

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

თეიმურაზ გამრეკელაშვილი

ელექტრომომარაგების ქსელებში ძაბვის მაღალი რიგის
ჰარმონიკების წარმოქმნის მიზეზების გამოკვლევა

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

სადოქტორო პროგრამა: "ენერგეტიკა და ელექტროინჟინერია"

შიფრი: 0405

თბილისი

2018 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში
ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტი
ელექტრომომხმარებლის ტექნოლოგიების დეპარტამენტი

ხელმძღვანელი: პროფესორი გ. შაველაშვილი

რეცენზენტები:

დაცვა შედგება 2018 წლის "-----" ----- "-----" საათზე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკისა და
ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის
სხდომაზე

კორპუსი VIII, აუდიტორია

მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ის ბიბლიოთეკაში,

ხოლო ავტორეფერატისა - ფაკულტეტის ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი,
ასოცირებული პროფესორი

გ. გიგინეიშვილი

ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

სამუშაოს აქტუალობა.

თანამედროვე ეტაპზე ელექტრომომარაგების სისტემებში შექმნილია ურთულესი მდგომარეობა. ერთისმხრივ, ყოველდღიურად მიმდინარეობს ელექტრომომარაგების სისტემის თანამედროვე ელექტრონული და მიკროპროცესორული მოწყობილობებით აღჭურვა და მეორეს მხრივ, მუდმივად იზრდება რაოდენობა და სიმძლავრე იმ ელექტრომიმღებების, რომელებიც ელექტრომომარაგების ქსელში სხვადასხვა სახის ელექტრომაგნიტურ დაბრკოლებებს წარმოქმნიან.

მნიშვნელოვანია რომ, ელექტრომომხმარებლებს, რომელთა შემადგენლობაში მრავალი პრაქტიკული დანიშნულების ელექტროტექნოლოგიური დანადგარები, კომპლექსები, საყოფაცხოვრებო ხელსაწყოები და ელექტრული განათების ხელსაწყოები შედიან, გააჩნიათ ურთიერთ განსხვავებული მოქმედების პრინციპი და მუშაობის რეჟიმი. აქედან გამომდინარე, მკვეთრად განსხვავებულია მათ მიერ ელექტრომომარაგების ქსელისადმი ელექტროენერჯის მიწოდების საიმედოობისა და ხარისხისადმი წაყენებული მოთხოვნები. განსხვავებულია აგრეთვე მათი მუშაობის რეჟიმების გავლენა, როგორც ერთმანეთის, აგრეთვე ელექტრომომარაგების ქსელის მუშაობაზე. ამასთან ერთად, განსხვავებულია მათი მართვის, კონტროლის, დაცვისა და აღრიცხვის სისტემები, როგორც დანიშნულებით, აგრეთვე მოწყობის პრინციპებითა და ტექნიკური შესრულებით. შესაბამისად, ელექტროტექნოლოგიური დანადგარები, კომპლექსები და მათი ელექტრომომარაგების ქსელი ერთიან ციკლში ჩართულ და „ელექტრომომარაგება-მოხმარების ტრაქტში“ ჩართულ განუყოფელ ენერგეტიკულ სუბიექტს წარმოადგენს.

შესაბამისად, რადგან ელექტრომომარაგების სისტემის ყველა ობიექტი ურთიერთ ელექტროგადამცემი ხაზების საშუალებითაა დაკავშირებული, ამიტომ ელექტრომაგნიტური დაბრკოლებები დიდ მანძილზე ვრცელდება

და, როგორც მომხმარებლების, აგრეთვე ქსელის ელემენტებსა და მართვის სისტემებში მნიშვნელოვან ელექტრომაგნიტურ შეუთავსებლობას წარმოქმნის, რომელიც ხშირ შემთხვევაში ავარიებისა და დიდი ზარალის მიზეზი ხდება. ამიტომ, ელექტროენერგეტიკის სხვადასხვაგვარი (განსხვავებული) ობიექტების ქსელში ერთობლივი მუშაობის, ე. ი. ელექტრომაგნიტური თავსებადობის პრობლემა ყოველწლიურად უფრო და უფრო აქტუალური ხდება.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, ელექტრომომარაგების სისტემებში მომხმარებელთა ელექტრომაგნიტური თავსებადობის უზრუნველყოფას ელექტრომომარაგების სისტემების საიმედოობის ამაღლებისა და ენერგეტიკული მაჩვენებლების გაუმჯობესების ერთ-ერთ უმთავრეს პირობას ელექტროტექნოლოგიური დანადგარებში მიმდინარე ელექტროდინამიკური პროცესების ღრმა მეცნიერული შესწავლა წარმოადგენს.

ნაშრომში განხილულია, ყველაზე უფრო გავრცელებული, ურთიერთ განსხვავებული მოქმედების პრინციბზე დაფუძნებული და მუშაობის რეჟიმების მქონე ელექტრომიმღებებით დაკომპლექტებული, ტიპიური ელექტრომომხმარებლების მუშაობით გამოწვეული დატვირთვის დენის ფორმის დამახინჯების შედეგად ელექტრომომარაგების ქსელში წარმოქმნილი დაბრკოლებების ხასიათი და პარამეტრები. შესწავლილია წარმოქმნილი მაღალი რიგის ჰარმონიკების სპექტრი და შემოთავაზებულია დაბრკოლებების ჩახშობის საშუალებების შერჩევისა და პარამეტრების განსაზღვრის ახალი ავტორისეული მეთოდი.

სამუშაოს მიზანი.

სადისერტაციო ნაშრომის მიზანს წარმოადგენს ელექტრომომარაგების სისტემაში ქსელის ძალოვანი ელემენტებისა და ელექტრომომხმარებლების ელექტროტექნოლოგიური დანადგარების მუშაობის რეჟიმების შედეგად კონდუქტიური ელექტრომაგნიტური

დაბრკოლებების წარმოქმნის მიზეზების გამოკვლევა, სისტემისა და ქსელის ელემენტებში გავრცელებული მაღალი რიგის ჰარმონიკების სპექტრის პარამეტრების განსაზღვრა და მათი გაუვნებელყოფის შემცირების ღონისძიებების დამუშავება.

ძირითადი ამოცანები.

სადისერტაციო ნაშრომის მიზნის მისაღწევად დაისახა შემდეგი ამოცანები:

1. გამოკვლეულ იქნეს ელექტრომომარაგების ქსელის ელემენტებისა და ელექტრომომხმარებლების ფართოდ გავრცელებული ყველაზე უფრო აგრესიული ელექტროტექნოლოგიური დანადგარების მუშაობის რეჟიმები და დადგენილ იქნეს მათი დატვირთვის დენის ფორმის დამახინჯების შედეგად ქსელში წარმოქმნილი მაღალი რიგის ჰარმონიკების პარამეტრები და დადგენილ იქნეს კონდუქტიური ელექტრომაგნიტური დაბრკოლებების ქსელში გავრცელების მიზეზები;

2. ელექტრომომარაგების ქსელის ძალოვანი ელემენტებისა და ელექტროტექნოლოგიური დანადგარების მოქმედების პრინციპებისა და მუშაობის რეჟიმების გამოკვლევის საფუძველზე დადგენილ იქნეს მათი მაღალი რიგის ჰარმონიკების მიმართ მგრძობიარბა, განსაზღვროს სპექტრში შემავალი თითოეული ჰარმონიკის მიერ დანადგარზე ზემოქმედების ეფექტი და ჰარმონიკების რიგის მიმართ მგრძობიარების მახასიათებელი.

3. გამოკვლეულ იქნეს ელექტრომომარაგების ქსელში არსებული ელექტრომაგნიტური დაბრკოლებების წარმოქმნისა და გავრცელების შეზღუდვის არსებული მეთოდები, შეფასებულ იქნეს მათი გამოყენებით მიღებული შედეგები და ნაკლოვანებები;

4. დამუშავდეს ელექტროტექნოლოგიური დანადგარებისა და კომპლექსების მუშაობის რეჟიმების შედეგად განპირობებული მაღალირიგის ჰარმონიკების სპექტრის წარმოქმნისა და მათი

ელექტრომომარაგებისა და ელექტრომომხმარებლების ქსელის ელემენტებში გავრცელების შემზღუდავი მაკომპენსირებელი ფილტრების მართვის სისტემები.

კვლევის მეთოდები:

1. ელექტრომომხმარებლებისა და ცალკეული ელექტროტექნოლოგიური დანადგარების დატვირთვის დენის ფორმის დამახინჯების შედეგად წარმოქმნილი დაბრკოლებების ექსპერიმენტული კვლევები ჩატარებულია სტუ-ს ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის „ელექტრომომხმარების ტექნოლოგიების“ დეპარტამენტში შექმნილ „ელექტრომომარაგების ქსელის დატვირთვის ფიზიკურ მოდელზე“.

2. სინათლი წყაროების მიერ ქსელში წარმოქმნილი მაღალი რიგის ჰარმონიკების პარამეტრების გამოკვლევისათვის გამოყენებული იქნა „ელექტრომომხმარების ტექნოლოგიების“ დეპარტამენტის „ელექტრული განათების“ ლაბორატორიის კომპანია „Vyrtych“-ის მიერ წარმოებული სანათები.

