საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ლიანა ბალახაშვილი

ეკოლოგიური მონიტორინგი და ელექტრომაგნიტური უსაფრთხოების ამაღლება თბილისის სიახლოვეს

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

წარდგენილი დისერტაციის

ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

სადოქტორო პროგრამა: „ენერგეტიკა და ელექტროინჟინერია“

შიფრი: 0713

თბილისი

2021 წელი

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

ხელმძღვანელი: პროფესორი თ. მუსელიანი

რეცენზენტები:

დაცვა შედგება 2021 წლის ”--------” ”-------------------------” ”---------” საათზე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის საუნივერსიტეტო სადისერტაციო საბჭოს სხდომაზე, კორპუსი VIII, სხდომათა დარბაზი
მისამართი: 0166, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ–ის ბიბლიოთეკაში,
ხოლო ავტორეფერატისა – ფაკულტეტის ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი, გ. გიგინეიშვილი
ასოცირებული პროფესორი

ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

თემის აქტუალურობა. უკანასკნელ წლებში მაღალი ძაბვის ელექტროდანადგარების ექსპლუატაციის დროს სულ უფრო და უფრო დიდი ყურადღება ეთმობა მათ ელექტრომაგნიტურ თავსებადობას ადამიანის ცხოველმოქმედებასთან. ეს პირველ რიგში დაკავშირებულია ადამიანის ჯანმრთელობაზე ელექტრომაგნიტური ველების გავლენის გამოკვლევის ჩატარებასთან. სახელდობრ, ადრე არ იყო ადამიანის ცხოველმოქმედებაზე სამრეწველო სიხშირის მაგნიტური ველების ნეგატიური გავლენის მკაფიო შეფასება. რისი მთავარი მიზეზი იყო მაგნიტური ველის ზემოქმედების მომენტში ადამიანის მიერ მისი შეგრძნება და ამ გავლენის შედეგები ვლინდებოდა საკმაო დროის გასვლის შემდეგ.

ელექტროენერგეტიკის მთავარი ობიექტებს, რომელთა ექსპლუატაციის დროსაც აღიძვრება სამრეწველო სიხშირის საშიში მაგნიტური ველები, წარმოადგენენ სხვადასხვა კონსტრუქციული შესრულების ელექტროგადაცემის ხაზები და მაღალი ძაბვის ქვესადგურები. აღსანიშნავია, რომ ელექტროგადაცემის ხაზების სიახლოვეს ელექტრომაგნიტური ველების ზემოქმედებას ექვემდებარებიან როგორც სპეციალიზირებული პერსონალი ასევე ელექტროგადაცემის ხაზის სიახლოვეს მაცხოვრებლები და მომუშავეები. მაშასადამე, ამჟამად საკმაოდ მკაცრად დგას სამრეწველო სიხშირის სხვადასხვა დანიშნულების ელექტროენერგეტიკულ მოწყობილობებში ელექტრომაგნიტური ველის პარამეტრების მეთოდიკების დამუშავებისა და შესაბამისად მათი ინტენსიურობის შემცირების ზომების საკითხი.

ფაქტები მოწმობენ, რომ მსხვილი სამრეწველო ქალაქების ჩვეულებრივი დაბალსიხშირული ელექტრომაგნიტური ველის დაძაბულობის დონე შეესაბამება ბუნებრივი „მაგნიტური ქარიშხლის“

სიტუაციას. მთელი რიგი ქალაქების ელექტრომაგნიტური დაძაბულობა ბუნებრივ დონეს ათასჯერ და მეტად აღემატება.

ჯანმრთელობის დაცვის საყოველთაო ორგანიზაცია ელექტრომაგნიტური ველების შესახებ საერთაშორისო პროექტის შედეგების ანალიზის საფუძველზე მივიდა იმ დასკვნამდე, რომ არასაკმარისადაა გამოკვლეული დაბალი სიხშირის ხანგრძლივი ზემოქმედების ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედება ადამიანის ჯანმრთელობაზე და ჩამოაყალიბა რეკომენდაციები, რომელთა შორისაა ადამიანის ჯანმრთელობაზე ნეგატიური ზემოქმედების განსაზღვრის კვლევების გაგრძელების საჭიროება და ახალი ნაგებობების მშენებლობის დროს ელექტრომაგნიტური ზემოქმედების დონის ხერხების შემუშავება. მიზანშეწონილია სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველის ნეგატიური ზემოქმედების გამოკვლევის ჩატარება ელექტროგადაცემის ხაზის ძაბვის დონის მიხედვით.

გარემოს ელექტრომაგნიტური დაბინძურების პრობლემის გადაწყვეტა წარმოადგენს კომპლექსურ ამოცანას, რომელიც ეხება სხვადასხვა დარგისა და უწყების სოციალურ და ეკონომიურ ინტერესებს და მოითხოვს დისცი-პლინათაშორის მიდგომებსა და სხვადასხვა დარგის სპეციალისტთა ჩართვას. ხსენებულ დიაპაზონში დასახლებულ ტერიტორიებზე ელექტრო-მაგნიტური დაბინძურების ერთერთ ძირითად წყაროს წარმოადგენს საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზები.

აღსანიშნავია, რომ მიუხედავად მნიშვნელოვანი რაოდენობის პუბლიკაციებისა ამჟამად არასაკმარისად არის დამუშავებული სხვადახხვა კლასის ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრომაგნიტური ველის გავლენის მონიტორინგის პრობლემა და დასახლებული პუნქტების ელექტრომაგნიტური დაბინძურებისაგან ადამიანისა და გარემოს დაცვის ამაღლების ხერხები.

მოცემული სადისერტაციო სამუშაოს აქტუალობა განისაზღვრება სხვადასხვა კლასის ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის სიახლოვეს

თბილისის ტერიტორიებზე ადამიანისა და გარემოს დაცულობის ამაღლების ხერხებისა და მონიტორინგის განვითარების საჭიროებით, რასაც არსებითი მნიშვნელობა აქვს თბილისის გარემოს ელექტრომაგნიტური დაბინძურების ნეგატიური ზემოქმედებისაგან ადამიანის დაცვისა და ქალაქის მდგრადი განვითარების უზრუნველყოფისათვის.

მეცნიერული სიახლე. წინამდებარე ნაშრომში მიღებულია საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზიდან მნიშვნელოვან დაშორებაზე ელექტრული და მაგნიტური ველების გაანგარიშებისათვის მიახლოებითი ანალიზური გამოსახულებანი, რომელიც იძლევა საშუალებას ჩატარდეს ხაზის ჩამოკიდების ისრის გავლენის ანალიზი ელექტრული და მაგნიტური ველების დაძაბულობის დონეებზე, რომელიც სასარგებლო იქნება ხაზის გავლენის ზონებში ელექტრომაგნიტური ველის დაძაბულობების დონეების ადამიანის ჯანმრთელობაზე გავლენის შეფასებისათვის.

სამუშაოს მიზანი. სამუშაოს მიზანია თბილისის შემოგარენში მაღალი ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზების სიახლოვეს ელექტრული და მაგნიტური ველების დაძაბულობების დონეების გაზომვა, ანალიზი და მათი სანიტარულ – ჰიგიენური ნორმების დადგენილ მოთხოვნებთან შესაბამისობის შეფასება.

კვლევის ობიექტი და მეთოდები. კვლევის ობიექტს წარმოადგენს სხვადასხვა კლასის ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზები და მის სიახლოვეს ელექტრომაგნიტური მდგომარეობის გამოკვლევა და მისი შესაბამისობა სანიტარულ–ჰიგიენური წესების მოთხოვნებთან.

კვლევებისათვის გადაწყვეტილი იქნა შემდეგი ამოცანების შესრულება:

1. დასახლებულ ტერიტორიებზე ელექტრომაგნიტური დაბინძურების ეკოლოგიური მონიტორინგის პრობლემების ანალიზი;
2. საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრომაგნიტური ველის გავრცელების გაანგარიშების მეთოდის დამუშავება და თეორიული დასაბუთება;

3. საჰაერო ხაზის გეგმილიდან სხვადასხვა დაშორებაზე თეორიულად მიღებული ელექტრული და მაგნიტური ველების დაძაბულების დონეების ბუნებრივ პირობებში ექსპერიმენტული შემოწმება;
4. საჰაერო ხაზის გეგმილიდან იმ დაშორების განსაზღვრა, რომელზეც მიიღწევა ელექტრული ველის დაძაბულობის ზღვრულად დასაშვები მნიშვნელობა;
5. საჰაერო ხაზის გეგმილიდან იმ დაშორების განსაზღვრა, რომელზეც მიიღწევა მაგნიტური ველის დაძაბულობის ზღვრულად დასაშვები მნიშვნელობა, ხაზის მაქსიმალური დატვირთვის მუშაობის შემთხვევაში;
6. საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ტრასის მოსახვევში ელექტრომაგნიტური ველის გამოკვლევა;

კვლევის პროცესში გამოყენებული იქნა შემდეგი მეთოდები: წრფივი ელექტრული წრედების თეორია; ელექტრომაგნიტური ველის თეორია და გაანგარიშების მეთოდები, ეკოლოგიური მონიტორინგის მეთოდები;

კვლევის ძირითადი შედეგები და შედეგების გამოყენების სფერო. დისერტაციაში მიღებული შედეგები საშუალებას იძლევა შემუშავებული იქნეს კომპლექსური ზომები და რეკომენდაციები ელექტრომაგნიტური თავსებადობისა და ეკოლოგიური უსაფრთხოების უზრუნველყოფის ამოცანების გადასაწყვეტად მაღალი ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის როგორც პროექტირების, ასევე მოდერნიზაციის დროს.

