიე რებლის ტიპი	ელექ ტრ. ძრავა ს ტიპი	$P_{ელ.მანქ.}$ კვტ	$n_{ძრ.}$ ბრ/წ	$V_{მანქ.}$ ბრ/წ	არაგრძნობიარობის მინიმალური ზონა %	დროის ექვივალენტური მუდმივი ჯგ
ЭМУ – 50	ПНВ	7	1500	2200	7	0.2

ელექტროდის გადაადგილების მანძილი – 2350 მმ.

ღუმელის აბაზანას ცილინდრული ფორმა აქვს წაკვეთილი კონუსის ფორმის ძირით. აბაზანის გარე დიამეტრი – 4250 მმ, ცილინდრული ნაწილის სიმაღლე - 2325 მმ, კონუსური ნაწილის სიმაღლე – 400 მმ; აბაზანის ზედა სარტყელის შიდა დიამეტრი - 3790 მმ, ქვედა სარტყელის – 3290 მმ. 2.2. ნახაზზე ნაჩვენებია ღუმელის ამონაგები.

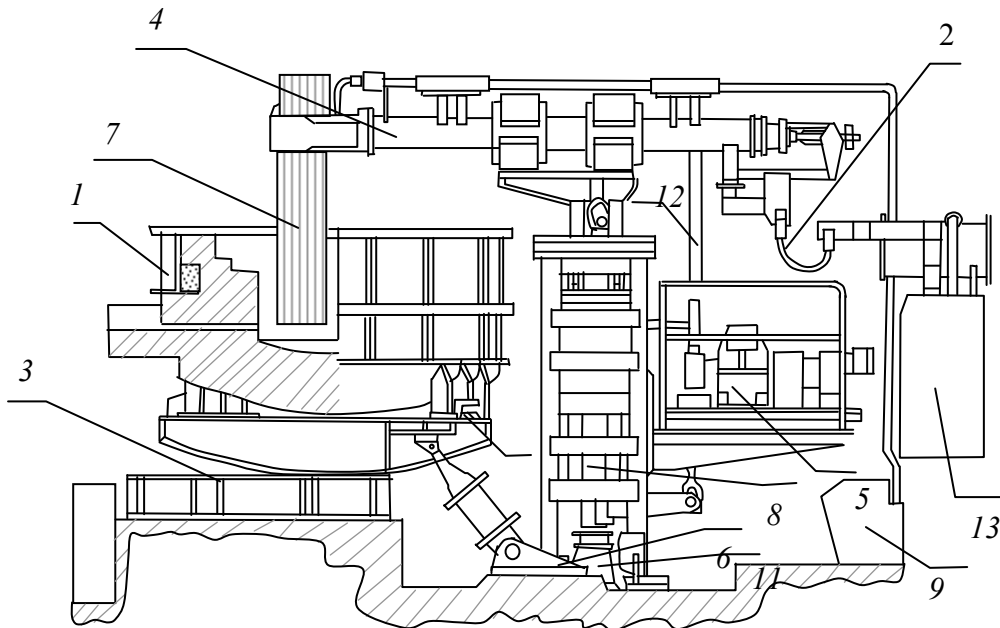


ნახ. 2.2. OKB-262 ტიპის 2500 კვა სიმძლავრის რკალური ღუმელის ამონაგები.

აბაზანას აქვს ბრუნვის და დახრის მექანიზმები. აბაზანის ბრუნვის სიჩქარეა 5.2 ბრ/წთ. დახრის მექანიზმი ჰიდროპრინციპზე მუშაობს და მისი საშუალებით ახორციელებენ აბაზანიდან მზა ნაწარმის გამოშვებას.

საშუალო ნახშირბადიანი ფერომანგანუმის წარმოების გაზრდის მიზნით მოხდა ელექტრული ღუმელების რეკონსტრუქცია, რის შედეგადაც საღუმელო

ტრანსფორმატორის სიმძლავრე 8000 კვა-მდე გაიზარდა. შეიცვალა ღუმელის აბაზანის გომეტრიული ზომები, მოკლე ქსელის ძირითადი პარამეტრები, ელექტროდების გადაადგილების ელექტრომექანიკური ამძრავი. ჩატარდა კვლევა რეკონსტრუქციურებული ელექტრული ღუმელების, რომლის ნომინალური სიმძლავრე შეადგენს 5000 კვა. 2.3 ნახაზზე ნაჩვენებია ღუმელის საერთო ხედი.



ნახ. 2.3. PKO – 5ΦM_H –II ტიპის 5 მვა სიმძლავრის ელექტრული რკალური ღუმელის საერთო ხედი

იგი შედგება: 1. გარსაცმი; 2. მოკლე ქსელი; 3. აბაზანა; 4. ელექტროდდამჭერი; 5. ელექტროდების გადაადგილების ელექტრომექანიკური ამძრავი; 6. დახრის მექანიზმი; 7. ელექტროდი; 8. საყრდენი; 9. წყლის გაციების სისტემა; 10 ბრუნვის მექანიზმი; 11. ზამბარა; 12. რეიკა; 13. ტრანსფორმატორი.

ღუმელი კვებას ღებულობს 8000 კვა სიმძლავრის სამფაზა ტრანსფორმატორიდან რომლის ტექნიკური მონაცემები მოცემულია 2.4. ცხრილში.

ცხრილი 2.4.

სიმძლავრე	ძაბვის საფეხურები	U_{k2} 3
8000	1	318

6800	2	270
5900	3	234
5220	4	287
8000	5	318
6800	6	270
5900	7	234
5220	8	207
4520	9	184
8920	10	156
3400	11	135
3020	12	120

მოკლე ქსელი შეიცავს შემდეგ რგოლებს: სპილენძის სალტეების პაკეტები, დრეკადი კაბელები, სპილენძის მილები.

ელექტროლუმელს ემსახურება სამი თვითცხოზადი ელექტროდი რომელთა გადაადგილება ხორციელდება ელექტრომექანიკური ამბრავით. ელექტროდის დიამეტრი – 500 მმ, მაქსიმალური დენი – 14600 ა; დასაშვები 18000 ა; ნომინალური სვლა – 2500 მმ, ნომინალური სიჩქარე – 1 მ/წთ, - დასაშვები 1,6 მ/წთ.

ელექტრული ღუმელის რკალის სიმძლავრის და შესაბამისად ელექტროდების ავტომატური მართვისა და რეგულირებისათვის გამოყენებულია APDMT-2 ტიპის რეგულატორი. მისი ტექნიკური მახასიათებლები მოცემულია 2.5. ცხრილში.

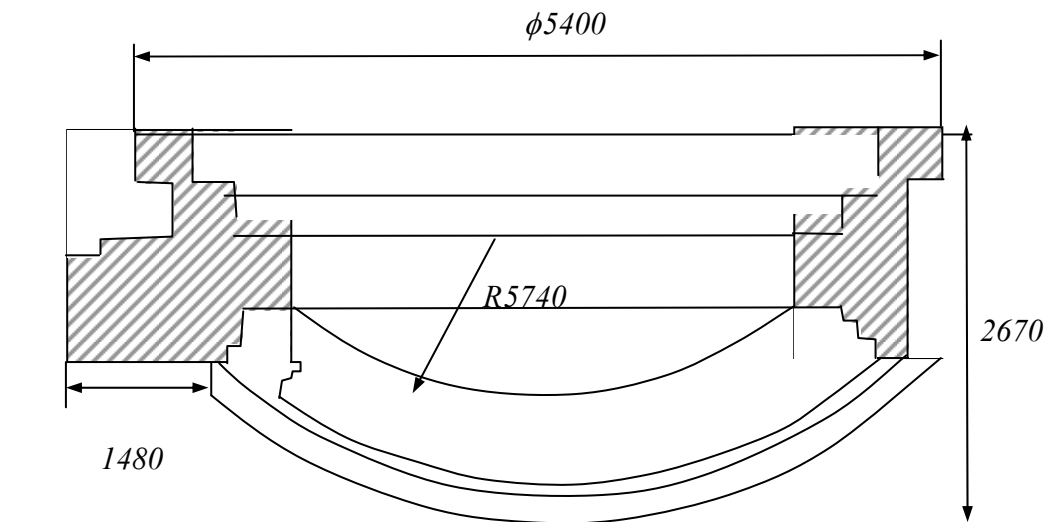
ცხრილი 2.5.

სტატისკური მახასიათებელი	არაგრძნობიარობის ზონა	ძრავის გაშვება წმ	ძრავის დამუხრუჟება წმ	ძრავის სიჩქარე მ/წთ	მასა ტ
პროპორციულ-რელეური	±(1÷10)	0.6	0.3	5	0.9

კონსტრუქციულად რეგულატორი შესრულებულია კარადის სახით რომლის ზომებია: 1000X2000X600 მმ. რეგულატორის კარადის კარებზე მოთავსებულია: ამპერმეტრები და ვოლტმეტრები ელექტროდების გადაამადგილებელი ელექტრული ძრავებისთვის, რეგულატორის ჩართვის დილაკი, ნათურა სიგნალიზაციის, რომელიც აღნიშნავს რეგულატორის ჩართულ და გამორთულ მდგომარეობებს, რკალის დენისა და არაგრძნობიარობის ზონის დავალებები, მართვის რეჟიმის არჩევის გადამრთველები.

ელექტრული ღუმელის გარსაცმი მრგვალი ფორმის არის, რომელიც დამზადებულია ერთმანეთთან მიდუღებული ფოლადის ფურცლებისაგან. გარსაცმის ზედა ნაწილს ცილინდრული ფორმა აქვს, ხოლო ძირი სფერული ფორმისაა.

გარსაცმს გააჩნია მზად მყოფი შენადნობის გამოშვებისათვის გამოსაშვები. გარსაცმის შიგა დიამეტრი – 5400 მმ; ღუმელის აბაზანის გარე დიამეტრი – 5500 მმ. აბაზანის ამონაგები შესრულებულია ცეცხლგამძლე აგურებით. ამონაგები ქმნის დნობისათვის საჭირო სივრცეს, რომელშიც მიმდინარეობს დნობა. დნობის არსებობას საფუძვლად უდევს ელექტრული ენერჯის თბურ ენერჯიად გარდაქმნის პროცესი, რომლის დროსაც ხორციელდება ფიზიკურ-ქიმიური პროცესები ელექტროდნობის ტექნოლოგიის შესაბამისად. ელექტროდნობის დროს გამოიყოფა დიდი რაოდენობით გაზი; ამ გაზის განდევნის მიზნით აბაზანის ზემოთ დაყენებულია სპეციალური გამწოვი ზონდი, რომელიც შეერთებულია გაზგამდენ და გაზგამანთავისუფლებელ სისტემასთან. აბაზანის ამონაგებს აქვს ნახ. 2.4 – ზე ნაჩვენები სახე.



ნახ. 2.4. PKO – 5ΦM_H –II1 ტიპის 5 000 კვა სიმძლავრის ელექტრული ღუმელის აბაზანის ამონაგები

2.3. რკალის სიმძლავრის რეგულირების არსებული

მექანიზმების მიმოხილვა

რკალის სიმძლავრის რეგულირების სისტემები მნიშვნელოვნად დამოკიდებულია შემსრულებელი მექანიზმის კონსტრუქციაზე. შემსრულებელი მექანიზმების არასრულყოფის შედეგად, რასაც შეესაბამება გადაცემებში ღრეჩოების არსებობა და გადაცემის ელასტიკური რგოლის არსებობა, აგრეთვე დაბალი მქკ-ის

გამო ამძრავის ინერციულობა, შეუძლებელი ხდება ელექტრო რკალური ღუმელების მუშაობის ტექნიკო-ეკონომიური მაჩვენებლების გაუმჯობესება.

ა.ი. საპკო ფორმულირების მიხედვით [10] შემსრულებელი მექანიზმები უნდა აკმაყოფილებდნენ შემდეგ მოთხოვნილებებს:

1. მუშაობის საიმედოობა, რემონტისა და ექსპლუატაციის სიმარტივე.
2. კაზმში ელექტროდების მსხვრევის არარსებობა
3. საკუთარი წონის მოქმედებით ელექტროდების უნებლიე ჩაშვების შეუძლებლობა.
4. სისტემის ყველა ელემენტზე მინიმალური ხახუნი (ყოველ შემთხვევაში სტაბილური).
5. ელასტიკური რგოლების რეგულირების ხარისხზე ზემოქმედების გამორიცხვის მიზნით ელექტრული ძრავის ელექტროდთან მაქსიმალური ხისტი კინემატიკური კავშირი.
6. კინემატიკური გადაცემებში მინიმალური ღრეჩოები.
7. ამძრავის მაქსიმალური მქკ.
8. სტატიკურ მომენტებს შორის მინიმალური განსხვავება ელექტროდების აწევისას და დაწევისას.
9. ელექტროდების გადაადგილების მექანიზმის სწრაფი გაშვება და დამუხრუჭება.
10. ავტომატური რეგულირებისას ელექტროდების გადაადგილების მაღალი სიჩქარე (მაქსიმალური) – რეგულირების სისტემის მდგრადი მუშაობის პირობებში და ხელით მართვის პირობებში ელექტროდის აწევის მაქსიმალური სიჩქარე.

შემსრულებელი მექანიზმებიდან გამოიყენება:

- 1) ელექტროდების გადაადგილების მექანიზმი ელექტრომექანიკური ამძრავით;
- 2) დროსელური ჰიდრავლიკური ამძრავით.

ელექტრომექანიკური ამძრავიანი ელექტროდების გადაადგილების მექანიზმისათვის შეიძლება გამოყენებული იქნას ბაგირული ან კბილანური გადაცემა.

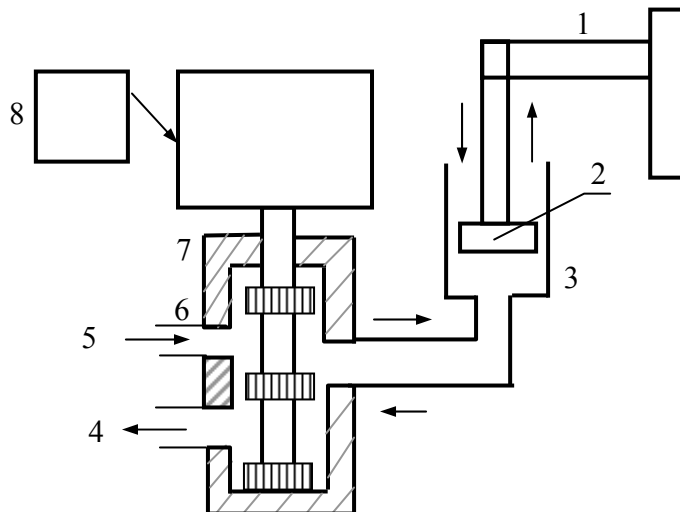
ელექტრომექანიკური ამძრავის ძირითად ნაკლს წარმოადგენს ცალკეული რგოლების პლასტიურობა და ღრეკადობა, რომელიც უარყოფითად მოქმედებს

ელექტროდის დაყენების სიზუსტეზე. გარკვეულ სირთულესა და შრომასთან არი დაკავშირებული გვარლის ექსპლუატაცია და გამოცვლა. კბილანური გადაცემისას დაყოვნების დრო შედარებით ნაკლებია ვიდრე ბაგირული გადაცემისას, თუმცა მაინც შეადგენს მნიშვნელოვან სიდიდეს – (75÷150) მწმ.

შედარებით უკეთესი მახასიათებლები გააჩნია ელექტროდების გადაადგილების მექანიზმს დროსელური ჰიდრავლიკური ამძრავით[11].

ა. პოლიმზუკი და ვ. მ. ედომსკოვის მონაცემებით ჰიდრავლიკური ამძრავების უპირატესობა განპირობებულია მცირე დაგვიანებითა და ღრეჩოებით, მოძრაობის სიჩქარის უსაფრთხო რეგულირებით, შესრულების და ექსპლუატაციის სიმარტივით, მექანიზმის გადატვირთვისაგან დაცვის საიმედოობით და სხვ.

დროსელური ჰიდრავლიკურ ამძრავს ნახ. 2.5. ნაჩვენები სახე აქვს.



ნახ. 2.5. დროსელურ ჰიდრავლიკური ამძრავის კინემატიკური სქემა.

იგი შედგება:

1. ელექტროდამჭერის სახელური;
2. დგუში;
3. ჰიდროცილინდრი;
4. 5 ჩასხმის მაგისტრალეები;
6. გამანაწილებელი მკვეთარა;

7. ჰიდროგამაძლიერებელი;

8. მართვის მოწყობილობა.

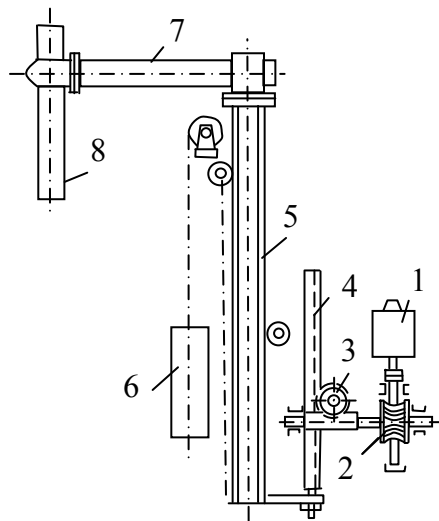
ჰიდრავლიკური ამძრავის ძირითადი უპირატესობებია:

1. მაღალი სწრაფმოქმედება, განპირობებული მოძრავი ნაწილების მცირე ინერციულობით.

2. ელექტროდების მდორე და მდგრადი მოძრაობა

3. მცირე გაბარიტები და მასა

ქარხნის რეკონსტრუქციამდე ლუმელის ელექტროდების გადასაადგილებლად გამოყენებული იყო ელექტრომექანიკური ამძრავი კბილანური გადაცემით, რომლის კინემატიკურ სქემას 2.6 ნახაზზე ნაჩვენები სახე აქვს.



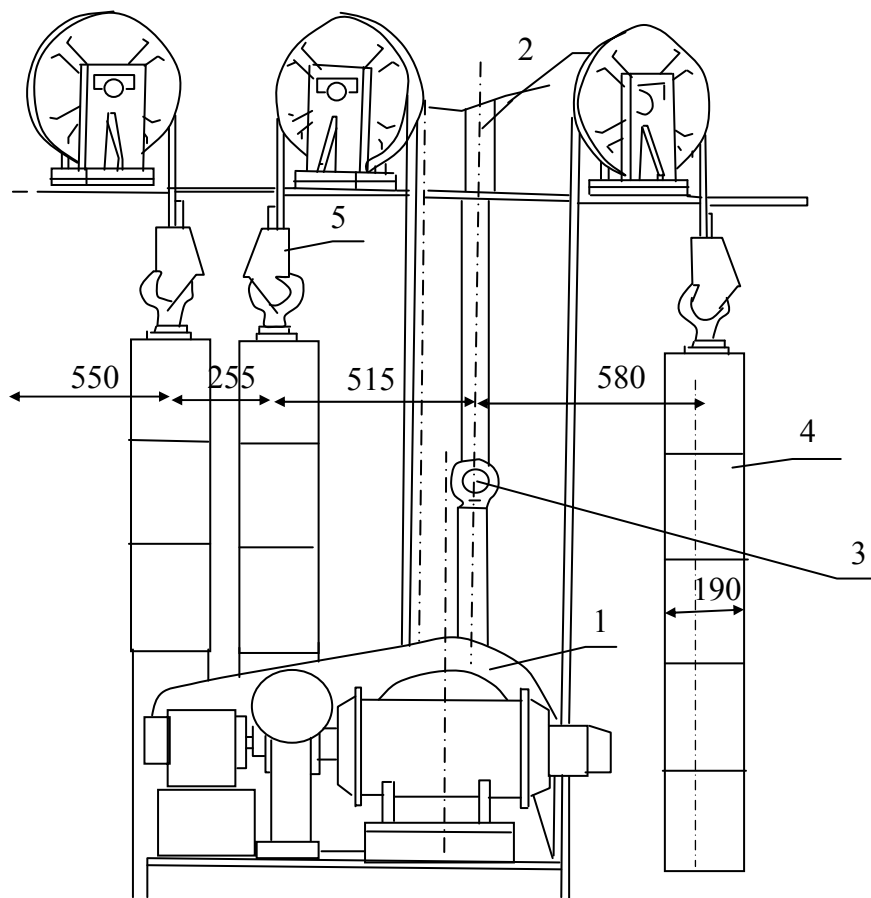
ნახ. 2.6. ელექტროდის გადაადგილების მექანიზმი
ელექტრომექანიკური ამძრავით

იგი შედგება:

1. ელექტრული ძრავი;
2. ორსაფეხურიანი კბილანური რედუქტორი;
3. გამოსასვლელ ლილვზე დაპრესილი კბილანა;
4. კბილანებიანი რეიკა;
5. საყრდენი;
6. საპირწონე;

ტელესკოპური საყრდენი გათანასწორებულია საპირწონებით ისეთნაირად რომ ელექტროდის არარსებობისას თავისი წონით სისტემა გადაადგილდეს ქვევით. კბილანური რეიკა ელექტროდს ელექტროდდამჭერთან ერთად გადაადგილებს ზევით ან ქვევით.

ღუმელის რეკონსტრუქციის შემდეგ შეიცვალა ელექტროდების გადაადგილების მექანიზმი. გამოყენებული იქნა ელექტროდების გადაადგილების მექანიზმი ელექტრომექანიკური ამძრავით. კინემატიკურ სქემას ნახ. 2.7. ნაჩვენები სახე აქვს.

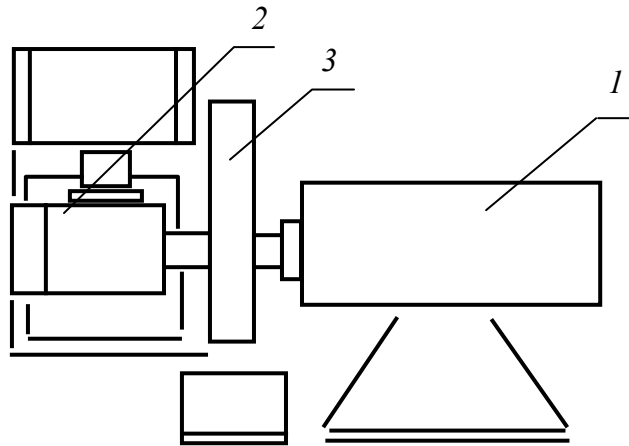


ნახ. 2.7. ელექტროდის გადაადგილების მექანიზმის კინემატიკური სქემა

1 – ელექტროდების გადაადგილების ამძრავი;

- 2 – საყრდენი;
- 3 – რეიკა;
- 4 – ბლოკი;
- 5 – საპირწონე;
- 6 – გვარლა.

ელექტროდის გადაადგილების ამძრავის საერთო ხედს აქვს 2.8 ნახაზზე ნაჩვენები სახე.



ნახ. 2.8. ელექტროდის გადაადგილების ამძრავის საერთო ხედი

იგი შედგება:

- 1 – ელექტრული ძრავი.
- 2 – ცილინდრული და ჭიახრახნული რედუქტორები.
- 3 – მუხრუჭის ხუნდები.

ელექტრული ძრავის ტიპია – მუდმივი დენის დამოუკიდებელაგზნებიანი 2ПБВ112SVУx/M ტიპის ელექტრული ძრავი. ძრავის სიმძლავრე – 1.9 კვტ; ბრუნთა რიცხვი – 1000 ბრ/წთ; კბილანებზე ბრუნვითი მომენტი 5149 წმ; რეიკის მაქსიმალური გადაადგილების სიჩქარე 1,65 მ/წთ.

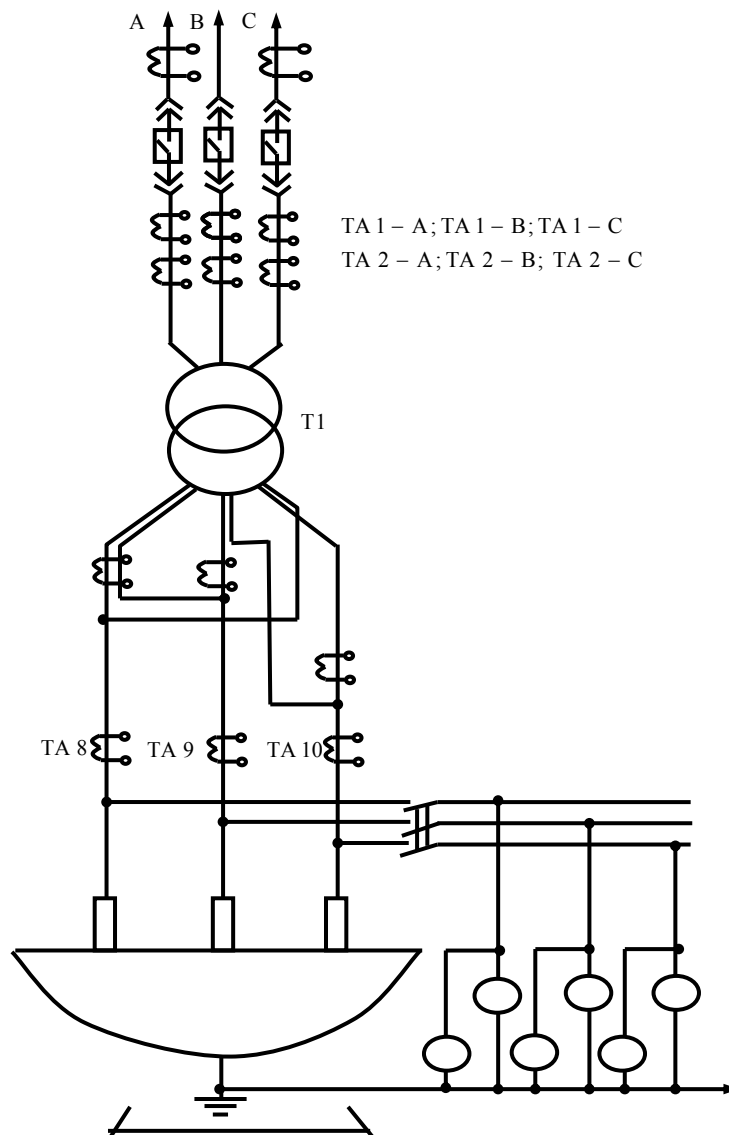
საყრდენის წონა ელექტროდით და ელექტროდდამჭერით 8600÷9940 კგ; საპირწონის წონა 4200÷4545 კგ; გრაფიტული ელექტროდით მუშაობისას თოთოეული საპირწონიდან თითო ბლოკი იხსნება. ამძრავის გადაცემის რიცხვი – 409.5;

რედუქტორის გამოსასვლელი ლილვის ბოლოზე ქურის საშუალებით დაკავშირებულია კბილანები, რომელთა ბრუნვითი მოძრაობა კბილანიანი რეიკის საშუალებით გარდაიქმნება ვერტიკალურ სწორხაზოვან მოძრაობად, რომელიც

უზრუნველყოფს ელექტროდის ელექტროდდამჭერთან ერთად ზევით ან ქვევით გადაადგილებას. ელექტროდის დაშვებისას, ელექტროდდამჭერისა და ელექტროდთან ერთად საყრდენის მასისა და საპირწონების მასის სხვაობის ზემოქმედების პირობებში, ამძრავი ჩართულია დაშვებაზე.

საპირწონების სისტემა შედგება საპირწონეებისაგან, რომელიც წარმოადგენს ბლოკების გარკვეულ რაოდენობას, გვარლასაგან, და გამოიყენება საყრდენისა და ტვირთის ჩამოსაკიდებლად. გვარლას ერთ-ერთი ბოლო დამაგრებულია საყრდენზე ხოლო მეორე ბოლო ბლოკების გავლით საპირწონეზე. საპირწონები გადაადგილდებიან სპეციალურ ღრმულებში და მათი საშუალებით მცირდება დატვირთვა ამძრავზე.

2.4. რკალური ელექტრული ღუმელის ელექტრული მომარაგება და ტექნიკოეკონომიური მაჩვენებლები



ნახ. 2.9. ტრანსფორმატორის პრინციპული სქემა

ელექტრული ღუმელის ელექტრული კვება განხორციელებულია БПН – 1002 ტიპის კვების ბლოკიდან, რომელიც შედგება: სამფაზიანი ЭТЦПК-12500/10-У3 საღუმელო ტრანსფორმატორი-1 ცალი; ТНШ-066-3-25000/5 ტიპის დენის ტრანსფორმატორი – 3 ცალი; ТПОЛ –10-0,5/10P-600/5 ტრანსფორმატორი – 2 ცალი. ტრანსფორმატორის პრინციპიალურ სქემას 2.9. ნახაზზე მოცემული სახე აქვს.

ტრანსფორმატორის დადგმული სიმძლავრე 8000 კვა შეადგენს. პირველი დენი იზომება დენის ტრანსფორმატორების მეშვეობით 1000/5. მეორად მხარეს ტრანსფორმატორს გააჩნია 8 საფეხური, ძაბვებით (318-120) ვ.

დატვირთვა მეორადი ყველა საფეხურისათვის შეადგენს 14600 ა. მეორად მხარეს დენის ძალის გაზომვა სწარმოებს ТНШ-066-3-25000/5 ტიპის დენის ტრანსფორმატორებით. იზომება სამივე ფაზაზე ხაზური და ფაზური დენები. ელექტრული რეჟიმის მართვისას იზომება აქტიური სიმძლავრე სამფაზა ვატმეტრით. იზომება დახარჯული ელექტრული ენერგია, როგორც აქტიური ისე რეაქტიული, სამფაზა მრიცხველის მეშვეობით 2.6, 2.7, 2.8 ცხრილებში მოცემულია ღუმელის ტექნიკოეკონომიური მაჩვენებლები, სხვადასხვა დროს ქარხნის რეკონსტრუქციის შემდეგ.

ტექნიკოეკონომიური მაჩვენებლები (I თვის)

ცხრილი 2.6.

დღეები	წარმადობა დღეში	საერთო ხარჯი	ხვედრითი ხარჯი
	ტ	კვტ-სთ	კვტ-სთ /ტ X10 ³
1	41	78000	1.9
2	32	70000	2.1
3	43	78000	1.8
4	32	66000	2
5	25	38000	1.3
6	13	36000	2.7
7	43	56000	1.3
8	50	64000	1.2
9	26	72000	2.7
10	42	66000	1.5
11	46	72000	1.5
12	47	68000	1.4

13	38	72000	1.8
14	44	64000	1.4
15	31	56000	1.8
16	27	50000	1.8
17	18	36000	2
18	32	66000	2
19	37	56000	1.5
20	30	74000	2.4
21	28	46000	1.6
22	31	58000	1.8
23	30	50000	1.9
24	34	58000	1.7
25	36	68000	1.8
26	15	48000	3.2
27	37	60000	1.5
28	34	60000	1.5
29	38	76000	2

ტექნიკოეკონომიური მაჩვენებლები (II თვის)

ცხრილი 2.7.

დღეები	წარმადობა დღეში	საერთო ხარჯი	ხვედრითი ხარჯი
	ტ	კვტ-სთ	კვტ-სთ /ტ X10 ³
1	38	62000	1.6
2	17	62000	3.6
3	30	68000	2.2
4	34	54000	1.5
5	53	58000	1.0
6	38	62000	1.5
7	46	74000	1.6
8	34	70000	2.5
9	48	60000	1.2
10	30	58000	1.9
11	42	72000	1.7
12	35	72000	2.0
13	34	70000	2.5
14	37	72000	1.9
15	36	64000	1.7

16	36	6400 0	1.7
17	20	6400 0	3.2
18	38	5800 0	1.5
19	29	4800 0	1.6
20	36	6200 0	1.7
21	50	6200 0	1.2
22	7	3200 0	4.5
23	38	5600 0	1.4
24	20	2200 0	1.1
25	55	5600 0	1.0
26	34	6400 0	1.8

ტექნიკოეკონომიკური მაჩვენებლები (III თვე)

ცხრილი 2.8.