3. ექსპერიმენტული კვლევების პროცესის მიმდინარეობის კონტროლი და პარამეტრების გაზომვები ჩატარებულია კომპანია „Sedmax“-ის მიერ წარმოებული ელექტროენერჯის ხარისხის მაჩვენებლების კონტროლის ანალიზატორების ბაზაზე შექმნილი ლაბორატორიული სტენდის საშუალებით.

სამეცნიერო სიახლე.

1. ჩატარებული გამოკვლევის საფუძველზე დასაბუთებულია, რომ კონკრეტულ ელექტროტექნოლოგიურ დანადგარზე დაბრკოლების ზემოქმედების ეფექტი დამოკიდებულია ჰარმონიკის რიგსა და ამპლიტუდაზე. შესაბამისად, ჩასახშობი ჰარმონიკის რიგის დადგენისათვის, ჩამხშობი ფილტრის სქემის შერჩევისა და პარამეტრების

ანგარიშისათვის საჭიროა განსაზღვროს სპექტრში შემავალი თითოეული ჰარმონიკის მიერ დანადგარზე ზემოქმედების ეფექტი.

2. ქსელში არსებული მაღალი რიგის ჰარმონიკების სპექტრში შემავალი ცალკეული რიგის ჰარმონიკის მომხმარებლის ელექტროტექნოლოგიურ დანადგარზე ზემოქმედების შეფასებისათვის შემოღებულია ეგრედ წოდებული - „ჰარმონიკის ზემოქმედების ეფექტურობის კოეფიციენტი“ და შემოთავაზებულია ელექტროტექნოლოგიურ დანადგარზე სპექტრში შემავალი ჰარმონიკების ზემოქმედების ჯამური ეფექტის საანგარიშო ფორმულა.

4. მართვადი გამმართველებით აღჭურვილი ელექტროტექნოლოგიური დანადგარების დატვირთვის დენის ფორმის დამახინჯების გამასწორებელი მდოვრე რეგულირების (საკომპენსაციო) ფილტრისათვის დამუშავებულია მართვის სისტემა, რომლის მართვა ხორციელდება გამმართველის ვენტილების გახსნის კუთხის მიხედვით. შემოთავაზებულია მართვის სისტემის ფუნქციონალური სქემა.

5. ელექტრორკალური დანადგარების მიერ წარმოქმნილი მაღალი რიგის ჰარმონიკების შემზღუდავი მოწყობილობისათვის დამუშავებულია თითოეული ფაზის სამ საფეხუროვანი ფილტრის კომპლექტის დამოუკიდებელი მართვის სისტემა, რომელთა მართვა ხორციელდება ფაზის დატვირთვის დენის ფუნქციაში.

ნაშრომის პრაქტიკული ღირებულებანი და გამოყენების სფერო.

1. ცალკეული რიგის ჰარმონიკის ელექტროტექნოლოგიურ დანადგარზე ზემოქმედების შეფასებისა და გაუვნებელყოფის ოპტიმალური მეთოდის შერჩევისათვის შემოღებულია ეგრედ წოდებული - „ჰარმონიკის ზემოქმედების ეფექტურობის კოეფიციენტი“ და შემოთავაზებულია სპექტრში შემავალი ჰარმონიკების ჯამური ზემოქმედების ეფექტის საანგარიშო გამოსახულება.

2. მართვადი გამმართველებით აღჭურვილი ელექტროტექნოლოგიური დანადგარების დატვირთვის დენის ფორმის დამახინჯების გამასწორებელი მდოვრე რეგულირების (საკომპენსაციო) ფილტრისათვის დამუშავებულია მართვის სისტემა, რომლის მართვა ხორციელდება გამმართველის ვენტელების გახსნის კუთხის მიხედვით.

3. ელექტრორკალური დანადგარების მიერ წარმოქმნილი მაღალი რიგის ჰარმონიკების შემზღუდავი მოწყობილობისათვის დამუშავებულია თითოეული ფაზის სამ საფეხუროვანი ფილტრის კომპლექტის დამოუკიდებელი მართვის სისტემა, რომელთა მართვა ხორციელდება ფაზის დატვირთვის დენის ფუნქციაში.

4. ელექტრორკალური და ელექტროტექნოლოგიური დანადგარების მიერ წარმოქმნილი ჰარმონიკების შემზღუდავი ფილტრებისათვის დამუშავებული მართვის სისტემების პრაქტიკული რეალიზაცია უზრუნველყოფს ელექტრომომარაგებისა და ელექტრომომხმარებელთა ქსელების ელემენტების მაღალი რიგის ჰარმონიკებისაგან განტვირთვას 50-60%-ით, ენერგეტიკული მაჩვენებლებისა და ენერგოეფექტურობის ამაღლებას.

ნაშრომის აპრობაცია.

სადისერტაციო ნაშრომის ცალკეული შედეგები მოხსენებულ იქნა:

1. სტუ-ს ენერგეტიკისა და ტეეკომუნიკაციის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს თავმჯდომარის ბრძანებით შექმნილი „ელექტრომომხმარების ტექნოლოგიების“ დეპარტამენტის თეორიული/ექსპერიმენტული კვლევა/კოლოქვიუმი 1-ის კომისიის სხდომაზე 25. 02. 2017 წ.;

2. ქ. ქუთაისში 24-25.10.2015 წელს ჩატარებულ III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის - „ენერგეტიკა: რეგიონალური პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები“ - ელექტროენერგეტიკის სექციის სხდომაზე;

2. ქ. ქუთაისში 29.10.2016 წელს ჩატარებულ IV საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის „ენერგეტიკა: რეგიონალური პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები“ - ელექტროენერგეტიკის სექციის სხდომაზე;

3. სტუ-ს ენერგეტიკისა და ტექნომუნიკაციის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს თავმჯდომარის ბრძანებით შექმნილი „ელექტრომომხმარების ტექნოლოგიების“ დეპარტამენტის თეორიული/ექსპერიმენტული კვლევა/კოლოქვიუმი 2-ის კომისიის სხდომაზე 14.07. 2017 წ.;

4. საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში ჩატარებული სტუდენტთა XII საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის „ელექტრომომხმარების ტექნოლოგიების“ სექციაზე. სტუ, თბილისი 2017 წ.;

5. სტუ-ს ენერგეტიკისა და ტექნომუნიკაციის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს თავმჯდომარის ბრძანებით შექმნილი „ელექტრომომხმარების ტექნოლოგიების“ დეპარტამენტის თეორიული/ექსპერიმენტული კვლევა/კოლოქვიუმი 3-ის კომისიის სხდომაზე 23.02.2018 წ.;

6. 2018 წლის 5 მაისს ჩატარებული სტუ-ს „ელექტრომომხმარების ტექნოლოგიის“ დეპარტამენტის სადისერტაციო ნაშრომის წინასწარი დაცვისათვის მიმღვნილ №12 გაფართოებულ სხდომაზე.

ნაშრომის პუბლიკაცია.

სამუშაოს ძირითადი შინაარსი ასახულია 4 სამეცნიერო ნაშრომში. მათ შორის 2 სამეცნიერო-ტექნიკურ ჟურნალებში და 2 საქართველოში ჩატარებულ საერთაშორისო სამეცნიერო – ტექნიკური კონფერენციის მასალებში.

სადისერტაციო ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა:

სადისერტაციო ნაშრომი შედგება შესავალის, 3 თავის, დასკვნების, გამოყენებული ლიტერატურის ჩამონათვალისა და დანართებისაგან. იგი მოიცავს 106 გვერდს, მათ შორის 2 ცხრილსა და 25 ნახაზს.

ნაშრომის ძირითადი შინაარსი

შესავალში ჩამოყალიბებულია მაშრომში გადასაწყვეტი სამეცნიერო – ტექნიკური პრობლემა. წარმოდგენილია ელექტრომომარაგების სისტემისა და ელექტრომომხმარებელთა ელექტროტექნოლოგიური დანადგარების ძალოვან ელემენტებში წარმოქმნილი კონვექციული ელექტრომაგნიტური დაბრკოლებების მიზეზები და მათი გავრცელების შედეგად ელექტრომომარაგების ქსელისა და ელექტრომიმღებთა ძალოვან ელემენტებში, დაცვის აღრიცხვისა და მართვის სისტემებში განვითარებული ელექტროდინამიკური პროცესების შედეგად შექმნილი ენერგეტიკული მაჩვენებლებისა და ენერგოეფექტურობის პრობლემები. დასაბუთებულია არსებული პრობლემის აქტუალობა. ჩამოყალიბებული და განსაზღვრულია ნაშრომის სამეცნიერო კვლევის მიმართულება, ასევე კვლევის მიზანი და ამოცანები. ფორმულირებულია ნაშრომის მეცნიერულ სიახლეთა და პრაქტიკული მნიშვნელობის ძირითადი ასპექტები.

ნაშრომის პირველ თავში ჩატარებულია ელექტრომომარაგების სისტემის ქსელისა და ელექტრომომხმარებლების ელექტროტექნოლოგიურ დანადგარების ელემენტებში არსებული ელექტრომაგნიტური დაბრკოლებების ანალიზი.