სამუშაოს აპრობაცია. ნაშრომის ძირითადი შედეგები მოსმენილი იქნა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტში, ელექტროტექნიკისა და ელექტრონიკის დეპარტამენტში პირველ, მეორე და მესამე კოლოქვიუმებზე და დისერტაციის წინასწარ განხილვისას. ასევე 2019 წელის 9 ოქტომბერს მოხსენებული იქნა ქ. თბილისის I საერთაშორისო სამეცნიერო – ტექნიკურ კონფერენციაზე „ენერგეტიკის თანამედროვე პრობლემები და მათი

გადაწყვეტის გზები“. სადისერტაციო სამუშაოს ძირითადი დებულებები გამოქვეყნებულია 5 სამეცნიერო სტატიაში.

ნაშრომის მოცულობა და სტრუქტურა. დისერტაციის საერთო მოცულობა წარმოდგენილია 122 გვერდზე, მათ შორის, 25 ნახაზითა და 19 ცხრილით. დისერტაცია შეიცავს შესავალს, 4 თავს, დასკვნებსა და 66 დასახელების გამოყენებული ლიტერატურის სიას.

ნაშრომის ძირითადი შინაარსი

შესავალში დასაბუთებულია თემის აქტუალურობა და მისი მეცნიერული სიახლე. ჩამოყალიბებულია სამუშაოს მიზანი, განსაზღვრულია კვლევის ობიექტი და კვლევისათვის გამოყენებული მეთოდები. განსაზღვრულია სამუშაოს პრაქტიკული ღირებულება.

ნაშრომის I თავში მოცემულია ლიტერატურული მიმოხილვის შედეგები. კერძოდ, დასახლებულ ტერიტორიებზე ელექტრომაგნიტური დაბინძურების ეკოლოგიური მონიტორინგისა და ელექტრომაგნიტური უსაფრთხოების პრობლემებისა და სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველის ადამიანზე ზემოქმედების შედეგების ანალიზი.

სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველის ადამიანზე ზემოქმედების შესახებ ჩატარებული კვლევების მონაცემების ანალიზის საფუძველზე მივედით დასკვნამდე, რომ საკითხი ბოლომდე განხილული არ არის, რასაც მოწმობს მოცემული სადისერტაციო სამუშაოს აქტუალობა და სამუშაოს მიზანი. კერძოდ, ქალაქ თბილისის სიახლოვეს დადგენილი ყოფილიყო სხვადასხვა კლასის მაღალი ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის მიერ გამოსხივებული ელექტრომაგნიტური დაძაბულობების დონის
შესაბამისობა სანიტარულ – ჰიგიენური ნორმატიული დოკუმენტებით დადგენილ მნიშვნელობებთან და მიღებული მნიშვნელობების საფუძველზე განსაზღვრული ყოფილიყო გარემოს ელექტრომაგნიტური დაბინძურებით გამოწვეული ნეგატიური მოქმედებები.

ცხრილი 1-ში მოყვანილია ელექტრომაგნიტურ ველთან კონტაქტის დროს სიმსივნის შესაძლო განვითარების ჰიპოთეზის შემოწმების მიზნით მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყანაში განხორციელებული ეპიდემიოლოგიური სამუშაოების შედეგები.

ცხრილი 1. სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტურ ველთან კონტაქტის მქონე ბავშვებში სიმსივნის (ლეიკემიის) განვითარების შესაძლებლობის მონაცემები

№	პუბლიკაცია	ქვეყანა	წელი	შორეული შედეგები	არის(+) არ არის (-)
1	Werthaimer N. Leeper E.	აშშ	1979	ლეიკემია	+
2	Pulton J.	ისლანდია	1980	ლეიკემია	-
3	Tomenius L.	შვეცია	1982-1986	ლეიკემია	+
4	Myers A.	აშშ	1985	ლეიკემია	+
5	Savitz D.	აშშ	1988	ლეიკემია	+
6	London	აშშ	1991	ლეიკემია	+
7	Feychting, Ahlbom	შვეცია	1992	ლეიკემია	+
8	Verkasalo	ფინეთი	1993	ლეიკემია	-
				ტვინის სიმსივნე	+
9	Olsen	დანია	1993, 1995	ლეიკემია	+
				ტვინის სიმსივნე	+
				ლიმფომები	+
10	Petridou	საბერძნეთი	1993	ლეიკემია	-

ნაშრომის მეორე თავი ეძღვნება ელექტროგადაცემის ხაზების ელექტრომაგნიტური ველის სანიტარულ–ეპიდემიოლოგიური მონიტორინგის სისტემებს. ელექტრომაგნიტური ველის სანიტარულ–ეპიდემიოლოგიური მონიტორინგი წარმოადგენს ქვეყნის მოსახლეობის ჯანმრთელობის დაცვის საერთო სახელმწიფო სისტემის უზრუნველყოფის ნაწილს. მასში შედის დაკვირვება სტატისტიკის მონაცემების მიხედვით, შედეგების სისტემატიზაცია და ანალიზი, საკანონმდებლო ბაზის ფორმირება და კონტროლი მისი დაცვის შესახებ.

ელექტრომაგნიტური მონიტორინგი მოიცავს გამოსხივებელი საშუალებების განთავსების რაიონში ელექტრომაგნიტური მდგომარეობის შეფასებას (გაანგარიშება და ინსტრუმენტალური კონტროლი) ელექტრომაგნიტური ველის დაძაბულობის დონის მოქმედი ნორმატიულ

და დადგენილი ზღვრულად დასაშვები დონისთან შესაბამისობის კონტროლის მიზნით.

ელექტროგადაცემის ხაზის სიახლოვეს დასახლებული ტერიტორიებზე ობიექტების მშენებლობისა და რეკონსტრუქციის დროს განსაკუთრებული ყურადღება უნდა დაეთმოს ელექტრომაგნიტური ველების მონიტორინგს.

საჭიროა აღინიშნოს, რომ ამჟამად საქართველოში არ არსებობს საკუთარი ნორმატიული დოკუმენტი, რომელიც მოახდენდა ელექტროგადაცემის ხაზის სიახლოვეს დასახლებული ტერიტორიების ელექტრომაგნიტური მონიტორინგის ჩატარების რეგლამენტირებას.

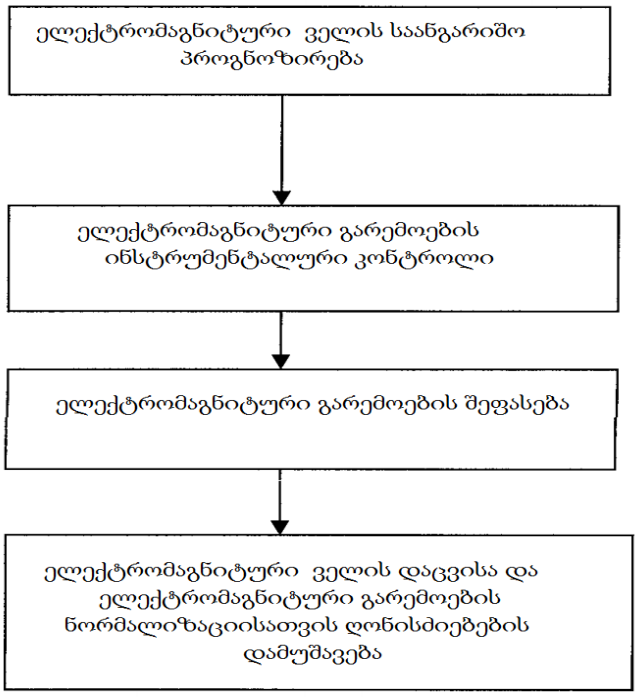
დღეისათვის საქართველოში არსებობს კანონი გარემოს დაცვის შესახებ (1996 წლის 10 დეკემბერი. N 519-Iს),საქართველოს პრეზიდენტის 202 წლის 18 დეკემბრის # 538 ბრძანებულება „მოსახლეობის ეკოლოგიური განათლების სახელმწიფო პროგრამის შესახებ“, საქართველოს გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის მინისტრის 2003 წლის 14 აგვისტოს # 85 ბრძანება „სახელმწიფო ეკოლოგიური ექსპერტიზის ჩატარების წესის დებულების დამტკიცების თაობაზე“, მაგრამ არც ერთ მათგანში გამოყოფილი არ არის ელექტრომაგნიტური ველის სანიტარულ–ეპიდემიოლოგიური მონიტორინგის საკითხები. კანონი გარემოს დაცვის შესახებ და გამოშვებული ბრძანებები მოძველებულია.

საერთაშორისო დონეზე ელექტრომაგნიტური ველის ელექტრომაგნიტური ველის სანიტარულ–ეპიდემიოლოგიური მონიტორინგის პრობლემებზე მუშაობს არასამთავრობო ორგანიზაცია არაიონიზირებული გამოსხივებისაგან დაცვის საერთაშორისო კომისია, რომელიც ოფიციალურად არის აღიარებული ჯანდაცვის საერთაშორისო ორგანიზაციის მიერ.

უკანასკნელ ხანებში გამოჩნდნენ დაზუსტებული სამეცნიერო ფაქტები და კვლევების შედეგები, რომლებიც უცილობლად ამტკიცებენ სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველის გავლენას ცოცხალ

ორგანიზმებზე. ელექტრული და მაგნიტური ველები წარმოადგენენ მათი ზემოქმედების ზონაში მყოფ ყველა ბიოლოგიური ობიექტის მდგომარეობაზე ძალიან ძლიერი გავლენის ფაქტორებს.