დღეები	წარმადობა დღეში	საერთო ხარჯი	ხვედრითი ხარჯი
	ტ	კვტ/სთ	კვტ-სთ /ტ X10 ³
1	-	-	-
2	42	63000	1.5
3	37	72000	1.9
4	29	62000	2.1
5	28	62000	2.1
6	35	72000	2.0
7	25	78000	1.9
8	40	50000	1.2
9	10	49000	4.9
10	30	56000	1.8
11	32	64000	2
12	44	50000	1.1
13	16	34000	2.1
14	28	54000	1.9
15	14	40000	2.8
16	25	42000	1.6
17	20	40000	2
18	17	22000	1.2
19	26	42000	1.4
20	32	52000	1.6
21	-	-	-
22	-	-	-
23	13	40000	3.7
24	27	46000	1.7

25	27	42000	1.7
26	9	40000	4.4
27	20	50000	2.5
28	20	50000	2.5
29	24	52000	2.1
30	12	50000	4.1
31	26	58000	2.2

დასკვნა

1. მეცნიერებისა და ტექნიკის განვითარების თანამედროვე ეტაპზე მეტალურ-გიური აგრეგატები შეიძლება მივიჩნიოთ, როგორც მეცნიერებატევადი პროგრესული ტექნოლოგიური სისტემები, რომელთა საშუალებითაც მიიღება მაღალი სისუფთავისა და ხარისხის ლითონი.

2. მეტალურგიური დანადგარები წარმოადგენენ რთულ ელექტრომექანიკურ სისტემას, რომელთა ცალკეული შემადგენელი ნაწილების სრულყოფაზე და ელექტრული პარამეტრებზე დამოკიდებულია ტექნოლოგიური პროცესების სწორად წარმართვა.

3. რკალური ღუმელების რკალის სიმძლავრის სასურველი რეგულირება მნიშვნელოვნად დამოკიდებულია ელექტრული ღუმელის ელექტროდების გადაადგილების შემსრულებელი მექანიზმის კონსტრუქციაზე, რომელთა არასრულყოფა იწვევს რკალური ღუმელების მუშაობის ტექნიკო-ეკონომიური მაჩვენებლების გაუარესებას.

თავი _ III.

რკალური ელექტრული ღუმელების ტრანსფორმატორის ძაბვის ოპტიმალური რეგულირება

3.1. რკალური ღუმელის ელექტრული პარამეტრების გაანგარიშება და ექსპერიმენტალური გაზომვა

მადანთერმული რკალური ღუმელების სასარგებლო სიმძლავრე წარმოადგენს სიდიდეს, რომელიც უნდა შენარჩუნდეს მოცემულის ტოლად მუდმივად.

ელექტრული ღუმელების სასარგებლო სიმძლავრის მუდმივად შენარჩუნება ხორციელდება ორი საშუალებით: საღუმელო ტრანსფორმატორის ძაბვის საფეხურების გადართვით და რკალის სიგრძის ცვლილებით [11].

რკალური ელექტრული ღუმელების ტრანსფორმატორის ოპტიმალური ძაბვის საფეხურების დასადგენად ქ. ზესტაფონის ფეროშენადნობების ქარხნის ¹¹⁵ ღუმელზე (საექსპერიმენტო ობიექტი) ჩვენს მიერ, პროფესორ პ.თ. მერაბიშვილის ხელმძღვანელობით ჩატარდა რკალური ღუმელის ელექტრული პარამეტრების გაანგარიშება და ექსპერიმენტალური გაზომვა [18].

ქვემოთ მოყვანილია რკალური ღუმელის რეკონსტრუქციამდე შედგება შემდეგი რგოლებისგან: ტრანსფორმატორი, სალტეები, ელექტროდისა და ყბის კ და რეკონსტრუქციის შემდეგ საშუალონახშირბადიანი ფერომანგანუმის ღუმელები-სათვის აქტიური და რეაქტიული წინაღობების ანგარიშის მეთოდიკა. [15,19]

რკალური ღუმელის ელექტრული კონტური ონტაქტი, ელექტროდი[20]. საღუმელო ტრანსფორმატორის, რომლის სიმძლავრე თავდაპირველად 2500 კვა შეადგენდა, საპასპორტო მონაცემებით ფაზის აქტიური წინაღობა ტოლია

$$R_{\delta r} = \frac{P_{a.ა}}{3 \cdot I_6^2} \text{ ომი,} \quad 3.1.$$

სადაც $P_{a.ა}$ - მოკლე შერთვის კარგვები, I_6 -ფაზის ნომინალური დენი.

მოკლე შერთვის ძაბვის აქტიური მდგენელი

$$U_R = I_6 \cdot R_{2\ell} \cdot B \quad 3.2.$$

მოკლე შერთვის სრული ძაბვა

$$U_Z = \frac{U_6}{\sqrt{3}} \cdot \frac{U_{a.ა}}{100} \quad 3.3.$$

სადაც $U_{a.ა}$ -მოკლე შერთვის ძაბვა, % U_6 -ნომინალური ხაზური ძაბვა.

მოკლე შერთვის ძაბვის რეაქტიული მდგენელი

$$U_X = \sqrt{\ell_Z^2 - \ell_R^2} \quad 3.4.$$

ძაბვის პირველი საფეხურისათვის $U_{26} = 178$ ვ რკალური ღუმელის ელექტრულ პარამეტრებს აქვს შემდეგი მნიშვნელობები:

$$R_{\delta r} = 0.1367 \text{ ომი; } X_{\delta r} = 0.55 \text{ მ ომი,}$$

მეხუთე საფეხურისათვის $U_{26} = 89$ ვ გვექნება

$$R_{\delta r} = 0.106 \text{ მ ომი, } X_{\delta r} = 0.632 \text{ მ ომი.}$$

სადუმელო კონტურის მგრძობიარე უზანს მოკლე ქსელი წარმოადგენს. როგორც ნახ 2.1-ზეა ნაჩვენები იგი პირობითად დაყოფილია შვიდ უზნად: ძალური ტრანსფორმატორის მეორადი გრაგნილის დასაწყისიდან დრეკად კაბელებამდე (l_{12}); დრეკადი კაბელები (l_{23}); დრეკადი კაბელებიდან მილების დასაწყისამდე (l_{34}), მილები (l_{45}), მილებიდან ელექტროდზე გადასასვლელი (l_{56}), საკონტაქტო ყბებსა და ელექტროდებს შორის კონტაქტი (l_{67}), ელექტროდის საკონტაქტო ფილებიდან მადანის ზედაპირამდე (l_{78}). ანგარიში ტარდება მოკლე ქსელის შემდეგი უზნებისათვის: $l_{12} = 4100$ მმ; $l_{23} = 300$ მმ; $l_{34} = 1800$ მმ; $l_{45} = 3250$ მმ. პირველი უზანი შეიცავს სალტეების პაკეტებს, რომელთა კვეთია 100×10 მმ², თითოეულ პაკეტში შვიდი სალტეა. თითოეულ ფაზაზე სალტეების საერთო კვეთია 8000 მმ². ასეთივე კვეთი გააჩნიათ დანარჩენ უზნებს.

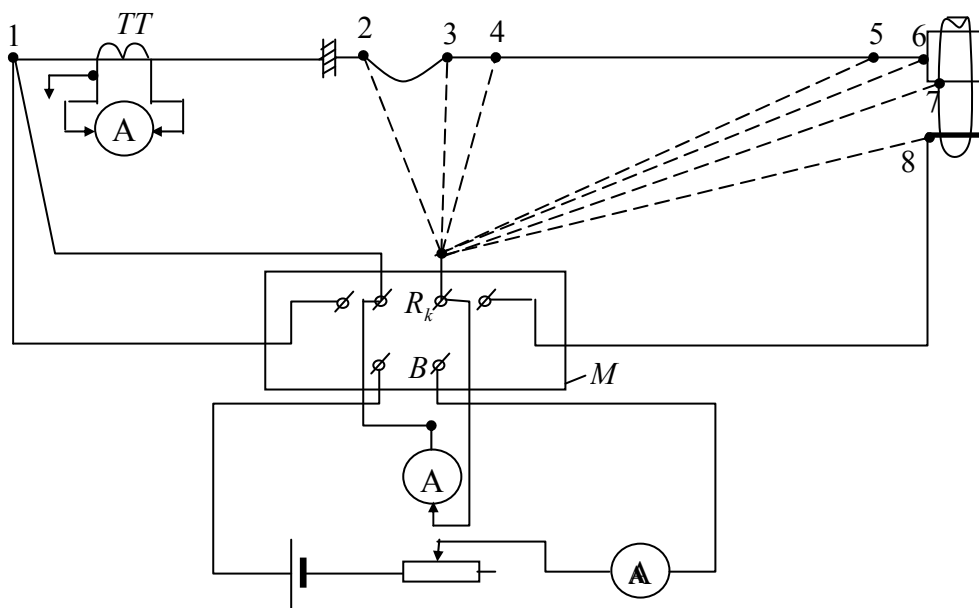
ცნობილი ფორმულით:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} \quad 3.5.$$

ცალკეული უზნებისათვის გვექნება:

$$R_{12} = 8.96 \text{ მკომი}, R_{23} = 6.56 \text{ მკომი} \text{ და } R_{35} = 11.20 \text{ მკომი}$$

ჯამური წინაღობა ტოლია: $R_{15} = 26.74$ მკომი.



ნახ. 3.1. საშუალონახშირბადიანი ფერომანგანუმის სადნობი ელექტრული ღუმელის ომური წინაღობის გაზომვის სქემა

რკალური ღუმელის მუშა ელექტროდის აქტიური წინაღობის განსაზღვრისათვის ვსარგებლობთ შემდეგი გეომეტრიული პარამეტრებით: საკონტაქტო ფილების სიგრძე – 73 სმ, ელექტროდის ფილის ქვეშ აქტიური სიგრძე – 20 სმ, საკონტაქტო ფილების ქვედა ნაპირებიდან მადნის ზედაპირამდე მანძილი – 100 სმ, ელექტროდის საანგარიში სიგრძე – 120 სმ.

ელექტროდის გარსაცმის კვეთს ვსაზღვრავთ ფორმულით.

$$S_{\text{გარსაცმ.}} = \pi d \delta \text{ მმ}^2$$

სადაც d - ელექტროდის დიამეტრია

δ - რკინის სისქე

ელექტროდის გარსაცმის შიგნით 120 მმ – იანი სისქის 5 კიდური გააჩნია,

რომელთა კვეთი განისაზღვრება ფორმულით:

$$S_{\text{კიდ.}} = \delta \cdot n \cdot d \text{ მმ}^2$$

სადაც n - კიდურების რაოდენობაა,

d - კიდურების სიგანე;

ელექტროდის რკინის საერთო კვეთი

$$S_{\text{რკინ.}} = S_{\text{გარსაცმ.}} + S_{\text{კიდ.}} \text{ მმ}^2$$

ელექტროდის კვეთი

$$S_{\text{ელექტ.}} = \frac{\pi d^2}{4} \text{ მმ}^2$$

რკალური ღუმელის ელექტროდის საერთო წინაღობის განსაზღვრისათვის ვსარგებლობთ შემდეგი პარამეტრებით: რკინის კუთრი წინაღობა $\rho_{\text{რკინ.}} = 0.1 \text{ მკომი.მ}$, ტემპერატურული კოეფიციენტი $\alpha = 0.007$ ელექტროდის მასის კუთრი წინაღობა 1400 - 1500°C ტემპერატურაზე დაახლოებით შეადგენს 30 მკომი.მ, ხოლო 300 - 400°C ტემპერატურაზე – 80. საკონტაქტო ფილების ქვეშ ელექტროდს გააჩნია ორი ზოლი: ვღებულობთ 30 სმ სიგრძის ზედა ზოლს, 20 სმ სიგრძის ქვედა ზოლს. ზედა ზოლის საშუალო ტემპერატურა შეადგენს 400° C, ქვედა ზოლის - 1000°C.

გარსაცმის პირველი ზოლის კუთრი წინაღობა

$$\rho_{400} = \rho_{\text{რკინ.}} (1 + \alpha \cdot 400) \text{ მკომი. მ}$$

ამ ზოლის სრული წინაღობა ტოლია:

$$R_{\text{რკინ.}} = \rho_{400} \cdot \frac{\ell_1}{S_{\text{რკინ.}}} \text{ ომი}$$

სადაც ℓ_1 - პირველი ზოლის სიგრძეა

S_{σ_3} - ელექტროდის რკინის საერთო კვეთი.

ამ ზოლის ელექტროდის მასის წინაღობა

$$R_{1\text{ელ.მ.}} = \rho_{1\text{ელ.მ.}} \cdot \frac{\ell_1}{S_{\text{ელ}}} \text{ ომი}$$

სადაც $\ell_{1\text{ელ.მ.}}$ - 400°C-ზე პირველ ზოლში ელექტროდის მასის კუთრი წინაღობაა.

$S_{\text{ელ}}$ - ელექტროდის კვეთი.

ელექტროდის პირველი ზოლის საერთო წინაღობა მეორე ზოლისათვის

$$\rho_{1000} = \rho_{21\sigma_3} (1 + \alpha \cdot 1000) \text{ მკომი . მ.}$$

დამატებით ვითვალისწინებთ, რომ რკინა მეორე ზოლში ხურდება 50%-ით, მაშინ ამ ზოლის გარსაცმის წინაღობა

$$R_{2\sigma_3} = \rho_{1000} \cdot \frac{\ell_2}{0.5 \cdot S_{\sigma_3}} \text{ ომი}$$

სადაც ℓ_2 - მეორე ზოლის სიგრძე.

ამ ზოლის ელექტროდის მასის წინაღობა

$$R_{2\text{ელ.მ.}} = \rho_{2\text{ელ.მ.}} \cdot \frac{\ell_2}{S_{\text{ელ}}} \text{ ომი,}$$

სადაც $\ell_{2\text{ელ.მ.}}$ - 1000°C-ზე მეორე ზოლში ელექტროდის მასის კუთრი წინაღობაა.

ელექტროდის მეორე ზოლის საერთო წინაღობა

$$R_2 = \frac{R_{2\sigma_3} \cdot R_{2\text{ელ.მ.}}}{R_{2\sigma_3} + R_{2\text{ელ.მ.}}}$$

თითოეულ ფაზაზე მთელი ელექტროდის საერთო აქტიური წინაღობა შეადგენს

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n \text{ ომი}$$

რადგანაც ღუმელის ელექტროდები სიმეტრიულად არიან განლაგებული

ტოლგვერდა სამკუთხედის წვეროებზე ამიტომ ყველა ფაზის ინდუქციურობა ერთნაირია.

ელექტროდის ინდუქციურობა განისაზღვრება ფორმულით:

$$L = \ell \left(2 \ln \frac{D}{R} + 0.5 \right) \cdot 10^{-9} \text{ ჰნ}$$

სადაც L - ერთი ფაზის ინდუქციურობა, ჰნ;

ℓ - ელექტროდის მუშა სიგრძე, სმ;

D - ელექტროდის ღერძებს შორის მანძილი, სმ;

R - ელექტროდების რადიუსი, სმ.

მუშა ნაწილის ინდუქციური წინაღობა განისაზღვრება ფორმულით:

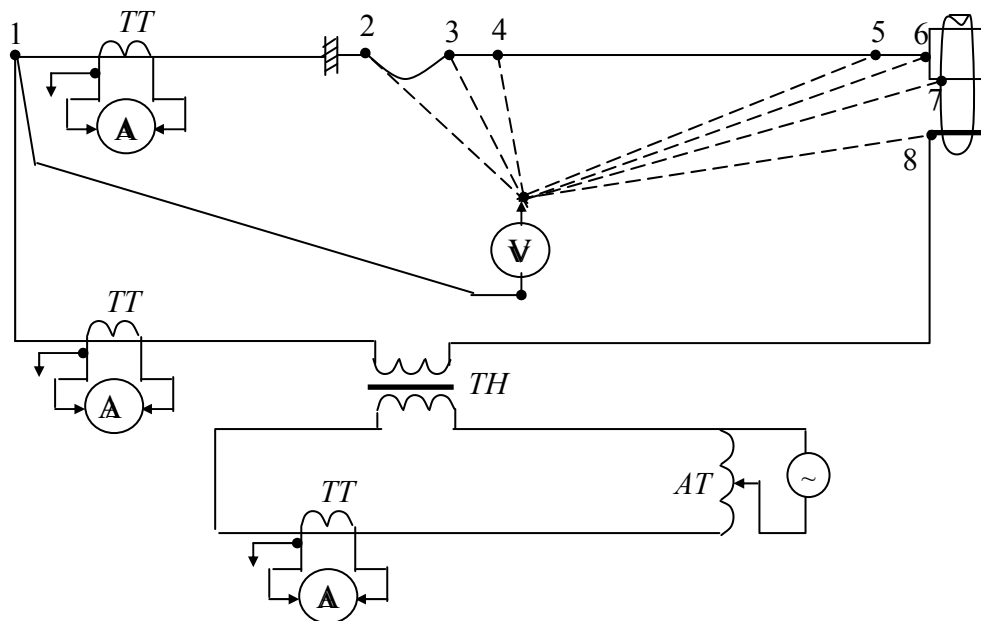
$$X = \omega L = 2\pi \cdot f \cdot L$$

ანგარიშის შედეგად ვღებულობთ:

$$R = 0.1496 \text{ მ.ომი};$$

$$X = 0.0211 \text{ მ.ომი}$$

ექსპერიმენტები მოკლე ქსელის ელექტრული პარამეტრების განსაზღვრისათვის ღუმელის გაცივებულ მდგომარეობაში ყოფნისას იქნა ჩატარებული. ამ პირობებში მოკლე ქსელის ომური წინაღობა გაზომილ იქნა ნახ. 2.2 -ზე მოცემული სქემით YII ტიპის ორმაგი ბოგირით. გაზომვები ჩატარდა თითოეული ფაზისათვის ცალ-ცალკე. მოკლე ქსელის ინდუქციური წინაღობა განისაზღვრება ნახ. 2.2.-ზე ნაჩვენები სქემით.



ნახ. 2.2. საშუალონახშირბადიანი ფერომანგანუმის ღუმელის პარამეტრების გაზომვის პრინციპიალური სქემა, ხელოვნური დატვირთვისა და ღუმელის გაცივებული მდგომარეობის დროს.

იგი შეიცავს შემდეგ გამზომ ხელსაწყოებს:

1. სპეციალური დამტვირთავი ტრანსფორმატორი 220 ვ. პირველადი ძაბვითა და 2000 ა მეორადი დენით.

2. MTT-1.5/5 ტიპის დენის ტრანსფორმატორი, $U_6 = 0.5$ კვ; სიზუსტის კლასი – 0,2;

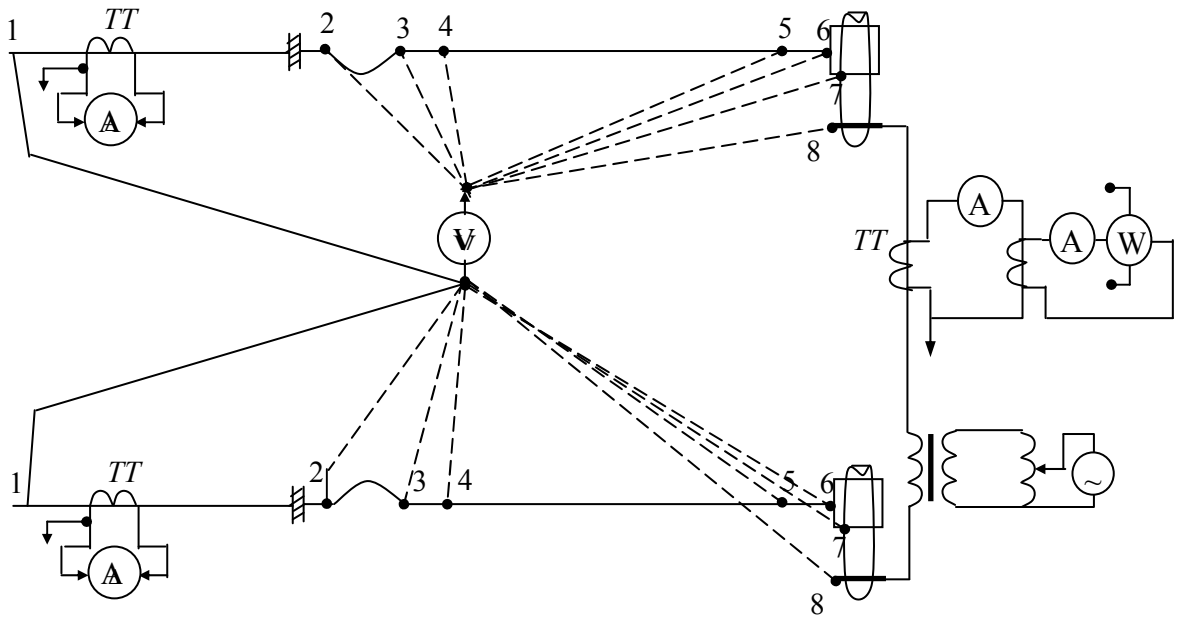
3. YTT-66 1200/5 ტიპის დენის ტრანსფორმატორი, $U_6 = 0.5$ კვ; სიზუსტის კლასი – 0,2;

4. ასტატიკური ვოლტმეტრი, უბანზე ძაბვის ვარდნის გასაზომად.

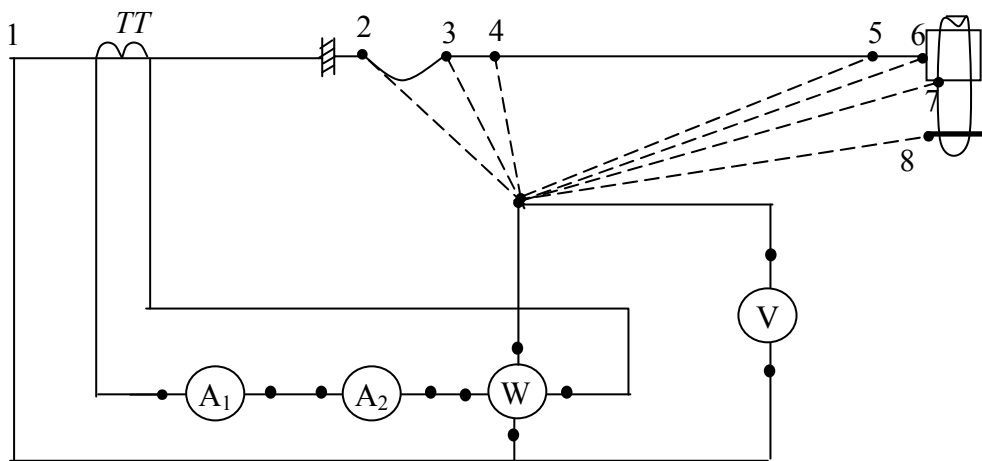
თითოეული უბნის სრული წინაღობა განისაზღვრება ამპერმეტრისა და ვოლტმეტრის ჩვენებებით. აქტიური წინაღობა აღებული იქნა იგივე რაც გაზომილი იყო ორმაგი ბოგირით. ინდუქციური წინაღობა განისაზღვრება ფორმულით $X = \sqrt{Z^2 - R^2}$. მიღებული გაზომვის შედეგები შემოწმდა მარყუჟის მეთოდით. 3.3. ნახაზზე ნაჩვენებია გაზომვის სქემა.

ელექტრული პარამეტრების განსაზღვრა მოხდა რკალური ელექტრული ღუმელის მუშა რეჟიმის დროსაც. ექსპერიმენტი ჩატარდა გაცილებით რთულ პირობებში, ვიდრე ღუმელის ცივ მდგომარეობაში ყოფნისას. მთავარ სირთულეს წარმოადგენდა ის, რომ ხშირი მოკლე ჩართვების გამო, განსაკუთრებით ღუმელის გაშვებისას, გაძნელდა საზომ ხელსაწყოებზე ელექტრული პარამეტრების მოქმედი მნიშვნელობების ფიქსაცია. ნახ. 3.4. მოცემულია მუშა რეჟიმში გაზომვის პრინციპი-პიალური ელექტრული სქემა. გამოყენებული მეთოდის თავისებურებას წარმოადგენს ის რომ ერთდროულად იზომება დენი, ძაბვა და სიმძლავრე. ფაზების დენი გაზომილ იქნა პულტიანი ხელსაწყოთი დაბალი მხრიდან და შემოწმდა ასტატიკური ამპერმეტრით. ძაბვაც გაზომილ იქნა ასტატიკური ვოლტმეტრით უბან-უბან, ძალური ტრანსფორმატორის გამოსასვლელიდან ელექტროდის ბოლომდე. ამისათვის გამოყენებული იქნა სპეციალური დამაგრძელებელიანი კონტაქტი. აქტიური სიმძლავრის კარგვები უბან-უბან გაზომილ იქნა სპეციალური ვატმეტრებით.

საზომ ხელსაწყოებზე ჩვენებების აღება განხორციელდა რაფინირების პროცესში, რომელსაც შეესაბამება რკალური ელექტრული ღუმელის მუშაობის წყნარი რეჟიმი.



ნახ. 3.3. საშუალონახშირბადიანი ფერომანგანუმის სადნობი ღუმელის პარამეტრების გაზომვის პრინციპიული სქემა მარყუჟის მეთოდით, ხელოვნური დატვირთვისა და გაცივებული ღუმელის პირობებში



ნახ. 3.4. საშუალონახშირბადიანი ფერომანგანუმის ღუმელის პარამეტრების გაზომვის პრინციპიული სქემა მუშა რეჟიმში

მაზის საფეხურების განსაზღვრისათვის ღუმელის პარამეტრები რჩება მუდმივი. ცხრილში 3.1. მოცემულია სალტეების აქტიური და რეაქტიული წინაღობების საშუალო მნიშვნელობები, ხოლო ცხრილებში 3.2., 3.3 მთელი რკალური ელექტრული ღუმელის კონტურის საშუალო პარამეტრები.

ცხრილი 3.1.

უბნები	წინაღობა	
	აქტიური	რეაქტიული
	მ ომი	მ ომი
1-2 ტრანსფორმატორის გრაგნილებიდან დრეკადი კაბელების დასაწყისამდე	0.134	0.170
2-3 დრეკადი კაბელების დასაწყისიდან ბოლომდე	0.115	0.235
3-4 დრეკადი კაბელების ბოლოებიდან მილების დასაწყისამდე	0.115	0.178
4-5 მილების დასაწყისიდან ბოლოებამდე	0.092	0.360
5-6 მილების ბოლოებიდან საკონტაქტო ფილებამდე	0.154	0.437
6-7 საკონტაქტო ფილებიდან ელექტროდებამდე ფილებთან.	-	0.130
ჯამი	0.610	1.510

ცხრილი 3.2.

უბნები	წინაღობა	
	აქტიური	რეაქტიული
	მ ომი	მ ომი
ტრანსფორმატორი	0.14	0.55
გარსაცმი	0.61	1.51
კონტაქტი ფილა – ელექტროდი	0.4	0
ელექტროდი	0.3	0.3
ჯამი	1.45	2.36

ცხრილი 3.3.

უბნები	წინაღობა	
	აქტიური	რეაქტიული
	მ ომი	მ ომი
ტრანსფორმატორი	0.11	0.63
გარსაცმი	0.61	1.50
კონტაქტი ფილა – ელექტროდი	0.40	0
ელექტროდი	0.30	0.30
ჯამი	1.42	2.43

რკალური ელექტრული ღუმელის რეკონსტრუქციის შემდეგ გაიზარდა საღუმელო ტრანსფორმატორის სიმძლავრე 2500 კვა-დან 8000 კვა-მდე. შეიცვალა ელექტრული ღუმელის აბაზანის გეომეტრიული ზომები, მოკლე ქსელის ელექტრული პარამეტრები. ღუმელის ელექტრულ პარამეტრებს ვანგარიშობთ ზემოთ მოყვანილი მეთოდის გამოყენებით, რის შედეგადაც ვღებულობთ [6,9]:

ტრანსფორმატორის აქტიური წინაღობა - $R_{ტრ} = 0.121 \cdot 10^3$ ომი.

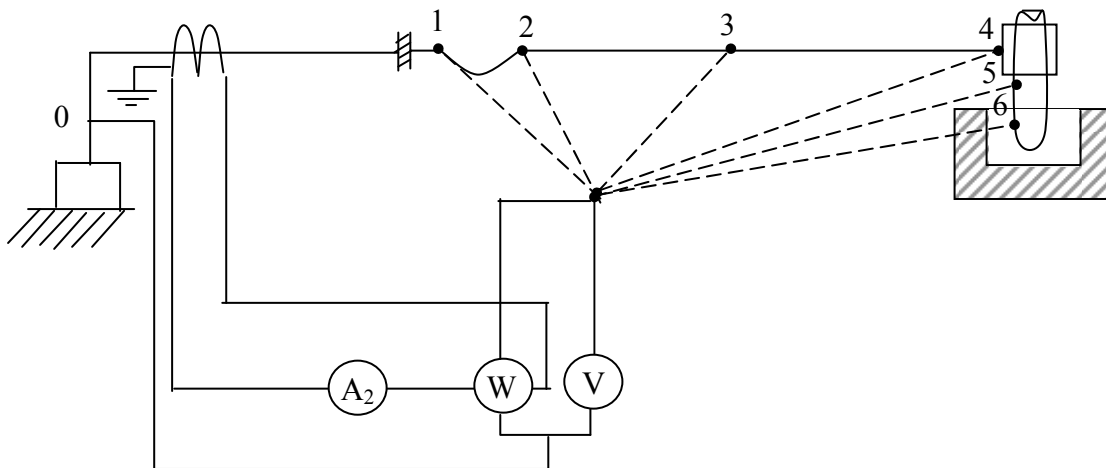
მოკლედ შერთვის ძაბვის აქტიური შემდგენი - $U_R = 1.76$ ვ.

როცა მოკლედ შერთვის ძაბვა $U_{ა.ა} = 14.05$, მოკლედ შერთვის ძაბვის სრული შემდგენი - $U_z = 24.93$ ვ.

მოკლედ შერთვის ძაბვის რეაქტიული შემდგენი - $U_x = 24.83$ ვ.

ტრანსფორმატორის რეაქტიული წინაღობა - $X_{ტრ} = 1.7 \cdot 10^3$ ომი.

რკალური ღუმელის მოკლე ქსელის ელექტრული პარამეტრები განსაზღვრულ იქნა ექსპერიმენტალურად ზემოთ მოყვანილი მეთოდით. ამ შემთხვევაში მთელი მოკლე ქსელი პირობითად დავყავით 6 უბნად: (0-1) ტრანსფორმატორის მეორადი მხრიდან მოქნილი კაბელის დასაწყისამდე, (0-2) ტრანსფორმატორიდან მოქნილი კაბელის ბოლომდე. (0-3) ტრანსფორმატორის სალტეების შუა წერტილი. (0-4) – საკონტაქტო ყბა. (0-5) საკონტაქტო ყბის ძირი – ელექტროდი, (0-6) – ელექტროდის ძირი კაზმამდე. ნახ 3.5. მოცემულია საღუმელო აგრეგატის მოკლე ქსელის ელექტრული პარამეტრების გაზომვის სქემა.



ნახ. 3.5. რკალური ელექტრული ღუმელის მოკლე ქსელის ელექტრული პარამეტრების გაზომვის სქემა

გაზომვის მონაცემების მიხედვით, განისაზღვრება:

უბნის სრული წინაღობა

$$Z_{ა.ა} = \frac{U_{ა.ა}}{I_2} \quad 3.6$$

უბნის აქტიური წინაღობა

$$R_{ა.ა} = \frac{P_{ა.ა}}{I_2^2} \quad 3.7$$

რეაქტიული წინაღობა განისაზღვრება ფორმულით

$$X_{ა.ქ.} = \sqrt{Z_{ა.ქ.}^2 - R_{ა.ქ.}^2} \quad 3.8$$

გაზომილი სიდიდეების სიზუსტისათვის, გაზომვებს ვაწარმოებთ თითოეული ფაზისათვის რამდენიმეჯერ. 3.4. ცხრილში მოცემულია საღუმელო აგრეგატის მოკლე შერთვის პარამეტრების გაზომვისა და ანგარიშის შედეგები.

ცხრილი 3.4.