ელექტრომიმღებები შექმნილია სხვადასხვა საექსპლუატაციო პირობებში ნორმალური ფუნქციონირებისთვის. ამასთან, ხდება მათი ურთიერთ და გარემოსთან ქმედება. გარემო შეიძლება მოქმედებდეს ტექნიკურ საშუალებებზე უარყოფითად ან დადებითად, მათი ფუნქციონალური შესაძლებლობების შეზღუდვით ან გაფართოვებით. ხშირ შემთხვევაში ტექნიკური საშუალებების ფუნქციონირება შეუთავსებელია, რადგან მას მივყავართ ელექტრომოწყობილობების ფუნქციონალური თვისებები დარღვევებამდე. ამიტომ, ურთიერთქმედება უნდა იყოს დაბალანსებული ტექნიკური საშუალებების შეთავსების დონემდე, როცა ურთიერთ მოქმედება არ არღვევს ნორმულ ფუნქციონირებას.

აღსანიშნავია, რომ მრკ-ები ზეგავლენას ახდენს, როგორც ქსელის ელემენტების, ასევე სხვა მიმღებების მუშაობასა და ენეგეტიკულ მაჩვენებლებზე. მრკ-ის ზემოქმედების ეფექტი ელექტრომიმღებზე დამოკიდებულია ელექტრომიმღების ელექტროტექნიკურ თვისებებზე და ჰარმონიკის პარამეტრებზე. აქედან გამომდინარე, ელექტრომომარაგების ქსელის ერთიდაიგივე სალტესთან მიერთებული ელექტრომიმღებების ელექტრომაგნიტური თავსებადობის განსაზღვრისათვის საჭიროა შესწავლილ იქნეს ცალკეული ელექტროტექნოლოგიური დანადგარის მიერ ქსელში წარმოქმნილი დაბრკოლებების პარამეტრები და მათი ემდ-ბი მიმართ მგრძობიარებაზე. განვიხილოთ თუ რა გავლენას ახდენს მრკ ელექტრომომარაგების ქსელში ჩართული ყველაზე გავრცელებული ელექტრომიმღებების მუშაობაზე. განხილულია ზემოქმედება სისტემის ელემენტებსა და ყველაზე უფრო ფართოდ გავრცელებულ ელექტრომიმღებებზე. ჩატარებულია მრკ-ების ქსელში გავრცელებისა და ელექტრომიმღებებზე ზემოქმედების შეზღუდვის მეთოდებსა და ტექნიკურ საშუალებების ანალიზი.

ელექტრომომარაგების სისტემებში ელექტრომიმღებების მიერ წარმოქმნილი მრკ-ის ჩახრშობისათვის გამოიყენება აქტიურ, ინდუქტიურ და ტევადურ (R, L, C) ელემენტებზე შესრულებული შემზღუდავი ფილტრები. ფილტრები უზრუნველყოფენ ფიქსირებული სიხშირის ჰარმონიკის ამპლიტუდის შემცირებას.

ელექტრული ქსელში ჩართვის მიხედვით არსებობს ორი, მიმდევრობითი და პარალელური ჩართვის ფილტრები. იმ შემთხვევაში როდესაც საჭიროა ერთი ელექტრომიმღების ან ელექტრომიმღებთა ჯგუფის ქსელში არსებული კონკრეტული ჰარმონიკის ზემოქმედებისგან დაცვა, შეირჩევა აღნიშნული სიხშირის ჰარმონიკის შემზღუდავი ფილტრი და იგი ჩაერთვება მიმღებთა მიმდევრობით. ასეთ ფილტრებს ქსელის მიმართ უნდა გააჩნდეს ძალიან მცირე წინააღმდეგობა, ხოლო შესაზღუდი სიხშირის ჰარმონიკის მიმართ უნდა ჰქონდეს მნიშვნელოვნად დიდი წინააღმდეგობა.

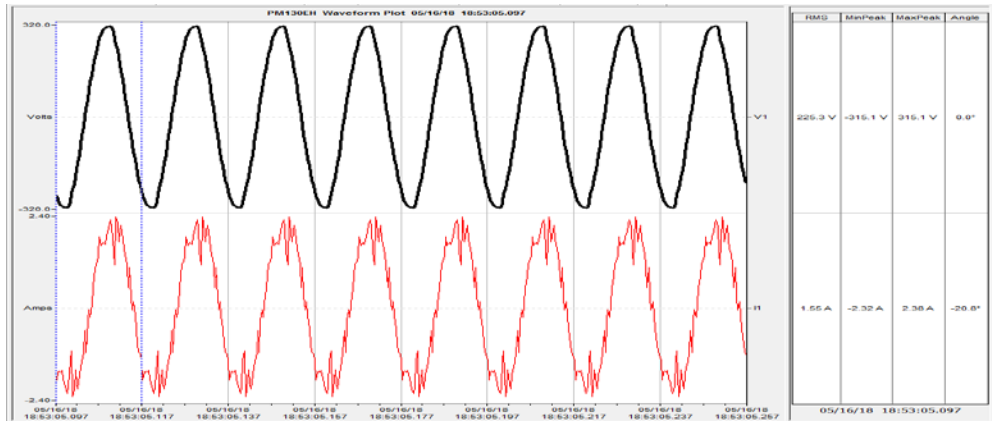
პარალელური ჩართვის ფილტრები გამოიყენება შემკრებ სალტებზე ძაბვის ჰარმონიკების ამპლიტუდების შესამცირებლად. ასეთ ფილტრებს ქსელის სიხშირის მიმართ უნდა გააჩნდეს ძალიან დიდი წინააღმდეგობა, ხოლო შესაზღვდი სიხშირის ჰარმონიკის მიმართ უნდა ჰქონდეს მნიშვნელოვნად მცირე. შესაბამისად, პარალელური შეერთების ფილტრები ამოკლებენ ანუ აშშუნტებენ შესაზღვდი ჰარმონიკის ძაბვას. ამიტომ მათ ხშირად მაშუნტირებელ ფილტრებს უწოდებენ. არსებობს ერთ სიხშირეზე აწყობილი ფილტრები, ფილტრები ორმაგი აწყობის სიხშირით, ფილტრები ავტომატურად აწყობადი სიხშირით, ფართოზოლოვანი სიხშირის ფილტრები და აქტიური ფილტრები.

წარმოდგენლია მიმდევრობითი და პარალელური ჩართვის ფილტრების სქემები, მახასიათებლები. შეფასებულია მათი ღირსებები და ნაკლოვანებები. მოცემულია მათი სიხშირის საანგარიშო გამოსახულებები.

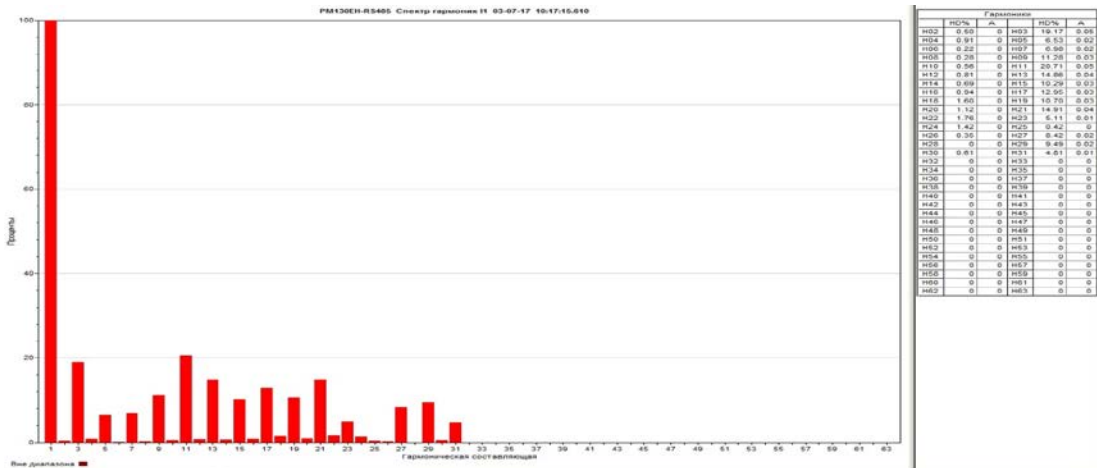
მეორე თავში ჩატარებულია ელექტრომომარაგების ქსელის ელემენტებში ელექტრომომხმარებლების ელექტრომიმდებების მიერ მაღალი რიგის ჰარმონიკების წარმოქმნის მიზეზების გამოკვლევა. ლაბორატორიულ პირობებში, გამოლვლულ იქნა განსხვავებული მოქმედების პრინციპზე დაფუნებული და მუშაობის რეჟიმის მქონე ყველა სახასიათო ელექტრომიმდების მიერ ქსელში წარმოქმნილი მაღალი რიგის ჰარმონიკების სპექტრი.

ანალიზატორიდან მიღებული გაზური განმუხტვის სინათლის წყაროს დატვირთვის დენის მრუდი წარმოდგენლია ნახ. 1 -ზე, წარმოქმნილი ჰარმონიკების სპექტრი ნახ. 2 -ზე.

