

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

მაია გურგენიძე

კომუნალურ–საყოფაცხოვრებო სექტორის თანამედროვე
ელექტრომიმღებების გავლენა ელექტროენერჯის ხარისხის
მაჩვენებლებსა და ადამიანის ჯანმრთელობაზე.

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

სადოქტორო პროგრამა: "ენერგეტიკა და ელექტროინჟინერია"

შიფრი: 0405

თბილისი

2019

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში
ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტი
ელექტროტექნიკის და ელექტრონიკის დეპარტამენტი

ხელმძღვანელი: პროფესორი თ. მუსელიანი

რეცენზენტები:

დაცვა შედგება 2019 წლის "-----" "-----" "-----" საათზე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკისა და
ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის სადისერტაციო 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

თემის აქტუალურობა. უკანასკნელი ათწლეულების განმავლობაში ელექტრომომარაგებაში მნიშვნელოვანი ყურადღება ეთმობა ენერგოდაზოგვის, ელექტრომომარაგების საიმედოობის ამაღლების და ელექტროენერჯის ხარისხის საკითხებს.

საყოველთაოდ მიჩნეულია ის ფაქტი, რომ ელექტროენერჯია არის საქონელი. როგორც ნებისმიერ საქონელს, ელექტროენერჯიასაც აქვს ისეთი მნიშვნელოვანი თვისება, როგორცაა ხარისხი.

ელექტროენერჯის ხარისხის ქვეშ იგულისხმება მისი მახასიათებლების ერთობლიობა, რომელთა დროსაც ელექტრომიმღებებს გააჩნია უნარი შეასრულონ მათზე დაკისრებული ფუნქციები, იგი არსებით გავლენას ახდენს ელექტრომიმღებების ეფექტურ მუშაობაზე, ასევე ელექტრული ქსელების ტექნიკო-ეკონომიურ მაჩვენებლებზე.

ელექტროენერჯის ხარისხის შემცირებამ შეიძლება მიგვიყვანოს ელექტრომიმღებების მუშაობის რეჟიმების შესამჩნევ ცვლილებამდე და შედეგად სამუშაო მექანიზმების მწარმოებლობის შემცირებამდე, პროდუქციის ხარისხის გაუარესებამდე, ელექტრომოწყობილობის მუშაობის ხანგრძლივობის შემცირებამდე და ავარიების ალბათობის გაზრდამდე.

ელექტრული ენერჯია ერთი მხრივ შეიძლება განვიხილოთ როგორც საქონელი, ხოლო მეორე მხრივ - როგორც ფიზიკური ცნება.

ელექტროენერჯია, როგორც საქონელი უნდა შეესაბამებოდეს განსაზღვრულ ხარისხს, ბაზრის მოთხოვნებს ელექტროენერჯია ენერჯის სხვა სახეებისაგან განსხვავდება განსაკუთრებული მომხმარებლითი თვისებებით: მისი წარმოების, გადაცემისა და მოხმარების დროები ერთმანეთს ემთხვევა; ელექტროენერჯის ხარისხის მახასიათებლები დამოკიდებულია მისი მოხმარების პროცესზე; შეუძლებელია მისი შენახვა და უხარისხო ელექტროენერჯის უკან დაბრუნება;

ელექტროენერგია, როგორც ფიზიკური ცნება - ეს არის ელექტრომაგნიტური ველის უნარი მისი წარმოების, გადაცემის, განაწილებისა და მოხმარების ტექნოლოგიურ პროცესში მოდებული ძაბვის მოქმედებით შეასრულოს სამუშაო.

იმ წერტილებისათვის, რომელთანაც მიერთებულია ელექტრული ქსელები ან მოხმარებლის ელექტროდანადგარები 50 ჰვ სიხშირის ერთფაზა და სამფაზა საერთო დანიშნულების ელექტრომომარაგების სისტემების ელექტრული ქსელები, ელექტროენერგიის ხარისხის მაჩვენებლები და ნორმები დადგენილია სტანდარტით ГОСТ 32144-2013 „ელექტრული ენერგია. ტექნიკური საშუალებების ელექტრომაგნიტური თავსებადობა. ელექტროენერგიის ხარისხის ნორმები საერთო დანიშნულების ელექტრომომარაგების სისტემებში“, რომლის გამოყენების უფლებას გვაძლევს საქართველოს მთავრობის 2014 წლის 18 ივნისის № 409 დადგენილება, რომლის მუხლი 1 გვეუბნება, რომ სამშენებლო სფეროს ტექნიკური რეგულირების მიზნით, შესაბამისი ტექნიკური რეგლამენტების მიღებამდე, აღიარებული და საქართველოს ტერიტორიაზე დროებით სამოქმედოდ დაშვებული იქნეს ყოფილი საბჭოთა კავშირის 1992 წლამდე მოქმედი და შემდგომ პერიოდში მოდიფიცირებული სამშენებლო ნორმები და წესები, ტექნიკური რეგულირების სხვა დოკუმენტები და მათი ის ნაწილები, რომელთა ალტერნატივა არ არსებობს საქართველოში მიღებული ტექნიკური რეგლამენტების ან სხვა ნორმატიული აქტების სახით და რომლებიც არ ეწინააღმდეგება საქართველოს მოქმედ კანონმდებლობას ან/და იმ საერთაშორისო ხელშეკრულებებს, რომელთა მონაწილეც არის საქართველო.

სტანდარტი ელექტროენერგიის ხარისხის მახასიათებლებისათვის ადგენს დასაშვებ მნიშვნელობებს; ნორმირებულია ელექტროენერგიის ხარისხის შემდეგი მაჩვენებლები:

- ძაბვის დამყარებული გადახრა (დადებითი და უარყოფითი);
- ძაბვის ცვლილების მანძილი;

- ფლიკერის დოზა (ხანმოკლე და ხანგრძლივი დოზა);
- ძაბვის მრუდის სინუსოიდურობის დამახინჯების კოეფიციენტი (ძაბვის ჰარმონიული მდგენელების ჯამური კოეფიციენტი);
- ძაბვის n-ური რიგის ჰარმონიული მდგენელის კოეფიციენტი;
- უკუ თანმიმდევრობის ძაბვის არასიმეტრიულობის კოეფიციენტი;
- ნულოვანი თანმიმდევრობის ძაბვის არასიმეტრიულობის კოეფიციენტი;
- სიხშირის გადახრა;
- ძაბვის ჩავარდნის ხანგრძლივობა;
- იმპულსური ძაბა;
- დოებიტი გადამაბვის კოეფიციენტი;

ჩამოთვლილ მახასიათებლებს ნორმების მითითების გარეშე ემატება ელექტროენერგიის ხარისხის ისეთი მაჩვენებლები, როგორცაა ძაბვის ერთეული სწრაფი ცვლილებები, ძაბვის ინტერჰარმონიული მდგენელები, ძაბვის სიგნალები, რომლიც გადაიცემა ელექტრული ქსელების გავლით და ძაბვის წყვეტები.

თანამედროვე კომუნალურ – საყოფაცხოვრებო სექტორის მიერ ელექტროენერგიის მოხმარება საკმაოდ მაღალია. თანამედროვე საცხოვრებელ სახლებს გააჩნია არაწრფივი ვოლტამპერული მახასიათებლების მქონე თანამედროვე ელექტრომიმღებების მნიშვნელოვანი რაოდენობა. მსგავსი სახეობის ელექტრომიმღებები მოიხმარს დენს, რომლის ფორმა არსებითად განსხვავდება სინუსოიდისაგან. ასეთი ელექტრომიმღებები წარმოადგენს სამრეწველო სიხშირის დენის ელექტროენერგიის მოხმარებლებს, ამასთანავე გენერირებენ ქსელში მაღალი სიხშირის ჰარმონიკებს. არასინუსოიდური დენის გავლა წრედის ელემენტებში იწვევს ძაბვის ვარდნას, რაც თავის მხრივ წარმოადგენს წრედის ამა თუ იმ წერტილში ძაბვის სინუსოიდურობის დამახინჯების მიზეზს.

ელექტრულ ქსელებში კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო დატვირთვით გამოწვეული ძაბვის სინუსოიდურობის დამახინჯების გამომწვევი მიზეზების გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ დამახინჯების მიზეზი არის სწორედ ელექტროენერჯის კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო მომხმარებლები [1].

ელექტრული ქსელის საერთო მიერთების წერტილში შეიძლება არსებობდეს რამდენიმე მომხმარებელი, რომელთათვისაც ელექტროენერჯის ხარისხის მაჩვენებლები ერთნაირია, თუმცა, ამავე დროს, თითოეული მომხმარებლის გავლენა ძაბვის დამახინჯებაზე შეიძლება სხვადასხვა იყოს.

