

# საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ლიანა ბალახაშვილი

ეკოლოგიური მონიტორინგი და ელექტრომაგნიტური  
უსაფრთხოების ამაღლება თბილისის სიახლოვეს

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

სადოქტორო პროგრამა: „ენერგეტიკა და ელექტროინჟინერია“

შიფრი: 0713

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

თბილისი, 0166, საქართველო

ივლისი, 2021 წ.

საავტორო უფლება © 2021 წელი, ლიანა ბალახაშვილი

თბილისი

2021 წელი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტი

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერნი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით ლიანა ბალახაშვილის მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: „**ეკოლოგიური მონიტორინგი და ელექტრომაგნიტური უსაფრთხოების ამდლება თბილისის სიახლოვეს**“ და ვამღებთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის საუნივერსიტეტო სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

....., 2021 წელი

ხელმძღვანელი: ..... პროფესორი თ. მუსელიანი

რეცენზენტი: .....

რეცენზენტი: .....

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2021

**ავტორი:** ლიანა ბალახაშვილი

**თემის დასახელება:** „ეკოლოგიური მონიტორინგი და ელექტრომაგნიტური უსაფრთხოების ამაღლება თბილისის სიახლოვეს“

**ფაკულტეტი:** ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის

**აკადემიური ხარისხი:** აკადემიური დოქტორი

**სხდომა ჩატარდა:** ....., 2021 წ.

ინდივიდუალური პიროვნებების ან ინსტიტუტების მიერ ზემომოყვანილი დასახელების დისერტაციის გაცნობის მიზნით მოთხოვნის შემთხვევაში მისი არაკომერციული მიზნებით კოპირებისა და გავრცელების უფლება მინიჭებული აქვს საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტს.

---

ავტორის ხელმოწერა

ავტორი ინარჩუნებს დანარჩენ საგამომცემლო უფლებებს და არც მთლიანი ნაშრომის და არც მისი ცალკეული კომპონენტების გადაბეჭდვა ან სხვა რაიმე მეთოდით რეპროდუქცია დაუშვებელია ავტორის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

ავტორი ირწმუნება, რომ ნაშრომში გამოყენებული საავტორო უფლებებით დაცულ მასალებზე მიღებულია შესაბამისი ნებართვა (გარდა იმ მცირე ზომის ციტატებისა, რომლებიც მოითხოვენ მხოლოდ სპეციფიურ მიმართებას ლიტერატურის ციტირებაში, როგორც ეს მიღებულია სამეცნიერო ნაშრომების შესრულებისას) და ყველა მათგანზე იღებს პასუხისმგებლობას.

## რ ე ზ ი უ მ ე

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 საკმაოდ 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 მეთოდის დამუშავებისა და შესაბამისად მათი ინტენსიურობის შემცირების ზომების საკითხი.

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..

**ნაშრომის პირველ** თავში მოცემულია ლიტერატურული მიმოხილვის შედეგები. კერძოდ, დასახლებულ ტერიტორიებზე მაღალი ძაბვის ელექტროდანადგარების სიახლოვეს ელექტრომაგნიტური უსაფრთხოების რეგლამენტაციის პრინციპები; ელექტროგადაცემის ხაზის სიახლოვეს ელექტრომაგნიტური ველის ეკოლოგიური მონიტორინგის შესახებ სამუშაოების ანალიზი; სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველის ადამიანზე ზემოქმედების შედეგების ანალიზი.

ჩატარებული ლიტერატურული ანალიზის საფუძველზე განისაზღვრა მოცემული სადისერტაციო სამუშაოს აქტუალობა. კერძოდ, ქალაქ თბილისის ტერიტორიასა და მის შემოგარენში დადგენილი ყოფილიყო სხვადასხვა კლასის ძაბვის საჭაერო ელექტროგადაცემის ხაზის მიერ

გამოსხივებული ელექტრომაგნიტური დამაბულობების დონის შესაბამისობა ნორმატიული დოკუმენტებით დადგენილ მნიშვნელობებთან, მიღებული მნიშვნელობების საფუძველზე განსაზღვრული ყოფილიყო გარემოს ელექტრომაგნიტური დაბინძურებით გამოწვეული ნეგატიური მოქმედებები.

**ნაშრომის მეორე თავი** ეძღვნება ელექტროგადაცემის ხაზების ელექტრომაგნიტური ველის სანიტარულ-ეპიდემიოლოგიური მონიტორინგის სისტემებს. 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.

ამავე თავში განხილულია დასახლებული ტერიტორიების ელექტრომაგნიტური მონიტორინგის საკითხები. ადამიანის ჯანმრთელობის მდგომარეობაზე გავლენის მონაცემთა სახელმწიფო ფონდის შემოტანის მართვის საინფორმაციო უზრუნველყოფის მიზნით საქართველოში უნდა შეიქმნას ელექტროგადაცემის ხაზებისა და მძლავრი ელექტროდინამიკების ელექტრომაგნიტური ველის სანიტარულ-ეპიდემიოლოგიური მონიტორინგის ერთიანი სახელმწიფო სისტემა ელექტრომაგნიტური ველის მონიტორინგის სახით. ამასთანავე აღსანიშნავია, რომ ამჟამად საქართველოში არ არსებობს საკუთარი ნორმატიული დოკუმენტი, რომელიც მოახდენდა ელექტროგადაცემის ხაზის სიახლოვეს დასახლებული ტერიტორიების ელექტრომაგნიტური მონიტორინგის ჩატარების რეგლამენტირებას. ასევე მოცემულია ელექტროგადაცემის ხაზის სიახლოვეს დასახლებული ტერიტორიების ელექტრომაგნიტური მონიტორინგის სისტემის განვითარების მიზნით საჭირო ღონისძიებებთან რეალიზაციის ჩამონათვალი.

**ნაშრომის მესამე თავში** წარმოდგენილია საჭაერო ელექტროგადაცემის ხაზების ტიპები. ძაბვის, სადენების განლაგებისა და ჯაჭვიანობიდან გამომდინარე მათი ელექტრული და მაგნიტური ველების დამაბულობების გავლენა ცოცხალ ორგანიზმებზე სხვადასხვაა. ამ თავში მოცემულია ერთჯაჭვა მაღალი ძაბვის საჭაერო ელექტროგადაცემის ხაზის სადენების ჰორიზონტალური განლაგების შემთხვევაში ხაზის ქვეშ და კიდურა ხაზის გეგმილიდან დაშორებაზე, ასევე Y 110-1 ტიპის ანკერულ-კუთხური საყრდენზე განლაგებული საჭაერო ელექტროგადაცემის ხაზის კიდურა სადენის გეგმილიდან დაშორებულ წერტილში ელექტრული ველის დამაბულობის სარკული ასახვის მეთოდით თეორიული გაანგარიშების შედეგები პრაქტიკულ მაგალითებზე. ასევე მოცემულია ჩვენს მიერ Microsoft Excell-ს ენაზე შედგენილი საჭაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრული ველის დამაბულობის განსაზღვრის პროგრამა.

**ნაშრომის მეოთხე თავში** მოცემულია ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრომაგნიტური ველის დამაბულობის დონის გასაზომი ხელსაწყოთა ტექნიკური მახადიათებლები, გაზომვის მეთოდიკა და ამ ხელსაწყოთა

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.

ჩატარებული გამოკვლევების შედეგად დადგენილი იქნა, რომ სამრეწველო სიხშირის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრომაგნიტური გამოსხივების დონე არის მათი ნომინალური ძაბვის ფუნქცია; ძაბვის გაზრდით იზრდება ელექტრული და მაგნიტური ველის დამაბულობის სიდიდეები. საჭიროა აღინიშნოს, რომ ელექტროგადაცემის ხაზის სწორხაზოვანი ტრასის შემთხვევაში ელექტრული და მაგნიტური ველების დამაბულობები აღწევენ თავის მაქსიმალურ მნიშვნელობებს, ამასთანავე დამაბულობების მაქსიმალური მნიშვნელობები შეინიშნება სადენების მაქსიმალური ჩამოკიდების წერტილში, ანუ მალის შუაში. ტრასის მოხვევის დროს ელექტრული და მაგნიტური ველების მაქსიმალური მნიშვნელობები მიდწეულია მოხვევის წერტილში. ერთნაირი დაშორების შემთხვევაში ელექტრული და მაგნიტური ველების უფრო დიდი მნიშვნელობები მიიღწევა კუთხური საყრდენიდან ელექტროგადაცემის ხაზის ტრასის მოხვევის კუთხის ბისექტრისის გასწვრივ, ვიდრე კიდურა სადენის პროექციის შუიდან.

## S U M M A R Y

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.



# შ ი ნ ა ა რ ს ი

შესავალი .....	88-15
<b>თავი 1. დასახლებულ ტერიტორიებზე ელექტრომაგნიტური დაბინძურების ეკოლოგიური მონიტორინგისა და ელექტრო-მაგნიტური უსაფრთხოების პრობლემების ანალიზი .....</b>	<b>21</b>
1.1. დასახლებულ ტერიტორიებზე მაღალი ძაბვის ელექტროდანადგარების სიახლოვეს ელექტრომაგნიტური უსაფრთხოების რეგლამენტაციის პრინციპები .....	21
1.2. ელექტროგადაცემის ხაზის სიახლოვეს ელექტრომაგნიტური ველის ეკოლოგიური მონიტორინგის შესახებ სამუშაოების ანალიზი .....	38
1.3. სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველის ადამიანზე ზემოქმედების შედეგების ანალიზი .....	44
<b>თავი 2. ხაზების ელექტრომაგნიტური ველის სანიტარულ-ეპიდემიოლოგიური მონიტორინგის სისტემები .....</b>	<b>51</b>
2.1. სამრეწველო სიხშირის ელექტრული და მაგნიტური ველის მოქმედება ბიოლოგიურ ობიექტებსა და გარემოზე .....	51
2.2. დასახლებული ტერიტორიები, როგორც ელექტრომაგნიტური მონიტორინგის ობიექტი .....	55
2.3. ელექტროგადაცემის ხაზის სიახლოვეს ელექტრომაგნიტური მონიტორინგის სისტემების განვითარება .....	61
<b>თავი 3. საჭაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრომაგნიტური ველის დამაბულობების დონის თეორიული დასაბუთება და გაანგარიშება .....</b>	<b>66</b>
3.1. ზოგადი ცნობები საჭაერო ელექტროგადაცემის ხაზების შესახებ .....	66
3.2. სარკული ასახვის მეთოდი და მისი გამოყენება სამფაზა ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრული და მაგნიტური ველის დამაბულობების გაანგარიშებისათვის .....	67
3.3. ერთჯაჭვა მაღალი ძაბვის საჭაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრული ველის დამაბულობის განსაზღვრა სადენების ჰორიზონტალური განლაგების ხაზის ქვეშ .....	70

3.4. ერთჯაჭვა მაღალი ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრული ველის დამაბულობის დამოკიდებულება კიდურა ხაზის გეგმილიდან დაშორებაზე სადენების ჰორიზონტალური განლაგების დროს.....	78
3.5. Y 110-1 ტიპის ანკერულ-კუთხური საყრდენზე განლაგებული საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის კიდურა სადენის გეგმილიდან დაშორებულ P წერტილში A ფაზის ელექტრული ველის დამაბულობის გავლენის გაანგარიშების შემთხვევა .....	83
3.6. ერთჯაჭვა მაღალი ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის მაგნიტური ველის დამაბულობის განსაზღვრა კიდურა ხაზის გეგმილიდან დაშორებაზე სადენების ჰორიზონტალური განლაგების დროს .....	89
<b>თავი 4. ექსპერიმენტული ნაწილი .....</b>	<b>95</b>
4.1. ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრომაგნიტური ველის დამაბულობის დონის გასაზომი ხელსაწყოთა ტექნიკური მახადიათებლები და გაზომვის მეთოდოლოგია .....	95
4.2. საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრული ველის დამაბულობების გაზომვის შედეგები .....	100
4.3. საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრომაგნიტური ველის დამაბულობების გაზომვის შედეგების ანალიზი .....	111
<b>დასკვნები .....</b>	<b>115</b>
<b>გამოყენებული ლიტერატურა .....</b>	<b>117</b>

## ცხრილების ნუსხა

	88
ცხრილი 1.1. საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზების დაცვითი ზონები .....	28
ცხრილი 1.2. ზემაღალი ძაბვის საჰაერო ხაზების ელექტრული ველის დამაბულობის (E) მნიშვნელობები, კვ/მ .....	29
ცხრილი 1.3. ზემაღალი ძაბვის საჰაერო ხაზების ელექტრომაგნიტური ველის მახასიათებლები .....	29
ცხრილი 1.4. ელექტრული ველის დამაბულობის მნიშვნელობა (კვ/მ) დედამიწაზე კიდურა ხაზის პროექტიდან დაშორებაზე .....	30
ცხრილი 1.5. 220,330 და 500 კვ ძაბვის ქვესადგურებში ელექტრული ველის დამაბულობის გაზომვის შედეგები, კვ/მ .....	33
ცხრილი 1.6. სხვადასხვა ძაბვის კლასის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის მიერ შექმნილი სამრეწველო სიხშირის მაგნიტური ველის დამაბულობის მნიშვნელობები .....	35
ცხრილი 1.7. ზემაღალი ძაბვის საჰაერო ხაზების ელექტრომაგნიტური ველის მახასიათებლები .....	35
ცხრილი 1.8. მაგნიტური ველის დამაბულობის ზღვრულად დასაშვები მნიშვნელობები .....	36
ცხრილი 1.9. სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტურ ველთან კონტაქტის მქონე ბავშვებში სიმსივნის (ლეიკემიის) განვითარების შესაძლებლობის მონაცემები .....	45
ცხრილი 1.10. სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტურ ველთან კონტაქტის მქონე ზრდასრულ ადამიანებში სიმსივნის (ლეიკემიის) განვითარების შესაძლებლობის მონაცემები .....	46
ცხრილი 3.1. 220 კვ საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრული ველის დამაბულობის დამოკიდებულება დედამიწის ზედაპირიდან დაშორებაზე .....	77

<b>ცხრილი 3.2.</b> 500 კვ საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრული ველის დამაბულობის დამოკიდებულება კიდურა ხაზის გეგმილიდან დაშორებაზე .....	82
<b>ცხრილი 3.3.</b> მაგნიტური ველის დამაბულობის ანგარიშის შედეგები .....	93
<b>ცხრილი 4.1.</b> ელექტრომაგნიტური ველის დამაბულობები საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის (სეგხ) კიდურა ხაზის გეგმილიდან დაშორებაზე .....	102
<b>ცხრილი 4.2.</b> ელექტრომაგნიტური ველის დამაბულობები საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის (სეგხ) მოხვევის დროს მოხვევის საყრდენიდან მოხვევის კუთხის ბისექტრისის გასწვრივ დაშორებაზე .....	104
<b>ცხრილი 4.3.</b> ელექტრომაგნიტური ველის დამაბულობები საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის (სეგხ) გასწვრივ .....	107
<b>ცხრილი 4.4.</b> ელექტრომაგნიტური ველის დამაბულობები საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის (სეგხ) გასწვრივ .....	109
<b>ცხრილი 4.5.</b> რისკის ზონის მინიმალური და მაქსიმალური მნიშვნელობების საზღვრები მეტრებში .....	113

## ნ ა ხ ა ზ ე ბ ი ს ნ უ ს ხ ა

	<b>83</b>
<b>ნახ.1.1.</b> ელექტრული ველის განაწილების სურათი მალის ქვეშ სწორ რელიეფზე .....	31
<b>ნახ.1.2.</b> ელექტრული ველის განაწილების სურათი მალის ქვეშ ხაზის მთაზე ასვლისას .....	31
<b>ნახ.1.3.</b> ელექტრული ველის დამაბულობის ცვლილების გრაფიკი 500 კვ საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის კიდურა ხაზის პროექციიდან .....	32
<b>ნახ.1.4.</b> საჰაერო ხაზის მიერ შექმნილი სამრეწველო სიხშირის მაგნიტური ველის ინტენსიურობის განაწილების გრაფიკი კიდურა ხაზის პროექციიდან დაშორებაზე .....	35
<b>ნახ. 1.5.</b> საჰაერო ხაზის ელექტრული ველის დამაბულობის დონის გრაფიკი დედამიწის ზედაპირიდან 1,8 მ სიმაღლეზე (მ. გ. შანდალას მიხედვით, 1990 წ) .....	39
<b>ნახ.1.6.</b> საჰაერო ხაზის მაგნიტური ველის დამაბულობის დონის გრაფიკი (ელექტრომაგნიტური ცენტრის, 1992 წ) .....	40
<b>ნახ.2.1.</b> ელექტროგადაცემის ხაზის სიახლოვეს დასახლებულ ტერიტორიებზე ელექტრომაგნიტური მონიტორინგის ჩატარების სქემა .....	64
<b>ნახ.3.1.</b> სადენების მუხტები და პოტენციალები .....	68
<b>ნახ.3.2.</b> ხაზის ტევადობების ჩანაცვლების სქემა .....	70
<b>ნახ.3.3.</b> ელექტროგადაცემის სამფაზა ხაზისა და მისი სარკული ასახვის სქემატური გამოსახვა .....	73
<b>ნახ.3.4.</b> ელექტროგადაცემის სამფაზა ხაზისა და მისი სარკული ასახვის სქემატური გამოსახვა კიდურა ხაზის გემილიდან დაშორებაზე სადენების ჰორიზონტალური განლაგების დროს .....	78
<b>ნახ.3.5.</b> ა) Y110-1 ტიპის ანკერულ-კუთხური საყრდენზე განლაგებული კიდურა სადენიდან და ბ) საყრდენიდან დაშორებულ P წერტილში A ფაზის ელექტრული ველის დამაბულობის გავლენის გაანგარიშების შემთხვევა .....	83

<b>ნახ.3.6.</b> საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის მაგნიტური ველის დამაბულობის გაანგარიშება საყრდენზე სადენების ჰორიზონტალური განლაგების შემთხვევაში .....	92
<b>ნახ.3.7.</b> 500 კვ ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის მაგნიტური ველის ინდუქციის კიდურა ხაზის გეგმილიდან დაშორებაზე დამოკიდებულების გრაფიკი სადენების ჰორიზონტალური განლაგების დროს .....	94
<b>ნახ.4.1.</b> ელექტრული და მაგნიტური ველის სამკომპონენტისანი საზომი ВЕ-метр-ი, მოდიფიკაციებით «АТ-004» და «503კ» და მართვის ბლოკით «НТМ-Терминал» .....	96
<b>ნახ.4.2.</b> გარდაბნის 220/330/500 კვ ქვესადგურის საერთო ხედი .....	101
<b>ნახ.4.3.</b> საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრომაგნიტური დამაბულობების გაზომვის პროცესი კიდურა ხაზის გეგმილიდან დაშორებაზე .....	103
<b>ნახ.4.4.</b> ელექტრული ველის დამაბულობა ელექტროგადაცემის ხაზის კიდურა ხაზის გეგმილიდან .....	105
<b>ნახ.4.5.</b> მაგნიტური ველის დამაბულობა ელექტროგადაცემის ხაზის კიდურა ხაზის გეგმილიდან .....	105
<b>ნახ.4.6.</b> ელექტრომაგნიტური ველის დამაბულობების გაზომვის პროცესი ხაზის მოხვევის კუთხის ბისექტრისის გასწვრივ .....	106
<b>ნახ.4.7.</b> ელექტრული ველის დამაბულობის დამოკიდებულება საჰაერო ხაზის მოხვევის დროს მოხვევის საყრდენიდან დაშორებაზე მოხვევის კუთხის ბისექტრისის გასწვრივ .....	108
<b>ნახ.4.8.</b> მაგნიტური ველის დამაბულობის დამოკიდებულება საჰაერო ხაზის მოხვევის დროს მოხვევის საყრდენიდან დაშორებაზე მოხვევის კუთხის ბისექტრისის გასწვრივ .....	108
<b>ნახ.4.9.</b> საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრომაგნიტური ველის დამაბულობების გაზომვის პროცესი ხაზის გასწვრივ .....	109
<b>ნახ.4.10.</b> ელექტრული ველის დამაბულობა ელექტროგადაცემის ხაზის ტრასის გასწვრივ .....	110
<b>ნახ.4.11.</b> მაგნიტური ველის დამაბულობა ელექტროგადაცემის ხაზის ტრასის გასწვრივ .....	110

## შესავალი

**სამუშაოს აქტუალობა.** 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 საკმაოდ დროის გასვლის შემდეგ.

ელექტროენერგეტიკის მთავარ 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 მეთოდის დამუშავებისა და შესაბამისად მათი ინტენსიურობის შემცირების ზომების საკითხი.

ფაქტები მოწმობენ, რომ მსხვილი სამრეწველო ქალაქების ჩვეულებრივი დაბალსიხშირული ელექტრომაგნიტური ველის დამაბულობის დონე შეესაბამება ბუნებრივი „მაგნიტური ქარიშხლის“ სიტუაციას [1]. მთელი რიგი ქალაქების ელექტრომაგნიტური დამაბულობა ბუნებრივ დონეს ათასჯერ და მეტად აღემატება.

ელექტრომაგნიტური ველის ნეგატიური ზემოქმედების დარეგისტრირებულ შედეგებს შორისაა ორგანიზმის ძირითადი ფუნქციების დაზიანება, მათ შორის: გულსისლძარღვთა და საჭმლის მომნელებელი სისტემების დაზიანება, ფსიქიური აშლილობის განვითარება, სისხლის გათეთრებას და სხვა [2]. ელექტრომაგნიტური დაბინძურების კავშირი აღინიშნება ავთვისებიანი სიმსივნეების განვითარებასთან და თანდაყოლილი მანკის განვითარების გამოვლენის რისკთან. გარდა ამისა ადამიანის ჯანმრთელობისათვის თვით შედარებით დაბალი სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველის დამაბულობის დონის ნეგატიურ გამოვლინებებს შორის, მეცნიერები ასახელებენ ქცევის დარღვევას, მახსოვრობის დაკარგვას, პარკინსონის დაავადებას, ჩვილი ბავშვების უეცარი სიკვდილის სიმნდრომს [3].

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 [4].

მეცნიერების მიერ სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველის ადამიანის ჯანმრთელობაზე გავლენის გამოკვლევების შესახებ ჩატარებული ანალიზის შედეგად გამოვლენილია, რომ საკითხი ბოლომდე შესწავლილი არ არის, რაც მიუთითებს მოცემული პრობლემის შემდგომი შესწავლის აქტუალობაზე. 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 დისციპლინათაშორის მიდგომებსა და სხვადასხვა დარგის სპეციალისტთა ჩართვას.

ხსენებულ დიაპაზონში დასახლებულ ტერიტორიებზე ელექტრო-მაგნიტური დაბინძურების ერთერთ ძირითად წყაროს წარმოადგენს საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზები.

მშენებლობაში საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრომაგნიტური ველის გავლენისაგან მოსახლეობის დაცვის მიზნით გათვალისწინებულია მთელი რიგი აუცილებელი ღონისძიებები, სახელდობრ:

- სამეურნეო და სხვა საქმიანობის ეკოლოგიური დასაბუთება წინასაპროექტო და საპროექტო დოკუმენტაციაში სამშენებლო ნორმებისა და წესების [5] შესაბამისად;
- მშენებლობისათვის ეკოლოგიური გამოკვლევების ჩატარება ელექტრომაგნიტური გამოსხივების გამოკვლევის გზით, რომლებიც პირველ რიგში უნდა განხორციელდეს ქალაქის მშენებლობის დოკუმენტაციისა და ათვისებულ ტერიტორიაზე საცხოვრებელი სახლების პროექტირებისას წესების კრებულის [5] შესაბამისად. ამ დროს დაფიქსირებული უნდა იქნეს მავნე ზემოქმედების ძირითადი წყაროები, მათი ინტენსივობა, გამოვლენილი უნდა იქნეს დისკომფორტის ის ზონები, რომლებშიც მავნე ფიზიკური ზემოქმედების დონე აღემატება დასაშვებს;
- სანიტარული წესებისა და ნორმების [6] მოთხოვნის შესაბამისად სანიტარულ–დაცვითი ზონების დადგენა და დაცვა;
- ობიექტის მშენებლობისა და რეკონსტრუქციის დროს საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრომაგნიტური ველის გავლენისაგან დაცვის მიზნით საინჟინრო–ტექნიკური მეთოდების

(ყველაზე ხშირად ეკრანირების) გამოყენება.

ამავე დროს საზღვარგარეთის ლიტერატურის მონაცემების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ დაბალი სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველი გავლენას ახდენს ზრდასრული და საბავშვო ასაკის იმ მოსახლეობის ავადმყოფობის დონესა და დინამიკაზე, რომლებიც ცხოვრობენ ელექტროგადამცემი ხაზების სიახლოვეს. მაგალითისათვის მოვიყვანთ ასეთ ფაქტს მესტიის რაიონში სოფელ იდლიანში, 500 კვ საჰაერო ელექტროგადამცემის ხაზი „კავკასიონი“-ს კიდურა სადენის გეგმილიდან 36 მ-ის დაშორებით ცხოვრობს მოქალაქე ავთანდილ კვანჭიანის ოჯახი, რომლის ორი წევრი მამა და შვილი გარდაიცვალნენ სისხლის გათეთრებით. ასევე ჩივილები აქვთ ამ ხაზის გასწვრივ მდებარე ნაკვეთების მქონე ხალხს, რომლებიც ნაკვეთებში მუშაობისას განიცდიან ელექტრომაგნიტური ველის გავლენას.

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

მოცემული სადისერტაციო სამუშაოს აქტუალობა განისაზღვრება სხვადასხვა კლასის ძაბვის საჰაერო ელექტროგადამცემის ხაზის სიახლოვეს თბილისის ტერიტორიებზე ადამიანისა და გარემოს დაცულობის ამალღების ხერხებისა და მონიტორინგის განვითარების საჭიროებით, რასაც არსებითი მნიშვნელობა აქვს თბილისის გარემოს ელექტრომაგნიტური დაბინძურების ნეგატიური ზემოქმედებისაგან ადამიანის დაცვისა და ქალაქის მდგრადი განვითარების უზრუნველყოფისათვის.

**სადისერტაციო სამუშაოს მიზანია** თბილისის შემოგარენში მაღალი ძაბვის საჰაერო ელექტროგადამცემის ხაზების სიახლოვეს ელექტრული და მაგნიტური ველების დამაბულობების დონეების გაზომვა, ანალიზი და

მათი სანიტარულ – ჰიგიენური ნორმების დადგენილ მოთხოვნებთან შესაბამისობის შეფასება.

**კვლევის ამოცანები.** დასმული ამოცანების შესასრულებლად გადაწყვეტილი იქნა შემდეგი ამოცანები:

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 დამაბულებების დონეების ბუნებრივ პირობებში ექსპერიმენტული შემოწმება;
4. საჰაერო ხაზის გეგმილიდან იმ დაშორების განსაზღვრა, რომელზეც მიიღწევა ელექტრული ველის დამაბულობის ზღვრულად დასაშვები მნიშვნელობა;
5. საჰაერო ხაზის გეგმილიდან იმ დაშორების განსაზღვრა, რომელზეც მიიღწევა მაგნიტური ველის დამაბულობის ზღვრულად დასაშვები მნიშვნელობა, ხაზის მაქსიმალური დატვირთვის მუშაობის შემთხვევაში;
6. საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ტრასის მოსახვევში ელექტრომაგნიტური ველის გამოკვლევა;

**კვლევის ობიექტი.** სხვადასხვა კლასის ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის სიახლოვეს ელექტრომაგნიტური მდგომარეობის გამოკვლევა და მისი შესაბამისობა სანიტარულ–ჰიგიენური წესების მოთხოვნებთან.

**კვლევისათვის გამოყენებული მეთოდები.** კვლევის პროცესში გამოყენებული იქნა შემდეგი მეთოდები: წრფივი ელექტრული წრედების

თეორია; ელექტრომაგნიტური ველის თეორია და გაანგარიშების მეთოდები, ეკოლოგიური მონიტორინგის მეთოდები;

**სამუშაოს მეცნიერული სიახლე.** ნაშრომში მიღებულია საჭაერო 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 დამაბულობის დონეებზე, რომელიც სასარგებლო იქნება ხაზის გავლენის ზონებში ელექტრომაგნიტური ველის დამაბულობების დონეების ადამიანის ჯანმრთელობაზე გავლენის შეფასებისათვის.

**პრაქტიკული ღირებულება.** დისერტაციაში მიღებული შედეგები საშუალებას იძლევა შემუშავებული იქნეს კომპლექსური ზომები და რეკომენდაციები ელექტრომაგნიტური თავსებადობისა და ეკოლოგიური უსაფრთხოების უზრუნველყოფის ამოცანების გადასაწყვეტად მაღალი ძაბვის საჭაერო ელექტროგადაცემის ხაზის როგორც პროექტირების, ასევე მოდერნიზაციის დროს.

**სამუშაოს აპრობაცია.** სადისერტაციო სამუშაოს ძირითადი დებულებები გამოქვეყნებულია 5 სამეცნიერო სტატიაში. ასევე, 2019 წელს მოხსენებული იქნა ქ. თბილისის I საერთაშორისო სამეცნიერო – ტექნიკურ კონფერენციაზე „ენერგეტიკის თანამედროვე პრობლემები და მათი გადაწყვეტის გზები“ და საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტში, ელექტროტექნიკისა და ელექტრონიკის დეპარტამენტში პირველ, მეორე და მესამე კოლოქვიუმებზე და წინასწარ დაცვაზე.

# თავი 1. დასახლებულ ტერიტორიებზე ელექტრომაგნიტური დაბინძურების ეკოლოგიური მონიტორინგისა და ელექტრო-მაგნიტური უსაფრთხოების პრობლემების ანალიზი

## 1.1 დასახლებულ ტერიტორიებზე მაღალი ძაბვის ელექტროდანადგარების სიახლოვეს ელექტრომაგნიტური უსაფრთხოების რეგლამენტაციის პრინციპები

სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესის თანამედროვე ეტაპზე შეუძლებელია ენერგეტიკული სისტემა წარმოვიდგინოთ სისტემათშორისი ელექტროგადაცემის ხაზების გარეშე. ისინი წარმოადგენენ ცალკეული ენერგოსისტემის ძირითად დამაკავშირებელ რგოლს და გამოყენება დიდ მანძილებზე ელექტროენერჯის გადამცემ მოწყობილობებად.

საქართველოში ოპერირებს მაღალი ძაბვის 500/330/220/110/35/10/6 კვ ძაბვის გადაცემის ქსელი. საქართველოს ენერგოსისტემა 500 კვ გადაცემის ქსელის საშუალებით უკავშირდება მეზობელი ქვეყნების ენერგოსისტემებს: 500 კილოვოლტიანი მაგისტრალური ელექტროგადაცემის ხაზი „ქართლი 1“ – „ქართლი 2“- „იმერეთი“- „კავკასიონი“ 500 კვ ქვესადგურების „გარდაბანი-500“, „ზესტაფონი- 500“ და „ქსანი-500“-ს გავლით საქართველოს ენერგოსისტემას აკავშირებს რუსეთთან და საქართველოს ჩდილო-დასავლეთით განლაგებულ გენერაციის მსხვილ ობიექტებთან, მათ შორის „ენგურჰესთან“. საქართველოს სახელმწიფო ენერგოსისტემის შვილობილი კომპანია „ენერგოტრანსის“ მიერ აშენებულია 500 კვ მაგისტრალური ელექტროგადაცემის ხაზი „ვარძია“-„ზეკარი“ – „მესხეთი“ 500 კვ ქვესადგურების „გარდაბანი-500“, „ზესტაფონი - 500“ და „ახალციხე-500“ ქვესადგურების გავლით საქართველოს ენერგოსისტემას აკავშირებს თურქეთთან.

500კვ ქვესადგურიდან „გარდაბანი-500“ გადის აზერბაიჯანის ენერგოსისტემასთან დამაკავშირებელი 500 კვ-იანი ელექტროგადაცემის

ხაზი „საქართველო-აზერბაიჯანი“ და 330 კვ-იანი გადაცემის ხაზი „გარდაბანი-330“.

ასევე ფუნქციონირებს ფართო 220კვ გადაცემის ქსელი, რომელიც დაკავშირებულია გენერაციის სხვა ობიექტებთან და მოთხოვნა - მოხმარების ცენტრალურ რეგიონებთან. საქართველოს ენერგოსისტემა რუსეთს, სომხეთსა და თურქეთს 220 კვ გადაცემის ხაზებითაც უკავშირდება. არსებობს იზოლირებული 110 კვ სომხეთთან და რუსეთთან დამაკავშირებელი ელექტროგადაცემის ხაზები.

„საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემისა“ და მისი შვილობილი კომპანიის „ენერგოტრანსის“ ბალანსზე ირიცხება:

500-220-110-35 კვ 130 ერთეული ელექტროგადაცემის ხაზი ჯამური სიგრძით 3221,97 კმ. მათ შორის: 500 კვ ხაზების სიგრძეა 289 კმ; 220 კვ ხაზების სიგრძე-1584,41 კმ, 110 კვ ხაზების სიგრძეა 856,79 კმ; 35 კვ ხაზების სიგრძეა 491,77 კმ.