აღსანიშნავია, რომ ყოველ ელექტრომიმდებს ქსელში არსებული ძაბვის მაღალი რიგის ცალკეული სიხშირის ჰარმონიკის მიმართ განსხვავებული მგრძნობიარობა გააჩნია, რომელსაც ელექტრომიმდების ელექტრულ წრედში ჩართული ელემენტების (აქტიური ინდუქტიური და ტევადური) თანაფარდობა განაპირობებს. ზოგიერთი ელექტრომიმდების მგრძნობიარება დამოკიდებულია მრჰ-ს სიხშირეზე და ზოგიერთის - არა.



ნახ.1. გაზური განმუხტვის სინათლის დატვირთვის დენის მრუდი



ნახ. 2. გაზური განმუხტვის სინათლის წყაროს ჰარმონიკების სპექტრი

მაგალითად, სტატიკური კონდენსატორის შემცველი ელექტრომიმღების მგრძობიარება ძაბვის მაღალი რიგის ჰარმონიკის სიხშირის პროპორციულად იზრდება, ინდუქტიურის მცირდება, ხოლო აქტიურის - ჰარმონიკის სიხშირეზე დამოკიდებული არაა.

ტევადური დატვირთვის მქონე ელექტრომიმღების მგრძობიარების გაზრდა გამოწვეულია იმით, რომ კონდენსატორის გამტარებლობა ძაბვის სიხშირის პირდაპირპროპორციულად იზრდება ($Y_C = \omega C$, სადაც ω - ქსელის ძაბვის კუთხური სიჩქარეა, რად/წმ; C - ელექტრომიმღების ჯამური ტევადობაა, მკვ), ხოლო ინდუქტიურობის პირიქეთ-ქსელის ძაბვის

სიხშირის უკუპროპორციულია ($Y_L=1/\omega L$, სადაც L ელექტრომიმღების ჯამური ინდუქტიურობაა, ჰნ).

ცალკეული ელექტრომიმღების კონკრეტული რიგის ჰარმონიკის მიმართ მგრძნობიარების დონის შესაფასებლად შემოთავაზებულია “ელექტრომიმღების ჰარმონიკის მიმართ მგრძნობიარების კოეფიციენტი” (ემჰმკ):

$$K_{Si} = \varphi(\omega_i). \quad (1)$$

აღსანიშნავია, რომ ემჰმკ ფაქტიურად ელექტრომიმღების კონკრეტული ჰარმონიკის სიხშირის მიმართ გამტარებლობას წარმოადგენს და სპექტრში შემავალი ყოველი ჰარმონიკის მიმართ განსხვავებულია. შემოღებულია “ელექტრომიმღების ჰარმონიკების სპექტრის მიმართ მგრძნობიარების მახასიათებელი” და იგი წარმოადგენს ჰარმონიკის მიმართ მგრძნობიარების კოეფიციენტის დამოკიდებულებას ჰარმონიკის სიხშირეზე:

$$L_S = \psi(\omega_i). \quad (2)$$

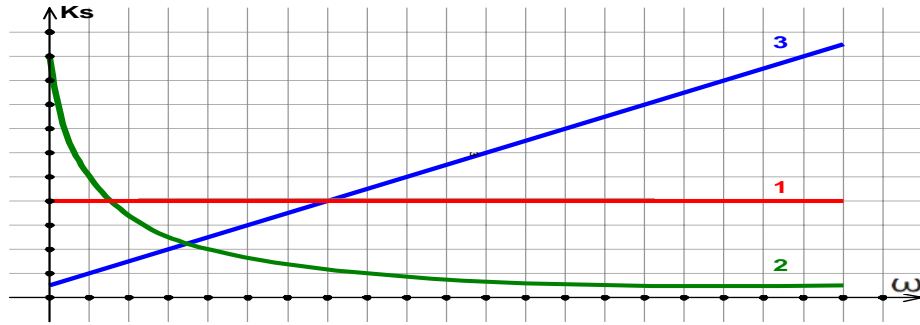
ნახ. 3 –ზე მოცემულია აქტიური, ინდუქტიური და ტევადური ელემენტების მქონე ელექტრომიმღებების მგრძნობიარობის მახასიათებლები.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, რადგან ძაბვის მაღალი რიგის ჰარმონიკების სპექტრი მოიცავს ურთიერთ განსხვავებული ამპლიტუდური მნიშვნელობის სხვადასხვა სიხშირის ჰარმონიკებს (ნახ. 2), ამიტომ ყოველი სიხშირის ჰარმონიკის ელექტრომიმღებზე ზემოქმედება განსხვავებულია.

ცალკეული რიგის ძაბვის ჰარმონიკის ელექტრომიმღებზე ზემოქმედების დონის შეფასებისათვის შემოღებულია ეგრედ წოდებული - „ჰარმონიკის ზემოქმედების ეფექტის კოეფიციენტი (ჰზეკ)“:

$$K_{hi} = U_{mi} \omega_i, \quad (3)$$

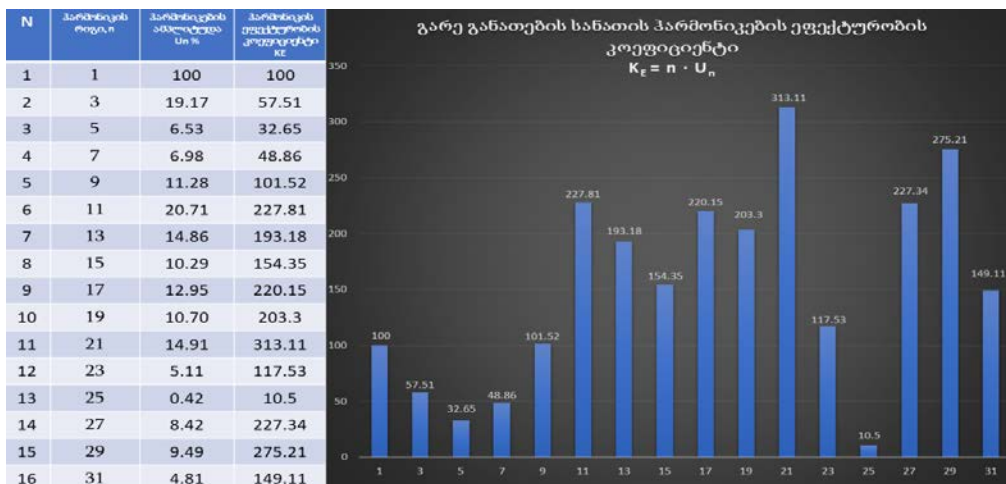
სადაც U_{mi} –ჰარმონიკის მოქმედი მნიშვნელობის ამპლიტუდური მნიშვნელობაა, ვ.



ნახ. 3. ელექტრომიმღების ჰარმონიკების მიმართ მგრძობიარების მახასიათებლები: 1-ინდუქტიური ელემენტების მქონე ელექტრომიმღების; 2-ინდუქტიური ელემენტების მქონე ელექტრომიმღების; 3 - ტევადური ელემენტების მქონე ელექტრომიმღების

შემოთავაზებული მეთოდით (1), ანალიზატორებიდან მიღებული ტიპური ელექტრომიმღებებისა, ელექტროტექნოლოგიური დანადგარების მაღალი რიგის ჰარმონიკების სპექტრისათვის განსაზღვრულია ჰზეკ და გაზური განმუხტვის სინათლის წყაროს ჰარმონიკების სპექტრისათვის შედეგები გრაფიკული სახით წარმოდგენილია ნახ. 4 - ზე.

როგორც წარმოდგენილი გრაფიკიდან სჩანს გაზური განმუხტვის სინათლის წყაროს ჰარმონიკების ზემოქმედების კოეფიციენტი დამოკიდებულია ჰარმონიკის ამპლიტუდაზე აგრეთვე სიხშირეზე.



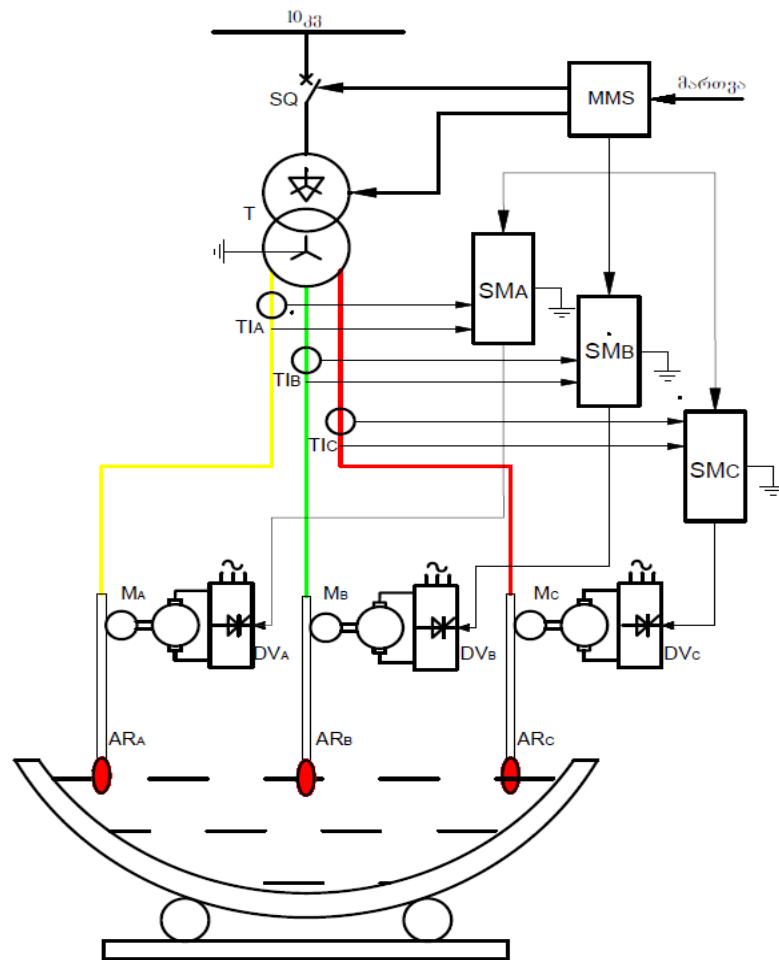
ნახ. 4. გაზური განმუხტვის სინათლის წყაროს ჰარმონიკების ზემოქმედების კოეფიციენტი