ნახ.1-ზე მოყვანილია ელექტროგადაცემის ხაზის სიახლოვეს დასახლებული ტერიტორიების ელექტრომაგნიტური მონიტორინგის სისტემის განვითარების მიზნით საჭიროა ღონისძიებების რეალიზაციის სქემა.



ნახ. 1. ელექტროგადაცემის ხაზის სიახლოვეს დასახლებულ ტერიტორიებზე ელექტრომაგნიტური მონიტორინგის ჩატარების სქემა

ელექტროგადაცემის ხაზის სიახლოვეს დასახლებულ ტერიტორიებზე ელექტრომაგნიტური მონიტორინგის სისტემების განვითარება საშუალებას იძლევა: თავიდან ავიცილოთ შეცდომები ელექტროგადაცემის ხაზის განთავსების დროს მოსახლეობისა და საწარმოო პერსონალის ელექტრომაგნიტური უსაფრთხოების უზრუნველყოფის თვალსაზრისით;; საცხოვრებელ შენობებსა და სათავსოებში, საწარმოო პირობებში, ასევე დასახლებულ ტერიტორიებზე უზრუნველვყოთ სანიტარულ-ჰიგიენური ნორმების შესაბამისი ელექტრომაგნიტური

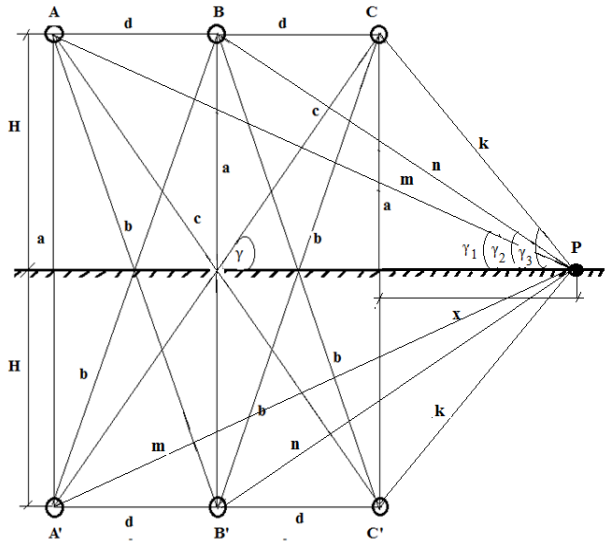
გარემოება; შევიმუშაოთ ელექტრომაგნიტური ველის დაძაბულობის დონის შემცირების რეკომენდაციები .

ნაშრომის მესამე თავში საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრომაგნიტური ველის დაძაბულობების დონის თეორიული დასაბუთებისა და გაანგარიშების საკითხებს.

სადენების ჩამოკიდების ტიპის მიხედვით საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის საყრდენები იყოფიან სამ ჯგუფად: ანკერული, შუალედური და კუთხური, ხოლო წრედების რაოდენობის მიხედვით იყოფიან: ერთჯაჭვიანი, ორჯაჭვიანი და მრავალჯაჭვიანი. ძაბვის, სადენების განლაგებისა და ჯაჭვიანობიდან გამომდინარე მათი ელექტრული და მაგნიტური ველების დაძაბულობების გავლენა სხვადასხვაა.

სადისერტაციო ნაშრომის ამ თავში ჩვენს მიერ წარმოდგენილია ერთჯაჭვა მაღალი ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის სადენების ჰორიზონტალური განლაგების შემთხვევაში ხაზის ქვეშ და კიდურა ხაზის გეგმილიდან დაშორებაზე У 110-1 ტიპის ანკერულ-კუთხური საყრდენზე განლაგებული საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის კიდურა სადენის გეგმილიდან დაშორებულ წერტილში, ელექტრული ველის დაძაბულობის სარკული ასახვის მეთოდითა და სრული დენის კანონით, ერთჯაჭვა საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის საყრდენზე სადენების ჰორიზონტალური გაანგარიშების შემთხვევაში მაგნიტური ველის დაძაბულობის განსაზღვრის მათემატიკური მოდელები. მიღებული მათემატიკური მოდელების საფუძველზე კონკრეტული ძაბვისათვის განსაზღვრულია ელექტრული და მაგნიტური ველების დაძაბულობების მნიშვნელობები.

ნახ.2-ზე წარმოდგენილია ერთჯაჭვა მაღალი ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზი სადენების ჰორიზონტალური განლაგებით და მისი სარკული ასახვის სქემატური გამოსახულება. საჭიროა განისაზღვროს ელექტრული ველის დაძაბულობა კიდურა С ფაზის გეგმილიდან Х დაშორებაზე Р წერტილში.



ნახ.2. ელექტროგადაცემის სამფაზა ხაზისა და მისი სარკული ასახვის სქემატური გამოსახვა

ელექტრული ველის დაძაბულობის განსაზღვრისათვის ვიყენებთ სარკული ასახვის მეთოდს.სარკული ასახვის მეთოდით ელექტრული ველის დაძაბულობის გაანგარიშებისათვის პირველ რიგში ხაზის სადენებზე უნდა განისაზღვროს მუხტების წრფივი სიმკვრივე. ამისათვის საჭიროა დროის მოცემულ მომენტში ვიპოვოთ ხაზებზე ძაბვის მყისა მნიშვნელობები. ხაზებზე ფაზური ძაბვების განტოლებათა სისტემას აქვს სახე:

$$\begin{cases} u_A = U_{ფ}\sqrt{2}sin\omega t \\ u_B = U_{ფ}\sqrt{2}\sin(\omega t - 120^0) \\ u_C = U_{ფ}\sqrt{2}\sin((\omega t + 120^0) \end{cases} \qquad (1)$$

დროის t=0 მომენტისათვის (1) განტოლებათა სისტემა მიიღებს სახეს:

$$\begin{cases} u_A = 0 = \varphi_A \\ u_B = U_{ფ}\sqrt{2}\sin(-120^0) = -\varphi_B \\ u_C = U_{ფ}\sqrt{2}\sin(120^0) = \varphi_C \end{cases} \qquad (2)$$

სადაც φ_A, φ_B, φ_C - შესაბამისად პოტენციალებია A, B, C ფაზების სადენების ზედაპირზე.

შემდგომი გაანგარიშებისათვის ვიყენებთ სარკული ასახვის მეთოდს. რომელიც მოცემულია ნახ.2-ზე. სამსადენიანი ელექტროგადაცემის ხაზის

სადენები დედამიწის ზედაპირიდან განთავსებულია H სიმაღლეზე. ელექტროგადაცემის ხაზის ფაზური ძაბვაა $U_ფ$. დაშორება უახლოეს ხაზებს შორის d, ხოლო სადენის რადიუსია r_0. უნდა განისაზღვროს ელექტრული ველის დაძაბულობა სადენების ქვეშ P წერტილში.

ხაზის გეომეტრული პარამეტრებიდან გამომდინარე განვსაზღვროთ პოტენციალები თითოეული სადენის ზედაპირზე. მაგალითად A ფაზის სადენის ზედაპირზე პოტენციალი $φ_A$ შედგება საკუთრივ მისი და მისი სარკული ასახვის პოტენციალებისაგან $φ_{AA„}$ და ასევე დანარჩენი ფაზებისა და მათი სარკული ასახვის $φ_{AB}$ და $φ_{AC}$ პოტენციალებისაგან, ანუ:

$$\varphi_A = \varphi_{AA} + \varphi_{AB} + \varphi_{AC} \qquad (3)$$

პოტენციალი $φ_{AA,}$, რომელიც შექმნილია თვით სადენითა და მისი სარკული ასახვით, შეიძლება ვიპოვოთ ფორმულით:

$$\varphi_{AA} = \frac{\tau_A}{2\pi\varepsilon_0} \ln\left(\frac{a}{r_0}\right) \qquad (4)$$

სადაც $τ_A$- A ფაზის სადენზე მუხტის წრფივი სიმკვრივეა კლ/მ; r_0-სადენის რადიუსია,მ; a=2H- არის დაშორება სადენიდან მის სარკულ ასახვამდე; $ε_0$= $8{,}85.10^{-12}$ ფ/მ -ელექტრული მუდმივაა.

ანალოგიურად გაიანგარიშება მეზობელი სადენების ველისა და მათი სარკული ასახვების პოტენციალების გავლენა A ფაზის სადენზე , ფორმულებით:

$$\varphi_{AB} = \frac{\tau_B}{2\pi\varepsilon_0} \ln\left(\frac{b}{d}\right) \qquad (5)$$

$$\varphi_{AC} = \frac{\tau_C}{2\pi\varepsilon_0} \ln\left(\frac{c}{2d}\right) \qquad (6)$$

სადაც: $τ_B$ და $τ_C$ - შესაბამისად B და C ფაზების სადენებზე მუხტის წრფივი სიმკვრივეა.

b=$\sqrt{a^2 + d^2}$ და $c = \sqrt{a^2 + (2d)^2}$ - წარმოადგენენ შესაბამის დაშორებებს A ფაზიდან B და C ფაზების სარკულ ასახვამდე.