500-220-110-35 კვ ძაბვის 92 ერთეული ქვესადგური ჯამური დადგმული სიმძლავრით-10212,6 მვა.მათ შორის: 500 კვ ქვესადგური-4 (ჯამური დადგმული სიმძლავრით 5228,2 მვა);

220 კვ ქვესადგური -17 (დადგმული სიმძლავრით-4396,5 მვა); 110 კვ ქვესადგური - 25 (დადგმული სიმძლავრით 421,4 მვა); 35 კვ ქვესადგური - 46 (დადგმული სიმძლავრით-166,5 მვა).[7].

ყოველწლიურად იზრდება ქვესადგურებისა და ელექტროგადაცემის ხაზების რაოდენობა. ელექტროენერგეტიკული დარგის განვითარების მაღალი ტემპებთან დაკავშირებით მაღალი ძაბვის ელექტროდანადგარების გარემოში შეუძლებელია გათვალისწინებული არ იქნეს მოცემული ტიპის ელექტრო-დანადგარების ექსპლუატაციისა და რემონტის ჩამტარებელ პერსონალზე ელექტრული და მაგნიტური ველების მავნე ზემოქმედება. საქართველოში არსებული 330 და 500 კვ ძაბვის ელექტროდანადგარები მიეკუთვნებიან ზემადალი ძაბვის მოწყობილობებს.

ელექტროქსელური ორგანიზაციები, რომლებიც ემსახურებიან 330 კვ ძაბვაზე მეტ ელექტროგადაცემის ხაზებს, ასევე ზემალაღი ძაბვის სხვა მოწყობილობებს გააჩნიათ რამდენიმე სპეციფიკური თავისებურებები. მათ მიეკუთვნებიან [8]:

- ელექტროგადაცემის ხაზების დიდი სიგრძე;
- მომსახურე პერსონალის შედარებით მცირე რაოდენობა;
- წარმოებას აქვს კვანძური სტრუქტურა, რომლებშიც კვანძებს წარმოადგენენ ქვესადგურები, ხოლო დამაკავშირებელ ელემენტებს 330 კვ და ზევით ძაბვის საჰაერო ხაზები;
- მაღალი ძაბვის მოწყობილობები და მისი მომსახურე პერსონალი ძირითადად თავმოყრილია ქვესადგურებში;
- მუშაობა ძირითადად მიმდინარეობს საწარმოო ფართობების ღია პირობებში, რაც ზამთრის პერიოდში მომსახურეობის დროს აკისრებს განსაზღვრულ შეზღუდვებს.

საჰაერო ხაზის ტექნიკური მომსახურეობის სამუშაოები სრულდება ელექტრომონტიორების მიერ. გამონაკლისია კაპიტალური რემონტის შემდეგ საჰაერო ხაზის დათვალიერებისა და შერჩევითი დათვალიერების სამუშაოები, რომელიც სრულდება ინჟინერ-ტექნიკური პერსონალის მიერ. სამუშაოები, რომლებიც დაკავშირებულია საყრდენზე ასვლასთან ტარდება ორ წელიწადში ერთხელ და როგორც წესი ხანგრძლივი არ არის.

პერსონალის შედარებით მცირე რიცხოვნობიდან გამომდინარე, 330 კვ და ზევით ძაბვის ელექტროგადაცემის ხაზების მომსახურეობით დაკავებული მუშაკები გარკვეული მოცულობის სამუშაოების შესასრულებლად იძულებულნი არიან ელექტრომაგნიტური ველის მოქმედების ზონაში იმყოფებოდნენ ხანგრძლივი დროის განმავლობაში, ხშირად 6-8 საათის, ხოლო ზაფხულის პერიოდში 10-12 საათის განმავლობაში კვირაში ხუთი დღე.

ელექტრული ველის დამაბულობა ვექტორული ფიზიკური სიდიდეა, რომელიც ახასიათებს ელექტრულ ველს მოცემულ წერტილში და ტოლია

მოცემულ წერილში მოთავსებულ მუხტზე მოქმედი ძალის ფარდობისა ამ მუხტის სიდიდესთან. მისი მიმართულება ემთხვევა წერტილოვან დადებითად დამუხტულ ნაწილაკზე მოქმედი ძალის მიმართულებას.

დაბალი სიხშირის ელექტრომაგნიტური არაიონიზირებული გამოსხივება უწყვეტად ზრდის თავის ინტენსივობას და ხდება საცხოვრებელი გარემოს დაბინძურების ერთერთ წყაროდ, რომელმაც აქამდე ვერ მიიღო სათანადო ყურადღება მეცნიერებისა და მკვლევარების მხრიდან. არაიონიზირებული გამოსხივების ერთერთი ძირითადი წყაროა მაღალი ძაბვის ელექტროდანადგარები. ამ ელექტროდანადგარების ფართო გავრცელების გამო შეუძლებელია მხედველობაში არ მივიღოთ მათ მიერ შექმნილი მავნე ფაქტორები: სამრეწველო სიხშირის ელექტრული ველი და სამრეწველო სიხშირის მაგნიტური ველი.

დასახლებული ტერიტორიების ელექტრომაგნიტური უსაფრთხოება განპირობებულია ელექტრული და მაგნიტური ველების დამაბულობების დადგენილი ზღვრულად დასაშვები დონეების დაცვით.

ელექტრომაგნიტური უსაფრთხოების დარგში ყოფილ საბჭოთა რესპუბლიკებში მოქმედებს რამდენიმე ათეული ნორმატიული აქტი. მათ რიცხვში:

- გოსტ 12.2.002-84- „შრომის უსაფრთხოების სტანდარტების სისტემა.

სამრეწველო სიხშირის (50 ჰც) ელექტრული ველი. დამაბულობის დასაშვები დონეები და მოთხოვნები სამუშაო ადგილებზე კონტროლის ჩატარებისადმი: [9]

- გოსტი 12.1.045-84 „შრომის უსაფრთხოების სტანდარტების სისტემა.

ელექტროსტატიკური ველი. დამაბულობის დასაშვები დონეები და მოთხოვნები სამუშაო ადგილებზე კონტროლის ჩატარებისადმი“ [10];

სანიტარული-ეპიდემიოლოგიური წესები და ნორმები უფრო დაწვრილებით აკეთებენ ჰიგიენური ნორმების რეგლამენტირებას



დასხივების უფრო კონკრეტულ სიტუაციებში, ასევე პროდუქციის ცალკეული სახეობების მიმართ. თავისი სტრუქტურის მიხედვით მოიცავენ იმავე ძირითად პუნქტებს, რასაც მოიცავენ სახელმწიფო სტანდარტები, მაგრამ წარმოაჩენენ მათ უფრო დაწვრილებით. როგორც წესი, სანიტარულ ნორმებს ელექტრომაგნიტური გარემოების კონტროლისა და დაცვითი ღონისძიების ჩატარებისათვის თან ახლავს მეთოდური მითითებანი.

გოსტებისა და სანიტარულ-ეპიდემიოლოგიური წესებისა და ნორმების მოთხოვნების ნაწილში კონტროლის ჩატარების შესახებ ჩაწერილია, რომ ელექტრული ველის დონის კონტროლი ხორციელდება ელექტრული ველის დამაბულობის მნიშვნელობით (E-ვ/მ), ხოლო მაგნიტური ველის დონის კონტროლი ხორციელდება მაგნიტური ველი დამაბულობის მნიშვნელობით (H-ა/მ) ან მაგნიტური ინდუქციის მნიშვნელობით (B - ტესლა). ტალღების ფორმირების ზონაში კონტროლი ხორციელდება ენერჯის ნაკადის სიმკვრივით - ვტ/მ<sup>2</sup> ).

ამასთანავე დღეისათვის ელექტრომაგნიტური უსაფრთხოების შესახებ მოქმედი მრავალი გოსტი და სხვა ნორმატივები გამოშვებულია 20 წელზე მეტი წლის წინათ და თანამედროვე ენერგოტევადი წარმოებისა და ტექნიკის ინტენსიური განვითარების, როგორც წარმოებაში, ასევე ყოფაცხოვრებაში მომხმარებელთა დანადგარების გაზრდის პირობებში უნდა იქნეს გადახედილი.

საჭაერო ელექტროგადაცემის ხაზის სიახლოვეს დასახლებული ტერიტორიების ელექტრომაგნიტური უსაფრთხოების დარგში ძირითად ნორმატიულ დოკუმენტებს წარმოადგენენ:

1. СанПиН 2971-84 „ცვლადი დენის სამრეწველო სიხშირის საჭაერო ელექტროგადაცემის ხაზის მიერ შექმნილი ელექტრული ველის ზემოქმედებისაგან მოსახლეობის დაცვის სანიტარული ნორმები და წესები“[11];
2. МУ 4109-86 „ მეთოდური მითითებები ელექტროგადაცემის მაღალი ძაბვის საჭაერო ხაზების ელექტრომაგნიტური ველის

განსაზღვრის შესახებ და ჰიგიენური მოთხოვნები მათი განლაგების მიმართ“ [12];

3. ГН 2.1.8/2.2.4. 2262-07 „50 ჰც სიხშირის მაგნიტური ველის ზღვრულად დასაშვები დონეები საცხოვრებელ, საზოგადოებრივ შენობებსა და დასახლებულ ტერიტორიებზე“[13].

ზემოთ მოყვანილი სანიტარულ-ეპიდემიოლოგიური წესები და ნორმები [11] შეიცავს მოსახლეობის ელექტრული ველის ზემოქმედებისაგან დაცვის ძირითად მოთხოვნებს, რომელიც შექმნილია ცვლადი დენის სამრეწველო სიხშირის 330 კვ და ზევით ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის მიერ და ამ ხაზის განლაგების მიმართ დასახლებული პუნქტების სიახლოვეს, ხოლო 220 კვ და ქვევით ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრული ველის ზემოქმედებისგან დაცვა, თუ იგი აკმაყოფილებს ელექტროდანადგარების მოწყობის წესებისა და მაღალი ძაბვის ელექტრული ქსელების დაცვის წესების მოთხოვნებს, არ მოითხოვება.

სანიტარულ ნორმებსა და წესებში ტერმინი "მოსახლეობა" მოიცავს პირებს, რომლებიც ცხოვრობენ, მუშაობენ ან დროებით იმყოფებიან ელექტროგადაცემის ხაზის სიახლოვეს. არსებული ნორმატიული დოკუმენტებით რეგლამენტირებულია ელექტრული ველის დამაბულობის დასაშვები დონე და ამ ველში ადამიანის ყოფნის დასაშვები ხანგრძლივობა. ღია გამანაწილებელი მოწყობილობების, მთავარი დამწვევი ქვესადგურებისა და მაღალი ძაბვის ელექტროგადაცემის ხაზების ქვეშ აქვთ სხვადასხვაგვარი მნიშვნელობები [8,14,15,16] და შეიძლება გარემოს პარამეტრებზე დამოკიდებულების მიხედვით იცვლებოდნენ მნიშვნელოვან საზღვრებში [8,17], რომლის პროგნოზით რამდენიმე ათეული წელია დაკავებულნი არიან მეტროლოგიური სამსახურები და დღემდე მათი პროგნოზები ისეთი ზუსტი არარის როგორც საჭიროა. ამიტომ მაღალი ძაბვის ელექტროდანადგარების ელექტრომაგნიტური ველის ნეგატიური ზემოქმედებისა და შეფასების ამოცანა დღევანდლამდე გადაუწყვეტელია.

სანიტარული ნორმები და წესები დაცული უნდა იქნეს:

- პროექტირების, ნაგებობებისა და შენობების ექსპლუატაციისა და ელექტროგადაცემის ხაზის სიახლოვეს ადამიანების ორგანიზებული ყოფნის ზონაში;
- ელექტროგადაცემი ხაზის ექსპლუატაციის დროს;
- ელექტროგადაცემის ხაზის სიახლოვეს მუშაობის დროს.

პასუხისმგებლობა სანიტარული ნორმებისა და წესების დაცვაზე ეკისრება შესაბამისი ორგანიზაციის ხელმძღვანელს.

ელექტრული ველის დამაბულობის ზღვრულად დასაშვებ დონედ მიღებულია შემდეგი მნიშვნელობები:

- შენობის შიგნით-0,5 კვ/მ;
- საცხოვრებელი სახლების ტერიტორიის ზონაში -1 კვ/მ;
- დასახლებულ ადგილებში საცხოვრებელი სახლების ტერიტორიის ზონის გარეთ, ასევე ბოსტნებისა და ბაღების ტერიტორიაზე - 5 კვ/მ;
- I-IV კატეგორიის საავტომობილო გზების გადაკვეთის ადგილებში-10 კვ/მ;
- დაუსახლებელ ადგილებში, სადაც ხშირად იმყოფებიან ადამიანები და ტრანსპორტისათვის მისადგომ ადგილებში- 15 კვ/მ;
- ძნელად მისდგომ ადგილებში-20 კვ/მ [11]

თუ ელექტრული ველის დამაბულობა აღემატება 1 კვ/მ, მაშინ მიღებული უნდა იქნეს ზომები რომ გამოირიცხოს მისი ადამიანზე ზემოქმედება. აქედან გამომდინარეობს, რომ სანიტარულ-ეპიდემიოლოგიური წესები და ნორმების [11] მოთხოვნები არასრულყოფილია, რადგან 220 კვ და ქვევით ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრული ველის დამაბულობა მიწის ზედაპირზე აღემატება 1კვ/მ-ს. [18] ნაშრომში მოცემულია, რომ თუ 220 კვ ძაბვის ხაზი იმყოფება მიწიდან 25 მეტრ სიმაღლეზე, მაშინ ველის დამაბულობა ხაზის ქვეშ მიწის ზედაპირზე 7,65 კვ/მ-ია, რაც აღემატება 1კვ/მ-ს. ელექტრული ველის დამაბულობა განისაზღვრება 1,8 მ სიმაღლეზე

220 კვ ძაბვის შემთხვევაში ელექტრული ველის დამაბულობა ხაზის ქვეშ შეადგენს 8,15 კვ/მ-ს.

დასახლებული ტერიტორიების ელექტრომაგნიტური უსაფრთხოების უზრუნველყოფისათვის, მოსახლეობის ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრული ველის ზემოქმედებისაგან დაცვის მიზნით დადგენილია სანიტარულ -დაცვითი ზონები.

ელექტროგადაცემის ხაზის სანიტარულ - დაცვითი ზონა არის ტერიტორია ელექტროგადაცემის ხაზის გასწვრივ ორივე მხარეს, რომელშიც ელექტრული ველის დამაბულობა აღემატება 1 კვ/მ [11].

ცხრილი 1.1-ში მოცემულია დაცვითი ზონა 330 და მეტი კვ ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზებისათვის, ხოლო 330 კვ- ზე ნაკლები ძაბვისათვის მოცემული არ არის.

**ცხრილი 1.1. საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზების დაცვითი ზონები**

ძაბვა, კვ	დაცვითი ზონა, მ
330	20
500	30
750	40

როგორც ცხრილი 1.1 -დან ჩანს 750-1150 კვ ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის დაცვითი ზონა არის შესაბამისად 40 და 55 მ, ხოლო [5]-ს მოთხოვნის შესაბამისად დასახლებული პუნქტის საზღვრიდან საპროექტო ელექტროგადაცემის ხაზის ღერძამდე დაშორება უნდა იყოს შესაბამისად 250-300 მ, ანუ ნორმატიული დოკუმენტების მოთხოვნები ერთმანეთისაგან დიდად განსხვავებულია.

მთელ რიგ ნაშრომებში [19,20,21,22] მოცემულია საზღვარგარეთ ზემადალი ძაბვის საჰაერო ხაზების სიახლოვეს ელექტრული ველის დამაბულობის გაანგარიშების შედეგები, ხოლო ლიტერატურაში [14,23,24,25] მოცემულია საზღვარგარეთ ზემადალი ძაბვის საჰაერო ხაზების სიახლოვეს ელექტრული ველის დამაბულობის გაზომვის შედეგები.

ნაშრომი [25]-ს მონაცემებით ლენინგრადის ოლქის მთელ რიგ საჰაერო ხაზებში ПЗ-1 ხელსაწყოთი დედამიწის ზედაპირიდან 1,3 მ სიმაღლეზე დარეგისტრირებულია ელექტრული ველის დამაბულობის მნიშვნელობები, რომლებიც მოყვანილია ცხრილი 1.2-ში.

**ცხრილი 1.2. ზემოდალი ძაბვის საჰაერო ხაზების ელექტრული ველის დამაბულობის (E) მნიშვნელობები, კვ/მ**

საჰაერო ხაზზე გაზომვის ადგილი	საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის კლასი	
	330 კვ	500 კვ
კიდურა ფაზის ქვეშ მალის შუაში	6	14
საყრდენიდან 1 მ-ის დაშორებით	1	2
საჰაერო ხაზის საყრდენზე კიდურა სადენის დონეზე	30	40
მალის შუაში	10	15

სხვა მონაცემების [16] მიხედვით ელექტრული და მაგნიტური ველის დამაბულობების მნიშვნელობები წარმოდგენილია ცხრილი 1.3-ში.

**ცხრილი 1.3. ზემოდალი ძაბვის საჰაერო ხაზების ელექტრომაგნიტური ველის მახასიათებლები**

საჰაერო ხაზზე გაზომვის ადგილი	330 კვ		500 კვ	
	E, კვ/მ	H, ა/მ	E, კვ/მ	H, ა/მ
კიდურა ფაზის ქვეშ მალის შუაში	6	21	14	23
საყრდენიდან 1 მ-ის დაშორებით	1	9	2	11
საჰაერო ხაზის საყრდენზე კიდურა სადენის დონეზე	30	125	40	145
მალის შუაში	10	100	15	50

ცხრილი 1.4-ში მოყვანილია ნაშრომი [14]-ის ავტორების მიერ მიღებული ელექტრული ველის დამაბულობის მნიშვნელობები 330 და 500

კვ საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზისათვის, რომლებიც მიღებულია ИНЕП-50 და ИЭМП-2 ხელსაწყოების დახმარებით. გაზომვები ჩატარებულია დედამიწის ზედაპირიდან 1,5-1,8 მ სიმაღლეზე.

ცხრილი 1.4. ელექტრული ველის დამაბულობის მნიშვნელობა (კვ/მ) დედამიწაზე კიდურა ხაზის პროექციიდან დაშორებაზე

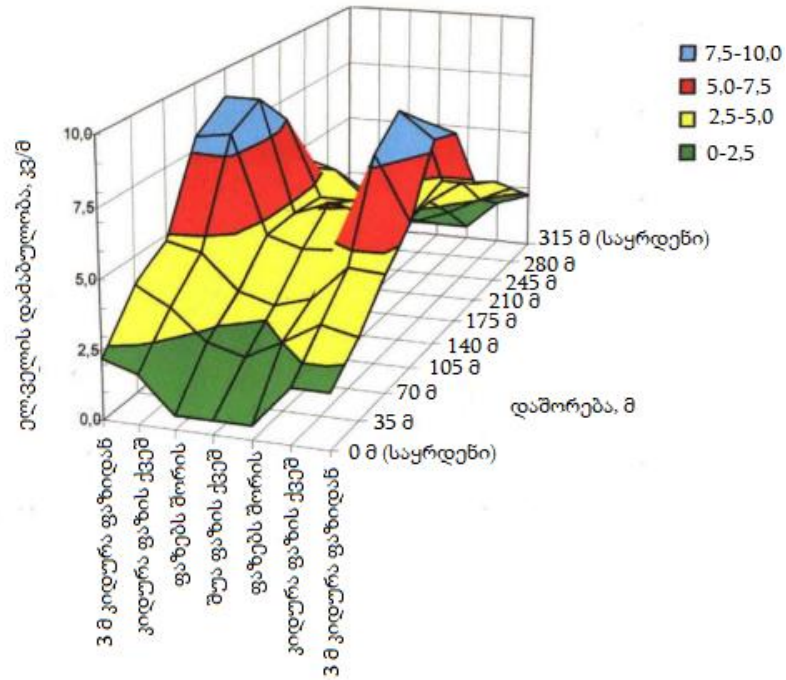
დაშორება კიდურა ხაზის პროექციიდან, მ	საჰაერო ელგადაცემის ხაზის ძაბვა, კვ	
	330	500
0	3,5÷5,0	7,6÷8,0
10	1,5÷3,2	4,0÷4,5
20	0,75÷1,2	0,9÷1,5
30	0,35÷0,60	0,60÷0,65
40	0,15÷0,3	0,25÷0,3
50	<0,10	0,1÷0,12
60	<0,10	<0,10

ნაშრომი [14]-ის თანახმად მაქსიმალური მნიშვნელობები 330 კვ ელექტროგადაცემის ხაზისათვის შეადგენს 3,5...5,0 კვ/მ, ხოლო 500 კვ ხაზისათვის - 7,6...8.0კვ.

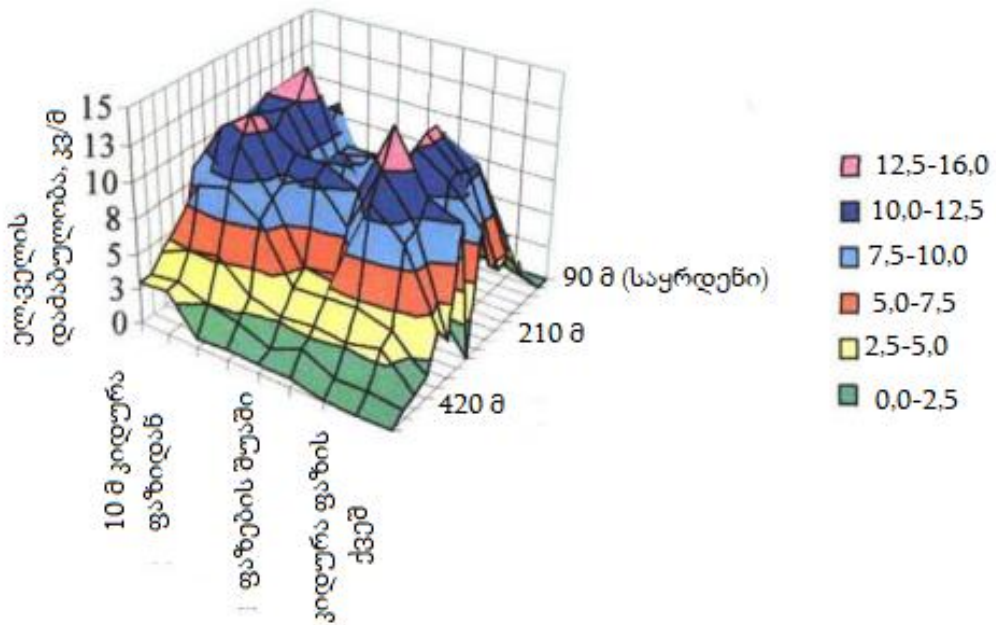
აღსანიშნავია, რომ მიუხედავად საკმაოდ დიდი რაოდენობის პუბლიკაციებისა ელექტრული და მაგნიტური ველების კვლევის შედეგებისა, გაზომვები არ ატარებენ „მასიურ“ ხასიათს: გაზომვები ხორციელდება მხოლოდ ყველაზე უფრო მახასიათებელ ადგილებში (საყრდენების სიახლოვეს, კიდურა ფაზის ქვეშ, სადენის უდიდესი ჩამოკიდების ქვეშ და სხვა).

პირველად მასიური გაზომვები ჩატარებული იქნა სამხრეთ-ურალის უნივერსიტეტის „სიცოცხლის უსაფრთხოების“ კათედრის თანამშრომელთა მიერ. ამ გაზომვების მთელი რიგი შედეგები მოყვანილია ნაშრომში [8].

ნახ.1.1-ზე და ნახ.1.2-ზე წარმოდგენილია ელექტრული ველის დამაბულობის დამოკიდებულება საყრდენიდან და კიდურა სადენის მიწაზე პროექციამდე ადგილის სხვადასხვა რელიეფზე დამოკიდებულებით [8].

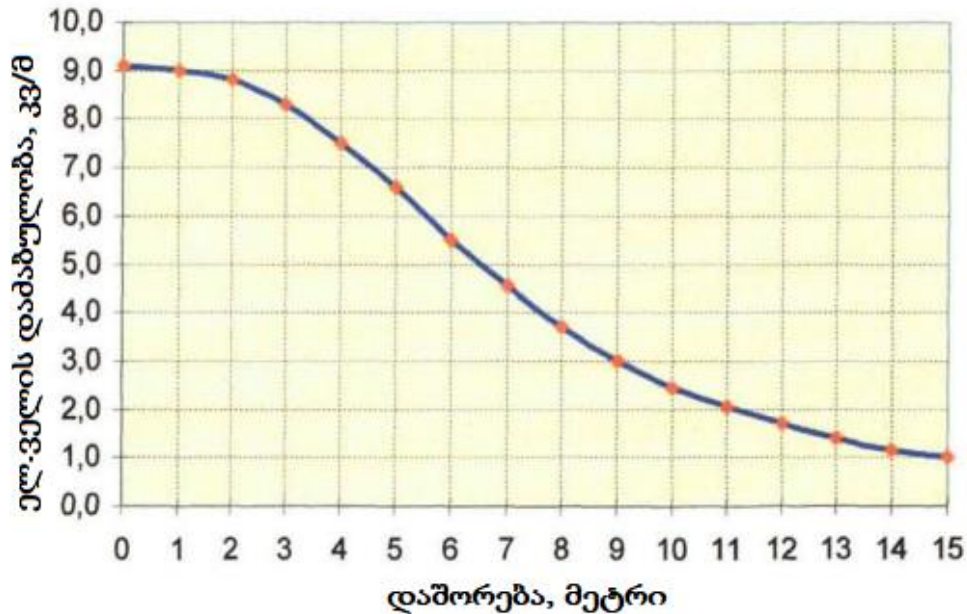


ნახ.1.1. ელექტრული ველის განაწილების სურათი მალის ქვეშ სწორ რელიეფზე



ნახ.1.2. ელექტრული ველის განაწილების სურათი მალის ქვეშ ხაზის მთაზე ასვლისას

ნაშრომში [8] ასევე მიღებული იქნა მონაცემები საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის კიდურა ფაზის პროექტიდან ელექტრული ველის დაძაბულობის ცვლილების შესახებ. შედეგები წარმოდგენილია ნახ.1.3-ზე.



ნახ.1.3. ელექტრული ველის დაძაბულობის ცვლილების გრაფიკი 500 კვ საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის კიდურა ხაზის პროექტიდან

როგორც ნახ.1.3-დან ჩანს ელექტრული ველის დაძაბულობა დასაშვებ 5კვ/მ-ზე აღწევს კიდურა ხაზის პროექტიდან 6,5 მ დაშორებით. ამასთან დაკავშირებით [23] საჰაერო ხაზის სახაზო პერსონალს რეკომენდაციას აძლევს ხაზის დათვალიერების დროს იმყოფებოდნენ კიდურა ხაზის პროექტიდან არანაკლებ 7 მ-ის დაშორებით.

ნაშრომი [25]-ის მონაცემებით ცხრილი 1.5-ში მოყვანილია ელექტრული ველის დაძაბულობის გაზომვის შედეგები 220, 330, 500 კვ ძაბვის ქვესადგურებსა და საჰაერო ხაზის ქვეშ. გაზომვები ჩატარებული იქნა მიწიდან 1,8 მ სიმაღლეზე ПЗ-1 ტიპის ხელსაწყოთი.

ახლო წარსულში გავრცელება ჰპოვა ელექტრომაგნიტური ველის ჰიგიენური ნორმატივის კიდევ ერთმა პრინციპმა- სამრეწველო სიხშირის მაგნიტურმა ველმა [11]. მსგავსი გაზომვები სამრეწველო სიხშირის მაგნიტური ველებისათვის ელექტროგადაცემის ხაზის სიახლოვესა და



ქვესადგურის ტერიტორიაზე „სიცოცხლის უსაფრთხოების“ კათედრის მიერ არ ჩატარებულა.

ცხრილი 1.5. 220,330 და 500 კვ ძაბვის ქვესადგურებში ელექტრული ველის დამაბულობის გაზომვის შედეგები, კვ/მ

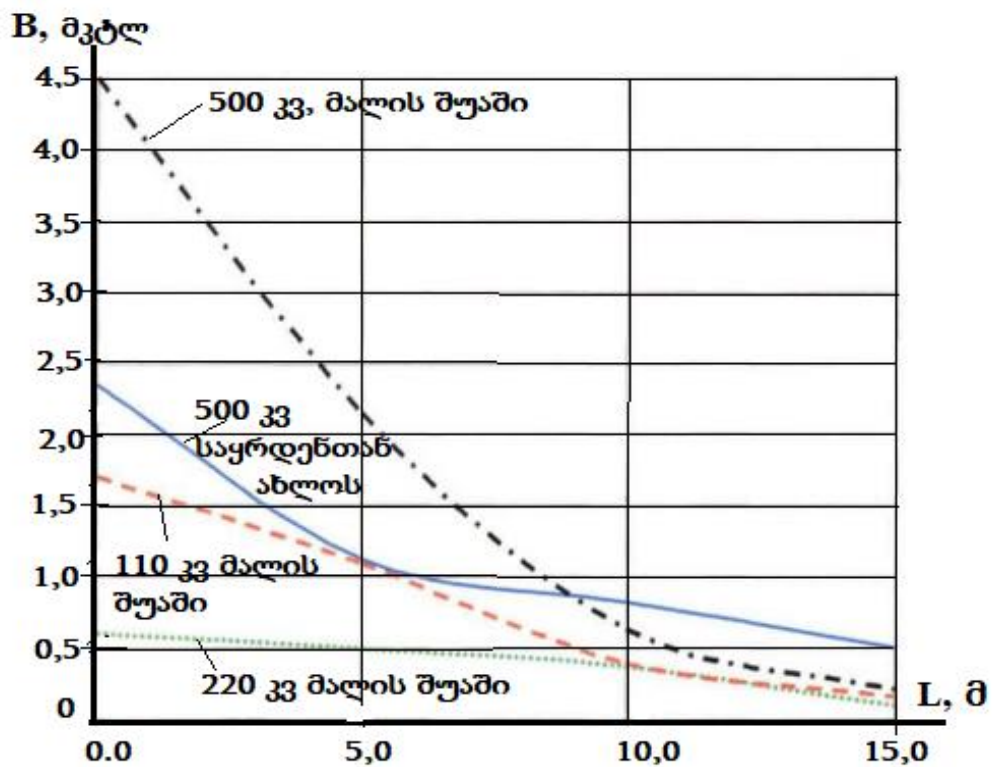
ღია გამანაწილებელ მოწყობილობაში გაზომვის ადგილი	ქვესადგურის კლასი		
	220	330	500
1,5 მ მაღალი ძაბვის ამომრთველოდან	3	7	24
განმამხოლოებლის ქვეშ	7	10	25
1,5 მ დენის ტრანსფორმატორიდან	4	12	22
1 მ განმმუხტველიდან	4	5	24
0,5 მ მართვის კარადიდან	3	10	21
გზებზე	2	4	20
კაბელის არხის თავზე	3	6	23
1 მ ძაბვის ტრანსფორმატორიდან	6	8	20
<b>საკაერო ხაზზე გაზომვის ადგილები</b>			
კიდურა ფაზის ქვეშ მალის შუაში	4	6	14
1 მ საკაერო ხაზის საყრდენიდან დამორებაზე	0,5	1	2
საყრდენზე კიდურა სადენის დონეზე	25	30	40
საყრდენის შუაში	6	10	15

წინათ მიაჩნდათ, რომ ადამიანის ჯანმრთელობაზე გავლენას ახდენს მხოლოდ ელექტრული ველი, მაგრამ დღეისათვის არავისთვის საიდუმლოებას არ წარმოადგენს ის, რომ ადამიანის ჯანმრთელობისათვის მაგნიტური ველი უფრო საშიში აღმოჩნდა, ვიდრე ელექტრული ველი. მაგნიტური ველის დამაბულობის სიდიდე დამოკიდებულია ხაზში გამავალ დენზე.

სამრეწველო სიხშირის მაგნიტური ველის ადამიანის ჯანმრთელობაზე გავლენის შესახებ ფორმულირებული იყო 1996 წელს შვეციაში, სადაც გამოსხივებისაგან დაცვის ეროვნული ინსტიტუტის, ელექტროუსაფრთხოების ეროვნული საბჭოს, მოსახლეობის ჯანმრთელობისა და სოციალური უზრუნველყოფის საბჭოს, მშენებლობისა

და დაგეგმვის ეროვნული საბჭოს მიერ დამუშავებული იქნა ერთობლივი დოკუმენტი ADI 478 „სამრეწველო სიხშირის მაგნიტური ველის ბიოლოგიური მოქმედების ხარისხის შესახებ“, რომელმაც 2001 წლის ოქტომბერში ასახვა ჰპოვა ჯანდაცვის საყოველთაო ორგანიზაციის საინფორმაციო მოამბეში «Electromagnetic fields and public health. Extremely low frequency fields and cancer», რომელიც აფრთხილებს მოსახლეობას სამრეწველო სიხშირის მაგნიტური ველის უკიდურესად დაბალინტენსიური შესაძლო კანცეროგენურობის შესახებ და იძლევა რეკომენდაციას ყველა შესაძლო საშუალებით შეზღუდოს სამრეწველო სიხშირის მაგნიტური ველის ზემოქმედება ადამიანის ორგანიზმზე.[26].

საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის სამრეწველო სიხშირის მაგნიტური ველის ინტენსიურობის დედამიწიდან 1,8 მ სიმაღლეზე განაწილების გაზომვები ჩატარებული იქნა ელექტრომაგნიტური უსაფრთხოების ცენტრის მიერ. შედეგები მოყვანილია ნახ.1.4-ზე.



ნახ.1.4. საჰაერო ხაზის მიერ შექმნილი სამრეწველო სიხშირის მაგნიტური ველის ინტენსიურობის განაწილების გრაფიკი კიდურა ხაზის პროექციიდან დაშორებაზე

ასევე ელექტრომაგნიტური უსაფრთხოების ცენტრის მიერ ჩატარებული იქნა კვლევები სხვადასხვა ძაბვის კლასის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის მიერ შექმნილი სამრეწველო სიხშირის მაგნიტური ველის ინტენსიურობის მნიშვნელობის შესახებ. კვლევის შედეგები მოყვანილია ცხრილი 1.6-ში.

**ცხრილი 1.6. სხვადასხვა ძაბვის კლასის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის მიერ შექმნილი სამრეწველო სიხშირის მაგნიტური ველის დამაბულობის მნიშვნელობები**

საჰაერო ხაზის ძაბვის კლასი, კვ	მაგნიტური ველის დამაბულობა, ა/მ	მაგნიტური ველის დამაბულობა, მკტლ
6-35	0,1-2	0,125-2,5
110	0,1-5	0,125-6,25
200	1-10	1,25-12,5

ნაშრომის [16] მონაცემების მიხედვით ელექტრული და მაგნიტური ველის დამაბულობების მნიშვნელობები წარმოდგენილია ცხრილი 1.7-ში.

**ცხრილი 1.7. ზემაღალი ძაბვის საჰაერო ხაზების ელექტრომაგნიტური ველის მახასიათებლები**

საჰაერო ხაზზე გაზომვის ადგილი	330 კვ		500 კვ	
	E, კვ/მ	H, ა/მ	E, კვ/მ	H, ა/მ
კიდურა ფაზის ქვეშ მალის შუაში	6	21	14	23
საყრდენიდან 1 მ-ის დაშორებით	1	9	2	11
საჰაერო ხაზის საყრდენზე კიდურა სადენის დონეზე	30	125	40	145
მალის შუაში	10	100	15	50

**ცხრილი 1.8. მაგნიტური ველის დამაბულობის ზღვრულად დასაშვები მნიშვნელობები**

# რიგზე	ზემოქმედების ტიპი, ტერიტორია	50 ჰც სიხშირის მაგნიტური ველის ინტენსივობა, მკტლ (ა/მ)
1	საცხოვრებელ შენობებში, საბავშვო, სკოლამდელ, სასკოლო, ზოგადსაგანმანათ-ლებლო და სამედიცინოდა წესებულებებში	5(4)
2	საცხოვრებელი სახლების არასაცხოვრებელ სათავსოებში, საზოგადოებრივ და ადმინისტრაციულ შენობებში, დასახლებულ ტერიტორიებზე,	10(8)
3	დასახლებულ ადგილებში საცხოვრებელი შენობების ზონის გარეთ, მათ რიცხვში 1 კვ-ზე მაღალი ძაბვის საჰაერო და საკაბელო ხაზების ზონაში;	20(16)
4	დაუსახლებელ და ძნელად მისაღწევ ადამიანის ეპიზოდური ყოფნის ადგილებში	100 (80)

ყოფილ საბჭოთა რესპუბლიკებში ელექტროგადაცემის ხაზის მაგნიტური ველის დამაბულობა გასული საუკუნის 90-იან წლებამდე გამოუკვლეველი იყო და მხოლოდ 2008 წელს იქნა მიღებული ნორმატიული დოკუმენტი, რომლის ზღვრულად დასაშვები მნიშვნელობები მოცემულია ცხრილი 1.8-ში [13].

ამასთანავე მოსახლეობის მასიური ეპიდემიოლოგიური გამოკვლევების საფუძველზე, რომლებიც ცხოვრობდნენ ელექტროგადაცემის ხაზის მაგნიტური ველებით ისეთი ხანგრძლივი დასხივების პირობებში, რომელიც არ იწვევს ონკოლოგიურ დაავადებებს ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად მივიდნენ შვედი და ამერიკელი მეცნიერები, რომელთა მიერ მაგნიტური ველის დამაბულობის უსაფრთხო დასხივების სიდიდედ მიღებულია 0,2-0,3 მკტლ [27].

როგორც ცხრილი 1.2-დან ჩანს, რუსეთში მიღებული სამრეწველო სიხშირის მაგნიტური ველის ზღვრულად დასაშვები მნიშვნელობის სიდიდე

25-ჯერ და მეტჯერ აღმატება შვედი და ამერიკელი მეცნიერების მიერ რეკომენდირებულ დონეს, რომელიც არ იწვევს ონკოლოგიურ დაავადებებს.

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 [28].

ამგვარად, მაღალი ძაბვის ელექტროდინამიკის სიახლოვეს ელექტრული და მაგნიტური ველების დამაბულობების განაწილების სრული სურათი მკვლევარების მიერ მიღებული ვერ იქნა. ღია გამანაწილებელი მოწყობილობის ტერიტორიაზე და ელექტროგადაცემის ხაზის ქვეშ ელექტრული და მაგნიტური ველების განაწილების შესახებ უტყუარი და სრული მონაცემების მისაღებად საჭიროა ბოლომდე დამუშავებული იქნას სამრეწველო სიხშირის ელექტრული ველის დამაბულობის განაწილების კვლევის მეთოდიკა და თანამედროვე ნორმატიული დოკუმენტების [9, 29] მოთხოვნის შესაბამისად დამუშავებული იქნას მაღალი ძაბვის ელექტროდინამიკის სიახლოვეს სამრეწველო სიხშირის მაგნიტური ველის დამაბულობის კვლევის მეთოდიკა.

სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველის ადამიანის ჯანმრთელობაზე გავლენის გამოკვლევების შესახებ ჩატარებული ანალიზის შედეგად გამოვლენილია, რომ საკითხი ბოლომდე შესწავლილი არ არის, რაც მოწმობს მოცემული პრობლემის შემდგომი შესწავლის აქტუალობაზე. მიზანშეწონილია სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტურ ველის

ნეგატიური ზემოქმედების გამოკვლევის ჩატარება ელექტროგადაცემის ხაზის ძაბვის დონის მიხედვით.

გარემოს ელექტრომაგნიტური დაბინძურების პრობლემის გადაწყვეტა წარმოადგენს კომპლექსურ ამოცანას, რომლებიც ეხება სხვადასხვა დარგისა და უწყების სოციალურ და ეკონომიურ ინტერესებს და მოითხოვს დისციპლინათაშორის მიდგომებსა და სხვადასხვა დარგის სპეციალისტების ჩართვას. [30]

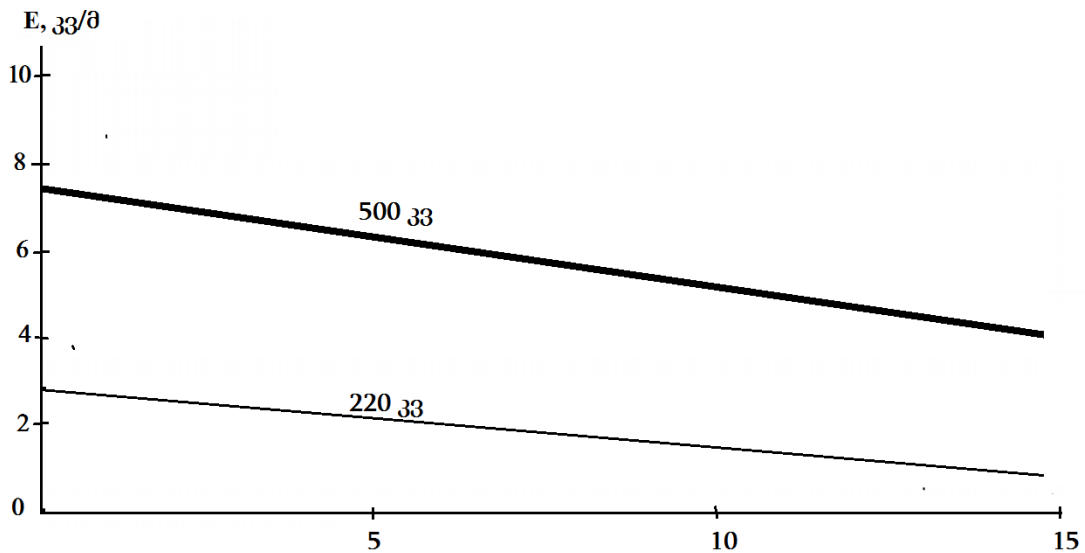
## 1.2. ელექტროგადაცემის ხაზის სიახლოვეს ელექტრომაგნიტური ველის ეკოლოგიური მონიტორინგის შესახებ სამუშაოების ანალიზი

გასული საუკუნის 70-იანი წლებიდან ელექტრომაგნიტური ველის გამომსხივებელი ტექნიკური საშუალებების ელექტრომაგნიტური მონიტორინგის პრობლემები ძალიან აქტუალური გახდა.

1978 წელს პ.ვ. აკინდინოვის მიერ ჩატარებული იქნა ექსპერიმენტი საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრომაგნიტური ველის დონის გამოკვლევების შესახებ. მან განახორციელა 110 კვ ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის პროექციიდან სხვადასხვა დაშორებაზე ელექტრული ველის დამაბულობის გაზომვა. ავტორმა აჩვენა, რომ საჰაერო ხაზიდან დაშორების ზრდასთან ერთად ელექტრული ველის დამაბულობა მცირდება. მაგნიტური ველის დამაბულობა გამოკვლეული არ იყო [31].

1981 წელს ე.ა.ვასილიევის მიერ გაზომილი იქნა ელექტრული ველის დამაბულობა 110, 330, 500 და 750 კვ ძაბვის ელექტროგადაცემის ხაზიდან სხვადასხვა დაშორებაზე და ექსპერიმენტულად დაადგინა, რომ საჰაერო ხაზის ძაბვის ზრდასთან ერთად იზრდება ელექტრული ველის დამაბულობა [32].

1900 წელს მ.გ.შანდალამ, ი.დ.დუმანსკიმ და დ.ს.ივანოვმა მათ მიერ ჩატარებული ანალიზის საფუძველზე შეადგინეს 220 და 500 კვ საჰაერო ხაზის ცვლადი ელექტრული ველის დამაბულობის დედამიწის ზედაპირიდან 1,8 მ სიმაღლეზე განაწილების გრაფიკი (ნახ.1.5) [33].



ნახ. 1.5. საჰაერო ხაზის ელექტრული ველის დამაბულობის დონის გრაფიკი დედამიწის ზედაპირიდან 1,8 მ სიმაღლეზე (მ.გ. შანდალას მიხედვით, 1990 წ)

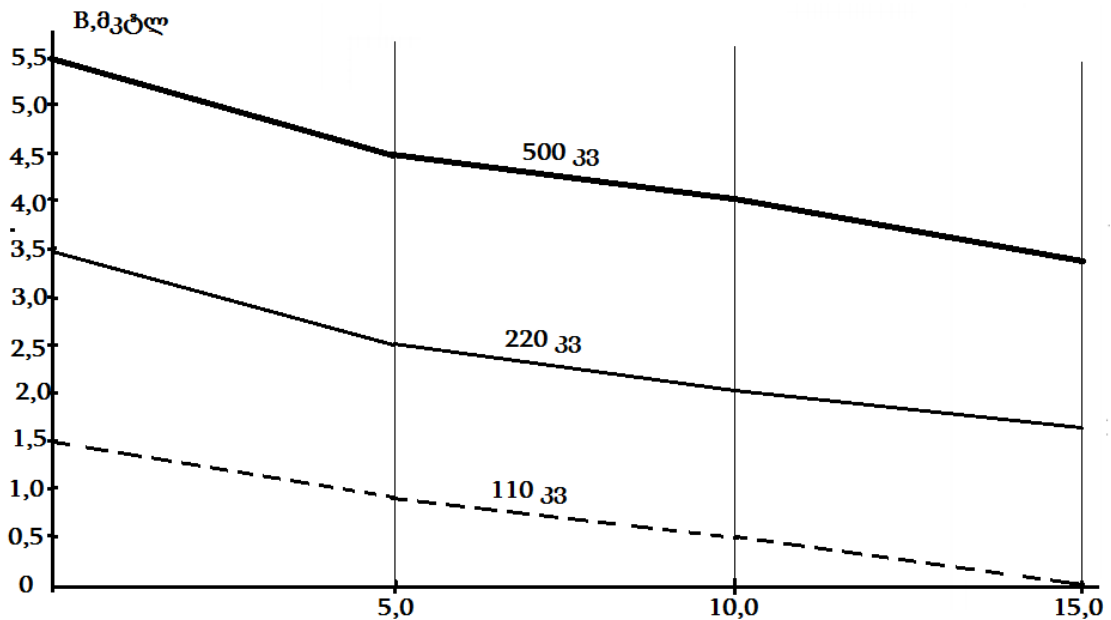
ავტორებმა გვიჩვენეს, რომ სანიტარული დაცვის ზონაში ელექტრული ველის დამაბულობის დონე რამდენჯერმე აღემატება მოსახლეობისათვის ზღვრულად დასაშვებ დონეს  $-0,5$  კვ/მ  $-$ ს. ამასთანავე სხვადასხვა ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზიდან რა დამორებაზე მიიღწევა მოსახლეობისათვის ზღვრულად დასაშვები მნიშვნელობა ექსპერიმენტის მსვლელობისას განსაზღვრული არ იყო.

1992 წელს ელექტრომაგნიტური ცენტრის თანამშრომლების მიერ გაზომილი იქნა სხვადასხვა ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის მაგნიტური ველის დამაბულობის დონე და აგებული იქნა განაწილების ტიპური გრაფიკი (ნახ.1.6) [34].

ყოფილ საბჭოთა რესპუბლიკებში გასული საუკუნის 90-იან წლებამდე საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის მაგნიტური ველის დამაბულობა გამოკვლეული არ იყო.

2007 წელს ი.მ. სტეპანოვის მიერ საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ტრასების მიხედვით დამუშავებული იქნა ელექტრული და მაგნიტური ველის გაანგარიშების ანალიზური მეთოდი. დამუშავებული მეთოდის საფუძველზე ავტორმა აწარმოა ელექტრული და მაგნიტური ველების

განგარიშება საჰაერო ხაზის კიდურა სადენის პროექციიდან 10 და 30 მეტრის დაშორებით. [35]



ნახ.1.6. საჰაერო ხაზის მაგნიტური ველის დაძაბულობის დონის გრაფიკი (ელექტრომაგნიტური ცენტრის, 1992 წ.)

ი.მ. სტეპანოვის მიერ შემოთავაზებულია მაგნიტური ველის დაძაბულობის განგარიშება ვაწარმოთ თითოეულ  $i$ -ურ სადენში აღძრული დენის მიერ, ამ სადენიდან  $y_i$  დაშორებით,  $z$  კოორდინატის წერტილში, სადენის დედამიწიდან ჩამოკიდების  $h_i$  სიმაღლეზე ფორმულით [36]:

$$H_i = \frac{I}{2\pi\sqrt{(h_i-z)^2+y_i^2}} e^{j\arctg\varphi} \quad (1.2)$$

სადაც:  $I$  - არის  $i$ -ურ სადენში აღძრული დენი, ა;

$z$  - დედამიწის ზდაპირიდან საანგარიშო დაშორების მნიშვნელობა, მ;

$y_i$  -  $i$ -ური სადენის დაშორებაა ხაზის ღერძიდან, მ;

$h_i$  -  $i$ -ური სადენის დედამიწის ზედაპირიდან ჩამოკიდების სიმაღლეა, მ.

$i$ -ური სადენის მუხტის მიერ განპირობებული ელექტრული ველის დაძაბულობის განგარიშებისათვის ავტორის მიერ შემოთავაზებული იქნა შემდეგი გამოსახულება[37]:



$$E_i = \frac{\tau_i h_i}{\pi \varepsilon_0} \frac{\exp\left(\frac{-i \arctg(y_i^2 + h_i^2 - z^2)}{2y_1 z}\right)}{\sqrt{(y_i^2 + h_i^2 - z^2)^2 + 4y_1^2 z^2}} \quad (1.3)$$

სადაც:  $\tau_i$  -  $i$ -ურ სადენში მუხტის წრფივი სიმკვრივეა, კლ/მ;

$z$  - დედამიწის ზდაპირიდან საანგარიშო დაშორების მნიშვნელობაა, მ;

$y_i$  -  $i$ -ური სადენის დაშორებაა ხაზის ღერძიდან, მ;

$h_i$  -  $i$ -ური სადენის დედამიწის ზედაპირიდან ჩამოკიდების სიმაღლეა, მ.

2006 წელს ა. ვ. იარემენკოს მიერ ჩატარებული იქნა ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ზემოქმედების ეკონომიური შეფასება გარემოსა და მოსახლეობის მდგომარეობაზე. ავტორმა გვიჩვენა, რომ გარემოს ელექტრომაგნიტური დაბინძურების პრობლემების გადაწყვეტა წარმოადგენს კომპლექსურ ამოცანას, რომელიც ეხება სხვადასხვა დარგებისა და უწყებების სოციალურ და ეკონომიურ ინტერესებს, მოითხოვენ დისციპლინათაშორის მიდგომებსა და სხვადასხვა პროფილის სპეციალისტების ჩართვას. შემოთავაზებულია ელექტრომაგნიტური გამოსხივების გავლენის შედეგების გამოსწორების ხერხი რადიოგადამცემი საშუალებების განაწილებული განთავსების ანგარიშზე და ნაჩვენებია, რომ გადამცემი რადისაშუალებების განაწილებელი აგება ცენტრალიზებულ აგებასთან შედარებით ენერგეტიკულად უფრო ეფექტურია.

2011 წელს ვ. ნ. დოვბიშმა ჩაატარა მასშტაბური სამუშაო ენერგეტიკული სისტემების ობიექტების ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ფაქტორის მიხედვით გარემოს მონიტორინგზე. ამ დროს ჩატარებულია მონაცემების სისტემატიზაცია ტექნიკური საშუალებების შესახებ, რომლებიც რეგიონალურ ენერგეტიკულ სისტემებში წარმოადგენენ ელექტრომაგნიტური ველის წყაროს, გამოკვლეულია რეალური ობიექტების ელექტრომაგნიტური ველი, როგორც საჰაერო ელექტროგადამცემი ხაზებისა, ასევე ჩაშენებული სატრანსფორმატორო ქვესადგურებისა. აგებულია სამარის ოლქის ენერგეტიკული ინფრასტრუქტურის

ელექტრომაგნიტური უსაფრთხოების გეოინფორმაციული სისტემების ფრაგმენტები [38].

საჭიროა აღინიშნოს, რომ დღევანდლამდე არ ჩატარებულა ელექტრომაგნიტური ველის გამოკვლევები საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ტრასის მოხვევის წერტილებში, რაც უდაოდ წარმოადგენს აქტუალურ ამოცანას, რამდენადაც ძალიან ხსირად ტრასის მოხვევა ხორციელდება დასახლებული პუნქტის ან საბაღე ნაკვეთების ტერიტორიაზე.

ახალი ობიექტების მშენებლობის დროს ელექტრომაგნიტური ველისაგან დაცვის პრობლემას ყურადღება მიექცა მხოლოდ გასული საუკუნის 80 -იანი წლების შუა ხანებიდან. სახელდობრ დროის ამ პერიოდში იქმა შემოთავაზებული ელექტრული ველის დამაბულობის დონის შემცირების ორი ძირითადი მეთოდი, რომლებიც შეიძლება გამოყენებული იქნეს ობიექტების მშენებლობის დროს:

1. საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის მიმართ ობიექტის ოპტიმალური განლაგება (შესაძლებლობის ფარგლებში ხაზის განლაგებისათვის მიწის ნაკვეთის შერჩევის დროს ნაკვეთი რაც შეიძლება შორს უნდა იყოს დამორებული);
2. ელექტრომაგნიტური ეკრანირება.

1992 წელს ეს მეთოდები შემოთავაზებული იქნა ვ.ს.პეტრუშინის მიერ, როგორც სამრეწველო სიხშირის მაგნიტური ველისაგან მოსახლეობის დაცვის მეთოდი [39].

1991-1994 წლების პერიოდში ამერიკელი მეცნიერის მასკის მიერ ჩატარებული იქნა კვლევები სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველის დამაბულობის დონის შემცირებაზე მწვანე ნარგავების გავლენის შესახებ [40]. ჩატარებული გამოკვლევების მსვლელობისას დადგენილი იქნა, რომ მწვანე ნარგავების დახმარებით ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრომაგნიტური ველის დონის ეფექტურ შემცირებას ხელს უშლის დიფრაგციის მოვლენა. ტყის ნარგავებისაგან დამცავი ეფექტი ყველზე

უფრო გამოსახულია მაშინ, როცა ისინი მდებარეობენ დასაცავი ობიექტის უშუალო სიახლოვეს.

ვ. ვ სოლოვიოვის მიერ ჩატარებული იქნა კვლევები სხვადასხვა სამშენებლო მასალების, როგორცაა აგური, ხე, მინა [41] ეკრანირების ეფექტურობის შესახებ და გამოვლენილი იქნა, რომ ელექტრული და მაგნიტური ველების დამაბულობებისაგან აგურს გააჩნია საუკეთესო მაკრანირებელი თვისებები, ვიდრე ხესა და მინას.

დ. ნ. შაპიროს მიერ [42] გაანალიზებული იქნა ეკრან-ბადეების გამოყენების ეფექტურობა. დადგენილი იქნა, რომ სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველის ეკრანირების დროს უფრო ეფექტურია მსხვილი გამტარებისაგან დამზადებული მეჩხერი ბადეები, ხოლო უფრო მაღალი სიხშირეების დროს წვრილი გამტარებისაგან დამზადებული ხშირი ბადეები.

ლიტერატურის ანალიზმა გვიჩვენა, რომ დღეისათვის საჭაერო ელექტროგადაცემის ხაზების სიახლოვეს ტერიტორიის ელექტრომაგნიტური მონიტორინგის პრობლემა არასაკმარისად არის დამუშავებული. ამიტომ მიზანშეწონილად მოგვაჩნია:

3. ბუნებრივ პირობებში საჭაერო ელექტროგადაცემის ხაზის სადენების პროექციიდან სხვადასხვა დაშორებით თეორიულად მიღებული ელექტრული და მაგნიტური ველების დამაბულობების დონეების ექსპერიმენტული შემოწმება;
4. საჭაერო ელექტროგადაცემის ხაზის სადენების პროექციიდან იმ დაშორების დადგენა, რომელზეც მიიღწევა ელექტრული და მაგნიტური ველების დამაბულობების მოსახლეობისათვის ზღვრულად დასაშვები დონეები;
5. ელექტრომაგნიტური ველის გამოკვლევა საჭაერო ელექტრო-გადაცემის ხაზის ტრასის მოხვევის წერტილებში.

### 1.3. სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველის ადამიანზე ზემოქმედების შედეგების ანალიზი

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის სიახლოვეს ყოველთვის წარმოიშობა ელექტრული და მაგნიტური ველები. გასული საუკუნის 70-იანი წლებიდან წარმოშობა დაიწყო საკითხებმა იმაზე, რომ აქვს თუ არა უკიდურესად დაბალი სიხშირის ელექტრულ და მაგნიტურ ველებს ადამიანის ჯანმრთელობისათვის არასასურველი ზემოქმედების უნარი. აქედან დაწყებული ჩატარებულია დიდი მოცულობის კვლევითი სამუშაოები, რომლებმაც საშუალება მოგვცა პასუხი გაცემულიყო მთელ რიგ მნიშვნელოვან საკითხებზე და აღნიშნულიყო შემდეგი კვლევების აქტუალობა [43].

1979 წელს Wertheimer და Leeper-მა გამოაქვეყნეს ეპიდემიო-ლოგიური კვლევის შედეგები ქ. დენვერში ბავშვების ლეიკემიის საჰაერო ხაზის მაგნიტურ ველთან ურთიერთკავშირის შესახებ [44].

ელექტრომაგნიტურ ველთან კონტაქტის დროს სიმსივნის შესაძლო განვითარების ჰიპოთეზის შემოწმების მიზნით მეცნიერ Feychting-ის მიერ შვედიაში განხორციელებული იქნა დიდი ეპიდემიოლოგიური სამუშაო, რომელიც დამთავრდა 1992 წელს. დაკვირვების ქვეშ იმყოფებოდა 500 ათასამდე ადამიანი, რომლებიც ცხოვრობდნენ 1960-1985 წლებში და ერთ წელზე მეტი ხნიდან 25 წლამდე ცხოვრობდნენ 200 და 400 კვ საჰაერო ხაზის ტრასის გასწვრივ 800 მეტრიან კორიდორში. ამ გამოკვლევებში დაწვრილებითი სტატისტიკური დამუშავების საფუძველზე გაკეთებული იქნა დასკვნა კიბოს განვითარებასა (განსაკუთრებით ბავშვების ლეიკემიასა), და საჰაერო ხაზის მაგნიტური ველის კორელაციას შორის არსებობაზე. ბავშვებში ლეიკემიის განვითარების რისკი იზრდებოდა 1 -დან 3,6 -მდე, როცა მაგნიტური ველის ზემოქმედება იზრდებოდა 0,1 მკტლ-დან 3,8 მკტლ-მდე. ამასთანავე აღსანიშნავია, რომ მწვავე ან ქრონიკული ლეიკემიის განვითარებას ზრდასრულ ადამიანებში არ ჰქონდა ისეთი გამოკვეთილი გამოვლინება, როგორც ბავშვებში [44].

ცხრილი 1.9-ში მოცემულია ბავშვებში, რომელთაც კონტაქტი ჰქონდათ სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტურ ველთან, სიმსივნის (ლეიკემიის) განვითარების შესაძლებლობის შესახებ მეცნიერთა მიერ მიღებული გამოკვლევების შედეგები.

ცხრილი 1.9. 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	-

დანიაში 1968 -1986 წლების პერიოდში ჩატარებული იქნა გამოკვლევა 18 წლამდე ასაკის 1707 ბავშვზე, რომლებიც ცხოვრობდნენ საჰაერო ელექტროგადამცემის ხაზის სიახლოვეს და რომელთაც განუვითარდათ

ტვინის სიმსივნე, ლეიკემია, ავთვისებიანი ლიმფომა (Olsen et.al.,1995). ბავშვებში სიმსივნის განვითარებასა და საჭაერო ხაზის სიახლოვეს მათ ცხოვრებას შორის კორელაცია დადგენილი იქნა მაგნიტური ველის ინდუქციის 0,3-0,4 მკტლ და ზემოთ საშუალო მნიშვნელობის დროს. უფრო მკაფიო კავშირი შემჩნეული იქნა 0,1 მკტლ ინდუქციის დროს [45]. მეორე სამუშაოში (Duenel et.al., 1993), რომელიც ჩატარებული იქნა დანიაში 1970-1987 წლებში გამოკვლეული იქნა 2,8 მლნ ადამიანი. მიღებული იქნა შედეგები ლეიკემიის განვითარების რისკის გაზრდის შესახებ მხოლოდ მამაკაცებში, რომელთაც ხანგრძლივი კონტაქტი ჰქონდათ ელექტრომაგნიტურ ველებთან [46].

ცხრილი1.10. სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტურ ველთან კონტაქტის მქონე ზრდასრულ ადამიანებში სიმსივნის (ლეიკემიის) განვითარების შესაძლებლობის მონაცემები.

№	პუბლიკაცია	წელი	შორეული შედეგები	არის(+) არ არის (-)
1	Silverman	1979	ლეიკემია	-
2	Robinette	1980	ლეიკემია	+
3	Werthaimer N. Leeper E.	1982	ლეიკემია	+
4	Szmigielski	1982	ლეიკემია	+
			ფარისებრი ჯირკვლის კიბო	+
			ფილტვების კიბო	+
5	McDowall M.	1986	ლეიკემია	-
6	Stevens R.	1986		-
7	Vena	1991. 1994	ლეიკემია	-

ცხრილი 1.10-ში მოცემულია ზრდასრულ მოსახლეობაში რომელთაც კონტაქტი ჰქონდათ სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტურ ველთან,

სიმსივნის (ლეიკემიის) განვითარების შესაძლებლობის შესახებ მეცნიერთა მიერ მიღებული გამოკვლევების შედეგები.

საჭიროა აღინიშნოს, რომ მთელ რიგ გამოკვლევებში დადგენილი არ არის კავშირი სიმსივნის (ლეიკემიის) განვითარებასა და ადამიანის ორგანიზმზე ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედებას შორის.

1983 წელს Hordstrom-ის მიერ გამოკვლეული იქნა შვეციის ქვერსადგურის 542 მუშის რეპროდუქციული ფუნქციის მდგომარეობა. ჩატარებული ანალიზის საფუძველზე ავტორის მიერ გაკეთებული იქნა შემდეგი დასკვნები: გაიზარდა უნაყოფობის რიცხვი თუ მამა მუშაობდა ელექტროსადგურში; მამაკაცთა ნაწილს შორის შემცირდა განაყოფიერების ფუნქცია. Hordstrom-ის აზრით შემჩნეული მოვლენების მიზეზი არის სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველი [47].

1994 წელს გამოქვეყნებული იქნა კანადა -საფრანგეთის მიერ ჩატარებული გამოკვლევების ერთობლივი შედეგები, რომლებიც შეეხებოდა სხვადასხვა პროფესიის მუშაკებზე, რომლებიც დაკავშირებულნი იყვნენ ელექტროდანადგარების მომსახურებასთან, სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედებით გამოწვეული სიმსივნური დაავადების შესაძლო რისკს. ამ გამოკვლევებში ფასდებოდა კიბოს რისკის კავშირი ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედებასთან სამი მსხვილი ენერგოკომპანიის მოსამსახურეთა შორის „Hidro Quebec“ და „ontario Hydro“ კანადაში და „Electricite de France“ საფრანგეთში. საფრანგეთში გამოკვლევებმა მოიცვა 1978-1989 წლები, ხოლო კანადაში 1970-1988 წლები. მთლიანად გამოკვლეული იქნა 223 000 ადამიანი, მათ რიცხვში: Hidro Quebec“-ში 21749, „ontario Hydro“ -ში 31251 და „Electricite de France“-ში 170 000 ადამიანი. ლეიკემიის ყველა სახეობისათვის, მათ რიცხვში მწვავესათვის, ავტორების მიერ დადგენილი იქნა სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი მომატებული ონკოლოგიური რისკი, რომელიც დაკავშირებული იყო მაგნიტური ველის კუმულატიურ მოქმედებასთან. ასევე აღნიშნა ასტროციტის გამვითარების ტენდენცია [48].

1995 წელს მასშტაბური გამოკვლევები ელექტრომაგნიტური ველების ნეგატიური ზემოქმედების შესახებ ჩატარებული იქნა Savitz-სა და მისი კოლეგების მიერ. ავტორების მიერ გაანალიზებული იქნა მამაკაცების გარდაცვალების 20773 შემთხვევა, რომლებიც იყვნენ აშშ-ს ხუთი ელექტრული სამრეწველო კომპანიის თანამშრომლები. ტვინის სიმსივნის განვითარებას კორელიაციური კავშირი ჰქონდა ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედების მაჩვენებლებთან. აშშ-ში ჩატარებულ მეორე სამუშაოში [49], რომელიც ჩატარებული იქნა ელექტრული კომპანიის პროფესიონალურ თანამშრომლებთან დადგენილი არ იქნა კავშირი ელექტრომაგნიტურ ველსა და მწვავე ლეიკემიას შორის, მაგრამ დადებითი კავშირი იქნა მიღებული ქრონიკულ ლეიკემიასთან.

გასული საუკუნის 90-იანი წლების დასაწყისში Tynes-მა და მისმა კოლეგებმა ნორვეგიაში გამოიკვლიეს დაახლოებით 38 000 მუშა, რომელთაც გააჩნდათ ელექტრიკოსებად მუშაობის დაახლოებით 800 000 საათი და დადგენილი იქნა, რომ მათთან ტვინის და სარძევე ჯირკვლის სიმსივნის განვითარებისა და ლეიკემიის რისკი საკმაოდ მაღალია. იმავე დასკვნამდე მივიდა 1990 წელს შვედი მეცნიერი Demers-ი, რომელმაც შვეციაში გამოიკვლია 227 ელექტრიკოსი და სხვა პროფესიის პირები, რომელთაც კავშირი ჰქონდათ სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტურ ველთან [50]. ანალოგიური შედეგები იქნა მიღებული მონაცემების ანალიზის დროს იმ მუშაკების ლეიკოზის განვითარების შესახებ, რომლებიც ექვემდებარებოდნენ იმ სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედებას, რომელთა დონე აღემატება ზღვრულად დასაშვებს [51].