ყველა საყოფაცხოვრებო ხელსაწყო, რომელიც მუშაობს ელექტრული დენის გამოყენებით, თავის გარშემო ქმნის ელექტრომაგნიტურ ველს და წარმოადგენს ელექტრომაგნიტური გამოსხივების წყაროს. მეცნიერები ამტკიცებენ, რომ მოცემულმა გამოსხივებამ შეიძლება ადამიანის ორგანიზმზე გამოიწვიოს ნეგატიური გავლენა. ელექტრომაგნიტური ველები საშიშია უპირველესად იმიტომ, რომ ადამიანი ვერ შეიგრძნობს მათ ზემოქმედებას ისე, როგორც შეიგრძნობს, მაგალითად, სინათლეს, ხმას, და ამიტომ არ შეუძლია ადეკვატურად განსაზღვროს მათი ინტენსივობა და საფრთხის ხარისხი.

ყოფაცხოვრების ტექნოლოგიზაციას თან სდევს დაფარული საფრთხეც. ჩვენი ორგანიზმი ძალიან მგრძობიარეა ზემოთ დასახელებული გამოსხივების მიმართ, ამასთანავე, როგორც თანამედროვე გამოკვლევები გვიჩვენებს, მათი ზემოქმედებით ყველაზე მეტად ზიანდება ტვინი, გული, ასევე ადამიანის ენდოკრინოლოგიური, იმუნური და სასქესო სისტემები.

ამგვარად, სადისერტაციო სამუშაოში გამოკვლეული საყოფაცხოვრებო-კომუნალური ხელსაწყოების მიერ ძაბვის სინუსოიდურობის ფორმის დამახინჯებაზე გავლენისა და ამ ხელსაწყოების მიერ გამოსხივებული ელექტრული და მაგნიტური ველების დამაბულობების დონეების ადამიანის ჯანმრთელობაზე გავლენის საკითხების შეფასება მეტად აქტუალური თემაა.

სამუშაოს მიზანი.

ძაბვისა და დენის არასინუსოიდურობის გამომწვევი საყოფაცხოვრებო-კომუნალური მომხმარებლების გავლენის ხარისხის შეფასება ელექტროენერჯის ხარისხის მაჩვენებლებსა და 0,4 კვ ძაბვის ქსელებში სიმძლავრისა და ელექტრული ენერჯისა დამატებით დანაკარგებზე. ასევე საყოფაცხოვრებო-კომუნალური ხელსაწყოების მიერ გამოსხივებული ელექტრული და მაგნიტური ველების დამაბულობების დონის ადამიანის ჯანმრთელობაზე გავლენის შეფასება სანიტარულ - ჰიგიენური ნორმატივების მოთხოვნებიდან გამომდინარე.

კვლევის ობიექტი და მეთოდები.

0,4 კვ ძაბვის ელექტრული ქსელების საყოფაცხოვრებო-კომუნალური ელექტრომომხმარებლების დატვირთვის კვანძები.

ზემოთ მოყვანილი ამოცანების გადაწყვეტისათვის გამოყენებული იქნა: ელექტრული წრედების თეორია, ჰარმონიული ანალიზი, სიმეტრიულ მდგენელთა მეთოდი, მათემატიკური მოდელირების მეთოდი, მოქმედ ელექტრულ ქსელებში თანამედროვე გაზომვის ხელსაწყოების გამოყენებით ექსპერიმენტული გაზომვები.

ნაშრომის ძირითადი შედეგები და სიახლე.

1. ექსპერიმენტულად იქნა განსაზღვრული საცხოვრებელ და საზოგადოებრივ შენობებში გამოყენებული ელექტროხელსაწყოების ამპლიტუდურ-სიხშირული მახასიათებლები.
2. ჩატარებული იქნა გავლენის შეფასება საცხოვრებელი და საზოგადოებრივი შენობების ელექტრულ შემყვანებზე ძაბვისა და დენის უმაღლესი ჰარმონიული მდგენელების დამამახინჯებელი

თვისებების 0,4 კვ ძაბვის გარე ქსელების ელექტრომაგნიტური მახასიათებლებზე;

3. დამუშავებული იქნა ელექტრულ ქსელებში ძაბვებისა და დენების არასინუსოიდურობით გამოწვეული დამატებითი დანაკარგების გაანგარიშების მეთოდიკა და დამუშავებული იქნა შესაბამისი ჩანაცვლების სქემა.
4. განსაზღვრული იქნა ელექტროსაყოფაცხოვრებო ხელსაწყოების მიერ გამოსხივებული მაგნიტური ველის დამაბულობის დონეები ხელსაწყოებიდან სხვადასხვა მანძილზე დაშორების მიხედვით და დადგენილი იქნა უსაფრთხო დაშორების მანძილი.

სამუშაოს აპრობაცია. დისერტაციის შესახებ გამოქვეყნებულია 4 სამეცნიერო ნაშრომი. დისერტაციის სამუშაოს შესახებ მოხსენებული იქნა ქ. ქუთაისში მე-5 საერთაშორისო კონფერენციაზე „ენერგეტიკა: რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები“ 2018 წელს და საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტში, ელექტროტექნიკისა და ელექტრონიკის დეპარტამენტში პირველ, მეორე და მესამე კოლოქვიუმებზე.

სადისერტაციო სამუშაოს სტრუქტურა და მოცულობა. დისერტაცია შედგება 5 თავისაგან, შესავალისაგან, დასკვნისაგან 57 დასახელების ლიტერატურული წყაროსაგან. სამუშაოს მოცულობა წარმოდგენილია 129 გვერდზე, შეიცავს 35 ნახაზსა და 16 ცხრილს.

ნაშრომის მოკლე შინაარსი

შესავალში დასაბუთებულია პრობლემის აქტუალობა, ჩამოყალიბებული და განსაზღვრულია გამოსაკვლევი საკითხების წრე, ასევე კვლევის მიზანი და ამოცანები. ფორმულირებულია ნაშრომის მეცნიერულ სიახლეთა და პრაქტიკული მნიშვნელობის ძირითადი ასპექტები.

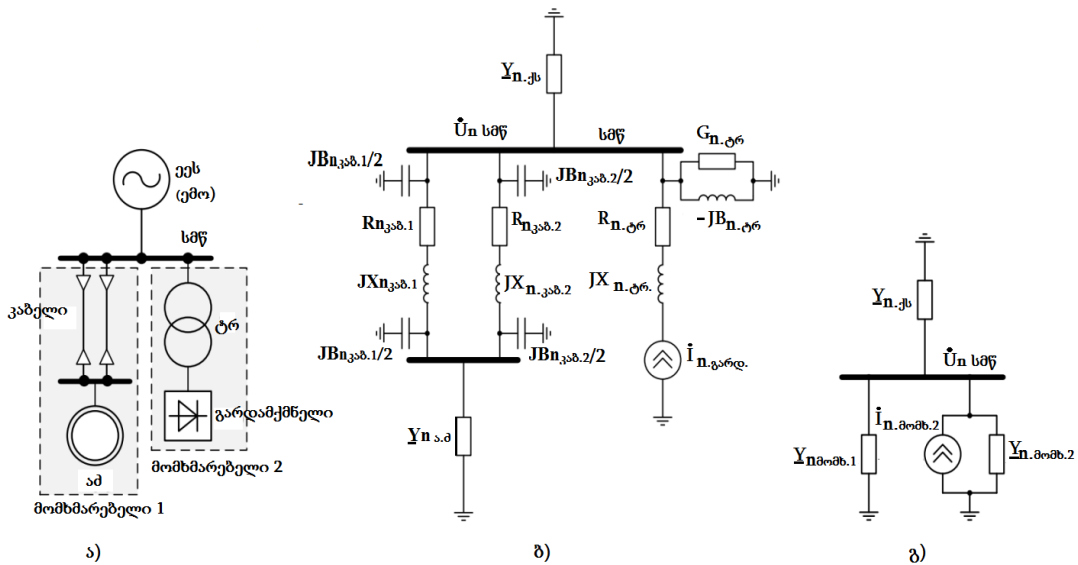
პირველ თავში მოყვანილია, რომ ელექტროენერჯის ხარისხის მაჩვენებლების სტანდარტის მოთხოვნებთან შეუსაბამობას მიყვავართ მნიშვნელოვან მატერიალურ ზარალთან, რომელიც დაკავშირებულია ელექტრომოწყობილობების მუშაობის ხანგრძლივობის შემცირებასთან და მწყობრიდან გამოსვლასთან, ელექტროენერჯის დანაკარგების ზრდასა და წუნდებული პროდუქციის გამოშვებასთან, რელეური დაცვის მოწყობილობების ცრუ ამუშავებასთან.