უბანი	U	I	P	$Z_{ა.ქ.}$	$R_{ა.ქ.}$	$X_{ა.ქ.}$
	ვ	ა	ვტ	მ.ომი	მ.ომი	მ.ომი
0-1	-	-	-	-	-	-
0-2	7.0	10500	25000	0.666	0.266	0.634
0-3	16.0	10000	37500	1.600	0.375	1.555
0-4	17.4	10000	50000	1.740	0.500	1.666
0-5	18.0	10000	62500	1.800	0.625	1.655
0-6	20.8	10000	7500	2.800	0.750	2.525

მოკლე ქსელის აქტიური წინაღობა

$$R_{ა.ქ.} = R_{02} + R_{23} + R_{34} + R_{45} + R_{56} \quad 3.9$$

მოკლე ქსელის რეაქტიული წინაღობა

$$X_{ა.ქ.} = X_{02} + X_{23} + X_{34} + X_{45} + X_{56} \quad 3.10$$

3.9 და 3.10 ფორმულებისა და მოკლე ქსელის პარამეტრების მიხედვით ვადგენთ:

$$R_{ა.ქ.} = 0.750 \cdot 10^{-3} \text{ ომი}$$

$$X_{ა.ქ.} = 1.7 \cdot 10^{-3} \text{ ომი}$$

საბოლოოდ ვღებულობთ:

$$R_{\text{ჯ}} = R_{\text{ტრ}} + R_{ა.ქ.} = 0.121 + 0.750 = 0.870 \cdot 10^{-3} \text{ ომი.}$$

$$X_{\text{ჯ}} = X_{\text{ტრ}} + X_{ა.ქ.} = 4.4 \cdot 10^{-3} \text{ ომი}$$

ცხრილი 3.5.

უბანი	აქტიური	რეაქტიული
-------	---------	-----------

	წინაღობა	წინაღობა
1. ტრანსფორმატორი	0.121	1.7
2. სალტები	0.5	1.666
3. ელექტროდისა და ყბის კონტაქტი	0.125	0.022
4. ელექტროდი	0.125	1.101
ჯამი:	0.870	4.4

3.5 ცხრილში მოცემულია სალუმელო აგრეგატის ჯამური ელექტრული პარამეტრები.

3.2. რკალური ღუმელის ელექტრული მახასიათებლები

რკალური ღუმელის ელექტრული მახასიათებლების ასაგებად ვიყენებთ ჩვენს მიერ დადგენილ ღუმელის ელექტრულ პარამეტრებს და ვიყენებთ ანგარიშის შემდეგ მეთოდს [22,25].

ელექტრული ღუმელის კონტურის საერთო წინაღობა

$$Z = \frac{U_{\text{წ}}}{I_{\text{წ}}}$$

სადაც $I_{\text{წ}}$ - ელექტროდის ნორმალური დენია.

ღუმელის სრული სიმძლავრე

$$S = \sqrt{3}U_{\text{ბ2}} \cdot I_{\text{წ}}$$

ღუმელის აქტიური სიმძლავრე

$$P_s = S \cos \varphi \quad \text{კვტ} \quad 3.11$$

ელექტრული კარგვების სიმძლავრე

$$\tau_s = 3I_{\text{წ}}^2 \cdot R_{\text{ბქ}} \quad 3.12$$

ღუმელის სასარგებლო სიმძლავრე

$$P_b = P_s - P_{\text{კ}} \quad 3.13$$

მარგი ქმედების კოეფიციენტი

$$\eta = \frac{P_b}{P_s} \quad 3.14$$

სასარგებლო ფაზური ძაბვა

$$U_{\text{სგ}} = \frac{\tau_{\text{ს}}}{3I_{\text{ფ}}} \quad 3.15$$

ძაბვის პირველი საფეხურისათვის: $U_{b2} = 318$ ვ; ომი; $U_{\text{სგ}} = 158,9$ ვ; $\mu = 0,926$;
 $\cos \varphi = 0,936$; $P_s = 7518$ კვტ; $P_{\text{ჯ}} = 556,34$ კვტ; $P_b = 6962$ კვტ;

ძაბვის მეორე საფეხურისათვის: $U_{b2} = 270$ ვ; ომი; $U_{\text{სგ}} = 128,973$ ვ; $\mu = 0,91$;
 $\cos \varphi = 0,936$; $P_s = 6205,83$ კვტ; $P_{\text{ჯ}} = 556,35$ კვტ; $P_b = 5949$ კვტ;

ძაბვის დანარჩენი საფეხურებისათვის ანგარიშის შედეგები შეტანილია ცხრილებში 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10, 3.11.

ცხრილი 3.6

$U_{b2} = 234$ (ვ)

I	Z	$\sin \varphi$	$\cos \varphi$	R	$R_{\text{სბ}}$	S	P_s	$P_{\text{ჯ}}$	P_b	η	
კა	მომი	-	-	მომი	მომი	კვა	კვტ	კვტ	კვტ	-	
5	26.24	0.1676	0.986	25.87	25.0	2024	1995	65.25	1929.7	0.9672	10
	13.18	0.3340	0.9425	12.42	11.55	3042	2872	261.0	2211	0.7635	15
	8.78	0.5011	0.8653	7.49	6.72	3766	3198.7	287.2	2611.5	0.8164	20
	6.6	0.6666	0.6590	4.35	3.48	8096	5372	1044	4298	0.8	25
	5.27	0.8349	0.5672	2.30	1.43	10120	5759	1631.24	4127.8	0.7167	
	27.15	4.85	0.9072	0.4196	2.04	1.17	10990	4625	6133	0	

ცხრილი 3.7

$U_{b2} = 207$ (ვ)

I	Z	$\sin \varphi$	$\cos \varphi$	R	$R_{\text{სბ}}$	S	P_s	$P_{\text{ჯ}}$	P_b	η	
კა	მომი	-	-	მომი	მომი	კვა	კვტ	კვტ	კვტ	-	
24	0.1833	0.98	23.5	22.63	1790.5	1754	65.25	1688		10	5
12	0.3666	0.9304	11.16	10.29	3581	3331	261.0	3070.0		15	8
	0.555	0.8355	6.68	5.81	5371.5	4487	587.2	3899.8		20	6
	0.7333	0.6744	4.08	3.3	7162.0	4866	1044	3822		25.5	4.8
	0.9166	0.2756	1.32	0.45	8952.5	2479.6	1632.2	848.1		26.75	4.48
	0.9821	0.1765	0.89	0	9580	1690.8	1691	0			

ცხრილი 3.8

$U_{b2} = 184$ (ვ)

I	Z	$\sin \varphi$	$\cos \varphi$	R	R_{Σ}	S	P_s	P_j	P_b	η
კა	მომი	-	-	მომი	მომი	კვა	კვტ	კვტ	კვტ	-
21.26	0.2031	0.9793	20.86	20.0	1591.5	1545.5	65.25	1479.75		5
10	10.63	0.4133	0.9088	9.66	8.79	3183	2892.7	261.0	2631.7	
15	7.08	0.6214	0.7826	5.54	4.67	4774.5	3689.5	587.2	31.02.3	
20	5.31	0.8286	0.5446	2.28	2.01	6636	5497.6	1044	4453.6	
23.7	4.47	0.9839	0.1794	0.81	0	7543	7420.4	1631.2		

ცხრილი 3.9

$U_{b2} = 156$ (ვ)

I	Z	$\sin \varphi$	$\cos \varphi$	R	R_{Σ}	S	P_s	P_j	P_b	η
კა	მომი	-	-	მომი	მომი	კვა	კვტ	კვტ	კვტ	-
18.2	0.2417	0.9659	17.57	16.7	1349.4	1303.3	65.25	1238		5
9.01	0.4883	0.8675	7.81	6.94	2698	2350.4	261.0	2089.4		10
6.06	0.7244	0.6884	4.17	3.3	4047	2785.9	587.2	2198.7		15
4.48	0.9821	0.1765	0.79	0	5425	957.5	1212	-254.5		20.1

ცხრილი 3.10

$U_{b2} = 135$ (ვ)

I	Z	$\sin \varphi$	$\cos \varphi$	R	R_{Σ}	S	P_s	P_j	P_b	η
კა	მომი	-	-	მომი	მომი	კვა	კვტ	კვტ	კვტ	-
15.6	0.2820	0.9596	14.96	14.09	1167.5	1120.3	65.25	1065.0		5
7.8	0.5641	0.8258	6.46	5.59	2335	1928.2	261.0	1667.0		10
5.2	0.8615	0.5075	2.93	2.06	3502.5	1777.5	587.2	1190.2		15
4.48	0.9821	0.1914	1.68	0.81	4063	777.6	790.2	12.6		17.4

ცხრილი 3.11

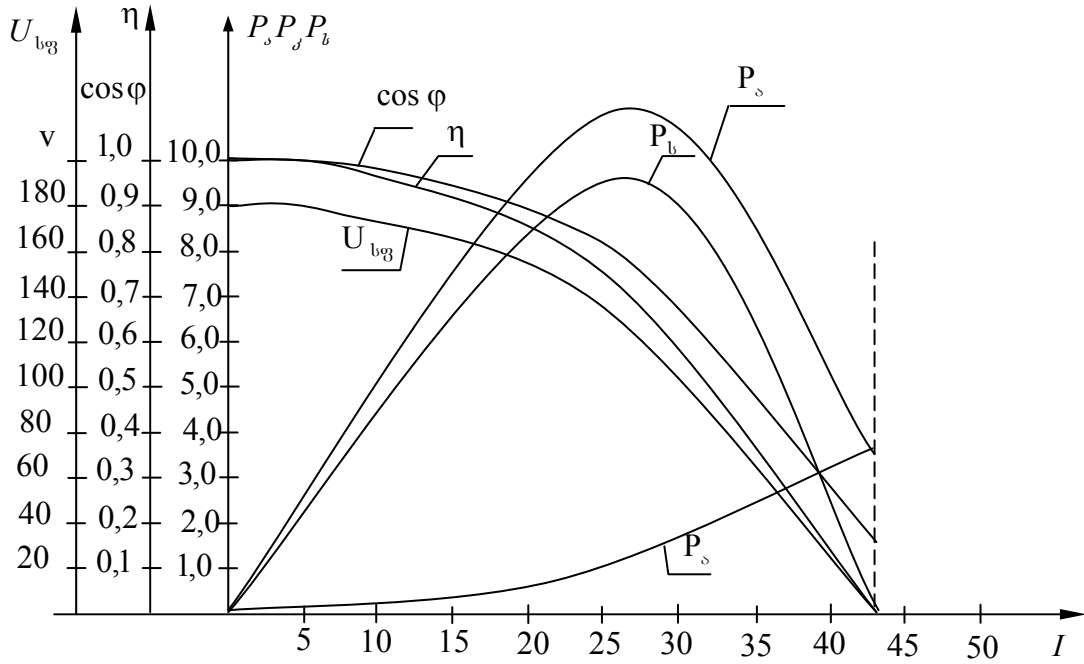
$U_{b2} = 120$ (ვ)

I	Z	$\sin \varphi$	$\cos \varphi$	R	R_{Σ}	S	P_s	P_j	P_b	η
კა	მომი	-	-	მომი	მომი	კვა	კვტ	კვტ	კვტ	-
15.6	0.2820	0.9596	14.96	14.09	1167.5					5
7.8	0.5641	0.8258	6.46	5.59	2335					10
5.2	0.8615	0.5075	2.93	2.06						15
4.48	0.9821	0.1914	1.68	0.81						17.4

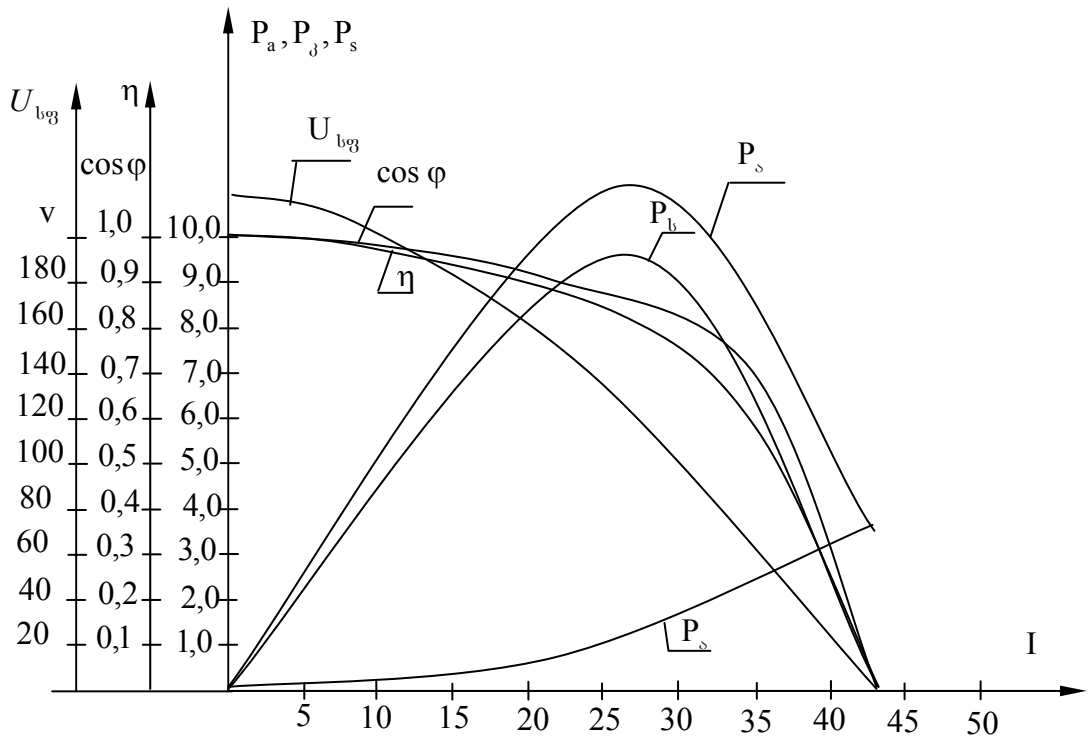
მიღებული შედეგების საფუძველზე აგებული იქნა რკალური ელექტროდუმელის ელექტრული მახასიათებლები, რომლებიც ნაჩვენებია 3.6 და 3.7 ნახაზებზე.

მიღებული მახასიათებლების ანალიზი გვიჩვენებს რომ რკალური ელექტრული დუმელის მუშაობის ოპტიმალურ რეჟიმებს შეესაბამება ძაბვის პირველი და მეორე

საფეხურები, ძაბვების დიაპაზონით – (318 - 270) ვ, რაც განპირობებულია მაღალი მარგი ქმედების კოეფიციენტით.



ნახ. 3.6. ელექტრული ღუმელის ელექტრული მახასიათებლები ძაბვის პირველი საფეხურისათვის $U_{b2} = 318$ ვ.



ნახ. 3.7. ელექტრული ღუმელის ელექტრული მახასიათებლები ძაბვის მეორე საფეხურისათვის $U_{b2} = 270$ ვ.

3.3. მადანთერმული რკალური ღუმელების კვლევა,

როგორც რეგულირების ობიექტი

მადანთერმული რკალური ღუმელების ავტომატიზაციის მიმართულებების განსაზღვრისათვის აუცილებელია ის დავახასიათოთ, როგორც რეგულირების ობიექტი. უნდა დავადგინოთ რკალური ელექტრული ღუმელის მუშაობის ტექნიკო-ეკონომიკური მაჩვენებლების ცვლილების მიზეზები, გამოვყოთ პროცესებზე მოქმედი ძირითადი ზემოქმედებები და შევაფასოთ ღუმელის პროცესების სტაბილურობისა და წარმადობის ამაღლების ორგანიზაციულ - ტექნიკური ღონისძიებები [11].

მადანთერმული რკალური ღუმელების სითბოს წყაროს ელექტრული რკალი წარმოადგენს, რომელშიც შედარებით მაღალი დენისა და დაბალი ძაბვის პირობებში გამოიყოფა დიდი სიმძლავრე. ღუმელის რკალის ძაბვის საანგარიშოდ გამოიყენება შემდეგი ფორმულა[26]:

$$U_{rკ} = \alpha + \beta_{საშ} \cdot l_{rკ} \quad 3.67$$

სადაც α -ანოდზე და კათოდზე ძაბვის ვარდნების ჯამია, რომელიც ელექტროდის მასალაზეა დამოკიდებული;

$l_{rკ}$ - რკალური განმუხტვის სიგრძეა;

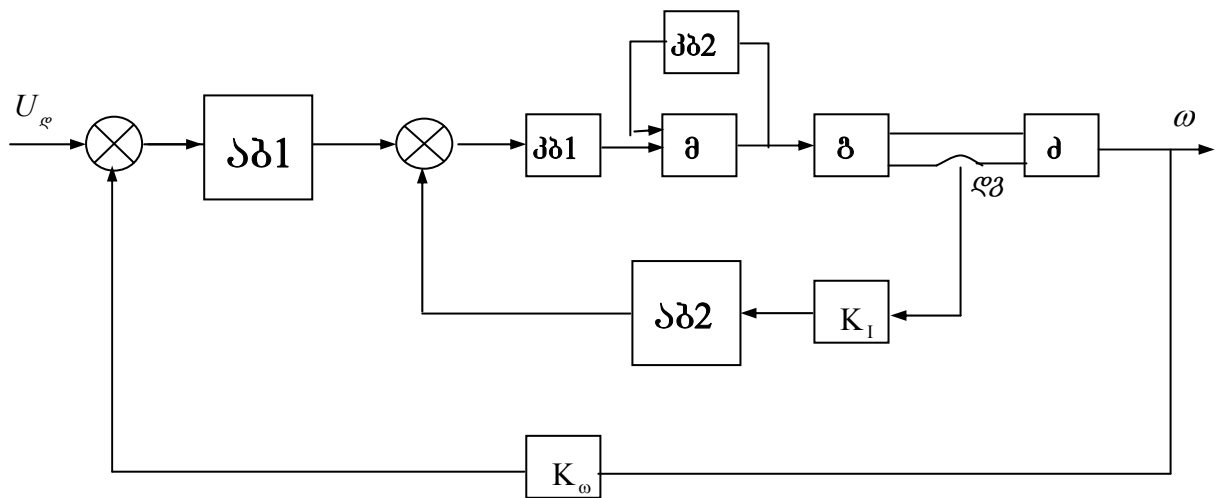
$\beta_{საშ}$ - რკალის გასწვრივ ველის საშუალო დამაბულობაა, რომელიც რკალის ტემპერატურაზეა დამოკიდებული.

ღუმელის რკალის სიგრძის გაზრდით ძაბვა ფაზურ მნიშვნელობებამდე იზრდება, ხოლო დენის ძალა მოკლე შერთვის დენიდან ნულამდე მცირდება, რასაც შეესაბამება რკალის წყვეტა. რამდენადაც, რკალის სიგრძის ცვლილებას შეესაბამება რკალში გამოყოფილი სიმძლავრის ცვლილება იმდენად ელექტრული მადანთერმული რკალური ღუმელის ელექტრული რეჟიმების ავტომატური რეგულირების ამოცანა მდგომარეობს მოცემული დირექტიული გრაფიკის ან მიყვანილი სიმძლავრის შენარჩუნება.

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული ელექტრომადანთერმული ღუმელის სასარგებლო სიმძლავრის მოცემულის ტოლად მუდმივად შენარჩუნებას შეიძლება მივაღწიოთ რკალის სიგრძის ცვლილებით. ამასთან დაკავშირებით

სარეგულირებელი პარამეტრის შერჩევა დიდმნიშვნელოვნად განსაზღვრავს რკალის სიგრძის რეგულირების ხარისხს. ფოლადსადნობი რკალური ღუმელების ელექტრული რეჟიმების რეგულირებისათვის გამოიყენებენ დიფერენციალურ სქემას, რომლის დროსაც რეგულირება ხორციელდება ელექტრული ღუმელის რკალის დენის და ძაბვის პროპორციული სიგნალების სხვაობით[13]. რკალის სიმძლავრის რეგულირების დიფერენციალური სქემა უზრუნველყოფს, რკალის ავტომატურ ანთებას და ღუმელის გამორთვისას ელექტროდების უძრავ მდგომარეობას, ცალკეულ ფაზებს შორის ამცირებს დატვირთვის არათანაბარ განაწილებას.

რკალის სიგრძის და შესაბამისად სიმძლავრის რეგულირება მნიშვნელოვანწილად დამოკიდებულია ელექტროდების გადაადგილების მართვის ავტომატური რეგულირების სისტემებზე. შედარებით დიდი გამოყენება ჰპოვა რკალის სიმძლავრის რეგულირების სისტემამ ერთი საერთო ამჯამავი გამაძლიერებლით, რომლის სტრუქტურულ სქემას ნახ. 3.8 – ზე ნაჩვენები სახე აქვს[27].



ნახ. 3.8.

ნახ. 3.8 რკალის სიმძლავრის რეგულირების სისტემა ერთი საერთო ამჯამავი

გამაძლიერებლით, სადაც:

$U_{გ}$ - დავალების სიგნალი;

აბ1; აბ2 – არაწრფივი ბლოკი;

კბ1; კბ2 - კორექციის ბლოკი;

მ – მაძლიერებელი;

გ - გარდამსახი;

K_I - დენური უკუკავშირის კოეფიციენტი;

K_{ω} - სიჩქარის უკუკავშირის კოეფიციენტი;

დგ – დენის გარდამსახი

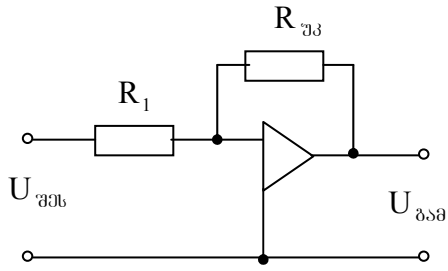
ძ – ელექტრული ძრავი;

ω - ძრავის კუთხური სიჩქარე.

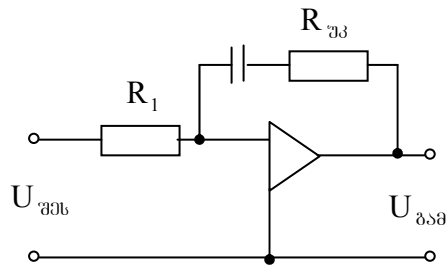
რკალის სიმძლავრის რეგულირების სისტემაში გამოყენებულია სიჩქარის ხისტი უარყოფითი უკუკავშირი დენური მოკვეთით და ხისტი უარყოფითი დენური უკუკავშირი არამგრძნობიარობის ზონის მოკვეთით. ასეთი რეგულირების სისტემების უპირატესობას წარმოადგენს ერთი ამჯამავი მადლიერებლის „მ“ არსებობა, რომლის შესასვლელზე მიეწოდება დავალების და ყველა ხისტი და მოქნილი უკუკავშირების სიგნალების ალგებრული ჯამი. გამაძლიერებლის გამოსავლელი სიგნალი ერთდროულად დამოკიდებულია რამოდენიმე ცვლადზე, რაც პრაქტიკულად შეუძლებელს ხდის ერთი რომელიმე ცვლადის რეგულირებას სხვაზე დამოუკიდებლად. უკუკავშირების მოქმედებების განცალკავებისათვის გამოყენებულია მოკვეთები – არაწრფივი ბლოკები აბ1 და აბ2. მიუხედავად ამისა ერთადერთი მოცემული სიგნალი ვერ განსაზღვრავს ცვლადის რეგულირებისათვის არჩეულ მოცემულ მნიშვნელობას. რკალის სიმძლავრის რეგულირების სისტემებში მოთხოვნილი დინამიური თვისებები ჩვეულებრივ მიიღწევა რთული მაკორექტირებელი მოწყობილობების გამოყენებით კბ1, კბ2; საბოლოოდ ჯამში ასეთ სისტემებში რომ მივიღოთ მაღალი ან ოპტიმალური ხარისხი რეგულირების, საკმაოდ გაძნელებულია და ზოგიერთ შემთხვევაში შეუძლებელია.

მცირეგაბარიტიანმა და შედარებით იაფმა ნახევარგამტარული, ინტეგრალური ოპერაციული გამაძლიერებლების და ტირისტორული-გარდამსახების გამოჩენამ შესაძლებელი გახდა შექმნილიყო მიმდევრობითი კორექციის დაქვემდებარებული რეგულირების სისტემები, რომლებშიაც გამოყენებულია n მიმდევრობით ამჯამავი მადლიერებლები.

რკალის სიმძლავრის რეგულირების სისტემებში ამჯამავ მადლიერებლებს – რეგულატორებს ეკისრებათ არამართო სიგნალების აჯამვის და გაძლიერების ფუნქცია, არამედ სიგნალებზე ახორციელებენ სხვადასხვა მათემატიკურ ოპერაციებს.[28]



ნახ. 3.9



ნახ. 3.10

რკალის სიმძლავრის რეგულირების სისტემებში ყველაზე ხშირად გამოიყენება ორი ტიპის რეგულატორი: პროპორციული *II* და პროპორციულ-ინტეგრალური *III* რომელთა სქემებს ნახ. 3.9 და ნახ. 3.10 ნაჩვენებია სახე აქვთ.

II რეგულატორისათვის:

$$U_{გამ} = R \cdot U_{შეს}$$

სადაც $R = \frac{R_{პკ}}{R_1}$

ხოლო *III* რეგულატორისთვის

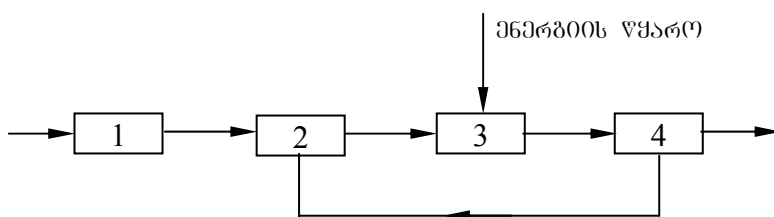
$$U_{გამ} = \frac{R}{T_0} \int U_{შეს} dt + R U_{შეს}$$

სადაც: $T_0 = R_{პკ} \cdot C$;

$$R = \frac{R_{პკ}}{R_1}$$

მიმდევრობითი კორექციის დაქვემდებარებული რეგულირების სისტემა ზოგადად შედგება სიჩქარის და დენის რეგულატორებისაგან, გარდამსახისაგან, დენის და სიჩქარის გადამწოდებებისგან.

როგორც ცნობილია რკალის სიმძლავრის რეგულირების შეკრული ავტომატური სისტემის ერთ-ერთ სახეს წარმოადგენს მიმყოლი ავტომატური სისტემები, რომლის სტრუქტურულ სქემას ნახ. 3.11 ნაჩვენებია სახე აქვს.



ნახ. 3.11

იგი შედგება:

1. გადამწოდი
2. მიმღები (მიმყოლი) მოწყობილობა
3. მამლიერებელი
4. შემსრულებელი ძრავი

მიმყოლი სისტემები მოქმედების საშუალების მიხედვით იყოფა ორ ჯგუფად:

1. მიმყოლი სისტემები რელეური ან წყვეტადი მართვით;
2. მიმყოლი სისტემები უწყვეტი მართვით.

რელეური მართვის მიმყოლ სისტემებში ძაბვა შემსრულებელ ძრავას მიეწოდება

მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როცა შედარების კუთხე მიაღწევს გარკვეულ მნიშვნელობას. მართვის რელეური სისტემები არაწრფივი სისტემების კლასს მიეკუთვნებიან, რომელთა არაწრფივობა განპირობებულია რელეური რეგულატორის არაწრფივობით. შეკრული რელეური სისტემის დიფერენციალურ განტოლებას აქვს სახე:

$$\alpha_n \varepsilon^{(n)} + \alpha_{n-1} \varepsilon^{(n-1)} + \dots + \alpha_2 \varepsilon'' + \alpha_1 \varepsilon' + \alpha_0 \varepsilon = F(\varepsilon)$$

სადაც: $\varepsilon = X_0 - X$ სამართავი სიდიდის გადახრა მოცემული მნიშვნელობიდან.

$X_{\text{შეს}} = F(\varepsilon)$ ε გადახრის არაწრფივი ფუნქცია.

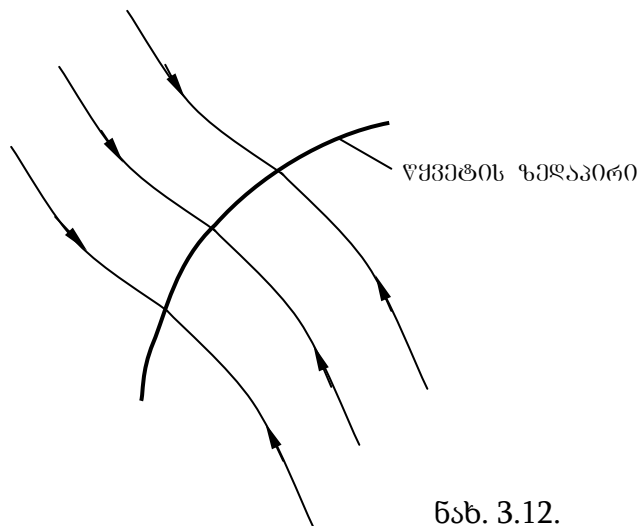
რკალური ელექტრული ღუმელების რკალის სიმძლავრის რელეური მართვის მიმყოლი რეგულირების სისტემების დინამიური მაჩვენებლების გაუმჯობესების მიზნით ჩვენს მიერ შესწავლილი და შემუშავებული იქნა სრიალის რეჟიმში მომუშავე მართვის რეგულირების სისტემები, რომლებშიც მიიღწევა მაქსიმალური ეფექტი და ოპტიმალურობა.

3.4. ელექტროღუმელების რკალის სიმძლავრის რეგულირების ავტომატური მართვის ტიპური შემსრულებელი მოდულის კვლევა და დამუშავება

ელექტრული ღუმელების რკალის სიმძლავრის რეგულირების მართვის სხვადასხვა პრინციპებს შორის, რომლებიც საშუალებას იძლევიან ამა თუ იმ აზრით უკეთესად მართონ რკალის სიმძლავრე ბოლო დროს დიდი ყურადღება ექცევა

მართვის ისეთ სისტემებს, რომლებშიც მართვადი ზემოქმედება წარმოადგენს სისტემის კოორდინატებისა და გარე ზემოქმედებების წყვეტად ფუნქციებს. გამოყენებული ავტომატური საშუალებებიდან, როგორც ცნობილია ზუსტად ასეთ მართვის სისტემებში ნაწილობრივ შეიძლება მივიღოთ მაქსიმალური ეფექტი და ოპტიმალურობა. ასეთი მართვის სისტემების კვლევა უმრავლეს შემთხვევაში ხორციელდება ფაზური სივრცის მეთოდის საფუძველზე. [29].

წყვეტადი მართვადი ზემოქმედებების სისტემების სინთეზის ამოცანას წარმოადგენს ფაზურ სივრცეში ზედაპირების შერჩევა, რომლებზედაც მართვის ფუნქციები განიცდიან წყვეტას. ასეთ სისტემებში შეიძლება წარმოიშვას მოძრაობის სპეციფიკური სახე – სრიალის რეჟიმი. სრიალის რეჟიმი შეიძლება წარმოიშვას თუ ზედაპირის ფარგლებში რომელზედაც მართვის ფუნქცია განიცდის წყვეტას, ფაზური ტრაექტორიები მომართული იქნებიან ერთმანეთისაკენ შესახვედრად, ნახ 3.12.



ცხადია, რომ ამსახველმა წერტილმა წყვეტის ზედაპირზე მოხვედრის შემდეგ არ შეიძლება სულ მცირე დროის ინტერვალშიც კი იმოძრაოს ნებისმიერი იმ ტრაექტორიით რომლებიც ეხებიან წყვეტის მოცემულ ზედაპირს. ბუნებრივია, რომ ყოველი წანაცვლებისას წარმოიშობა მოძრაობა, რომელიც აბრუნებს ამსახველ წერტილს წყვეტის ზედაპირზე.

