

ივ. ჯავახიშვილის სახლობის თბილისის სახელმწიფო
უნივერსიტეტი



ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა
ფაკულტეტი

ვერიკო ჯელაძე

დოქტორანტის კოლოკვიუმი

„ადამიანზე ელექტრომაგნიტური დასახივების შესწავლა ზოგიერთი
დიდი სცენარის შემთხვევაში“

ხელმძღვანელი:

ფიზ. მათ. მეცნ. დოქტ.

ემერიტუს პროფ. რევაზ ზარიძე

თანახელმძღვანელი:

ფიზ. მეცნ. დოქტორი

მიხეილ პრიშვინი

თბილისი 2014

სარჩევი

1. ლიტერატურული მიმოხილვა -----	3
2. კვლევის მიზანი და ამოცანები -----	3
3. კვლევის მეთოდოლოგია -----	4
3.1 დიფრაქციის ამოცანის ამოხსნა ადამიანის მოდელზე, რომელიც იმყოფება ნახევრად ღია ზედაპირის შიგნით MAS მეთოდით -----	4
4. მიღებული სამეცნიერო შედეგები -----	7
4.1 ახლო ველის განაწილება და შორი ველის დიაგრამა ოთახში 300, 450 და 900 MHz სიხშირეებზე-----	7
4.2 გასვლისა და არეკვლის კოეფიციენტი დამოკიდებულია კოლოკაციის წერტილების რაოდენობასა და გამოთვლის ცდომილებაზე -----	10
5. დასკვნა -----	11
6. გამოყენებული ლიტერატურა -----	12

1. ლიტერატურული მიმოხილვა

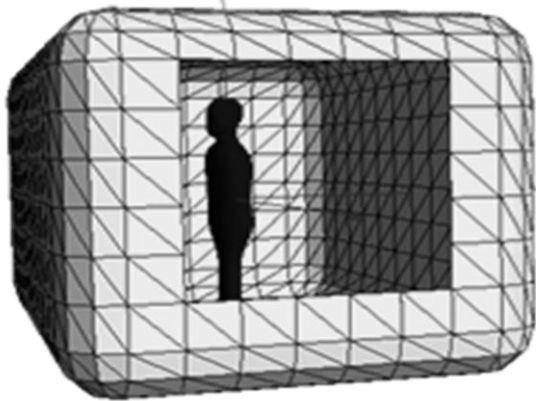
მობილური ტელეფონები და სხვადასხვა უკაბელო კავშირის მოწყობილობების გამოყენების ზრდის გამო აქტუალურია მათი გამოსხივების არასასურველი გავლენის შესწავლა ადამიანზე. ელექტრომაგნიტური (ე.მ) ფონი განუწყვეტლივ იზრდება ჩვენს გარშემო ყოველ წელს. ჩატარებული კვლევები აჩვენებს, რომ ხშირად ეს ველები შეიძლება საშიში იყოს ადამიანის ჯანმრთელობისთვის. მობილური ტელეფონის გავლენა მაქსიმალურია, როდესაც იგი ახლოს მდებარეობს მომხმარებელთან. ის აგრეთვე დამოკიდებულია საგნებზე, რომლებიც იმყოფება მომხმარებლის გარშემო. გარდა ამისა, საინტერესოა შესწავლა როგორაა გამოსხივების დიაგრამა დამოკიდებული დიდი სცენარებზე, რომელიც მოიცავს მომხმარებელს, რომელიც იმყოფება ფანჯრიან ოთახში.

შენობების კედლების უმეტესობა დამზადებულია რკინაბეტონის მასალისგან, რის გამოც ზოგიერთ სიხშირეზე ოთახები წარმოადგენენ კარგ რეზონატორებს. ეს რეზონანსული სიხშირეები მობილური სიხშირეების დიაპაზონშია. ეს იმას ნიშნავს, რომ როდესაც მომხმარებელი მობილური ტელეფონით კომუნიკაციის დროს იმყოფება შენობის შიგნით, ტელეფონით გამოსხივებული ველის ამპლიტუდა ძლიერდება კედლების მიერ რამდენჯერმე არეკვლის გამო. როგორც რიცხვითი ექსპერიმენტები აჩვენებს, რომ ამ ველის სიდიდე გაცილებით დიდია, ვიდრე შენობის გარეთ. ამიტომ ოთახში სხვადასხვა გამჭვირვალობის კედლების და ფანჯრების არსებობა უნდა იყოს გათვალისწინებული.