უკანასკნელი ათწლეულების მანძილზე მრავალრიცხოვანი გამოკვლევები და ნატურული ექსპერიმენტები უჩვენებენ ენერგოსისტემებში ელექტროენერჯის ხარისხის სისტემატურ შეუსაბამობას სახელმწიფო სტანდარტის დადგენილ მოთხოვნებთან. ცხადია, რომ მოცემული საკითხი აქტუალურია და საჭიროებს გადაწყვეტას. ამ დროს მუშაობა მიმართული უნდა იყოს არა მხოლოდ ცალკეულ კვანძებში ძაბვის დამახინჯების სტანდარტი მოთხოვნებთან შეუსაბამობის გამოსწორებისაკენ, არამედ უნდა განისაზღვროს ამ შეუსაბამობის მიზეზებიც. ამისათვის საჭიროა ელექტრომომარაგების სისტემებში გამოვლენილ იქნეს ის მონაწილეები, რომლებიც იწვევენ ძაბვის დაუშვებელ დამახინჯებას. ამ დროისათვის დამტკიცებულ და მოქმედ ნორმატიულ-ტექნიკურ დოკუმენტებში მოცემული არ არის ელექტროენერჯის ხარისხის დამამახინჯებელი მომხმარებლების გამოვლენის მეთოდიკა.

საერთო მირეთების წერტილში ძაბვის დამახინჯებაზე მომხმარებლის გავლენის შეფასებისათვის არსებობს მრავალი მიდგომა. ზოგიერთი

მათგანი საშუალებას იძლევა მოცემულ იქნეს მომხმარებლის გავლენის მხოლოდ ხარისხობრივი შეფასება და განსაზღვროს ელექტროენერგიის ხარისხზე მისი დადებითი ან უარყოფითი გავლენა. სხვა მეთოდები საშუალებას იძლევა ხარისხობრივი შეფასების გარდა განსაზღვროს რაოდენობრივი გავლენა და დადგინდეს, თუ რომელი მომხმარებელი აუარესებს ელექტროენერგიის ხარისხს ან რომელი მომხმარებელი ზიანდება უფრო მეტად და რომელი ნაკლებად.

ნაშრომში განხილულია ელექტრული ქსელისა და ელექტრომომარაგების სისტემების მონაწილეთა ჩანაცვლების სქემების მოდელი. ნახ.1.ა-ზე წარმოდგენილია საერთო მიერთების წერტილის (სმწ) სქემა, მისი გამარტივებული სრული (ნახ.1.ბ), და ცალხაზა ჩანაცვლების სქემა (ნახ.1.გ) ერთერთი n -ური რიგის ჰარმონიკისათვის.



ნახ.1. საერთო მიერთების წერტილის სქემა. ა – მასთან ჩართული მომხმარებლებით; ბ – ჩანაცვლების სრული სქემა; გ – ჩანაცვლების გამარტივებული სქემა n -ური რიგის ჰარმონიკისათვის.

საკვლევი ჰარმონიკისათვის ჩანაცვლების სქემაში არაწრფივი და არასიმეტრიული დატვირთვის წარმოდგენის საერთო მიღებულ ხერხს წარმოადგენს ჩანაცვლების სქემაში მათი ასახვა დამახინჯების დენის წყაროთი. ჩანაცვლების სქემაში ელექტრული ქსელის თითოეული

არადამახინჯებელი ელემენტი წარმოდგენილია პასიური ელემენტების კრებულით: აქტიური, ინდუქციური და ტევადური წინაღობებით, რომლებიც კორელირდებიან ჩანაცვლების სქემის ერთსახელა პარამეტრებით ძირითად სიხშირეზე პირდაპირი თანმიმდევრობის დენებისათვის ცნობილი თანაფარდობებით. ანალოგიურად, ნახ.1-ზე წარმოდგენილი ჩანაცვლების სქემის ქსელის მოდელი გამოიყენება არა მხოლოდ არასინუსოიდური, არამედ არასიმეტრიული რეჟიმებისთვისაც.

ამგვარად, საერთო მიერთების წერტილში ჩართული ელექტრომომარაგების სისტემის თითოეული მონაწილე წარმოადგენს პასიური და აქტიური (დამამახინჯებელი დატვირთვის არსებობის დროს) ელემენტების კრებულს (ნახ.1.ბ).

საერთო მიერთების წერტილის მიმართ ეკვივალენტური გენერატორის მეთოდის გამოყენებით ნებისმიერი მონაწილე შეიძლება წარმოდგენილი იქნას ან მიმდევრობით შეერთებული ე.მ.ძ.-ებით და წინააღობით ან პარალელურად შეერთებული დენის წყაროთი I და გამტარობით Y . ჩანაცვლების სქემაში ძაბვის უმაღლესი ჰარმონიკებისა და დენებისათვის ელექტრომომარაგების სისტემების (ელექტრომომარაგებელი ორგანიზაციის) მონაწილეების წარმოდგენის უკანასკნელი ვარიანტი (ნახ.1.გ) ყველაზე უფრო მოსახერხებელია.

ეკვივალენტურობის მოცემული მეთოდი ასევე ცნობილია როგორც აქტიური ორპოლუსას მეთოდი. განვიხილოთ ძაბვის დამახინჯებაზე მომხმარებელთა გავლენის შეფასების გავრცელებული მეთოდები. უმაღლესი ჰარმონიკებისა და ძაბვების არასიმეტრიის იდენტური მიდგომისათვის შევთანხმდეთ, რომ იქ, სადაც პრინციპული მნიშვნელობა არა აქვს ინდექსები (n) და 2 , რომლებიც შესაბამისად ახასიათებენ n რიგის უმაღლეს ჰარმონიკასა და ძირითადი სიხშირის დამახინჯების ძაბვას, შვცვალთ ინდექსით „დამ“, რომელიც უჩვენებს დამამახინჯებელი დატვირთვის რეჟიმებს.

ელექტრული ქსელის კვანძებში ძაბვის დამახინჯება, რომელიც გამოწვეულია მასში დამახინჯების დენის გავლით, დამოკიდებულია მოცემული ქსელის პარამეტრებზე (ელექტროგადაცემის ხაზის აქტიურ და რეაქტიულ წინაღობებზე).

მეორე თავში განსაზღვრულია 0,4 კვ ძაბვის ელექტრულ ქსელებში ენერჯისა და სიმძლავრის დანაკარგები არასინუსოიდური ძაბვისა და დენის არსებობის დროს და მოცემულია დანახინჯების წყაროების მქონე 0,4 კვ ძაბვის ქსელების გაანგარიშების მეთოდიკა. ძაბვისა და დენის სინუსოიდური მრუდეების დამახინჯება იცვლება დღეღამის განმავლობაში კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო სექტორის მოხმარების რეჟიმების მიხედვით. მოცემული სამუშაოს ჩარჩოებში მოყვანილია ქ.თბილისის დელისის საექსპლუატაციო უბანში მოქმედი ელექტრული ქსელების სტატისტიკური კვლევები. გამოკვლეულია 122 სატრანსფორმატორო ქვესადგური, რომლებიც კვებავს კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო დატვირთვას და მათგან გამომავალი საკაბელო ხაზები.

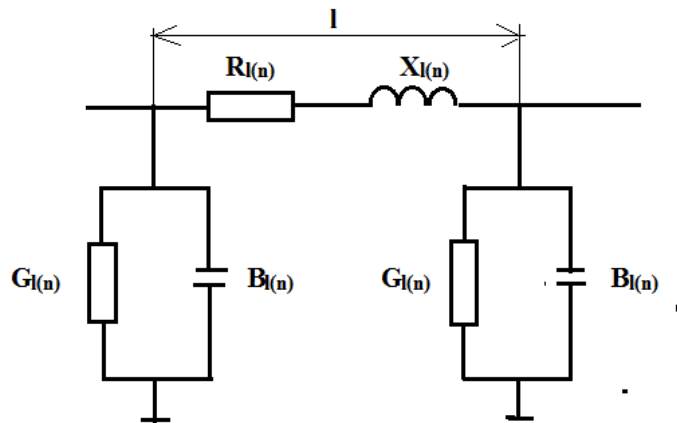
ამასთანავე, უნდა აღინიშნოს, რომ თავისებურებების აღრიცხვისათვის უმაღლესი ჰარმონიკების გავრცელების დროს საჭიროა შედგენილ იყოს ელექტრული ქსელის ჩანაცვლების სქემა, რომელშიც ყველა მისი ელემენტი შეცვლილი იქნება მიმდევრობით და პარალელურად შეერთებული ჯაჭვებით და უმაღლესი ჰარმონიკების ძაბვისა და დენის წყაროებით, ანუ დამატებითი წყაროებით, როგორც დამახინჯების წყაროები.

საჭაერო ელექტროგადაცემის ხაზი ნომინალური ძაბვების დროს უმაღლესი ჰარმონიკების გავრცელების გაანგარიშებისას ჩვეულებრივ წარმოდგინდება II-სებრი უჯრედების მიმდევრობით შეერთებული ჯაჭვის სახით (ნახ.2). ეს საშუალებას იძლევა სხვადასხვა რიგის ჰარმონიკებისათვის გავითვალისწინოთ მისი პარამეტრების განაწილება, მისი გრძივი აქტიური და რეაქტიული წინაღობებისა და განივი აქტიური და რეაქტიული გამტარობების ცვლილებები.

