

1. განივი ელექტრომაგნიტური უჯრედის (TEM Cell-ის) მოდელირება და პატრამეტრების დადგენა

განივი ელექტრომაგნიტური უჯრედის ე.წ. Transverse Electromagnetic Cell (TEM Cell) წარმოადგენს ელექტრომაგნიტური ტალღების გამტარს, რომელშიც საკვლევი ბიოლოგიური ობიექტის მოთავსების შემთხვევაში მოხდება ამ ობიექტის დასხივება გამავალი ელექტრომაგნიტური ტალღებით. დოზიმეტრიის ამოცანებიდან გამომდინარე, ასეთ ექსპერიმენტში აუცილებელია, რომ იმ არეში სადაც მოთავსებული იქნება ბიოლოგიური ობიექტი, ელექტრომაგნიტური ველი იყოს ერთგვაროვანი. ეს იმას ნიშნავს, რომ ველი უნდა იყოს ანალოგიური ე.წ. შორი ველისა, სადაც ტალღის ფრონტი არის ბრტყელი.

ასეთი ამოცანის გადასაჭრელად საჭროა დადგენილ იქნას TEM Cell-ის როგორც ოპტიმალური ფორმა ასევე ზომები.

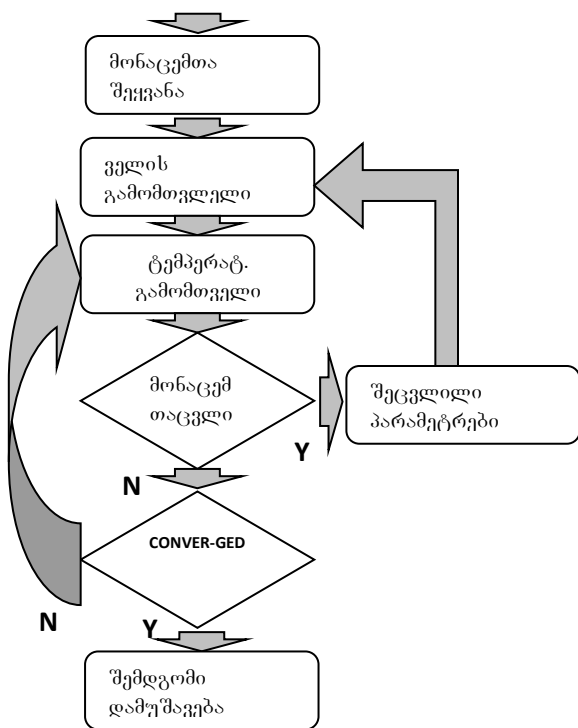
იმის გამო, რომ TEM Cell-მა უნდა გაიმეოროს ტალღის გამტარი კაბელის ფუნქცია, გადავწყვიტეთ შეგვექმნა TEM Cell რომელსაც ექნებოდა მართკუთხა გამტარის ფორმა. ამასთანავე გადავწყვიტეთ რომ ბოლოები წაწვეტებული ყოფილიყო. წაწვეტებული ბოლოები საშუალებას იძლევა არეკვლებისა და დანაკარგების გაერეშე მოხდეს ელექტრომაგნიტური ტალღის გატარება ტალღგამტარში. წინააღმდეგ შემთხვევაში ველი TEM Cell –ში საერთოდ არ იქნებოდა ერთგვაროვანი, ეი შეუძლებელი იქნებოდა დოზიმეტრირება. ამას გარდა TEM Cell -ის შუა ნაწილი ე.წ. septum წამოადგენს განსაზღვრული ფორმის გამტარს, რომლის ბილოები მირჩილულია შესავალ და გამოსავალ ბუდეებთან და იზოლორებული არიან TEM Cell –ის კორპუსისაგან.