2. კვლევის მიზანი და ამოცანები

მოცემული ნაშრომის მოტივაციაა შევისწავლოთ ელექტრომაგნიტური ველის განაწილება დიდი სცენარების შემთხვევაში, რომელიც ფართოდაა წარმოდგენილი ჩვენს ყოველდღიურ ცხოვრებაში, იმისათვის რომ შევამციროთ ამ ე.მ ველის არასასურველი ზეგავლენა ადამიანზე. ამ მიზნით ჩვენ განვიხილეთ მობილური ტელეფონით გამოსხივებული ემ ველის დიფრაქციის ამოცანა მომხმარებელზე და მიერ ველის გაბნევა ოთახისა და კედლების გათვალისწინებით, ასევე ფანჯრებისაც. ჩვენი ინტერესია, შევისწავლოთ ასეთი სისტემის გამოსხივების დიაგრამა და თუ შესაძლებელია შევამციროთ ე.მ. ფონი

ისე, რომ შენარჩუნდეს კარგი ხარისხის უკაბელო კავშირი. მობილური ტელეფონების დიდი განსხვავების ფორმის, წონის და სიმაღლის მიხედვით, ასევე სხვადასხვა ადამიანის განსხვავებული სხეულის ზომის და ანატომიისა (არსებობს დიდი გადახრები ამ პარამეტრების) გამო, ჩვენი გვაინტერესებს საშუალო ზეგავლენა მომხმარებელზე. კომპიუტერული სიმულაციის სიმარტივისთვის, ჩვენ გავამარტივეთ ადამიანის სხეულის გეომეტრია და ე.მ ველის წყაროდ ვიყენებთ უსასრულოდ პატარა დიპოლს. ჩვენს მოდელში



სურ.1. მოდელის გეომეტრია

ადამიანის სხეული ერთგვაროვანია გასაშუალოებული შეღწევადობით და შევსებულია ადამიანის კუნთოვანი ქსოვილით. ჩვენ განვიხილავთ, "მუმის" (სურ. 1), როგორც ადამიანის მოდელს. სიმულაციის ალგორითმი საშუალებას გვაძლევს, განვიხილოთ ოთახის კედლები როგორც აბსოლუტურად გამტარი. მაგრამ ალგორითმში ოთახი გეომეტრიის გარკვეული პარამეტრების შერჩევით (მაგ. დამხმარე წყაროების

რაოდენობის) შეგვიძლია ვცვალოთ კედლების ეფექტური გამტარებლობა და გავხადოთ მეტად ან ნაკლებად გამჭვირვალე. ოთახის კედლების გამჭვირვალობა ასევე დამოკიდებულია ე.მ წყაროს სიხშირეზე.

ჩვენი მიზანია ვიპოვოთ ახლო ველის განაწილება ადამიანის სხეულის შიგნით, ისევე როგორც ოთახის შიგნით და გარეთ. ასევე ვითვლით გამოსხივებული შორი ველის დიაგრამას.

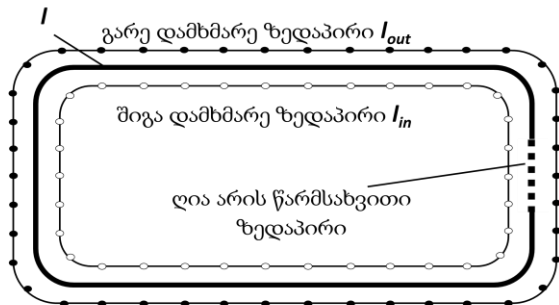
3. კვლევის მეთოდოლოგია

3.1 დიფრაქციის ამოცანის ამოხსნა ადამიანის მოდელზე, რომელიც იმყოფება ნახევრად ღია ზედაპირის შიგნით MAS მეთოდით

თეორიული თვალსაზრისით, დასმულ პრობლემას შეესაბამება დროში ჰარმონიული ე.მ ტალღის დიფრაქცია ერთგვაროვან დიელექტრიკზე, რომელიც მოთავსებულია ნახევრად ღია გამტარი ზედაპირის შიგნით (სურ.1). ე.მ ველის წყაროდ განვიხილავთ დიპოლურ წყაროს, რომელიც მდებარეობს მომხმარებლის თავთან ახლოს, მობილური ტელეფონის მსგავსად. დასმული ამოცანა იხსნება დამხმარე გამომსხივებლების მეთოდის (MAS)[1] გამოყენებით.