ჩანაცვლების სქემის პარამეტრები n -ური რიგის ჰარმონიკისათვის გამოითვლება ფორმულებით:

$$R_{l(n)} = r_0 \cdot l \cdot \sqrt{n}; \quad X_{l(n)} = x_0 \cdot l \cdot \sqrt{n}; \quad G_{l(n)} = g_0 \cdot \frac{l}{2}; \quad B_{l(n)} = b_0 \cdot \frac{l}{2 \cdot n}$$

სადაც r_0, x_0 - არის ხაზის კუთრი გრძივი აქტიური და რეაქტიული წინაღობები (ომი/კმ), ხოლო g_0, b_0 - არის ხაზის კუთრი განივი აქტიური და რეაქტიული გამტარობები (სიმ/კმ); l - ხაზის სიგრძე, (კმ).

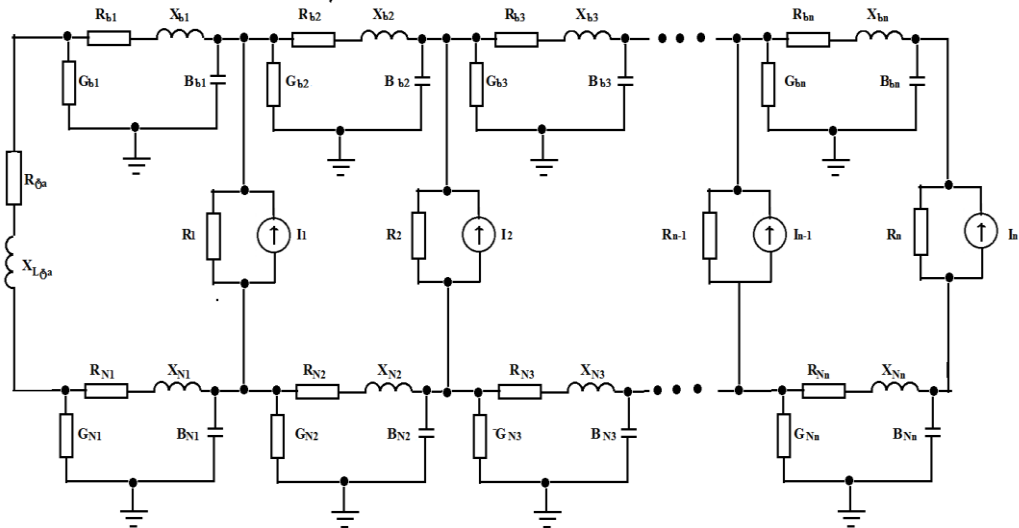


ნახ.2. საჰაერო ელექტროგადამცემის ხაზის Π -სებრი ჩანაცვლების სქემა

სამფაზა ქსელის ჩანაცვლების სქემა ეკვივალენტური დატვირთვით საშუალებას იძლევა ვაწარმოოთ უმაღლესი ჰარმონიკების ძაბვებისა და დენების გაანგარიშება მნიშვნელოვანი ცდომილებით, რადგანაც იგი არ ითვალისწინებს ელექტრომაგნიტურ პროცესებს, რომელიც თან ახლავს დენის გავლას ელექტროგადამცემი ხაზის გასწვრივ. ზემოთმოყვანილი დებულებების გათვალისწინებით, ჩვენს მიერ დამუშავებული იქნა ელექტროგადამცემი ხაზის ჩანაცვლების სქემა ერთი ფაზის მაგალითზე, მასში ყველა დატვირთვისა და ხაზის პარამეტრების ჩვენებით ხაზის მთელ სიგრძეზე, რომელიც წარმოდგენილია ნახ.3-ზე.

დადგენილია, რომ ელექტროენერჯის დამატებით დანაკარგებზე დენისა და ძაბვის არასინუსოიდურობის გაანგარიშების გავლენის გაანგარიშების ყველაზე უფრო ეფექტურ მეთოდს წარმოადგენს იმ ჩანაცვლების სქემის გაანგარიშება, სადაც დამამახინჯებელი დატვირთვები წარმოდგენილია n -

ური ჰარმონიკის დენის წყაროებით, ხოლო ქსელის პარამეტრები გაანგარიშებულია ზედაპირული ეფექტის გათვალისწინებით.



ნახ.3. ელექტრული ქსელის ერთფაზა ჩანაცვლების სქემა დამამახიჯებელი დატვირთვით.

მესამე თავში მოცემულია საცხოვრებელი სახლებისა საზოგადოებრივი შენობების 0,4 კვ ქსელებში ძაბვისა და დენის მრუდების სინუსოიდურობის დამახინჯების დონეზე საყოფაცხოვრებო ელექტროხელსაწყოების გავლენის ექსპერიმენტული გამოკვლევის შედეგები.

ექსპერიმენტი ჩატარებული იქნა გერმანული წარმოების A კლასის პორტატული ელექტროენერჯის ხარისხის ანალიზატორით JANITZA, რომელიც წარმოდგენილია ნახ.4-ზე

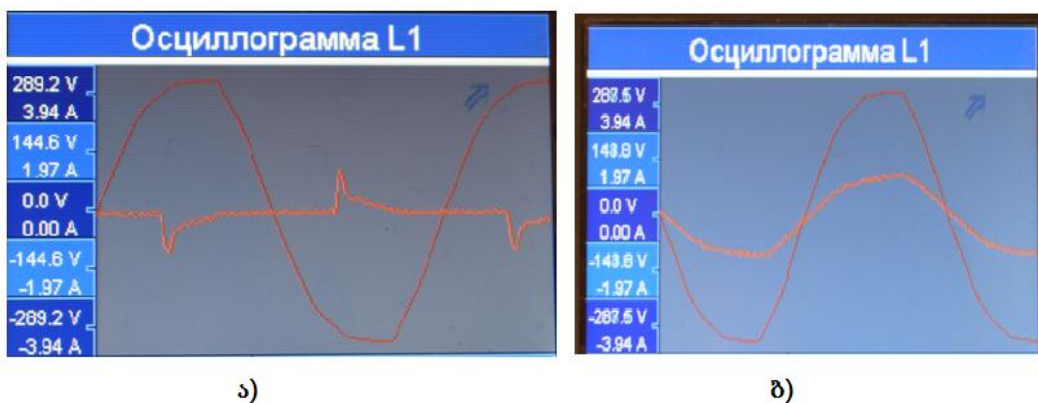


სურ.4. პორტატული ელ.ენერჯის ხარისხის ანალიზატორით JANITZA MRG

ძაბვისა და დენის ამპლიტუდურ - სიხშირული მახასიათებლების, ასევე ცალკეული ელექტრომიმღების დენის უმაღლესი რიგის ჰარმონიული მდგენელის ემისიის დონის გაზომვა წარმოებდა უშუალოდ სახლის შიდა ელექტროქსელთან ელექტროხელსაწყოს ჩართვის წერტილში. გაზომვის სიზუსტის ამაღლებისათვის სახლის ელექტრულ ქსელთან ჩართული იყო მხოლოდ საკვლევი ხელსაწყო.

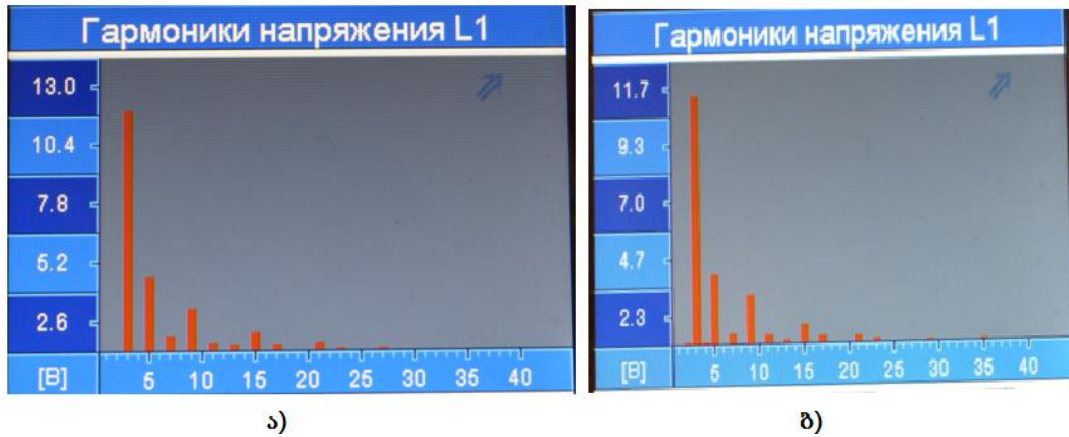
სადისერტაციო ნაშრომში შესწავლილი იქნა თითქმის ყველა საყოფაცხოვრებო ხელსაწყოს ჰარმონიული სპექტრი. წინამდებარე ავტორეფერატში მისი მოცულობის შეზღუდვიდან გამომდინარე ნახაზებზე ნაჩვენებია ერთმანეთთან შედარებული შუქდიოდური და ვარვარა ნათურების დენისა და ძაბვის ოსცილოგრამები და მათი ჰარმონიული სპექტრები და ვექტორული დიაგრამები, რადგან უკანასკნელ პერიოდში ქუჩების, პარკების, გზების, ოფისების, საყოფაცხოვრებო და სამრეწველო შენობების განათების საქმეში ფართო გამოყენება ჰპოვა შუქდიოდურმა ნათურებმა.