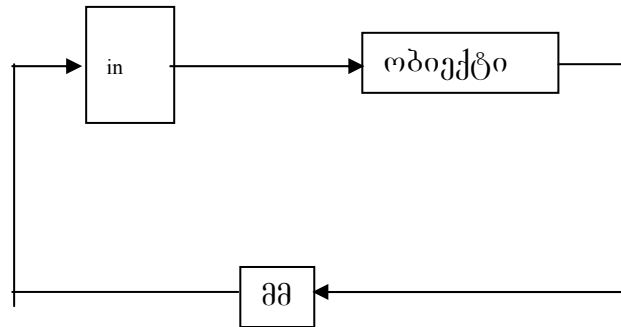
ჩვენ ავღწერეთ სრიალის რეჟიმის იდეალური მოდელი. მოწყობილობები რეალურ სისტემებში, რომლებიც წყვეტის ზედაპირზე ახორციელებენ მართვის ფუნქციის ნახტომისებრ ცვლილებას ფლობენ მცირე არაიდეალურობას. ზემო აღწერილი სიტუაციის წარმოშობისას არაიდეალურობას მივყავართ იქამდის რომ მართვადი ზემოქმედების გადართვა ხორციელდება სასრული სიხშირით, ხოლო

ამსახველი წერტილი, წყვეტის ზედაპირის ზოგიერთი სასრულ ფარგლებში განახორციელებს რხევებს.

სრიალის რეჟიმის აღმზრის ანალიზურ ფორმას აქვს სახე:

$$\lim_{S \rightarrow +\infty} S < 0 \quad \lim_{S \rightarrow -0} S > 0 \text{ სადაც } S \text{ - წყვეტის ზედაპირია.}$$

ნახ. 3.13 ნაჩვენებია რკალის სიმძლავრის რეგულირების მართვის ოპტიმიზაციის სტრუქტურული სქემა.



ნახ. 3.13

სადაც: მმ – მართვის მოწყობილობა

in - ინტეგრატორი

ობიექტის აღმწერ განტოლებას აქვს სახე:

$$Y = f(x) \quad 3.17$$

სადაც: X და Y – შესასვლელი და გამოსასვლელი ზემოქმედება.

$f(x)$ - დიფერენცირებადი ფუნქცია.

$f(x)$ ფუნქცია შესავალი X_0 რომელიდაც უცნობი მნიშვნელობებისას და $\frac{df}{dx} \neq 0$,

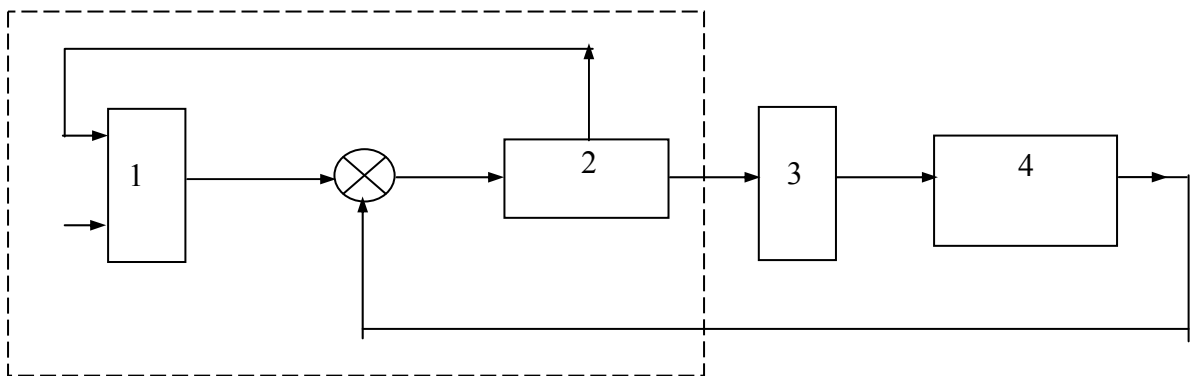
როცა $x \neq x_0$, აღწევს მინიმუმს. ამოცანას წარმოადგენს მართვის ისეთი პროცესის ორგანიზაცია, რომელიც მოგვცემს რკალის სიმძლავრის რეგულატორის გამოსასვლელი სიდიდის მინიმალურობის საშუალებას. მართვის მოწყობილობა მმ ახორციელებს მართვის ფუნქციის U ფორმირებას, რომელიც მიეწოდება ინტეგრირების რგოლს “in” რის შედეგადაც ხორციელდება ძებნის პროცესი. ოპტიმიზაციის ამოცანის გადაწყვეტის მიზნით ჩვენს წინაშე დგას ისეთი მართვის სისტემის შექმნის საკითხი, რომელშიც გამოსასვლელი სიდიდე Y აიჯამება რაიმე მონოტორიულად შემცირებად ფუნქციასთან და ამით უახლოვდება ექსტრემუმს.

რკალის სიმძლავრის მართვის მიზანს წარმოადგენს შედარების სიდიდის ε ნულთან ტოლობა.

$$\varepsilon = g(t) - y(t) \quad 3.18$$

სადაც $g(t)$ - მონოტონურად შემცირებადი მოცემული ზემოქმედება.

ამოცანის ასეთინაირი ფორმურებული გადაწყვეტა უნდა ვეძიოთ რელეური სისტემების კლასში, რომლებშიც მართვა დებულობს ორიდან ერთ-ერთ შესაძლო მნიშვნელობას. რკალის სიმძლავრის რეგულატორის მართვის სისტემის სტრუქტურულ სქემას ნახ. 3.14 ნაჩვენები სახე აქვს.



ნახ. 3.14

1; 3 – ინტეგრატორი.

2 – გადამრთველი ელემენტი.

4 – ელექტრული ძრავი.

მოდრაობა აღიწერება განტოლებებით;

$$y = f(x) \quad g' = -\rho + v \quad 3.19$$

$$X' = U \quad u = \text{Asiqn}(S_1 S_2) \quad 3.20$$

სადაც:

$$\rho, A - \text{const } A > 0, \quad \rho > 0$$

$$S_1 = \varepsilon$$

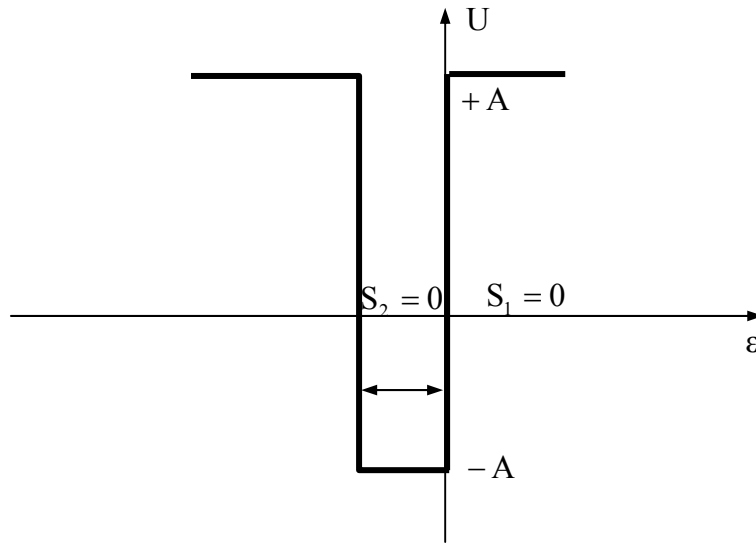
$$S_2 = \varepsilon + \delta ;$$

δ - მცირე დადებითი სიდიდეა.

V - დამატებითი ზემოქმედება.

ჩვეულებრივ მართვის ფუნქციას რელეურ სისტემებში აქვს სახე $u = \text{Asiqn}\varepsilon$. ასეთ შემთხვევაში შეუძლებელია ოპტიმიზირებული სიდიდის y მოცემულ

ზემოქმედებასთან $q(t)$ აჯამვა. ამ ამოცანის გადაწყვეტა შესაძლებელია მართვის გამოყენებით, რომელიც წარმოადგენს ორი არგუმენტის რელეურ ფუნქციას. ნახ. 3.15.



ნახ. 3.15

დავუშვათ რკალის სიმძლავრის რეგულირების მართვის სისტემაში საწყისი პირობები, ისეთია რომ

$$S_1(t_0)S_2(t_0) < 0$$

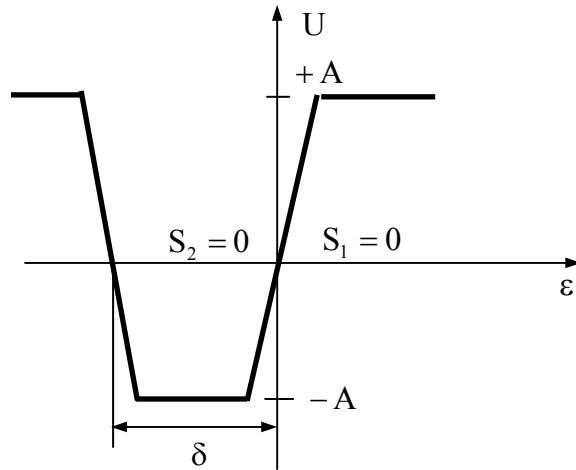
$$A \left| \frac{df}{dx} \right| > \rho$$

და დავუშვათ რომ ჯერჯერობით V ფუნქცია ნულის ტოლია. განვიხილოთ რკალის სიმძლავრის რეგულატორის მართვის სისტემის ქცევა მოცემული საწყისი პირობებით და ცდომილების კოორდინატების მიმართ მოძრაობის განტოლების გამოყენებით, რომელსაც აქვს სახე;

$$\dot{\varepsilon} = -\rho - \frac{df}{dx} A \operatorname{sign}(S_1 S_2)$$

რადგან $\varepsilon' = S_1' = S_2'$ საწყისი პირობებით S_1 ან S_2 ფუნქციებიდან ერთ-ერთისათვის სრულდება უტოლობა $S_1 S_1' < 0$ ან $S_2 S_2' < 0$ ამიტომ S_1 სიდიდე (ან S_2) იცვლის ნიშანს და შესაბამისად იცვლის ნიშანს წარმოებული S_1' (ან S_2'). ე.ი. $S_1' = 0$ (ან $S_2' = 0$) წერტილის ფარგლებში ადგილი აქვს უტოლობას $S_1 S_1' < 0$ ან ($S_2 S_2' < 0$) ამ დროს რკალის სიმძლავრის რეგულირების მართვის სისტემაში წარმოიშობა სრიალის რეჟიმი და ამ მოძრაობის დროს $S_1 \equiv 0$ (ან $S_2 \equiv 0$).

ახლა დავუშვათ რომ წყვეტადი მართვა დაახლოებით რეალიზირებულია დიდი გამლიერების კოეფიციენტიანი და გაჯერების გამმლიერებლით, რის გამოც იგი წარმოადგენს ε ცდომილების უწყვეტ ფუნქციას, რომელიც წარმოდგენილია ნახ. 3.16-ზე.



ნახ. 3.16

ასეთ მახასიათებელს გააჩნია აბსოლუტური სიდიდით დიდი და კუთხური კოეფიციენტის სხვადასხვა ნიშნის ორი დახრილი უბანი. ცხადია, რომ რკალის სიმპლავრის რეგულატორის – სამართავი ობიექტის გამლიერების კოეფიციენტის ნებისმიერი ნიშნის დროს ამ კოეფიციენტებიდან ერთ-ერთი მართვის სისტემაში მდგრადობას შეესაბამება ხოლო მეორე – არამდგრადობას. საწყისი პირობები აირჩევა ისეთნაირად რომ ცდომილების სიდიდე ε იმყოფებოდეს მახასიათებლის შუა ნაწილში. ამის შემდეგ ობიექტისათვის სისტემა ავტომატურად გადადის მდგრადობის შესაბამის დახრილ ნაწილში. ამ ნაწილის საკმაოდ დიდი დახრის კოეფიციენტის დროს ხორციელდება და უზრუნველყოფილია გამოსასვლელ სიდიდის მონოტონურად შემცირებად მოცემულ ზემოქმედებასთან მაღალსიხშირით აჯამვა რის შედეგად უზრუნველყოფილია ექსტრემუმისკენ მოძრაობა.

ასეთი მიდგომა საშუალებას გვაძლევს თავიდან ავიცილოთ რკალის სიმპლავრის რეგულირების რომელიმე მახასიათებლის გაზომვა და გამოვრიცხოთ საცდელი სიგნალებით გამოწვეული რხევები. იგულისხმება რომ სრიალის რეჟიმის დროს მაღალი სიხშირის რხევები არ შეიძლება განვიხილოთ როგორც საცდელი, რამდენადაც ისინი განპირობებულია იმით რომ გადამრთველი ელემენტები არ შეიძლება რეალიზებული იყოს იდეალურად, მართვის რეალიზაციის დროს ეს რხევები საერთოდ არ არსებობენ.

ცნობილია რომ ტრადიციული სტრუქტურის მქონე რკალური ღუმელების ელექტროდების გადაადგილების რეგულირების მართვის სისტემებში მდგომარეობის ციფრული კონტურსა და სიჩქარის ანალოგიურ კონტურს შორის შეპირეპირება ხორციელდება სიჩქარის კონტურის შესასვლელზე, სადაც ციფრული ანალოგიური გარდამსახის ცაგ გავლით მიწოდება საგზეო ცდომილების და ტახოგენერატორიდან სიჩქარის შესაბამისი სიგნალები. რკალური ღუმელის ელექტროდების გადაადგილების ელექტრული ძრავის რეგულირების დიაპაზონი უშუალოდ განისაზღვრება ციფრული ანალოგიური გარდამსახის თანრიგით, ამიტომ მოთხოვნილი დიაპაზონის $d \geq 10^4$ დროს, აუცილებელია მილივოლტის ნაწილების დონეზე სიგნალის გადაცემა და – ელექტროდების გადაადგილების რეგულირების სისტემის ტახოგენერატორიდან სიგნალის გადაცემის სიზუსტე უნდა აღემატებოდეს 0.01, რაც სამრეწველო პირობებში წარმოადგენს არარეალურს განპირობებულს გამაძლიერებლების დრეიფით, ხამაურით და სხვა მიზეზებით.

1984-87 წლებში ქ. მოსკოვის ექსპერიმენტალურ კვლევით სამეცნიერო ინსტიტუტის №13 და №45 განყოფილებების საექსპერიმენტო ლაბორატორიებში ჩატარებული იქნა, როგორც სრიალის რეჟიმში მომუშავე ავტონომიური ციფრული ამძრავის ისე ტიპური შემსრულებელი მოდულების შექმნისათვის სამუშაოები [31].

პერსპექტიული ტიპური შემსრულებელი მოდულები, რომლებსაც წაეყენებათ ისეთი მაღალი მოთხოვნილობები როგორცაა სიზუსტე, დიაპაზონი და მოძრაობის თანაზომიერობა, უნდა უზრუნველყოფდნენ მთლიანად ციფრული მეთოდებით მართვის ფორმირებას ან როგორც მინიმუმი უნდა უზრუნველყოს ამძრავის ციფრული და ანალოგიური ნაწილების შეპირაპირება იმ სიგნალების გამოყენებით, რომლებიც უშუალოდ არ მოქმედებენ ინფორმაციის მომზადების დიაპაზონზე და კონკრეტული სიჩქარის სიზუსტის შენარჩუნებაზე ამ მდგომარეობის გათვალისწინება, აგრეთვე ზემოთ განხილული ფუნქციების რეალიზაციის გზების ანალიზი, უზრუნველყოფს ღუმელის ელექტროდების რეგულირების მართვის ციფრული ტიპური შემსრულებელი მოდულების შექმნას, რომლებიც მხოლოდ დისკრეტული უკუკავშირის სიგნალის გადამწოდის სიგნალების დამუშავების საფუძველზე წყვეტენ ინფორმაციის მომზადების და რეგულირების სისტემაში მართვის ამოცანებს.

აღსანიშნავია, რომ ციფრული სერვომოდულები ინტენსიურად ვითარდებიან წამყვანი დასავლეთის ქვეყნების ფორმებში. მათ შორის ყველაზე ცნობილს წარმოადგენს: TRANS – ფირმა „Маннесман“, FS - ფირმა „Индрага“; СЕРВОДИН ფირმა „БОШ“ 6SC65 - ფირმა „Сименс“.

ბოლო წლების გამოკვლევების და პრაქტიკული სამუშაოების შედეგების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ რეგულირების მართვისთვის იმფორმაციების მომზადების ამოცანის გადაწყვეტის ყველაზე წარმატებული გადაწყვეტა დაკავშირებულია, უკუკავშირის სიგნალის გადამწოდის სიგნალით კორექტირებული ძრავისა და შემსრულებელი მექანიზმის, რომლებსაც მდგომარეობის დამკვირვებლები ეწოდათ, პროგრამული მოდელების გამოყენებასთან.

დამკვირვებელი, როგორც ცნობილი ან ცვალებადი პარამეტრების, ასევე ამძრავის ფაზური კოორდინატების და გარეგანი ზემოქმედებების (სიჩქარე, აცქარება, დატვირთვის მომენტი და ა.შ.), შეუძლებელი გაზომვის, ციფრული შეფასების იდენტიფიცირების საშუალებას გვაძლევს.

სიჩქარის ციფრული შეფასების ფორმირება, რკალური ღუმელის ელექტროდების გადაადგილების რეგულირების სისტემის ტახოგენერატორიდან მიღებული ანალოგიური სიგნალის კორექტიულ გამორიცხვას უზრუნველყოფს და საშუალებას იძლევა მცირე სიჩქარეების ზონაში თანაბარზომიერი მოძრაობის განმავლობაში განხორციელდეს რეგულირების მოთხოვნილი დიაპაზონი (უკუკავშირის სიგნალის გადამწოდის ერთ დისკრეტზე ნაკლები მართვის ერთი ტაქტის განმავლობაში).

უკუკავშირის სიგნალის გადამწოდის შესაბამისი პროგრამული „დანაწილებული“ დისკრეტები უმრავლეს შემთხვევაში შეიძლება ემსახუროდეს უკუკავშირის სიგნალის გადამწოდის ინტერპოლიატორის უფრო მარტივ ალტერნატიურ გამოყენებას. დატვირთვის მომენტის შეფასებების გამოყენება, მართვის ინტეგრალური შემდგენის გამორიცხვის საშუალებას იძლევა (რომელიც ელექტრული ღუმელების მუშა ელექტროდების გადაადგილების რეგულირების ტრადიციულ სისტემებში, დატვირთვის მიხედვით ასტატიზმის მისაღწევად შეიყვანება და ამასთანავე მოცემულის მიხედვით აუარესებს მახასიათებლებს).

რამდენადაც ამ დროს დატვირთვის სიჩქარის კომპენსაცია არ არის დამოკიდებული რეგულირების ჩაკეტლი კონტურის მდგრადობაზე, იმდენად შე-

სამღებელი გახდა არსებითად ამაღლდეს რკალური ღუმელის ელექტროდების გადაადგილების ამძრავის სწრაფმოქმედება (ერთნაირი დემფირირების დროს სწრაფმოქმედება დაახლოებით 2-ჯერ იზრდება). მოქნილი მართვის სისტემების ფაზური კოორდინატების შეფასება, სისტემაში წარმოშობილი მოქნილი რხევების ეფექტურ დემფირირების საშუალებას იძლევა, რაც ზრდის ამძრავის დასაშვებ სწრაფ-მოქმედებას.

საგზაო ცდომილების ε და მისი წარმოებულების მწკრივის იდენტიფიციური შეფასებების საფუძველზე ფორმირდება გადართვის ფუნქცია

$$S = C_1 \bar{\varepsilon} + C_2 \dot{\varepsilon} + \dots + \varepsilon^{(n-1)} \cdot C_{n-1} \quad 3.21$$

სადაც n - რკალური ღუმელის ელექტროდების გადაადგილების ელექტრული ძრავის და მოქნილი რეგულირების სისტემის ჯამური რიგია, შემოფარგლული გადაადგილების უკუკავშირით

C_1, C_2, \dots, C_{n-1} - მუდმივები.

რელეური მართვის $U = SqnS$ უშუალო პროგრამული რეალიზაცია, ვენტრული გარდამსახის ტრანზისტორული გასაღებით, დაკავშირებულია ელექტრული ღუმელის მუშა ელექტროდების გადაადგილების რეგულატორის ციფრული კონტროლიორის და უკუკავშირის სიგნალის გადამწოდის აუცილებელ გამოყენებაზე, რომლებსაც გაჩნიათ სწრაფმოქმედებისა და თანრიგის მიხედვით არსებულთან შედარებით უფრო მაღალი მახასიათებლები.

ჩვენს მიერ შემოწმებული იქნა ალტერნატიური გზა, რომლის დროსაც პირობიდან $S = 0$ პროგრამულად გამოითვლება დენის მოცემული მნიშვნელობა, რომელიც მცირეთანრიგიანი ციფრული-ანალოგიური გარდამსახის გავლით, ელექტრული ღუმელის რკალის რეგულირების სისტემაში დასამუშავებლად მიეწოდება რელეურ დენურ კონტურს.

სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ ხორციელდება გადართვის ფუნქციის დაყოფა “ნული” და “სწრაფი” მდგენელებად, რომელთაგან პირველი იანგარიშება პროგრამულით, ხოლო მეორის – რეალიზაცია ხორციელდება აპარატურული რელეური კონტურით, და შესაბამისად მართვის ტაქტში მუდმივად შენარჩუნდება. ასეთი მიდგომა, ამძრავში ციფრული მართვის ყველა უპირატესობას ინარჩუნებს და კორექტულად უზრუნველყოფს პროგრამული – აპარატურული საშუალებების

განაწილებას. ამასთანავე მაღალი სწრაფმოქმედების მიკროპროცესორული საშუალებების შესაძლებლობების გაფართოებით, დენის რელეური კონტურის ფუნქციები ბუნებრივად უზრუნველყოფენ პროგრამულ საშუალებებს.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, მოვიყვანოთ ძირითადი მოთხოვნილი გამოთვლები ელექტრული ღუმელის მუშა ელექტროდების გადაადგილების ელექტრული ძრავის ლილვზე უკუკავშირის სიგნალის გადამწოდის დაყენებისას, სკალარული მართვის შემთხვევაში (მუდმივი დენის ამძრავი, ვენტილური ამძრავი).

_ გადაადგილების ცდომილების ანგარიში

$$\varepsilon(R) = \varepsilon(R-1) + S_2(R-1)A - S(R)A$$

_ დამკვირვებლის კორექციის ანგარიში

$$KOP(R) = \bar{\varepsilon}(R) - \varepsilon(R)$$

_ დამკვირვებლის ანგარიში

$$\bar{S}(R+1) = \bar{\omega}(R+1)T + U_0(R) \frac{T^2}{2} + KOR(R)$$

$$\bar{\omega}(R+1) = \bar{\omega}(R)T + U_0(R)T + L_2 KOR(R)$$

$$\bar{\omega}(R) = L_2(R) + L_3$$

_ გადაადგილების ცდომილების პროგნოზი

$$\bar{\varepsilon}(R+1) = \bar{\varepsilon}(R) + S_z(R)A - \bar{S}(R+1)$$

_ მართვის ანგარიში

$$U(R+1) = U_0(R+1) - \bar{U}_L(R+1) = C_1 \varepsilon(R+1) + C_2 \left[\frac{S_z(R)S(R+1)}{T} - \bar{\omega}(R+1) \right] - U_L$$

_ მოცემული დენის კოდის ანგარიში

$$I_z(R+1) = \frac{U(R+1) \cdot K}{A}$$

სადაც: S_z, S მართვის T ტაქტის მიხედვით მოცემული და ფაქტიური გადაადგილების ნაზარდია;

A - მასშტაბური კოეფიციენტია;

U_0 - ძრავის დენით შექმნილი აჩქარების მდგენელი, რომელიც აკომპენსირებს დატვირთვის არ არსებობის დროს მოცემული ტრაექტორიიდან, მიმდინარე გადახრას;

$\bar{S}, \bar{\omega}$ - გადაადგილების და სიჩქარის ნაზარდის შეფასებები;

U_L - დატვირთვის მომენტით გამოწვეული აჩქარების მდგენელების შეფასება;

K - საანგარიშო კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია ინერციის მომენტზე, ციფრული ანალოგიური გარდამსახით თანრიგზე და უკუკავშირის სიგნალის გადამწოდის დისკრეტულობაზე.

L_1, L_2, L_3 და C_1, C_2 დამკვირვებლის და რეგულატორის კოეფიციენტები, რომლებიც აირჩევა დამკვირვებლის და რეგულატორის მახასიათებელი განტოლებების მოთხოვნილი ფესვების λ_N, λ_R მნიშვნელობების მიხედვით, განისაზღვრება შემდეგი ფორმულებით

$$L_1 = 3(1 - \lambda_N); L_2 = \frac{\lambda_{2N} + 3\lambda_N^2 - 9\lambda_N + 5}{2T}$$

$$L_3 = \frac{-\lambda_{2N}^3 + 3\lambda_N^2 - 3\lambda_N + 1}{T^2}$$

$$C_1 = \left(\frac{1 - \lambda_B}{T} \right)^2$$

$$C_2 = \frac{3 - \lambda_R^2 - 2\lambda_R}{2T}$$

ჩვენს მიერ გათვალისწინებული იქნა ბაზური ალგორითმების და პროგრამების მოდიფიკაციები, რომლებშიც მაშტაბურად მოცემულია გადაადგილების ცდომილებების და მათი შეფასებების მხოლოდ წილადური ნაწილები, რაც საშუალებას იძლევა დასაშვები შედარების ბუფერის მოცულობის პრაქტიკულად შემცირების გარეშე ავამაღლოთ გამოთვლების და მოძრაობის თანაზომიერობის სიზუსტე. გათვალისწინებულია აგრეთვე; გადაადგილების მიმდინარე შედარების სიდიდეზე დამოკიდებულებით ფესვების λ_N, λ_R მნიშვნელობების ცვლილების შესაძლებლობა, რაც სწარაფმოქმედებებსა და გარდამავალი პროცესებს შორის თანაფარდობების, დამყარებულ რეჟიმში მოძრაობის თანაზომიერობის, არსებითად გაუმჯობესების საშუალებას გვაძლევს.

ჩატარებული ანალიზი გვიჩვენებს, რომ რკალური ღუმელის ელექტროდების გადაადგილების მიმყოლი ელექტრული ამძრავის წარმადობის, სიზუსტის, რეგულირების დიაპაზონის, უკუკავშირის სიგნალის გადამწოდის დისკრეტების ფასის, მოძრაობის თანაზომიერების და დინამიური მახასიათებლების არსებითად გაუმჯობესების მიზნით, ამძრავის ტიპიურ შემსრულებელ მოდულის შექმნას საფუძვლად უდევს შემდეგი მახასიათებლები:

-1. ტიპური შემსრულებელი მოდული წარმოადგენს კომპლექტურ ელექტრომექანიკურ მოწყობილობას, რომელიც შეიცავს: რეკუპერაციული ქსელურ ტრანსფორმატორს, იმპულსურ ტრანზისტორულ ვენტილურ გარდამსახს, ფაზების კომუტატორს, მიკროპროცესორის ბლოკს და აღჭურვილია იმპულსური ან კოდური ტიპის ჩამენებული უკუკავშირსიგნალიანი გადამწოდანი ძრავით.

– ტიპური შემსრულებელი მოდული აღჭურვილია პერსპექტიული ტიპის ძრავებით.

– ტიპური შემსრულებელი მოდული უზრუნველყოფს ელექტრული ღუმელის მუშა ელექტროდების გადაადგილებას 50 მ/წთ, დიაპაზონის ქვედა ნაწილში, არათანაბარზომიერების კოეფიციენტის $K_n < 0.5$ დროს დისკრეტულობას 0.01 მკმ-მდე და რეგულირების დიაპაზონის 10^5 -მდე, შემდეგი შესაძლებლობების გამოყენებით: 1 მკვ-ზე მეტი სიხშირით ინფორმაციის მიღება ირიბი და (ან) პროგრამული გადასვლით, აბსოლუტური გამზომი სისტემებით მუშაობა, არანაკლები 10^2 დანაყოფის კოეფიციენტისა და პროგრამული გადასვლის მქონე უკუკავშირის სიგნალის გადამწოდის ინტერპოლიატორით მუშაობა არანაკლებ 10 მასშტაბური კოეფიციენტით კოორდინატების შემფასებელი პროგრამული დანაწევრება.

ტიპური შემსრულებელი მოდულის მიკროპროცესორული ბლოკი უზრუნველყოფს მდგომარეობის დამკვირვებლის მიერ ფორმირებული გადართვის ფუნ-

ქციით: $S = C_1 \varepsilon + C_2 + \dots + C_{n-1} \varepsilon^{n-1}$ ელექტრული ღუმელის რკალის სიმძლავრის რეგულირების სრიალის რეჟიმში მართვას, რომელიც წარმოადგენს გადაადგილების ცდომილების და $(n-1)$ რიგამდე მისი წარმოებულების კომბინაციას, სადაც n გადაადგილების ცდომილების უკუკავშირით შეკრული ძრავის და მექანიკური რგოლების ჯამური რიგია. მართვის ტაქტის $T \leq 0.1$ მწ (რაც მოითხოვს ორობითი სიტყვების გამოყენებით 16 თანრიგიანი პროცესორის გამოყენებას, რომელიც თავის დროზე ასრულებს გამრავლებას და დაყოფას I მკწ სიდიდით). მიკროპროცესორული ბლოკი უშუალოდ მართავს ვენტილური გარდამსახების ძალური მოდელების მუშაობას; როცა $T \geq 1$ მწ პირობიდან $S = 0$, მიკროპროცესორული ბლოკში იანგარიშება დენის მოცემული მნიშვნელობა, რომელიც მცირეთანრიგიანი ციფრულ ანალოგიური

გარდამსახის გავლით, რეგულირების სისტემაში დასამუშავებლად მიეწოდება რელეურ დენურ კონტურში.

– ტიპიურ შემსრულებელ მოდულში გამოიყენება ორგანიზაციის ბლოკური პრინციპი, მუდმივი დენის ძრავის მართვის დროს (სკალარული მართვა).

– ტიპიური შემსრულებელი მოდული შეიძლება გამოიყენებული იქნას როგორც ავტომატური მოწყობილობა, ან როგორც მოდული, ან კიდეც როგორც პროგრამული მართვის მოწყობილობის გამანაწილებელი.

რკალური ღუმელის ელექტროდების გადაადგილების ამძრავის დინამიურ და სტატიკურ მაჩვენებლებზე აწყობა ხორციელდება ტიპიური შემსრულებელი მოდელის შემდეგ რეჟიმებში მუშაობის დროს: „აწყობა C“, ავტომატური აწყობა“ „დიალოგი“ „აწყობა ნიმუშით“.

დასკვნა

1. გაანგარიშების და ექსპერიმენტალური გაზომვების შესაბამისი მეთოდის გამოყენებით განსაზღვრული იქნა რკალური ღუმელის რეკონსტრუქციამდე და რეკონსტრუქციის შემდეგ მოკლე ქსელის პარამეტრები.

2. დადგენილი ელექტრული პარამეტრების გამოყენებით აგებული რკალური ღუმელის ელექტრული მახასიათებლებით დადგინდა ელექტრული ღუმელის ოპტიმალური მუშაობის რეჟიმების შესაბამისი საღუმელო ტრანსფორმატორის ძაბვის საფეხურები.

3. ელექტრული ღუმელის რკალის სიმძლავრის მარეგულირებლის არსებული მართვის სისტემების დინამიური მაჩვენებლების გაუმჯობესების მიზნით გამოყენებული იქნა ტიპიური შემსრულებელი მოდული, მართვის პროგრამული გადაწყვეტით, რომელიც უზრუნველყოფს რკალური ღუმელის ელექტროდების გადაადგილების რეგულირების სისტემის წარმადობის, სიზუსტის, რეგულირების დიაპაზონის და დინამიური მახასიათებლების არსებით გაუმჯობესებას

თავი IV.