მაღალი სიხშირის სპექტრის თითოეული ჰარმონიკის ელექტრომიმღებზე ზემოქმედების დონის შეფასებისათვის შემოღებულია ეგრედ წოდებული - „ჰარმონიკის ზემოქმედების ეფექტი“ (ჰზე):

$$E_{hi} = K_{Si} U_{mi} \omega_i \quad (4)$$

ელექტრომომარაგების ქსელებში ყველაზე დიდი დონის ემდ-ებს ფოლადსადნობი ელექტრორკალური ღუმელები წარმოქმნიან. ერლ-ები მკვეთრად ცვალებადი, დენის დიდი პიკებით (ბიძგებით) ხასიათდება.

განხილულია ერლ-ების მრკ-ების წარმოქმნის მიზეზები. ამ მიზნით შედგენილია და გამოკვლეულია ცვლადი დენის სამფაზა ფოლადსადნობი ერლ-ის ელექტროდების გადაადგილების მექანიზმის ელექტროამძრავის (ეა) მართვის ფუნქციონალური სქემა.



ნახ. 5. ერლ-ის ელექტროდების გადაადგილების მექანიზმის ელექტროამძრავის მართვის ფუნქციონალური სქემა

ერლ-ის ელექტროდების გადაადგილების მექანიზმის ელექტროამძრავის მართვის ფუნქციონალური სქემა. იგი მოიცავს: საღუმელე ტრანსფორმატორს, T; რკალურ ღუმელს; ძალური ამომრთველს SQ; ღუმელის ცენტრალურ მართვის სისტემას, MMS; A, B და C ფაზის დენის ტრანსფორმატორებს TI_A , TI_B , TI_C ; A, B და C ფაზის ელექტროდებს AR_A , AR_B , AR_C ; A, B და C ფაზის ელექტროდების გადაადგილების მექანიზმის ელექტროამძრავის სისტემებს SM_A , SM_B , SM_C ; A, B და C ფაზის ელექტროდების გადაადგილების მექანიზმის ძრავას M_A , M_B , M_C ; A, B და C ფაზის ელექტროდების ელექტროამძრავის რევერსიულ ტირისტორულ გამმართველებს DV_A , DV_B , DV_C .

ელექტროდების ავტომატური მართვა დაფუძნებულია ელექტროდში გამავალი დენისა და ელექტროდსა და ღუმელში მოთავსებული კაზმს შორის არსებული ძაბვის ცვლილებაზე. კერძოდ: ელექტროდებზე ძაბვის მიწოდებისას (ნახ. 5), რადგან ელექტროდი კაზმს არ ეხება, საღუმელე ტრანსფორმატორიდან მიწოდებული ძაბვა მთლიანად მოდებულია სარკალე ღრეჩოზე და ელექტროდის წრედში დენი არ გაედინება. შესაბამისად, ელექტროდის ელექტროამძრავის SM_A მართვის სისტემას მიეწოდებული ძაბვა მაქსიმალურია და დენი მინიმალური. შესაბამისად, ელექტროდის ეა ელექტროდს გადაადგილებს ქვევით. ელექტროდის კაზმთან შეხებისას წარმოიქმნება მ. შ. და ძაბვა ელექტროდსა შემცირდება მინიმუმამდე, ხოლო დენი გახდება მ.შ. დენის ტოლი. ეა რევერსირდება და ელექტროდს გადაადგილებს ზევით. ელექტროდის გადაადგილება გრძელდება ელექტრული რკალის გაჩენამდე. მ.შ. დენი შემცირდება რკალის დენის მნიშვნელობამდე და ძაბვა შემცირდება მინიმუმამდე. მიმდინარე დნობის პროცესის შედეგად იზრდება სარკალე შუალედი (ღრეჩო). შეიცვლება რკალის პარამეტრები და ელექტრული ამძრავი ელექტროდს გადაადგილებს სარკალე ღრეჩოს შენარჩუნებისაკენ. რადგან, ლითონის დნობის პროცესი მიმდინარეობს არაერთგვაროვნად ცალკეული ფაზების დენები ცვლილება მიმდინარეობს არაერთდროულად. შესაბამისად,

ფაზებში ელექტროდების მოკლედ შერთვა – რკალის მდგრადი დენის ნთება – ჩაქრობის ტექნოლოგიური ციკლი მიმდინარეობს ურთიერთ შეუთანხმებლად. ამის გამო, ღუმელის მიერ ქსელის ელემენტებში გაედინება დიდ ფარგლებში ცვალებადი არასიმეტრიული დენი. ქსელში წარმოიქმნება ძაბვის არასიმეტრიული რეჟიმები.

გამოკვლევების შედეგებით დადასტურებულია, რომ ერლ-ის მუშაობის რეჟიმების შედეგად ელექტრომომარაგების ქსელის ელემენტებში წარმოიქმნება სამი ურთიერთ მნიშვნელოვნად განსხვავებული პარამეტრების ჰარმონიკების სპექტრი განპირობებული ციკლი და ფაზებში სპექტრთა მონაცვლეობა მიმდინარეობს არა ერთდროულად.

სამუშაოში გამოკვლეულია მართვადი გამმართველებით აღჭურვილი ეტდ-ების მუშაობის რეჟიმები და დასაბუთებულია, რომ მათ მიერ წარმოქმნილი მრკ-ების სპექტრის პარამეტრები გამმართველის ვენტილების გახსნის ფუნქციაში ძალიან დიდ ფარგლებში იცვლება და ფაზებში პროცესი ერთდროულად მიმდინარეობს.

მესამე თავი მიძღვნილია ელექტრომაგნიტური დაბრკოლებების წარმოქმნისა და გავრცელების შემზღუდავი მოწყობილობის მართვის სისტემის დამუშავებას. კერძოდ, ელექტრორკალური დანადგარების მიერ წარმოქმნილი მრკ-ის სამ საფეხუროვანი შემზღუდავი მოწყობილობისა და მართვადი გამმართველებით აღჭურვილი ელექტროტექნოლოგიური დანადგარების დატვირთვის დენის ფორმის დამახინჯების გამასწორებელი მდოვრე რეგულირების მართვის სისტემის დამუშავებას.

რადგან სამფაზა ელექტრორკალური ღუმელების მუშაობის ციკლისას დატვირთვის თითოეული ფაზის დატვირთვის დენის მოქმედი მნიშვნელობა ურთიერთ დამოუკიდებლად იცვლება. უქმი სვლის რეჟიმისას დენის ამპლიტუდური მნიშვნელობა მცირეა და მრუდის ფორმა ახლოსაა სინუსოიდალურთან. ელექტრული რკალის ანთების პროცესში დენის ამპლიტუდური მნიშვნელობა მაქსიმალურია და მრუდის ფორმა დამახინჯებულია. ციკლის რკალის მდგრადი ნთების რეჟიმის შესაბამისი

მრუდის ამპლიტუდური მნიშვნელობა მ.შ. რეჟიმის დენთან შედარებით მნიშვნელობნად პატარაა და დატვირთვის დენის მრუდის ფორმა ძლიერ დამახინჯებულია.

აღნიშნულიდან გამომდინარე ერდ-ის მიერ წარმოქმნილი მრკ-ის შემზღუდვისათვის საჭიროა ყოველი ფაზისათვის შეირჩეს სამი ორმაგი აწყობის სიხშირის ფილტრისების კომპლექტი და მათი მართვა უნდა განხორციელდეს დამოუკიდებლად.