შუქდიოდურ და ვარვარა ნათურებზე მოდებული ძაბვისა და მის მოხმარებული დენის ოსცილოგრამები, რომლებიც წარმოდგენილია სურ.5-ზე. მათი ძაბვების ჰარმონიული სპექტრები წარმოდგენილია სურ.6-ზე, ხოლო დენებისა -სურ.7.ზე.



ნახ.5. ძაბვისა და დენის ოსცილოგრამები: ა) 28 ვტ სიმძლავრის შუქდიოდური ნათურის; ბ- 300 ვტ სიმძლავრის ვარვარა ნათურის.

როგორც სურ.5 - დან ჩანს, ორივე შემთხვევაში ძაბვის მრუდების ფორმა ერთნაირია, ხოლო რაც შეეხება დენის მრუდების ფორმას, ისინი ერთმანეთისაგან მკვეთრად განსხვავდება. რადგან ქსელში მოწოდებული ძაბვის ფორმა არ არის სუფთა სინუსოიდური, ვარვარა ნათურაში გამავალი დენის ფორმაც არ არის სუფთა სინუსოიდური.



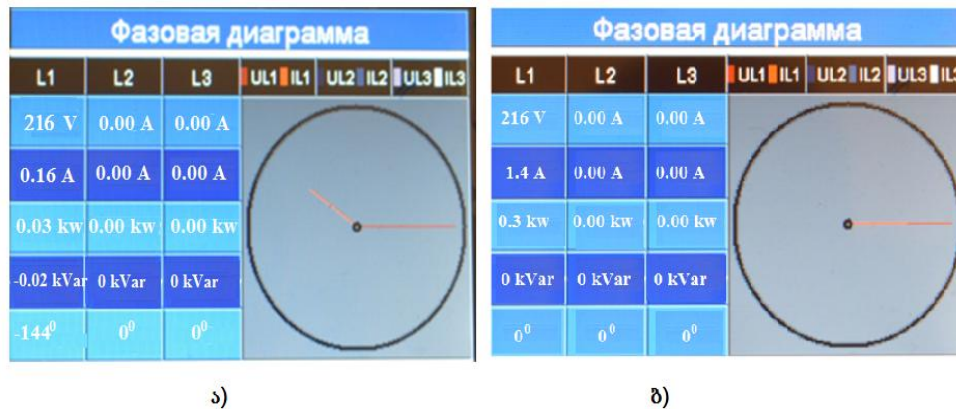
ნახ.6. მკვებავი ძაბვის ჰარმონიული შედგენილობა: ა) შუქდიოდური ნათურის; ბ- ვარვარების ნათურის.

როგორც სურ.6-დან ჩანს, მკვებავი ძაბვის მრუდის ჰარმონიული შედგენილობა ორივე შემთხვევაში ერთნაირია, ერთმანეთისაგან მხოლოდ მცირედ განსხვავდება მათი ამპლიტუდური მნიშვნელობები. სწორედ ძაბვის ამ ჰარმონიულმა შედგენილობამ განაპირობა ვარვარა ნათურაში გამავალი დენის მრუდის სინუსოიდური ფორმის დამახინჯება.



ნახ.7. დენის მრუდის ჰარმონიული შედგენილობა: ა- შუქდიოდური ნათურის; ბ-ვარვარა ნათურის.

როგორც სურ.7-დან ჩანს შუქდიოდურ ნათურაში გამავალი დენის მრუდი შეიცავს ყველა კენტი რიგის ჰარმონიკებს 1-40 რიგის ჩათვლით. ამ მრუდში ძალიან მცირე მნიშვნელობით ფიგურირებს ლუწი რიგის ჰარმონიკებიც. რაც შეეხება ვარვარა ნათურის დენის მრუდს, იგი ძირითადად შეიცავს 1-3 ჰარმონიკებს და მცირე მნიშვნელობით მე-7 და მე-9 რიგის ჰარმონიკებს. რაც ასევე გამოწვეულია ქსელზე მოდებული ძაბვით.



ნახ.8. ძაბვისა და დენის ვექტორული დიაგრამები:
 ა– შუქდიოდური ნათურის; ბ– ვარვარა ნათურის.

როგორც ნახ.8 – დან ჩანს შუქდიოდური ნათურის ვექტორულ დიაგრამაში დენის ვექტორი ფაზით წინ უსწრებს ძაბვის ვექტორს, ხოლო ვარვარა ნათურაში დენისა და ძაბვის ვექტორები ფაზით ერთმანეთს ემთხვევიან.

როგორც წარმოდგენილი სურათების, ასევე დისერტაციაში მოყვანილი სხვა საყოფაცხოვრებო ხელსაწყოებზე ჩატარებული გაზომვების შედეგების მიხედვით შეიძლება გაკეთდეს შემდეგი დასკვნები:

1. შუქდიოდური ნათურები და ის ელექტროხელსაწყოები, რომლებიც შეიცავენ ელექტრონულ ელემენტებს ქსელში გენერირებენ ტევადური ხასიათის რეაქტიულ სიმძლავრეს.

2. შუქდიოდური ნათურა ვარვარა ნათურისაგან განსხვავებით ელექტროენერჯის არაწრფივი მომხმარებელია და წარმოადგენს დენის უმაღლესი უმაღლესი რიგის ჰარმონიკების წყაროს.

მეოთხე თავში განხილულია 0,4 კვ ქსელში ძაბვის სინუსოიდურობის დამახინჯებით გამოწვეული სიმძლავრისა და ელექტროენერჯის დამატებითი დანაკარგების გაანგარიშების საკითხები. მუშაობის არასინუსოიდურ რეჟიმებში ელექტროენერჯის დამატებითი დანაკარგების განსაზღვრისათვის შედგენილია ალგორითმი, რომელიც მოიცავს შემდეგ ძირითად ეტაპებს:

- 1) მოქმედი ელექტრული ქსელების სტატისტიკურ გამოკვლევებს;
- 2) მომზადებას გაზომვების ჩატარებისათვის;
- 3) გაზომვების ჩატარებას;
- 4) მიღებული შედეგების დამუშავებასა და ანალიზს;
- 5) კვლევის შედეგების მიხედვით მათემატიკური მოდელის შექმნას;
- 6) ელექტროენერჯის დამატებითი დანაკარგების გაანგარიშებას.

თითოეული ეტაპის შესრულება ხასიათდება თავისებურებებით.

არასინუსოიდურ რეჟიმებში სიმძლავრისა და ელექტროენერჯის დამატებითი დანაკარგების შეფასებისათვის კვლევის ობიექტებს წარმოადგენს ელექტრული ქსელის ცალკეული ელემენტები.

არასინუსოიდური ძაბვისა და დენის რეჟიმების დროს რეჟიმების გაანგარიშებებში არაწრფივი დატვირთვა შეიძლება წარმოადგენილი იქნეს ჩანაცვლების სქემის ორი ელემენტით: ძაბვის წყაროთი და დენის წყაროთი.

შემყვანზე არასინუსოიდური ძაბვის დროს წრფივ დატვირთვაში დამატებითი დანაკარგების შეფასებისათვის საჭიროა ვისარგებლოთ ჩანაცვლების სქემით ძაბვის წყაროთი, ხოლო იმ შემთხვევაში, თუ კვლევის ობიექტს წარმოადგენს არაწრფივი დატვირთვის მქონე სისტემა, მაშინ

დატვირთვა წარმოდგენილი უნდა იქნეს დენის წყაროს სახით. დასაწყისში გამოითვლება დენები, რომლებიც წარმოიშვება დენის მუდმივი მდგენელით, ამის შემდეგ - პირველი ჰარმონიკით გენერირებული დენები, შემდეგ მეორე ჰარმონიკით, მესამით და ა.შ.

ზედღების პრინციპის თანახმად სქემის ნებისმიერ შტოში დენის მყისა მნიშვნელობა ტოლია დენის ცალკეული ჰარმონიკების მყისა მნიშვნელობათა ჯამის. ანგარიში წარმოებს თითოეული ჰარმონიკისთვის ცალცალკე. ამასთანავე, დენის უმაღლესი რიგის ჰარმონიული მდგენელების ჩანაცვლების სქემაში დენის წყაროები წარმოადგენენ გენერატორებს, ხაზის ელემენტები და ტრანსფორმატორი კი - დატვირთვას.