თუ (3),(4) და (5) ფორმულებით განსაზღვრული პოტენციალების მნიშვნელობებს გავყოფთ შესაბამის $τ_A$, $τ_B$, $τ_C$ - მუხტების ზედაპირულ სიმკვრივეზე,მაშინ მივიღებთ პოტენციალურ კოეფიციენტებს:

$$\alpha_{AA} = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\ln\left(\frac{a}{r_0}\right)$$

$$\alpha_{AB} = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\ln\left(\frac{b}{d}\right) \qquad (7)$$

$$\alpha_{AC} = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\ln\left(\frac{c}{2d}\right)$$

როგორც (6) გამოსხულებიდან ჩანს, პოტენციალური კოეფიციენტები დამოკიდებულია მხოლოდ სხეულის გეომეტრულ ზომებზე, მათ ურთიერთგანლაგებაზე და გარემოს თვისებებზე. ისინი დამოკიდებულნი არ არიან მუხტების არც სიდიდეზე, არც ნიშანსა და არც პოტენციალებზე. მათი განზომილებაა მ/ფ.

ხაზის კონსტრუქციიდან გამომდინარეობს, რომ:

$$\alpha_{AA} = \alpha_{BB} = \alpha_{CC};$$
$$\alpha_{BA} = \alpha_{AB} = \alpha_{BC} = \alpha_{CB};$$
$$\alpha_{CA} = \alpha_{AC};$$

სადენების მუხტების განსაზღვრისათვის შევადგინოთ მაქსველის ფორმულების პირველი ჯგუფი:

$$\begin{cases} \varphi_A = \tau_A\alpha_{AA} + \tau_B\alpha_{AB} + \tau_C\alpha_{AC} \\ \varphi_B = \tau_A\alpha_{BA} + \tau_B\alpha_{BB} + \tau_C\alpha_{BC} \\ \varphi_C = \tau_A\alpha_{CA} + \tau_B\alpha_{CB} + \tau_C\alpha_{CC} \end{cases} \qquad (8)$$

ამოვხსნით რა (8) განტოლებათა სისტემას, მივიღებთ მუხტების წრფივ სიმკვრივეს τ_A, τ_B, τ_C სამი სადენისათვის. განვსაზღვროთ ელექტრული ველის დაძაბულობა სადენის ქვეშ P წერტილში შედგება ყველა სადენისა და მათი სარკული ასახვის ველების დაძაბულობებისაგან.

გამოვიყენებთ, რა მუხტის სიმკვრივის მიღებულ სიდიდეებს, შეიძლება ჩავწეროთ:

$$\vec{E}_p = \vec{E}_{pA} + \vec{E}_{pB} + \vec{E}_{pC} + \vec{E}_{pA} + \vec{E}'_{pB} + \vec{E}'_{pC} \qquad (9)$$

თითოეული სადენისათვის ველის დაძაბულობის ვექტორის მოდული შეიძლება განვსაზღვროთ გამოსახულებებით:

$$E_{PA} = E'_{PA} = \frac{\tau_A}{2\pi\varepsilon_0}.\frac{1}{m}$$
$$E_{PB} = E'_{PB} = \frac{\tau_B}{2\pi\varepsilon_0}.\frac{1}{n} \qquad (10)$$
$$E_{PC} = E'_{PC} = \frac{\tau_C}{2\pi\varepsilon_0}.\frac{1}{k}$$

სადაც.

$$m = \sqrt{(2d+X)^2 + H^2}$$
$$n = \sqrt{(d+X)^2 + H^2} \qquad (11)$$
$$k = \sqrt{X^2 + H^2}$$

სადაც, m,n და k – არის შესაბამისად უმოკლესი დაშორება P წერტილისა A,B და C ფაზებიდან.

ხაზის კონსტრუქციიდან გამომდინარე ყველა ვექტორის ჰორიზონტალური პროექციები ერთმანეთს აკომპენსირებენ.

თუ მხედველობაში მივიღებთ შესაბამისი დაძაბულობების მოდულების ტოლობას, მაშინ E_P ვექტორის მოდული შეიძლება ვიპოვოთ ფორმულით:

$$E_p = 2\frac{\tau_A}{2\pi\varepsilon_0}.\frac{1}{m}\sin\gamma_1 + 2\frac{\tau_B}{2\pi\varepsilon_0}.\frac{1}{n}\sin\gamma_2 + 2\frac{\tau_C}{2\pi\varepsilon_0}.\frac{1}{0{,}5c}\sin\gamma_3 \qquad (12)$$

სადაც γ_1, γ_2 γ_3 –არის შესაბამისად კუთხე დედამიწის სიბრტყესა და საანგარიშო სქემაზე P წერტილის ფაზებიდან m,n და k დაშორებებს შორის.

$$\sin\gamma_1 = \frac{H}{m}\ ;\ \ \sin\gamma_2 = \frac{H}{n}\ ;\ \sin\gamma_3 = \frac{H}{k} \qquad (13)$$

ცხრილი 2-ში მოცემულია 500 კვ საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრული ველის დაძაბულობის დამოკიდებულება კიდურა ხაზის გეგმილიდან დაშორებაზე H= 15,5 მ სიმაღლეზე, როცა დაშორება სადენებს შორის d= 10,0 მ.

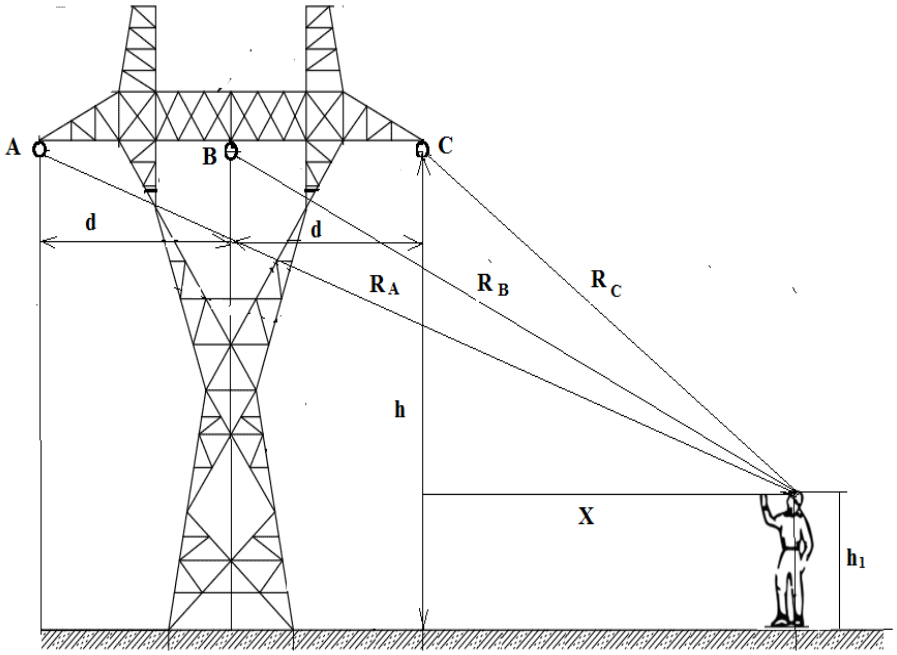
ნორმატიული დოკუმენტის მიხედვით 500 კვ საჰაერო ხაზის დაცვის ზონა არის 30 მ, მაგრამ როგორც ცხრილი 2–დან ჩანს დაცვის ზონაში ელექტრული ველის დაძაბულობა ბევრად აღემატება საცხოვრებელი ზონის ტერიტორიაზე სანიტარული ნორმებითა და წესებით დადგენილ ელექტრული ველის დაძაბულობის ზღვრულად დასაშვებ მნიშვნელობას–1 კვ/მ–ს. ამიტომ 500 კვ ელექტროგადაცემის ხაზისათვის, როცა ხაზი

დედამიწის ზედაპირიდან დაშორებულია 15,5 მ–ით, ადამიანის ჯანმრთელობისათვის უსაფრთხოდ მიღებული უნდა იყოს დაშორება კიდურა ხაზის გეგმილიდან 100 მ..

ცხრილი 2. 500 კვ საჰერო ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრული ველის დაძაბულობის დამოკიდებულება კიდურა ხაზის გეგმილიდან დაშორებაზე

დაშორება კიდურა ხაზის გეგმილიდან,მ	0,0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0
ელექტრული ველის დაძაბულობა, კვ/მ	32,64	28,68	20,08	14,72	10,94	8,35
დაშორება კიდურა ხაზის გეგმილიდან,მ	30,0	35,0	40,0	45,0	50,0	100,0
ელექტრული ველის დაძაბულობა, კვ/მ	6,59	5,15	4,14	3,46	2,84	0,90

ნახ.3-ზე მოცემულია ერთჯაჭვა მაღალი ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის მაგნიტური ველის დაძაბულობის განსაზღვრის სქემა კიდურა ხაზის გეგმილიდან დაშორებაზე სადენების ჰორიზონტალური განლაგების დროს.



ნახ.3. საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის მაგნიტური ველის დაძაბულობის გაანგარიშების სქემა საყრდენზე სადენების ჰორიზონტალური განლაგების დროს

სრული დენის კანონით ცალკეული უსასრულო გამტარისათვის მაგნიტური ველის დაძაბულობა კომპლექსურ სახეში შემდეგნაირად გამოისახება:

$$\dot{H}=\frac{\dot{I}}{2\pi R} \tag{14}$$

ზედდების პრინციპის თანახმად:

$$\dot{H}=\frac{\dot{I}_A}{2\pi R_A}+\frac{\dot{I}_B}{2\pi R_B}+\frac{\dot{I}_C}{2\pi R_C} \tag{15}$$

სადაც $\dot{I}_A$, $\dot{I}_B$, $\dot{I}_C$ - ხაზური დენების კომპლექსური მნიშვნელობებია, R_A, R_B, R_C – დაკვირვების წერტილიდან შესაბამის ხაზებამდე მანძილებია.