1.2 პროგრამული პაკეტის დამუშავება

TEM Cell –ის მოდელირებისა და ცოცხალ ობიექტზე ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედების მოდელირებისათვის გამოყენებულ იქნა სასრულო სხვაობების მქონე დროითი დომენების Finite-Difference Time-Domain (FDTD) მეთოდი, ასევე თერმული ანალიზის მეთოდი. დამუშავებულ პროგრამაში გეომეტრიისა და ზომების პრობლემა წყდება საყოველთაოდ აღიარებულ ფორმულების, როგორიცაა STL, NASTRAN გამოყენებით, ან ხდებოდა ხელით გენერირება. ამასთანავე შესაძლებელია ვიზუალიზირდეს წარმოებული ბადის გეომეტრია და მოხდეს მისი რედაქტირება. ამის გამო საშუალება გვეძლევა კონსტრუირებულ იქნას რთული

ფორმის სხეულები. შესაძლებელია ბრუნვა ზომების შეცვლა დეფორმირება როგორც ნაწილობრივ ასევე სრულად. სხეულზე ზემოქმედებები ხდება მაუსის გამოყენებით და კეიბორდის გამოყენებით ან ბრძანებათა გამოყენებით console or script არეში.

ელექტრომაგნიტური ველის ცენტრალური გამომთვლელი პროგრამა არის ძირითადი ინსტრუმენტი ელექტრომაგნიტური ველის ანალიზისათვის, რომელიც დაფუძნებულია Yee ალგორითმზე. დამუშავებული ველის გამომთვლელი საშუალებას იძლევა აღებულ იქნას ყველა შესაძლო გამოსხივების წყარო, ნებისმიერი გეომეტრიის მქონე სტრუქტურა და ამასთანავე განისაზღვროს ნივთიერების თვისებები. ამ გზით წამოადგენილ იქნას სიხშირეები და ტემპერატურული ეფექტები. შეიძლება გამოყენებულ იქნას სხვადასხვა სასაზღვრო



სურ. 11

პირობა, რაც უპირატესობას ანიჭებს აღებულ ქსელს. ამრიგად, შესაძლებელია შესრულდეს ყველ ველის გამოთვლა. ამასთანავე შესაძლებელია MAS –ის გამოყენება სათანადო გეომეტრიისათვის (ნაწილობრივი გეომეტრიული პრობლემები), როგორც უფრო ეფექტურისა (ე.ი ნაკლები რესურსების მომთხოვნისა და უფრო სწრაფისა). როგორც კი მოხდება ველის ამოხსნა ყველა წერტილის მიმართ, ხდება ინტეგრალური სიდიდეების გამოთვლა. კერძოდ გამოითვლება შთანთქმის კუთრი თანრიგის (SAR) გამოთვლა. ვეილს გამომთვლელის გამოსავალი, რომელიც SAR-ის მნიშვნელობებს შეიცავს

წარმოადგენს ტემპერატურის გამომთვლელის შესავალს. იმიტაციის მოძრაობა ნაჩვენებია სურათ 1-ზე.

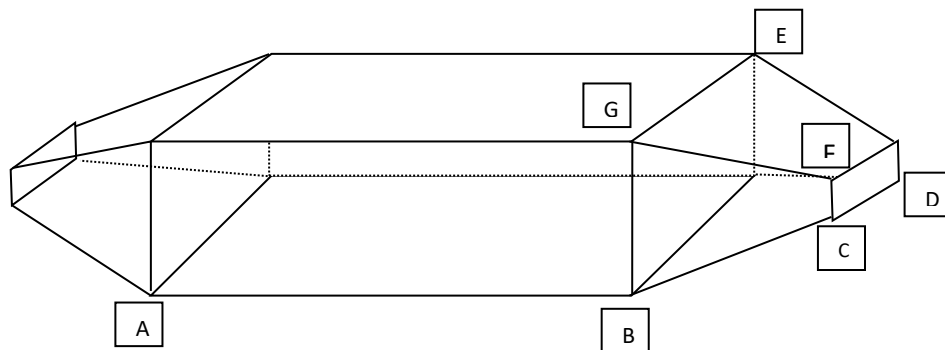
ტემპერატურის ზრდის გამოთვლა ეფუძნება Bioheat –ის განტოლებას (Pennes მოდელი -რომელსაც აქვს ცვლადი სასაზღვრო პირობები. თავდაპირველად ხდება ტემპერატურის საწყისი განაწილების განსაზღვრა. შემდგომ, წონასწორობიდან