MAS მეთოდის გამოყენება ეფუძნება ორი წყვილი ჩაკეტილი დამხმარე ზედაპირის აგებას ადამიანის სხეულის შიგნით და გარეთ და ასევე ნახევრად

ღია ოთახის ზედაპირის შიგნით და გარეთ (სურ.2). ამ „მუმიისა“ და ე.წ. ოთახის დამხმარე ზედაპირებზე, რაც შეიძლება ერთგავროვნად, ვანაწილებთ N და M რაოდენობის დამხმარე წერტილებს შესაბამისად. შემოთავაზებული ალგორითმი მიხედვით, ამ დამხმარე ზედაპირებზე განაწილებულია იგივე რაოდენობის



სურ. 2. გეომეტრიის MAS მოდელი დამხმარე და წარმოსახვითი ზედაპირებით

კომბინირებული დამხმარე წყაროები უცნობი კომპლექსური კოეფიციენტებით. ეს უცნობი კომპლექსური ამპლიტუდები განისაზღვრება სასაზღვრო პირობების დაკმაყოფილებით გაბნეული ველისათვის ადამიანის სხეულის მოდელის შემთხვევაში - როგორც დიელექტრიკზე (უწყვეტობა

ელექტრული და მაგნიტური ველის ტანგენციალური მდგენელებისა). ნახევრად ღია ზედაპირზე შიგნით და გარეთ, როგორც გამტარზე (ელექტრული ველის ტანგენციალური მდგენელები უნდა იყოს ნულის ტოლი) და ოთახის ღია (ფანჯრები) ნაწილებზე, როგორც დიელექტრიკზე - ველის უწყვეტობით. შემოთავაზებული ალგორითმით ფანჯრის ღია ნაწილების ზედაპირი განიხილება, როგორც თავისუფალი სივრცე ჰაერის შეღწევადობით. ამ უცნობი კომპლექსური ამპლიტუდებისთვის ჩვენ ვიღებთ წრფივ ალგებრულ განტოლებათა სისტემას რომელტა რიცხვი უდრის უცნობების რაოდენობას.

ამ ნაშრომში ჩვენ ვიყენებთ MAS მიდგომას ადვილად დავამოძღვროთ ზედაპირის გამჭვირვალობის ცვლილების მეთოდოლოგია სასაზღვრო პირობების დაკმაყოფილების გზით. ელექტრული ველის ტანგენციალური მდგენელის ნულთან ტოლობის მოთხოვნა ოთახის ზედაპირზე, უზრუნველყოფს მთლიანად გამტარ კედლებს. დამხმარე წყაროების რიცხვის შემცირებით და ასევე სასაზღვრო პირობების დაკმაყოფილების სიზუსტის შემცირებით შესაბამისად, ოთახის კედლები შეგვიძლია გავხადოთ მეტად ან ნაკლებად გამჭვირვალე. ამ მიზეზით, ჩვენ ამოვხსენით დიფრაქციის ამოცანა მეტალურ მესერზე, იმის შესასწავლად, თუ როგორაა დამოკიდებული არეკვლისა და გასვლის კოეფიციენტები სასაზღვრო პირობების დაკმაყოფილების სიზუსტეზე. ეს იძლევა შესაბამისობას სიზუსტესა და კედლის გამჭვირვალობას შორის და შესაძლებელია მარტივად დამოძღვროთ ნახევრად გამჭვირვალე კედლები, რათქმუნდა, პირველ მიახლოებაში, მაგრამ საკმარისია გამოვიყენოთ დასმულ ამოცანაში.

ასე რომ, აღნიშნული მეთოდის შესაბამისად, ვაგებთ დამხმარე ზედაპირების გეომეტრიას გარკვეული მანძილზე სხეულის და ნახევრად ღია

ზედაპირიდან, ეს დამხმარე ზედაპირები იმეორებს გამზნევი სხეულის ფორმას. დამხმარე წყაროებად არჩეულია ორი ურთიერმართობი კომბინირებული დიპოლი $\vec{E}_{comb}$ და $\vec{E}'_{comb}$ შესაბამისად უცნობი კომპლექსური ამპლიტუდებით[1,2]. კომბინირებული დიპოლის ველი განისაზღვრება შემდეგი გამოსახულებით:

$$\vec{E}_{comb} = \vec{E}_{el} + \sqrt{\mu/\varepsilon} \vec{E}_{mag}, \quad \vec{H}_{comb} = \vec{H}_{el} + \sqrt{\mu/\varepsilon} \vec{H}_{mag}$$