1996 წელს ჯანმრთელობის დაცვის მსოფლიო ორგანიზაციამ ელექტრომაგნიტური ველების შესახებ შექმნა საერთაშორისო პროექტი ადამიანის ჯანმრთელობისათვის იმ პოტენციალური რისკების კვლევისათვის, რომლებიც დაკავშირებულია ელექტრომაგნიტური ველის გამომსხივებელ ტექნოლოგიებთან,



2005 წელს ჩატარებული ანალიზის შედეგების მიხედვით ჯანმრთელობის დაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის მიზნობრივი ჯგუფის მიერ გამოვლენილია, რომ უკიდურესად დაბალი სიხშირისა და ინტენსივობის ელექტრული ველები, რომლითაც ისინი ზემოქმედებენ მოსახლეობაზე, ჯანმრთელობისათვის არ წარმოადგენენ რაიმე არსებით რისკს.

ჯანმრთელობის დაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის საინფორმაციო ბიულეტენი [4] გვაუწყებს, რომ ფაქტიური მონაცემები, რომლებიც ამტკიცებენ კავშირს უკიდურესად დაბალი სიხშირის მაგნიტური ველის ზემოქმედებასა და ბავშვთა ლეიკემიას შორის, არასაკმარისია.

ამჟამად მიღებულია კლასიფიკაცია სხვადასხვა ფაქტორების კარცეროგენური საფრთხის შესახებ, რომელიც შემოტანილია კიბოს კვლევის საერთაშორისო სააგენტოს მიერ. ამ კლასიფიკაციის მიხედვით ყველა ფაქტორი საფრთხის დონის მიხედვით იყოფა (საფრთხის გაზრდის მიხედვით):

1. ადამიანისათვის შესაძლო კანცეროგენური
2. ადამიანისათვის ალბათ კანცეროგენური;
3. ადამიანისათვის კანცეროგენური.

კიბოს გამოკვლევების შესახებ საერთაშორისო სააგენტოს ექსპერტების ჯგუფმა გამოაქვეყნა მიმოხილვა, რომელიც ეძღვნება დაბალსიხშირული ელექტრული და მაგნიტური ველების ადამიანის ჯანმრთელობაზე ზემოქმედებას. მათ მიეკუთვნება დედამიწის მაგნიტური ველი, ელექტრული ძალოვანი ტრანსმისიული ხაზებითა და შენობებში ელექტრული სადენებითა და ელექტროხელსაწყოებით გამოწვეული ველები. მთელი რიგი კარგად ჩატარებული გამოკვლევების საფუძველზე მიღებული მონაცემების ანალიზმა აჩვენა მყარი კავშირი ბავშვებში ლეიკემიის გაორმაგებულ რისკსა და მათ ცხოვრებას შორის იმ სახლებში სადაც არის 50-60 ჰც სიხშირის დაბალსიხშირული მაგნიტური ველები, როცა მათი ინდუქციურობა აღემატება 0,2 მკტლ-ს.

შედეგად სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველი მიეკუთვნება ადამიანისათვის შესაძლო კანცეროგენურ კატეგორიას, რომელთაც მიეკუთვნება ადამიანისათვის საეჭვო საფრთხის ფაქტორები. გარდა ელექტრომაგნიტური ველებისა ამ კატეგორიას მიეკუთვნება ასევე მეტალური ქარხნების გამონაბოლქვები, ბენზინის ძრავების გამონაბოლქვები, შედუღების წარმოების აირები.

სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველის ადამიანზე ზემოქმედების შესახებ ჩატარებული კვლევების მონაცემების ანალიზის საფუძველზე შეიძლება მივიდეთ დასკვნამდე, რომ საკითხი ბოლომდე განხილული არ არის, რაც მოწმობს ამ პრობლემის შემდეგი შესწავლის აქტუალობის შესახებ. მაგალითად, მიზანშეწონილად მიგვაჩნია სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველის ნეგატიური ზემოქმედების დამოკიდებულება საჰაერო ხაზის ძაბვის დონეზე.

## თავი 2. ხაზების ელექტრომაგნიტური ველის სანიტარულ- ეპიდემიოლოგიური მონიტორინგის სისტემები

### 2.1. სამრეწველო სიხშირის ელექტრული და მაგნიტური ველის მოქმედება ბიოლოგიურ ობიექტებსა და გარემოზე

მუდმივი ელექტრომაგნიტური ველებიდან ათეულობით ჰერცი და მეტი სიხშირით ცვლად ელექტრომაგნიტურ ველებზე გადასვლის დროს შეიძლება აღინიშნოს, რომ მათი ელექტროდინამიური მოქმედება ბიოლოგიურ ობიექტებზე მეტად ძლიერია. საქმე იმაშია, რომ ცვლად ელექტრულ და მაგნიტურ ველებს შეუძლიათ განსჭოლონ სხეულის ზედაპირი და აღძრან მათში დენები, რომელთა სიმკვრივე ველის სიხშირის პროპორციულია, ხოლო შთანთქმული ენერგია პროპორციულია ზემოქმედი ველის ამპლიტუდის კვადრატისა. მოსალოდნელია, რომ ელექტროდინამიური მოქმედების გაძლიერებას მივყავართ ბიოლოგიური ეფექტების ზრდასთან. ეს ნამდვილად აღინიშნება ლაბორატორიული ცდებისა და ნატურულ პირობებში დაკვირვებისას [52].

ცვლადი ელექტრომაგნიტური ველის მრავალი სახეობიდან სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველების გამოყოფა განსაზღვრულია იმით, რომ ისინი ადამიანზე ზემოქმედებენ მთელი დღეღამის განმავლობაში ელექტროგაყვანილობის, სანათი საშუალებების, საყოფაცხოვრებო ელექტრული და ელექტრონული ხელსაწყოების, ელექტროგადაცემის ხაზებისა და სხვ. გამოსხივების წყალობით. ამასთანავე ამ ელექტრომაგნიტური ველების წყაროების სიმძლავრე, როგორც წესი აღემატება სხვა წყაროების სიმძლავრეებს, რომელსაც შეეჯახოს ადამიანი ცხოვრებასი და სამუშაოზე.

ცოცხალ ორგანიზმებში დიდ როლს თამაშობენ უკუკავშირები, რომლებიც მიმართულნი არიან ჰომეოსტაზის (უნარი, შეინარჩუნოს თავისი შინაგანი მდგომარეობის მუდმივობა) შენახვისაკენ. ჰომეოსტაზირების

პროცესში ჩაერთვება ნერვული, ჰუმორალური (ცხოველმოქმედების რეგულაცია, რომელიც ხორციელდება სისხლის. ლიმფის, ქსოვილის სითხის მეშვეობით), იმუნოსტრუქტურული რეგულაციები, რომელთა გამოხატულება კომპენსატორულ უკუკავშირებით აღწევს თავის მაქსიმუმს და ამ დონეზე რეგისტრირებული ელექტრომაგნიტური ველის ეფექტებს არ ექნებათ პირდაპირი კავშირი თავისი ველის მახასიათებლებთან. რთული ბიოობიექტების აღწერილი თვისებების ერთობლიობას მივყავართ დასაკვირვებელი „პლატო“-საკენ, როცა რაღაც მომენტიდან დაწყებული ზემოქმედების ინტენსივობის გაზრდას არ მივყავართ ამ ზემოქმედების ეფექტების გაზრდის გამოვლენასთან. ეს შეიძლება აიხსნას იმით, რომ ობიექტის რეაქციის ზრდა ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედებაზე, რომელიც დაკავშირებულია ინტეგრაციასთან, კომპენსირდება ჰომომასტაბილიზირებელი უკუკავშირების ხარჯზე. ნაშრომში [53] მოყვანილია „პლატო“-ს ეფექტის მაგალითი, რომელშიც ავტორის მიერ გამოკვლეულია საჭაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ქვეშ მომუშავეებსა და ბიოცენოზების (ნარგავების, ფრინველების, მწერების) კომპონენტებზე.

ნატურული დაკვირვებები შევსებული იქნა ლაბორატორიული ცდებით, რომლებიც ჩატარებული იქნა ელექტროგადაცემის ხაზის მოდელზე. გამოკვლევების შედეგების მიხედვით გამოტანილი იქნა ელექტრომაგნიტური ველის ბიოლოგიური მოქმედების ძირითადი კანონზომიერებები.

საპასუხო რეაქციის სიდიდის მოქმედი ელექტრომაგნიტური ველის დამაბულობაზე დამოკიდებულებას აქვს ნათლად გამოხატული პლატო მაგნიტური ველის დიაპაზონში ერთეულიდან რამდენიმე ათეულ ა/მ -მდე.

გაკეთებულია დასკვნა- ერთეული ა/მ -ს ტოლი მაგნიტური ველის დამაბულობის მნიშვნელობა წარმოადგენს ზღვრულის ზემოთ, რომელსაც შეუძლია გამოიწვიოს ბიოსისტემების გამოხატული რეაქცია. ტესტისაგან გამომდინარე ველზე რეაქცია შეიძლება გაიზარდოს საათების ან დღეღამის განმავლობაში, რის შემდეგაც გადის პლატოზე, ხოლო შემდგომ ხანგრძლივი

ზემოქმედებისას თანდათანობით მცირდება და როგორც წესი უბრუნდება ნორმას.

ამგვარად, მთელი რიგი გამოკვლევების საფუძველზე მიღებულია, რომ აჭარბებს ადაპტაციის პროცესები. ორგანიზმზე ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედების შედეგების შესახებ მკვლევართა უმეტესობა მიდის იმ აზრამდე, რომ ზემოქმედების შეწყვეტის შემდეგ ზოგჯერ მაშინვე, ზოგჯერ კვირებისა და თვეების განმავლობაში იწყება რეპარაციული პროცესები და შემდგომ ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედების ეფექტების გამოვლენა ვერ ხერხდება.

იმავე სამუშაოში [54] აღნიშნულია, რომ „ყველაზე უფრო რთულია საწყისი მდგომარეობიდან ელექტრომაგნიტურ ველზე ბიოსისტემების რეაქციის სიდიდისა და გამოხატულების დამოკიდებულების განსაზღვრა“. სტაციონარული და დაბალსიხშირული ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედების დროს სხვადასხვა მახასიათებლების ყველაზე უფრო გამოხატული ცვლილებები შეინიშნება იმ ბიოსისტემებთან, რომლებიც ეგზოგენური და ენდოგენური ფაქტორების ხარჯზე იმყოფებიან შესუსტებულ მდგომარეობაში. ამ დროს საწყისი მდგომარეობის შესუსტების შედეგად ფუნქციის 20-30%-ით ცვლილებას იგი გამოჰყავს ნორმის საზღვრებიდან, რის შედეგადაც ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედების ქვეშ, მისი პარამეტრების მიუხედავად, საკვლევი ობიექტი შეიძლება გადავიდეს ნებისმიერი სიმძიმის პათოლოგიურ მდგომარეობაში, თვით ლეტალურ შედეგებამდე. სახელდობრ, ორგანიზმების ასეთი ჰეტეროგენურობით აიხსნება ის ფაქტი, რომ სუსტი ზემოქმედება, რომელიც დაკავშირებულია ჰელიოგეოფიზიკური აქტიურობის ცვლილებასთან, იწვევს ადამიანის გულ-სისხლძარღვთა მდგომარეობისა და სხვა პათოლოგიების შესამჩნევ გაუარესებას [55].

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. მაგალითად, ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრული ველის მოქმედების რაიონში მწერების ქცევაში ვლინდება ცვლილებები: ფუტკრებში ფიქსირდება მომატებული აგრესიულობა, მოუსვენრობა, მუშაუნარიანობისა და პროდუქტიულობის დაქვეითება, უბების დაკარგვისადმი მიდრეკილება; ხოჭოებში, კოლოებში, პეპლებში და სხვა მფრინავ მწერებში შეინიშნება ქცევითი რეაქციის ცვლილებები, მათ შორის მოძრაობის მიმართულების ცვლილება ელექტრომაგნიტური ველის დაძაბულობის დაბალი დონის მხარეს.

მცენარეებში გავრცელებულია განვითარების ანომალიები- ხშირად იცვლება ყვავილების, ფოთლების ფორმები და ზომები, ჩნდება ზედმეტი ფურცლები.

ჯანმრთელი ადამიანი ავადდება ელექტროგადაცემის ხაზის ველში ხანგრძლივი ზემოქმედების შედეგად. ხანმოკლე დასხივებას შეუძლია გამოიწვიოს ნეგატიური რეაქცია მხოლოდ ჰიპერმგრძნობიარე ადამიანებსა და სხვადასხვა ალერგიის მქონე ავადმყოფებში. მაგალითად კარგად არის ცნობილი გასული საუკუნის 90-იანი წლების დასაწყისში ინგლისელი მეცნიერის ნაშრომები, რომლებშიც ნაჩვენებია, რომ მთელ რიგ ალერგეტიკებს ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედებით უვითარდებათ ეპილეფსიური ტიპის რეაქცია.

ადამიანების ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრომაგნიტურ ველში თვეებისა და წლების ყოფნით უპირატესად შეიძლება განუვითარდეთ გულ-სისხლძარღვთა და ნერვული სისტემების დაავადებები. უკანასკნელ წლებში შორეული შედეგების რიცხვში ხშირად ასახელებენ ონკოლოგიურ დაავადებებს.

## 2.2. დასახლებული ტერიტორიები, როგორც ელექტრომაგნიტური მონიტორინგის ობიექტი

გარემოს დაცვის, ადამიანის ჯანმრთელობის დაცვის დარგებში, ბუნებრივი რესურსების რაციონალური გამოყენების, ქვეყნისა და მისი რეგიონების ეკოლოგიურად უსაფრთხო მდგრადი განვითარების, გარემოს დაცვისა და ადამიანის ჯანმრთელობის მდგომარეობაზე გავლენის მონაცემთა სახელმწიფო ფონდის შემოტანის მართვის საინფორმაციო უზრუნველყოფის მიზნით საქართველოში უნდა შეიქმას ელექტროგადაცემის ხაზებისა და მძლავრი ელექტროდინამიკების ელექტრომაგნიტური ველის სანიტარულ-ეპიდემიოლოგიური მონიტორინგის ერთიანი სახელმწიფო სისტემა ელექტრომაგნიტური ველის მონიტორინგის სახით.

დღეისათვის საქართველოში არსებობს კანონი გარემოს დაცვის შესახებ (1996 წლის 10 დეკემბერი. N 519-ის), საქართველოს პრეზიდენტის 2023 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, რადგან მხოლოდ 2008 წელს იქნა მიღებული ნორმატიული დოკუმენტი მაგნიტური ველის დამაბულობის ზღვრულად დასაშვები ნორმების შესახებ [13]

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 ისი დაცვის შესახებ.

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.

არსებობს ელექტრომაგნიტური ველის მაგენერირებელი მოწყობილობებისა და სხვა ხელსაწყოების ზემოქმედებისაგან უსაფრთხოების დაცვის უზრუნველყოფის საერთაშორისო ნორმები.

არაიონიზირებული გამოსხივებისაგან დაცვის საერთაშორისო კომისია მოცემულ საკითხზე ყველა არსებული სამეცნიერო ლიტერატურის ანალიზის საფუძველზე ამუშავებს რეკომენდაციებს ზვრულად დასაშვები ზემოქმედების შესახებ. ნორმები დაფუძნებულია ბიოლოგიური ეფექტების შეფასებაზე, რომლებმაც შეიძლება მიგვიყვანოს ჯანმრთელობის გაუარესების შედეგებამდე. თუ მიღებული ელექტრომაგნიტური ველის დამაბულობების ზღვრულად დასაშვები მნიშვნელობების დროს გამოვლენილი იქნება ჯანმრთელობის გაუარესების შედეგები, მაშინ ამან შეიძლება მიგვიყვანოს მიღებული ზღვრულად დასაშვები ნორმების გადაფასებამდე.

კონფლიქტური სიტუაციას, რომელიც ერთის მხრივ გამოწვეულია ადამიანის ჯანმრთელობაზე ელექტრომაგნიტური ველის შესაძლო გავლენით და მეორეს მხრივ ელექტროენერგეტიკის განვითარების საჭიროებით., მივყავართ სერიოზულ ეკონომიურ შედეგებამდე. მაგალითად, ბევრ ქვეანაში ელექტრომომარაგების სამსახურებს მოუწიათ მაღალი ძაბვის ხაზები გაეტარებინათ დასახლებული პუნქტების გვერდის ავლით ან გაეჩერებინათ მშენებლობა [52].



ზომები, რომელთა დახმარებითაც შეიძლება მნიშვნელოვნად შევამციროთ გარემოზე და ადამიანის ჯანმრთელობაზე ელექტრული და მაგნიტური ველების ზემოქმედება იმ დონემდე, რომელიც დღეისათვის ითვლება დასაშვებად მოითხოვს დიდ დანახარჯებს. ამისათვის აშშ-ში ყოველწლიურად იხარჯება 1 მლრდ დოლარი. ამასთანავე თუ ჯანმრთელობისათვის რისკი მიაღწევს დაუშვებელ დონეს, მაშინ მოითხოვება პროფილაქტიკისათვის უფრო ძვირადღირებული ზომების გამოყენება.

ელექტრომაგნიტური ველის სანიტარულ-ეპიდემიოლოგიური მონიტორინგის ძირითად მიზნებსა და ამოცანებს წარმოადგენენ [52]:

- თავისი კომპეტენციის ფარგლებში ელექტრომაგნიტური ველის სანიტარულ – ეპიდემიოლოგიურ დარგში მოსახლეობის კეთილდღეობისათვის სახელმწიფო პოლიტიკის საფუძვლების დამუშავება;
- თავისი კომპეტენციის ფარგლებში ელექტრომაგნიტური ველის სანიტარულ – ეპიდემიოლოგიურ დარგში მოსახლეობის კეთილდღეობისათვის სახელმწიფო პოლიტიკის რეალიზაციასი მონაწილეობა;
- სახელმწიფო ელექტრომაგნიტური ველის სანიტარულ-ეპიდემიოლოგიური ზედამხედველობის ორგანიზაცია და განხორციელება;
- მოსახლეობის ჯანმრთელობის დაცვის საკითხების სანიტარულ-ეპიდემიოლოგიური ნორმირება, კოორდინაცია და რეგულირება ადამიანზე ბინადრობის გარემოს არასასურველი ფაქტორების ზემოქმედებასა და ცხოველმოქმედების პირობებთან დაკავშირებით;
- მოსახლეობის სანიტარულ-ეპიდემიოლოგიური კეთილდღეობის უზრუნველყოფასთან დაკავშირებული სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოების ორგანიზაცია და მოქმედების მიმართულების განსაზღვრა;

- მოსახლეობის სანიტარულ–ეპიდემიოლოგიური კეთილდღეობის უზრუნველყოფის მიზნობრივი და ტერიტორიალური პროგრამების დამუშავებასი მონაწილეობა;
  - დადგენილი წესით სანიტარული წესების, ნორმების და ჰიგიენური ნორმატივების დამუშავება და დამტკიცება;
  - სანიტარულ–ჰიგიენური და ეპიდემიოლოგიური ექსპერტიზის ჩატარება;
  - მოქალაქეთა ჰიგიენური აღზრდისა და განათლების შესახებ მეთოდური სამუშაოების ხელმძღვანელობის განხორციელება და ჰიგიენური ცოდნის პროპაგანდაში მონაწილეობა;
  - გარემო პირობების დამახასიათებელი მდგომარეობის რაოდენობრივი და ხარისხობრივი მაჩვენებლების შესახებ ორგანიზაცია და დაკვირვების ჩატარება;
  - გარემო პირობების მდგომარეობის შეფასება, ნეგატიური პროცესების დროული გამოვლენა და განვითარების პროგნოზი, რომლებიც გავლენას ახდენენ გარემოზე, მავნე ზემოქმედების თავიდან აცილების რეკომენდაციების შემუშავება;
  - სახელმწიფო ხელისუფლების, ადგილობრივი თვითმმართველობის ორგანოების, იურიდიული და ფიზიკური პირების ინფორმაციული უზრუნველყოფა გარემოს მდგომარეობის საკითხების შესახებ;
  - გარემოს მდგომარეობის შესახებ სახელმწიფო საინფორმაციო რესურსების ფორმირება;
- ელექტრომაგნიტური ველის სანიტარულ–ეპიდემიოლოგიური მონიტორინგის განხორციელების დროს მიღებული ინფორმაცია გამოყენებული უნდა იქნეს:
- რეგიონის სოციალურ–ეკონომიური განვითარების პროგნოზების დამუშავებისა და შესაბამისი გადაწყვეტილებების მიღების დროს;
  - ელექტრომაგნიტური ველის სანიტარულ–ეპიდემიოლოგიური განვითარების, გარემოს დაცვის დარგში სახელმწიფო პროგრამების,

მიზნობრივი პროგრამების, საინვესტიციო პროგრამების  
დამუშავების დროს;

- გარემოს დაცვის დარგში ეკოლოგიური კონტროლის  
განხორციელებისა და ეკოლოგიური ექსპერტიზის ჩატარების დროს  
[52].

ელექტრომაგნიტური მონიტორინგი მოიცავს გამოსხივებელი  
საშუალებების განთავსების რაიონში ელექტრომაგნიტური მდგომარეობის  
შეფასებას (გაანგარიშება და ინსტრუმენტალური კონტროლი)  
ელექტრომაგნიტური ველის დამაბულობის დონის მოქმედი ნორმატიულ  
და დადგენილი ზღვრულად დასაშვები დონისთან შესაბამისობის  
კონტროლის მიზნით [52].

ამიტომ ელექტრომაგნიტური მონიტორინგის სისტემა თავის თავში  
მოიცავს:

- ელექტრომაგნიტური ველის საანგარიშო პროგნოზირება, რაც  
ძალიან მნიშვნელოვანია ელექტრომაგნიტური ველის წყაროს  
ტექნიკური საშუალებების დამუშავების, პროექტირებისა და  
განთავსების სტადიაზე;
- ობიექტებისა და მათი კომპლექსების ექსპლუატაციის სტადიაზე  
ელექტრომაგნიტური გარემოების ინსტრუმენტალური  
კონტროლი.
- ბუნებრივი გარემოს შეფასება სანიტარულ-ეპიდემიოლოგიური და  
ეკოლოგიური კრიტერიუმების მიხედვით;
- ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედებისაგან დაცვისა და  
ელექტრომაგნიტური გარემოების ნორმალიზაციის შესახებ  
ღონისძიებებისა და რეკომენდაციების დამუშავება. [53]

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 საქართველოს მთავრობის 2014 წლის 18 ივნისის # 409 დადგენილებით გამოიყენებენ ყოფილი საბჭოთა კავშირის რესპუბლიკების ნორმატიულ დოკუმენტებს [6,16,17,18,19], რომელთა მიხედვითაც დადგენილია ელექტროგადაცემის ხაზის სიახლოვეს ელექტრომაგნიტური ველის დამაბულობების ზღვრულად დასაშვები მნიშვნელობები.

წესებს კრებულის [5]-ს თანახმად ელექტრომაგნიტური ველის გამოკვლევა უნდა განხორციელდეს პირველ რიგში ქალაქის მშენებლობის დოკუმენტაციის დამუშავებისა და ათვისებულ ტერიტორიებზე საცხოვრებელი სახლების მშენებლობის პროექტირების დროს. ამ დროს დაფიქსირებული უნდა იყოს მავნე ზემოქმედების ძირითადი წყაროები, მათი ინტენსივობა და გამოვლენილი უნდა იქნეს დისკომფორტის ზონები ელექტრომაგნიტური ველის დამაბულობების დასაშვები დონის გადამეტებით.

მეთოდური მითითებების [18] -ს შესაბამისად ელექტრული ველის დამაბულობის დონის გაზომვა უნდა მოხდეს:

- სანიტარული ზედამხედველობის გამაფრთხილებელ ეტაპზე (ელექტროგადაცემის ხაზის ექსპლუატაციაში მიღების დროს);
- სანიტარული ზედამხედველობის მიმდინარე ეტაპზე (ელექტროგადაცემის ხაზის განთავსების ადგილზე სიტუაციური პირობების ცვლილების დროს);
- დაცვითი ღონისძიებების ჩატარების შემდეგ, რომელიც მიმართულია ელექტრული ველის დამაბულობის დონის შემცირებისაკენ;
- გეგმიური საკონტროლო გაზომვების დროს.

ამავე დროს მოცემულ დოკუმენტში ელექტროგადაცემის ხაზის მაგნიტური ველის დაძაბულობის გაზომვის ჩატარების შესახებ მოთხოვნები მოცემული არ არის.

ზემოთმოყვანილის საფუძველზე შეიძლება აღვნიშნოთ, რომ ამჟამად საქართველოს ელექტრომაგნიტური ველის დაძაბულობების შესახებ არ გააჩნია საკუთარი სანიტარულ-ეპიდემიოლოგიური ნორმატიული დოკუმენტები, ასევე განუვითარებელია საერთოდ დასახლებულ ტერიტორიებზე და განსაკუთრებით ელექტროგადაცემის ხაზის სიახლოვეს ელექტრომაგნიტური მონიტორინგის სისტემები, რადგანაც არ არსებობს:

- ელექტრომაგნიტური მონიტორინგის ჩატარების მეთოდოლოგია;
- მონიტორინგის შედეგების ინფორმაციული ბაზა;
- ელექტრომაგნიტური ველის დონის შესახებ სახელმწიფო ხელისუფლების ორგანოების, ადგილობრივი თვითმმართველობის ორგანოების, იურიდიული და ფიზიკური პირების ინფორმაციული მონაცემებით უზრუნველყოფის მექანიზმები.

ელექტრომაგნიტური ველის მონიტორინგის ჩატარება ეს არის ხელმძღვანელობის, სპეციალისტების, პრაქტიკული და სამეცნიერო დაწესებულებების თანამშრომლების დაუღალავი შრომის ნაყოფი მომხმარებელთა უფლების დაცვისა და ადამიანის კეთილდღეობის სფეროში.

### **2.3. ელექტროგადაცემის ხაზის სიახლოვეს ელექტრომაგნიტური მონიტორინგის სისტემების განვითარება**

საკაერო ელექტროგადაცემის ხაზი და მის სიახლოვეს განლაგებული სამშენებლო ობიექტები წარმოადგენენ რთულ სისტემას, რომლებიც ხასიათდებიან ხანგრძლივი ურთიერთმოქმედებითა და გარემოზე და ერთმანეთზე მისი კომპონენტების გავლენის ცვალებადი ფაქტორებით, მათ შორის ელექტრომაგნიტური ზემოქმედების ფაქტორებით.

აღსანიშნავია, რომ იმ დროს როცა მაღალი სიხშირის გამომსხივებელი ტექნიკური საშუალებებისათვის არსებობს ელექტრომაგნიტური მონიტორინგის განვითარებული სისტემა გამაგრებული შესაბამისი ნორმატიულ-მეთოდური ბაზით, ენერგეტიკული მოწყობილობებისათვის მსგავსი სისტემა არ არსებობს, ხოლო ელექტრომაგნიტური მდგომარეობის კონტროლი ამჟამად ტარდება ძალზე იშვიათად, ეპოზოდურად და მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ ელექტრომაგნიტური დაძაბულობების დონეების განსაზღვრის საექსპერტო დასკვნისათვის საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ელექტროენერჯის წარმოების, გადაცემის, განაწილებისა და მოხმარების შესაბამისობის მომსახურების სერტიფიკაციის ორგანო „ენერგოაუდიტი და დიაგნოსტიკა“-სა და ელექტრომოწყობილობების, ელექტრომაგნიტური თავსებადობისა და ენერგეტიკული ზეთების საგამოცდო ლაბორატორია“ ენერგოდიაგნოსტიკა“-ს მიმართავს როგორც დაწესებულებები, ასევე კერძო პირები.

ტელესაკომუნიკაციო მოწყობილობების ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ფაქტორების მიხედვით გარემოს მდგომარეობის შეფასებისათვის ტელეგადაცემის ანძასთან არსებობს აკრედიტებული საგამოცდო ლაბორატორია, ხოლო ენერგეტიკული სისტემებისათვის კონკრეტულად ასეთი ლაბორატორია არ არსებობს და საჭიროების დროს ამ მოვალეობას ასრულებს ზემოთდასახელებული საგამოცდო ლაბორატორია „ენერგოდიაგნოსტიკა“.

ნებისმიერი დასახლებული ტერიტორია წარმოადგენს რთულ ორგანიზებულ სტრუქტურას. ერთი მხრივ ის არის ბუნებრივ-ტექნიკური სისტემის ნაწილი, სადაც რეალიზებულია ცხოვრების ციკლი, ხოლო მეორე მხრივ ინტეგრირებული სისტემა, რომელიც მოიცავს დაგეგმილ სტრუქტურას (რომელიც ასახავს ობიექტების ურთიერთგანლაგებას), ფუნქციონალურ სტრუქტურას (საცხოვრებელი, სამრეწველო, ლანდშაფტური, რეკრიაციული და სხვა) და ტექნიკური სტრუქტურა

(შენობა, ნაგებობა, საინჟინრო ქსელები, ტექნოლოგიები, მანქანები და აგრეგატები, მასალები და სხვა) [52].

ნებისმიერი სისტემის სრული ცხოვრების ციკლი შედგება:

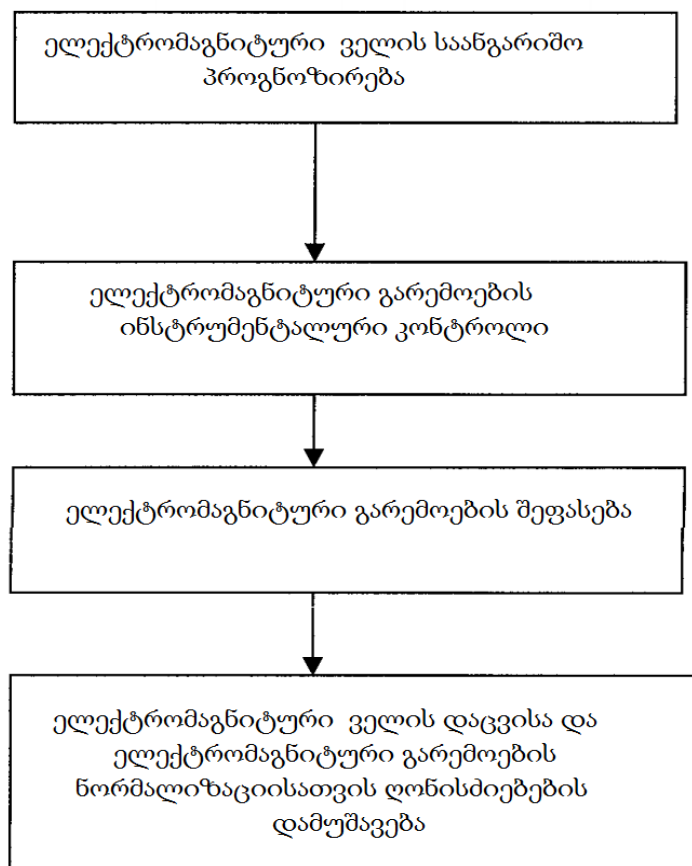
- კონცეპტუალური იდეები;
- სამეურნეო მოქმედების დასაბუთება;
- საინჟინრო ძიების ჩატარება;
- პროექტირება;
- - საკუთრივ მშენებლობა;
- ექსპლუატაცია;
- რეკონსტრუქცია;
- ექსპლუატაციიდან გამოყვანა;
- გადაპროექტირება;
- რეკულტივაცია.

ვითვალისწინებთ, რომ სისტემა „ელექტროგადაცემის ხაზი-სამშენებლო ობიექტები“ ხასიათდებიან კომპონენტების ხანგრძლივი ურთიერთმოქმედებით, პროექტირების ეტაპზე ელექტრომაგნიტური ველის ნეგატიური ზემოქმედების მინიმიზაციის მიზნით საჭიროა უფრო დეტალურად იქნეს პროგნოზირებული ექსპლუატაციის დროს სისტემის განვითარება, გაზრდილი უნდა იქნეს სანიტარულ - დაცვითი ზონები, რისთვისაც მოითხოვება არსებულ ნორმატივების გადახედვა, არჩეული იქნას სამშენებლო მასალები მაღალი ეკრანირების ეფექტურობით, სამშენებლო ობიექტის ორიენტაციის არჩევის დროს გათვალისწინებული უნდა იქნეს ელექტრომაგნიტური ველის გავრცელების ვექტორი და სხვა [52].