გამომდინარე ტემპერატურულ გამაწილებაზე დაყრდნობით, ხდება მიღებული SAR – ით ტემპერატურის ნაზრდის გამოთვლა. თუ ტემპერატურის გამოთვლისას აღმოჩნდება, რომ ნივთიერების დიელექტრიკული მახასიათებლები მნიშვნელოვნად იცვლება, ხდება პარამეტრების განახლება. ველი გამოითვლება ახალი პარამეტრებით, ვიდრე არ მოხდება ტემპერატურის მდგრადობა.

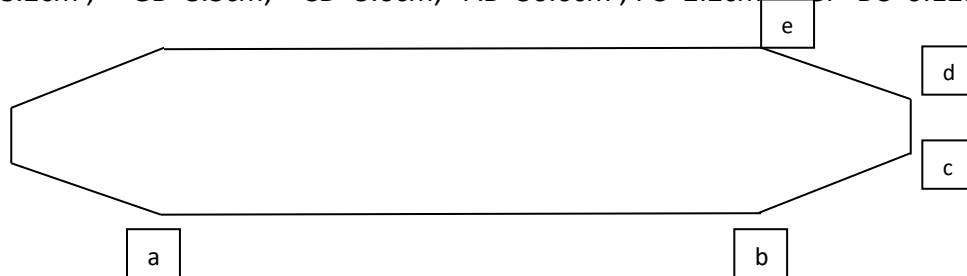
1.3 TEM Cell -ს მოდელირება

დიდი ზომის ოთხკუთხა გამტარები ფართოდ გამოიყენება განივი ელექტრომაგნიტური ველებისათვის. ისინი ხასიათდებიან ჰაერის დიელექტრიკით და თხელი ცენტრალური გამტარით (septum), რომელიც გარშემორტყმულია ოთხკუთხა გამტარით. მთავარი მიზანია არსებობდეს ერთგვაროვანი განივი ელექტრომაგნიტური ველი. პირველად ასეთი გამტარები აღწერილ იქნა კლაუდეს Claudie მიერ. ჩვენს მიერ დამუშავებული TEM cell –ის ზომები მოცემულია სურ. 2 ზე.

TEM Cell



$|GE|=8.2\text{cm}$; $GB=8.3\text{cm}$; $CD=3.6\text{cm}$; $AB=30.6\text{cm}$; $FC=2.2\text{cm}$ $GF=BC=0.123$