სადაც $\vec{E}_{el}$, $\vec{H}_{el}$ და $\vec{E}_{mag}$, $\vec{H}_{mag}$ არიან შესაბამისად დიპოლის ელექტრული და მაგნიტური ველები:

$$\vec{E}_{el} = (e^{ikR}/4\pi\epsilon) \left\{ (1/R^3 - ik/R^2) [3\vec{R}_0 \cdot (\vec{R}_0 \cdot \vec{p}_{el}) - \vec{p}_{el}] - (k^2/R) (\vec{R}_0 \times (\vec{R}_0 \times \vec{p}_{el})) \right\}$$

$$\vec{E}_{mag} = \sqrt{\mu/\varepsilon} (k^2 e^{ikR}/4\pi) (1/R^2 - ik/R) (\vec{p}_{mag} \times \vec{R}_0)$$

$$\vec{H}_{el} = (i\omega e^{ikR}/4\pi) (1/R^2 - ik/R) (\vec{R}_0 \times \vec{p}_{el})$$

$$\vec{H}_{mag} = (e^{ikR}/4\pi) \left\{ (1/R^3 - ik/R^2) [3\vec{R}_0 \cdot (\vec{R}_0 \cdot \vec{p}_{mag}) - \vec{p}_{mag}] - (k^2/R) (\vec{R}_0 \times (\vec{R}_0 \times \vec{p}_{mag})) \right\}$$

სადაც $\vec{R}_0$ ერთეულოვანი ვექტორია, მიმართული დიპოლიდან დაკვირვების წერტილისკენ, R – მანძილი დიპოლსა და დაკვირვების წერტილს შორის $\vec{p}_{el}$ და $\vec{p}_{mag}$ არის ამ დიპოლების ერთეულოვანი პოლარიზაციის ვექტორები. დამხმარე წყაროები განაწილებული ნებისმიერ დამხმარე ზედაპირზე უნდა აღწერდნენ გაბნეულ ველს სივრცის მოპირდაპირე მხარეს. მოდით აღვწეროთ ჯამური გაბნეული ველი შიგნით და გარეთ. უცნობი ველი დიელექტრიკული სხეულის შიგნით და გარეთ აღიწერება გარე დამხმარე წყაროებით:

$$\vec{E}_{body}^{in} = \sum_{n=1}^N (a_n \vec{E}_{comb}^{out} + a'_n \vec{E}'_{comb}^{out}), \quad \vec{H}_{body}^{in} = \sum_{n=1}^N (a_n \vec{H}_{comb}^{out} + a'_n \vec{H}'_{comb}^{out})$$

სხეულის გარეთ ველი $\vec{E}_{body}^{out}$, $\vec{H}_{body}^{out}$ წარმოადგენს შესაბამისად ჯამს ანტენის მიერ გამოსხივებული ველისა, ადამიანის სხეულის შიგა დამხმარე წყაროების და აგრეთვე ნახევრად ღია ზედაპირის გარეთა დამხმარე წყაროების ველებისა:

$$\vec{E}_{body}^{out} = \vec{E}_{inc} + \sum_{n=1}^N (b_n \vec{E}_{comb}^{in} + b'_n \vec{E}'_{comb}^{in}) + \sum_{m=1}^M (c_m \vec{E}_{comb}^{out} + c'_m \vec{E}'_{comb}^{out})$$

$$\vec{H}_{body}^{out} = \vec{H}_{inc} + \sum_{n=1}^N (b_n \vec{H}_{comb}^{in} + b'_n \vec{H}'_{comb}^{in}) + \sum_{m=1}^M (c_m \vec{H}_{comb}^{out} + c'_m \vec{H}'_{comb}^{out})$$

ველის მთლიანი სტრუქტურის გარეთ კი განისაზღვრება ნახევრად ღია ზედაპირის შიგა დამხმარე წყაროებით:

$$\vec{E}^{out} = \sum_{m=1}^M (d_m \vec{E}_{comb}^{in} + d'_m \vec{E}_{comb}^{in}) \quad \vec{H}^{out} = \sum_{m=1}^M (d_m \vec{H}_{comb}^{in} + d'_m \vec{H}_{comb}^{in})$$

უცნობი კომპლექსური ამპლიტუდები $a_n, a'_n, b_n, b'_n, c_m, c'_m, d_m, d'_m$, სადაც $n=1,2,...,N, m=1,2,...,M$ ვპოულობთ სასაზღვრო პირობების დაკმაყოფილებით კოლოკაციის მეთოდის გამოყენებით. საიდანაც ვიღებთ წრფივ ალგებრულ განტოლებათა სისტემას, რომელთა რიცხვი ემთხვევა უცნობების რაოდენობას.