დავუშვათ ფაზების დენების კომპლექსური მნიშვნელობებია:

$$\begin{cases} \dot{I}_A = I_b \\ \dot{I}_B = I_b e^{-j120^0} \\ \dot{I}_C = I_b e^{j120^0} \end{cases} \tag{16}$$

(16) გამოსახულებიდან ხაზური დენების მნიშვნელობები შევიტანოთ (15)–ში და მივიღებთ:

$$\dot{H}=\frac{I_b}{2\pi R_A}+\frac{I_b e^{-j120^0}}{2\pi R_B}+\frac{I_b e^{j120^0}}{2\pi R_C}=\frac{I_b}{2\pi}\left(\frac{1}{R_A}+\frac{e^{-j120^0}}{R_B}+\frac{e^{j120^0}}{R_C}\right) \tag{17}$$

მოცემულ შემთხვევაში ადამიანის დაშორება საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზებიდან იანგარიშება ფორმულებით:

$$\begin{aligned} R_A &= \sqrt{(X+2d)^2+(h-h_1)^2} \\ R_B &= \sqrt{(X+d)^2+(h-h_1)^2} \\ R_C &= \sqrt{X^2+(h-h_1)^2} \end{aligned} \tag{18}$$

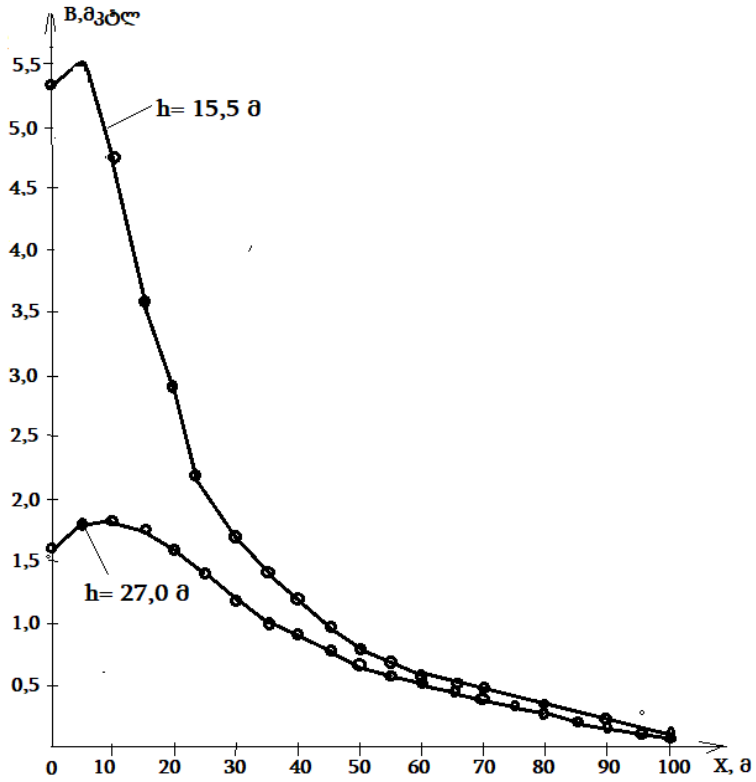
(18) გამოსახულები შევიტანოთ (17)–ში და მივიღებთ:

$$\dot{H}=\frac{I_b}{2\pi}\left(\frac{1}{R_A}+\frac{1}{R_B}e^{-j120^0}+\frac{1}{R_C}e^{j120^0}\right)=$$

$$\frac{I_b}{2\pi}\left(\frac{1}{\sqrt{(X+2d)^2+(h-h_1)^2}}+\frac{1}{\sqrt{(X+d)^2+(h-h_1)^2}}e^{-j120^0}+\frac{1}{\sqrt{X^2+(h-h_1)^2}}e^{j120^0}\right), \tag{19}$$

მაგნიტური ველის დაძაბულობის ანგარიშის შედეგები წარმოდგენილია ნახ.4-ზე.

როგორც ნახ.4.-დან ჩანს მოცემულ შემთხვევაში კიბოს საერთაშორისო სააგენტოს მიერ დადგენილი და ჯანმრთელობის დაცვის საერთაშორისო ორგანიზაციის მიერ ადამიანის ჯანმრთელობისათვის რეკომენდირებული უსაფრთხო მაგნიტური ველის ინდუქციის ლიმიტირებული მნიშვნელობები (0,2-0,3 მკტლ) დაცულია საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის კიდურა სადენის დედამიწაზე გეგმილიდან 90 მ მეტ მანძილზე დაშორების შემთხვევაში.



ნახ.4. 500 კვ ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის მაგნიტური ველის ინდუქციის კიდურა ხაზის გეგმილიდან დაშორებაზე დამოკიდებულების გრაფიკი სადენების ჰორიზონტალური განლაგების დროს

ნაშრომის მეოთხე თავში მოცემულია ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრომაგნიტური ველის დაძაბულობის დონის გასაზომი ხელსაწყოს ტექნიკური მახასიათებლები, გაზომვის მეთოდიკა და ამ ხელსაწყოთი ჩატარებული გაზომვის შედეგები შემდეგი შემთხვევებისათვის: საჰაერო

ელექტროგადაცემის ხაზის კიდურა სადენის გეგმილიდან სხვადასხვა დაშორებაზე; საჰაერო ხაზის მოხვევის ადგილზე მოხვევის კუთხის ბისექტრისის გასწვრივ და საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ტრასის გასწვრივ.

ექსპერიმენტის დროს გამოყენებული იქნა ელექტრული და მაგნიტური ველის სამკომპონენტიანი საზომი ხელსაწყო ВЕ-метр, მოდიფიკაციებით «50 ჰც» და მართვის ბლოკით «НТМ-Терминал,

ВЕ-метр-ი გამოიყენება სამრეწველო სიხშირის მაღალი ძაბვის ელექტროდანადგარების მიერ აღძრული ელექტრული და მაგნიტური ველების დაძაბულობების საშუალო კვადრატული მნიშვნელობის გასაზომად.

ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრომაგნიტური ველების დონეების შეფასება ხორციელდებოდა ნორმატიული დოკუმენტის МУ 4109-86 „მეთოდური მითითებები საჰაერო მაღალი ძაბვის ელექტროგადაცემის ხაზების ელექტრომაგნიტური ველის განსაზღვრის შესახებ და ჰიგიენური მოთხოვნები მათი განლაგების მიმართ“ -ს შესაბამისად.

საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის მიერ ელექტრომაგნიტური დაბინძურების გამოკვლევისათვის ჩვენს მიერ საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემის კუთვნილ გარდაბნის 220/330/500 ქვესადგურის სიახლოვეს ჩატარებული იქნა ელექტრული და მაგნიტური ველების დაძაბულობების გაზომვის სამუშაოები 110 კვ, 220 კვ და 500 კვ ელექტროგადაცემის ხაზებისათვის. გაზომვები ჩატარებული იქნა დედამიწის ზედაპირიდან 1,8 მ სიმაღლეზე შემდეგი შემთხვევებისათვის: ქვესადგურის მომიჯნავე ტერიტორიაზე; საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის კიდურა სადენის გეგმილიდან სხვადასხვა დაშორებაზე; საჰაერო ხაზის მოხვევის ადგილზე მოხვევის კუთხის ბისექტრისის გასწვრივ; საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ტრასის გასწვრივ;

ქვესადგურის მომიჯნავედ ჩატარებული გაზომვის შედეგები წარმოდგენილია ცხრილი 3–ში.

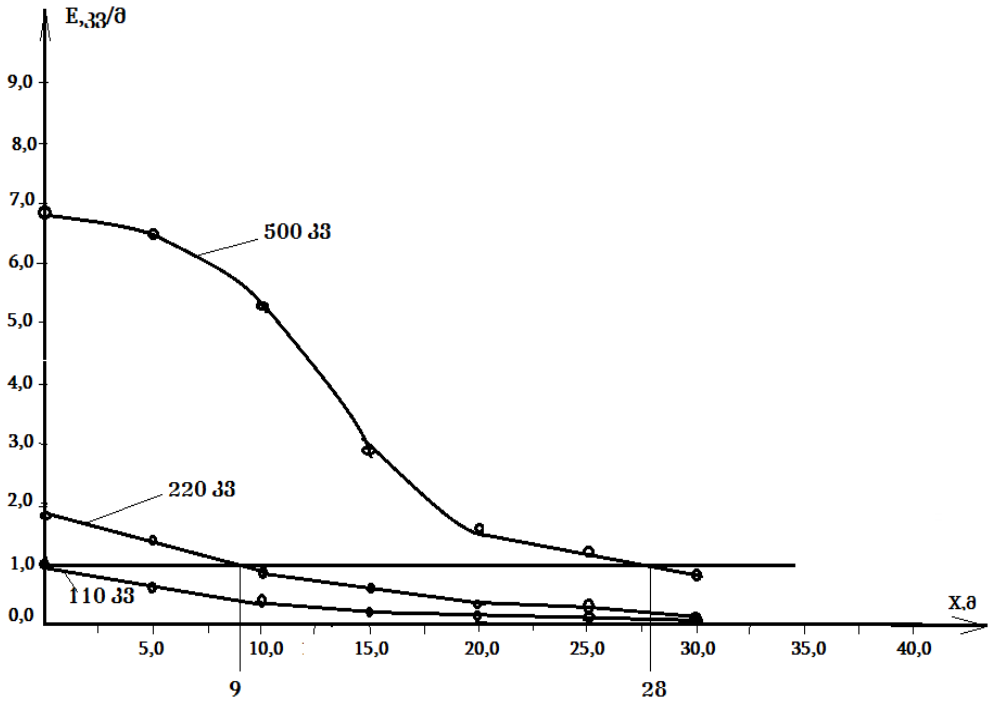
ცხრილი 3. ელექტრომაგნიტური ველის დაძაბულობების მნიშვნელობები გარდაბნის 220/330/500 კვ ბაბვის ქვესადგურის მომიჯნავედ