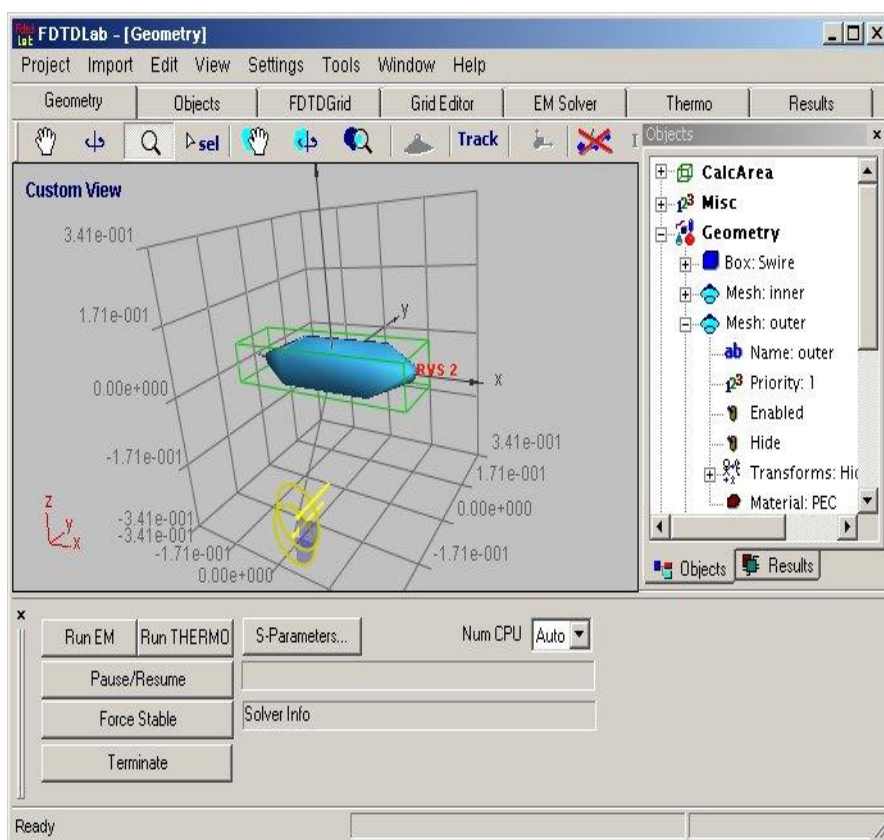


$eb=7.9\text{cm}$; $bc=0.115\text{ cm}$; $ab=27.6$; $cd=2.8\text{ cm}$;

სურ. 2 . TEM cell –ის მახასიათებელი ზომები.

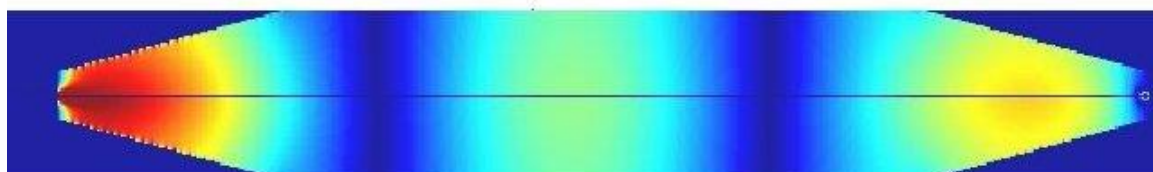
septum -ის სისქე $t=1\text{mm}$. septum -ის სიგანის ცვალებადობით მიღწეულ იქნა 1800 მგპც-სათვის septum -ის ოპტიმალური ზომა. მოდელში შესავალზე მოდებულ იქნა 1

ვოლტი ძაბვა, 50 ომ წინაღობაზე. TEM cell მეორე მხარე ბოლოვდება ასევე 50 ომიანი წინააღმდეგობით, რათა მოხდეს წინაღობათა შეთანხმება. სურ. 3-ზე ნაჩვენებია მოდელირებული .TEM cell

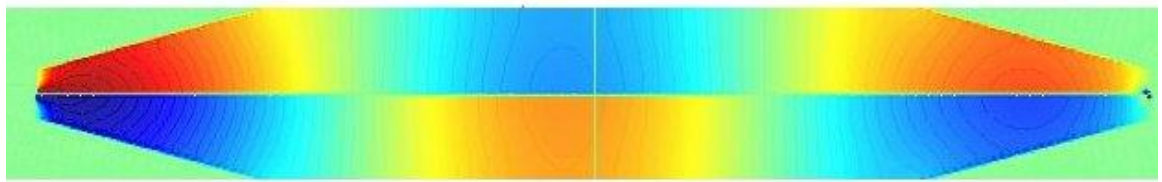


სურ 3. TEM Cell-ის
გამოსახულება მოდელში.

ველის Ez სიმულირებული კომპონენტი მოცემულია სურ 4-ზე. აქ თითოეული ელემენტისათვის გამოთვლილია იმპედანსი, სიმძლავრე და S11. ასეთი ველისათვის ე.წ მდგარი ტალღების კოეფიციენტი ტოლია 1,1-სა ხოლო გადატანილი სიმძლავრე 99,5%-ს შეადგენს. როგორც სურ .5-ზე ვხედავთ ერთგვაროვანი ველი მიიღება TEM Cell -ის ცენტრალურ ნაწილში და იგი გაცილებით მეტია ვიდრე საკვლევი ბიოლოგიური ობიექტი- მოლუსკის ნერვული სისტემა.