ჩვენი საბოლოო მიზანია ვიპოვოთ ახლო ველის განაწილება ადამიანის სხეულის შიგნით, ისევე როგორც ოთახის შიგნით და გარეთ. ასევე უნდა შევაფასოთ ადამიანზე ველი ზემოქმედება და გამოსხივებული შორი ველის დიაგრამას, რაც საჭიროა კარგი უკაბელო კავშირისთვის.

4. მიღებული სამეცნიერო შედეგები

4.1 ახლო ველის განაწილება და შორი ველის დიაგრამა ოთახში 300, 450 და 900 MHz სიხშირეებზე

ზემოთ წარმოდგენილ ალგორითმზე დაფუძნებით შევქმენით პროგრამული პაკეტი, რომელიც შესაძლებლობას გვაძლევს შევისწავლოთ ახლო ველი ოთახის შიგნით და გარეთ და შევაფასოთ შორი ველის დიაგრამა. მთავარი პარამეტრები, როგორიცაა სხეულისა და წყაროს მდებარეობა, ოთახის ზომა და ფორმა, ფანჯრის მდებარეობა და მისი ზომა ადვილად შეგვიძლია შევცვალოთ. წყაროს ელექტრომაგნიტური თვისებები, პოლარიზაცია თვითნებურად შეგვიძლია ავირჩიოთ სიხშირის მსგავსად. მოცემული პარამეტრებით შეგვიძლია გამოვთვალოთ სტრუქტურის სიხშირული მახასიათებელი და შევისწავლოთ მისი რეზონანსული თვისებები. პროგრამა-პაკეტის გამოყენებით შესწავლილი გვაქვს რამოდენიმე შემთხვევა, ოთახის კედლის გამჭვირვალობის, წყაროს სიხშირის და სხვა პარამეტრების ცვლილებით.

ყველა გამოთვლა ჩატარდა ოთახზე ზომებით: 4 x 5 x 3 მ. „მუმის“ სხეულის ე.მ თვისებები აღებული იქნა როგორც ადამიანის კუნთის, კომპლექსური შეღწევადობით $\epsilon = 45 + i 2$.

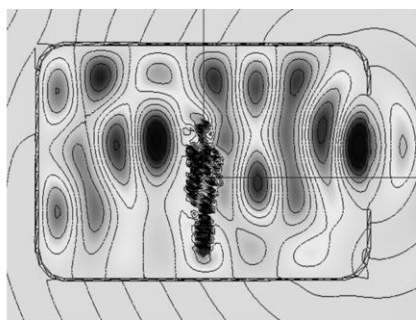
მიღებული შედეგები მოცემულია ქვემოთ. ყველა შედეგში წყაროს პოლარიზაცია არის X - რაც პერპენდიკულარულად სურათის. ასევე ჩვენ წარმოვადგინეთ ახლო ელექტრულ ველის X კომპონენტი, რათა კარგად

დავინახოთ სასაზღვრო პირობების დაკმაყოფილება ოთახი ზედაპირზე და ასევე ადამიანის სხეულზე.

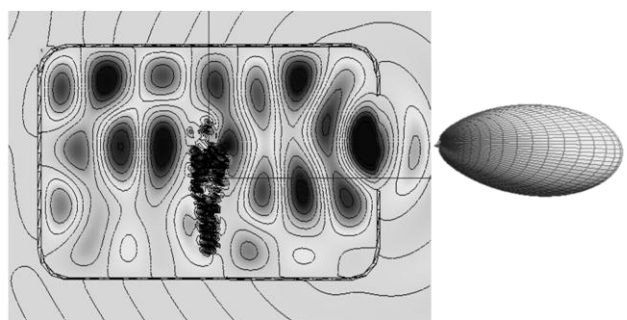
მიღებული შედეგებიდან ნათლად ჩანს, რომ როგორც 300 MHz, 450 MHz, ისე 900 MHz სიხშირეებზე ოთახის ფანჯრის ზომის შემცირებით ველის სიდიდე ოთახში იზრდება (სურ. 4, სურ. 12, სურ. 16), ხოლო დახმარე წყაროების რიცხვის შემცირებით ოთახის კედლების გამჭვირვალობა მატულობს და ამის გამო ველის სიდიდე მცირდება ოთახში (სურ. 5, სურ. 13, სურ. 17). რაც შეეხება ველის განაწილებას ღია სივრცეში, გვაქვს აბსოლუტურად განსხვავებული სურათი, ველის განაწილება ამ შემთხვევაში რადიკალურად იცვლება, ასევე ველის დიაგრამაც (სურ.6, სურ. 14, სურ. 18).