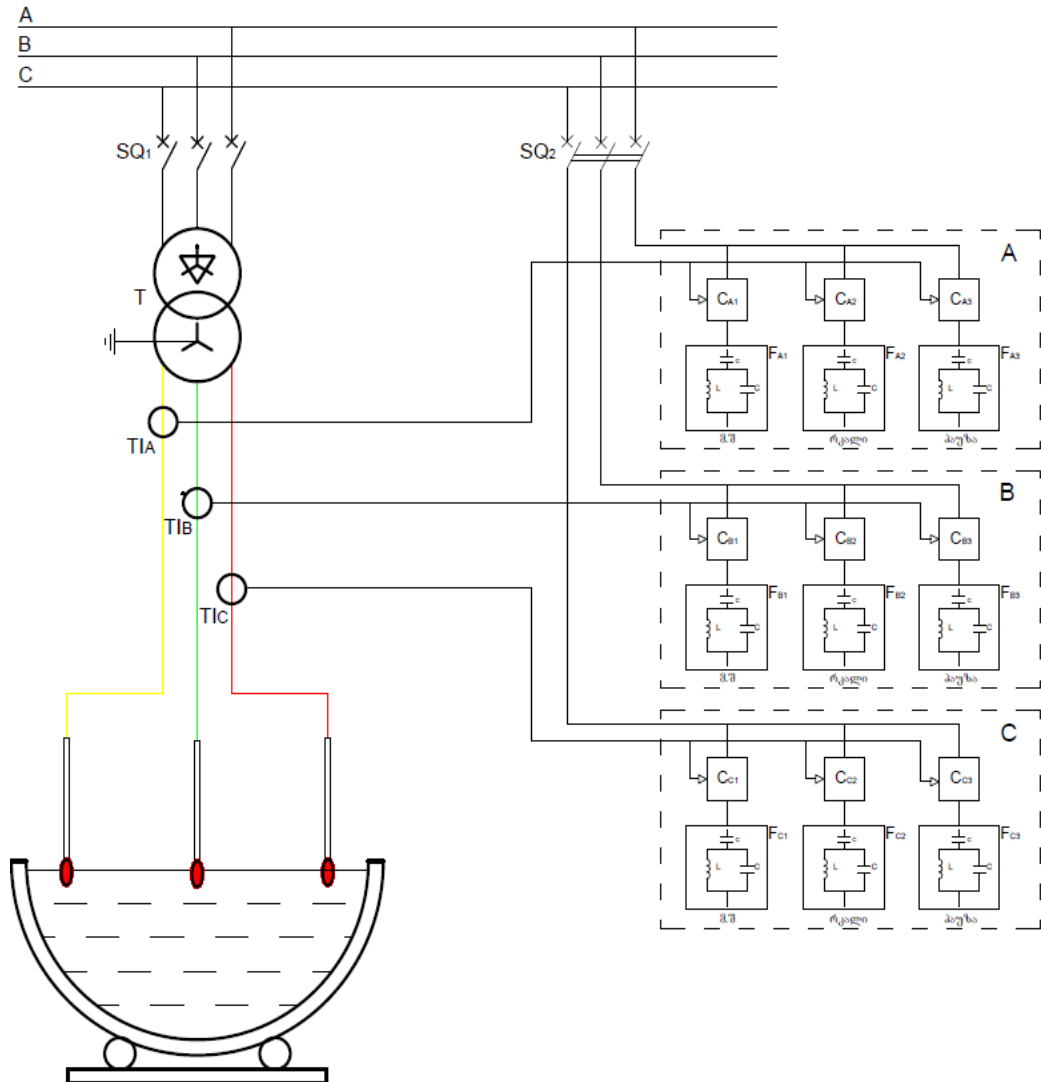
ზემოაღნიშნულის საფუძველზე, დამუშავებულია ერდ-ის მიერ წარმოქმნილი მრკ-ის შემზღუდავი მოწყობლობის მართვის სისტემა. მართვის სისტემის ფუნქციონალური სქემა მოცემულია ნახ. 6 -ზე.

ფუნქციონალური სქემის მოქმედების პრინციპი მდგომარეობს შემდგომში:

ღუმელის გაშვების პროცესში (უქმი სვლის რეჟიმი), რადგან ელექტროდში გამავალი დენი ნულის ტოლია T_{IA} , T_{IB} , T_{IC} დენის ტრანსფორმატორებიდან მიწოდებული ინფორმაციის საფუძველზე ჩაირთვება მხოლოდ ფაზების უქმი სვლის (პაუზის) რეჟიმის მრკ-ების შემზღუდავი ფილტრების სექციების უკონტაქტო C_{A3} , C_{B3} , C_{C3} ამომრთველები. შესაბამისად, ქსელთან მიერთდება მხოლოდ უქმი სვლის რეჟიმში დომინირებული მაღალი რიგის ჰარმონიკებისათვის გათვალისწინებული შემზღუდავი ფილტრების F_{A3} , F_{B3} , და F_{C3} სექციები. შედეგად, განხორციელდება შესაბამისი მაღალი რიგის ჰარმონიკების ამპლიტუდური მნიშვნელობის შეზღუდავა.

მოკლედ შერთვის შექმნისთანავე, დენის ტრანსფორმატორებიდან მიწოდებული ინფორმაციის საფუძველზე, ჩაირთვება მხოლოდ ფაზების მ.შ. რეჟიმის მრკ-ების შემზღუდავი ფილტრების სექციების მართვის სისტემის უკონტაქტო C_{A2} , C_{B2} , C_{C2} ამომრთველები. შესაბამისად, ქსელთან მიერთდება მხოლოდ მ.შ. რეჟიმში დომინირებული მაღალი რიგის ჰარმონიკებისათვის გათვალისწინებული შემზღუდავი ფილტრების F_{A2} ,

F_{B2} , და F_{C2} სექციები. შედეგად, განხორციელდება მ.შ. რეჟიმის შესაბამისი მრკ-ების კომპენსაცია.



ნახ. 6. ელექტროკალური ღუმელის მიერ წარმოქმნილი მრკ-ის შემზღუდავი სამსაფეხუროვანი მოწყობილობის მართვის სისტემის ფუნქციონალური სქემა:

SQ, SQ₁ – ეტდ-ისა და მრკ-ების შემზღუდავი მოწყობილობის ავტომატური ამომრთველი; T-საღუმელე ტრანსფორმატორი; FA₁, FA₂, FA₃, FB₁, FB₂, FB₃, FC₁, FC₂, FC₃ -A, B და C ფაზის უქმი სვლის, მ.შ და რკალის დენის რეჟიმის მაღალი რიგის ჰარმონიკების შემზღუდავი ფილტრის სექცია; TIA , TIB , TIC - A, B და C ფაზის დენის ტრანსფორმატორი; CA₁ , CA₂ , CA₃ - A ფაზის შესაბამისი რეჟიმის მრკ-ების შემზღუდავი ფილტრის შესაბამისი სექციის მართვის სისტემა უკონტაქტო ამომრთველით; CB₁, CB₂ , CB₃ , - B ფაზის შესაბამისი რეჟიმის მრკ-ების შემზღუდავი ფილტრის შესაბამისი სექციის მართვის სისტემა უკონტაქტო ამომრთველით; CC₁ , CC₂ , CC₃ - C ფაზის შესაბამისი რეჟიმის მრკ-ების შემზღუდავი ფილტრის შესაბამისი სექციის მართვის სისტემა უკონტაქტო ამომრთველით.

მოკლედ შერთვის რეჟიმის დამთავრებისა და რკალის ანთებისთანავე, დენის ტრანსფორმატორებიდან მიწოდებული ინფორმაციის საფუძველზე, ჩაირთვება მხოლოდ ფაზების რკალის მდგრადი ნთების რეჟიმის მრკ-ების შემზღუდავი ფილტრების სექციების მართვის სისტემის უკონტაქტო C_{A1} , C_{B1} , C_{C1} ამომრთველები. შესაბამისად, ქსელთან მიერთდება მხოლოდ რკალის მდგრად რეჟიმში დომინირებული მაღალი რიგის ჰარმონიკებისათვის გათვალისწინებული შემზღუდავი ფილტრების F_{A1} , F_{B1} , და F_{C1} სექციები. შედეგად, განხორციელდება შესაბამისი მრკ-ების კომპენსაცია.

რომელიმე ფაზაში რკალი მდგრადი რეჟიმის დარღვევისთანავე შეწყდება ელექტროდში გამავალი დენი გამოირთვება რკალის ნთების რეჟიმის ფილტრის სექცია და ავტომატურად ჩაირთვება უქმი სვლის რეჟიმის სექცია.

ნაშრომში შემოთავაზებული ელექტრორკალური ღუმელის მიერ წარმოქმნილი მრკ-ის შემზღუდავი სამსაფეხუროვანი მოწყობილობის მართვის სისტემა წარმატებით შეიძლება გამოყენებულ იქნეს, როგორც ცვლადი დენის სამფაზა, აგრეთვე ერთფაზა ღუმელების მრკ-ების შეზღუდვისათვის.

შემოთავაზებული მრკ-ის შემზღუდავი სამსაფეხუროვანი მოწყობილობის მართვის სისტემის გამოყენება მუდმივი დენის მართვადი გარდამქმნელით აღჭურვილ ეტდ-ების მიერ წარმოქმნილი მრკ-ის მაღალი რიგის ჰარმონიკების შეზღუდვისათვის მიუღებელია, რადგან ამ ღუმელების მიერ წარმოქმნილი მრკ-ების სპექტრი ძლიერ დიდ დიაპაზონში იცვლება და დამოკიდებულია ელექტროდებზე მიწოდებული ძაბვის პარამეტრებზე, რომლებიც, თავის მხრივ, განპირობებულია მართვადი გამმართველების ვენტილურ გამმართველების გახსნის კუთხეზე.