ელექტრული ღუმელების ელექტროდების გადაადგილების
ავტომატური მართვის რეგულირების სისტემების ოპტიმიზაცია

4.1. ელექტრული ღუმელის რკალის სიმძლავრის რეგულირების კვლევა და დამუშავება

როგორც ცნობილია ელექტრომეტალურგიული პროცესებისა და ელექტრული რეჟიმების სწორად წარმართვისათვის მნიშვნელოვან ფაქტორს წარმოადგენს რკალის სიმძლავრის რეგულირება და სტაბილიზაცია, რაც მნიშვნელოვანწილად დამოკიდებულია მუშა ელექტროდების გადასაადგილებელი ელექტრული ამძრავების ავტომატური რეგულირების სისტემაზე. [26]

ავტომატიზირებული პროცესების საწყისად მეტალურგიაში 1938 წელი ითვლება, რომლის ძირითად მიმართულებას წარმოადგენდა მეტალურგიული აგრეგატების ცალკეული პარამეტრების რეგულირების სისტემის შექმნა. ამ დროიდან დაწყებული ელექტროდნობის პროცესების ავტომატიზაციის სფეროში მნიშვნელოვანი შედეგები იქნა მიღწეული. დამუშავებული იქნა რკალური ღუმელების ელექტრული რეჟიმების რეგულირების მართვის სისტემები. ამ მიმართულებით ერთ-ერთი პირველი სამეცნიერო ნაშრომი ეკუთვნის პ. ლ. ჩებიშევს, რომელშიც მოცემულია ასტატიკური რეგულირების თეორიული დამუშავების მეთოდიკა.

ნ. ნ. ვოზნესენსკი, ა. ა. ანდრონოვი, ა. ვ. მიხაილოვი, ბ. ნ. პეტროვი და სხვა ნაშრომებში მოცემულია არაწრფივი სისტემების კვლევის მეთოდები, ავტომატური რეგულირების სისტემების მდგრადობის თეორია, ანალიზის სტრუქტურული მეთოდი და ოპტიმალური მართვის თეორია.

ბოლო წლებში მძლავრი მეტალურგიული აგრეგატების არსებობით ავტომატიზაციის როლი ელექტრომეტალურგიურ პროცესებში განსაკუთრებით გაიზარდა. ასეთი აგრეგატების მართვის პროცესებში მცირე ცდომილებაც კი იწვევს ლითონისა და ელექტროენერგიის მნიშვნელოვან კარგვებს. ამასთან დაკავშირებით იქმნება ახალი ტიპის სხვადასხვა ავტომატური რეგულირების სისტემები მართვის ელექტრული გამომთვლელი მანქანების გამოყენებით, რომლებიც წყვეტენ ისეთ ამოცანებს როგორცაა ოპტიმალური მართვა, ადაპტაცია და სხვა.

დღემდე არსებული რკალის სიმძლავრის რეგულატორები სრულად ვერ აკმაყოფილებენ თანამედროვე მოთხოვნილებებს, როგორცაა:

1. სარეგულირებელი პარამეტრის საკმარისი მგრძობიარობა.

2. ავტომატური რეგულირების სისტემის სწრაფმოქმედება, რომელიც უზრუნველყოფს მაქსიმალური შემფოთებების აღმოფხვრას (მოკლე შერთვა და რკალის წყვეტა). და შესაბამისად რკალური ღუმელის მკვებავ ქსელზე უარყოფითი გავლენის შემცირებას.

3. მუშა ელექტროდების ზღვრული გადაადგილების სიჩქარე, აწევისას და დაშვებისას.

4. ღუმელის მოცემული სიმძლავრის საკმაოდ მდორე ცვლილების შესაძლებლობა.

5. ავტომატური მართვიდან ხელით მართვაზე და პირიქით გადასვლის სწრაფი და მარტივი შესაძლებლობა.

6. მუშაობის საიმედოობა და ექსპლუატაციის სიმარტივე.

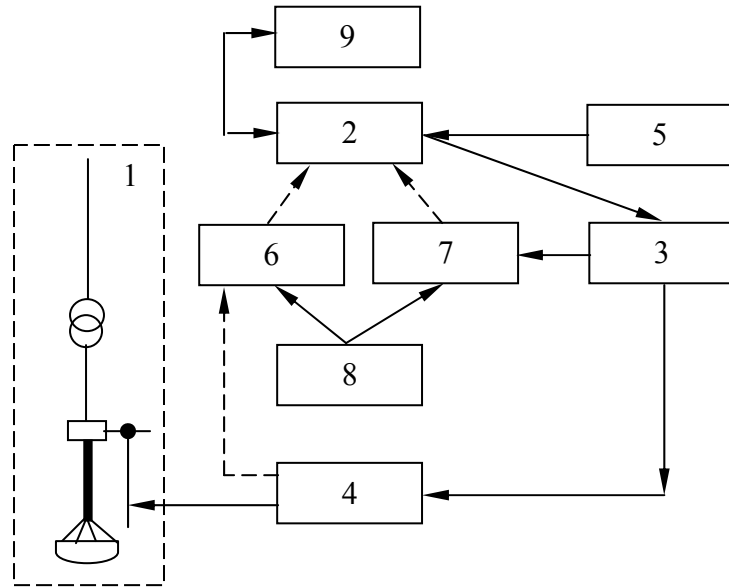
7. ღუმელის რკალის ავტომატური ანთება.

8. მკვებავი ძაბვის არარსებობისას ყველა მუშა ელექტროდის გაჩერების შესაძლებლობა.

ზემოაღნიშნულის გათვალისწინებით რკალის სიმძლავრის რეგულირების სისტემების კვლევა და დამუშავება მნიშვნელოვან სამეცნიერო-ტექნიკური ამოცანას წარმოადგენს.

მიუხედავად იმისა რომ მეტალურგიური აგრეგატები, როგორც ავტომატური მართვის ობიექტები ფლობენ მთელ რიგ სპეციფიკურ თავისებურებებს ავტომატური რეგულირების თეორიის საერთო დებულება შესაძლებელია სრულებით გამოყენებულ იქნას მათი რეგულირების სისტემების შესაქმნელად, რომლებიც წყვეტენ ისეთ საკითხებს, როგორცაა ობიექტისა და სისტემის სტატიკა და დინამიკა, ცალკეული რგოლების და მთლიანი სისტემის მახასიათებლები, მდგრადობა და ხარისხი, ავტომატური მართვის სისტემის კორექცია და მნიშვნელოვანს წარმოადგენს, როგორც წრფივი უწყვეტი ისე იმპულსური და არაწრფივი სისტემების შექმნისათვის.

რკალის სიმძლავრის ავტომატური რეგულირების სისტემის სტრუქტურას
 ზოგადად ნახ. 4.1. სახე აქვს. [18,22]



ნახ. 4.1. რკალის სიმძლავრის ავტომატური რეგულირების სისტემის
 სტრუქტურული სქემა.

- სადაც: 1 – რეგულირების ობიექტი;
 2 – გაზომვის და შედარების ელემენტი;
 3 – მაძლიერებელი ელემენტი;
 4 – შემსრულებელი მექანიზმი;
 5 – დავალების მომცემი მოწყობილობა;
 6,7 – დამატებითი მასტაბილიზირებელ მოწყობილობები.
 8 – უკუკავშირის პროგრამული გადამწოდი
 9 – დამატებითი კავშირის ელემენტი.

სტრუქტურული სქემის მიხედვით არსებობს:

1. რეგულატორები გასაზომი სიდიდის პროპორციული უკუკავშირით.
2. რეგულატორები ელექტროდის გადაადგილების სიჩქარის პროპორციული უკუკავშირით.

3. რეგულატორები უკუკავშირის სიხისტის პროგრამული ცვლილებებით.

4. რეგულატორები სიმძლავრის კორექციით.

შემფოთების ზემოქმედების დამუშავების მიხედვით არსებობს:

1. რეგულატორები რელეური მოქმედების.

2. რეგულატორები ინტეგრალური მოქმედების.

გამოყენებული ელექტროამძრავის მიხედვით რეგულატორები იყოფიან:

1. ელექტრომექანიკური ამძრავით.

2. ჰიდრავლიკური ამძრავით.

პრაქტიკაში ავტომატური მართვის სისტემების შესაქმნელად ჩვეულებრივ გამოიყენებენ ხუთი სახის წრფივი კანონით მართვის რეგულატორებს:

1) პროპორციული რეგულატორი (პ)

2) ინტეგრალური რეგულატორი (ი)

3) პროპორციულ-ინტეგრალური რეგულატორი (პ-ი)

4) პროპორციულ – დიფერენციალური (პ-დ)

5) პროპორციულ-ინტეგრალურ-დიფერენციალური

რეგულატორი (პ-ი-დ)

რეგულატორების შესასვლელი სიდიდე ზოგადად ასე მოიცემა;

$$\varepsilon = x_0 - x \quad (4.1.)$$

სადაც: x_0 - მოცემული სიდიდეა, x - მოცემული სიდიდიდან გადახრა.

პროპორციული რეგულატორის მახასიათებელ; განტოლებას აქვს სახე

$$y = K_{\sigma} \cdot \varepsilon$$

სადაც K_{σ} - რეგულატორის გადაცემის კოეფიციენტი. გადაცემის ფუნქცია

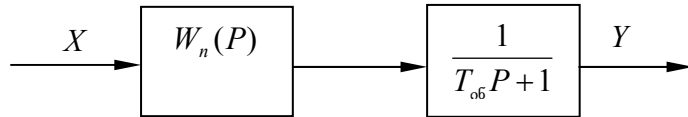
$$W(P) = K_{\sigma}$$

რეალური პ – რეგულატორის გადაცემის ფუნქცია

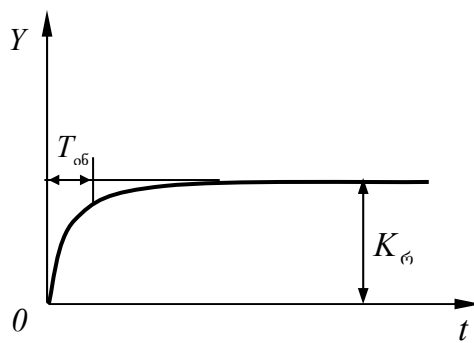
$$W(P) = \frac{K_{\sigma}}{T_{\sigma}P + 1}$$

სადაც T_{σ} - ინერციული რგოლის დროის მუდმივა.

ნახ. 4.2-ზე ნაჩვენებია რეალური პროპორციული რეგულატორის სტრუქტურული სქემა, ხოლო ნახ. 4.3-ზე პროპორციული რეგულატორის სიხშირული მახასიათებელი.



ნახ. 4.2. პროპორციული რეგულატორის სტრუქტურული სქემა



ნახ. 4.3. პროპორციული რეგულატორის სიხშირული მახასიათებელი

სხვადასხვა მართვის ობიექტებზე მართვის პროპორციული კანონის გამოყენება უზრუნველყოფს სტატიკური ცდომილებით რეგულირებას, გამონაკლის წარმოადგენს ასტატიკური ობიექტი და მოცემული ზემოქმედების შემთხვევა როდესაც ν – რეგულატორი ახორციელებს მართვას სტატიკური ცდომილების გარეშე – ასტატიკური მართვა.

ინტეგრალური რეგულატორის დიფერენციალურ განტოლება საქვს სახე:

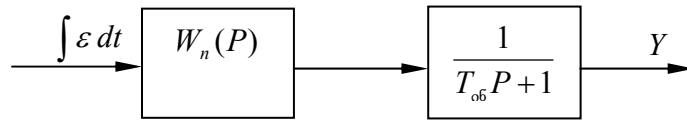
$$\dot{y} = K_{\int} \cdot \varepsilon$$

სადაც K_{\int} - ინტეგრალური რეგულატორის გადაცემის კოეფიციენტი.

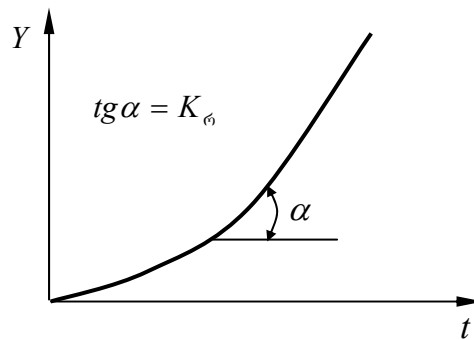
იდეალური და რეალური ინტეგრალური რეგულატორის გადამცემი ფუნქციები:

$$W_n(P) = \frac{K_{\int}}{P} ; \quad W_n(P) = \frac{K_{\int}}{P(T_{06}P + 1)}$$

სტრუქტურულ სქემას და სიხშირულ მახასიათებელს ნახ. 4.4 და ნახ. 4.5-ზე ნაჩვენები სახე აქვს.



ნახ. 4.4. ინტეგრალური რეგულატორის სტრუქტურული სქემა



ნახ. 4.5. ინტეგრალური რეგულატორის სიხშირული მახასიათებელი

ინტეგრალური რეგულატორები უზრუნველყოფენ სარეგულირებელი სიდიდის მოცემულ მნიშვნელობაზე შენარჩუნების სიზუსტეს – ასტატიკური მართვა. ასტატიკური ობიექტების სისტემებში ინტეგრალური რეგულატორების გამოყენება არ არის მიზანშეწონილი.

პროპორციულ-ინტეგრალური რეგულატორის დიფერენციალურ განტოლებას აქვს სახე:

$$\dot{y} = K_06 \left[\dot{\varepsilon} + \left(\frac{1}{T} \right) \varepsilon \right]$$

სადაც K_06 - რეგულატორის გადაცემის კოეფიციენტია;

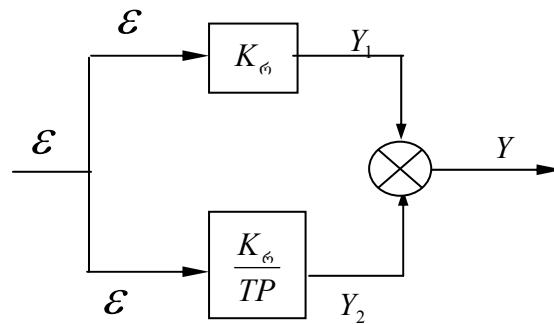
T - ინტეგრების მუდმივა.

იდეალური და რეალური პი – რეგულატორების გადამცემი ფუნქციები.

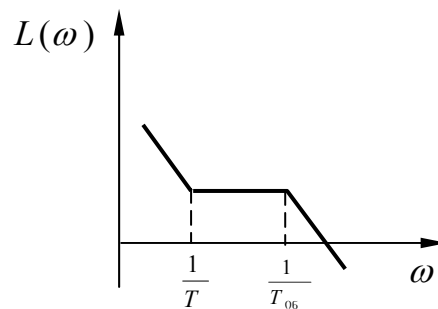
$$W_n(P) = \frac{K_06}{P};$$

$$W_n(P) = \frac{K_{\sigma}}{P(T_{\sigma}P + 1)}$$

სტრუქტურულ სქემას და სიხშირულ მახასიათებელს ნახ. 4.6 და ნახ. 4.7-ზე ნაჩვენები სახე აქვს:



ნახ. 4.6. პროპორციულ-ინტეგრალური რეგულატორის სტრუქტურული სქემა



ნახ. 4.7. რეგულატორის სიხშირული მახასიათებელი

$$W(j\omega) = \frac{K_{\sigma} \sqrt{1 + T^2 \omega^2}}{T\omega \sqrt{1 + T_{\sigma}^2 \omega^2}} X e^{j\alpha}$$

სადაც $\alpha = \arctg T\omega - \frac{\pi}{2} - \arctg T_{\sigma}\omega$

პირველი რეგულატორები უზრუნველყოფენ სტატიკური შეცდომის გარეშე მართვას.

მართვაში ინტეგრალური შემდგენლის არსებობა უზრუნველყოფს ასტატიკურ მართვას.

პირველი რეგულატორის დიფერენციალურ განტოლებას აქვს სახე

$$\dot{y}' = K_{\phi} \left[\dot{\varepsilon}' + \frac{I}{T_o} \varepsilon + T_g \varepsilon'' \right]$$

სადაც T_g - დიფერენცირების მუდმივა.

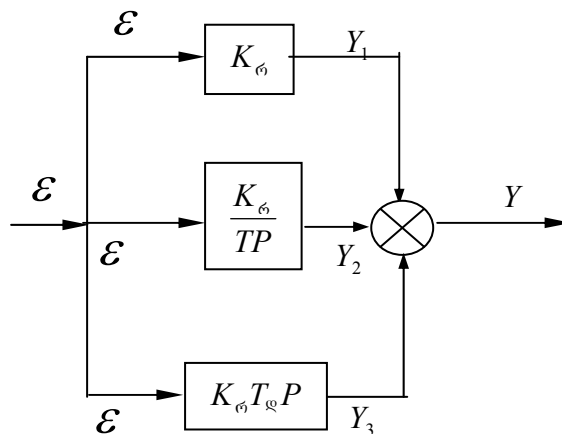
იდეალური და რეალური პიდ რეგულატორების გადამცემი ფუნქციები

$$W(P) = K_{\phi} + \frac{K_{\phi}}{T_o P} + K_{\phi} T_g P ,$$

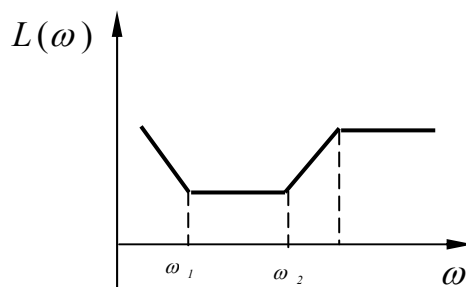
$$W(P) = \frac{K_{\phi} (1 + T_o P + T_o T_g P^2)}{T_o P (T_o P + 1)} ,$$

სტრუქტურულ სქემას და სიხშირულ მახასიათებელს ნახ. 4.8 და ნახ. 4.9-ზე ნაჩვენებია

სახე აქვს



ნახ. 4.8. რეგულატორის სტრუქტურული სქემა



რეგულატორის სიხშირული მახასიათებელი ნახ. 4.9.

სიხშირული ფუნქცია

$$W(j\omega) = \frac{K_h \sqrt{(1 - T_n T_d \omega^2)^2 + T_n^2 \omega^2}}{T_n \omega \sqrt{1 + T_n^2 \omega^2}} \times e^{j\alpha}$$

სადაც
$$\alpha = \arctg \frac{T_n \omega}{1 - T_a T_d} - \frac{\pi}{2} - \arctg T_{\sigma} \omega$$

პ-ი-დ რეგულატორები უზრუნველყოფენ სტატიკური ცდომილების გარეშე მართვას – ასტატიკური. მართვაში დიფერენციალური შემდგენის არსებობა აუმჯობესებს სისტემის დინამიკას.

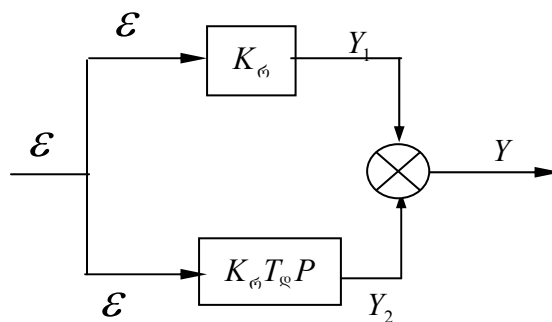
რეგულატორების დიფერენციალურ განტოლებას აქვს სახე

$$y' = K_{\sigma} (\varepsilon' + T_{\rho} \varepsilon'')$$

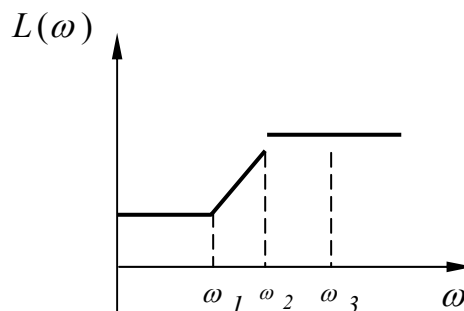
გადამცემი ფუნქცია

$$W(P) = K_{\sigma} + K_{\sigma} T_{\rho} P$$

სტრუქტურულ სქემას და სიხშირულ მახასიათებელს ნახ. 4.10 და ნახ. 4.11-ზე ნაჩვენებია სახე აქვს.



ნახ. 4.10 რკალის სიმძლავრის რეგულატორის სტრუქტურული სქემა



რეგულატორის სიხშირული მახასიათებელი

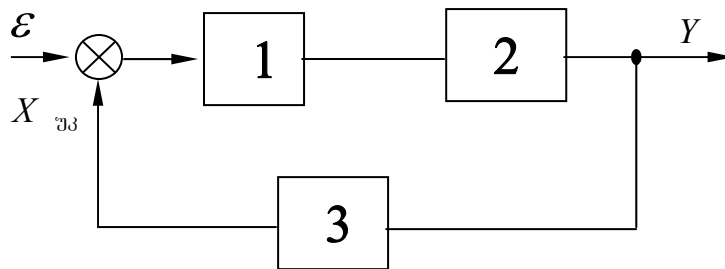
ნახ. 4.11

$$W(j\omega) = \frac{K_0 \sqrt{1 + T^2 \omega^2}}{T \omega \sqrt{1 + T_0^2 \omega^2}} X e^{j\alpha}$$

სადაც: $\alpha = \arctg T \omega - \frac{\pi}{2} - \arctg T_0 \omega$

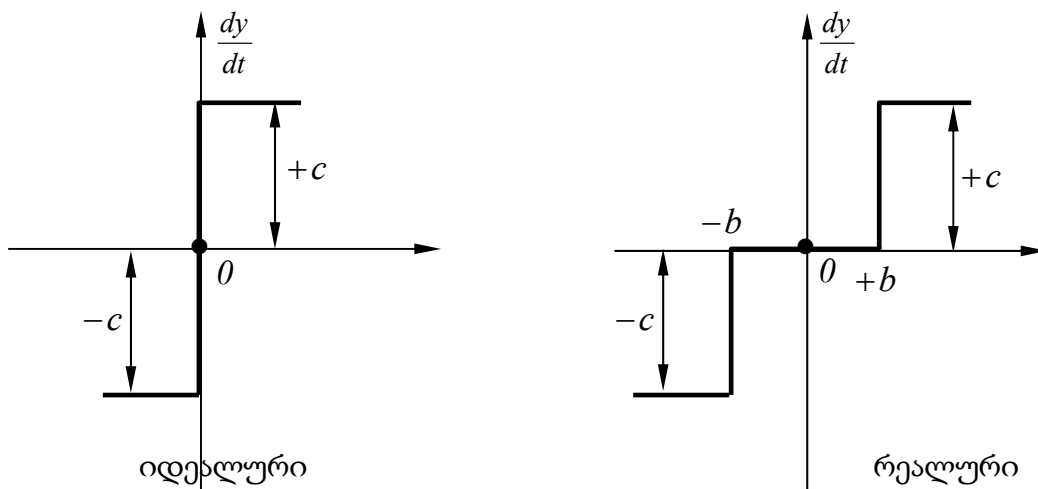
პ-დ რეგულატორები წარმოადგენენ **პ-ი-დ** რეგულატორების კერძო შემთხვევას, როცა $T_0 \rightarrow \infty$; სხვადასხვა მართვის ობიექტებზე **პ-დ** მართვა უზრუნველყოფს სტატიკური ცდომილებით რეგულირებას, ასტატიკური ობიექტების შემთხვევის გარდა, ისევე როგორც ეს იყო პროპორციული რეგულატორების შემთხვევაში.

მეტალურგიური პროცესების მართვის ავტომატური სისტემების უმრავლესობა მიეკუთვნება არაწრფივ სისტემებს, რომელთა შორის აღსანიშნავია მართვის რელეური სისტემები. რელეური რეგულატორების სტრუქტურულ სქემას უკუკავშირით და სტატიკურ მახასიათებლებს 4.12 და 4.13 ნახაზებზე ნაჩვენები სახე აქვს.



ნახ. 4.12. ელექტროლუმელის სიმძლავრის რეგულირების სისტემის სტრუქტურული სქემა

- სადაც: 1 – რეგულირების ბლოკი
 2 – ელექტრული ძრავი
 3 – უკუკავშირის კოეფიციენტი
 ε - დავალება
 $X_{\text{უკ}}$ - უკუკავშირის სიგნალი



ნახ. 4.13. რელეური რეგულატორის სტატიკური მახასიათებლები

სადაც: $\varepsilon = X_0 - X$ - დავალების შესაბამისი სიგნალი

$\frac{dy}{dt}$ - სარეგულირებელი ორგანოს გადაადგილების სიჩქარე.

$+C$; $-C$ - შემსრულებელი მექანიზმის მუდმივი სიჩქარე, სხვადასხვა მიმართულებით გადაადგილების დროს.

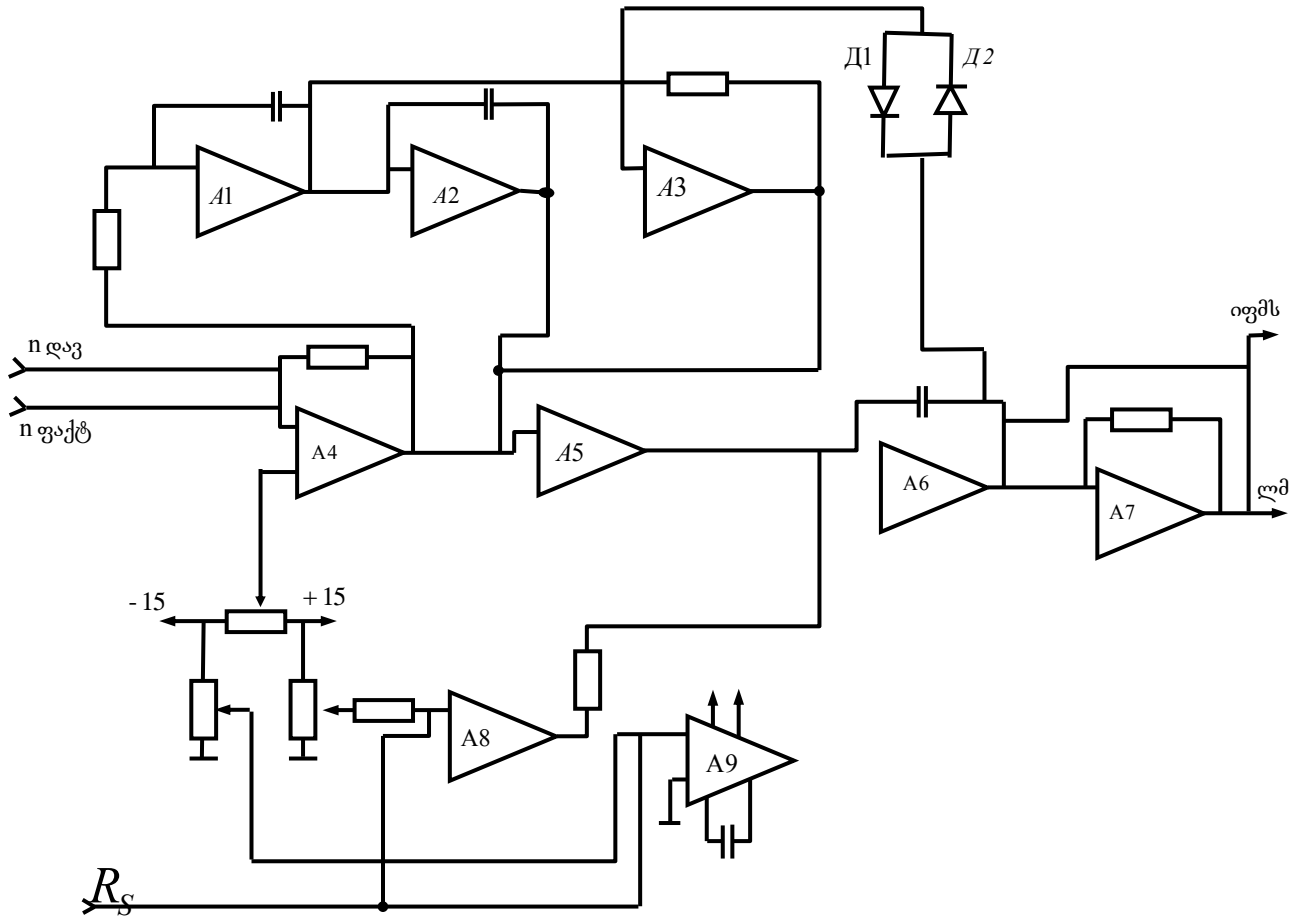
$-b$ ÷ $+b$ - არაგრძნობიარობის ზონა.

უკუკავშირიან რელეურ რეგულატორებში შეიძლება აღიძვრას განსაკუთრებული რეჟიმი - სრიალის რეჟიმი, რომლის არსებობის აუცილებელ პირობას წარმოადგენს.

$$\frac{dX_{\text{სი}}}{dt} > \frac{d\varepsilon}{dt} \quad (4.2)$$

ამ დროს სისტემის გაწონასწორება ხდება აპერიოდული მრუდით. სრიალის რეჟიმს საფუძვლად უდევს შედარების სიგნალის მამლიერებლის რელეურ რეჟიმში მუშაობის კერძო შემთხვევა. ამ რეჟიმში მუშაობისას რელეური რეგულატორი ექვივალენტურია გამამლიერებლის უსასრულო გამლიერების კოეფიციენტით, რის გამოც როგორც მოცემული, ისე შეშფოთების ზემოქმედების მიმართ სისტემა ასტატიკურის ექვივალენტურია. სიჩქარის დინამიური ვარდნის კომპენსაცია, აგრეთვე ზემოქმედების დამუშავება სწარმოებს მაღალი სწრაფმოქმედების

პირობებში. ამასთან დაკავშირებით ჩვენს მიერ ქ. მოსკოვის ექსპერიმენტალურ სამეცნიერო კვლევითი ინსტიტუტის ლაბორატორიაში პროფ. ვ.ა. რატმიროვის ხელმძღვანელობით შემუშავებული და ექსპერიმენტალურად გამოკვლეული იქნა სრიალის რეჟიმში მომუშავე რელეური რეგულატორი, რომლის პრინციპიულ ფუნქციონალურ სქემას ნახ. 4.14-ზე ნაჩვენებია სახე აქვს. [9].



ნახ. 4.14. ელექტრული ღუმელის რკალის სიმძლავრის რეგულირების სისტემის სტრუქტურული სქემა.

ნახაზზე:

$(A_1, A_2, A_3, A_8, A_9, D1...D14)$ - ელექტრული ძრავის დენის რეგულირების

სისტემა.

A_4 - გამაძლიერებელი

A_5 - კომპარატორი

A_6 - ინტეგრატორი

A_7 - ინვერსორი

$n_{ღვ}$ - დავალების სიგნალი

$n_{ფაქტ}$ - ფაქტიური სიგნალი

R_{σ} - შუნტის წინაღობა

რეგულატორის დანიშნულებაა გააძლიეროს სიგნალი, რომელიც მიიღება მოცემული და ფაქტიური სიგნალების შედარებით.

სრიალის რეჟიმები ფლობენ მთელ რიგ მიმზიდველ თვისებებს, რის გამოც ფართო გამოყენება ჰპოვა ავტომატური მართვის სხვადასხვა ამოცანების გადასაწყვეტად. პირველად მოძრაობის ასეთი სახე გამოყენებულ იქნა ვიბრაციულ რეგულატორებში, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება საავიაციო, საავტომობილო გენერატორების ძაბვის რეგულირების პრაქტიკაში. როგორც შემდგომმა გამოკვლევებმა უჩვენეს მთელ რიგ შემთხვევებში სწორედ სრიალის რეჟიმის განხორციელებით მიიღწევა სასურველი ოპტიმალური რეგულირება.