სურ. 7, სურ. 8, სურ. 9, სურ.10-ზე ასევე მოცემულია ახლო ველის განაწილება ადამიანის თავის მოდელში 300 MHz სიხშირეზე, დასახელებული შემთხვევებისთვის.

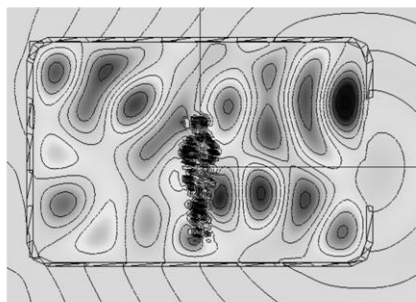
ახლო ველის განაწილება და შორი ველის დიაგრამა 300 MHz სიხშირეზე



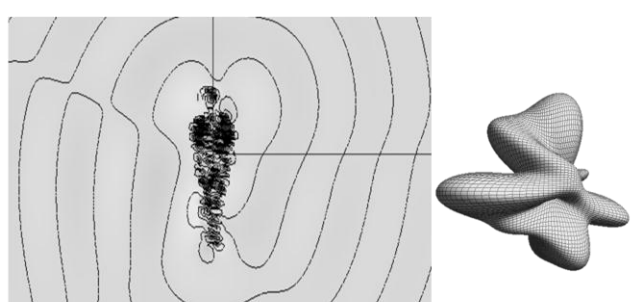
სურ.3. ახლო ველის განაწილება და შორი ველის დიაგრამა ოთახში, ფანჯრის ზომა 2.6 x 2.0 (მ)



სურ.4. ახლო ველის განაწილება და შორი ველის დიაგრამა ოთახში, შემცირებული ფანჯრის ზომით 2.0 x 1.6 (მ)

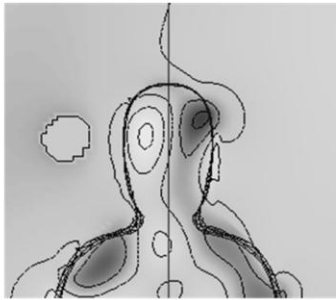


სურ.5. ახლო ველის განაწილება და შორი ველის დიაგრამა ოთახში, ფანჯრის ზომა 2.6 x 2.0 (მ). დამხმარე წყაროების რიცხვი შემცირებულია.



სურ.6. ახლო ველის განაწილება და შორი ველის დიაგრამა ღია სივრცეში.

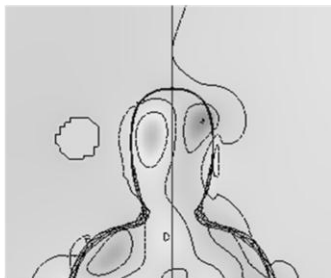
ახლო ველის განაწილება ადამიანის თავის მოდელში 300 MHz სიხშირეზე



სურ.7. ახლო ველი ოთახში, ფანჯრის ზომა 2.6 x 2.0 (მ)



სურ.8 ახლო ველი ოთახში, შემცირებული ფანჯრის ზომით 2.0 x 1.6 (მ)

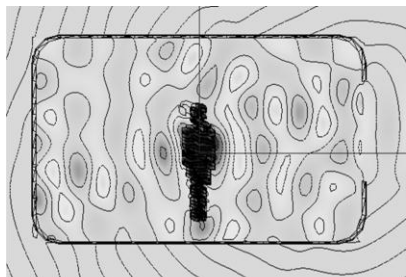


სურ.9. ახლო ველი ოთახში, ფანჯრის ზომა 2.6 x 2.0 (მ). დამხმარე წყაროების რიცხვი შემცირებულია.

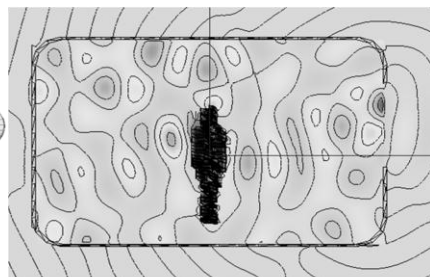
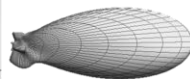


სურ.10. ახლო ველის განაწილება ღია სივრცეში.