ზემოაღნიშნული საფუძველზე, დამუშავებულია მართვადი გამმართველით აღჭურვილი ეტდ-ების მიერ წარმოქმნილი მრკ-ის

შემზღუდავი მდოვრე რეგულირების მოწყობლობის მართვის სისტემა. მართვის სისტემის ფუნქციონალური სქემა მოცემულია ნახ. 7 -ზე.

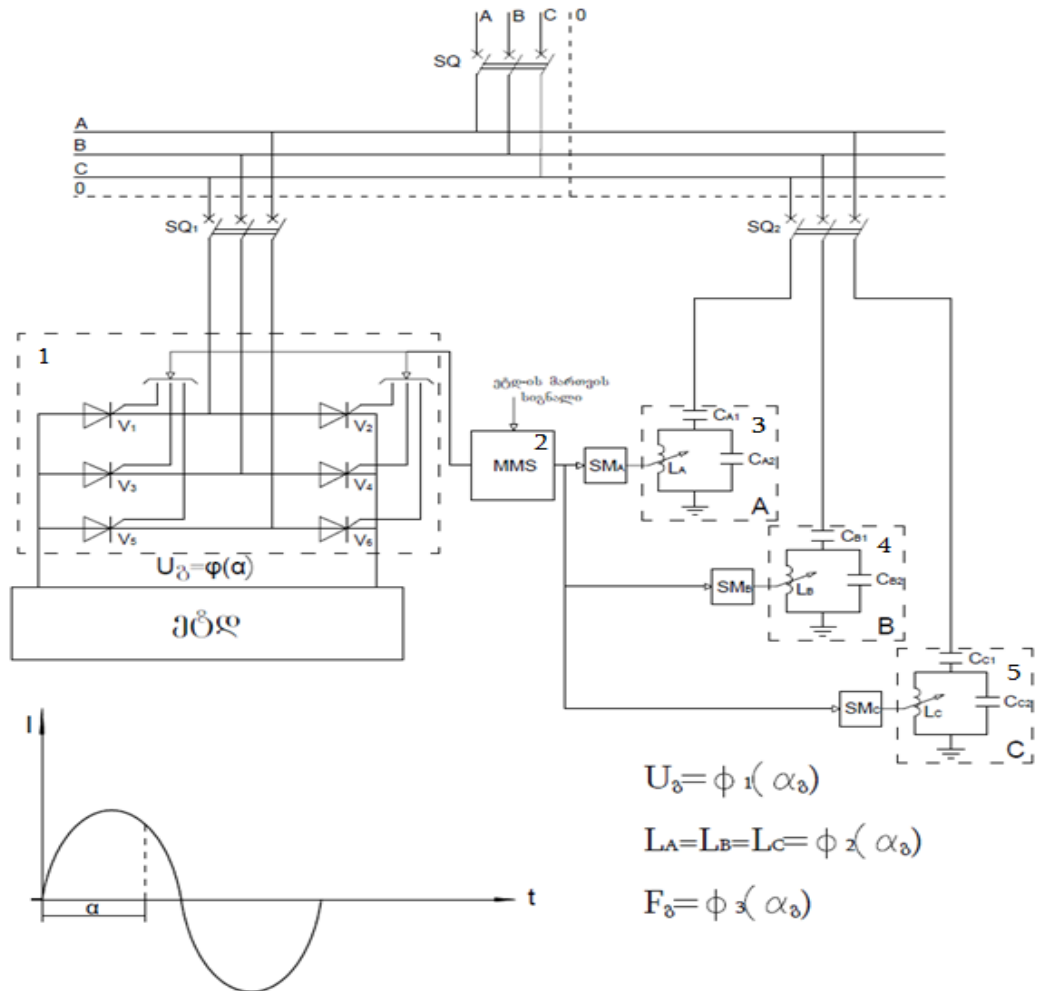
ფუნქციონალური სქემა მუშაობს შემდეგნაირად:

ღუმელის გაშვება ხორციელდება MMS ცენტრალური მართვის სისტემის საშუალებით. შედეგად, მართვადი გამმართველის $V_1 - V_6$ ვენტილებს მიეწოდება მართვის იმპულსები და ღუმელის ელექტროდებს მიეწოდება გამართული ძაბვა. ღუმელის ელექტროდომარაგების ქსეიდან მოთხოვნილი დატვირთვის დენის მრუდის ფორმა დამოკიდებულია ვენტილების გახსნის კუთხეზე და იგი ცენტრალური მართვის სისტემის დავალების სიგნალის ფუნქციაში პირდაპირპროპორციულად იცვლება. იმის გამო, რომ ვენტილების გახსნის კუთხე დიდ ფარგლებში იცვლება ($0-180^\circ$), ტრანსფორმატორის დენის მრუდის დამახინჯების ხარისხიც დიდ ფარგლებში იცვლება.

მაშასადამე, ღუმელის დატვირთვის დენის მრუდის ფორმა და შესაბამისად მის მიერ ელექტროდომარაგების ქსელის ელემენტებში წარმოქმნილი მაღალი რიგის ჰარმონიკების სპექტრის პარამეტრები ღუმელის მართვის სიგნალის ფუნქციაში იცვლება.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, წარმოქმნილი ჰარმონიკების სპექტრის პარამეტრების დიდ ფარგლებში ცვლილების გამო მათი ამპლიტუდური მნიშვნელობების შემდუდვისათვის საჭიროა სამივე ფაზაში ჩაირთოს დიდ ფარგლებში ცვალებადი სიხშირის მქონე შემზღუდავი ფილტრი, რომელთა სიხშირე შეიცვლება ჰარმონიკების სპექტრის პარამეტრების ფუნქციაში. ამ მიზნით, მრკ-ების საკომპენსაციოდ შეჩეულია რეგულირებადი ფილტრი (ნახ.6. 1,2,3). ფილტრის სიხშირის რეგულირება ხორციელდება მასში ჩართული ინდუქტიური წინააღმდეგობის შეცვლით. კერძოდ, L_A , L_B და L_C ინდუქტიურობის შეცვლით. ამ მიზნით, მართვის სისტემაში, ყოველი ფაზისათვის გამოყენებულია SM_A , SM_B და SM_C მრკ-ების შემზღუდავი რეგულირებადი ფილტრის დამოუკიდებელი მართვის სისტემები, რომელთა მართვა ხორციელდება ცენტრალური მართვის

სისტემიდან გამმართველის მართვის ფუნქციაში. ე.ი. ჰარმონიკების სპექტრის პარამეტრების ფუნქციაში.



ნახ.7. მართვადი გარდამქმნელით აღჭურვილი ეტდ-ის მიერ წარმოქმნილი მრკ-ის შემზღუდავი მოწყობილობის მდოვრე რეგულირების მართვის სისტემის ფუნქციონალური სქემა.

SQ, SQ₁ - შემომყვანის, ეტდ-ისა და მრკ-ების შემზღუდავი მოწყობილობის ავტომატური ამომრთველი; 1- მართვადი გამმართველი; 2 (MMS)- გამმართველის ვენტაილებისა და მრკ-ების შემზღუდავი მოწყობილობის საეთო მართვის სისტემა; 3 - A ფაზის მრკ-ების შემზღუდავი რეგულირებადი ფილტრი; 4 - B ფაზის მრკ-ების შემზღუდავი რეგულირებადი რეგულირებადი ფილტრი; 5- ფაზის მრკ-ების შემზღუდავი რეგულირებადი ფილტრი; 6- ელექტროტექნოლოგიური დანადგარი; SM_A - A ფაზის მრკ-ების შემზღუდავი რეგულირებადი ფილტრის დამოუკიდებელი მართვის სისტემა; SM_B - B ფაზის მრკ-ების შემზღუდავი რეგულირებადი ფილტრის დამოუკიდებელი მართვის სისტემა; SM_C - C ფაზის მრკ-ების შემზღუდავი რეგულირებადი ფილტრის დამოუკიდებელი მართვის სისტემა

დასკვნები

1. ჩატარებული კვლევების საფუძველზე დადგენილია, რომ ელექტრომომარაგების ქსელში წარმოქმნილი მაღალი რიგის ჰარმონიკების ძირითად წყაროს ელექტრომომარაგების ელექტროტექნოლოგიური დანადგარების მუშაობის რეჟიმები წარმოადგენს, რომლებიც იწვევენ დამატებით სიმძლავრის და ელექტროენერჯის დანაკარგებს და აუარესებენ ტექნოლოგიური დანადგარებისა და ქსელის ენერგეტიკულ მაჩვენებლებს. შესაბამისად, ელექტრომომარაგების ქსელებში კონდუქტიური დაბრკოლებების წარმოქმნის მიზეზების მეცნიერული შესწავლა, ქსელის ელემენტებში გავრცელების შეზღუდვა ენერგეტიკული მაჩვენებლებისა და ენერგოეფექტურობის ამაღლების ერთერთ გარანტიას წარმოადგენს.

2. დასაბუთებულია, რომ ელექტროენერჯის ხარისხის მაჩვენებლების გაუარესების ძირითად მიზეზს ელექტრომომარაგების ქსელში ჩართული ელექტრორკალური ღუმელები და მართვადი გარდამქმნელებით აღჭურვილი ელექტროტექნოლოგიური დანადგარების მუშაობის რეჟიმები წარმოადგენს.