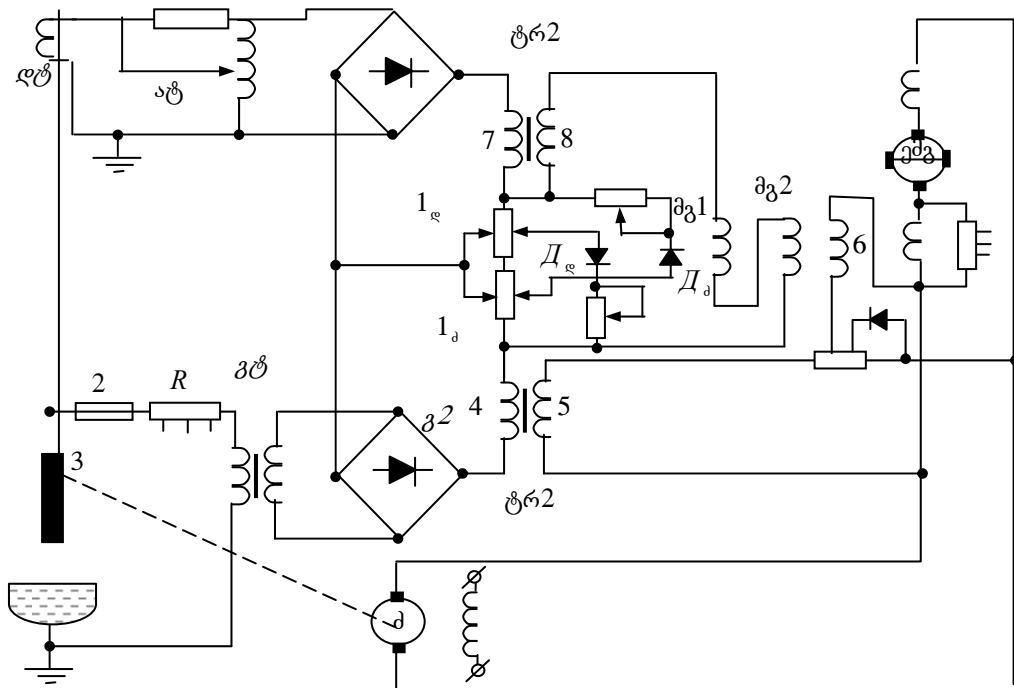
4.2. ელექტრული ღუმელის რკალის სიმძლავრის რეგულირების სისტემების კვლევა

მუშა ელექტროდების, რომელთა საშუალებით მიეწოდება ელექტრული ენერგია ღუმელის აბაზანას, მდგომარეობით განისაზღვრება ტექნოლოგიური პროცესის დედაარსი. ელექტროდების მოძრაობის მართვა ავტომატურად, ერთ-ერთ ძირითად ამოცანას წარმოადგენს. მათ მწყობრად მუშაობაზეა დამოკიდებული ენერგეტიკული პროცესების ოპტიმაზიციის საკითხები.

საშუალო ნახშირბადიანი ფერომანგანუმის წარმოების გაზრდის მიზნით ქ. ზესტაფონის ფეროშენადნობების ქარხანაში ჩვენს მიერ შემსწავლილ იქნა ქარხნის რეკონსტრუქციამდე და რეკონსტრუქციის შემდეგ არსებული მუშა ელექტროდების მართვის ავტომატიზირებული სისტემები.[9]

თავდაპირველად, ქარხნის რეკონსტრუქციამდე მუშა ელექტროდების გადასაადგილებლად გამოყენებული იყო ელექტრომექანიკური ამძრავი მართვის PMД –

4,5 ტიპის ავტომატური რეგულირების სისტემით, რომლის პრინციპიალურ სქემას ზოგადად ნახ. 4.15 ნაჩვენები სახე აქვს. [18,19]



ნახ. 4.15. რკალის სიმძლავრის რეგულატორის პრინციპიალური სქემა

რკალის დენის ძალის პროპორციული სიგნალი დენის ტრანსფორმატიდან **დტ** ავტოტრანსფორმატორის **ატ** და გამართველის **გ1** გავლით მიეწოდება შედარების ბლოკს **1დ-1ძ**, სადაც აგრეთვე დამცველის **2**, წინაღობის **R**, განმაცალკავებელი ტრანსფორმატორის და **გშ** გამართველის **გ2** გავლით მიეწოდება საწინააღმდეგო ნიშნის რკალის ძაბვის პროპორციული სიგნალი.

მოცემული სიგნალების სხვაობა მიეწოდება ელექტრომანქანური გამაძლიერებლის **ემგ** მართვის გრაგნილებს **მგ1-მგ2**, რომელიც კვებას მუშა ელექტროდის გადამაადგილებელ მუდმივი დენის ელექტრული ძრავის ღუზას.

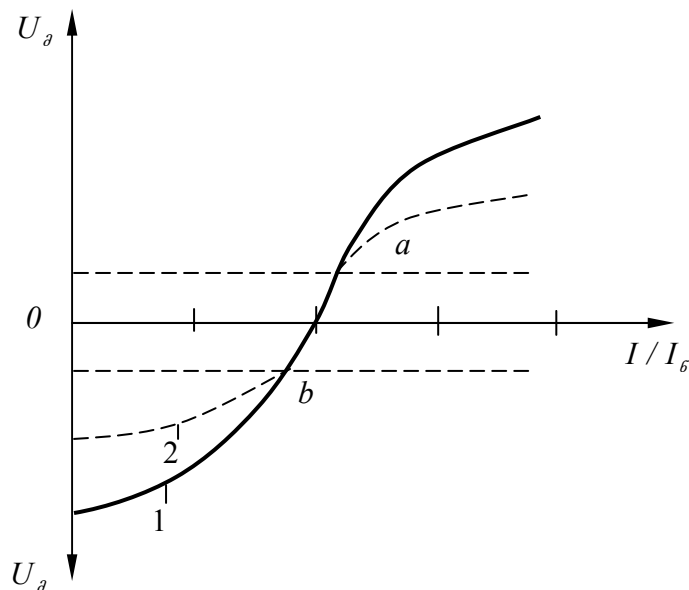
ტრ2 მასტაბილიზირებელი ტრანსფორმატორის 4-5 გრაგნილები ახორციელებენ **ემგ**-ის ძაბვის მოქნილ უარყოფით უკუკავშირს. მომკვეთი ვენტის-ლები $D_e - D_a$ შედარების სიგნალის გაზრდისას, ამცირებენ სისტემის გაძლიერების კოეფიციენტს. 6 გრაგნილი გამოიყენება მოქნილი უკუკავშირისათვის, ხოლო 7 და 8 მასტაბილიზირებელი ტრანსფორმატორის გრაგნილები – რკალის დენის ძალის წარმოებული სიგნალის შეასყვანად. ავტოტრანსფორმატორი **ატ** გამოიყენება

როგორც რეჟიმის დავალებად ასევე ის წარმოადგენს დროსელს, რომლის გაჯერება ხდება ღუმელში მოკლე შერთვებით.

წინაღობა R ამცირებს გ2 გამმართველზე მიწოდებულ ძაბვის სიდიდეს და იცვლება საღუმელო ტრანსფორმატორის ძაბვის საფეხურების გადართვასთან ერთად.

ელექტრული რეჟიმის დარღვევისას დენური სიგნალი მეტი იქნება ძაბვის სიგნალთან შედარებით ან პირიქით, ამიტომ შედარების ბლოკზე წარმოიშვება შედარების სიგნალის რაღაც სიდიდე, ამა თუ იმ პოლარობით, რომელიც მიეწოდება ემგ-s მართვის გრაგნილებს და განხორციელდება ელექტროდის გადაადგილების ელექტრული ძრავის ამუშავება რის შედეგადაც მუშა ელექტროდი გადაადგილდება ზევით ან ქვევით, მანამ სანამ არ აღსადგება მოცემული ელექტრული რეჟიმი.

ნახ. 4.16-ზე ნაჩვენებია რეგულატორის სტატიკური მახასიათებელი



ნახ. 4.16. რკალის სიმძლავრის რეგულატორის სტატიკური მახასიათებელი

$D_{\text{გ}}$ და $D_{\text{გ}}$ ვენტილების ჩართვისას იცვლება სტატიკური მახასიათებლის დახრა – 1 მრუდი იცვლება 2-ით, დაწყებული შემფოთებიდან რომელიც ნახაზზე a და b წერტილებით არის აღნიშნული, რაც უზრუნველყოფს აპერიოდულ ან მასთან ახლოს რეგულირებას. მასტაბილირებელი ტრანსფორმატორი წარმოადგენს დიფერენციალურ რგოლს რომლის საშუალებითაც სარეგულირებელი პარამეტრის ცვლილების სიჩქარის მიხედვით ხორციელდება რეგულირების კორექცია.

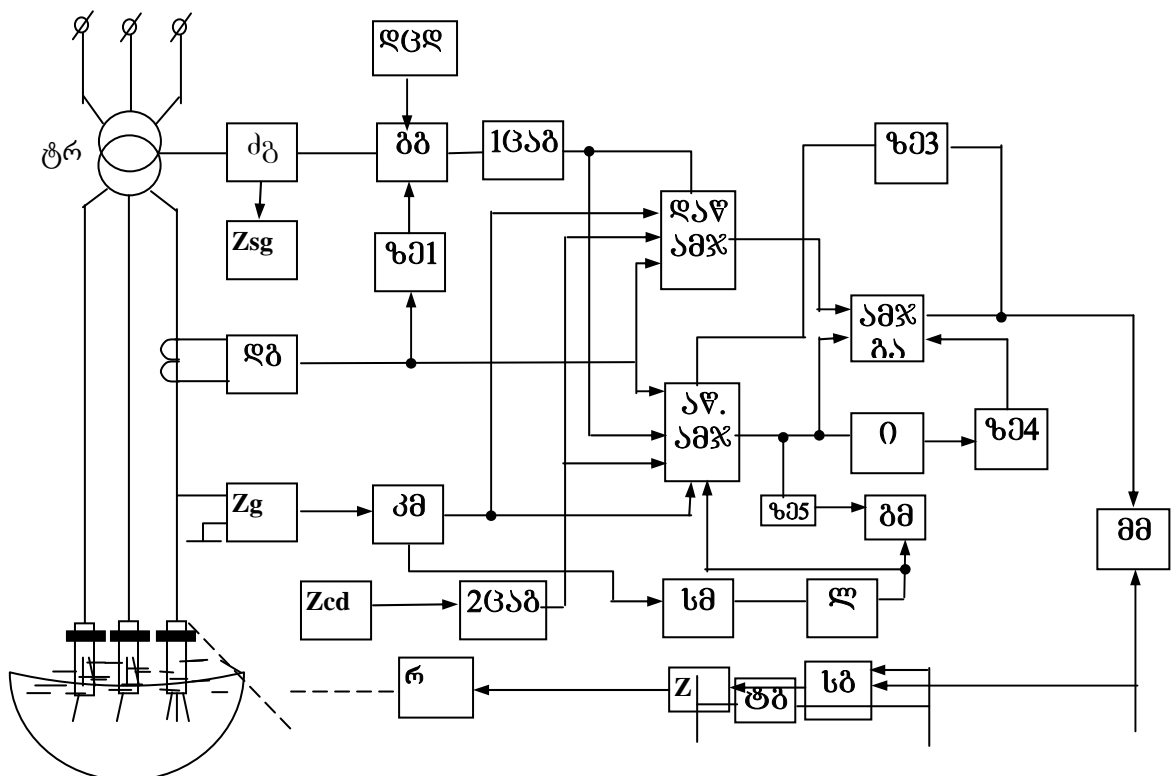
მუშა ელექტროდის გადასაადგილებლად გამოყენებულია მუდმივი დენის დამოუკიდებელ აგზნებიანი ძრავი - *ПНВ* - 45. სიმძლავრე - $P = 4,4$ კვტ; ბრუნთა რიცხვი - $n = 1500$ ბრ/წთ. მკვებავი ძაბვა $U = 220$ ვ; ძრავის გაშვება - $(0.8-1.0)$ წმ. დამუხრუჭება - 0.5 წმ; დროის ექვივალენტური მუდმივა - $T_{\text{ექ}} = 0,2$ წმ. რეგულატორი უზრუნველყოფს:

მუშა ელექტროდის გადაადგილების მაქსიმალური სიჩქარე - $1,5$ მ/წთ;
 არაგრძნობიარობის ზონა - 7% .

რეგულატორის ნაკლოვან მხარეს წარმოადგენს:

1. დაბალი მგრძნობიარობა
2. დაბალი სწრაფმოქმედება და სიზუსტე
3. დაბალი საიმედოობა და დასაშვებზე მეტი ხმაური
4. დენის ძალის დაბალი მნიშვნელობებისას რეგულატორის არამდგრადი მუშაობა
5. დავალების მომცემი ავტოტრანსფორმატორის არამდგრადობა.

რეკონსტრუქციის შემდეგ *PKO-5ΦM_н-II1* ტიპის ღუმელზე მუშა ელექტროდების გადასაადგილებლად გამოყენებული იყო ელექტრომექანიკური ამძრავი მართვის *APDMT-2* ტიპის ავტომატური რეგულირების სისტემით, რომლის სტრუქტურულ სქემას ნახ. 4.17-ზე ნაჩვენები სახე აქვს. [9].



ნახ. 4.17. რკალის სიმძლავრის ავტომატური რეგულატორის
სტრუქტურული სქემა

ნახაზზე:

ტრ – ტრანსფორმატორი; **დგ** – დენიოს გადამწოდი; **ძგ** – ძაბვის გადამწოდი; **კმ** – კორექციის მოწყობილობა; **აწ. ამჯ** – აწევის ამჯამველი; **დაწ. ამჯ** – დაწევის ამჯამველი; **ამჯ. გ.** – ამჯამავი გამაძლიერებელი; **ცაგ** – ციფრული –ანალოგიური გარდამსახი; **ი** – ინტეგრატორი; **დცდ** – დენის ციფრული დავალების მოწყობილობა; **ზე** – ზღვრული ელემენტი; **ძსგ** – ძაბვის საფეხურის გამშიფვრელი; **ძცდ** – ძაბვის ციფრული დავალების მოწყობილობა; **სგ** – სიმძლავრის გამაძლიერებელი; **მმ** – მართვის მოწყობილობა; **ძ** – მუდმივი დენის დამოუკიდებელ აგზნებიანი ძრავი. **ტგ** – ტაგოგენერატორი.

რეგულატორის მოქმედების პრინციპი შემდეგში მდგომარეობს:

ღუმელის გაშვებისთანავე ძაბვის გადამწოდის გამოსასვლელზე გაჩნდება ელექტროდზე არსებული ძაბვის პროპორციული სიგნალი, რომელიც გაივლის კორექციის მოწყობილობას **კმ**. სიგნალის სიდიდე დამოკიდებულია ღუმელის ტრანსფორმატორის ძაბვის საფეხურებზე. კორექციის მოწყობილობიდან სიგნალი მიეწოდება აწევისა და დაწევის ამჯამველებს. რკალის დენის არსებობისას დენის გადამწოდიდან მიეწოდება სიგნალი დაწევისა და აწევის ამჯამველებს და ზღვრულ ელემენტს. როდესაც რკალის დენი აჭარბებს თავის ნომინალურ სიდიდეს 1% - ოდენობით მაშინ მოხდება ზღვრული ელემენტის ამუშავება – გამხსნელი გასაღები რკალის დენის ციფრული დავალებიდან ციფრულ-ანალოგიურ გარდამსახს ორობით-ათობით კოდში მიაწვდის რკალის დენის დავალების სიგნალს, რომლის გამოსასვლელიდან სიგნალი მიეწოდება დაწევისა და აწევის ამჯამველებს. ამ ამჯამველებს მიეწოდება აგრეთვე **2 ცაგ**-დან გამომავალი სიგნალი. **2 ცაგ** –ს მიეწოდება სიგნალი ორობით-ათობით კოდში ძაბვის ციფრული დავალებიდან. დაწევისა და აწევის ამჯამველებში ხორციელდება ზემო აღნიშნული სიგნალების აჯამვა და იმაზე დამოკიდებულებით თუ როგორია რეზულტატური სიგნალის პოლარობა და იგი აჭარბებს თუ არა არაგრძნობიარობის ზონის სიდიდეს ამჯამავი გამაძლიერებლის შესასვლელზე **ამჯ.გ** სიგნალი მიეწოდება ან დაწევის ამჯამველიდან ან აწევის ამჯამველიდან, რის შედეგადაც ელექტროდის

გადამაადგილებელი ძრავი გაჩერებულია ან გადაადგილების ელექტროდს ზევით ან ქვევით, მოცემული რეჟიმის სიდიდის ნიშნის გადახრის შესაბამისად. ზღვრული ელემენტი **ზე2** აკონტროლებს ღუმელის ფაზების მოკლე შერთვის რეჟიმს და ლოგიკურ ელემენტთან ერთად ახორციელებს, მოკლე შერთვის დროს ავტომატურ მარეგულირებელ ზემოქმედებებს.

ზღვრული ელემენტები **ზე3, ზე4** და **ი** ინტეგრატორი განსაზღვრავენ მოცემულიდან გადახრის ინტეგრალურ სიდიდეს და გადაჰყავთ რეგულატორი გამაძლიერებლის მუშაობის რელეურ რეჟიმში. ძაბვის საფეხურების ნორმების გამშიფრავი **შმს** გარდაქმნის ინფორმაციის **ტრ** ტრანსფორმატორის საფეხურების ნომრის შესახებობრობით კოდში და აგზავნის რეგულატორის კორექციის მოწყობილობაში.

ელექტროდის საშვებისას დაწვევის ამჯამველის გამოსასვლელიდან, ზემო აღნიშნულის თანახმად მიეწოდება ამჯამვე გამაძლიერებელს **ამ.გ.** შემდეგ მის გამოსასვლელიდან ხდება სიგნალის მიწოდება მართვის მოწყობილობაზე, საიდანაც ხდება სიგნალის მიწოდება სიმძლავრის გამაძლიერებელზე **სგ.** სიმძლავრის გამაძლიერებელი ტირისტორული გარდამსახთან ერთად მართავს ელექტროდის გადამაადგილებელ ძრავს ქ. ელექტროდის ჩამოშვების სიჩქარის სიდიდე დგინდება **ზეგ5** – ზღვრული ელემენტის მეშვეობით.

მას შემდეგ რაც ელექტროდი მიაღწევს კაზმს, რასაც შეესაბამება ძაბვის გადამწოდის **Zg** გამოსასვლელზე სიგნალის გაქრობა, ელექტროდი ჩერდება. აქვე უნდა აღინიშნოს რომ ამ დროს დენის გადამწოდის გამოსასვლელზე არ არსებობს სიგნალი, რომელიც მიგვანიშნებს რკალის დენის არსებობაზე.

ელექტროდის გადამაადგილებელი ელექტრული ძრავის ტექნიკური მონაცემებია:

ძრავის ტიპი – 2ПБВ 112SYxJ14

ბრუნვის ღერძის სიმაღლე – 112 მმ

ძრავის პირობითი სიგრძე – საშუალო

ხანგძლივი ბრუნავი მომენტი გახურებული დამუხრუჭებულ მდგომარეობაში – 156.მ.

ხანგრძლივი დენი დამუხრუჭებულ მდგომარეობაში არაუმეტეს – 28 ა.

მბრუნავი მომენტი დამუხრუჭებულ მდგომარეობაში – 17 ნ.მ.

მაქსიმალური ბრუნვის სიხშირე – 2000 ბრ/წთ.

მინიმალური ბრუნვის სიხშირე – (1060÷1000)ბრ/წთ

სიმძლავრე – 1,9 კვტ.

მაბზა გახურებულ მდგომარეობაში, როცა ბრუნვის სიხშირე არის

0,25 $n_{მაქს}$ – 33 ვ.

მაქსიმალური ბრუნვის სიხშირის დროს – 110 ვ.

მქკ – როცა ბრუნვის სიხშირე არის 0,25 $n_{მაქს}$ – 75 %.

მაქსიმალური მბრუნავი მომენტი – 130 ნ.მ.

კუთრი ხვედრითი მასა 2,2 კგ/ნ.მ.

ძრავი მუშაობს ხანგრძლივ S1 რეჟიმში *FOCT183* – 74

ხანგრძლივი მომენტით 17,5 (დამუხრუჭებულ მდგომარეობაში) – ბრუნვის სიხშირის დიაპაზონში 0-დან 0,25 $n_{მაქს}$.

ძრავის მუშაობა დასაშვებია ხანმოკლე S2 და განმეორებით ხანმოკლე S5 რეჟიმებში *FOCT183* – 74.

განმეორებით-ხანმოკლე S5 რეჟიმში მუშაობის დროს საშუალოკვადრატული დენი არ უნდა აღემატებოდეს ხანგრძლივს.

ძრავზე დამონტაჟებულია სამუხრუჭო ელექტრომაგნიტი, რომელიც წარმოადგენს ზამბარიანი ხუნდების მუხრუჭების ელექტროამძრავს. ზამბარიანი ხუნდების მუხრუჭის სერია-*TK*. ძრავზე შეიძლება დამონტაჟდეს *LTSα-11c – ПHP* გზის გადამწოდი და *BE-178TV-0,24-5168-80* ტიპის ფოტოელექტრული მზომი გარსდამსახი.

ძრავის მასა – 34,5 კგ.

აღნიშნულ რეგულატორში ტირისტორების არსებობამ საშუალება მისცა შექმნილიყო შედარებით უინერციო და სწრაფმოქმედი რეგულირების სისტემა. მისი ტექნიკური მახასიათებლებია:

არაგრძობიარობის ზონა – (1-10)%

ელექტროდის გადასაადგილებელი ელექტრული ძრავის გაშვება–0,6 წმ,

დამუხრუჭება - 0,3 წმ.

ელექტროდის გადაადგილების სიჩქარე 5 მ/წთ.

სტატიკური მახასიათებელი – პროპორციულ-რელეური.

APDMT – 2 ტიპის რეგულატორების ექსპლუატაციურ გამოცდილებები გვიჩვენებს რომ მათ შეუძლია გაზარდონ ელექტროღუმელების წარმადობა 1-1,5%-ით და შეამცირონ ელექტროენერგიის ხარჯები (0,5-1)%-ით. მიუხედავად ზემო აღნიშნულისა ამ ტიპის რეგულატორებმა ვერ ჰპოვეს გამოყენება, რაც დაკავშირებულია შემდეგ ნაკლოვანებებთან:

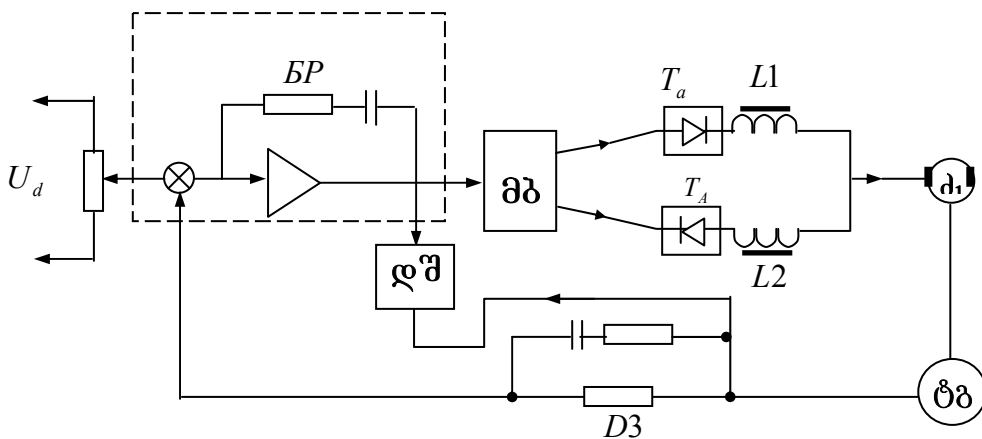
1. სქემის სირთულის გამო ადგილი აქვს ცალკეული ბლოკების მწყობრიდან გამოსვლას.
2. მაღალი არაგრძნობიარობის ზონის სიდიდე.
3. ელექტროდების გადასაადგილებელი ძრავის გადახურებისაგან დაცვის არ არსებობა.

ყოველივე ეს უარყოფითად მოქმედებს ღუმელის მუშაობის რეჟიმზე. იზრდება დნობის ხანგრძლივობა, ირღვევა თბური რეჟიმები, კაზმით აბაზანის შევსების ჰარმონია.

3.3. საღუმელო აგრეგატის მუშა ელექტროდების გადაადგილების მართვის სისტემების კვლევა და დამუშავება

მიკროელექტრონული ტექნიკის განვითარებამ, მარტივი და იაფი იმპულსური ფოტოელექტრონული გადამწოდების არსებობამ, რომლებიც აღჭურვილია მართვის ციფრული სისტემებით განაპირობა ავტომატური რეგულირების სისტემების ეკონომიური, ენერგეტიკული და ტექნიკური მახასიათებლების ამაღლება.

ნახ 4.18-ზე ნაჩვენებია ЭТ3И ტიპის ელექტრული ამძრავის ავტომატური რეგულირების სისტემის სტრუქტურული სქემა. [26]



ნახ 4.19. რკალის სიმძლავრის რეგულირების სისტემის სტრუქტურული სქემა.

ნახაზზე:

U_{ρ} - დავალების სიგნალი;

რბ – რეგულირების ბლოკი;

დმ – დენის შეზღუდვა;

მბ – მართვის ბლოკი;

T_a, T_k - ტირისტორების ანოდური და კათოდური ჯგუფი;

$L1, L2$ - გამათანაბრებელი დროსელები.

ძ – ელექტრული ძრავი;

ტგ – ტახოგენერატორი;

აგ – ელექტრული ძრავის აგზნების გრაგნილი.

ნახ. 4.18 – ზე ნაჩვენები რეგულირების ბლოკის დანიშნულებაა ბრუნვის სიხშირის მოცემულ და ფაქტიურ მნიშვნელობებს შორის შედარების სიგნალის გაძლიერება. სიგნალის მოცემული მნიშვნელობა მიეწოდება სიჩქარის დავალებიდან, ხოლო ფაქტიური სიგნალის მნიშვნელობა, რომელიც ძრავის ბრუნვის სიხშირის პროპორციულია – ტახოგენერატორიდან. რეგულირების ბლოკის გაძლიერების კონტური შედგება ორი მიმდევრობით შეერთებული ოპერაციული გამაძლიერებლისგან, რომლებიც შესრულებულია ინტეგრალურ მიკროსქემებზე. მართვის ბლოკის დანიშნულება ტირისტორების ანოდური და კათოდური ჯგუფებისათვის მართვის იმპულსების ფორმირება.

სიჩქარის დავალება – რევერსიული გადამრთველი ბრუნვის მიმართულების შესაცვლელად. გამოყენებული რეგულატორის ტიპი - **p – i**. გამოყენებული ელექტრული ძრავის ტიპები: ПСТ, ПБСТ, ДК1, ПБВ, 2П, 2ПБВ.

ძირითადი მონაცემები:

რეგულირების დიაპაზონი – 1 : 1000

სიმძლავრის დიაპაზონი – (0,025 – 2) კვტ.

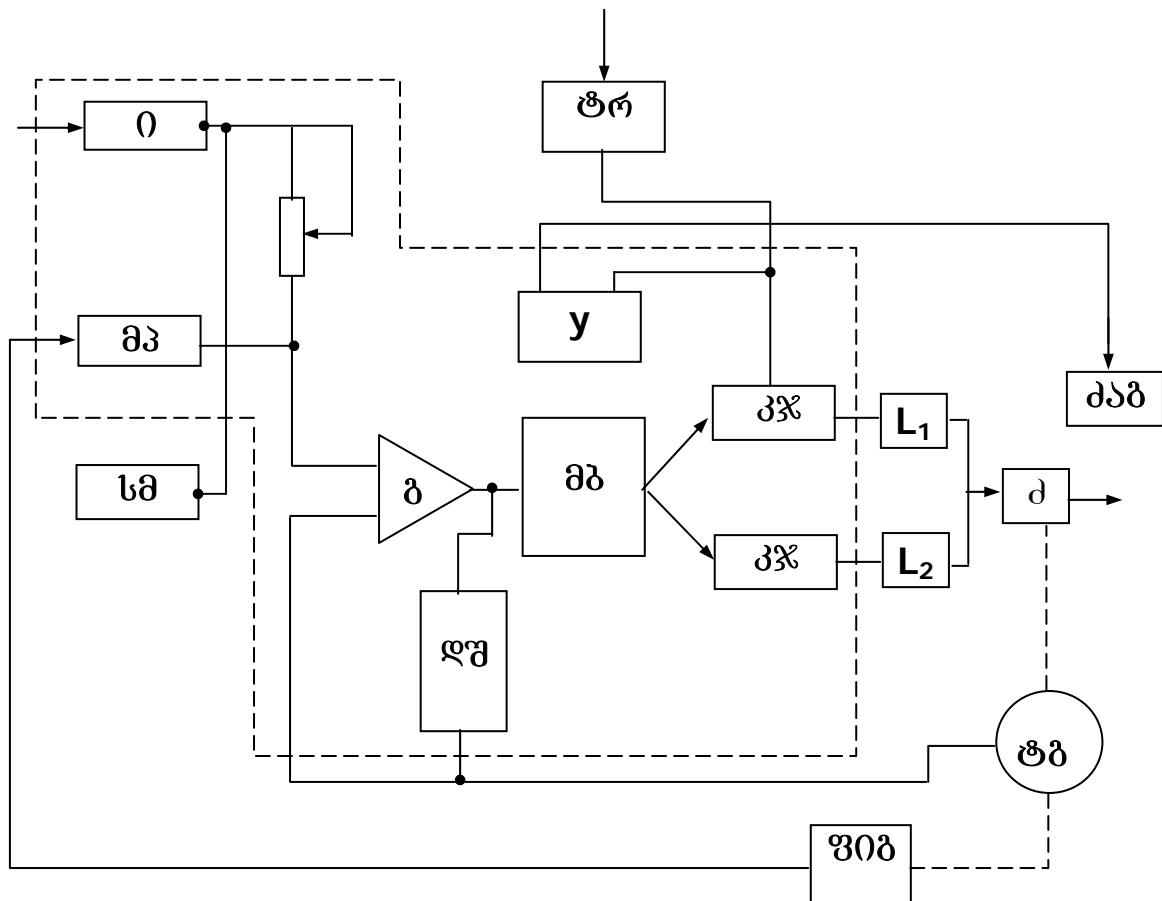
გამოყენებული გარდამსახების რიცხვი – 2.

ძრავის ღუზის წრედში უწყვეტი დენების არსებობისათვის გამოყენებულია ტირისტორების შეთანხმებული მართვა. მუდმივი დენის ძრავის კვება ხორციელდება ძალოვანი გამმართველი ბლოკიდან ძგბ, რომელიც შეიცავს ტირისტორების ანოდურ

და კათოდურ ჯგუფებს - T_s , T_j ; გამათანაბრებელი დენების შეზღუდვის მიზნით გამოყენებულია L_1 და L_2 დროსელები.

რეგულირების სიზუსტის – (პოზიციურ რეჟიმში მუშაობისათვის გაზრდის მიზნით რეგულირების სისტემის გარდამსახში დამატებულია ორი ბლოკი და გამოყენებულია ძრავის ლილვის მდგომარეობის ფოტოიმპულსური გადამწოდი, რომელიც მოთავსებულია ელექტრულ ძრავაზე.

ნახ. 4.19-ზე ნაჩვენებია ΣTA ელექტრული ამძრავის სტრუქტურული სქემა



ნახ. 4.19. ელექტრული ღუმელის მუშა ელექტროდების ΣTA –ტიპის ელექტროამძრავის რეგულირების ბლოკის სტრუქტურული სქემაა.

რკალის სიმძლავრის ავტომატური რეგულირების სისტემა შეიცავს $\Sigma T3H$ ტიპის ელექტრული ამძრავის ავტომატური რეგულირების სისტემის ანალოგიურ ნაწილებს და ციფრულ ნაწილს – გარდამსახში იმპულსურ – ანალოგიური დავალების სიგნალის

სახით. რეგულირების სისტემა მუშა ორგანოს მდებარეობის რეგულატორს წარმოადგენს, რომელიც მუშაობს პოზიციურ და მიმყოლ რეჟიმებში, რისთვისაც ЭТЗИ ტიპის ელექტრული ამძრავის რეგულირების სისტემაში დამატებულია ინტეგრატორი პი, გამაძლიერებელი გ და ფოტოიმპულსური გადამწოდი ფიგ მოთავსებული ელექტრული ძრავის ლილვზე.