ამ შემთხვევაში მახასიათებელ რეჟიმში მუშაობისას ქსელის ყველა ელემენტში სიმძლავრის ჯამური დამატებითი დანაკარგები გამოითვლება ფორმულით:

$$\Delta P_{n\Sigma} = \sum_{n=2}^n I_n^2 \cdot r_n$$

სადაც r_n - არის დენის მოცემული ჰარმონიული მდგენელის ელემენტის წინააღობა.

ამგვარად, ელექტრულ ქსელში სიმძლავრის საერთო დანაკარგი შეადგენს

$$\Delta P = I_1^2 \cdot r_1 + \sum_{n=2}^n I_n^2 \cdot r_n$$

ელექტროენერჯის დანაკარგები დამატებითი დანაკარგების გათვალისწინებით შეადგენს:

$$\Delta W_{\Sigma} = \sum_{n=1}^k R_n \cdot \int_0^T I_n^2(t) dt \approx \sum_{n=1}^k R_n \cdot \Delta t \cdot \sum_{j=1}^{T/\Delta t} I_{n,j}^2$$

სადაც $I_n(t)$ - არის სრული დენი ელემენტში ყველა ჰარმონიკის გათვალისწინებით დროის t მომენტში.

Δt - არის დროის ინტერვალი გაზომვის თანმიმდევრობებს შორის, თუ ეს გაზომვები ხორციელდებოდა დისკრეტულად და თანაბრად დროის საკმაოდ მცირე შუალედებში

0,4 კვ ძაბვის საზოგადოებრივი მომხმარებლების მკვებავი ელექტრული ქსელი თავისი ძირითადი პარამეტრების მიხედვით მსგავსია საცხოვრებელი სახლების მკვებავი ელექტრული ქსელისა. საზოგადოებრივი მომხმარებლის მაგალითად სადისერტაციო სამუშაოში განხილულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ადმინისტრაციულ კორპუსის სატრანსფორმატორო ქვესადგური. რომლის ტრანსფორმატორს აქვს დამცავი დამიწება, რომლის წინაღობის მნიშვნელობა არ აღემატება 4 ომს. ნულოვანი სადენი დამიწებულია, რომლის წინაღობა არ აღემატება 30 ომს. ელექტროგადამცემი ხაზის სიგრძე 40 მ-ია. ტრანსფორმატორის მარკა და სიმძლავრეა TM-630/10/0,4, გამავალი ხაზების რაოდენობაა -1, სადენის მარკა და კვეთია A-120.

ადმინისტრაციული შენობის მკვებავ ელექტრულ ქსელში დამახინჯების წყაროდ შეიძლება განვიხილოთ ადმინისტრაციული კორპუსის ელექტრული შემყვანი. ელექტროენერგიის ხარისხის მაჩვენებლების გაზომვებმა გვიჩვენა, რომ დენის უმაღლეს ჰარმონიულ მდგენელებში, ყველაზე უფრო არსებითია მე-3, მე-5, მე-7, მე-9, მე-15 და 21-ე რიგის ჰარმონიკები.

ადმინისტრაციული კორპუსის მიერ მოხმარებული სიმძლავრე დატვირთვის მაქსიმუმის პერიოდში შეადგენს 140 კვტ-ს.

ცხრილი 1-ში მოცემულია ძირითადი სიხშირის დენით გამოწვეული ელექტროენერგიის დღედამური დანაკარგები, ცხრილი 2-ში უმაღლესი რიგის დენის ჰარმონიკებისაგან გამოწვეული ელექტროენერგიის დღედამური დანაკარგები, ხოლო ცხრილი 3-ში საზოგადოებრივი მომხმარებლის მკვებავი ელექტრული ქსელების ელექტროენერგიის დღედამური დანაკარგები;

ცხრილი 1. ძირითადი სიხშირის დენისაგან გამოწვეული ელექტროენერჯის დღედამური დანაკარგები

ელექტრული ქსელის ელემენტი	ელექტროენერჯის დანაკარგი, კვტ.სთ
ფაზური სადენი	146
ტრანსფორმატორი	141
მთელი ქსელი	287

ცხრილი 2. უმაღლესი რიგის დენის ჰარმონიკებისაგან გამოწვეული ელექტროენერჯის დღედამური დანაკარგები

ელექტრული ქსელის ელემენტი	ელექტროენერჯის დანაკარგი, კვტ.სთ
ფაზური სადენი	10,2
ნულოვანი სადენი	26
ტრანსფორმატორი	5,3
ჩამიწების მოწყობილობა	35,8
მთელი ქსელი	77,1

ცხრილი 3. საზოგადოებრივი მომხმარებლის მკვებავი ელექტრული ქსელების ელექტროენერჯის დღედამური დანაკარგები

მაჩვენებელი	დანაკარგების მნიშვნელობა, კვტ.სთ	წილი მთლიანი დანაკარგებიდან, %
ელექტროენერჯის საერთო დანაკარგები	364,1	100
ელექტროენერჯის დანაკარგები ძირითად სიხშირეზე	287	79
დენის მე-3 ჰარმონიკით გამოწვეული დანაკარგები	54,6	15
დენის მე-5 ჰარმონიკით გამოწვეული დანაკარგები	0,8	0,22
დენის მე-7 ჰარმონიკით გამოწვეული დანაკარგები	0,14	0,04
დენის მე-9 ჰარმონიკით გამოწვეული დანაკარგები	13,8	3,8
დენის მე-15 ჰარმონიკით გამოწვეული დანაკარგები	4,73	1,3
დენის 21-ე ჰარმონიკით გამოწვეული დანაკარგები	2,33	0,64

0,4 კვ ძაბვის ელექტრულ ქსელებში ელექტროენერჯის ტექნიკური დანაკარგების ანალიზმა გვიჩვენა, რომ დამატებითი დანაკარგების წილმა, რომელიც გამოწვეულია ძაბვებისა და დენების არასინუსოიდურობით მნიშვნელოვანია და აღწევს საერთო დანაკარგების 20 %-ს. დამატებითი ტექნიკური დანაკარგების ძირითადი წილი გამოწვეულია ქსელში ნულოვანი თანმიმდევრობის დენის უმაღლესი ჰარმონიული მდგენელების გადინებით (სამის ჯერადი ჰარმონიკებით).

მეხუთე თავში წარმოდგენილია სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ადამიანის ორგანიზმზე გავლენისა და მისი ნორმირების საკითხი.

ელექტრომაგნიტური გამოსხივება წარმოიშვება ელექტრული დენის ნებისმიერი წყაროდან ენერჯის გამოსხივების შედეგად. ელექტრომაგნიტური ველის ადამიანის ორგანიზმზე გავლენის პრობლემა, როგორც დასახლებული გარემოს ფაქტორი, იძენს უფრო და უფრო დიდ მნიშვნელობას, რადგანაც ყოველწლიურად იზრდება გამოსხივების წყაროების რაოდენობა და სიმძლავრე. ელექტრომაგნიტური ველი მათი დონისა და სიხშირის დიაპაზონისაგან დამოუკიდებლად ექვემდებარებიან სანიტარულ –ეპიდემიოლოგიურ ნორმირებას.

სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველის ნორმირებულ პარამეტრებად ჰიგიენური ნორმატივებით ითვლება ზღვრულად დასაშვები მნიშვნელობები.

სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველის ნორმირებულ მაჩვენებლებს წარმოადგენენ:

- სამრეწველო სიხშირის ელექტრული ველის დამაბულობა (კვ/მ);
- სამრეწველო სიხშირის მაგნიტური ველის დამაბულობა (ა/მ) ან მაგნიტური ველის ინდუქცია (მკტლ).

ელექტრომაგნიტური გამოსხივების დასაშვები დონე მოყვანილია სანიტარულ ნორმებში, რომელიც დამტკიცებულია რუსეთის სახელმწიფო სანიტარული ზედამხედველობის მიერ 1996 წელს.

ამ ნორმების თანახმად, ადამიანის ყოფნის ხანგრძლივობა ცალ-ცალკე განისაზღვრება ელექტრული და მაგნიტური ველებისათვის.

ცხრილი 4-ში მოყვანილია ამ ნორმატიული დოკუმენტის მიხედვით, ინდივიდუალური დაცვის საშუალებების გარეშე ადამიანის სამრეწველო სიხშირის ელექტრულ ველში ყოფნის დასაშვები დრო დღეღამის განმავლობაში.

ცხრილი 4. ინდივიდუალური დაცვის საშუალებების გარეშე ადამიანის სამრეწველო სიხშირის ელექტრულ ველში ყოფნის დასაშვები დრო დღეღამის განმავლობაში.