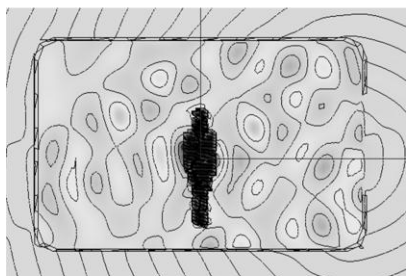
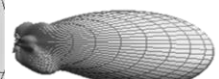
ახლო ველის განაწილება და შორი ველის დიაგრამა 450 MHz სიხშირეზე



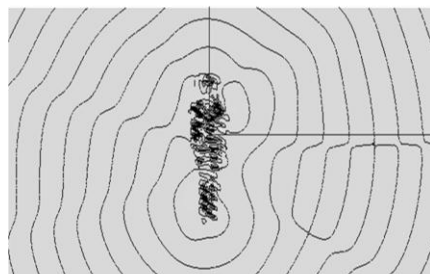
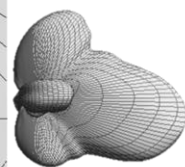
სურ.11. ახლო ველის განაწილება და შორი ველის დიაგრამა ოთახში, ფანჯრის ზომა 2.6 x 2.0 (მ)



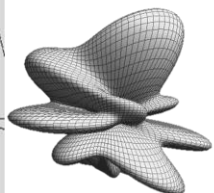
სურ.12. ახლო ველის განაწილება და შორი ველის დიაგრამა ოთახში, შემცირებული ფანჯრის ზომით 2.0 x 1.6 (მ)



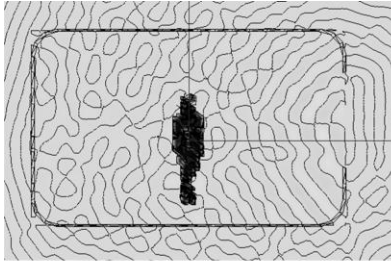
სურ.13. ახლო ველის განაწილება და შორი ველის დიაგრამა ოთახში, ფანჯრის ზომა 2.6 x 2.0 (მ). დამხმარე წყაროების რიცხვი შემცირებულია.



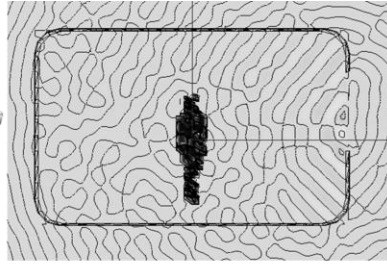
სურ.14. ახლო ველის განაწილება და შორი ველის დიაგრამა ღია სივრცეში.



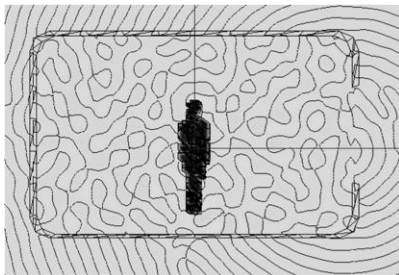
ახლო ველის განაწილება და შორი ველის დიაგრამა 300 MHz სიხშირეზე



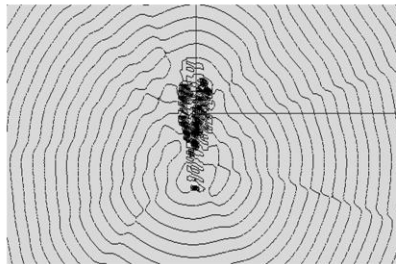
სურ.15. ახლო ველის განაწილება და შორი ველის დიაგრამა ოთახში, ფანჯრის ზომა 2.6 x 2.0 (მ)



სურ.16. ახლო ველის განაწილება და შორი ველის დიაგრამა ოთახში, შემცირებული ფანჯრის ზომით 2.0 x 1.6 (მ)



სურ.17. ახლო ველის განაწილება და შორი ველის დიაგრამა ოთახში, ფანჯრის ზომა 2.6 x 2.0 (მ). დამხმარე წყაროების რიცხვი შემცირებულია.

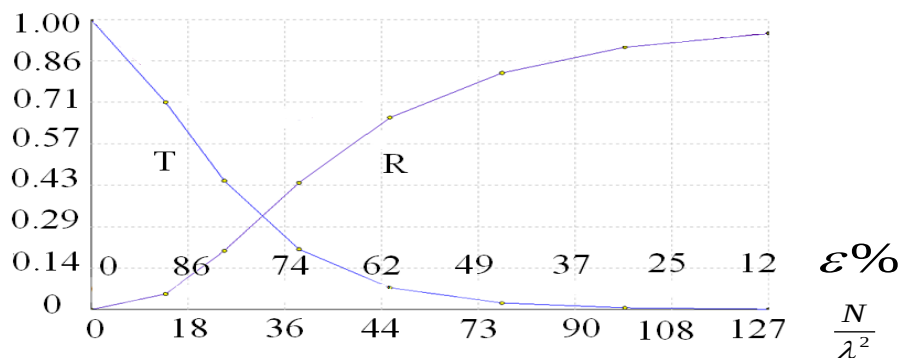


სურ.18. ახლო ველის განაწილება და შორი ველის დიაგრამა ღია სივრცეში.