მართვის მოწყობილობიდან მმ ინტეგრატორის შესასვლელზე i მიეწოდება უნიტარული კოდის სახით დავალების სიგნალები, რომლის სიხშირე განსაზღვრავს ელექტრული ძრავის ბრუნვის სიხშირეს, ხოლო მათი რაოდენობა – ელექტრული ძრავის ლილვის კუთხური გადაადგილების სიდიდეს. მანდვე მდებარეობის გადამწოდიდან მიეწოდება მართვის ბლოკში წინასწარ გარდაქმნილი უკუკავშირის სიგნალების იმპულსები. შესაბამისი დამუშავების შემდეგ დავალების და უკუკავშირის სხვაობა ანალოგიური ფორმით მიეწოდება გამაძლიერებელს გ. მიმყოლ რეჟიმში გამაძლიერებელი, დავალების სიხშირის პროპორციონალურ სიჩქარის ცდომილების მაკომპენსირებელ სიგნალს გამოიმუშავებს. პოზიციურ რეჟიმში ეს სიგნალი დამოკლებულია. მიმყოლ რეჟიმში სიჩქარის ცდომილების მაკომპენსირებელი რგოლის დანიშნულებაა იმპულსური ფორმის დავალების სიგნალის გარდაქმნა ანალოგიურ ფორმაში. ეს სიგნალი მიეწოდება უშუალოდ ЭТЗИ ელექტრული ამძრავის სიჩქარის კონტურის გამაძლიერებლის შესასვლელს, რომელიც აკომპენსირებს მოცემული და ფაქტიური სიჩქარეების შედარების სიგნალის სიდიდეს.

შედარების სიგნალის გაზრდასთან ერთად შესაბამისად იზრდება სიჩქარის ცდომილების კომპენსაციის სიგნალიც.

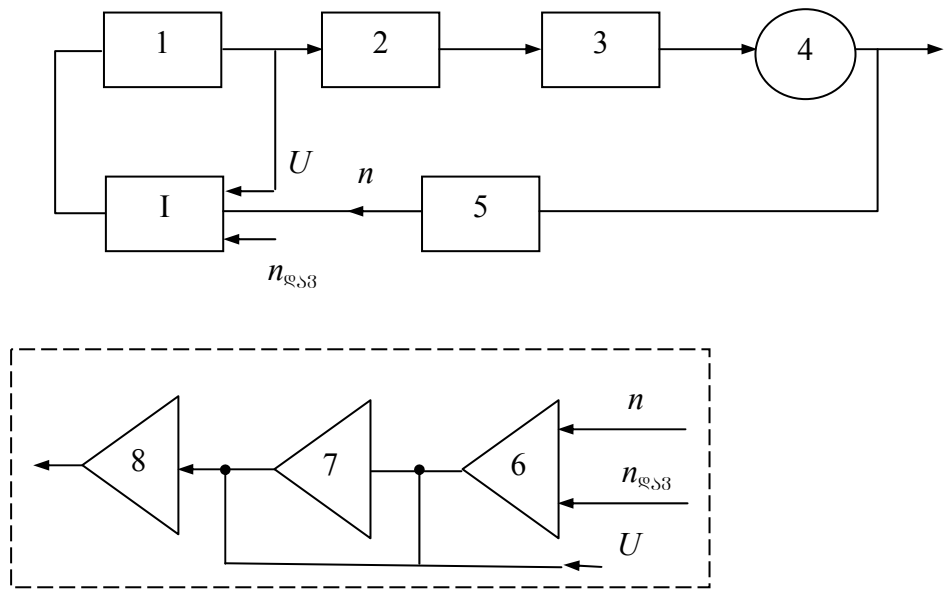
ინტეგრატორის გამომავალი ძაბვის პულსაციის შესამცირებლად დავალების სიგნალები ფართოვდება. გაფართოების სიდიდე იზღუდება სიდიდით:

$$K_{გაფ} = \frac{500 \text{ კჰც}}{16000 \text{ ჰც}} - 1$$

ფოტოიმპულსურ გადამწოდს გააჩნია ორი სვეტადიოდი. სინათლის ნაკადის, დანაყოფებიანი დისკოთი გადაკვეთა ქმნის იმპულსების ორ ნაკადს, რომლებიც ერთმანეთთან დაძრულია 90⁰-ით. ერთი არხის იმპულსების ჩამორჩენა ან გასწრება მეორე არხის იმპულსებთან მიმართებაში განსაზღვრავს ძრავის ბრუნვის მიმართულებას.

ზოგიერთ შემთხვევაში, განსაკუთრებით კი რეგულირების დიაპაზონის ქვედა ნაწილში ზემოაღნიშნული ავტომატური რეგულირების სისტემები ვერ აკმაყოფილებენ ტექნოლოგიით მოთხოვნილ დინამიურ მახასიათებლებს. აღნიშნული ნაკლოვანობის გათვალისწინებით ქ. მოსკოვის ექსპერიმენტალურ კვლევით ინსტიტუტში «ЭНИМС» ЭТЗИ და ЭТЗИР ტიპის ამძრავების ავტომატური რეგულირების სისტემებში ექსპერიმენტულად გამოცდილი იქნა სრიალის რეჟიმში მომუშავე რელეური რეგულატორები. [9,21]

ნახ. 3.20. ნაჩვენებია სრიალის რეჟიმში მომუშავე რკალის სიმძლავრის რეგულირების სისტემის სტრუქტურული სქემა.



ნახ 4.20. რკალის სიმძლავრის რეგულირების სტრუქტურული სქემა.

ნახაზზე:

- 1 – გამაძლიერებელი;
- 2 – ინტეგრატორი;
- 3 – გარდამსახი;
- 4 – ელექტრული ძრავი;
- 5 – ტახოგენერატორი;
- I – რელეური რეგულატორი;
- 6 – ოპერატორიული გამაძლიერებელი;
- 7 – ინტეგრატორი;

8 - კომპარატორი.

n - ფაქტიური სიგნალი;

$n_{\text{დვ}}$ - დავალების სიგნალი.

ოპერაციული გამაძლიერებლის 6 პირდაპირ და უკუშესასვლელებს მიეწოდება დავალების და ფაქტიური შესადარებელი სიგნალები, რომელთა შედარების შემდეგ შედარების სიგნალი ინტეგრირდება ოპერაციულ გამაძლიერებელში 7, საიდანაც მიეწოდება კომპარატორს 8, სადაც ხორციელდება გადართვის \bar{S} ფუნქციის ფორმირება.

$$\bar{S} = K_1 \int_0^t \Delta n + K_2 \Delta n - K_3 u \quad 3.5$$

სადაც: K_1 ; K_2 ; K_3 მუდმივი კოეფიციენტებია.

$$\Delta n = n_{\text{დვ}} - n$$

$n_{\text{დვ}}$ - ბრუნვის სიხშირის მოცემული მნიშვნელობა

n - ბრუნვის სიხშირის ფაქტიური მნიშვნელობა.

როდესაც დავალების სიგნალი არ არსებობს $n_{\text{დვ}}=0$, რელეური რეგულატორი დაახლოებით 10 კვც სიხშირით გადაირთვება დადებითი ზონიდან უარყოფითში და პირიქით. ამ დროს $\bar{S}=0$ და ელექტრული ძრავი გაჩერებულია. დავალების სიგნალის არსებობისთანავე ინტეგრატორის 2 მდგრადობის შესაბამისად გადართვის ფუნქცია \bar{S} ებუღობს დადებით ან უარყოფით მნიშვნელობას და კომპარატორის 8 გამოსასვლელზე მყარდება მუდმივი სიგნალი, რომელიც გამაძლიერებლის 1 გაჯერების ძაბვის ტოლია. ეს სიგნალი ინტეგრატორის 2 გავლით მართავს ტირისტორული გარდამსახის 3 ძაბვის სიდიდეს, რომელიც უზრუნველყოფს ელექტრული ძრავის 5 გაშვებას. ამ დროს ელექტრული ძრავის სიჩქარე მოცემულ მნიშვნელობას უახლოვდება მაღალი სწრაფმოქმედებით. მას შემდეგ რაც ფუნქცია $\bar{S}=0$ რელეური რეგულატორი კვლავ გადადის სრიალის რეჟიმში, და ა.შ.

რეგულირების სისტემის მოძრაობა აღიწერება შემდეგი დიფერენციალური განტოლებით:

$$\frac{K_1 K}{K_3 K_{\omega} \cdot T_{\theta} T_{\rho}} \int_0^t \Delta n \Delta t + \left(\frac{K_2 K}{K_3 K_{\omega} T_{\theta} T_{\rho}} + \frac{1}{T_{\theta} T_{\rho}} \right) \Delta n + \frac{1}{T_{\omega}} \Delta \dot{n} + \Delta \ddot{n} + \Delta n = 0 \quad 4.23$$

$$K = K_1 K_2 K_3 K_W$$

T_g, T_{ρ} - დროის მიდმივები

K_W - ელექტრული ძრავის უკუელექტრომამოძრავებელი ძალის კოეფიციენტი.

$K_1 K_2$ და K_3 კოეფიციენტების შერჩევა ისეთნაირად ხდება, რომ სრიალის რეჟიმში უზრუნველყოფილი იყოს მოთხოვნილი დინამიკა.

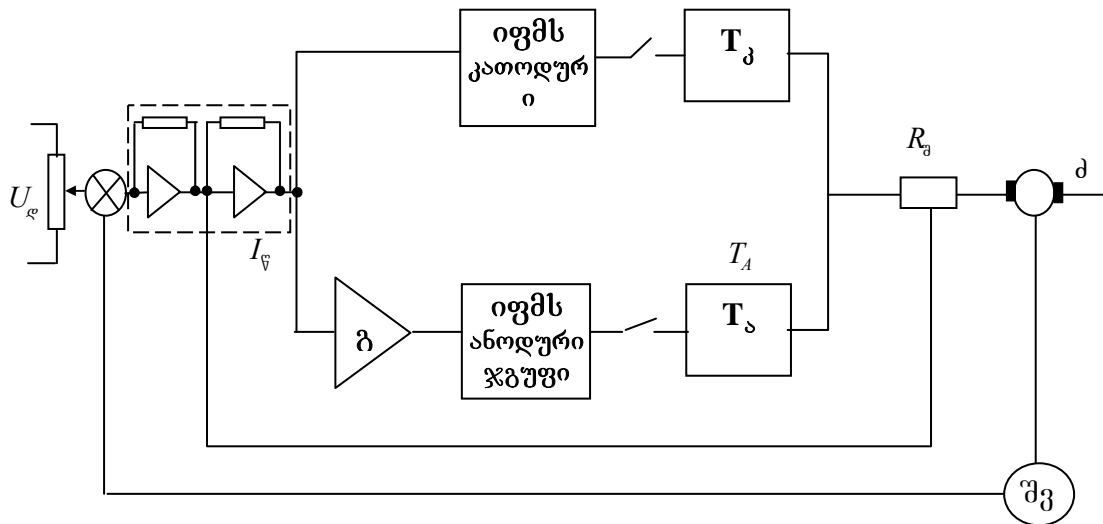
სრიალის რეჟიმში რელეური რეგულატორი I ექვივალენტურია გამაძლიერებლის გაძლიერების უსასრულო კოეფიციენტით, რის გამოც სისტემა ასტატიკურის ექვივალენტურია, როგორც მოცემული ისე შემაშფოთებელი ზემოქმედებების მიმართ. სიჩქარის დინამიური ვარდნის კომპენსაცია, ასევე მოცემული სიჩქარის დამუშავება ხორციელდება მაღალი სწრაფმოქმედების პირობებში.

გადართვის ფუნქციის \bar{N} მაფორმირებლის გამოყენება – კომპარატორი, საშუალებას გვაძლევს თავიდან ავიცილოთ ელექტრული ძრავის გასაზომი სიჩქარის სიგნალის ელექტრული დიფერენცირება.

ყოველივე ეს უზრუნველყოფს მაღალ სიზუსტეს და სწრაფმოქმედებას გარეგანი და პარამეტრული შეშფოთებების ზემოქმედების პირობებში.

რელეური რეგულატორის ბლოკში გამოყენებული მიკროსქემების სერიაა $K553YD2$.

რკალური ღუმელის რკალის სიმძლავრის რეგულირების სრიალის რეჟიმში მომუშავე ЭТЗИР ტიპის ელექტრული ამძრავის ავტომატური რეგულირების სისტემის სტრუქტურულ სქემას ნახ. 4.25 ნაჩვენები სახე აქვს.



ნახ. 4.21. რკალის სიმძლავრის რეგულირების სისტემის სტრუქტურული სქემა.

ნახაზზე:

რბ – რეგულირების ბლოკი;

$U_{დ}$ - დავალების სიგნალი;

გ – გამამდიერებელი;

იფმს – იმპულსურ-ფაზურ მართვის სისტემა.

T_4 - ტირისტორების ანოდური ჯგუფი.

T_3 - ტირისტორების კათოდური ჯგუფი.

R_3 - შუნტის წინაღობა.

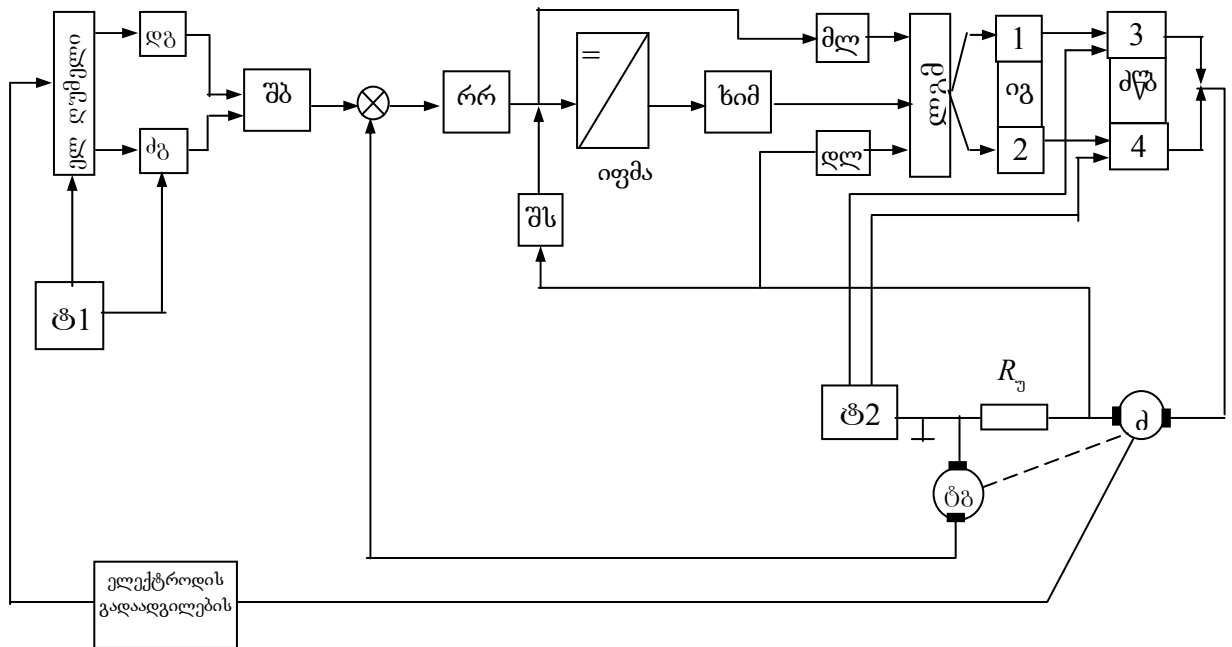
მ – ელექტრული ძრავი.

ტგ – ტახოგენერატორი.

ЭТ3ИР ტიპის ელექტრული ამძრავის ავტომატური რეგულირების სისტემის განსხვავება ЭТ3И ტიპის ელექტრული ამძრავის ავტომატური რეგულირების სისტემიდან მდგომარეობს შემდეგში: გამათანაბრებელი რეაქტორების არ არსებობა, დენშემზღუდვის მდორე რეგულირების არსებობის შესაძლებლობა, ძრავის სიმძლავრის გაზრდის შესაძლებლობა. ყოველივე ეს მიიღწევა ტირისტორების განცალკევებული მართვის სქემის გამოყენებით, იმპულსურ-ფაზურ მართვის ახალი სქემის გამოყენებით, ლოგიკური სქემის არსებობით, ღუზის წრედში დენური უკუკავშირის შეყვანით და სიმძლავრის გამამდიერებლებისთვის $KTC-6T3$ ტრანზისტორული ნაკრების გამოყენებით.

ლოგიკური ბლოკის ლბ გამოყენებით გამორიცხულია ტირისტორების ორთავე ჯგუფის ერთდროული მუშაობა. იგი უზრუნველყოფს ძალოვანი სქემის ინტეგრატორის ჩაშლისაგან დაცვას.

დინამიური მახასიათებლების გაუმჯობესების მიზნით რკალის სიმძლავრის რეგულირების *ЭТЗИР* ტიპის ელექტრული ამძრავის ავტომატური რეგულირების ბლოკში გამოყენებულ იქნა სრიალის რეჟიმებში მომუშავე რელეური რეგულატორი. ნახ. 3.23. ნაჩვენებია რკალის სიმძლავრის სრიალის რეჟიმში მომუშავე *ЭТЗИР* ტიპის ელექტრული ამძრავის ავტომატური რეგულირების სისტემის სტრუქტურული სქემა. [9].



ნახ. 4.23. რკალის სიმძლავრის რეგულირების სისტემის სტრუქტურული სქემა

ნახაზზე:

ტ1, ტ2 – ტრანსფორმატორი;

დგ – დენის გადამწოდი;

ძგ – ძაბვის გადამწოდი;

რრ – რელეური რეგულატორი;

იფმა – იმპულსურ-ფაზურ მართვის სისტემა;

ხიმ – ხანგრძლივი იმპულსების მაფორმირებელი;

მლ – მართვის ლოგიკა;

დლ – დენური ლოგიკა;

ლგმ – ლოგიკური გადამრთველი მოწყობილობა;

იგ – იმპულსური გამაძლიერებელი;

შს – შემზღუდვის სისტემა;

ტგ – ტახოგენერატორი;

ძვბ – ძალოვანი ვენტილური ბლოკი;

შტ – შემათანხმებელი ტრანსფორმატორი;

ძ – მუდმივი დენის დამოუკიდებელ აგზნებიანი ელექტრული ძრავი;

ძაგ – ძრავის აგზნების გრაგნილი;

კბ – კვების ბლოკი.

$R_{\text{შ}}$ - შუნტის წინალობა.

ძალოვანი ვენტილების ბლოკი გარდაქმნის ცვლად ძაბვას გამართულ რეგულირებად ძაბვად. იგი შეიცავს კათოდურ 3 და ანოდურ 4 ტირისტორების ჯგუფს, რომლებიც შერთებულია სამფაზა ნულოვანი სქემით და იკვებება შემათანხმებული ტრანსფორმატორის $T1$ მეორადი გრაგნილით.

სრიალის რეჟიმში მომუშავე რელეური რეგულატორი აძლიერებს მოცემული და ფაქტიური მნიშვნელობების შედარების სიგნალს. მოცემული მნიშვნელობა მიეწოდება სიჩქარის მოცემის ბლოკიდან, ხოლო ფაქტიური სიგნალის შესაბამისი მნიშვნელობა – ტახოგენერატორიდან, და პროპორციულია ელექტრული ძრავის ბრუნვის სიხშირის. რელეური რეგულატორი აწყობილია $K553YII2$ ტიპის მიკროსქემებზე და შეიცავს გამაძლიერებელს, კომპარატორს, ინტეგრატორს და ელექტროძრავის დენის შემზღუდვის სისტემას რომელიც იცავს ელექტროძრავს გადატვირთვისაგან. იმპულსურ-ფაზურ მართვის სისტემის დანიშნულებაა დროის განსაზღვრულ მომენტებში გამოიმუშავოს და გასცეს მართვადი იმპულსები. ის აწყობილია მართვის ვერტიკალურ პრინციპზე და შედგება ფაზოდამძვრელი $R-C$ წრედისგან, მაფორმებლებისაგან ტრანზისტორულ გასაღებზე, ლოგიკური მოწყობილობისაგან, ინტეგრატორისაგან დადებითი უკუკავშირით და ხანგრძლივი იმპულსების მაფორმირებლისაგან ტრანზისტორულ გასაღებზე, ლოგიკური

მოწყობილობისაგან, ინტეგრატორისაგან დადებითი უკუკავშირით და ხანგრძლივი იმპულსების მაფორმირებლისაგან **ხიმ**.

ლოგიკური მოწყობილობის დანიშნულებაა ერთდროულად გასცეს ორი ბრძანება

„თანხმოება“ და „აკრძალვა“ იმაზე დამოკიდებულებით თუ როგორი

პოლარობისაა რელეური რეგულატორის გამოსასვლელი სიგნალი. თუ ეს

სიგნალი დადებითია ლოგიკური მოწყობილობა გასცემს ბრძანებას იმპულსების

მიწოდებისა კათოდურ ჯგუფზე, ხოლო აკრძალავს იმპულსების გაცემას ანოდურ

ჯგუფზე. მაშასადამე, უზრუნველყოფილია შერჩევა ტირისტორების მუშა და არა

მომუშავე ჯგუფის.

დენური ლოგიკა **დლ** იძლევა აგრეთვე ორ ბრძანებას „ნებერთვა“ და „აკრძალვა“ შუნტის წინააღმდეგ R_{η} მოხსნილი სიგნალის პოლარობის შესაბამისად. შუნტის წინააღმდეგ სიგნალი გვამლევს ინფორმაციას როგორც ძალოვან წრედში დენის არსებობის ან არარსებობის შესახებ ასევე თუ რომელი ჯგუფია ტირისტორების ჩართული. მაგალითად, თუ მუშაობს ტირისტორების კათოდური ჯგუფი მაშინ R_{η} -დან მოხსნილ სიგნალს დადებითი პოლარობა აქვს, ხოლო თუ მუშაობს ტირისტორების ანოდური ჯგუფი-უარყოფითი. დენური ლოგიკა მუშაობს ისეთნაირად რომ დენის არარსებობის დროს იძლევა ნებართვას ტირისტორების ნებისმიერი ჯგუფის ჩართვაზე. ამ დროს განსაზღვრული ტირისტორების ჯგუფის ამუშავება უზრუნველყოფილია ლოგიკური მოწყობილობით **ლმ**. როგორც კი ჩაირთვება განსაზღვრული ჯგუფი ტირისტორების და წარმოიშვება ძალოვან წრედში დენი, დენური ლოგიკა მაშინვე გასცემს ბრძანებას „აკრძალვა“ ტირისტორების მეორე ჯგუფის ტირისტორებას ჩართვაზე და ბრძანებას „ნებერთვა“ მომუშავე ჯგუფის მუშაობაზე. მაშასადამე დენური ლოგიკა უზრუნველყოფს ძალოვანი ვენტელური ბლოკის არაავარიულ რეჟიმს.

ლოგიკური გადართვის მოწყობილობის **ლგმ** დანიშნულებაა ძალოვან ვენტელური ბლოკზე იმპულსურ-ფაზური მართვის სისტემიდან სიგნალის მიწოდებისათვის ბრძანებების გაცემა „ნებერთვა“ და „აკრძალვა“, რომელიც დამოკიდებულია დენის ლოგიკისა და ლოგიკური გადამრთველის სიგნალებზე. როდესაც დაემთხვევა ლოგიკური მოწყობილობიდან და დენური ლოგიკიდან ორი ბრძანება „ნებერთვა“ ლოგიკური გადამრთველი მოწყობილობა გაატარებს ტირისტორების

ერთ-ერთ ჯგუფზე მართვის იმპულსებს, ამ დროს აკრძალულია ტირისტორების მეორე ჯგუფზე მართვის იმპულსების მიწოდება. ლოგიკური გადამრთველი მოწყობილობა აწყობილია სამ შესასვლელიან ლოგიკაზე, რომელთა შესასვლელებზე მიეწოდება ბრძანებები ლოგიკური მოწყობილობიდან დენური ლოგიკიდან იმპულსები, ხანგრძლივი იმპულსების მაფორმირებლიდან და იმპულსურ-ფაზური მართვის სისტემიდან.

იმპულსების გამაძლიერებლის დანიშნულებაა გააძლიეროს და ფორმირება მოახდინოს მართვადი იმპულსების, რომლებიც მიეწოდება ძალოვანი ვენტილების ბლოკს.

კვების ბლოკის დანიშნულებაა ავტომატური რეგულირების სისტემის, ძრავის აგზნების გრაგნილის კვება. იგი შედგება, ორი ძაბვის სამფაზა სტაბილიზატორისაგან, ძაბვის ერთფაზა ტრანსფორმატორებისაგან, ფაზური სინქრონიზაციის გრაგნილებისაგან და გარდამქმნელისაგან, ელექტრული ძრავის აგზნების გრაგნილის კვებისათვის.

მუშა ელექტროდების გადაადგილების ელექტრული ძრავის ძ ბრუნვის მიმართულება და შესაბამისად ტირისტორების მუშა ჯგუფის შერჩევა 3 ან 4, ხორციელდება დავალების ძაბვის პოლარობის შესაბამისად - $u_{ღვ}$. დავალების ძაბვის დადებითი სიდიდის დროს, $(+u_{ღვ})$ მუშაობს ტირისტორების კათოდური ჯგუფი - 3, ხოლო უარყოფითი ძაბვის დროს - $u_{ღვ}$ მუშაობს ტირისტორების ანადური ჯგუფი 4.

რკალის სიმძლავრის რეგულირების ავტომატური რეგულირების სისტემაზე ძაბვის მიწოდებისას და მოცემული ძაბვის სიგნალის $u_{ღვ}$ არარსებობისას ელექტრული ძრავი არ ბრუნავს და იმყოფება ელექტრული მუხრუჭის რეჟიმში. ამ დროს ძრავის ლილვის მობრუნება ნებისმიერი მიმართულებით შეუძლებელია, რელეური რეგულატორის შესასვლელზე დავალების სიგნალის მიწოდებისას $u_{ღვ} \neq 0$ იგი გადაირთვება სრიალის რეჟიმში და გამოსასვლელზე გაჩნდება ერთი პოლარობის სიგნალი, რომელიც დამოკიდებულია დავალების სიგნალის პოლარობაზე. რელეური რეგულატორიდან გამომავალი სიგნალი ერთდროულად მიეწოდება იმპულსურ-ფაზურ მართვის სისტემას და მართვის ლოგიკას. ლოგიკური მართვის მოწყობილობა იძლევა ნებართვას ტირისტორების ერთ-ერთ ჯგუფზე მართვადი იმპულსების გასატარებლად. როცა დავალების სიგნალი დადებითია

მართვადი იმპულსები მიეწოდება ტირისტორების კათოდურ ჯგუფს, წინააღმდეგ შემთხვევაში- ანოდურ ჯგუფს. დენური ლოგიკა **დლ** ელექტრული ძრავის დენის არარსებობისას იზღვევს ნებართვას ტირისტორების ნებისმიერ ჯგუფზე მართვადი იმპულსების გასატარებლად.

ელექტრული ღუმელის მუშა ელექტროდების სრიალის რეჟიმში მომუშავე ავტომატური რეგულირების სისტემა უზრუნველყოფს მაღალ სიზუსტეს და სწრაფმოქმედებას, ძრავის დაცვას გადახურებისაგან.

მისი ტექნიკური მონაცემებია:

ძრავის გაშვება-დამუხრუჭება 0.08 წმ; რევერსი – 0.11 წმ. სტატიკური მახასიათებელი - რელეური;

ტექნიკური მონაცემები მიგვანიშნებს სრიალის რეჟიმში მომუშავე რელეური რეგულატორების უპირატესობაზე არსებულ რკალის სიმძლავრის რეგულირების რეგულატორებთან მიმართებაში.

დასკვნა

1. ელექტრული ღუმელის რკალის სიმძლავრის რეგულირების მაჩვენებლების გაუმჯობესების მიზნით გამოკვლეულ იქნა რკალის სიმძლავრის რეგულირების ბლოკში არსებული რეგულატორები და დამუშავდა სრიალის რეჟიმში მომუშავე რეგულატორი, რომლის საშუალებითაც მიიღწევა რკალის სიმძლავრის რეგულირების სასურველი მაჩვენებლები.

2. რკალური ღუმელის არსებული ელექტროდების გადაადგილების რეგულირების სისტემების გამოკვლევით დადგინდა მათი უარყოფითი მხარეები.

3. რკალური ღუმელის ელექტროდების გადაადგილების არსებული რეგულირების სისტემების გაუმჯობესების მიზნით გამოკვლეული იქნა სხვადასხვა რეგულირების სისტემები და დამუშავდა სრიალის რეჟიმში მომუშავე, რკალური ღუმელის ელექტროდების, გადაადგილების რეგულირების სისტემა, რომელიც უზრუნველყოფს ელექტროდების გადაადგილების რეგულირებისას მაღალ სიზუსტეს და სწრაფმოქმედებას.

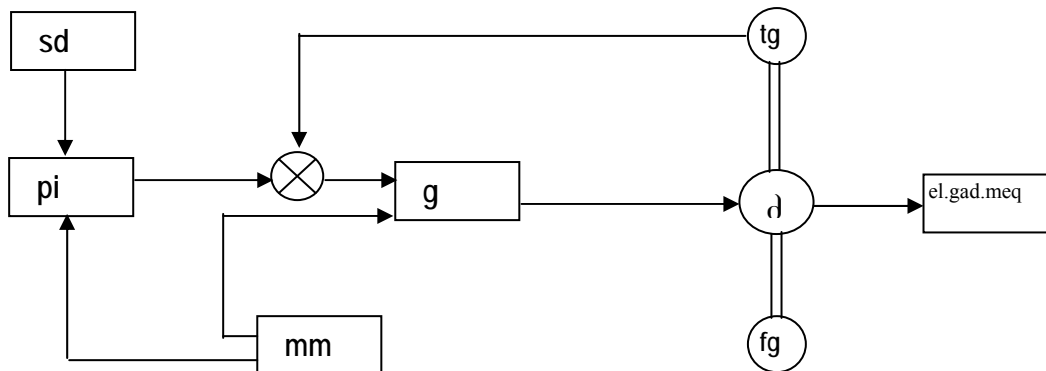
ელექტრული ღუმელის რკალის სიმძლავრის მართვის სისტემების

ექსპერიმენტალური კვლევა.

5.1. რკალური ღუმელის ელექტროდების გადაადგილების მართვის სისტემა.

რკალური ღუმელის ელექტრული რეჟიმების მართვის ამოცანებს წარმოადგენს რკალის სიმძლავრის ავტომატური რეგულირება და სტაბილიზაცია, რაც მიიღწევა ელექტრული ღუმელის ელექტროდების შესაბამისი გადაადგილებით.

სამუშაოს გეგმის მიხედვით ჩატარებული იქნა რკალური ღუმელის ელექტროდების გადაადგილების მართვის სისტემის ლაბორატორიული კვლევა. 5.1. ნახაზზე ნაჩვენებია რკალური ღუმელის ელექტროდების გადაადგილების მართვის სისტემის სტრუქტურული სქემა.



ნახ. 5.1. რკალური ღუმელის ელექტროდების გადაადგილების მართვის სისტემის სტრუქტურული სქემა.

ნახაზზე:

სდ – არის რკალური ღუმელის ელექტროდების გადაადგილების სიჩქარის დავალეზა.

პი – ელექტროდების გადაადგილების პროპორციულ–ინტეგრალური რეგულატორი.

მმ – ელექტრული ღუმელის რკალის სიმძლავრის მართვის მოწყობილობა.

გ – ელექტროდის გადაადგილების ძრავის გარდამსახი.

დ – ელექტროდის გადაადგილების მუდმივი დენის დამოუკიდებელი აგზნებისნი ელექტრული ძრავი.

ტგ – ტახოგენერატორი.

ფგ – ფოტოიმიპულსური გადამწოდი

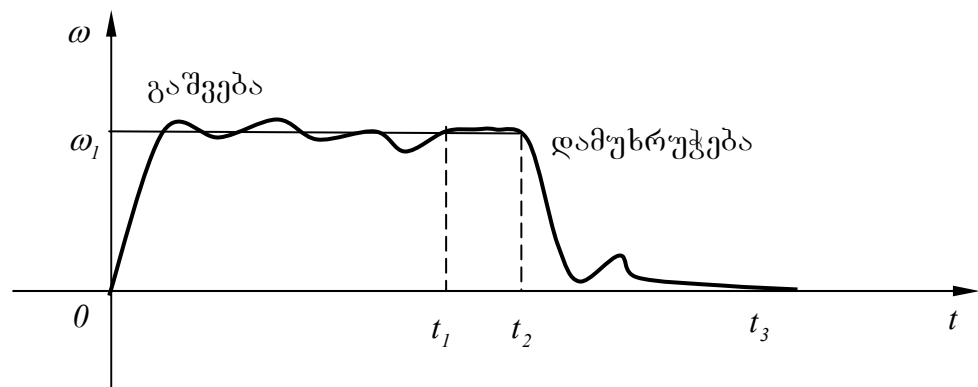
ელ. გად. მექ. – ელექტროდის გადაადგილების მექანიზმი.