ელექტრული ველის დაძაბულობა სამუშაო ადგილზე, კვ/მ	ველში ყოფნის დასაშვები ხანგრძლივობა დღეღამის განმავლობაში, წთ
5-მდე ჩათვლით	480
6	380
7	308
8	255
9	213
10	180
11	153
12	130
13	110
14	94
15	80
16	68
17	56
18	47
19	38
20	30
20-ის ზემოთ 25-მდე	10
25-ზემთ	დაუშვებელია

ელექტრულ ველში ყოფნის დროის ხანგრძლივობასთან ერთად, ელექტრომაგნიტური თავსებადობის ნორმებით რეგლამენტირებულია ადამიანის მაგნიტურ ველში ყოფნის ხანგრძლივობაც.

ცხრილი 5–ში მოყვანილია სამრეწველო სიხშირის მაგნიტური ველის დამაბულობის ზღვრულად დასაშვები დონე საერთო (მთელ სხეულზე) და ლოკალური (კიდურებზე) ზემოქმედების დროს.

ცხრილი 5. სამრეწველო სიხშირის მაგნიტური ველის დამაბულობის ზღვრულად დასაშვები დონე საერთო (მთელ სხეულზე) და ლოკალური (კიდურებზე) ზემოქმედების დროს.

სამრეწველო სიხშირის მაგნიტური ველის ზღვრულად დასაშვები მნიშვნელობები (ა/მ)/ მკტლ		ყოფნის ხანგრძლივობა, სთ
ლოკალური	საერთო	
6400/8000	1600/2000	1 სთ–ზე ნაკლები
3200/4000	800/1000	2
1600/2000	400/500	4
800/1000	80/100	8

საერთაშორისო ჰიგიენური რეკომენდაციები ადგენენ მაგნიტური ველის დამაბულობის ზღვრულად დასაშვებ მნიშვნელობას 100 მკტლ, მაშინ როცა 0,2 მკტლ დამაბულობის მაგნიტურ ველში შეინიშნება ავთვისებიანი სიმსივნის განვითარების რისკი.

შვედი მეცნიერების მიერ დადგენილი იქნა, რომ ადამიანისათვის უსაფრთხოა 0,2–0,3 მკტლ მაგნიტური ველის დამაბულობის დონე. მათ მიერ რეკომენდირებული ელექტრომაგნიტური ველის დამაბულობის დონე 0,2 მკტლ ყველაზე მიღებული. სასიხარულოა, რომ შვედეთის საელმწიფოს მიერ მიღებული ნორმატივი ამჟამად ჩართულია ევროპის ეკონომიური თანამშრომლობის დოკუმენტებში.

ყველა საყოფაცხოვრებო ხელსაწყო, რომელიც მუშაობს ელექტრული დენის გამოყენებით, თავის გარშემო ქმნის ელექტრომაგნიტურ ველს.

მეცნიერები ამტკიცებენ, რომ მოცემულმა გამოსხივებამ შეიძლება ადამიანის ორგანიზმზე გამოიწვიოს ნეგატიური გავლენა. ელექტრომაგნიტური ველები საშიშია უპირველესად იმიტომ, რომ ადამიანი ვერ შეიგრძნობს მათ ზემოქმედებას ისე, როგორც შეიგრძნობს, მაგალითად, სინათლეს, ხმას, და ამიტომ არ შეუძლია ადეკვატურად განსაზღვროს გამოსივების ინტენსივობა და საფრთხის ხარისხი.

ყოფაცხოვრების ტექნოლოგიზაცია გარკვეულწილად შეიცავს დაფარულ საფრთხესაც. ჩვენი ორგანიზმი ძალიან მგრძობიარეა ზემოთ დასახელებული გამოსხივების მიმართ, ამასთანავე, როგორც თანამედროვე გამოკვლევები გვიჩვენებს, მათი ზემოქმედებით ყველაზე მეტად ზიანდება ტვინი, გული, ასევე ადამიანის ენდოკრინოლოგიური, იმუნური და სასქესო სისტემები.

ჩვენს მიერ საყოფაცხოვრებო ხელსაწყოების მაგნიტური ველის დამაბულობის დონის განსაზღვრისათვის გამოყენებული იქნა თანამედროვე მრავალფუნქციური უნივერსალური საზომი სამკომპონენტო ხელსაწყო BE-METP-ი, რომლის საერთო ხედი წარმოდგენილია ნახ.9-ზე.



ნახ.9. მრავალფუნქციური უნივერსალური საზომი სამკომპონენტო ხელსაწყო BE-METP-ის საერთო ხედი

გაზომვის შედეგები წარმოდგენილია ცხრილი 6-ში.

ცხრილი.6. საყოფაცხოვრებო ხელსაწყოების მაგნიტური ველის დაძაბულობები

ხელსაწყო	მაგნიტური ველის დაძაბულობა, მკტლ		
	3 სმ დაშორებით	30 სმ დაშორებით	1 მ-ით დაშორებით
ფენი	6–2000	0,01–7	< 0,01–0,3
ელექტროსაპარსი	15–1500	0,08–9	< 0,01–0,3
მტვერსასრუტი	200–800	2–20	< 0,13
ლუმინესცენციური ნათურა	40–400	0,5–2	0,13–0,1
მიკროტალღური ღუმელი	73–200	4–8	0,1–0,15
ტელევიზორი	2,5–50	0,04–1,2	< 0,01–0,15
სარეცხი მანქანა	0,8–50	0,15–2,0	< 0,01–0,15
უთო	8–30	0,15–0,3	<0,01–0,025
კომპიუტერი	0,5–30	0,01	0,005–0,01
ვენტილიატორი	2–30	0,03–0,04	0,01–0,35
მაცივარი	0,5–17	0,01–0,25	< 0,01

როგორც გაზომვის შედეგებიდან ჩანს, საყოფაცხოვრებო ელექტროხელსაწყოებიდან 30 სმ – 1 მ-ის დაშორებით მაგნიტური ველის დაძაბულობა დიდი არ არის. ითვლებოდა, რომ ასეთი სუსტი დაძაბულობის ველს არ შეუძლია ზიანი მიაყენოს ადამიანის ჯანმრთელობას. მაგრამ ეს სიმართლეს არ შეესაბამება.

შვედეთში 500 000 ადამიანის ჯანმრთელობაზე ჩატარებული გამოკვლევების სტატისტიკამ აჩვენა, რომ მაგნიტური ველის ინდუქციის გაზრდა 0,2 მკტლ–დან 4 მკტლ–მდე რამდენჯერმე ზრდის ბავშვებში ლეიკემიის განვითარების რისკს და სადაც ამ ინდუქციის მნიშვნელობა შეადგენს 0,3 მკტლ და ზევით, ონკოლოგიური დაავადებები გვხვდება ორჯერ უფრო ხშირად.

ამ მონაცემებზე დაყრდნობით, შვედებმა თავიანთ ქვეყანაში შემოიტანეს დაბალი სიხსირის მაგნიტური ველის ჰიგიენური ნორმატივი, 0,2 მკტლ. რადგანაც ანალოგიური შედეგები მიღებული იქნა შშ-ში, კანადაში, საფრანგეთში, დანიაში და ფინეთში, ამიტომ დღეისათვის მრავალ ქვეყანაში დაბალი სიხსირის მაგნიტური ველის დამაბულობის უსაფრთხო დონედ მიღებულია 0,2 მკტლ.

სახელდობრ ამ დონით უნდა ვიხელმძღვანელოდ ქალაქების განაშენიანების დაპროექტების, ბინების დაგეგმარების და ასევე საყოფაცხოვრებო ტექნიკის დამუშავების დროს. მიუხედავად იმისა, რომ ეს ყველაფერი ცნობილია, ჩვენს ქვეყანაში, სამწუხაროდ, პრაქტიკაში არ გამოიყენება.

დასკვნები

1. თანამედროვე საყოფაცხოვრებო და საზოგადოებრივ შენობებს თავისი ელექტრომიმღებების შემადგენლობაში გააჩნია არაწრფივი ვოლტ-ამპერული მახასიათებლების მქონე ელექტრომიმღებები. დატვირთვის ასეთი კვანძები წარმოადგენს მოქმედ ელექტრულ ქსელებში ძაბვისა და დენის სინუსოიდურობის დამახინჯების მიზეზს.

2. 0,4 კვ ელექტრულ ქსელებში ძაბვისა და დენის სინუსოიდურობის დამახინჯებას მივყავართ მრავალ უარყოფით შედეგამდე, მათ შორის, იწვევენ ელექტრული ქსელის ელემენტებში სიმძლავრისა და ელექტროენერჯის დამატებით დანაკარგებს.