4.2 გასვლისა და არეკვლის კოეფიციენტი დამოკიდებულია კოლოკაციის წერტილების რაოდენობასა და გამოთვლის ცდომილებაზე

როგორც ზემოთ აღინიშნა, ჩვენს MAS-ზე დაფუძნებულ ამოცანაში, ჩვენ შეგვიძლია ვცვალოთ ოთახის კედლების გამჭვირვალობა კოლოკაციის წერტილების რაოდენობის გაზრდით, ან შემცირებით. ჩვენ გამოვიკვლიეთ ეს საკითხი, უსასრულო სიბრტყეზე და ნაჩვენები იქნა, რომ გასვლისა და არეკვლის კოეფიციენტი დამოკიდებულია კოლოკაციის წერტილების რაოდენობასა და გამოთვლის ცდომილებაზე, რომელიც წარმოდგენილია სურ. 9-ზე. ამ შედეგების საფუძველზე, შეგვიძლია ვცვალოთ და გავზომოთ ოთახის კედლების გამჭვირვალობა. გამჭვირვალობის გაზრდით, ოთახის Q ფაქტორი, როგორც რეზონატორისა მცირდება და, შესაბამისად, ელექტრული ველის მაღალი სიდიდე მცირდება. ეს იმას ნიშნავს, რომ საწინააღმდეგო შემთხვევაში, როდესაც კედლებიდან არეკვლა იზრდება, Q ფაქტორიც აგრეთვე იზრდება. საბოლოოდ შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ რკინაბეტონის კედლების შემთხვევაში, ოთახი ხდება კარგი რეზონატორი და ინარჩუნებს მაღალი სიდიდის ელექტრომაგნიტურ ველს და ხდება უფრო საშიში მობილური ტელეფონის ან

ნებისმიერი სხვა მგრძნობიარე მოწყობილობის მომხმარებლისთვის. გამოთვლის სიზუსტე არის 20%-ის რიგის.



სურ.19. გასვლისა და არეკვლის კოეფიციენტების დამოკიდებულება კოლოკაციის წერტილებსა და გამოთვლის ცდომილებაზე.

5. დასკვნა

დაბოლოს, ჩვენ შეგვიძლია ვთქვათ, რომ ადამიანზე გამოსხივების ზემოქმედება დიდ სცენარების შემთხვევაში ნამდვილად იმსახურებს ჩვენს ყურადღებას, რეზონანსული ეფექტის და ველის მაღალი სიდიდის შესაძლებლობის გამო დახურულ და ნახევრად ღია გეომეტრიებში, რაც ფართოდაა წარმოდგენილი ჩვენს ყოველდღიურ ცხოვრებაში. გამოკვლეულია ზოგიერთი სცენარი ადამიანზე RF დასხივებისა ფანჯრიანი ოთახის შიგნით. როდესაც ოთახს არ ვითვალისწინებთ ველის განაწილება მნიშვნელოვნად იცვლება.

ადვილი კომპიუტერული მოდელირების მეთოდოლოგიაა გამოყენებული ცვლადი კედლის გამჭვირვალობის დასამოდელოებლად MAS-ის სახით. ასევე ნაჩვენებია, რომ რეზონანსულ სიხშირეები ასეთი გეომეტრიებისთვის არიან უკაბელო კავშირის სიხშირეების დიაპაზონში. შემუშავებული პროგრამული პაკეტი შემდგომში გაფართოვდება უფრო დიდი გეომეტრიების განხილვისათვის და იგეგმება SAR განაწილების დათვლის და გასაშუალოების ალგორითმის ჩადება.

აღიარება. ეს კვლევა მხარდაჭერილია შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მიერ. გრანტი #30/09.

6. გამოყენებული ლიტერატურა

- [1] R. Zaridze, G. Bit-Babik, K. Tayzarashvili et al. "Wave Field Singularity Aspects Large-Size Scatterers and Inverse Problems." IEEE Transactions on Antennas and Propagation 50, No. 1, 50, (January 2002).
- [2] Petoev I., Tabatadze V., Kakulia D., Zaridze R., "Application of the Method of Auxiliary Sources to the Electromagnetic Field's Diffraction on the Some Metallo-dielectric Structures", *Journal of Communications Technology & Electronics*, 2013, Vol. 58, No 5, pp. 404-416.