რკალური ღუმელის ელექტროდების გადასადგილებლად გამოყენებულია 2 კვტ სიმძლავრის მუდმივი დენის დამოუკიდებელი აგზნებიანი ელექტრული ძრავი.

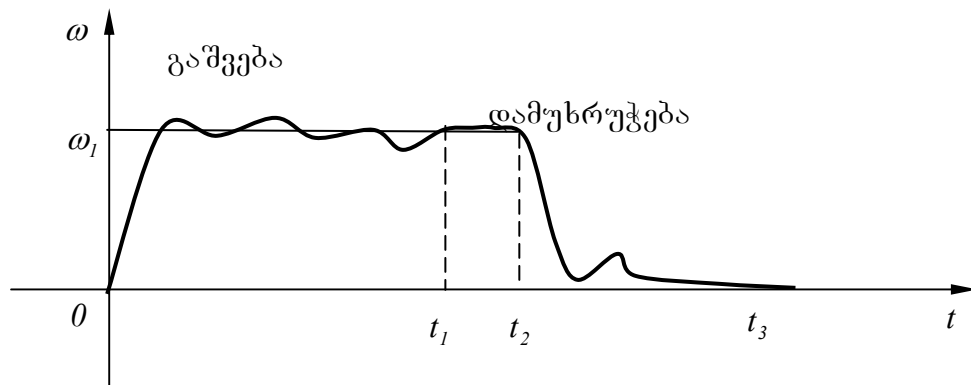
5.1. ცხრილში მოცემულია ელექტროდების გადაადგილების მართვის სისტემის კვლევის შედეგები.
ცხრილი 5.1.

№	ელექტროდების გადაადგილების მართვა სრიალის რეჟიმის გარეშე		
	ელექტროდების გადაადგილების ელექტრული ძრავის ბრუნთა რიცხვი n ბრ/წთ	გარდამავალი პროცესის სახეობა	გარდამავალი პროცესის ხანგრძლივობა t წმ
1	75	გაშვება-დამუხრუჭება უკმი სვლის დროს	0,07
2	75	გაშვება-დამუხრუჭება დატვირთვის დროს	0,08
3	75	რევერსი დატვირთვის დროს	0,12
4	6	გაშვება-დამუხრუჭება უკმი სვლის დროს	0,12
5	6	გაშვება-დამუხრუჭება დატვირთვის დროს	0,4
6	6	რევერსი დატვირთვის დროს	0,3

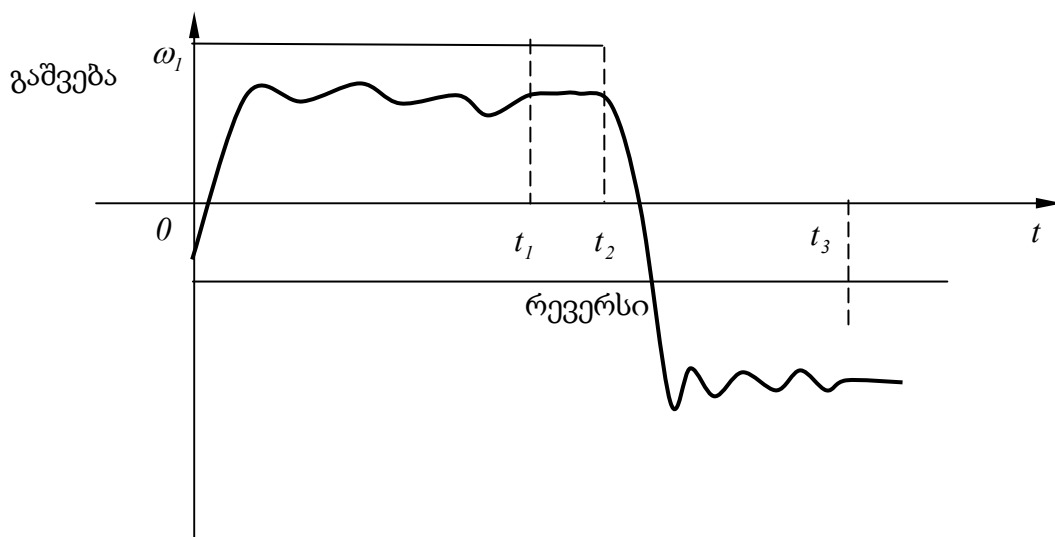
რკალური ღუმელის ელექტროდების გადაადგილების ელექტრული ძრავის კუთხური სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების შესაბამის გრაფიკებს 5.2 – 5.4. ნახაზებზე ნაჩვენებია სახე აქვთ.



ნახ. 5.2. რკალური ღუმელის ელექტროდების გადაადგილების ელექტრული ძრავის კუთხური სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი.



ნახ. 5.3. რკალური ღუმელის ელექტროდების გადაადგილების ელექტრული ძრავის კუთხური სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი.



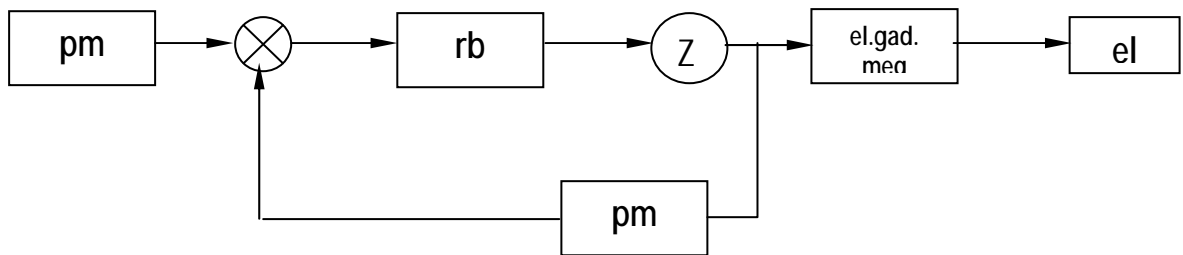
ნახ. 5.4. რკალური ღუმელის ელექტროდების გადაადგილების ელექტრული ძრავის კუთხური სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი.

რკალური ღუმელის ელექტროდების გადაადგილების ელექტრული ძრავის სხვადასხვა მიმართულებით ერთ ბრუნვაზე სიზუსტის განსაზღვრისათვის, ელექტრული ძრავის სხვადასხვა სიჩქარეების პირობებში ჩატარდა ექსპერიმენტი. 5.2-ე ცხრილში მოცემულია აღნიშნული ექსპერიმენტალური კვლევის შედეგები.

ელექტროდების გადაადგილების ელექტრული ძრავის სიჩქარე ბრ/წთ	ელექტროდების გადაადგილების ელექტრული ძრავის ლილვის მობრუნება ბრ
100	1,75
500	1,5
1000	1,75

5.2. ელექტრული ღუმელის რკალის სიმძლავრის რეგულირების სისტემის დამუშავება.

ზოგიერთ შემთხვევაში განსაკუთრებით კი რკალური ღუმელის ელექტროდების გადაადგილების ელექტრული ძრავის რეგულირების დიაპაზონის ქვედა ნაწილში ზემოთ ნაჩვენები რკალის სიმძლავრის რეგულირების სისტემა ვერ აკმაყოფილებს ტექნოლოგიით მოთხოვნილ დინამიურ მახასიათებლებს. აღნიშნულთან დაკავშირებით და ელექტროდების გადაადგილების მართვის სისტემის სიზუსტის გაზრდის მიზნით ექსპერიმენტალურად იქნა გამოცდილი ელექტროდების გადაადგილების სრიალის რეჟიმში მომუშავე მართვის სისტემა, რომლის სტრუქტურულ სქემას ნახ 5.5.-ზე ნაჩვენები სახე აქვს.



ნახ. 5.5. რკალური ღუმელის ელექტროდების გადაადგილების სრიალის რეჟიმში მომუშავე მართვის სისტემა.

ნახაზზე:

პმ – რკალური ღუმელის ელექტროდების გადაადგილების სრიალის რეჟიმში მომუშავე პროგრამული მაკონტროლებელი.

რბ – ელექტროდების გადაადგილების ელექტრული ძრავის სრიალის რეჟიმში მომუშავე რეგულირების ბლოკი.

ძ – ელექტროდების გადაადგილების მუდმივი დენის ელექტრული ძრავი.

ტგ – ტახოგენერატორი.

ელ.გად.მექ. – რკალური ღუმელის ელექტროდების გადაადგილების მექანიზმი.

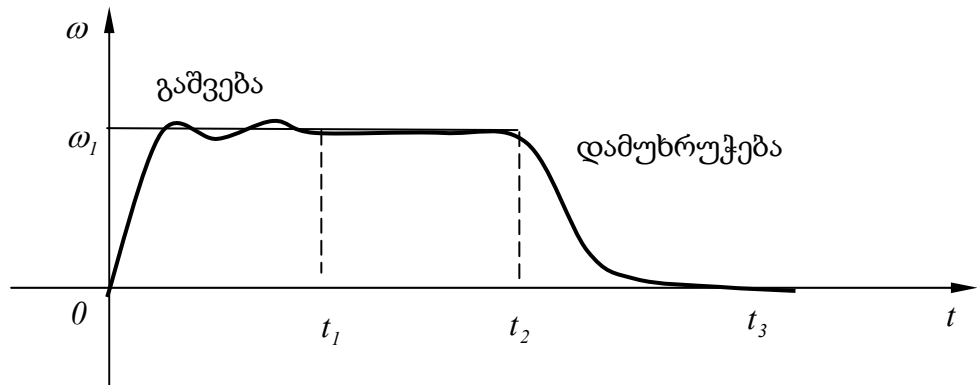
ელ – რკალური ღუმელის ელექტროდი.

კვლევის შედეგები მოცემულია 5.3 ცხრილში.

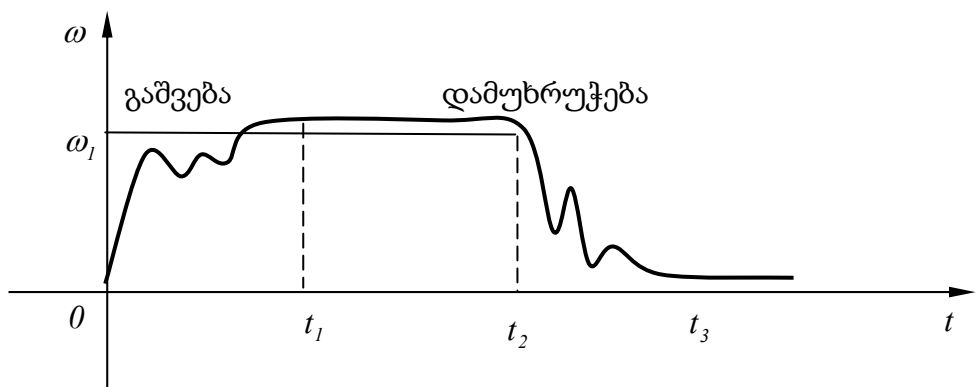
ცხრილი 5.3.

№	ელექტროდების გადაადგილების ელექტრული ძრავის ბრუნთა რიცხვი n ბრ/წთ	გარდამავალი პროცესის სახეობა	გარდამავალი პროცესის ხანგრძლივობა t წმ
1	75	გაშვება-დამუხრუჭება უქმი სვლის დროს	0,04
2	75	გაშვება-დამუხრუჭება დატვირთვის დროს	0,06
3	75	რევერსი დატვირთვის დროს	0,1
4	6	გაშვება-დამუხრუჭება უქმი სვლის დროს	0,08
5	6	გაშვება-დამუხრუჭება დატვირთვის დროს	0,07
6	6	რევერსი დატვირთვის დროს	0,11

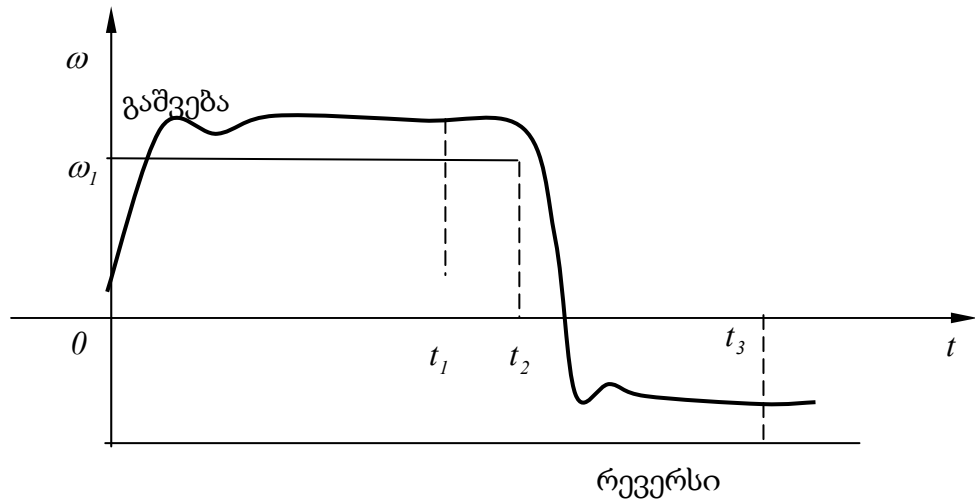
რკალური ღუმელის ელექტროდების გადაადგილების ელექტრული ძრავის კუთხური სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების შესაბამის გრაფიკებს 5.6 – 5.8. ნახაზებზე ნაჩვენები სახე აქვთ.



ნახ. 5.6. ელექტროდების გადაადგილების ელექტრული ძრავის კუთხური სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი.



ნახ. 5.7. ელექტროდების გადაადგილების ელექტრული ძრავის კუთხური სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი.



ნახ. 5.8. ელექტროდების გადაადგილების ელექტრული ძრავის კუთხური სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი.

დასკვნები:

ჩატარებული ექსპერიმენტალური კვლევის საფუძველზე დგინდება, რომ რკალური ღუმელის ელექტროდების გადაადგილების არსებული მართვის სისტემასთან შედარებით სრიალის რეჟიმში მომუშავე ელექტროდების გადაადგილების მართვის სისტემა ხასიათდება მაღალი დინამიური მაჩვენებლებით, კერძოდ:

1. ელექტროდების გადაადგილების ელექტრული ძრავის მუშაობის გარდამავალი პროცესის დრო შემცირებულია.

2. ელექტროდების გადაადგილების ელექტრულ ძრავზე დატვირთვის ცვლილებისას ძრავის მართვის სისტემის დინამიური სიხისტე მნიშვნელოვნად გაზრდილია.

3. რკალური ღუმელის ელექტროდების გადაადგილების მართვის სისტემის შესასვლელზე ელექტროდების გადაადგილების ელექტრული ძრავის სიჩქარის

ნულოვანი სიდიდის დროს ელექტრული ძრავის ლილვის მობრუნების მკვდარი ზონა პრაქტიკულად არ არსებობს.

დასკვნები

1. რკალური ღუმელის ელექტრული რეჟიმების ოპტიმიზაციისათვის მოცემულ სადისერტაციო ნაშრომში შესწავლილი და დამუშავებული იქნა ელექტრული ღუმელის რეკონსტრუქციამდე და რეკონსტრუქციის შემდეგ რკალური ღუმელის გეომეტრიული და ელექტრული პარამეტრები, რკალის სიმძლავრის ავტომატური მართვის რეგულირების სისტემები.

2. რეკონსტრუქციამდე რკალურ ღუმელს გააჩნდა შემდეგი ელექტრული პარამეტრები: მოკლე ქსელის აქტიური წინაღობა $R = 1,45$ მ ომი; რეაქტიული წინაღობა $X = 2,36$ მ ომი. ამ ელექტრული პარამეტრებით რკალური ღუმელის მუშაობის ოპტიმალური რეჟიმები განპირობებული იყო საღუმელო ტრანსფორმატორის 1 და 3 საფეხურებით, რომლებსაც შეესაბამება ტრანსფორმატორის ძაბვის საფეხურები 318 ვ და 234 ვ. ელექტრული ღუმელის რკალის სიმძლავრის რეგულირებისათვის გამოყენებული იყო ელექტრული ღუმელის ელექტროდების გადაადგილების მართვის სისტემა მანქანურ გამაძლიერებელზე, რომელიც ხასიათდება დაბალი დინამიური და ეკონომიური მაჩვენებლებით.

3. რეკონსტრუქციის შემდეგ რკალურ ღუმელს გააჩნია შემდეგი ელექტრული პარამეტრები: მოკლე ქსელის აქტიური წინაღობა $R = 0,870$ მ ომი; რეაქტიული წინაღობა $X = 4,4$ მ ომი. ამ ელექტრული პარამეტრებით ღუმელის მუშაობის ოპტიმალური რეჟიმები განპირობებულია საღუმელო ტრანსფორმატორის 1 და 2 საფეხურებით, რომლებსაც შეესაბამება ძაბვის სიდიდეები 318 ვ და 270 ვ. რკალური ღუმელის ელექტროდების მართვისათვის გამოყენებული იყო ტირისტორული მართვის სისტემა, რომელიც ელექტროდების გადაადგილების არსებული ავტომატური მართვის სისტემებთან შედარებით ხასიათდება მაღალი დინამიური მაჩვენებლებით. მიუხედავად აღნიშნულისა ავტომატური მართვის ტირისტორული რეგულირების სისტემას გააჩნდა ნაკლოვანობებიც, როგორცაა სქემის სირთულე, ელექტროდების

გადაადგილების ელექტრული ძრავის გადახურებისაგან დაცვის არარსებობა, ცალკეული ბლოკების არასაიმედო მუშაობა.

4. აღნიშნული ნაკლოვანებების გათვალისწინებით და რკალური ღუმელის ელექტროდების გადაადგილების ავტომატური მართვის რეგულირების სისტემის სწრაფმოქმედებისა და სიზუსტის გაზრდის მიზნით შესწავლილი და გამოკვლეული იქნა რკალური ღუმელის ელექტროდების გადასადგილებლად სხვადასხვა ავტომატური მართვის რეგულირების სისტემები, რის შედეგადაც დამუშავდა რკალური ღუმელის ელექტროდების გადაადგილების სრიალის რეჟიმში მომუშავე ოპტიმალური ავტომატური მართვის რეგულირების სისტემა.

რკალური ღუმელის ელექტროდების გადაადგილების მართვის სისტემის პროგრამულ მაკონტროლებელში ტიპიური შემსრულებელი მოდულის მიკროპროცესორული ბლოკი, უზრუნველყოფს მართვის სისტემის მდგომარეობის დამკვირვებლის მიერ ფორმირებული გადართვის ფუნქციით სრიალის რეჟიმში ელექტროდების გადაადგილების მართვას. რკალური ღუმელის ელექტროდების გადაადგილების რეგულირების ბლოკში სრიალის რეჟიმში მომუშავე რელეური რეგულატორი ელექტროდების გადაადგილების ელექტრული ძრავის მოცემული სიჩქარის დამუშავების მაღალი სწრაფმოქმედების და სიჩქარის დინამიური ვარდნის კომპენსაციის საშუალებას იძლევა რკალური ღუმელის ელექტროდების გადაადგილების რეგულირების ბლოკში გადართვის ფუნქციის მაფორმირებლის გამოყენება საშუალებას გვაძლევს თავიდან ავიცილოთ ელექტროდების გადაადგილების ავტომატური ძრავის რეგულირების გასაზომი სიჩქარის სიდიდის ელექტრული დიფერენცირება.

ყოველივე ზემოაღნიშნულის საფუძველზე რკალური ღუმელის ელექტროდების გადაადგილების მართვის სისტემაში სრიალის რეჟიმი უზრუნველყოფს ელექტროდების გადაადგილების მაღალ სიზუსტეს და სწრაფმოქმედებას, გარეგანი და პარამეტრული შემფოთებების ზემოქმედების პირობებში რაც განაპირობებს რკალური ღუმელის მკვებავ ქსელზე უარყოფითი გავლენის შემცირებას.

სრიალის რეჟიმში მომუშავე მართვის სისტემა შეიძლება გამოყენებული იქნას როგორც სამფაზა რკალური ღუმელების ელექტროდების გადაადგილების მართვისთვის ასევე სხვადასხვა სამრეწველო მექანიზმების გადასადგილებლად.

ძირითადი დასკვნები

1. რკალური ღუმელების მიერ მკვებავ ქსელში ელექტროენერჯის ხარისხზე გამოწვეული უარყოფითი გავლენის შესწავლის და შემცირების საშუალებების

შედარებითი ანალიზის საფუძველზე დგინდება, რომ რკალური ღუმელების მკვეთრადცვალებადი დატვირთვით და არაწრფივობით მკვებავ ქსელში გამოწვეული ძაბვის რხევების და მრუდის ფორმის დამახინჯების შესამცირებლად, მიზანშეწონილია უმაღლესი ჰარმონიკების ძალოვანი რეზონანსული ფილტრების და საფეხურებრივი მოდულაციის ძაბვის ინვენტორების საშუალებით აქტიური ფილტრაციის გამოყენება.

2. ელექტრული ღუმელის მუშაობის რეჟიმების და შესაბამისად მის მიერ მკვებავ ქსელში ელექტროენერჯის ხარისხის ამაღლების მიზნით შესწავლილი იქნა: ღუმელის რეკონსტრუქციამდე და რეკონსტრუქციის შემდეგ ელექტროღუმელის გეომეტრიული და ელექტრული პარამეტრები, ძირითადი ელექტრული სიდიდეები და რკალის სიმძლავრის რეგულატორების შემსრულებელი მექანიზმები. რკალური ღუმელების ელექტროდების გადაადგილების შემსრულებელი მექანიზმების შედარებამ დაგვანახა დროსელური ჰიდრავლიკური ამძრავების უპირატესობა სხვა ამძრავებთან მიმართებაში, რაც განპირობებულია მათი მცირე გაბარიტებით და მასით, მოძრავი ნაწილების მცირე ინერციულობის გამო მაღალი სწრაფმოქმედებით, მათ მიერ ელექტროდის მდორე და მდგრადი გადაადგილებით.

3. შესწავლილი იქნა ელექტრული ღუმელის ელექტრული მომარაგება და ტექნიკო-ეკონომიური მაჩვენებლები. ღუმელის მკვეთრადცვალებადი დატვირთვით გამოწვეული დენის ბიძგების შესამცირებლად ელექტრული ღუმელის ელექტრომომარაგების მკვებავ ქსელში, არ არსებობს დენის ბიძგების შესამცირებელი და რკალის ნათების მასტაბილიზირებელი დროსელები, რაც გარკვეულწილად უარყოფითად არის ასახული ელექტრული ღუმელის, როგორც ტექნიკო-ეკონომიურ მაჩვენებლებზე, ისე ელექტრომომარაგებაში ელექტროენერჯის ხარისხზე.

4. ელექტრული ღუმელის მუშაობის რეჟიმის ოპტიმიზაციისათვის თეორიული გაანგარიშების და ექსპერიმენტალური გაზომვების საფუძველზე დადგინდა ელექტრული ღუმელის ძირითადი პარამეტრები.

5. ელექტრულ ღუმელში დნობის პროცესის ანალიზისათვის, ღუმელის დადგენილ ელექტრულ პარამეტრებზე დაყრდნობით გაანგარიშებული და აგებული იქნა ღუმელის ელექტრული მახასიათებლები, რომელთა ანალიზის საფუძველზე დადგინდა საღუმელო ტრანსფორმატორის ძაბვის საფეხურები მაღალი ტექნიკო-

ეკონომიური მაჩვენებლებით, რომელსაც შეესაბამება ძაბვების დიაპაზონი - 318 – 270 ვოლტი

6. შემოთავაზებულია ელექტრული ღუმელის რკალის სიმძლავრის რეგულირების მართვისათვის ტიპური შემსრულებელი მოდული, რომელიც უზრუნველყოფს მთლიანად ციფრული მართვის ფორმირებას ან როგორც მინიმუმ რკალის სიმძლავრის რეგულირების სისტემის ციფრული და ანალოგიური ნაწილების შეპირაპირებას იმ სიგნალების გამოყენებით, რომლებიც უშუალოდ არ მოქმედებენ ინფორმაციის მომზადების დიაპაზონზე და კონკრეტული სიჩქარის სიზუსტის შენარჩუნებაზე.

7. გამოკვლეულია რკალის სიმძლავრის რეგულირების სისტემაში გამოყენებული რეგულატორები. რკალის სიმძლავრის რეგულირების სისტემისათვის შემუშავდა სრიალის რეჟიმში მომუშავე რელეური რეგულატორი, რომელიც ექვივალენტურია გამაძლიერებლის უსასრულო გაძლიერების კოეფიციენტით, რის გამოც როგორც მოცემული, ისე შეშფოთებების ზემოქმედების მიმართ ასტატიკურის ექვივალენტურია და სიჩქარის ვარდნის კომპენსაცია, აგრეთვე ზემოქმედებების დამუშავება წარმოებს მაღალი სწრაფმოქმედების პირობებში.

8. შესწავლილი იქნა ელექტრული ღუმელის რკალის სიმძლავრის არსებული ავტომატური მართვის რეგულირების სისტემები და აღინიშნა მათი დადებითი და უარყოფითი მხარეები. სიზუსტისა და სწრაფმოქმედების გაზრდის მიზნით ელექტრული ღუმელების რკალის სიმძლავრის ავტომატური მართვის რეგულირების სისტემაში გამოყენებული იქნა სრიალის რეჟიმში მომუშავე რელეური რეგულატორი, რომელიც უზრუნველყოფს ელექტროდების გადაადგილების მაღალ სწრაფ მოქმედებას (0,04 ÷ 0,11) წმ.

9. სამეცნიერო – კვლევითი სამუშაოს შედეგების საფუძველზე და მაღალი ტექნიკო-ეკონომიური მაჩვენებლების მიღების თვალსაზრისით სრიალის რეჟიმში მომუშავე ავტომატური მართვის რეგულირების სისტემა შეიძლება გამოყენებული იქნას სამფაზა ელექტრული ღუმელების რკალის სიმძლავრის რეგულირებისათვის.

გამოყენებული ლიტერატურის სია

1. Режимы потребления и качество электроэнергии систем электроснабжения предприятий. В.С. Иванов, В.И. Соколов, М, энергоатомиздат, 1987, 337с.
2. Эксплуатация электрических систем. Я.Д Баркан, М, «Высшая школа», 1990, 304 с.
3. Гармоники в электрических системах. Д. Ж Арриллага, Д. Брэдли, П. боджер, М, энергоатомиздаъ, 1990, 314 с.
4. новости электротехники. Информационно-справочное издание. М, 2005, 20 с.
5. электрическая дуга в электрической печи. Г.А. Сисоян, М, Металургиздат, 1961,413 с.
6. Электрооборудование и автоматиеи электротермических установок. Под редакций А. П. Альтгадзена, М. Д. Беримцкого, М. Я. Смелянского, В. М. Эдемского, М. «Энергия», 1978, 304 с.
7. электирческие промышленные печи. Под редакций А. Д. Свенчиского, М, Энергоатомиздат, 1981, 296 с.
8. Электрометалургия стали и феррославов. А. Д. Крамаров, А. Н. Соколов, М, Металургия, 1976, 376 с.
9. Дуговые сталеплавные печи. Н. В. Огороков, М, Металургия, 1976.
10. Исполнительные механизмы регуляторов мощности дуговых электропечей. А.И. Сапко, М, Энергия, 1969, 112 с.
11. Автоматизация и механизация электросталеплавильного и феросплавного производств. И. Ф. Сидеренко, А.И. Косырев. М., Металлургия, 1975 , 272 с.
12. Дуговые сталеплавные печи. Н.В. Огороков, М, Металлургия, 1976.
13. Электрооборудование и элементы автоматизации электроплавных установок. Г.А. Фарнасов, В.Л. Рабинович, А.В. Егоров, М, Металлургия, 1976, 335 с.
14. Промышленные установки электродугового нагрева и ихпараметры. Под ред. Л. Е. Никольского, М, «Металургия», 1971, 364 с.
15. Электропроводность шлаков некоторых марганцевых феросплавов и электрические режимы руднотермических печей. кандидатская диссертация, Л.Г.Рошоян. т. 1970, 150с.
16. Короткие сети электрических печей. Б. М. Струнский, М, Энергия, 1972, 229 с.
17. Короткие сети электрических печей. М.Я. Смелянский, Н.И. Бортничук, М, Госенерго, 1962, 218 с.
18. საშუალო ნახშირბადიანი ფერომანგანუმის სადნობი მადანთერმული ღუმლის ელექტრული პარამეტრები. პ. მერაბიშვილი, ლ. ზუბიაშვილი, მ. ცეცხლაძე. სტუ-ს შრომები №1 თ, 1997, 3 გვ.
19. Методы электротехнических расчётов руднотермических печей. Я. Б. Данцис, л, «Энергия», 1973.
20. Короткие сети и электрические переметры дуговых электропечей. Справочник, Под, ред. Я. Б. Данциса, М, «Металургия», 1974, 312 с.
21. Расчёт трансформаторов для дуговых электрических печей, М, Госэнергоиздат. 1959, 202 с.
22. ელექტროტექნიკის თეორიული საფუძვლები, პ. თ. მერაბიშვილი, გ. ხოსროშვილი, თ, განათლება, 1988, 312 გვ.
23. ელექტროტექნიკის თეორიული საფუძვლები, ლ. რ. ნეიმანი, პ. ლ. კალანტაროვი, I, II, III ნაწ. თ, 19666, 511 გვ.
24. Определение параметров рудотермических печей на основе теории подобния. А. С. Микулинский, М, «Энергия», 1964, 87 с.
25. ელექტრული ღუმელის ოპტიმალური რეჟიმების დადგენა ელექტრული მახასიათებლების გაანგარიშებით. თ.პ. მერაბიშვილი, ლ. გ. ზუბიაშვილი, მ.კ. ცეცხლაძე, სტუ-ს შრომები, თ, №3, 2001, 3 გვ. 53-56

26. Автоматизация контроля и управления электросталеплавильными установками. В.Е. Пирожников, А. Ф. Кабулуковский, М, Metallurgia, 1974, 267 с.
27. Теоретические основы автоматического управления металлургическими процессами. Г.М. Глинков, М.Д. Климовицкий. М., металлургия 1985, 304 с.
28. Общий курс электропривода . М.Г. Чиликин, А.С. Сандлер, М. , Энергоиздат, 1981, 576 с.
29. Скользящие режимы и их применения в системах переменной структурой. В.И. Уткин, М., 1974, 271 с.
30. О скользящие режиме релейных систем автоматического регулирования. Ю.И. Неймарк, Автоматика и телемеханика, №1 1957.
31. Создание типичных исполнительных модулей. Б.А. Ратмиров, Я.Б. Лифшици, М.К. Цецхладзе. Статья ЭНИИС – а, М, 1986, 3 с.
32. Основы теории оптимальных автоматических систем. Я.З. Фельдбаум, М., Наука, 1966, 623 с.
33. Автоматизированный электропривод и электрооборудование промышленных механизмов. Е.Н. Зимин, И.И. Чупланов, М., Стройздат, 1977, 431 с.
34. რკალური ღუმელის ელექტრული რეჟიმების ოპტიმიზაცია. მ. კ. ცეცხლაძე, თ, “ენერჯია”, №2, 2 გვ. 2006.
35. Устройство, наладка и эксплуатация электроприводов металлоресущих станков. Я. Б. Розман, Б. З. Брейтер, М., Машиностроение, 1985.
36. Автоматическое управление электропроводами. А.А. Сиротин, М., Энергия, 1969, 560 с.
37. Автоматизированный электропривод. М.М. Соколова, М.Г. Юнькова, М., Энергия, 1980.
38. Наладка тиристорных электроприводов с отдельным управлением. Б.В. Бригиневич. А.К. Голованов. М., Энергоатомиздат, 1991, 150 с.
39. Электрооборудование и автоматика электротермических установок. Под редакцией А. П. Альтгадзена, М. Д. Берадицкий, М. Д. Берицкий, М, «Энергия», 1978, 304 с.
40. Релейные экстремальные системы, М, «Наладка», 1967.