3. დადგენილია, რომ საერთო დანიშნულების ელექტრომომარაგების სისტემებში ელექტრული ენერჯის ხარისხის კონტროლისა და ანალიზის მეთოდურ მითითებებში მოცემული პოტენციურად დამამახინჯებელი მომხმარებლების გამოვლენის ხერხი არ ითვალისწინებს მაღალი რიგის ჰარმონიკების მიერ მნიშვნელოვანი სიდიდის ძაბვების აღძვრის შესაძლებლობას თვით მცირე სიმძლავრის არაწრფივი მომხმარებლის მუშაობის დროსაც კი მომხმარებლის გარე ქსელში რეზონანსის შემთხვევაში.

4. მოსახლეობის სხვადასხვა ჯგუფების ჯანმრთელობის დაცვის უზრუნველყოფისათვის, სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველის მოსახლეობაზე ზემოქმედება, როგორც საწარმოო, ასევე არასაწარმოო პირობებში, მოითხოვს აუცილებელ სანიტარულ-ეპიდემიოლოგიურ რეგლამენტაციას.

5. ელექტროენერჯის დანაკარგების განსაზღვრულ წილს, რომელსაც მიეკუთვნება ტექნოლოგიური, ინსტრუმენტალური და კომერციული დანაკარგები, შეადგენს ელექტროენერჯის დანაკარგები, რომელიც გამოწვეულია ძაბვისა და დენის სინუსოიდურობის დამახინჯებით.

6. დადგენილია, რომ ელექტროენერჯის დამატებით დანაკარგებზე დენისა და ძაბვის არასინუსოიდურობის გავლენის გაანგარიშების ყველაზე უფრო ეფექტურ მეთოდს წარმოადგენს იმ ჩანაცვლების სქემის გაანგარიშება, სადაც დამამახინჯებელი დატვირთვები წარმოდგენილია n-ური ჰარმონიკის დენის წყაროებით, ხოლო ქსელის პარამეტრები გაანგარიშებულია ზედაპირული ეფექტის გათვალისწინებით.

7. კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო სექტორის დატვირთვის თანამედროვე კვანძებს თავის შემადგენლობაში გააჩნია არაწრფივი მახასიათებლების მქონე ელექტროხელსაწყოები, რომელიც წარმოადგენს მოქმედ ელექტრულ ქსელებში დენისა და ძაბვის მრუდის სინუსოიდურობის დამახინჯების მიზეზს.

8. დატვირთვის თანამედროვე კვანძებში არაწრფივი ვოლტ-ამპერული მახასიათებლების მქონე ელექტროხელსაწყოების მოხმარების წილი შეადგენს ელექტროენერჯის საერთო მოხმარების 60-70 %-ს.

9. დარეგისტრირებული მახასიათებლებიდან ელექტრულ ქსელზე ყველაზე უფრო ნეგატიურ გავლენას ახდენს ისეთი ელექტროხელსაწყოები, რომელსაც გააჩნია კვების იმპულსური ბლოკები. ასეთი ხელსაწყოებია: ტელევიზორი, კომპიუტერი და სხვა. სატელევიზიო მიმღებები ქსელში გენერირებს მე-3, მე-5, მე-7 და მე-9 კენტი რიგის მაღალსიხშირულ დენებს.

10. მაღალსიხშირული დენების ემისიის ძირითადი წილი მოდის მე-3, მე-5, მე-7, მე-9, მე-15, 21-ე რიგის ჰარმონიკებზე.

11. საყოფაცხოვრებო ხელსაწყოები თავიანთ გარშემო ქმნის ელექტრომაგნიტურ ველს, მაგრამ მათგან 1 მეტრის დაშორებით დაძაბულობის დონე ადამიანის ჯანმრთელობისათვის უსაფრთხოა.

12. ქალაქების განაშენიანების დაპროექტების, ბინების დაგეგმარების და ასევე საყოფაცხოვრებო ტექნიკის გამოყენების დროს უნდა ვიხელმძღვანელოთ მაგნიტური ველის დაძაბულობის 0,2 მკტლ დონით.

დისერტაციის თემაზე გამოქვეყნებული შრომები

1. მუსელიანი თ., გურგენიძე მ., მუსელიანი გ. ძაბვის დამახინჯებაზე მომხმარებელთა სიმპლავრის მიხედვით გავლენის შეფასება. V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის - "ენერგეტიკა: რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები" - მოხსენებების კრებული. 25 ოქტომბერი 2018, ქუთაისი, გვ. 29–32.
2. გურგენიძე მ. სიმპლავრისა და ენერჯის დანაკარგები დენებისა და ძაბვების მრუდების სინუსოიდური და არასინუსოიდური ფორმების დროს. „ინტელექტუალი“, 2018, №36, გვ. 135–138.
3. მუსელიანი თ., გურგენიძე მ. ძაბვისა და დენის სინუსოიდური ფორმის დამახინჯების წყაროების მქონე 0,4 კვ ძაბვის ქსელების გაანგარიშების მეთოდიკა. „საქართველოს საინჟინრო სიახლენი“ –GEN, 2018, №3 (18), გვ. 32-37.
4. მუსელიანი თ., გურგენიძე მ., მუსელიანი გ., ლებანიძე-ასათიანი ნ. შუქდიოდური ნათურები და მათი ჰარმონიული სპექტრი. „ენერჯია“, 2019, №1(89), გვ.40–45.

Resume

In recent decades, in the field of energy supply, the focus has been on improving energy conservation, reliability of energy supply and power quality.

It is considered that electricity is a commodity. As is the case with any commodity, electricity also has such important characteristic as quality.

The quality of electricity significantly affects the efficient operation of electrical receivers, as well as the technological and economic performance of electrical networks.

Decreased power quality can lead to noticeable changes in the operation of electrical receivers. As a result, there is a decrease in the productivity of the working mechanisms, a deterioration in product quality, a decrease in the duration of electrical equipment operation and an increase in the probability of technical accidents.

Electric energy, on the one hand, can be considered as a commodity, and on the other, as a physical quantity.

Electricity as a product must meet the specified quality and meet the requirements of the market. It differs from other types of energy by its specific consumption characteristics.

Electricity as a physical quantity is the ability of an electromagnetic field to perform work in the technological process of production, transmission, distribution and consumption of electricity.

Indicators and standards of quality of electricity are determined by the standard GOST 32144-2013 "Electricity. Electromagnetic compatibility of technical equipment. Power quality standards in general-purpose power supply systems".

Studies of the causes of voltage distortion caused by a communal load have shown that the distortion is caused by communal household consumers of electricity.

All household appliances that use electricity create electromagnetic field around themselves. Such devices are a source of electromagnetic radiation. Scientists say that electromagnetic radiation can have a negative effect on the human body.

Our body is very sensitive to the electromagnetic radiation. Modern studies show that the most sensitive to the effects are the brain, heart, endocrine, immune and genital systems of a person.

The first chapter presents the results of literary analysis. The normalization of the quality of electricity is one of the important tasks of modern electricity. Incompatibility with the requirements of the standard in terms of electrical energy leads to significant material losses.

The same chapter says that, in order to ensure the health care of various groups of people, the impact on the population of the electromagnetic field of the industrial frequency in both production and non-production conditions requires substantial sanitary and epidemiological regulation.

The second chapter of the thesis is devoted to the loss of energy and power in 0.4 kV electrical networks at non-sinusoidal current and voltage. This Chapter

presents evaluation of the influence of non-sinusoidal currents and voltages in electrical networks; This Chapter also presents the results of an experimental study of the level of quality of electricity in existing electrical networks; Were analyzed distribution of power and voltage distortion in 0.4 kV networks; A method for calculating 0.4 kV voltage networks with sources of distortion sinusoidal voltage and power is presented. Non-sinusoidal voltage and current affect additional power loss.

It is established that the most effective method of calculating these losses is the calculation of the equivalent circuit, where the distorting loads are represented by the n-th harmonic component of the current sources and the network parameters are calculated based on the surface effect.

The third chapter of the work presents the results of studying the influence of household electrical appliances of residential buildings and public buildings on the level of distortion of the sinusoid current and voltage in 0.4 kV networks.

It is established that household electrical equipment, which have a impulse power blocks has the most negative impact of the electrical network. Such devices are: TV, computer and more. Television receivers generate high-frequency currents of odd order — 3rd, 5th, 7th, and 9th.

In the fourth chapter of the work, the algorithm for calculating additional losses of power and electricity in a 0.4 kV network caused by sinusoidal voltage distortions is given. The fourth chapter also contains an analysis of the results.

Electricity losses caused by high order harmonics are an integral part of technical losses of electricity, and not part of commercial losses.

The fifth chapter is devoted to the influence of electromagnetic radiation of industrial frequency on the human body and rationing of this question.

All household appliances that use electricity create electromagnetic field around themselves. Electromagnetic fields is especially dangerous because people cannot feel their effects, as such as people feel light and voices. Therefore, people can not adequately determine the intensity of electromagnetic radiation of household appliances and assess the quality of the threat.

The same chapter presents the results of measuring the level of magnetic field strength in the vicinity of household electrical appliances, and the level of magnetic radiation voltage is safe for human health within 1 meter from household appliances.