ელექტროგადაცემის ხაზის სიახლოვეს დასახლებული ტერიტორიების ელექტრომაგნიტური მონიტორინგის სისტემის განვითარების მიზნით საჭიროა შემდეგი ღონისძიებების რეალიზაცია:

1. ელექტრომაგნიტური მონიტორინგის პროგნოზირებისა და ჩატარების საანგარიშო მეთოდის დამუშავება და სრულყოფა;

2. ელექტრომაგნიტური ველის დამაბულობების დონეების ინსტრუმენტალური კონტროლის ჩატარების მეთოდიკების ჩატარებასა და სრულყოფა;
3. ცხოვრების ციკლის სისტემის ყველა სტადიაზე ელექტრომაგნიტური მონიტორინგის ჩატარება;
4. საკვლევ ტერიტორიაზე ელექტრომაგნიტური დაბინძურების შეფასება;
5. კვლევის შედეგების ინფორმაციული ბაზის შექმნა;
6. ელექტრომაგნიტური ველის დაცვისა და ელექტრომაგნიტური მდგომარეობის ნორმალიზაციისათვის ღონისძიებების შემუშავება.



ნახ. 2.1. 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 უზრუნველყოთ სანიტარულ-ჰიგიენური ნორმების შესაბამისი ელექტრომაგნიტური გარემოება;
- შევიძუშაოთ ელექტრომაგნიტური ველის დამაბულობის დონის შემცირების რეკომენდაციები .

### თავი 3. საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრომაგნიტური ველის დამაბულობების დონის თეორიული დასაბუთება და გაანგარიშება

#### 3.1 ზოგადი ცნობები საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზების შესახებ

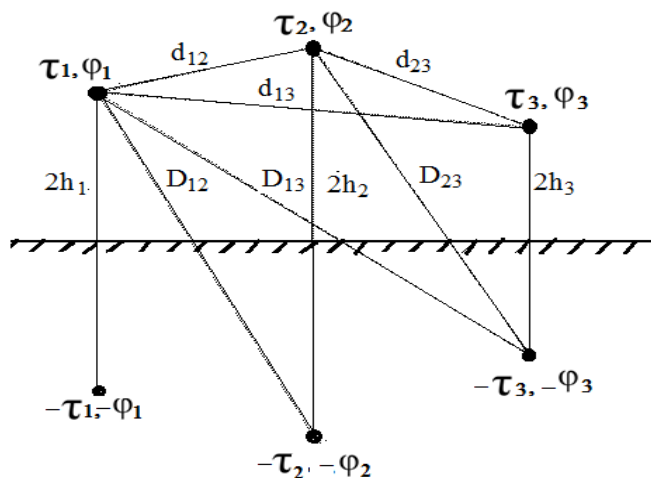
სადენების ჩამოკიდების ტიპის მიხედვით საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის საყრდენები იყოფიან სამ ჯგუფად: ანკერული, შუალედური და კუთხური, ხოლო წრედების რაოდენობის მიხედვით იყოფიან: ერთჯაჭვიანი, ორჯაჭვიანი და მრავალჯაჭვიანი. ძაბვის, სადენების განლაგებისა და ჯაჭვიანობიდან გამომდინარე მათი ელექტრული და მაგნიტური ველების დამაბულობების გავლენა სხვადასხვაა. წარმოდგენილ სადისერტაციო ნაშრომში ჩვენს მიერ განიხილება;

1. მაღალი ძაბვის ერთჯაჭვიანი წრედის ელექტრული ველის დამაბულობის თეორიული გაანგარიშება სადენების ჰორიზონტალური განლაგების დროს ხაზის ქვეშ და კიდურა სადენის გეგმილიდან დაშორებაზე.
2. Y 110-1 ტიპის ანკერულ-კუთხური საყრდენზე განლაგებული საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის კიდურა სადენის გეგნილიდან დაშორებულ P წერტილში A ფაზის ელექტრული ველის დამაბულობის გავლენის გაანგარიშების შემთხვევა.
3. საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის მაგნიტური ველის დამაბულობის გაანგარიშება საყრდენზე სადენების ჰორიზონტალური განლაგების შემთხვევაში.

საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზების ელექტრული და მაგნიტური ველების გაანგარიშებისათვის ვიყენებთ სარკული ასახვის მეთოდს.

**3.2. სარკული ასახვის მეთოდი და მისი გამოყენება სამფაზა ელექტრო-გადაცემის ხაზის ელექტრული და მაგნიტური ველის დაძაბულობების გაანგარიშებისათვის**

ელექტროტექნიკაში არსებობს მთელი რიგი ხელოვნური მეთოდებისა, რომლებიც საშუალებას იძლევიან დიდი გამოთვლების გარეშე ვიპოვოთ ველების განაწილება. მათ რიცხვს მიეკუთვნება სარკული ასახვის მეთოდი, რომელშიც გარდა მოცემული მუხტებისა შემოჰყავთ კიდევ დამატებითი სიდიდეები, რომელთა ადგილმდებარეობას ირჩევენ ისე, რომ ველში დააკმაყოფილოს სასაზღვრო პირობები. ტერიტორიულად მუხტებს ათავსებენ იქ, სადაც გეომეტრიულად მდებარეობენ მათი სარკული გამოსახულებები. მაგალითად მოცემულია სამი გრძელი სადენი, რომლებიც სიბრტყეში ერთმანეთის მიმართ მიწის ზევით განლაგებულია პარალელურად. სადენების რადიუსებია  $R_1, R_2, R_3$ , ჩამოკიდების ისრებია  $h_1, h_2, h_3$ , ცენტრებსშორისი დაშორება  $d_{12}, d_{13}, d_{23}$ , ამასთანავე  $h \gg R$ ,  $d \gg R$ . სადენების პოტენციალები  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$  ცნობილია (ნახ.3.1.) ერთადერთობის თეორიიდან გამომდინარე გამტარი გარემო (მიწა) იცვლება დიელექტრიკით  $\epsilon = \epsilon_0$ , ხოლო მიწის ზედაპირული მუხტები იცვლება სადენების საწინააღმდეგო ნიშნის სარკული მუხტების სისტემით. ელექტრული წანაცვლების ზეზს უგულვებელვყოფთ, რადგა პირობის თანახმად  $h \gg R$ .



ნახ.3.1. სადენების მუხტები და პოტენციალები

ნებისმიერ  $n$  წერტილში ველის პარამეტრების გაანგარიშება შეიძლება შესრულებული იქნეს ზედდების მეთოდით, ანუ ველის ჯამური პარამეტრები შეიძლება ვიპოვოთ როგორც თვით სადენების, ასევე მათი სარკული ასახვების მუხტების დამოუკიდებელი მოქმედების შესაბამისი მდგენელების ჯამი:

$$\bar{E}_n = \bar{E}_{n1} + \bar{E}_{n2} + \bar{E}_{n3} + \dots + \bar{E}'_{n1} + \bar{E}'_{n2} + \bar{E}'_{n3} + \dots$$

$$\varphi_n = \varphi_{n1} + \varphi_{n2} + \varphi_{n3} + \dots + \varphi'_{n1} + \varphi'_{n2} + \varphi'_{n3} + \dots$$

პოტენციალი პირველი სადენის ზედაპირზე:

$$\begin{aligned} \varphi &= \frac{\tau_1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{1}{R} + \frac{-\tau_1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{1}{2h_1} + \frac{\tau_2}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{1}{d_{12}} + \frac{-\tau_2}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{1}{D_{12}} + \frac{\tau_3}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{1}{d_{13}} + \frac{-\tau_3}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{1}{D_{13}} + \dots = \\ &= \frac{\tau_1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{2h_1}{R_1} + \frac{\tau_2}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{D_{12}}{d_{12}} + \frac{\tau_3}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{D_{13}}{d_{13}} + \dots = \alpha_{11}\tau_1 + \alpha_{12}\tau_2 + \alpha_{13}\tau_3 + \dots \end{aligned}$$

ანალოგიურად მეორე და მესამე სადენის ზედაპირზე.

$$\left\{ \begin{array}{l} \varphi_1 = \alpha_{11}\tau_1 + \alpha_{12}\tau_2 + \alpha_{13}\tau_3 + \dots \\ \varphi_2 = \alpha_{21}\tau_1 + \alpha_{22}\tau_2 + \alpha_{23}\tau_3 + \dots \\ \varphi_3 = \alpha_{31}\tau_1 + \alpha_{32}\tau_2 + \alpha_{33}\tau_3 + \dots \\ \dots \end{array} \right.$$

მიღებული სისტემა წარმოადგენს მაქსველის ფორმულების პირველ ჯგუფს,

სადაც აღნიშნულია:

$$\alpha_{11} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{2h_1}{R_1}, \quad \alpha_{22} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{2h_2}{R_2}, \quad \dots$$

არის საკუთარი პოტენციალური კოეფიციენტები;

$$\alpha_{12} = \alpha_{21} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{D_{12}}{d_{12}}, \quad \alpha_{13} = \alpha_{31} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{D_{13}}{d_{13}},$$

არის ურთიერთპოტენციალური კოეფიციენტები.

პოტენციალური კოეფიციენტები განისაზღვრებიან ხაზის გეომეტრიული პარამეტრებით, ისინი ყოველთვის დადებითი სიდიდეებია და მათი განზომილებაა [ 1/ფ].

თუ მოცემულია სადენების პოტენციალები  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \dots$  მაშინ მათი მუხტები  $\tau_1, \tau_2, \tau_3 \dots$  შეიძლება განსაზღვრული იქნენ (3.1) პოტენციალური განტოლებათა სისტემის ამოხსნით:

$$\left\{ \begin{array}{l} \tau_1 = \Delta_1 / \Delta = \beta_{11}\varphi_1 + \beta_{12}\varphi_2 + \beta_{13}\varphi_3 + \dots \\ \tau_2 = \Delta_2 / \Delta = \beta_{21}\varphi_1 + \beta_{22}\varphi_2 + \beta_{23}\varphi_3 + \dots \\ \tau_3 = \Delta_3 / \Delta = \beta_{31}\varphi_1 + \beta_{32}\varphi_2 + \beta_{33}\varphi_3 + \dots \end{array} \right.$$

მიღებული განტოლებათა სისტემა წარმოადგენს მაქსველის განტოლებათა მეორე სისტემას, სადაც აღნიშნულია:

$\beta_{11}, \beta_{22}, \beta_{33} \dots$  – არის საკუთარი ტევადური კოეფიციენტები, ისინი ყოველთვის დადებითი სიდიდეებია;

$\beta_{12} = \beta_{21}, \beta_{13} = \beta_{31}$  – არის ურთიერთ ტევადური კოეფიციენტები. ისინი ყოველთვის უარყოფითია.

პრაქტიკაში ყველაზე უფრო მოსახერხებელია ვისარგებლოთ მაქსველის განტოლებათა მესამე ჯგუფის ფორმულებით ნაწილობრივი ტევადობებით:

$$\left\{ \begin{array}{l} \tau_1 = U_{10}C_{11} + U_{12}C_{12} + U_{13}C_{13} + \dots \\ \tau_2 = U_{21}C_{21} + U_{20}C_{22} + U_{23}C_{23} + \dots \\ \tau_3 = U_{31}C_{31} + U_{32}C_{32} + U_{30}C_{33} + \dots \end{array} \right.$$

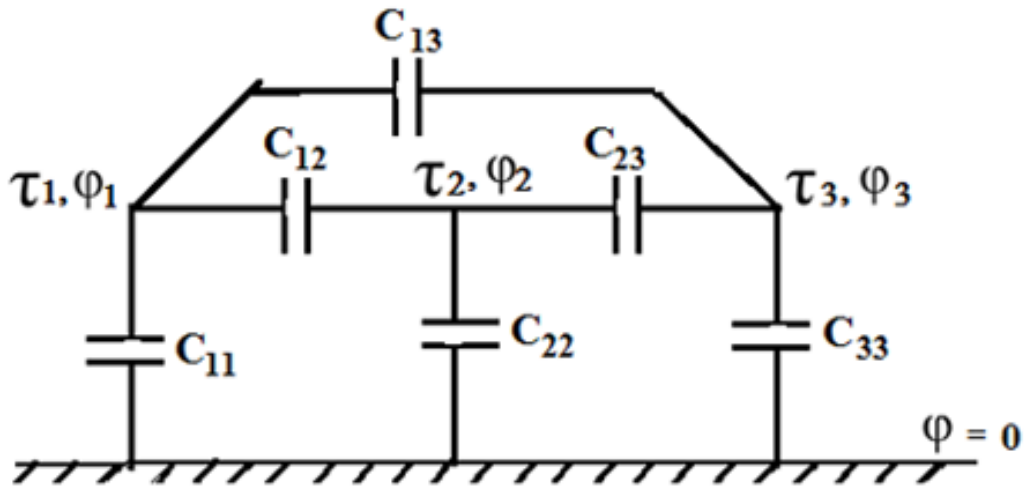
აქ აღნიშნული:

$$U_{10} = \varphi_1 - \varphi_0, U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2, U_{21} = \varphi_2 - \varphi_1, \dots$$

წარმოადგენენ ძაბვებს სქემის შესაბამის ელემენტებს შორის (ნახ.3.2).

ნაწილობრივი ტევადობები განისაზღვრებიან მაქსველის მეორე განტოლებათა სისტემის ტევადური კოეფიციენტების საშუალებით. სამფაზა საჭაერო ხაზის გეომეტრიული ზომები განივ განიკვეთში შეუდარებლად მცირეა 50 ჰვ სიხშირეზე ელექტრომაგნიტური ტალღის სიგრძესთან ( $\lambda = 6000$

კმ) შედარებით. ამ მიზეზით ხაზის განივ განივკვეთში ტალღური პროცესები შეიძლება უგულვებელვყოთ და ზემოთ მიღებული თანაფარდობები სტატიკურ რეჟიმში დიდი სიზუსტით შეიძლება გამოყენებული იქნეს ცვლადი დენის 50 კვ სამრეწველო სიხშირის ელექტროგადაცემის ხაზების ელექტრომაგნიტური ველის დამაბულობების გაანგარიშებისათვის.



ნახ. 3.2. ხაზის ტევადობების ჩანაცვლების სქემა

### 3.3. ერთჯაჭვა მაღალი ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრული ველის დამაბულობის განსაზღვრა სადენების ჰორიზონტალური განლაგების ხაზის ქვეშ

მაღალი ძაბვის ელექტროგადაცემის ხაზის მიერ შექმნილი ელექტრული ველის დამაბულობის დონე წარმოადგენს ხაზის გარშემო სივრცეში ეკოლოგიური გავლენის შეფასების ერთერთ პარამეტრს.

სამეცნიერო ლიტერატურის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ელექტრული ველის დამაბულობის მაღალ დონეს ცოცხალ ორგანიზმებში შეუძლია გამოიწვიოს ნეგატიური შედეგები ხანმოკლე ზემოქმედების დროსაც კი. ელექტრულ ველში ადამიანის სისტემატურად ხანგრძლივად ყოფნის დროს შეიძლება აღიძვრას ნერვული, გულსისხლძარღვთა, იმუნური სისტემების

ფუნქციონალური ცვლილებები, ასევე არსებობს ავთვისებიანი სიმსივნეების განვითარების რისკის ალბათობა. [48,53,54].

მაღალი ძაბვის ელექტროგადაცემის ხაზების ელექტრული ველის ზემოქმედებისაგან მოსახლეობის დაცვის მიზნით დადგენილია სანიტარულ - დამცავი ზონები. საჭაერო ხაზის სანიტარულ-დამცავ ზონას წარმოადგენს ტერიტორია ხაზის გასწვრივ, რომელზეც ელექტრული ველის დამაბულობა აღემატება 1 კვ/მ [16].

წინამდებარე სადისერტაციო სამუშაოს მიზანს წარმოადგენს ერთჯაჭვა მაღალი ძაბვის საჭაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრული ველის დამაბულობის განსაზღვრა სადენების ჰორიზონტალური განლაგების ხაზის ქვეშ (ნახ.3.2).

სარკული ასახვის მეთოდით ელექტრული ველის დამაბულობის გაანგარიშებისათვის პირველ რიგში ხაზის სადენებზე უნდა განისაზღვროს მუხტების წრფივი სიმკვრივე. მუხტების წრფივი სიმკვრივის განსაზღვრისათვის შეიძლება გამოვიყენოთ ელექტროსტატიკური ველის თეორია [5,6]. ამისათვის საჭიროა დროის მოცემულ მომენტში ვიპოვოთ ხაზებზე ძაბვის მყისა მნიშვნელობები. ხაზებზე ფაზური ძაბვების განტოლებათა სისტემას აქვს სახე:

$$\begin{cases} u_A = U_{\text{ფ}} \sqrt{2} \sin \omega t \\ u_B = U_{\text{ფ}} \sqrt{2} \sin(\omega t - 120^\circ) \\ u_C = U_{\text{ფ}} \sqrt{2} \sin(\omega t + 120^\circ) \end{cases} \quad (3.1)$$

დროის  $t=0$  მომენტისათვის (3.1) განტოლებათა სისტემა მიიღებს სახეს:

$$\begin{cases} u_A = 0 = \varphi_A \\ u_B = U_{\text{ფ}} \sqrt{2} \sin(-120^\circ) = -\varphi_B \\ u_C = U_{\text{ფ}} \sqrt{2} \sin(120^\circ) = \varphi_C \end{cases} \quad (3.2)$$

სადაც  $\varphi_A$ ,  $\varphi_B$ ,  $\varphi_C$  - შესაბამისად პოტენციალებია A, B, C ფაზების სადენების ზედაპირზე.

შემდგომი გაანგარიშებისათვის ვიყენებთ სარკული ასახვის მეთოდს. ამისათვის ვაგებთ საანგარიშო სქემას [55,56], რომელიც მოცემულია ნახ.3.3-

ზე. სამსადენიანი ელექტროგადაცემის ხაზის სადენები დედამიწის ზედაპირიდან განთავსებულია  $H$  სიმაღლეზე. ელექტროგადაცემის ხაზის ფაზური ძაბვაა  $U_{\Phi}$ . დამორება უახლოეს ხაზებს შორის  $d$ , ხოლო სადენის რადიუსია  $r_0$ . უნდა განისაზღვროს ელექტრული ველის დამაბულობა სადენების ქვეშ  $P$  წერტილში.

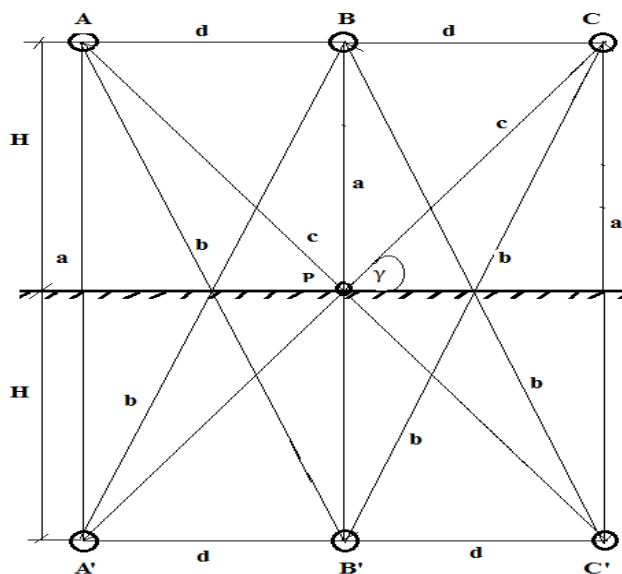
ხაზის გეომეტრული პარამეტრებიდან გამომდინარე განვსაზღვროთ პოტენციალები თითოეული სადენის ზედაპირზე. მაგალითად  $A$  ფაზის სადენის ზედაპირზე პოტენციალი  $\varphi_A$  შედგება საკუთრივ მისი და მისი სარკული ასახვის პოტენციალებისაგან  $\varphi_{AA}$ , და ასევე დანარჩენი ფაზებისა და მათი სარკული ასახვის  $\varphi_{AB}$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

$$\varphi_A = \varphi_{AA} + \varphi_{AB} + \varphi_{AC} \quad (3.3)$$

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

$$\varphi_{AA} = \frac{\tau_A}{2\pi\epsilon_0} \ln\left(\frac{a}{r_0}\right) \quad (3.4)$$

სადაც  $\tau_A$ -  $A$  ფაზის სადენზე მუხტის წრფივი სიმკვრივეა კლ/მ;  $r_0$ -სადენის რადიუსია,მ;  $a=2H$ - არის დამორება სადენიდან მის სარკულ ასახვამდე;  $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12}$  ფ/მ -ელექტრული მუდმივაა.



ნახ.3.3. ელექტროგადაცემის სამფაზა ხაზისა და მისი სარკული ასახვის სქემატური გამოსახვა



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

$$\varphi_{AB} = \frac{\tau_B}{2\pi\epsilon_0} \ln\left(\frac{b}{d}\right) \quad (3.5)$$

$$\varphi_{AC} = \frac{\tau_C}{2\pi\epsilon_0} \ln\left(\frac{c}{2d}\right) \quad (3.6)$$

სადაც:  $\tau_B$  და  $\tau_C$  - 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 (3.3), (3.4) და (3.5) ფორმულებით განსაზღვრული პოტენციალების მნიშვნელობებს გავყოფთ შესაბამის  $\tau_A$ ,  $\tau_B$ ,  $\tau_C$  - მუხტების ზედაპირულ სიმკვრივეზე, მაშინ მივიღებთ პოტენციალურ კოეფიციენტებს:

$$\alpha_{AA} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln\left(\frac{a}{r_0}\right)$$

$$\alpha_{AB} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln\left(\frac{b}{d}\right) \quad (3.7)$$

$$\alpha_{AC} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln\left(\frac{c}{2d}\right)$$

როგორც (3.6) 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/ვ.

ნახ.3.2- გამომდინარეობს, რომ:

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

სადენების მუხტების განსაზღვრისათვის შევადგინოთ მაქსველის ფორმულების პირველი ჯგუფი:

$$\begin{cases} \varphi_A = \tau_A \alpha_{AA} + \tau_B \alpha_{AB} + \tau_C \alpha_{AC} \\ \varphi_B = \tau_A \alpha_{BA} + \tau_B \alpha_{BB} + \tau_C \alpha_{BC} \\ \varphi_C = \tau_A \alpha_{CA} + \tau_B \alpha_{CB} + \tau_C \alpha_{CC} \end{cases} \quad (3.8)$$

ამოვხსნით რა (3.8) განტოლებათა სისტემას, მივიღებთ მუხტების წრფივ სიმკვრივეს  $\tau_A, \tau_B, \tau_C$  სამი სადენისათვის. განვსაზღვროთ ელექტრული ველის დამაბულობა სადენის ქვეშ P წერტილში შედგება ყველა სადენისა და მათი სარკული ასახვის ველების დამაბულობებისაგან.

გამოვიყენებთ, რა მუხტის სიმკვრივის მიღებულ სიდიდეებს, შეიძლება ჩავწეროთ:

$$\vec{E}_P = \vec{E}_{PA} + \vec{E}_{PB} + \vec{E}_{PC} + \vec{E}'_{PA} + \vec{E}'_{PB} + \vec{E}'_{PC} \quad (3.9)$$

თითოეული სადენისათვის ველის დამაბულობის ვექტორის მოდული შეიძლება განვსაზღვროთ გამოსახულებებით:

$$\begin{aligned} E_{PA} = E'_{PA} &= \frac{\tau_A}{2\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{0,5C} \\ E_{PB} = E'_{PB} &= \frac{\tau_B}{2\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{H} \\ E_{PC} = E'_{PC} &= \frac{\tau_C}{2\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{0,5C} \end{aligned} \quad (3.10)$$

როგორც ნახ.3.2-დან ჩანს ყველა ვექტორის ჰორიზონტალური პროექციები ერთმანეთს აკომპენსირებენ.

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

$$E_P = 2 \frac{\tau_A}{2\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{0,5c} \sin\gamma + 2 \frac{\tau_B}{2\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{H} + 2 \frac{\tau_C}{2\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{0,5c} \sin\gamma \quad (3.11)$$

სადაც,  $\gamma$ -არის კუთხე დედამიწის სიბრტყესა და  $c$  სწორ ხაზს შორის;  $h, c$  - საანგარიშო სქემაზე შესაბამისი დაშორებებია.

$$\sin\gamma = \frac{H}{\sqrt{H^2 + d^2}} \quad (3.12)$$

**ამოცანა.** 1.გავიანგარიშოთ 220 კვ სამფაზა ელექტროგადამცემი ხაზის ელექტრული ველის დამაბულობა საყრდენის ფუძესთან რომლის საწყისი მონაცემებია:[56].

ფაზური ძაბვა - $U_{ფ} = 220$  კვ;

ჩამოკიდების სიმაღლე - $H = 25$  მ;

დამორება სადენებს შორის - $d = 8$  მ;

სადენის რადიუსი-  $r_0 = 2,7$  სმ =  $0,027$  მ;

### გაანგარიშება

$t=0$  მომენტისათვის (3,2) განტოლებათა სისტემაში განვსაზღვროთ ფაზური ძაბვები:

$$u_A = 0 = \varphi_A,$$

$$u_B = -268,63 = \varphi_B,$$

$$u_C = 268,63 = \varphi_C.$$

(3.7) გამოსახულების მიხედვით ვიპოვოთ პოტენციალური კოეფიციენტები:

$$\alpha_{AA} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln\left(\frac{a}{r_0}\right) = \frac{1}{2,3,14,8,85 \cdot 10^{-12}} \ln\left(\frac{50}{0,027}\right) = 13,52 \cdot 10^{10}$$

$$\alpha_{AB} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln\left(\frac{b}{d}\right) = \frac{1}{2,3,14,8,85 \cdot 10^{-12}} \ln\left(\frac{50,6}{8}\right) = 3,31 \cdot 10^{10}$$

$$\alpha_{AC} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln\left(\frac{c}{2d}\right) = \frac{1}{2,3,14,8,85 \cdot 10^{-12}} \ln\left(\frac{52,5}{16}\right) = 2,14 \cdot 10^{10}$$

სადაც

$$a = 2 \cdot H = 2 \cdot 25 = 50 \text{ მ};$$

$$b = \sqrt{a^2 + d^2} = \sqrt{50^2 + 8^2} = 50,6 \text{ მ};$$

$$c = \sqrt{a^2 + (2d)^2} = \sqrt{50^2 + 16^2} = 52,6 \text{ მ};$$

მიღებული რიცხვითი მნიშვნელობები ჩავსვათ (3.7) განტოლებათა სისტემაში და მივიღებთ

$$0 = 13,52 \cdot 10^{10} \tau_A + 3,31 \cdot 10^{10} \tau_B + 2,14 \cdot 10^{10} \tau_C$$

$$-268,64 = 3,31 \cdot 10^{10} \tau_A + 13,52 \cdot 10^{10} \tau_B + 3,31 \cdot 10^{10} \tau_C$$

$$268,64 = 2,14 \cdot 10^{10} \tau_A + 3,31 \cdot 10^{10} \tau_B + 13,52 \cdot 10^{10} \tau_C$$

ამ განტოლებათა სისტემის ამოხსნით ვპოულობთ:

$$\tau_A = 2,44 \cdot 10^{-7} \text{ კლ/მ;}$$

$$\tau_B = 26,85 \cdot 10^{-7} \text{ კლ/მ;}$$

$$\tau_C = 26,52 \cdot 10^{-7} \text{ კლ/მ}$$

(3.10) გამოსახულებების მიხედვით თითოეული სადენისათვის განვსაზღვროთ ელექტრული ველის დაძაბულობის ვექტორის მოდული:

$$E_{PA} = E'_{PA} = \frac{2,44 \cdot 10^{-7}}{2,3,14,8,85 \cdot 10^{-12}} \cdot \frac{1}{0,5,52,6} = 173,44 \text{ ვ/მ;}$$

$$E_{PB} = E'_{PB} = \frac{26,85 \cdot 10^{-7}}{2,3,14,8,85 \cdot 10^{-12}} \cdot \frac{1}{25} = 1932,42 \text{ ვ/მ;}$$

$$E_{PC} = E'_{PC} = \frac{26,52 \cdot 10^{-7}}{2,3,14,8,85 \cdot 10^{-12}} \cdot \frac{1}{0,5,52,6} = 1814,32 \text{ ვ/მ}$$

(3.11) გამოსახულებით P წერტილში ვპოულობთ დაძაბულობის  $E_P$  ვექტორის მოდულს.

$$E_P = 2 \frac{\tau_A}{2\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{0,5c} \sin\gamma + 2 \frac{\tau_B}{2\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{H} + 2 \frac{\tau_C}{2\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{0,5c} \sin\gamma =$$

$$2F_{PA} \sin\gamma + 2F_{PB} + 2F_{PC} \sin\gamma = 2 \times 173,44 \times 0,952 +$$

$$2 \times 1932,42 + 2 \times 1814,32 \times 0,952 = 7651,47 \text{ ვ/მ}$$

სადაც

$$\sin\gamma = \frac{H}{\sqrt{H^2 + d^2}} = \frac{25}{\sqrt{25^2 + 8^2}} = \frac{25}{26,25} = 0,952$$

ქვემოთ, ცხრილი 3.1-ში, წარმოდგენილია 220 კვ საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრული ველის დაძაბულობის დამოკიდებულება დედამიწის ზედაპირიდან დაშორებაზე. [57].

ამრიგად, სარკული ასახვის მეთოდით ჩატარებული საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრული ველის დაძაბულობის დონის გაანგარიშების საფუძველზე მოცემულია 220 კვ საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრული ველის დაძაბულობის დონის დედამიწის ზედაპირიდან დაშორებაზე დამოკიდებულების ცხრილი. მიღებული შედეგები სასარგებლო იქნება სანიტარულ-ჰიგიენური ნორმების შეფასებისათვის აღნიშნული ძაბვის ხაზობრივი ნაგებობების დაცვის ზონაში სასოფლო სამეურნეო და სხვა მსგავსი სამუშაოების შესრულების დროს.

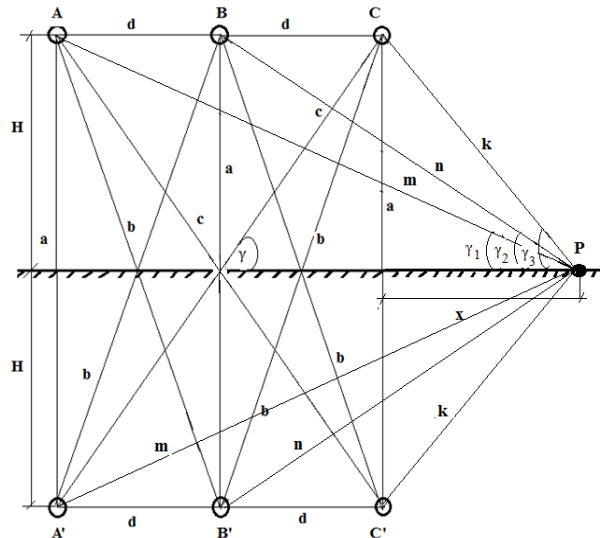
**ცხრილი 3.1. 220 კვ საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრული ველის დამაბულობის დამოკიდებულება დედამიწის ზედაპირიდან დაშორებაზე**

დაშორება დედამიწის ზედაპირიდან, მ	0	1	1,5	2,0	2,5	3,0
ელექტრული ველის დამაბულობა, ვ/მ	7651,47	7816,00	8020,09	8148,69	8323,5	8512,62
დაშორება დედამიწის ზედაპირიდან, მ	3,5	4,0	4,5	5,0	10,0	
ელექტრული ველის დამაბულობა, ვ/მ	8723,08	8866,74	9070,04	9255,11	11768,46	

**3.4. ერთჯაჭვა მაღალი ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრული ველის დამაბულობის დამოკიდებულება კიდურა ხაზის გეგმილიდან დაშორებაზე სადენების ჰორიზონტალური განლაგების დროს**

მოცემულ შემთხვევაში სადისერტაციო სამუშაოს მიზანს წარმოადგენს საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის მიერ შექმნილი ელექტრული ველის დამაბულობის დონის გაანგარიშება საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის კიდურა სადენის გეგმილიდან დაშორებზე სადენების ჰორიზონტალური განლაგების დროს. განტოლებათა სისტემა (3.1)-(3.9)-ის გამოსახულებების ჩათვლით ანალოგიურია წინა პარაგრაფში მოყვანილი განტოლებათა სისტემისა. პირველ რიგში ვაგებთ საანგარიშო სქემას სარკული ასახვის მეთოდისათვის, რომელიც მოცემულია ნახ.3.4-ზე.

ხაზის საწყისი მონაცემების დასახელება იგივეა რაც წინა პარაგრაფში. უნდა განისაზღვროს ელექტრული ველის დამაბულობა კიდურა სადენის გემილიდან X დაშორებაზე. P წერტილში [57].