დაშორება ქვესადგურის შემოღობვებიდან, (მ)	0	5	10	15	20	25	30
ელექტრული ველის დაძაბულობა (კვ/მ)	8,645	7,466	6,785	5,365	4,137	3,259	2,654
მაგნიტური ველის ინდუქცია (მტლ.)	0,288	0,207	0,188	0,156	0,105	0,086	0,056

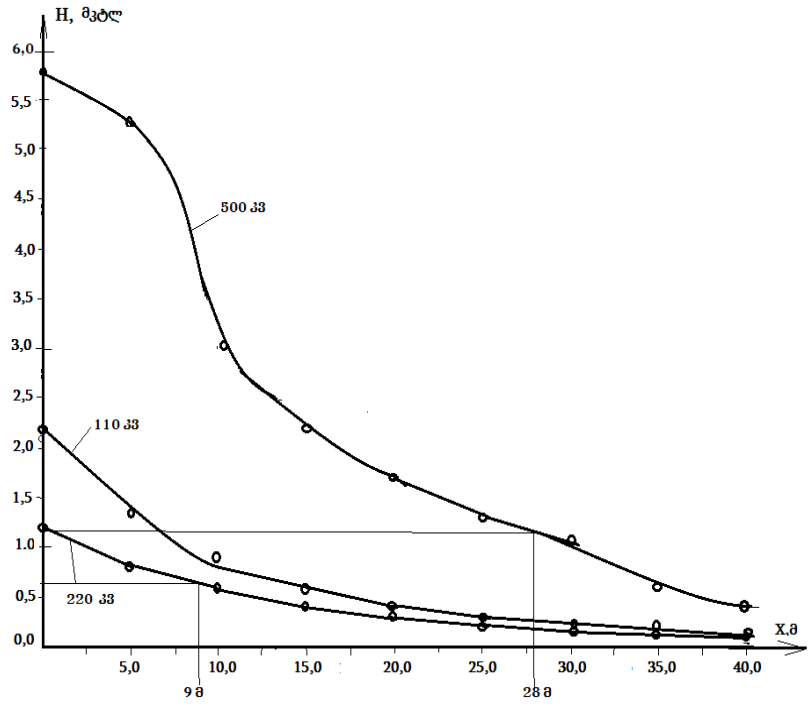
სანიტარულ–ეპიდემიოლოგიური ნორმატიული დოკუმენტების მიხედვით საცხოვრებელი სახლების ტერიტორიის ზონის გარეთ, ასევე ბოსტნებისა და ბაღების ტერიტორიაზე ელექტრული ველის დაძაბულობის დასაშვები მნიშვნელობაა 5 კვ/მ. როგორც მიღებული შედეგებიდან ჩანს აღნიშნული ნორმატივი ელექტრული ველის დაძაბულობის მიხედვით დაკმაყოფილებულია გამანაწილებელი ქვესადგურიდან 20 მ–ის მოშორებით.

რაც შეეხება მაგნიტური ველის დაძაბულობას ყოფილი საბჭოთა კავშირის ნორმატიული დოკუმენტებით საცხოვრებელი ტერიტორიის ზონის გარეთ ზღვრულად დასაშვები ნორმაა 20 მკტლ, რომელიც გაცილებით მეტია ვიდრე ცხრილში ნაჩვენები სიდიდეები, მაგრამ მაგნიტური ველის დაძაბულობა დამოკიდებულია ხაზის დატვირთვაზე, რომელიც ჩვენთვის ცნობილი არაა.

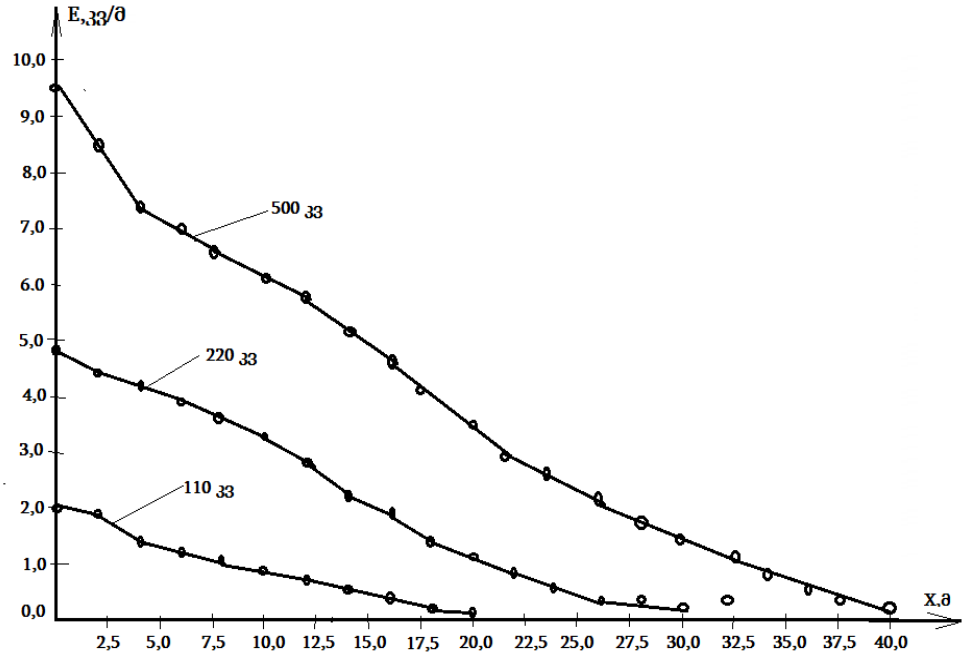
ჩვენს მიერ გაზომილი იქნა ელექტრული და მაგნიტური ველების დაძაბულობები საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის კიდურა ხაზის გეგმილიდან დაშორებაზე, რომლის მნიშვნელობები წარმოდგენილია ნახ.5-ზე და ნახ.6-ზე. აგრეთვე ელექტრომაგნიტური ველის დაძაბულობების სიდიდეები მოხვევის კუთხის ბისექტრისის გასწვრივ მოხვევის საყრდენიდან დაშორებაზე. გაზომვის შედეგები წარმოდგენილია ნახ.7-ზე და ნახ. 8-ზე.



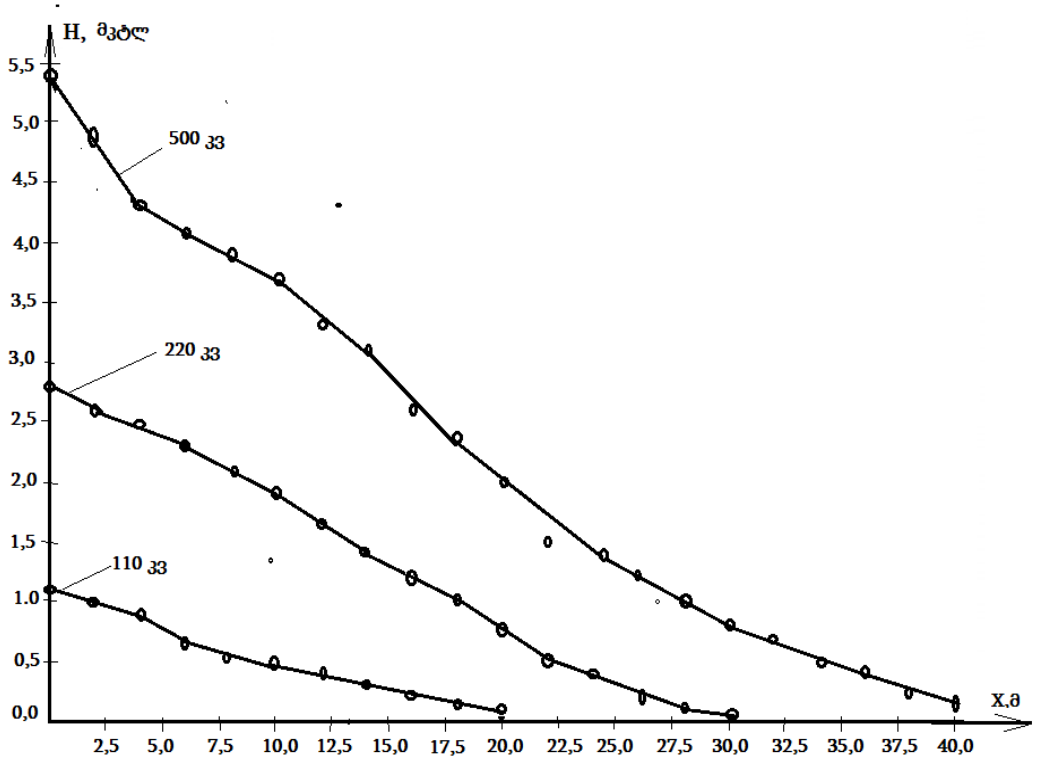
ნახ.5. ელექტრული ველის დაძაბულობა ელექტროგადაცემის ხაზის კიდურა ხაზის გეგმილიდან დაშორებაზე



ნახ.6. მაგნიტური ველის დაძაბულობა ელექტროგადაცემის ხაზის კიდურა ხაზის გეგმილიდან დაშორებაზე



ნახ.7. ელექტრიული ველის დაძაბულობის დამოკიდებულება საჰაერო ხაზის მოხვევის დროს მოხვევის საყრდენიდან დაშორებაზე მოხვევის კუთხის ბისექტრისის გასწვრივ



ნახ.8. ელექტრიული ველის დაძაბულობის დამოკიდებულება საჰაერო ხაზის მოხვევის დროს მოხვევის საყრდენიდან დაშორებაზე მოხვევის კუთხის ბისექტრისის გასწვრივ

ცხრილი 4-ში წარმოდგენილია ელექტრომაგნიტური ველის დაძაბულობები საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის (სეგხ) გასწვრივ.