3. ჩატარებულია ელექტრომომარაგების ქსელებში გამოყენებული მაღალი რიგის ჰარმონიკების ჩახშობისა და შეზღუდვის (გაუვნებელყოფის) არსებული თანამედროვე მეთოდების გამოკვლევა და შეფასებულია გრძივი და განივი ჩართვის მამუნტირებელი და შემზღუდავი ფილტრების გამოყენების შედეგად მიღებული შედეგები.

4. ჩატარებული გამოკვლევის საფუძველზე დასაბუთებულია, რომ რიგი მოქმედი ელექტრომიმღების მგრძობიარობა ჰარმონიკის რიგის გაზრით იზრდება და პირიქით. შესაბამისად, კონკრეტულ ელექტროტექნოლოგიურ დანადგარზე დაბრკოლების ზემოქმედების ეფექტი დამოკიდებულია ჰარმონიკის რიგსა და ამპლიტუდაზე. ჩასახშობი ჰარმონიკის რიგის დადგენისათვის, ჩამხშობი ფილტრის სქემის შერჩევისა

და პარამეტრების ანგარიშისათვის საჭიროა განსაზღვროს სპექტრში შემავალი თითოეული ჰარმონიკის მიერ დანადგარზე ზემოქმედების ეფექტი.

5. ცალკეული რიგის ჰარმონიკის დანადგარზე ზემოქმედების შეფასებისათვის შემოღებულია ეგრედ წოდებული - „ჰარმონიკის ზემოქმედების ეფექტურობის კოეფიციენტი“ და შემოთავაზებულია სპექტრში შემავალი ჰარმონიკების ჯამური ზემოქმედების ეფექტის საანგარიშო გამოსახულება.

6. დასაბუთებულია, რომ განივ-იმპულსურ რეგულირებადი მართვადი გარდამქმნელებით აღჭურვილი ელექტროტექნოლოგიური დანადგარების დატვირთვის დენის ფორმა (დამახინჯების ხარისხი) დიდ ფარგლებში იცვლება და დამოკიდებულია გარდამქმნელის ვენტილების მართვის ელექტროდებზე მიყვანილი იმპულსების გახსნის კუთხეზე. შედეგად, დიდ ფარგლებში იცვლება ქსელში წარმოქმნილი მაღალი რიგის ჰარმონიკების სპექტრის პარამეტრებიც, რომელიც დამოკიდებულია, როგორც დანადგარის დატვირთვაზე, აგრეთვე გახსნის კუთხეზე. შესაბამისად, შეუძლებელი ხდება ასეთი ცვალებადი სპექტრის ჰარმონიკების შეზღუდვა არსებული ფილტრების საშუალებით.

7. მართვადი გამმართველებით აღჭურვილი ელექტროტექნოლოგიური დანადგარების დატვირთვის დენის ფორმის დამახინჯების გამასწორებელი მდოვრე რეგულირების (საკომპენსაციო) ფილტრისათვის დამუშავებულია მართვის სისტემა, რომლის მართვა ხორციელდება გამმართველის ვენტილების გახსნის კუთხის მიხედვით.

8. ელექტრორკალური დანადგარების მოქმედების პრინციპისა და მუშაობის რეჟიმების გამოკვლევის საფუძველზე დადგენილია, რომ მათ მიერ ქსელის თითოეულ ფაზაში წარმოიქმნება ურთიერთმონაცვლე სამი (უქმი სვლის, მოკლედშერთვის და რკალის მდგრადი ნთების) რეჟიმის შესაბამისი მაღალი რიგის ჰარმონიკების სამი სპექტრი. ამასთან, რადგან სპექტრთა მონაცვლეობა თითოეულ ფაზაში მიმდინარეობს ურთიერთ

დამოუკიდებლად და ქსელში გავრცელებული ჰარმონიკები ასიმეტრიულია და დინამიკურ ხასიათს ატარებს.

9. ელექტრორკალური დანადგარების მიერ წარმოქმნილი მაღალი რიგის ჰარმონიკების შემზღუდავი მოწყობილობისათვის დამუშავებულია თითოეული ფაზის სამ საფეხუროვანი ფილტრის კომპლექტის დამოუკიდებელი მართვის სისტემა, რომელთა მართვა ხორციელდება ფაზის დატვირთვის დენის ფუნქციაში.

10. ელექტრორკალური და ელექტროტექნოლოგიური დანადგარების მიერ წარმოქმნილი ჰარმონიკების შემზღუდავი ფილტრებისათვის დამუშავებული მართვის სისტემების პრაქტიკული რეალიზაცია უზრუნველყოფს ელექტრომომარაგებისა და ელექტრომომხმარებელთა ქსელების ელემენტების მაღალი რიგის ჰარმონიკებისაგან განტვირთვას 50-60%-ით, ენერგეტიკული მაჩვენებლებისა და ენერგოეფექტურობის ამაღლებას.

დისერტაციის თემაზე გამოქვეყნებული შრომები

1. ჭუნაშვილი ბ., პეტროსიანი ა., გამრეკელაშვილი თ. ელექტროტექნოლოგიური დანადგარების მიერ ელექტრომომარაგების ქსელებში წარმოქმნილი ძაბვის მაღალი სიხშირის ჰარმონიკები და მათი გავრცელებით გამოწვეული შედეგები. III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის - „ენერგეტიკა: რეგიონალური პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები“ –ს მოხსენებების კრებული. ქუთაისი, საქართველო, 2015. გვ. 38–41.

2. ჭუნაშვილი ბ., პეტროსიანი ა., გამრეკელაშვილი თ., ხარებავა დ. ელექტრომომხმარებლების მიერ ქსელში წარმოქმნილი ძაბვის მაღალი სიხშირის ჰარმონიკების სიმეტრიულობის გამოკვლევა. IV საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის - „ენერგეტიკა: რეგიონალური პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები“ –ს მოხსენებების კრებული. ქუთაისი, საქართველო, 2016. გვ. 5–8.

3. ჭუნაშვილი ბ., ქობალია მ., ხარებავა დ. ელექტრომომხმარებლების მიერ ქსელში წარმოქმნილი მაღალი სიხშირის ჰარმონიკების სიმეტრიულობის გამოკვლევა. „საქაქრთველოს საინჟინრო სიახლენი“, 2016, №4(80), გვ. 57–61.

4. ჭუნაშვილი ბ., შაველაშვილი გ., ბეჟანიშვილი ჯ, გამრეკელაშვილი თ. ძაბვის მაღალი რიგის ჰარმონიკების ელექტრომიმდებებზე გავლენის შეფასება. „ენერგია“, 2017, №3 (80), გვ. 22-27.

Abstract

At present stage, development and introduction of modern technologies in energy supplying systems formed difficult situation. On one hand, systematically, introduction of advanced digital technologies, and in other side, constantly growing number and power of those consumers, who create of any sorts of electromagnetic interferences.

That much, consumers have diversity of technology and equipment, works in different principles and regimen. Coming out of this, the requirement of power supply reliability and quality are very different. Also varied the parameters of the spectra of high frequency distortion due to operation modes and currents.

Accordingly, electromagnetic interference is spread over a long distance, and creates incompatibilities in the network control systems, which often causes accidents and damage. For this reason, problem the joint work of various consumers from year to year becomes more and more urgent.

Proceeding from the foregoing, the condition for achieving electromagnetic compatibility of electric consumers in the power supply system, reliability of power supply system and energetic indicators improvement are deep scientific investigation of processes passing in the electro technological facilities, investigation of high harmonics production reasons and restriction of their propagation.

In this paper, the spectrum and properties of high harmonics are given, caused by current distortion in the power supply, for mostly spread, based on different working principles consumers. Is proven that main reason for high harmonics production are arc ovens and electro technological facilities which are using controlled inverters.

Investigation of high harmonics suppression modern methods is made and results of using longitudinal and transverse filters are evaluated. A method for reducing interference and determining parameters is presented.

For evaluation of influence of one stand alone harmonic on the electro technical facility, co-called "coefficient of harmonic influence" is adopted and expression for counting of total influence of harmonics which are in the spectrum is presented.

By investigating acting principles and working conditions of arc ovens evaluated, that in the each phase are consequently arising three (idle, short circuit and stable arc) spectra for each mode. Because of this that the sequence of these spectra is independent in each phase, the harmonics in the power supply are asymmetric and have dynamic behavior

For the high harmonics reduction device produced by arc facility, developed management system of three stage filter for each phase. Management of these filters is realized in the load current function.

Load current distortion level of electro technological facilities which have Inverters working on pulse wide regulation is varying in high limits and is depended on the angle of gates control impulses. Parameters of high harmonics produced in the power supply also are varying in the high limits and they are depended on load and on the angle of control impulses. Therefore, effective restriction of harmonics spectra varying in such a high limits is too complicated using existing methods.

For fixing load current distortion caused by electro technological facilities which have a controlled rectifier a shunt (compensation) filter control system management is depended on the angle of control pulses.

Harmonics (produced by electro technological facilities which have arcs and controlled rectifiers) reduction filter control system practical realization decreases high harmonics till 50-60% and therefore improving efficiency and energetic indicators.