ნახ.3.4. ელექტროგადაცემის სამფაზა ხაზისა და მისი სარკული ასახვის სქემატური გამოსახვა კიდურა ხაზის გემილიდან დაშორებაზე სადენების ჰორიზონტალური განლაგების დროს

თითოეული სადენისათვის ველის დამაბულობის ვექტორის მოდული შეიძლება განვსაზღვროთ გამოსახულებებით:

$$\begin{aligned}
 E_{PA} &= E'_{PA} = \frac{\tau_A}{2\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{m} \\
 E_{PB} &= E'_{PB} = \frac{\tau_B}{2\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{n} \\
 E_{PC} &= E'_{PC} = \frac{\tau_C}{2\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{k}
 \end{aligned}
 \tag{3.13}$$

სადაც,

$$\begin{aligned}
 m &= \sqrt{(2d + X)^2 + H^2} \\
 n &= \sqrt{(d + X)^2 + H^2} \\
 k &= \sqrt{X^2 + H^2}
 \end{aligned}
 \tag{3.14}$$

სადაც, m, n და k – არის შესაბამისად უმოკლესი დაშორება P წერტილისა A, B და C ფაზებიდან. როგორც ნახ.3.3-დან ჩანს ყველა

ვექტორის ჰორიზონტალური პროექციები ერთმანეთს აკომპენსირებენ. თუ მხედველობაში მივიღებთ შესაბამისი დაძაბულობების მოდულების ტოლობას, მაშინ  $E_p$  ვექტორის მოდული შეიძლება ვიპოვოთ ფორმულით:

$$E_p = 2 \frac{\tau_A}{2\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{m} \sin\gamma_1 + 2 \frac{\tau_B}{2\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{n} \sin\gamma_2 + 2 \frac{\tau_C}{2\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{0,5c} \sin\gamma_3 \quad (3.15)$$

სადაც  $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$  – არის შესაბამისად კუთხე დედამიწის სიბრტყესა და საანგარიშო სქემაზე P წერტილის ფაზებიდან m, n და k დაშორებებს შორის.

$$\sin\gamma_1 = \frac{H}{m}; \quad \sin\gamma_2 = \frac{H}{n}; \quad \sin\gamma_3 = \frac{H}{k} \quad (3.16)$$

**ამოცანა 2.** გავიანგარიშოთ  $U_{\text{ფ}} = 500$  კვ სამფაზა ელექტროგადამცემი ხაზის ელექტრული ველის დაძაბულობა, კიდურა სადენის გეგმილიდან  $X = 5$  მ-ის დაშორებით  $H = 15,5$  მ სიმაღლეზე, თუ დაშორება სადენებს შორის  $d = 10,0$  მ. სადენები განლაგებულია ჰორიზონტალურად (ნახ.1). ხაზის სიმაღლე აღებულია 15,5 მ, გამომდინარე იქედან, რომ ეს სიმაღლე „ ПУЭ – 7–ს ცხრილი 2.5.22 –ის მიხედვით დაშვებულია დასახლებულ პუნქტებში მინიმალურ დასაშვებ სიმაღლედ და საჭიროა განისაზღვროს ელექტრული ველის დაძაბულობის მნიშვნელობა ასეთი დაშვების შემთხვევაში რამდენად შეესაბამება სანიტარული ნორმების მოთხოვნებს.[57].

500 კვ საჰაერო ელექტროგადამცემის ხაზის ფაზები გახლეჩილია სამ სადენად. ხაზის ეკვივალენტური რადიუსი სამი სადენის შემთხვევაში იანგარიშება ფორმულით:

$$r_{\text{ავ}} = \sqrt[n]{r_0 \alpha^{n-1}} = \sqrt[3]{12,25 \cdot 600^2} = 164 \text{ მმ} = 0,164 \text{ მ.}$$

სადაც n – არის სადენების რაოდენობა გახლეჩილ ფაზაში (n=3);

$r_0$  – არის ხაზის ერთი სადენის რადიუსი და იგი აღებულია,  $r_0 = 12,25$  მმ;

$\alpha$  – არის დაშორება გახლეჩილი ფაზის სადენებს შორის და აიღება 400–600 მმ.

### განგარიშება

$t=0$  მომენტისათვის (3.2) განტოლებათა სისტემაში განვსაზღვროთ ფაზური ძაბვები:

$$\begin{aligned} u_A &= 0 = \varphi_A, \\ u_B &= -610,5 = \varphi_B, \\ u_C &= 610,5 = \varphi_C. \end{aligned}$$

(3.7) გამოსახულების მიხედვით ვიპოვოთ პოტენციალური კოეფიციენტები:

$$\alpha_{AA} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln\left(\frac{a}{r_{337}}\right) = \frac{1}{2,3,14,8,85 \cdot 10^{-12}} \ln\left(\frac{31}{0,164}\right) = 9,43 \cdot 10^{10}$$

$$\alpha_{AB} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln\left(\frac{b}{d}\right) = \frac{1}{2,3,14,8,85 \cdot 10^{-12}} \ln\left(\frac{32,6}{10}\right) = 2,13 \cdot 10^{10}$$

$$\alpha_{AC} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln\left(\frac{c}{2d}\right) = \frac{1}{2,3,14,8,85 \cdot 10^{-12}} \ln\left(\frac{36,9}{20}\right) = 1,11 \cdot 10^{10}$$

სადაც,

$$a = 2 \cdot H = 2 \cdot 15,5 = 31 \text{ მ};$$

$$b = \sqrt{a^2 + d^2} = \sqrt{31^2 + 10} = 32,6 \text{ მ};$$

$$c = \sqrt{a^2 + (2d)^2} = \sqrt{31^2 + 20^2} = 36,9 \text{ მ};$$

მიღებული რიცხვითი მნიშვნელობები ჩავსვით (3.8) განტოლებათა სისტემაში და მივიღებთ

$$\begin{aligned} 0 &= 9,43 \cdot 10^{10} \tau_A + 2,13 \cdot 10^{10} \tau_B + 1,11 \cdot 10^{10} \tau_C \\ -610,5 &= 2,13 \cdot 10^{10} \tau_A + 9,43 \cdot 10^{10} \tau_B + 2,13 \cdot 10^{10} \tau_C \\ 610,5 &= 1,11 \cdot 10^{10} \tau_A + 2,13 \cdot 10^{10} \tau_B + 9,43 \cdot 10^{10} \tau_C \end{aligned}$$

ამ განტოლებათა სისტემის ამოხსნით ვპოულობთ:

$$\begin{aligned} \tau_A &= 19,3 \cdot 10^{-7} \text{ კლ/მ}; \\ \tau_B &= 84,85 \cdot 10^{-7} \text{ კლ/მ}; \\ \tau_C &= 82,2 \cdot 10^{-7} \text{ კლ/მ} \end{aligned}$$

განვსაზღვროთ თითოეული სადენისათვის ელექტრული ველის დაძაბულობის ვექტორის მოდული. ამისათვის პირველ რიგში (3.14) გამოსახულების მიხედვით განვსაზღვროთ P წერტილის უმოკლესი დაშორება A, B და C ფაზებიდან.

$$m = \sqrt{(2d + X)^2 + H^2} = \sqrt{25^2 + 15,5^2} = 29,41 \text{ მ};$$



$$n = \sqrt{(d + X)^2 + H^2} = \sqrt{15^2 + 15,5^2} = 21,57 \text{ მ};$$

$$k = \sqrt{X^2 + H^2} = \sqrt{5^2 + 15,5^2} = 16,29 \text{ მ}$$

მიღებული მონაცემები და მუხტების წრფივი სიმკვრივის მნიშვნელობები შევიტანოთ (3.13) გამოსახულებაში და მივიღებთ:

$$E_{PA} = E'_{PA} = \frac{19,03 \cdot 10^{-7}}{2,3 \cdot 14,8 \cdot 85 \cdot 10^{-12}} \cdot \frac{1}{29,41} = 1181,1 \text{ ვ/მ};$$

$$E_{PB} = E'_{PB} = \frac{84,85 \cdot 10^{-7}}{2,3 \cdot 14,8 \cdot 85 \cdot 10^{-12}} \cdot \frac{1}{21,6} = 7076,7 \text{ ვ/მ};$$

$$E_{PC} = E'_{PC} = \frac{82,2 \cdot 10^{-7}}{2,3 \cdot 14,8 \cdot 85 \cdot 10^{-12}} \cdot \frac{1}{16,3} = 9074,1 \text{ ვ/მ}$$

(3.16) გამოსახულებით განვსაზღვროთ დედამიწის სიბრტყესა და საანგარიშო სქემაზე P წერტილის ფაზებიდან უმოკლეს m,n და k დაშორებებს შორის კუთხეების სინუსები:

$$\sin \gamma_1 = \frac{H}{m} = \frac{15,5}{29,41} = 0,53$$

$$\sin \gamma_2 = \frac{H}{n} = \frac{15,5}{21,57} = 0,72$$

$$\sin \gamma_3 = \frac{H}{k} = \frac{15,5}{16,29} = 0,95$$

(3.15) გამოსახულებით P წერტილში ვპოულობთ დაძაბულობის  $E_P$  ვექტორის მოდულს.

$$E_P = 2 \frac{\tau_A}{2\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{m} \sin \gamma_1 + 2 \frac{\tau_B}{2\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{n} \sin \gamma_2 + 2 \frac{\tau_C}{2\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{0,5c} \sin \gamma_3 =$$

$$\frac{2 \cdot 10^{-7}}{2,3 \cdot 14,8 \cdot 85 \cdot 10^{-12}} \left( \frac{19,3}{29,41} \cdot 0,53 + \frac{84,85}{21,6} \cdot 0,72 + \frac{82,2}{16,3} \cdot 0,95 \right) =$$

$$3598,55 (0,35 + 2,83 + 4,79) = 28680,4 \text{ ვ/მ} = 28,68 \text{ კვ/მ}$$

ცხრილი 3.2-ში წარმოდგენილია 500 კვ საჰერო ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრული ველის დამაბულობის დამოკიდებულება კიდურა ხაზის გეგმილიდან დაშორებაზე, როცა ხაზი დედამიწის ზედაპირიდან დაშორებულია 15,5 მ მანძილით.

ცხრილი 3.2. 500 კვ საჰერო ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრული ველის დამაბულობის დამოკიდებულება კიდურა ხაზის გეგმილიდან დაშორებაზე

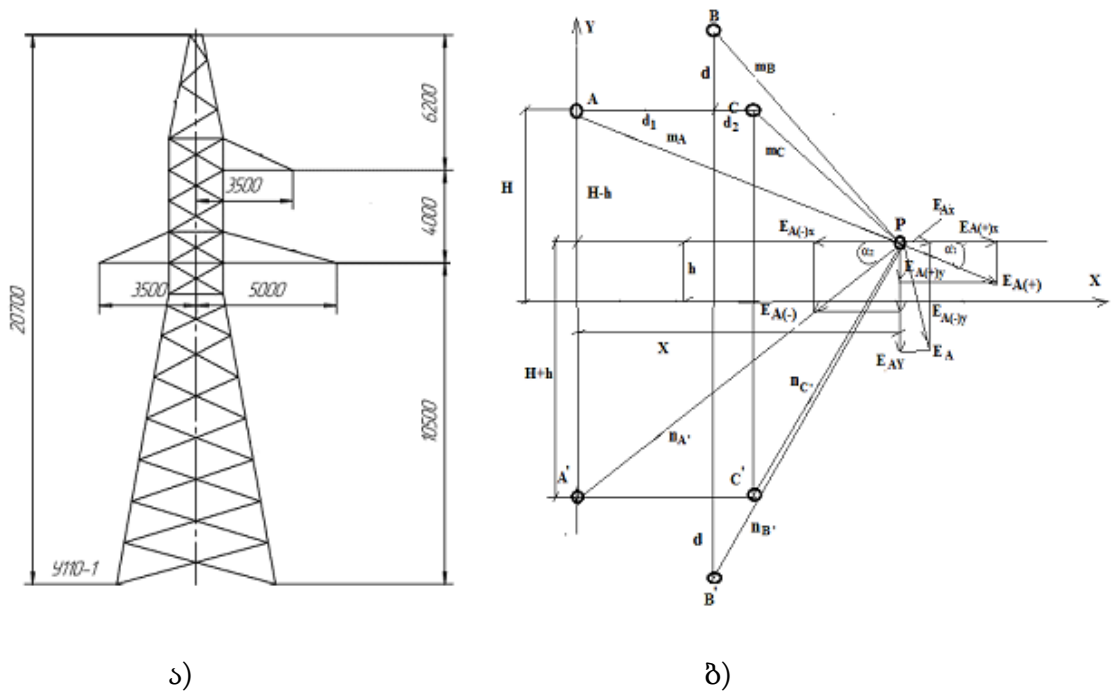
დაშორება კიდურა ხაზის გეგმილიდან,მ	0,0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0
ელექტრული ველის დამაბულობა, კვ/მ	32,64	28,68	20,08	14,72	10,94	8,35
დაშორება კიდურა ხაზის გეგმილიდან,მ	30,0	35,0	40,0	45,0	50,0	100,0
ელექტრული ველის დამაბულობა, კვ/მ	6,59	5,15	4,14	3,46	2,84	0,90

ნორმატიული დოკუმენტის [5] მიხედვით 500 კვ საჰერო ხაზის დაცვის ზონა არის 30 მ, მაგრამ როგორც ცხრილი 3.2-დან ჩანს დაცვის ზონაში ელექტრული ველის დამაბულობა ბევრად აღემატება საცხოვრებელი ზონის ტერიტორიაზე სანიტარული ნორმებითა და წესებით [4] დადგენილ ელექტრული ველის დამაბულობის 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.[58]

ამრიგად, სარკული ასახვის მეთოდით ჩატარებული საჰერო ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრული ველის დამაბულობის დონის გაანგარიშების საფუძველზე მოცემულია 500 კვ საჰერო ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრული ველის დამაბულობის დონის ხაზის კიდურა სადენის

გეგმილიდან დაშორებაზე დამოკიდებულების ცხრილი, როცა საჰაერო ხაზი დედამიწის ზედაპირიდან დაშორებულია 15,5 მ მანძილით. მიღებული შედეგები სასარგებლო იქნება სანიტარულ-ჰიგიენური ნორმების შეფასებისათვის აღნიშნული ძაბვის ხაზობრივი ნაგებობების დაცვის ზონაში სასოფლო-სამეურნეო და სხვა მსგავსი სამუშაოების შესრულების დროს.

**3.5. Y 110-1 ტიპის ანკერულ-კუთხური საყრდენზე განლაგებული საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის კიდურა სადენის გეგმილიდან დაშორებულ P წერტილში A ფაზის ელექტრული ველის დაძაბულობის გავლენის გაანგარიშების შემთხვევა**



ნახ. 3.5. ა) Y110-1 ტიპის ანკერულ-კუთხური საყრდენზე განლაგებული კიდურა სადენიდან და ბ) საყრდენიდან დაშორებულ P წერტილში A ფაზის ელექტრული ველის დაძაბულობის გავლენის გაანგარიშების შემთხვევა

ნახ.3.5–ზე მოყვანილია A ფაზის გეგმილიდან X მანძილზე დაშორებულ P წერტილში A ფაზის ელექტრული ველის დაძაბულობის გავლენის გაანგარიშების შემთხვევა. საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის A

ფაზის მუხტი მივიღოთ  $+τ_A-$  თ, ხოლო მისი სარკული ანარეკლის მუხტი  $-τ_A-$  თ. P წერტილში  $+τ_A$  მუხტით განპირობებული ელექტრული ველის დამაბულობის ვექტორის მოდული ტოლია:

$$E_{A(+)} = \frac{\tau_A}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot m_A} \quad (3.17)$$

სადაც,  $m_A$  – უმოკლესი მანძილია P წერტილიდან A ფაზამდე, მ. ხოლო  $\epsilon_0$ -ელექტრული მუდმივაა, რომელიც ტოლია  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  ფ/მ

P წერტილში  $-τ_A$  მუხტით განპირობებული ელექტრული ველის დამაბულობის ვექტორის მოდული ტოლია:

$$E_{A(-)} = \frac{\tau_A}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot n_A} \quad (3.18)$$

სადაც  $n_A$  – უმოკლესი მანძილია P წერტილიდან A ფაზის სარკულ ანარეკლამდე, მ.

$E_{A(+)}$  და  $E_{A(-)}$  დავშალოთ ჰორიზონტალურ  $E_{A(+X)}$ ,  $E_{A(-)X}$  და ვერტიკალურ  $E_{A(+y)}$ ,  $E_{A(-)y}$  მდგენელებად. ამ ვექტორების მოდულები ნახ.2-დან განისაზღვრებიან გამოსახულებებით:

$$E_{A(+X)} = E_{A(+)} \cdot \cos \alpha_1 = E_{A(+)} \frac{X}{m_A} \quad (3.19)$$

$$E_{A(-)X} = E_{A(-)} \cdot \cos \alpha_2 = E_{A(-)} \frac{X}{n_A} \quad (3.20)$$

$$E_{A(+y)} = E_{A(+)} \cdot \sin \alpha_1 = E_{A(+)} \frac{H-h}{m_A} \quad (3.21)$$

$$E_{A(-)y} = E_{A(-)} \cdot \sin \alpha_2 = E_{A(-)} \frac{H+h}{n_A} \quad (3.22)$$

$E_{A(+X)}$  და  $E_{A(-)X}$ , ასევე  $E_{A(+y)}$   $E_{A(-)y}$  ვექტორების შეკრებით მივიღებთ  $E_{AX}$  და  $E_{Ay}$  ვექტორებს, რომლებიც შესაბამისად წარმოადგენენ A ფაზის ელექტრული ველის დამაბულობის ჰორიზონტალურ და ვერტიკალურ მდგენელებს P წერტილში.

რადგანაც  $E_{A(+X)}$  და  $E_{A(-)X}$  ვექტორებს აქვთ ურთიერთსაწინააღმდეგო მდგომარეობა, ამიტომ  $E_{AX}$  -ის ჯამური მოდული ტოლი იქნება ამ ვექტორების მოდულების სხვაობისა

$$E_{AX} = E_{A(+)} \frac{X}{m_A} - E_{A(-)} \frac{X}{n_A} \quad (3.23)$$

ხოლო რადგანაც  $E_{A(+y)}$   $E_{A(-y)}$  ვექტორებს აქვთ ერთნაირი მიმართულება, ამიტომ  $E_{Ay}$  -ის ჯამური მოდული ტოლი იქნება ამ ვექტორების ჯამისა:

$$E_{Ay} = E_{A(+)} \frac{H-h}{m_A} + E_{A(-)} \frac{H+h}{n_A} \quad (3.24)$$

(3.23) და (3.24) გამოსახულებაში ჩავსვათ (3.17) და (3.18) დამოკიდებულებანი და მივიღებთ:

$$E_{Ax} = \frac{\tau_A}{2\pi\epsilon_0} \left( \frac{x}{m_A^2} - \frac{x}{n_A^2} \right) = \frac{\tau_A}{2\pi\epsilon_0} \cdot K_1 \quad (3.25)$$

$$E_{Ay} = \frac{\tau_A}{2\pi\epsilon_0} \left( \frac{H-h}{m_A^2} + \frac{H+h}{n_A^2} \right) = \frac{\tau_A}{2\pi\epsilon_0} \cdot K_2 \quad (3.26)$$

ანალოგიური მსჯელობით ხდება B და C ფაზების მიერ შექმნილი ელექტრული ველის დამაბულობის ჰორიზონტალური და ვერტიკალური მდგენელების გაანგარიშება.

საპაერო ელექტროგადაცემის ხაზის B ფაზის მუხტი მივიღოთ  $+\tau_B$  - თ, ხოლო მისი სარკული ანარეკლის მუხტი  $-\tau_B$  - თ. P წერტილში  $+\tau_B$  მუხტით განპირობებული ელექტრული ველის დამაბულობის ვექტორის მოდული ტოლია:

$$E_{B(+)} = \frac{\tau_B}{2\pi\epsilon_0 \cdot m_B} \quad (3.27)$$

სადაც  $m_B$  - უმოკლესი მანძილია P წერტილიდან B ფაზამდე, მ.

P წერტილში  $-\tau_B$  მუხტით განპირობებული ელექტრული ველის დამაბულობის ვექტორის მოდული ტოლია:

$$E_{B(-)} = \frac{\tau_B}{2\pi\epsilon_0 \cdot n_B} \quad (3.28)$$

სადაც  $n_B$  - უმოკლესი მანძილია P წერტილიდან B ფაზის სარკულ ანარეკლამდე, მ.

$E_{B(+)}$  და  $E_{B(-)}$  დავშალოთ ჰორიზონტალურ  $E_{B(+),X}$ ,  $E_{B(-),X}$  და ვერტიკალურ  $E_{B(+),y}$ ,  $E_{B(-),y}$  მდგენელებად. ამ ვექტორების მოდულები განისაზღვრებიან გამოსახულებებით:

$$E_{B(+),X} = E_{B(+)} \cdot \cos \alpha_1 = E_{B(+)} \frac{x-d_1}{m_B} \quad (3.29)$$

$$E_{B(-),X} = E_{B(-)} \cdot \cos \alpha_2 = E_{B(-)} \frac{x-d_1}{n_B} \quad (3.30)$$

$$E_{B(+y)} = E_{B(+)} \cdot \sin \alpha_1 = E_{B(-)} \frac{H-h+d}{m_B} \quad (3.31)$$

$$E_{B(-y)} = E_{B(-)} \cdot \sin \alpha_2 = E_{B(-)} \frac{H+h+d}{n_B} \quad (3.32)$$

$E_{B(+x)}$  და  $E_{B(-x)}$ , ასევე  $E_{B(+y)}$   $E_{B(-y)}$  ვექტორების შეკრებით მივიღებთ  $E_{BX}$  და  $E_{By}$  ვექტორებს, რომლებიც შესაბამისად წარმოადგენენ B ფაზის ელექტრული ველის დაძაბულობის ჰორიზონტალურ და ვერტიკალურ მდგენელებს P წერტილში.

$$E_{BX} = E_{B(+)} \frac{x-d_1}{m_A} - E_{B(-)} \frac{x-d_1}{n_A} \quad (3.33)$$

ხოლო რადგანაც  $E_{B(+y)}$   $E_{B(-y)}$  ვექტორებს აქვთ ერთნაირი მიმართულება, ამიტომ  $E_{Ay}$  -ის ჯამური მოდული ტოლი იქნება ამ ვექტორების ჯამისა:

$$E_{By} = E_{B(+)} \frac{H-h+d_1}{m_A} + E_{B(-)} \frac{H+h+d_1}{n_A} \quad (3.34)$$

(3.34) გამოსახულებაში ჩავსვათ (3.27) და (3.28) დამოკიდებულებანი და მივიღებთ:

$$E_{BX} = \frac{\tau_B}{2\pi\epsilon_0} \left( \frac{x-d_1}{m_B^2} - \frac{x-d_1}{n_B^2} \right) = \frac{\tau_B}{2\pi\epsilon_0} \cdot K_3 \quad (3.35)$$

$$E_{By} = \frac{\tau_B}{2\pi\epsilon_0} \left( \frac{H-h+d_1}{m_B^2} + \frac{H+h+d_1}{n_B^2} \right) = \frac{\tau_B}{2\pi\epsilon_0} \cdot K_4 \quad (3.36)$$

განვიხილოთ საჭაერო ელექტროგადაცემის ხაზის C ფაზა და მისი მუხტი მივიღოთ  $+\tau_C$  - თ, ხოლო მისი სარკული ანარეკლის მუხტი  $-\tau_C$  - თ. P წერტილში  $+\tau_C$  მუხტით განპირობებული ელექტრული ველის დაძაბულობის ვექტორის მოდული ტოლია:

$$E_{C(+)} = \frac{\tau_C}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot m_C} \quad (3.37)$$

სადაც  $m_C$  – უმოკლესი მანძილია P წერტილიდან C ფაზამდე, მ.

P წერტილში  $-\tau_C$  მუხტით განპირობებული ელექტრული ველის დაძაბულობის ვექტორის მოდული ტოლია:

$$E_{C(-)} = \frac{\tau_C}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot n_C} \quad (3.38)$$

სადაც  $n_C$  – უმოკლესი მანძილია P წერტილიდან C ფაზის სარკულ ანარეკლამდე, მ.

$E_{C(+)}$  და  $E_{C(-)}$  დავშალოთ ჰორიზონტალურ  $E_{C(+),X}$ ,  $E_{C(-),X}$  და ვერტიკალურ  $E_{C(+),y}$ ,  $E_{C(-),y}$  მდგენელებად. ამ ვექტორების მოდულები განისაზღვრებიან გამოსახულებებით:

$$E_{C(+),X} = E_{C(+)} \cdot \cos \alpha_1 = E_{C(+)} \frac{X-d_1-d_2}{m_C} \quad (3.39)$$

$$E_{C(-),X} = E_{C(-)} \cdot \cos \alpha_2 = E_{C(-)} \frac{X-d_1-d_2}{n_C} \quad (3.40)$$

$$E_{C(+),y} = E_{C(+)} \cdot \sin \alpha_1 = E_{C(+)} \frac{H-h}{m_C} \quad (3.41)$$

$$E_{C(-),y} = E_{C(-)} \cdot \sin \alpha_2 = E_{C(-)} \frac{H+h}{n_C} \quad (3.42)$$

$E_{C(+),X}$  და  $E_{C(-),X}$ , ასევე  $E_{C(+),y}$   $E_{C(-),y}$  ვექტორების შეკრებით მივიღებთ  $E_{CX}$  და  $E_{CY}$  ვექტორებს, რომლებიც შესაბამისად წარმოადგენენ  $C$  ფაზის ელექტრული ველის დაძაბულობის ჰორიზონტალურ და ვერტიკალურ მდგენელებს  $P$  წერტილში.

რადგანაც  $E_{C(+),X}$  და  $E_{C(-),X}$  ვექტორებს აქვთ ურთიერთსაწინააღმდეგო მდგომარეობა, ამიტომ  $E_{CX}$  -ის ჯამური მოდული ტოლი იქნება ამ ვექტორების მოდულების სხვაობისა

$$E_{CX} = E_{C(+)} \frac{X-d_1-d_2}{m_C} - E_{C(-)} \frac{X-d_1-d_2}{n_C} \quad (3.43)$$

ხოლო რადგანაც  $E_{C(+),y}$   $E_{C(-),y}$  ვექტორებს აქვთ ერთნაირი მიმართულება, ამიტომ  $E_{CY}$  -ის ჯამური მოდული ტოლი იქნება ამ ვექტორების ჯამისა:

$$E_{CY} = E_{C(+)} \frac{H-h}{m_C} + E_{C(-)} \frac{H+h}{n_C} \quad (3.44)$$

(3.44) გამოსახულებაში ჩავსვათ (3.34) და (3.35) დამოკიდებულებანი და მივიღებთ:

$$E_{CX} = \frac{\tau_C}{2\pi\epsilon_0} \left( \frac{X-d_1-d_2}{m_C^2} - \frac{X-d_1-d_2}{n_C^2} \right) = \frac{\tau_C}{2\pi\epsilon_0} \cdot K_5 \quad (3.45)$$

$$E_{CY} = \frac{\tau_C}{2\pi\epsilon_0} \left( \frac{H-h}{m_C^2} + \frac{H+h}{n_C^2} \right) = \frac{\tau_C}{2\pi\epsilon_0} \cdot K_6 \quad (3.46)$$

ფაზების ხაზური მუხტები ერთმანეთის ტოლია  $\tau_A = \tau_B = \tau_C = \tau$  და ისინი განისაზღვრებიან ტევადობითა და ფაზური ძაბვით:

$$\tau = C \cdot U_{ფ} \quad (3.47)$$

სადაც  $C_{\text{ფ}}$  - არის სამფაზა ხაზის ტევადობა დედამიწის მიმართ ხაზის ერთეულოვან სიგრძეზე და განისაზღვრება ფორმულით:

$$C = \frac{2\pi \varepsilon_0}{\ln \frac{2H_{\text{საშ}} d}{r \sqrt[3]{(4H_{\text{საშ}}^2 + d^2) \sqrt{H_{\text{საშ}}^2 + d^2}}}} \quad (3.48)$$

სადაც,  $H_{\text{საშ}}$  - არის დედამიწის ზედაპირიდან სადენების ჩამოკიდების საშუალო სიმაღლე.

საბოლოოდ  $P$  წერტილში ელექტრული ველის დამაბულობა განისაზღვრება ფორმულით:

$$E = \frac{C U_{\text{ფ}}}{4\pi \varepsilon} \times \sqrt{(2K_2 - K_3 - K_5)^2 + 3(K_3 - K_5)^2 + (2K_2 - K_4 - K_6)^2 + 3(K_4 - K_6)^2} \quad (3.49)$$

სადაც  $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6$  კოეფიციენტებია, რომლებიც დამოკიდებულნი არიან საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის სადენების განლაგებასა და საკვლევი წერტილის არჩევაზე. სადენების მოცემული განლაგებისა და  $P$  წერტილის მდებარეობისას განისაზღვრებიან ფორმულებით:

$$K_1 = \frac{X}{m_A^2} - \frac{X}{n_A^2}; \quad K_2 = \frac{H-h}{m_A^2} + \frac{H+h}{n_A^2}; \quad K_3 = \frac{X-d_1}{m_B^2} + \frac{X-d_1}{n_B^2};$$

$$K_4 = \frac{H-h+d_1}{m_B} + \frac{H+h+d_1}{n_B}; \quad K_5 = \frac{X-d_1-d_2}{m_C^2} - \frac{X-d_1-d_2}{n_C^2}; \quad K_6 = \frac{H-h}{m_C^2} + \frac{H+h}{n_C^2}$$

$K$  კოეფიციენტების მნიშვნელობებში შემავალი სიდიდეები წარმოადგენენ შესაბამისი სამკუთხედების ჰიპოტენუზებს და სადენების განლაგების მოცემულ შემთხვევაში განისაზღვრებიან ფორმულებით:

$$m_A = \sqrt{(H-h)^2 + X^2}; \quad n_A = \sqrt{(H+h)^2 + X^2};$$

$$m_B = \sqrt{(H-h+d)^2 + (X-d_1)^2}; \quad n_B = \sqrt{(H+h+d)^2 + (X-d_1)^2};$$

$$m_C = \sqrt{(H-h)^2 + (X-d_1-d_2)^2}; \quad n_C = \sqrt{(H+h)^2 + (X-d_1-d_2)^2}$$



### 3.6. ერთჯაჭვა მაღალი ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის მაგნიტური ველის დამაბულობის განსაზღვრა კიდურა ხაზის გეგმილიდან დაშორებაზე სადენების ჰორიზონტალური განლაგების დროს

სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველების მოსახლეობაზე ზემოქმედების დროს ელექტრომაგნიტური თავსებადობის უზრუნველყოფა წარმოადგენს მნიშვნელოვან პრობლემას, განსაკუთრებით მაგნიტური მდგენელის ნაწილში [59]. თითოეული ადამიანი თითქმის ყოველდღე სხვადასხვა ხარისხით ექვემდებარება სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველების ზემოქმედებას.

ჯანმრთელობის საერთაშორისო ორგანიზაციამ კანცეროგენების კლასიფიკაციის შესაბამისად 2001 წელს სამრეწველო სიხშირის მაგნიტური ველი მიაკუთვნეს შესაძლო კანცეროგენების 2b კლასის ჯგუფს [60]. 2002 წელს კიბოს კვლევების საერთაშორისო სააგენტოს მიერ დადგენილი იქნა ადამიანის ჯანმრთელობისათვის უსაფრთხო მაგნიტური ველის ინდუქციის ლიმიტირებული მნიშვნელობები 0,2–0,3 მკტლ [61]. 2007 წელს ჯანმრთელობის დაცვის საერთაშორისო ორგანიზაციამ, თავის რეკომენდაციებში დაადასტურა ეს მნიშვნელობები.

ღია ტერიტორიაზე ელექტრომაგნიტურ სიტუაციას აქვს გარკვეული თავისებურებები. ეს განპირობებულია იმით, რომ მისი ინტენსივობა დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე: ძაბვის კლასზე, კონსტრუქციაზე, ხაზის გაბარიტსა და დატვირთვაზე, სახლის, სართულის ხაზიდან დაშორებაზე.

რამდენადაც მაგნიტური ველი აღიმკვრება მაგისტრალში გამავალი დენით, ამიტომ იგი ვრცელდება მნიშვნელოვან დაშორებაზე.

წინამდებარე ნაშრომის მიზანია საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზებში მაგნიტური ველის მაქსიმალური დამაბულობის პირობებში კიდურა ხაზის გეგმილიდან იმ დაშორების განსაზღვრა, რომელშიც დაკმაყოფილებულია ჯანმრთელობის დაცვის საერთაშორისო ორგანიზაციის მიერ

რეკომენდირებული მაგნიტური ველის ინდუქციის ლიმიტირებული მნიშვნელობები 0,2–0,3 მკტლ.

მაგნიტური ველის ინდუქციის გაანგარიშებისათვის ვიყენებთ სრული დენის კანონს [62]. ელექტროტექნიკის თეორიული საფუძვლების კურსიდან ცნობილია, რომ სწორხაზოვანი დენიანი გამტარის მაგნიტური ველის ინდუქცია განისაზღვრება ფორმულით:

$$B = \frac{\mu\mu_0 I}{2\pi R} \quad (3.50)$$

სადაც  $\mu$  – გარემოს ფარდობითი შეღწევადობაა და ჰაერისათვის ტოლია  $\mu=1$ .;  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  ჰნ/მ – ვაკუუმის მაგნიტური შეღწევადობაა;  $I$  – ხაზში გამავალი დენის მოქმედი მნიშვნელობაა, ა;  $R$  – დაშორება კიდურა გამტარიდან, მ.