ცხრილი 4. ელექტრომაგნიტური ველის დაძაბულობები საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის (სეგხ) გასწვრივ

დაშორება ელექტროგადაცემის ხაზის ორ საყრდენს შორის, მ	სეგხ 110 კვ		სეგხ 220 კვ		სეგხ 500 კვ	
	E, კვ/მ	H, მკტლ	E, კვ/მ	H, მკტლ	E, კვ/მ	H, მკტლ
0	0,95	0,32	1,90	0,78	3,80	1,56
¼ L	1,42	0,68	3,40	1,80	7,00	3,45
½L	1,97	1,12	4,70	2,80	9,48	5,37
¾L	1,41	0,68	3,4	1,80	7,00	3,45
L	0,95	0,32	1,90	0,78	3,80	1,56

ექსპერიმენტის შედეგების მიხედვით ჩატარებული იქნა მიღებული შედეგების ანალიზი, რომლის მიზანია სამრეწველო სიხშირის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის სიახლოვეს მაგნიტური ველის დაძაბულობას დასახლებულ მივცეთ ისეთი ფაქტიური მახასიათებელი, სადაც გამოყენებული იქნება ისეთი კრიტერიუმები, რომლებიც დაფუძნებული იქნება ყოფილი საბჭოთა კავშირის სანიტარულ-ეპიდემიოლოგიური ნორმატივები, რომელსაც ამჟამად ვიყენებთ ჩვენს ქვეყანაში და ჯანმრთელობის დაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის რეკომენტაციები.

ყოფილი საბჭოთა კავშირის ნორმატივებით ელექტრომაგნიტური მდგომარეობის შეფასებისათვის გამოყენებული იქნა СанПин 2.1.8.12–17–2005 სანიტარული წესები და ნორმები „მოსახლეობის დაცვა სამრეწველო სიხშირის ცვლადი დენის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზებით შექმნილი ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედებისაგან“ და СанПин 2.2.1/2.1.1.1200–03 სანიტარულ–დამცავი ზონები და საწარმოების, ნაგებობებისა და სხვა ობიექტების სანიტარული კლასიფიკაცია.

110 კვ, 220 კვ და 500 კვ ძაბვების სამრეწველო სიხშირის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზების სიახლოვეს ჩატარებული გაზომვების შედეგად მიღებული შედეგები მოიცავენ ელექტრული და მაგნიტური ველების დაძაბულობების ფაქტიურ მნიშვნელობებს.

მაგნიტური ველის დაძაბულობების მაქსიმალური მნიშვნელობები დაფიქსირებული იქნა საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ქვეშ და შეადგინა: 100 კვ ძაბვისათვის 3,9 მკტლ, 220 კვ-სათვის-2,9 მკტლ, 500 კვ-სათვის 9,7 მკტლ. СанПин 2.1.8.12–17–2005-ის მიხედვით საცხოვრებელი სახლებისათვის დადგენილი 5 მკტლ დაფიქსირებული იქნა 500 კვ ძაბვის ხაზის სიახლოვეს ხაზიდან 10 მ-ის დაშორებით.

ყოფილი საბჭოთა კავშირის ნორმატიული დოკუმენტებით საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის სანიტარულ-დამცავ ზონას წარმოადგენს ტერიტორია ხაზის გასწვრივ, რომელშიც ელექტრული ველის დაძაბულობა არ აღემატება 1 კვ/მ-ს. ნახ.5-ზე ეს მნიშვნელობა აღნიშნულია ჰორიზონტალური ხაზით. ამ ხაზის გადაკვეთის წერტილები ელექტრული ველის დაძაბულობების გრაფიკებთან წარმოადგენს სანიტარულ-დამცავი ზონის საზღვრებს. ამგვარად როგორც ნახ. ნახ.5-დან ჩანს 110 კვ ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზისათვის სანიტარულ-დამცავი ზონის სიფართე ნაკლებია 1 მ-ზე, 220 კვ-სათვის- 9 მ, ხოლო 500 კვ-სათვის - 28 მ.

დაშორების ამ მნიშვნელობების გადაკვეთა მაგნიტური ველის დაძაბულობის გრაფიკებთან (ნახ.6) სანიტარულ-დამცავ ზონაში გვაძლევს სამრეწველო სიხშირის მაგნიტური ველის დაძაბულობების მნიშვნელობებს სანიტარულ-დამცავ ზონაში. ნახ.6-დან ჩანს, რომ 110 კვ ძაბვის ხაზის მაგნიტური ველის დაძაბულობის მნიშვნელობამ ხაზიდან 1 მეტრი დაშორეებით შეადგინა 1,1 მკტლ, 220 კვ ხაზის დაძაბულობის მნიშვნელობამ ხაზიდან 9 ,0 მ დაშორებით შეადგინა 0,6 მკტლ, ხოლო 500 კვ ხაზის დაზბულობის მნიშვნელობამ 28 მ მანძილზე შეადგინა 1,2 მკტლ. ასე რომ ძაბვის ყველა კლასის სანიტარულ-დამცავი ზონის საზღვარზე მაგნიტური ველის დაძაბულობა არ აღემატება 2,0 მკტლ-ს. დაძაბულბის ეს

მნიშვნელობა არ აღემატება ყოფილი საბჭოთა კავშირის ნორმებით საცხოვრებელ სახლებში (5 მკტლ) და საცხოვრებელი სახლების ტერიტორიაზე (10 მკტლ) ნორმატიული დოკუმენტებით დადგენილ ნორმებს, მაგრან აღემატება ჯანმრთლობის დაცვის საერთაშორისო ორგანიზაციის მიერ რეკომენდირებულ დიაპაზონს (0,3-0,4 მკტლ).

მონაცემების ანალიზისათვის ჯანმრთელობის დაცვის მსოფლიო ორგანიზაციისა და კიბოს შემსწავლელი საერთაშორისო სააგენტოს რეკომენდაციებზე დამყარებული კრიტერიუმების გამოყენებით შეფასებული იქნა დაშორება კიდურა ხაზის პროექციიდან იმ არემდე, სადაც მაგნიტური ველის დაძაბულობა შეადგენდა 0,3 მკტლ-ს. ნახ. 4.5-დან ჩანს, რომ მაქსიმალური დაშორება კიდურა ხაზის გეგმილიდან მაგნიტური ველის დაძაბულობა შეადგენს: 110 კვ ძაბვის ხაზისათვის -25 მ, 220 კვ-სათვის- 35 მ; ხოლო 500 კვ ძაბვისათვის 85 მ. (გრაფიკზე ნაჩვენები არ არის).გაზომვების შედეგად მინიმალური მნიშვნელობები განაწილებული იქნა შემდეგნაირად: 100 კვ ძაბვისათვის-10 მ, 220 კვ ძაბვისათვის 8 მ, 500 კვ ძაბვისათვის - 30 მ.

ამგვარად, ჯანმრთელობის დაცვის საერთაშორისო ორგანიზაციის რეკომენდაციის გამოყენებისას განუსაზღვრელი რისკის ზონა საჰაერო ელექტროგადაცემის კლასიდან დამოკიდებულებით შეიძლება იმყოფებოდეს კიდურა ხაზის გეგმილიდან 8-დან 85 მ-მდე .

ცხრილი 5. რისკის ზონის მინიმალური და მაქსიმალური მნიშვნელობების საზღვრები მეტრებში

ძაბვის კლასი, კვ	ყოფილი საბჭოთა კავშირის (1 კვ/მ)	ჯანდაცვის საერთ. ორგანიზაციისა და კიბოს შესწავლის საერთაშორისო სააგენტოს რეკომემდაციები (0,3-0,4 მკტლ)	შვედეთის დოკუმენტი ADI 478 (0,2 მკტლ)
110	< 1	10-25	20-35
220	9	8-35	15-45
500	28	30-85	30-85

ცხრილი 5-ში მოცემულია საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზიდან საცხოვრებლად უსაფრთხო დაშორების საბჭოთა ნორმატივებით (1 კვ/მ), ჯანმრთელობის დაცვის საერთაშორისო ორგანიზაციისა და კიბოს შესწავლის საერთაშორისო სააგენტოს რეკომენდაციების (0,3 მკტლ), ასევე შვედეთის დოკუმენტის ADI 478 (0,2 მკტლ) შედარებითი მნიშვნელობები.

ჯანმრთელობის დაცვის საერთაშორისო ორგანიზაციისა და კიბოს შესწავლის საერთაშორისო სააგენტოს რეკომენდაციების დამატებითი კრიტერიუმების გამოყენებით სამრეწველო სიხშირის მაგნიტური ველის დაძაბულობის შეფასების დროს აღსანიშნავია რომ ისინი შემოთავაზებული იქნა ეპიდემიოლოგიური გამოკვლევების საფუძველზე, რომელიც წარმოდგენილი იყო ლიტერატურულ მიმოხილვაში.