ელექტროტექნიკის თეორიული საფუძვლების კურსიდან ასევე ცნობილია კავშირი მაგნიტური ველის დაძაბულობასა და მაგნიტურ ინდუქციას შორის. მაგნიტური ველის დაძაბულობა ტოლია:

$$H = \frac{B}{\mu\mu_0} = \frac{I}{2\pi R} \quad (3.51)$$

როგორც (3.51) გამოსახულებიდან ჩანს მაგნიტური ველის დაძაბულობის სიდიდე დამოკიდებული არ არის გარემოს თვისებებზე. არამედ დამოკიდებულია ხაზში გამავალი დენის სიდიდესა და ხაზიდან დაშორებაზე.

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

$$\dot{H} = \frac{I}{2\pi R} \quad (3.52)$$

ზედღების პრინციპის თანახმად:

$$\dot{H} = \frac{I_A}{2\pi R_A} + \frac{I_B}{2\pi R_B} + \frac{I_C}{2\pi R_C} \quad (3.53)$$

სადაც,  $I_A, I_B, I_C$  - ხაზური დენების კომპლექსური მნიშვნელობებია,  $R_A, R_B, R_C$  – დაკვირვების წერტილიდან შესაბამის ხაზებამდე მანძილებია.

დავუშვათ ფაზების დენების კომპლექსური მნიშვნელობებია:

$$\begin{cases} \dot{I}_A = I_b \\ \dot{I}_B = I_b e^{-j120^\circ} \\ \dot{I}_C = I_b e^{j120^\circ} \end{cases} \quad (3.54)$$

(3.54) გამოსახულებიდან ხაზური დენების მნიშვნელობები შევითანოთ

(3.53)-ში და მივიღებთ:

$$\dot{H} = \frac{I_b}{2\pi R_A} + \frac{I_b e^{-j120^\circ}}{2\pi R_B} + \frac{I_b e^{j120^\circ}}{2\pi R_C} = \frac{I_b}{2\pi} \left( \frac{1}{R_A} + \frac{e^{-j120^\circ}}{R_B} + \frac{e^{j120^\circ}}{R_C} \right) \quad (3.55)$$

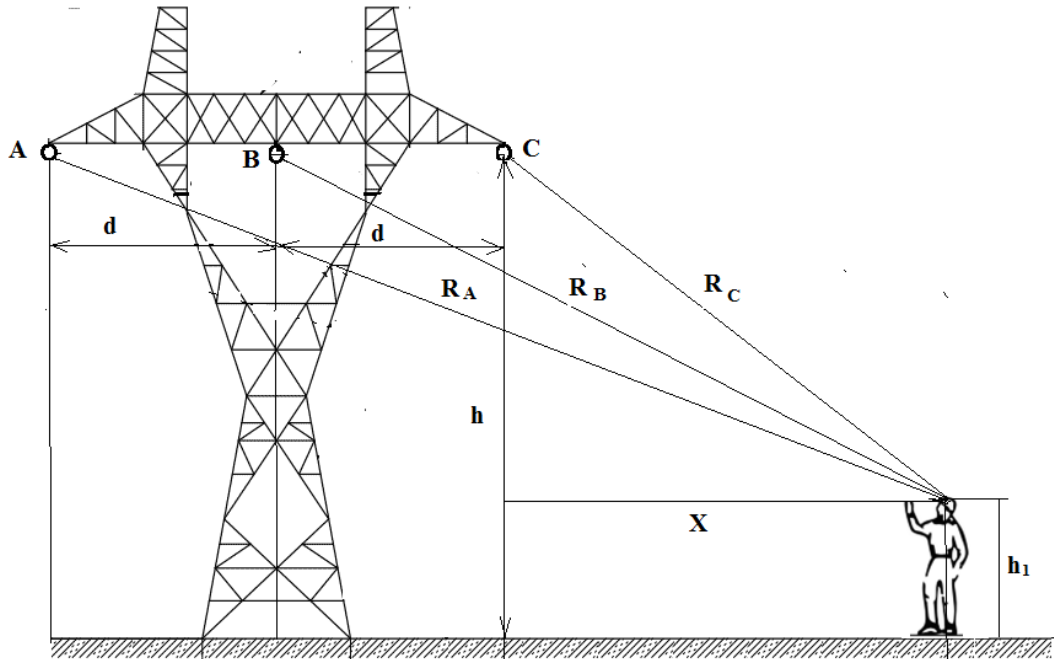
განვიხილოთ ერთჯაჭვა 500 კვ ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზი, რომლის საყრდენზე სადენები განლაგებულია ჰორიზონტალურად. (ნახ.3.6).

მოცემულ შემთხვევაში ადამიანის დაშორება საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზებიდან იანგარიშება ფორმულებით:

$$\begin{aligned} R_A &= \sqrt{(X + 2d)^2 + (h - h_1)^2} \\ R_B &= \sqrt{(X + d)^2 + (h - h_1)^2} \\ R_C &= \sqrt{X^2 + (h - h_1)^2} \end{aligned} \quad (3.56)$$

(3.56) გამოსახულები შევითანოთ (3.55)-ში და მივიღებთ:

$$\begin{aligned} \dot{H} &= \frac{I_b}{2\pi} \left( \frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B} e^{-j120^\circ} + \frac{1}{R_C} e^{j120^\circ} \right) = \\ &= \frac{I_b}{2\pi} \left( \frac{1}{\sqrt{(X+2d)^2 + (h-h_1)^2}} + \frac{1}{\sqrt{(X+d)^2 + (h-h_1)^2}} e^{-j120^\circ} + \frac{1}{\sqrt{X^2 + (h-h_1)^2}} e^{j120^\circ} \right) \end{aligned} \quad (3.57)$$



ნახ.3.6. საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის მაგნიტური ველის დაძაბულობის გაანგარიშება საყრდენზე სადენების ჰორიზონტალური განლაგების შემთხვევაში

რადგანაც სანიტარულ - ეპიდემიოლოგიურ ნორმატიულ დოკუმენტებში მოყვანილია როგორც მაგნიტური ველის დაძაბულობის, ასევე მაგნიტური ველის ინდუქციის დასაშვები მნიშვნელობები, ამიტომ კონკრეტული მაგალითის გაანგარიშება ვაწარმოთ მაგნიტური ველის დაძაბულობისათვის, ხოლო შემდეგ მოვახდინოთ მაგნიტური ველის ინდუქციურობის გაანგარიშება შემდეგი ფორმულით:

$$B = 1,25 H, \text{ მკტლ}$$

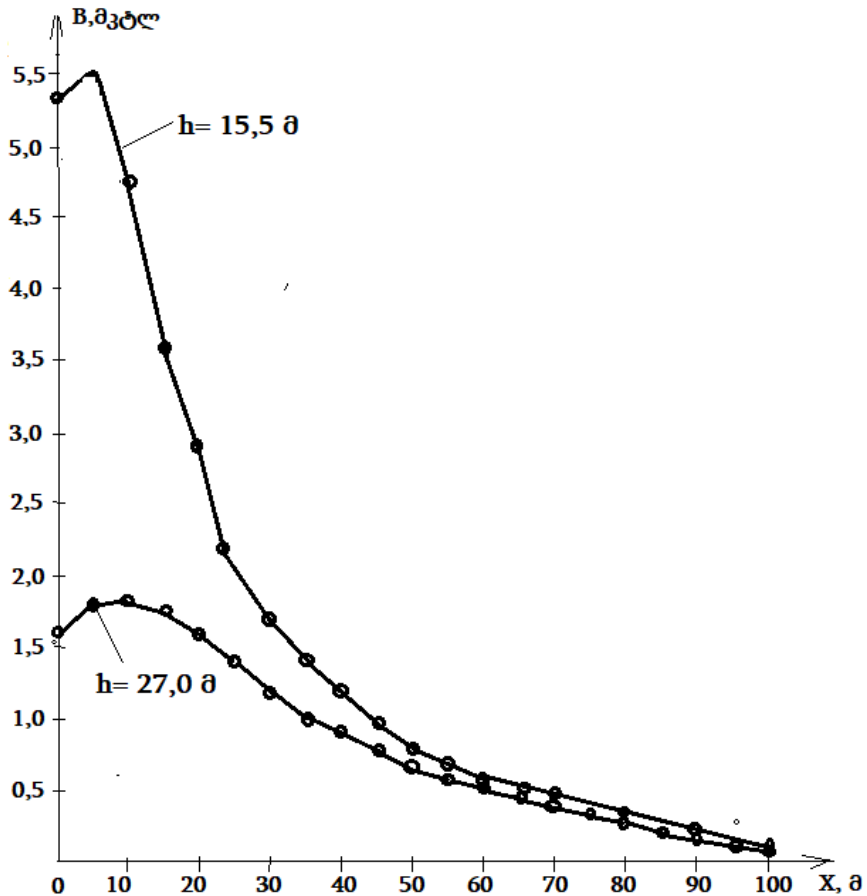
**მაგალითი.** განვსაზღვროთ მაღალი ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის მაგნიტური ველის დაძაბულობისა და ინდუქციურობის მნიშვნელობები მუშაობის რეალური რეჟიმში. ნახ.3.6–ზე მოცემულია P1 ტიპის 500 კვ ძაბვის შუალედური ანძა, რომელზეც სადენები განლაგებულია ჰორიზონტალურად. დაშორება სადენებს შორის  $d = 12 \text{ მ}$ . სადენის მარკაა AC-400/51, რომლის ხანგრძლივად დასაშვები დენია  $I_{\text{დას.}} = 825 \text{ ა}$ . ანგარიში ვაწარმოთ ორი შემთხვევისათვის: 1. აღნიშნული ტიპის

საყრდენებზე სადენების დედამიწის ზედაპირიდან მაქსიმალური განლაგების  $h= 27,0$  მ სიმაღლეზე; 2. დედამიწის ზედაპირიდან  $h= 15,5$  მ სიმაღლეზე. ეს უკანასკნელი სიმაღლე აღებული იქნა გამომდინარე იქედან, რომ ელექტროდანადგარების მოწყობის წესების (ΠΥΘ 7) ცხრილი 2.5.22-ის მიხედვით დასახლებულ პუნქტებში 500 კვ საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის სადენის უმცირესი დაშორება დედამიწის ზედაპირიდან უნდა იყოს 15,5 მ.

მაგნიტური ველის დამაბულობის ანგარიშის შედეგები წარმოდგენილია ცხრილი № 3.3–ში და ნახ.3.7-ზე.

ცხრილი 3.3. მაგნიტური ველის დამაბულობის თეორიული ანგარიშის შედეგები

№	დაშორება კიდურა ხაზის გეგმილიდან X, მ	მაგნიტური ველის დამაბულობა H, ა/მ	მაგნიტური ველის ინდუქცია B, მკტლ	მაგნიტური ველის დამაბულობა H, ა/მ	მაგნიტური ველის ინდუქცია B, მკტლ
		h=27 მ		h=15,5 მ	
1	0	1,25	1,56	4,28	5,35
2	5	1,44	1,81	4,4	5,50
3	10	1,47	1,84	3,63	4,53
4	15	1,43	1,79	2,88	3,60
5	20	1,26	1,58	2,23	2,79
6	25	1,09	1,36	1,79	2,23
7	30	1,01	1,27	1,38	1,73
8	35	0,87	1,08	1,12	1,40
9	40	0,76	0,95	1,01	1,26
10	45	0,64	0,81	0,81	1,02
11	50	0,57	0,71	0,66	0,83
12	55	0,51	0,64	0,57	0,71
13	60	0,46	0,58	0,48	0,60
14	65	0,38	0,48	0,44	0,555
15	70	0,36	0,44	0,39	0,49
16	75	0,33	0,41	0,36	0,45
17	80	0,29	0,36	0,32	0,40
18	85	0,28	0,35	0,29	0,36
19	90	0,25	0,31	0,26	0,33
20	95	0,23	0,28	0,244	0,31
21	100	0,21	0,26	0,230	0,29



ნახ.3.7. 500 კვ ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის მაგნიტური ველის ინდუქციის კიდურა ხაზის გეგმილიდან დაშორებაზე დამოკიდებულების გრაფიკი სადენების ჰორიზონტალური განლაგების დროს

როგორც ცხრილი # 3.3-დან და ნახ.3.7-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 [63].

## თავი 4. ექსპერიმენტული ნაწილი რეგიონის ენერგეტიკული ინფრასტრუქტურის ელექტრომაგნიტური ველის ექსპერიმენტული კვლევები

### 4.1. ექსპერიმენტის ჩატარების მეთოდთა და ელექტრომაგნიტური ველის დაძაბულობის დონის გასაზომი ხელსაწყოების ტექნიკური მახასიათებლები

გამოთვლითი მეთოდების აშკარა უპირატესობის მიუხედავად, ელექტრომაგნიტური მონიტორინგის პრობლემების გადასაჭრელად ექსპერიმენტული კვლევები მტკიცედ ინარჩუნებს პოზიციებს შემდეგ შემთხვევებში:

- როდესაც კვლევითი ობიექტის სტრუქტურის შესახებ ინფორმაცია არ არის ან არასაკმარისია სწორი გამოთვლითი-თეორიული მოდელის შესაქმნელად;
- როდესაც ძნელად პროგნოზირებადია პარამეტრები, რომლებიც ახასიათებს ობიექტის მუშაობის რეჟიმს;
- როდესაც საანგარიშო მოდელის საწყისი პარამეტრების დადგენა შესაძლებელია მხოლოდ ექსპერიმენტული მონაცემების საფუძველზე.
- დაბოლოს, ადეკვატურ პირობებში სწორად შესრულებული ექსპერიმენტი არის საუკეთესო კრიტერიუმი გაანგარიშებით მიღებული შედეგების სიზუსტის შესამოწმებლად.

რეგიონალური ენერგოსისტემის ელემენტების ელექტრომაგნიტური ველის ექსპერიმენტული კვლევები ჩვენ დავგეგმეთ ისე, რომ ექსპერიმენტის პირობები ანალოგიურია გაანგარიშების დროს მოდელირებულ პირობებთან.

ერთის მხრივ, ქალაქებში სამრეწველო სიხშირესთან ახლოს მყოფი მნიშვნელოვანი ხმაურისა და, მეორე მხრივ, გვერდითი სტატიკური ველების გავლენის გათვალისწინებით, გამოიყენებული იქნა ელექტრული და

მაგნიტური ველის სამკომპონენტო საზომი ხელსაწყო ВЕ-метр, მოდიფიკაციებით «АТ-004» и «503С» და მართვის ბლოკით «НТМ-Терминал», რომლის გარეგანი სახე წარმოდგენილია ნახ.4.1-ზე. [1].



**ნახ.4.1. ელექტრული და მაგნიტური ველის სამკომპონენტო საზომი ВЕ-метр-ი, მოდიფიკაციებით «АТ-004» და «503С» 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. იგი აკმაყოფილებს ქვემოთ ჩამოთვლილი ნორმატიული დოკუმენტების მოთხოვნებს:

1. ГОСТ 12.1.002-84. სამრეწველო სიხშირის ელექტრული ველი. დაძაბულობის დასაშვები დონეები და მოთხოვნები სამუშაო ადგილზე კონტროლის ჩასატარებლად;
2. СанПиН 2.1.2.2645-10 „სანიტარულ-ეპიდემიოლოგიური მოთხოვნები საცხოვრებელ შენობებსა და სათავსოებში ცხოვრების პირობების მიმართ“;
3. СанПиН 2.2.4.3359-16 „სანიტარულ-ეპიდემიოლოგიური მოთხოვნები სამუშაო ადგილებზე ფიზიკური პირობების მიმართ“;



4. СанПиН 2.2.4.1191-03 „ ელექტრომაგნიტური ველი საწარმოო პირობებში“;
5. ГН 2.1.8/2.2.4. 2262-07 „50 ჰც სიხშირის მაგნიტური ველის ზღვრულად დასაშვები დონეები საცხოვრებელ, საზოგადოებრივ შენობებსა და დასახლებულ ტერიტორიებზე“ [1].

რადგანაც ჩემი სადისერტაციო სამუშაო შეეხება სამრეწველო სიხშირის ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრომაგნიტური ველის ელექტრული და მაგნიტური დამაბულობის დონეების კვლევებს, ამიტომ ჩვენს მიერ კვლევისათვის გამოყენებული იყო «50ჰც» მოდიფიკაციის საზომი, რომლის მეტროლოგიური მახასიათებლებია:

- სიხშირის დიაპაზონი- 48÷52 ჰც;
- ელექტრული ველის დამაბულობის საშუალო კვადრატული მნიშვნელობის გაზომვის დიაპაზონი- 50 ვ/მ-დან ÷ 50 კვ/მ-მდე;
- მაგნიტური ველის დამაბულობის (მაგნიტური ინდუქციის) საშუალო კვადრატული მნიშვნელობის გაზომვის დიაპაზონი-800 მა/მ-დან ÷ 4 ვა/მ-მდე (1 მკტლ-დან ÷ 5 მლტლ-მდე);

დამაბულობის საშუალოკვადრატული მნიშვნელობის გაზომვის ფარდობითი ცდომილების დასაშვები ზღვრები:

- ელექტრული ველის-  $\pm 15 \%$ ;
- მაგნიტური ველის (მაგნიტური ინდუქციის) -  $\pm 15 \%$ ;

ხელსაწყოთა ექსპლუატაციის სამუშაო პირობებში:

- გარემოს ტემპერატურა-  $-20 \div +55^{\circ}\text{C}$ ;
- ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა  $25^{\circ}\text{C}$ -ზე- 90%-მდე;
- ატმოსფერული წნევა 70-106 კპა (537-800 მმ.ვწყ.სვ)

ტექნიკური მახასიათებლები:

- კვების ძაბვა (მუდმივი დენი)- აკუმულატორის ბატარეა 3,6-4,6 ვ;
- მოთხოვნილი სიმძლავრე - არაუმეტეს 0,3 ვტ;
- უწყვეტი მუშაობის დრო აკუმულატორის დამატებითი დამუხტვის გარეშე-8 სთ;

- მუშაობის საშუალო ხანგრძლივობა - 8 სთ; [1]

ხელსაწყოს მუშაობის პრინციპი მდგომარეობს სამკომპონენტური გადამწოდების (ანტენების) დახმარებით გასაზომი ცვლადი ელექტრული ან მაგნიტური ველის ელექტრული ძაბვის რხევებად გარდაქმნაში, სიხშირულ ფილტრაციაში და ამ რხევების გაძლიერებაში, შემდგომში ციფრირებითა და სიგნალების ანალიზში. ანალიზის შედეგები კოდირდება. ინდიკაციისათვის გამოიყენება ინფორმაციის ასახვის ნებისმიერი მოწყობილობა, რომელსაც გააჩნია უსადენო კავშირი და უშვებს საჭირო პროგრამული უზრუნველყოფის დაყენება.

ელექტრული და მაგნიტური ველების დამაბულობების საშუალო კვადრატული მნიშვნელობების განსაზღვრისათვის გაზომვები ტარდებოდა ელექტრული და მაგნიტური ველების დამაბულობების ვექტორის პროექციის სივრცის არჩეულ წერტილში სამ ურთიერთორთოგონალურ ღერძზე. რის შემდეგაც განისაზღვრებოდა ელექტრული და მაგნიტური ველების ვექტორების მოდული.

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

ელექტრული და მაგნიტური ველების დამაბულობების დონის გაზომვა წარმოებდა საზომი ანტენის დედამიწის ზედაპირიდან 1,8 მ სიმაღლეზე მდგომარეობაში.

ამასთანავე მოცემულ მითითებებში განიხილება ელექტრული ველის გაზომვის შემთხვევა ელექტროგადაცემის ხაზის ტრასის მოსახვევში. გარდა ამისა დღეისათვის არ გვაქვს მეთოდიკა ელექტროგადაცემის ხაზის მაგნიტური ველების გაზომვის შესახებ.

ამასთან დაკავშირებით მოცემულ სამუშაოში ჩვენს მიერ შემოთავაზებულია:

- ელექტროგადაცემის ტრასის მოსახვევში გაზომვები ჩატარდეს მოხვევის კუთხის ბისექტრისის მიხედვით, რადგანაც კვლევის შედეგად დადგენილი

იქნა, რომ სახელდობრ მოხვევის კუთხის ბისექტრისის გასწვრივ დაფიქსირებული იქნა ელექტრული და მაგნიტური ველების დამაბულობების მნიშვნელობები.;

- როგორც ელექტროგადაცემის ხაზის სწორხაზოვანი ტრასის შემთხვევაში, ასევე მისი მოხვევის შემთხვევაში მაგნიტური ველის დამაბულობის გაზომვა ვაწარმოეთ ელექტრული ველის დამაბულობის გაზომვის ანალოგიურად.

ელექტრული და მაგნიტური ველები იზომებოდა დედამიწის ზედაპირიდან 1,8მ სიმაღლეზე ელექტროგადაცემის ხაზის პერპენდიკულარული მიმართულებით, მთელ ხაზთან რამდენიმე მონაკვეთზე; ამ შემთხვევაში საჭიროა გავითვალისწინოთ სხვადასხვა ძაბვის კლასების ხაზების შესაძლო ერთობლივი გავლა და ამ შემთხვევების შედეგების სწორად ინტერპრეტაცია;

მაგნიტური ველი იზომება სისტემატურად გარკვეული პერიოდის განმავლობაში (თვე, ექვსი თვე, წელი), შესაბამისი ხაზის დატვირთვის გრაფიკასთან კორელაციის შესამოწმებლად; საკონტროლო წერტილების გაზომვები მორგებულია რელიეფის ხასიათის შესაბამისად;

გაზომვები ხორციელდება ზონის ზომასზე მეტი მანძილით, სადაც მონიტორინგის პარამეტრები უფრო მეტია, ვიდრე მათი მაქსიმალური დასაშვები მნიშვნელობები, რომლებიც რეგულირდება სანიტარული ნორმებითა და წესებით. სატრანსფორმატორო ქვესადგურებისათვის სასურველია გაზომვით მხოლოდ მაგნიტური ველი. ცალკე (გარე) მდგარი სატრანსფორმატორო ქვესადგურებისა და ელექტროტრანსპორტის წევის ქვესადგურების მაგნიტური ველი იზომება ჰორიზონტალურ მონაკვეთში 1,8 მ სიმაღლეზე დედამიწის ზედაპირიდან იმ დაშორებამდე, რომელიც აღემატება იმ ზონის ზომას, რომელშიც საკონტროლო პარამეტრები აღმოჩნდებიან თავის ზღვრულ დასაშვებ მნიშვნელობაზე მეტი, რომლებიც

კონტროლდებიან სანიტარული ნორმებითა და წესებით. ჩამონტაჟებული სატრანსფორმატორო ქვესადგურების მომდებარე შენობებში მაგნიტური ველი იზომება პირველი და შემდგომი სართულების მიმდებარე ოთახების ჰორიზონტალურ მონაკვეთებში, სიბრტყეებში, იატაკის დონიდან 0,5 და 1,5 მ დაშორებით ან სხვა პირობებში, რომლებიც გაანგარიშებით არის მოდელირებული.

საჭიროა გაზომვები თითოეული კომპონენტისათვის ჩატარდეს ცალცალკე არანაკლებ სამჯერ, ხოლო შემდეგ გაანგარიშებული იქნეს საშუალო მნიშვნელობა.

#### **4.2. საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრომაგნიტური ველის დამაბულობების გაზომვის შედეგები**

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 დამაბულობების გაზომვის სამუშაოები 220 კვ, 330 კვ და 500 კვ ელექტროგადაცემის ხაზებისათვის. გაზომვები ჩატარებული იქნა დედამიწის ზედაპირიდან 1,8 მ სიმაღლეზე ელექტრული და მაგნიტური ველის სამკომპონენტო საზომი ხელსაწყო BE-метр-ის დახმარებით შემდეგი შემთხვევებისათვის:

- ქვესადგურის მომიჯნავე ტერიტორიაზე (ნახ.4.2)
- საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის კიდურა სადენის გეგმილიდან სხვადასხვა დაშორებაზე;
- საჰაერო ხაზის მოხვევის ადგილზე მოხვევის კუთხის ბისექტრისის გასწვრივ; (ნახ.4.)
- საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ტრასის გასწვრივ (ნახ.4.10, ნახ.4.11)

- გაზომვის შედეგები მოყვანილია ცხრილი 4.1–4.4-ში. და ნახაზებზე 4.4; 4.5; 4.7; 4.8; 4.10. 4.11.-ზე.



**ნახ.4.2. გარდაბნის 220/330/500 კვ ქვესადგურის საერთო ხედი**

როგორც ცნობილია გამანაწილებელი ქვესადგურის მოწყობილობები წარმოადგენენ სამრეწველო სიხშირის საკმაოდ რთული სივრცითი კონფიგურაციის ელექტრომაგნიტური გამოსხივების წყაროებს. ამასთანავე ველის სტრუქტურაზე არსებით გავლენას ახდენენ ყველა მატერიალური სხეულები, რომლებიც განლაგებულნი არიან მოწყობილობების სიახლოვეს. მიზანშეწონილად მივიჩნით შეგვეფასებინა ელექტრომაგნიტური მდგომარეობა ცალცალკე ელექტრული და მაგნიტური დაძაბულობების მიხედვით. ქვესადგურის მომიჯნავედ ჩატარებული გაზომვის შედეგები წარმოდგენილია ცხრილი 4.1-ში.

ცხრილი 4.1. ელექტრომაგნიტური ველის დამაბულობების მნიშვნელობები გარდაბნის 220/330/500 კვ ძაბვის ქვესადგურის მომიჯნავედ

დაშორება ქვესადგურის შემოღობვებიდან, მ.	0	5	10	15	20	25	30
ელექტრული ველის დამაბულობა ვ/მ	8645	7466	6785	5365	4137	3259	2654
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 დამაბულობის დასაშვებ მნიშვნელობაა 5 კვ/მ. როგორც მიღებული შედეგებიდან ჩანს აღნიშნული ნორმატივი ელექტრული ველის დამაბულობის მიხედვით დაკმაყოფილებულია გამანაწილებელი ქვესადგურიდან 20 მ-ის მოშორებით.

რაც შეეხება მაგნიტური ველის დამაბულობას ყოფილი საბჭოთა კავშირის ნორმატიული დოკუმენტებით საცხოვრებელი ტერიტორიის ზონის გარეთ ზღვრულად დასაშვებ მნიშვნელობაა 20 მკტლ, რომელიც გაცილებით მეტია ვიდრე ცხრილში ნაჩვენებ სიდიდეები, მაგრამ მაგნიტური ველის დამაბულობა დამოკიდებულია ხაზის დატვირთვაზე, რომელიც ჩვენთვის ცნობილი არაა.

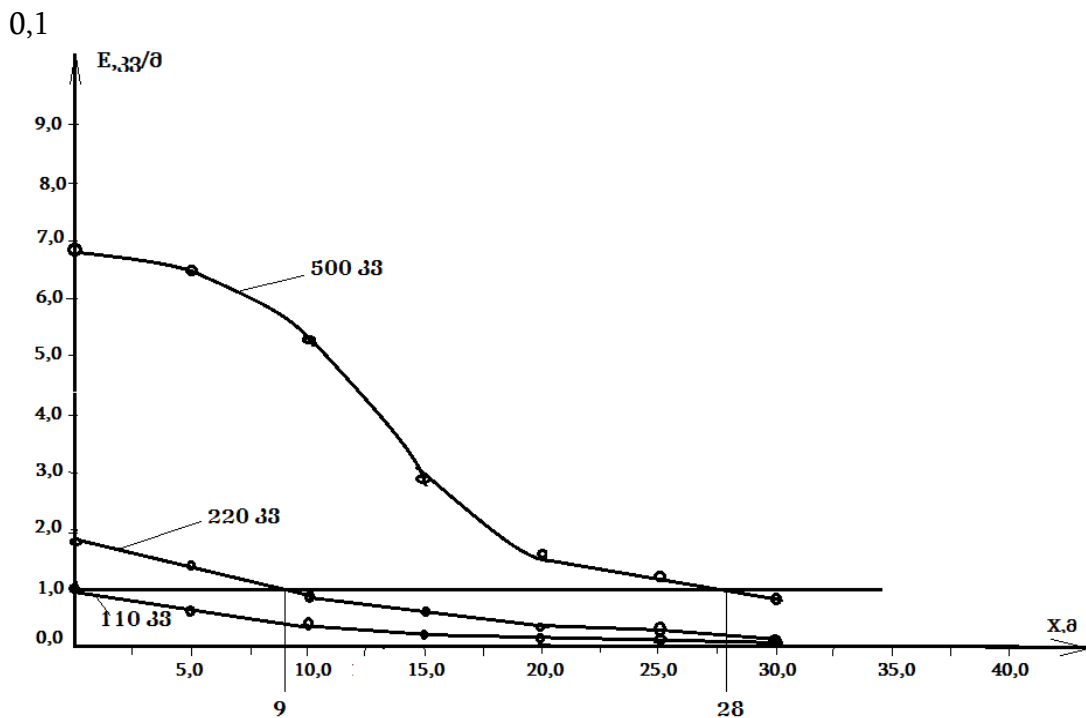
ჩვენს მიერ გაზომილი იქნა ელექტრული და მაგნიტური ველების დამაბულობები საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის კიდურა ხაზის გეგმილიდან დაშორებაზე. გაზომვის პროცესი წარმოდგენილია ნახ.4.3-ზე, ხოლო გაზომვის შედეგები ცხრილი 4.2-ში და ნახ.4.4-ზე და ნახ.4.5-ზე.



ნახ.4.3. საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრომაგნიტური დაძაბულობების გაზომვის პროცესი კიდურა ხაზის გეგმილიდან დაშორებაზე

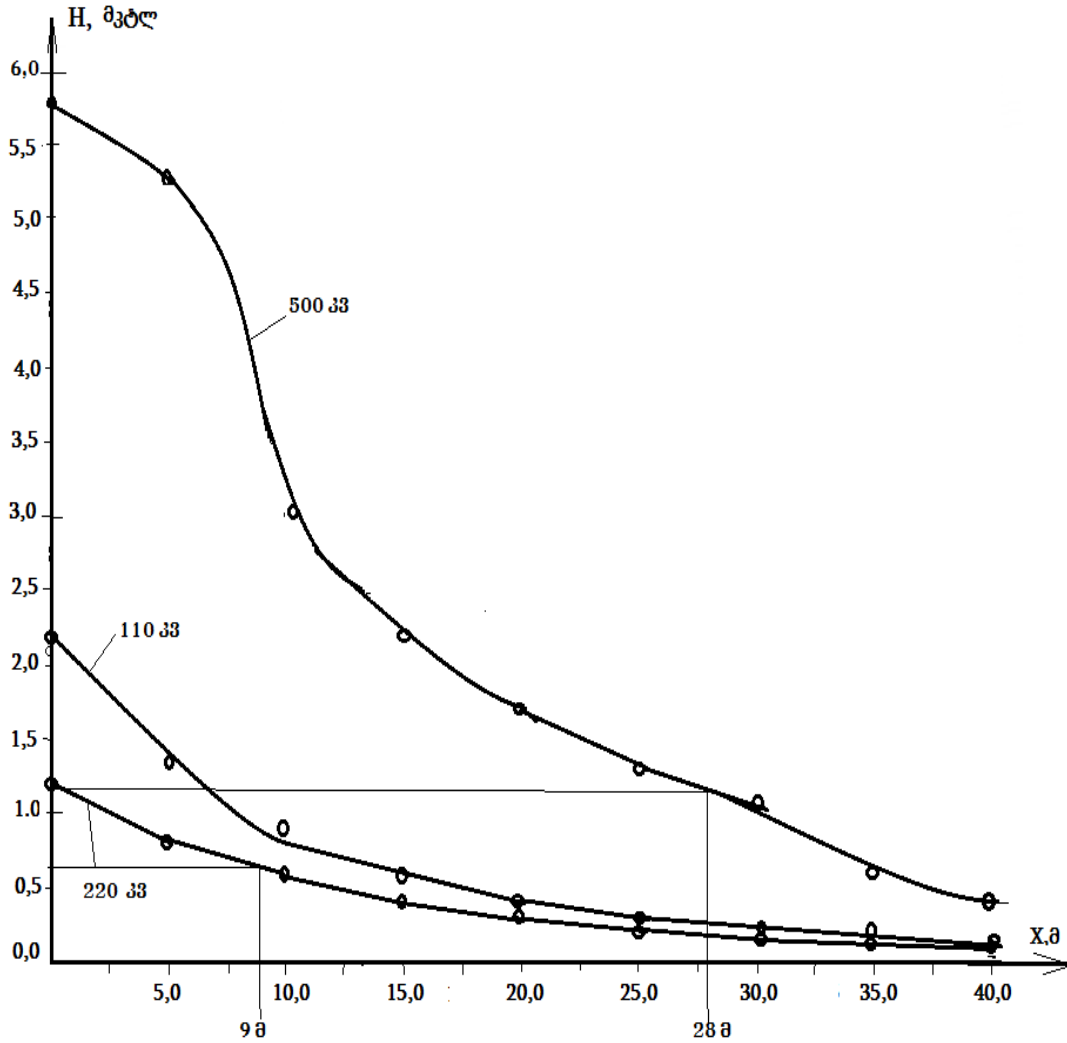
ცხრილი 4.2. ელექტრომაგნიტური ველის დამაბულობები საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის (სეგბ) კიდურა ხაზის გეგმილიდან დაშორებაზე

დაშორება სეგბ-ს კიდურა ხაზის გეგმილიდან, მ	სეგბ 110 კვ		სეგბ 220 კვ		სეგბ 500 კვ	
	E, კვ/მ	H, მკტლ	E, კვ/მ	H, მკტლ	E, კვ/მ	H, მკტლ
0	1,0	2,2	1,8	1,2	6,9	5,8
5,0	0,6	1,2	1,4	1,2	6,9	5,3
10,0	0,4	0,9	0,9	0,8	5,3	3,0
15,0	0,2	0,6	0,6	0,6	2,9	2,2
20,0	0,1	0,4	0,3	0,4	1,6	1,7
25,0	0,1	0,3	0,3	0,3	1,2	1,3
30,0	0,1	0,2	0,2	0,3	0,8	1,1
35,0	–	0,2	0,2	0,2	0,5	0,7
40,0	–	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5



ნახ.4.4. ელექტრული ველის დამაბულობა ელექტროგადაცემის ხაზის კიდურა ხაზის გეგმილიდან დაშორებაზე





ნახ.4.5. მაგნიტური ველის დაძაბულობა ელექტროგადაცემის ხაზის კიდურა ხაზის გეგმილიდან დაშორებაზე

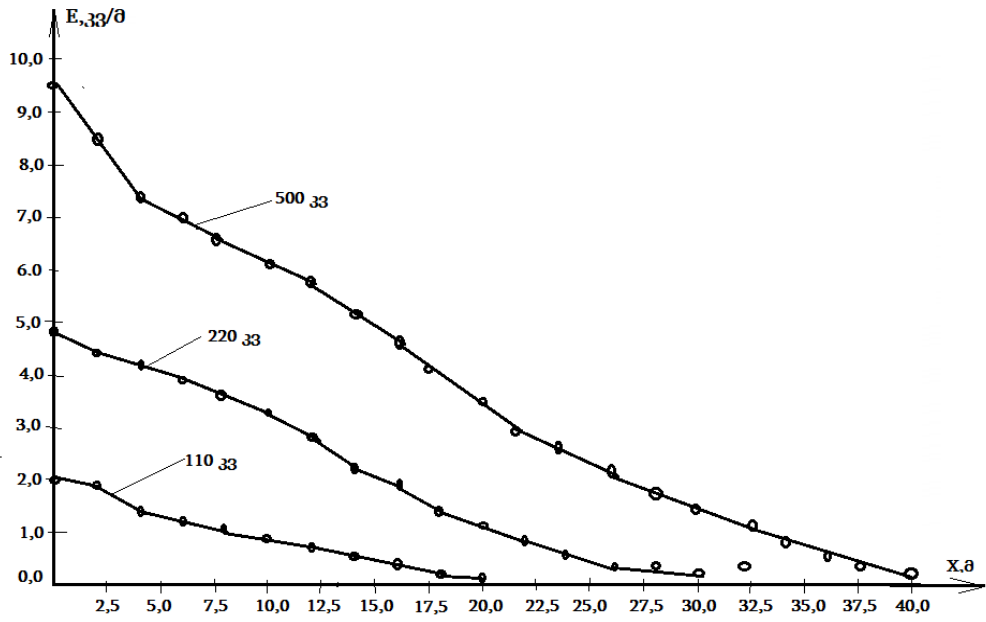
ჩვენს მიერ გაზომილი იქნა ელექტრომაგნიტური ველის დაძაბულობების სიდიდეები მოხვევის კუთხის ბისექტრისის გასწვრივ მოხვევის საყრდენიდან დაშორებაზე. გაზომვის პროცესი ნაჩვენებია ნახ.4.6-ზე. ხოლო გაზომვის შედეგები წარმოდგენილია ცხრილი 4.3-ში.



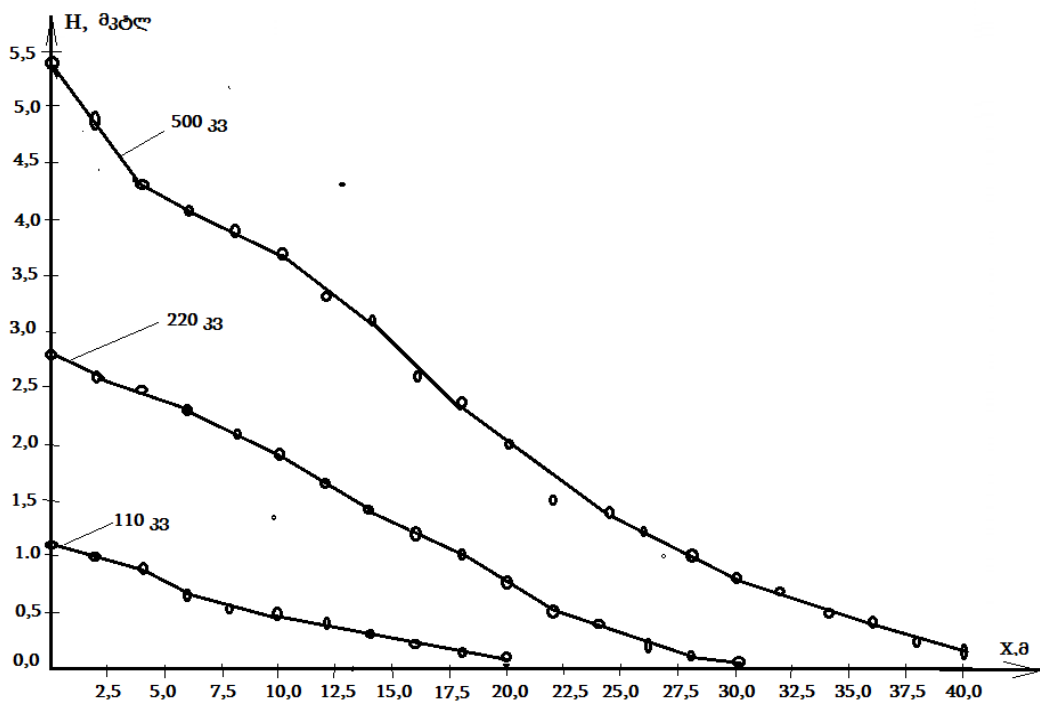
ნახ.4.6. ელექტრომაგნიტური ველის დამაბულობების გაზომვის პროცესი ხაზის მოხვევის კუთხის ბისექტრისის გასწვრივ

ცხრილი 4.3. ელექტრომაგნიტური ველის დამაბულობები საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის (სეგბ) მოხვევის დროს მოხვევის საყრდენიდან მოხვევის კუთხის ბისექტრისის გასწვრივ დაშორებაზე.

დაშორება სეგბ-ს საყრდენიდან მოხვევის კუთხის ბისექტრისის გასწვრივ, მ.	სეგბ 110 კვ		სეგბ 220 კვ		სეგბ 500 კვ	
	E, კვ/მ	H, მკტლ	E, კვ/მ	H, მკტლ	E, კვ/მ	H, მკტლ
0	1,97	1,12	4,70	2,79	9,48	5,37
2,0	1,85	1,01	4,44	2,61	8,50	4,81
4,0	1,41	0,78	4,21	2,46	7,41	4,34
6,0	1,29	0,65	3,86	2,26	6,91	4,08
8,0	1,12	0,58	3,55	2,09	6,65	3,90
10,0	0,91	0,51	3,32	1,93	6,15	3,67
12,0	0,74	0,42	2,78	1,65	5,82	3,31
14,0	0,57	0,32	2,37	1,39	5,22	3,10
16,0	0,37	0,23	2,16	1,21	4,58	2,65
18,0	0,23	0,15	1,55	0,97	4,12	2,42
20,0	0,13	0,12	1,09	0,75	3,45	1,98
22,0	0,08	-	0,84	0,49	2,94	1,55
24,0	0,06	-	0,63	0,37	2,47	1,39
26,0	0,04	-	0,51	0,24	2,18	1,17
28,0	0,03	-	0,40	0,13	1,69	0,99
30,0	0,02	-	0,31	0,12	1,50	0,84
32,0	0,01	-	0,15	0,10	1,12	0,67
34,0	-	-	0,11	-	0,83	0,46
36,0	-	-	0,06	-	0,61	0,36
38,0	-	-	0,04	-	0,47	0,24
40,0	-	-	-	-	0,33	0,14



ნახ.4.7. ელექტრიული ველის დაძაბულობის დამოკიდებულება საჰაერო ხაზის მოხვევის დროს მოხვევის საყრდენიდან დაშორებაზე მოხვევის კუთხის ბისექტრისის გასწვრივ



ნახ.4.8. მაგნიტური ველის დაძაბულობის დამოკიდებულება საჰაერო ხაზის მოხვევის დროს მოხვევის საყრდენიდან დაშორებაზე მოხვევის კუთხის ბისექტრისის გასწვრივ

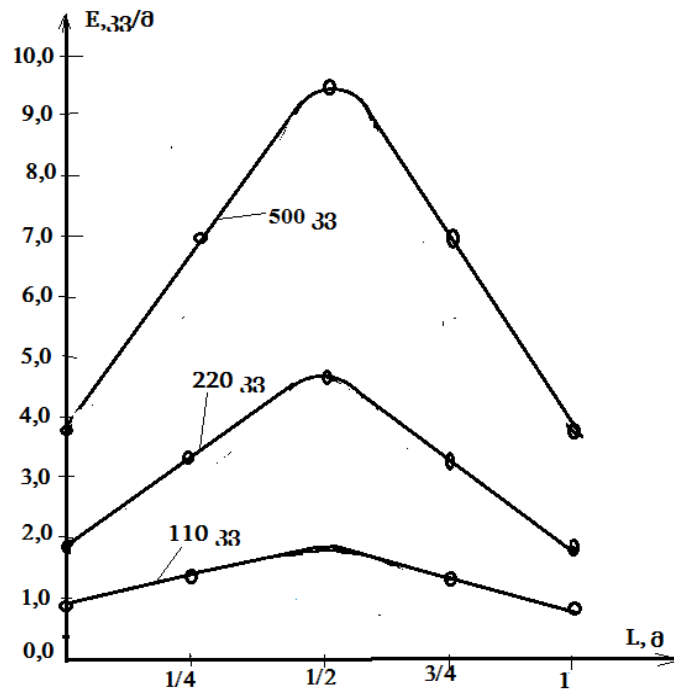
ასევე შესწავლილი იქნა ელექტრომაგნიტური ველის დამაბულობის მნიშვნელობები საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის გასწვრივ. გაზომვის პროცესი წარმოდგენილია ნახ.4.9–ზე, ხოლო გაზომვის შედეგები–ცხრილი 4.4–ში.



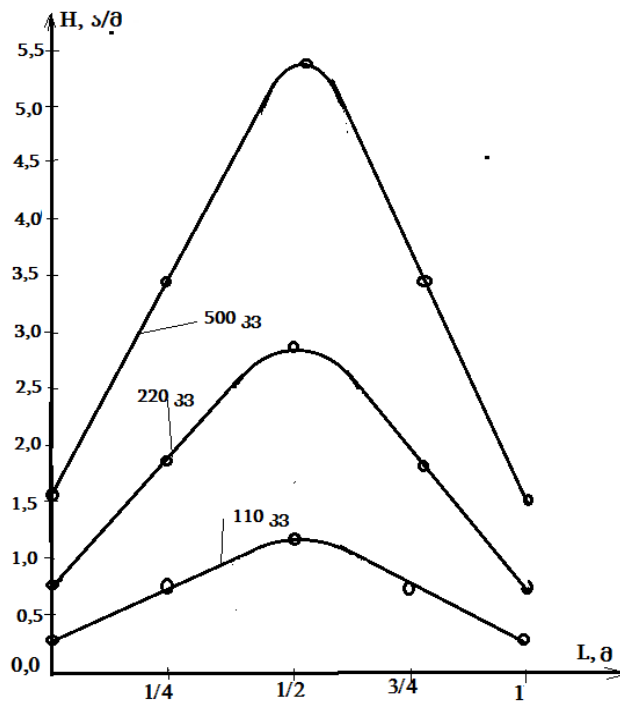
ნახ.4.9. საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრომაგნიტური ველის დამაბულობების გაზომვის პროცესი ხაზის გასწვრივ

ცხრილი 4.4. ელექტრომაგნიტური ველის დამაბულობები საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის (სეგბ) გასწვრივ

დაშორება ელექტროგადაცემის ხაზის ორ საყრდენს შორის, მ	სეგბ 110 კვ		სეგბ 220 კვ		სეგბ 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
1/4 L	1,42	0,68	3,40	1,80	7,00	3,45
1/2L	1,97	1,12	4,70	2,80	9,48	5,37
3/4L	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



ნახ.4.10. ელექტრული ველის დამაბულობა ელექტროგადაცემის ხაზის ტრასის გასწვრივ



ნახ.4.11. მაგნიტური ველის დამაბულობა ელექტროგადაცემის ხაზის ტრასის გასწვრივ

#### 4.3. საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრომაგნიტური ველის დამაბულობების გაზომვის შედეგების ანალიზი

ჩვენს მიერ ჩატარებული იქნა გაზომვის შედეგების ანალიზი, რომლის მიზანია სამრეწველო სიხშირის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის სიახლოვეს მაგნიტური ველის დამაბულობას დასახლებულ მივცეთ ისეთი ფაქტიური მახასიათებელი, სადაც გამოყენებული იქნება ისეთი კრიტერიუმები, რომლებიც დაფუძნებული იქნება ყოფილი საბჭოთა კავშირის სანიტარულ-ეპიდემიოლოგიური ნორმატივები, რომელსაც ამჟამად ვიყენებთ ჩვენს ქვეყანაში [6,11] და ჯანმრთელობის დაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის რეკომენდაციები [64,65,66].

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 დამაბულობების ფაქტიურ მნიშვნელობებს.

მაგნიტური ველის დამაბულობების მაქსიმალური მნიშვნელობები დაფიქსირებული იქნა საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ქვეშ და შეადგინა: 110 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.

გაზომვის შედეგების ანალიზის მიზანია სამრეწველო სიხშირის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის სიახლოვეს მაგნიტური ველის დამაბულობას დასახლებულ მივცეთ ისეთი ფაქტიური მახასიათებელი, სადაც გამოყენებული იქნება ისეთი კრიტერიუმები, რომლებიც დაფუძნებული იქნება ყოფილი საბჭოთა კავშირის სანიტარულ-ეპიდემიოლოგიური ნორმატივები, რომელსაც ამჟამად ვიყენებთ ჩვენს ქვეყანაში [6,11] და ჯანმრთელობის დაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის რეკომენტაციები [64,65,66].

ყოფილი საბჭოთა კავშირის ნორმატიული დოკუმენტებით [6,11] -ს მიხედვით საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის სანიტარულ -დამცავ ზონას წარმოადგენს ტერიტორია ხაზის გასწვრივ, რომელშიც ელექტრული ველის დამაბულობა არ აღემატება 1 კვ/მ-ს. ნახ.4.4 -ზე ეს მნიშვნელობა აღნიშნულია ჰორიზონტალური ხაზით. ამ ხაზის გადაკვეთის წერტილები ელექტრული ველის დამაბულობების გრაფიკებთან წარმოადგენს სანიტარულ-დამცავი ზონის საზღვრებს. ამგვარად როგორც ნახ. ნახ.4.4-დან ჩანს 110 კვ ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზისათვის სანიტარულ-დამცავი ზონის სიფართო ნაკლებია 1 მ-ზე, 220 კვ-სათვის- 9 მ, ხოლო 500 კვ-სათვის - 28 მ.

დაშორების ამ მნიშვნელობების გადაკვეთა მაგნიტური ველის დამაბულობის გრაფიკებთან (ნახ.4.5) სანიტარულ-დამცავ ზონაში გვაძლევს სამრეწველო სიხშირის მაგნიტური ველის დამაბულობების მნიშვნელობებს სანიტარულ-დამცავ ზონაში. ნახ.4.5-დან ჩანს, რომ 110 კვ ძაბვის ხაზის მაგნიტური ველის დამაბულობის მნიშვნელობამ ხაზიდან 1 მეტრი დაშორებით შეადგინა 1,1 მკტლ, 220 კვ ხაზის დამაბულობის 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 დამაბულობა არ აღემატება 2,0 მკტლ-ს. დამაბულობის ეს მნიშვნელობა არ აღემატება ყოფილი საბჭოთა კავშირის ნორმებით საცხოვრებელ სახლებში (5 მკტლ) და საცხოვრებელი სახლების



ტერიტორიაზე (10 მკტლ) [6,11] ნორმატიული დოკუმენტებით დადგენილ ნორმებს, მაგრან აღემატება ჯანმრთელობის დაცვის საერთაშორისო ორგანიზაციის მიერ რეკომენდირებულ დიაპაზონს (0,3-0,4 მკტლ).

მონაცემების ანალიზისათვის ჯანმრთელობის დაცვის მსოფლიო ორგანიზაციისა [65,66] და კიბოს შემსწავლელი საერთაშორისო სააგენტოს [64] რეკომენდაციებზე დამყარებული კრიტერიუმების გამოყენებით შეფასებული იქნა დაშორება კიდურა ხაზის პროექციიდან იმ არემდე, სადაც მაგნიტური ველის დამაბულობა შეადგენდა 0,3 მკტლ-ს. ნახ. 4.5-დან ჩანს, რომ მაქსიმალური დაშორება კიდურა ხაზის გეგმილიდან მაგნიტური ველის დამაბულობა შეადგენს: 110 კვ ძაბვის ხაზისათვის -25 მ, 220 კვ-სათვის- 35 მ; ხოლო 500 კვ ძაბვისათვის 85 მ. (გრაფიკზე ნაჩვენებია 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 საკაერო ელექტროგადაცემის კლასიდან დამოკიდებულებით შეიძლება იმყოფებოდეს კიდურა ხაზის გეგმილიდან 8-დან 85 მ-მდე .

**ცხრილი 4.5. 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 რეკომენდაციები (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 4.5-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 დამაბულობის 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 დამაბულობების დონეები წარმოადგენენ ხაზის გასწვრივ სივრცეში ეკოლოგიური გავლენის შეფასების ძირითად პარამეტრებს.
2. მიღებულია საჭაერო 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 დამაბულობის დონეებზე.
3. საქართველოში გამოყენებული 50 ჰვ სიხშირის მაგნიტური ველის დამაბულობის 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 საჭაერო ელექტროგადაცემის ხაზის მაგნიტური ველის დამაბულობების 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 სიხსირის მაგნიტური ველის დამაბულობის მიმართ, ამ შემთხვევაში საჭიროა უსაფრთხოების ზონის 2-3 -ჯერ გაფართოება;
6. ამჟამად საქართველოს ელექტრომაგნიტური ველის დამაბულობების შესახებ არ გააჩნია საკუთარი სანიტარულ-ეპიდემიოლოგიური

ნორმატიული დოკუმენტები, ასევე არ არსებობს დასახლებულ ტერიტორიებზე და განსაკუთრებით ელექტროგადაცემის ხაზის სიახლოვეს ელექტრომაგნიტური მონიტორინგის სისტემები;

7. დისერტაციაში 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 დამაბულობები აღწევენ თავის მაქსიმალურ მნიშვნელობებს, ამასთანავე დამაბულობების 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 დამაბულობების მნიშვნელობები.

## გამოყენებული ლიტერატურა

1. The Influence of Electromagnetic Pollution on Living Organisms: Historical Trends and Forecasting Changes <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2015/234098>
2. Electromagnetic radiation: Environmental pollution and health <https://academic.oup.com/bmb/article/68/1/157/421256>. 2015
3. Biological effects and mechanisms of shortwave radiation: a review <https://mmrjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40779-017-0133-6>  
(უკანასკნელად გადახედილი იქნა 27.10.2020)
4. Electromagnetic fields and public health/Exposure to extremely low frequency fields. Factsheet no 322.-Geneva: WHO, 2007
5. SP 11-102-97. Environmental engineering surveys for construction. Gosstroy Rossii.-M.,1997 y.-41 p.. (უკანასკნელად გადამოწმდა 2019 წლის დეკემბერს).
6. SanPiN 2.2.1 / 2.1.1.1200-03 "Sanitary protection zones and sanitary classification of enterprises, structures and other facilities"2007.-43 p..
7. საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემა,  
[http://energy.gov.ge/energy.php?id\\_pages=58&lang=geo](http://energy.gov.ge/energy.php?id_pages=58&lang=geo) (უკანასკნელად გადამოწმდა 01.12.2020).
8. Гареев М.В. Система индивидуального учета уровня воздействия электрического поля на персонал системных электрических сетей. Докт. канд.тех. наук - Челябинск, 2001. 108 с.
9. GOST 12.1.002-84. Occupational safety standards system. Electric fields of industrial frequency (50 Hz). Allowable tension levels and requirements for monitoring at workplaces. Moscow. Standardinform. 2009 r.
10. GOST 12.1.045-84. Occupational safety standards system. Electric fields. Workplace tolerances and inspection requirements. Moscow. Standardinform. 2006 year
11. SanPin 2.1.8.12-17-2005 Sanitary norms and rules of protection the population of the sht of exposure to the electric field created by overhead AC power lines, 2005 year.

12. MU 4109-86. Guidelines for determining the electromagnetic field of overhead high-voltage power lines and hygienic requirements for their placement. – Information and Publishing Center of the Ministry of Health of Russia, 1997, 7p.
13. GN 2.1.8/2.2.4. 2262-07. Maximum permissible levels of magnetic fields with a frequency of 50 Hz in residential, public buildings and residential areas. - Information and Publishing Center of the Ministry of Health of Russia, 2008. 24 p.
14. The monitoring results of electromagnetic radiation of 110-kV high-voltage lines in one urban location in Chongqing P.R. China Environmental Monitoring and Assessment volume 184, pages 1533–1540 (2012) (უკანასკნელად გადახედილი იქნა 29.06.2011 წელს).
15. Green spaces as a means of ensuring the environmental safety of power transmission lines.  
<https://www.un.org/esa/sustdev/publications/energy/chapter7.pdf>
16. Protection of people from exposure to electric fields from the produced ultra-high voltage overhead line. Industrial energy. International EMF Project – Progress Report 2014-15, p. (16-17)
17. Safe organization of work on voltage lines 330kV and above. Working near overhead and underground electric lines. (Appendix B–Exclusion zones for overhead electric lines). P. 30 – 35. (გადახედილი იქნა 02.01.2020 წელს)
18. Normalization of electric fields of industrial frequency. In book: Soft Target Protection, January 2020, (pp.337-349)
19. Fundamentals of safety in electrical installations  
<https://www.labtrain.noaa.gov/osha600/refer/menu12a.pdf> “Basic Electrical Safety”, p.35-37
20. Staff protection in super high voltage electric substations by using of the electric field measurement devices <https://ieeexplore.ieee.org/document/6220756>
21. Foreign assessments of the impact of air lines of extra- and ultra-high voltage on the surrounding Wednesday  
<https://www.senat.fr/fileadmin/Fichiers/Images/opecst/Rapport.pdf>
22. Environmental Concerns for High-Voltage Transmission Lines in UNIPEDA Countries [https://www.researchgate.net/publication/245299504\\_Environmental\\_Concerns\\_for\\_High-Voltage\\_Transmission\\_Lines\\_in\\_UNIPEDA\\_Countries](https://www.researchgate.net/publication/245299504_Environmental_Concerns_for_High-Voltage_Transmission_Lines_in_UNIPEDA_Countries)

23. Analysis health damage to personnel of electrical installations with a voltage of 500kV. [https://ww1.issa.int/sites/default/files/documents/prevention/14\\_056\\_Guideline\\_GB-36095.pdf](https://ww1.issa.int/sites/default/files/documents/prevention/14_056_Guideline_GB-36095.pdf) (უკანასკნელად გადახედილი იქნა 09.12.2008)
24. A Study of Electromagnetic Radiation of Corona Discharge Near 500-Kv Electric Installations  
[https://www.researchgate.net/publication/226906448\\_A\\_Study\\_of\\_Electromagnetic\\_Radiation\\_of\\_Corona\\_Discharge\\_Near\\_500-Kv\\_Electric\\_Installations](https://www.researchgate.net/publication/226906448_A_Study_of_Electromagnetic_Radiation_of_Corona_Discharge_Near_500-Kv_Electric_Installations)  
(უკანასკნელად გადახედილი იქნა 05.2015)
25. Conduction of Electrical Current to and Through the Human Body: A Review  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2763825/>
26. Вольфовская А.М., Зуев В.Г. Электромагнитные поля и человек. М. 2001. 187 с.
27. Environmental magnetic fields: influences on early embryogenesis.  
<https://smekni.com/a/298827-3/vliyanie-magnitnykh-poley-na-rannie-stadii-ontogeneza-na-predstaviteley-semeystva-bobovykh-3/> (უკანასკნელად გადახედილი იქნა 01.12.2020 წელს).
28. Influence of Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields on the Circadian System: Current Stage of Knowledge  
<https://www.hindawi.com/journals/bmri/2014/169459/>
29. SanPiN 2.2.4.1191-03. Electromagnetic fields in industrial conditions. Federal Center of the State Sanitary and Epidemiological Supervision of the Ministry of Health of Russia. 2003
30. მუსელიანი თ., არაბიძე გ., ბალახაშვილი ლ. მაღალი ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზების სიახლოვეს ელექტრომაგნიტური ველების ეკოლოგიური მონიტორინგის პრობლემების ანალიზი. „ენერჯია“, 2019, №3(91), გვ. 177–181.
31. Factors affecting neural stimulation with magnetic fields  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1285715/>
32. Electromagnetic radiation  
<https://www.britannica.com/science/electromagnetic-radiation>
33. Шандала М.Г. Зуев В.Г. Ушаков И.Б. Справочник по электромагнитной безопасности работающих и населения. Воронеж: „Истоки“, 1998. 82 с.
34. Electromagnetic fields: human safety issues <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12117757/>

35. Степанов И.М. Исследование электромагнитных полей в электроустановках высоконапряжения и разработка мер по снижению их интенсивности. Дисс.канд.тех.наук. Новосибирск, 2008. 149 с.
36. Electric and Magnetic Field Distribution inside High and Very High Voltage Substations [https://www.researchgate.net/publication/224385205\\_Electric\\_and\\_Magnetic\\_Field\\_Distribution\\_inside\\_High\\_and\\_Very\\_High\\_Voltage\\_Substations](https://www.researchgate.net/publication/224385205_Electric_and_Magnetic_Field_Distribution_inside_High_and_Very_High_Voltage_Substations)
37. Electrical Power and Energy System [https://www.mdpi.com/journal/energies/sections/electrical\\_power](https://www.mdpi.com/journal/energies/sections/electrical_power) 2005
38. Shielding methods and products against man-made Electromagnetic Fields: Protection versus risk <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30831365/>
39. On the possibility of linemen's protection against magnetic fields at power frequency <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0307904X8280022X>
40. Mask T. Electromagnetic fields and protection from it. London, 1991. 170 p.
41. Estimation of electromagnetic shielding efficiency. [https://www.researchgate.net/publication/331016941Estimation\\_of\\_electromagnetic\\_shielding\\_efficiency](https://www.researchgate.net/publication/331016941Estimation_of_electromagnetic_shielding_efficiency) (უკანასკნელად გადახედილი იქნა 08.2020)
42. Electromagnetic shielding. <https://www.sciencedirect.com/topics/biochemistry-genetics-and-molecular-biology/electromagnetic-shielding> (უკანასკნელად გადახედილი იქნა 05.09. 1999)
43. Radiation and health. World Health Organization Fact Sheet No. 322, June 2007. <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/radiation-and-health/non-ionizing/elff> (უკანასკნელად გადახედილი იქნა 12.2000)
44. Feychting K. EMF. -Boston, 1993. p .301.
45. Ken O'Hara. Electric and magnetic fields in the environment. [www.canelect.ca](http://www.canelect.ca). 2019. p.112.
46. Baker J. Electromagnetic fields and human health. [www.powertogo.ca](http://www.powertogo.ca) (უკანასკნელად გადახედილი იქნა 05.06 2020)
47. Phillips J. Electromagnetic fields and human health. <http://collections.infocollections.org/Js0461e/>.(უკანასკნელად გადახედილი იქნა 2003)
48. Römer P. Electromagnetic fields and human health.



- [http://paradisegolfproducts.com/electro\\_magnetic\\_fields.htm/](http://paradisegolfproducts.com/electro_magnetic_fields.htm/).  
(უკანასკნელად გადახედილი იქნა 05.08.2020 წელს)
49. Coleman Y. Electromagnetic fields and health. - [www.epri.com](http://www.epri.com). 2001.
50. Balodis V. Electric and magnetic fields.// Environmental Issues, №5, 2008.-81 p.
51. Peter A. Electric and magnetic fields (EMF) and health. - The 2th International American Journal of Epidemiology 1991, Pages 923–937,  
<https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a116176>
52. Федорович Г.В. Экологический мониторинг электромагнитных полей. М. 2004. 71 с.
53. Biological effects of the hypomagnetic field: An analytical review of experiments and theories. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5487043/>  
(უკანასკნელად გადახედილი იქნა 12.2017)
54. Electromagnetic Fields in Biological Systems <https://www.routledge.com/Electromagnetic-Fields-in-Biological-Systems/Lin/p/book/9781439859995>  
(უკანასკნელად გადახედილი იქნა 1999 )
55. Довбыш В.Н. Технология регионального контроля природной среды по фактору электромагнитного излучения объектов энергетических систем. Автореф. на соиск. уч. ст. д-ра техн. наук. -Самара, 2010. 32 с.
56. მუსელიანი თ., არაბიძე გ., ბალახაშვილი ლ. მაღალი ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრული ველის დამაბულობის განსაზღვრა ხაზის ქვეშ სარკული ასახვის მეთოდით. „ენერჯია“, 2019, №3(91), გვ. 5–9.
57. მუსელიანი თ., ვაშაკიძე ა., ბალახაშვილი ლ. მაღალი ძაბვის საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზების ელექტრული ველის დამაბულობის დამოკიდებულება კიდურა ხაზის გეგმილიდან დაშორებაზე. „ენერჯია“, 2020, №1(93), გვ. 26–33.
58. ბალახაშვილი ლ. საჰაერო ელექტროგადაცემის ხაზის ელექტრომაგნიტური ველის გავლენა ადამიანის ჯანმრთელობაზე. “საქართველოს საინჟინრო სიახლეები“, 2021, №92, გვ. 103-106.
59. Exposure to Electromagnetic Fields of High Voltage Overhead Power Lines and Female Infertility. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC652221>  
(უკანასკნელად გადახედილი იქნა 12.02.2005)

60. Reducing bird mortality caused by high- and very-high-voltage power lines in Belgium. [https://www.researchgate.net/publication/323800434\\_Reducing\\_bird\\_mortality\\_caused\\_by\\_high-\\_and\\_very-high-voltage\\_power\\_lines\\_in\\_Belgium](https://www.researchgate.net/publication/323800434_Reducing_bird_mortality_caused_by_high-_and_very-high-voltage_power_lines_in_Belgium) (უკანასკნელად გადახედილი იქნა 05.08.2018)
61. Modeling and simulation of the electromagnetic field generated by electro-energetic facilities. [https://www.researchgate.net/publication/228770738\\_Modeling\\_and\\_simulation\\_of\\_the\\_electromagnetic\\_field\\_generated\\_by\\_electro\\_energetic\\_facilities](https://www.researchgate.net/publication/228770738_Modeling_and_simulation_of_the_electromagnetic_field_generated_by_electro_energetic_facilities) (უკანასკნელად გადახედილი იქნა 01.12.2020 წელი).
62. Ионкин П.А., Даревский А.И., Кухаркин Е.С., Миронов В.Г., Мельников Н.А. Теоретические основы электротехники. М.: „Высшая школа“, 1976, Т.1, 383с. (უკანასკნელად გადახედილი იქნა 05.08.2020 წელს)
63. 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. „ენერჯია“, 2021, №2(98), გვ. 42-47
64. Non-ionizing radiation, part 1: static and extremely low frequency (ELF) electric and magnetic fields. Vol. 80, IARC Mono-graphs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Lyon: „IARC Press“, 2002, 429 p.
65. Extremely low frequency fields: Environmental health criteria. No. 238, Fact sheet. Geneva: „WHO“, 2007, 519 p.
66. Electromagnetic fields and public health. Exposure to extremely low frequency fields. No. 322, Fact sheet. Geneva: „WHO“, 2007, 3p.