დასკვნები

ჩატარებული გამოკვლევების შედეგად დადგენილია:

1. მაღალი ძაბვის ელექტროგადაცემის ხაზის მიერ შექმნილი ელექტრომაგნიტური დაძაბულობების დონეები წარმოადგენენ ხაზის გასწვრივ სივრცეში ეკოლოგიური გავლენის შეფასების ძირითად პარამეტრებს.
2. მიღებულია საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზიდან მნიშვნელოვან დაშორებაზე ელექტრული და მაგნიტური ველების გაანგარიშებისათვის მიახლოებითი ანალიზური გამოსახულებანი, რომელიც იძლევა საშუალებას ჩატარდეს ხაზის ჩამოკიდების ისრის გავლენის ანალიზი ელექტრული და მაგნიტური ველების დაძაბულობის დონეებზე.
3. საქართველოში გამოყენებული 50 ჰც სიხშირის მაგნიტური ველის დაძაბულობის ზღვრულად დასაშვები მნიშვნელობები (5 მკტლ) 25-ჯერ და მეტად აღემატება შვედი და ამერიკელი მეცნიერების მიერ რეკომენდირებულ დონეს (0,2-0,3 მკტლ), რომელიც არ იწვევს ონკოლოგიურ დაავადებებს.
4. 110 კვ, 220 კვ და 500 კვ ძაბვების საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის მაგნიტური ველის დაძაბულობების მიღებული ფაქტიური მნიშვნელობები ყველა სანიტარულ-დაცვითი ზონის საზღვრებში შეესაბამება ყოფილი საბჭოთა კავშირის სანიტარულ ნორმებს;
5. თუ გამოვიყენებთ ჯანმრთელობის დაცვის საერთაშორისო ორგანიზაციისა და კიბოს შესწავლის საერთაშორისო სააგენტოს რეკომენდაციებს სამრეწველო სიხშირის მაგნიტური ველის დაძაბულობის მიმართ, ამ შემთხვევაში საჭიროა უსაფრთხოების ზონის 2-3 -ჯერ გაფართოება.
6. ამჟამად საქართველოს ელექტრომაგნიტური ველის დაძაბულობების შესახებ არ გააჩნია საკუთარი სანიტარულ-ეპიდემიოლოგიური ნორმატიული დოკუმენტები, ასევე არ არსებობს დასახლებულ

ტერიტორიებზე და განსაკუთრებით ელექტროგადაცემის ხაზის სიახლოვეს ელექტრომაგნიტური მონიტორინგის სისტემები;

7. დისერატაციაში მიღებული შედეგები საშუალებას იძლევა შემუშავებული იქნეს კომპლექსური ზომები და რეკომენდაციები ელექტრომაგნიტური თავსებადობისა და ეკოლოგიური უსაფრთხოების უზრუნველყოფის ამოცანების გადასაწყვეტად როგორც მაღალი ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის როგორც პროექტირების, ასევე მოდერნიზაციის დროს.
8. ელექტროგადაცემის ხაზის სწორხაზოვანი ტრასის შემთხვევაში ელექტრული და მაგნიტური ველების დაძაბულობები აღწევენ თავის მაქსიმალურ მნიშვნელობებს, ამასთანავე დაძაბულობების მაქსიმალური მნიშვნელობები შეინიშნება სადენების მაქსიმალური ჩამოკიდების წერტილში, ანუ მალის შუაში.
9. ტრასის მოხვევის დროს ელექტრული და მაგნიტური ველების მაქსიმალური მნიშვნელობები მიიღწევა კუთხური საყრდენიდან ელექტროგადაცემის ხაზის ტრასის მოხვევის კუთხის ბისექტრისის გასწვრივ
10. მაღალი ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზების პროექტირების დროს, რომელთა ტრასები გადის დასახლებული პუნქტების ახლოს ან ადამიანთა ხანგრძლივად ყოფნის ზონებში(მაგ. ბოსტნების, ბაღების, საბავშვო მოედნების და სხვა), საჭიროა პროექტის შემადგენლობაში ჩართული იქნეს საპროექტო ხაზის ტრასის გასწვრივ ელექტრომაგნიტური მდგომარეობის ანალიზი, სახელდობრ, განხილული იქნეს ელექტრომაგნიტური ველის დაძაბულობების მნიშვნელობები.

გამოქვეყნებული ნაშრომების სია:

1. მუსელიანი თ., არაბიძე გ., ბალახაშვილი ლ. მაღალი ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზების სიახლოვეს ელექტრომაგნიტური ველების ეკოლოგიური მონიტორინგის პრობლემების ანალიზი. „ენერგია“, 2019, №3(91), გვ. 177–181.

2. მუსელიანი თ., არაბიძე გ., ბალახაშვილი ლ. მაღალი ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრული ველის დაძაბულობის განსაზღვრა ხაზის ქვეშ სარკული ასახვის მეთოდით. „ენერგია“, 2019, №3(91), გვ. 5–9.

3. მუსელიანი თ., ვაშაკიძე ა., ბალახაშვილი ლ. მაღალი ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზების ელექტრული ველის დაძაბულობის დამოკიდებულება კიდურა ხაზის გეგმილიდან დაშორებაზე. „ენერგია“, 2020, №1(93), გვ. 26–33.

4. ბალახაშვილი ლ. საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრომაგნიტური ველის გავლენა ადამიანის ჯანმრთელობაზე. „საქართველოს საინჟინრო სიახლეები“, 2021, № 92, გვ. 103-106.

5. მუსელიანი თ., მუსელიანი გ., ბალახაშვილი ლ., გვარამაძე მ.. ერთჯაჭვა მაღალი ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის მაგნიტური ველის დაძაბულობის განსაზღვრა კიდურა ხაზის გეგმილიდან დაშორებაზე სადენების ჰორიზონტალური განლაგების დროს. „ენერგია“, 2021, №2(98). გვ·

SUMMARY

In recent years, the operation of high-voltage power plants has increasingly focused on their electromagnetic compatibility with human life. This is primarily due to the study of the effects of electromagnetic fields on human health. Specifically, previously there was no clear assessment of the negative impact of magnetic fields of industrial frequency on human life. The main reason for this was the feeling of a person at the time of exposure to the magnetic field, and the consequences of this impact were manifested after a considerable time.

The main objects of the electric power industry, in which dangerous magnetic fields of industrial frequency are excited, are power lines of various constructive performance and high voltage substations. It should be noted that the electromagnetic fields in the immediate vicinity of power lines are affected by specialized personnel, as well as residents and workers near the power line. Therefore, the development of methods for measuring the parameters of the electromagnetic field in power plants of different frequencies of industrial frequency and, as a result, measures to reduce their tensions are now quite urgent. The World Health Organization (WHO), based on an analysis of the results of an international electromagnetic field project, concluded that the effects of low-frequency long-range electromagnetic fields on human health had not been sufficiently studied and provided recommendations, These include the need for further research to determine the negative impact on human health and to develop tools to determine the level of electromagnetic impact in the construction of new buildings.

The first chapter of the article presents the results of the literary review. In particular, the principles of electromagnetic safety regulation near high-voltage power plants in populated areas; Analysis of work on environmental monitoring of the electromagnetic field in the area of power lines; Analysis of the anthropogenic impact of the electromagnetic field of industrial frequency.

On the basis of literary analysis, the relevance of the thesis is determined. In particular, the level of electromagnetic voltages created by air power lines of different voltage classes with values established by regulations has been determined in Tbilisi and its surroundings.

The second chapter of the article is devoted to the systems of sanitary and epidemiological monitoring of the electromagnetic field of power lines. Recently, scientific facts and research results have been refined, which inevitably prove the effect of electromagnetic fields of industrial frequency on living organisms. Electrical and magnetic fields are very important factors influencing the condition of all biological objects in the area of their impact.

The same chapter addresses the issues of electromagnetic monitoring of settlements. In Georgia, a single state system of sanitary and epidemiological monitoring of power lines and powerful electrical equipment in the form of electromagnetic field monitoring should be established to provide information on the management of data entry of the State Fund for human health impact. In

addition, it should be noted that at present there is no regulatory document in Georgia that would regulate the conduct of electromagnetic monitoring of settlements near power lines. There is also a list of measures necessary for the development of the electromagnetic monitoring system in the areas adjacent to the power line.

The third chapter of the article presents the types of power lines. Depending on the voltage, location of the wires and the chain, the effect of the stresses of their electric and magnetic field on living organisms is different. This chapter provides an overview of the wiring of high-voltage VL in horizontal and lower flat directions, as well as the results of the U-110-1 ING anchoring on the examples. Also included is our Microsoft Excell-based power line voltage program.

The fourth chapter of the article presents the specifications of the device to measure the voltage level of the electromagnetic field of the power line, the way of measurement and the results of measurements made by this device for the following cases: Bissectris VL on bissectris of the angle of the turn and on the VL power line.

Studies have shown that the level of electromagnetic radiation of the air transmission line of industrial frequency is the function of their nominal voltage; As the voltage increases, the voltages of the electric and magnetic fields increase. It should be noted that in the case of a straight line of power lines, the voltages of the electric and magnetic fields reach their maximum values, and the maximum voltages are observed at the point of maximum hovering of the power line. wires, i.e. in the middle of the hammer. Maximum values of electric and magnetic fields when turning the path are reached at the turning point.