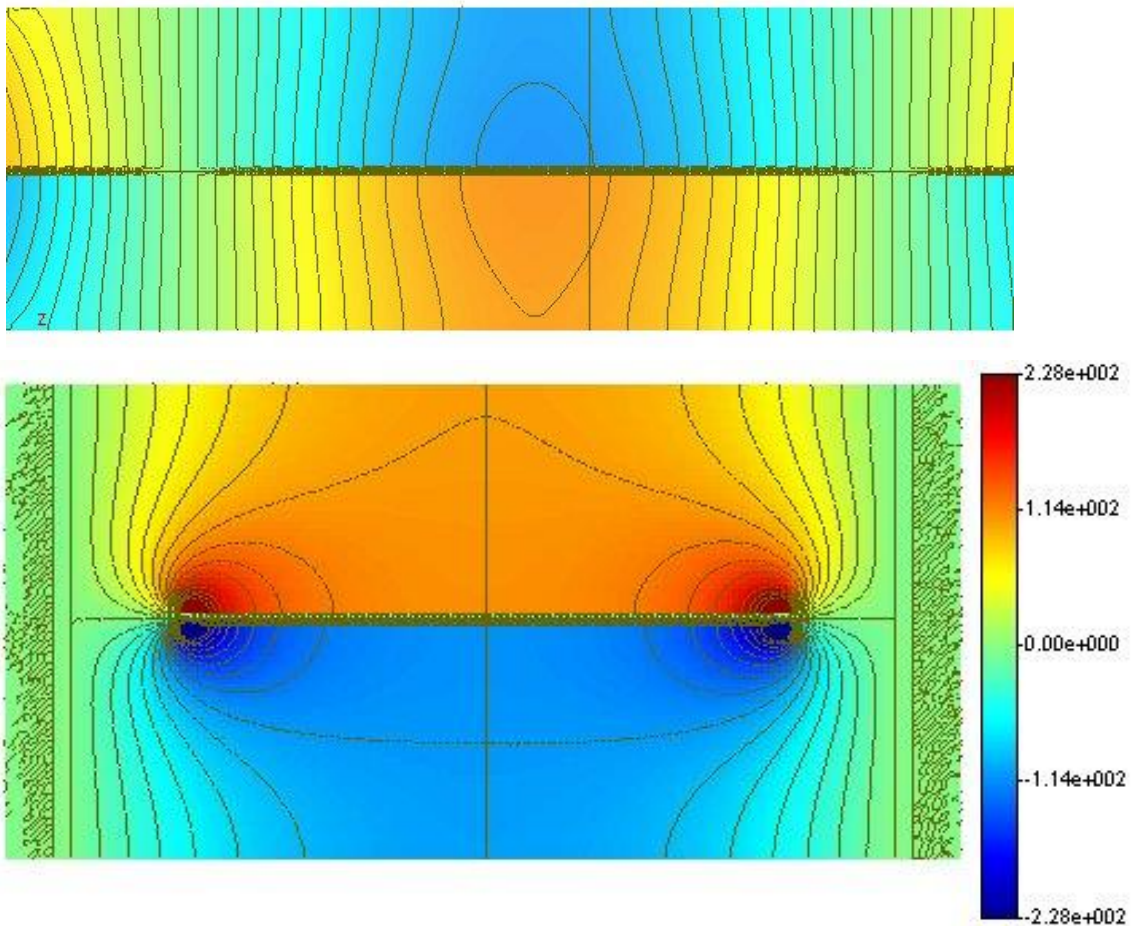
a)



b)

სურ. 4 Ez ველის გაფრცელება TEM cell –ში
ნახევრების სხვადასხვა ფერის ქარგაში.

a)



სურ 5. ველის ეროგაროვანი ნაწილი TEM Cell-ში.

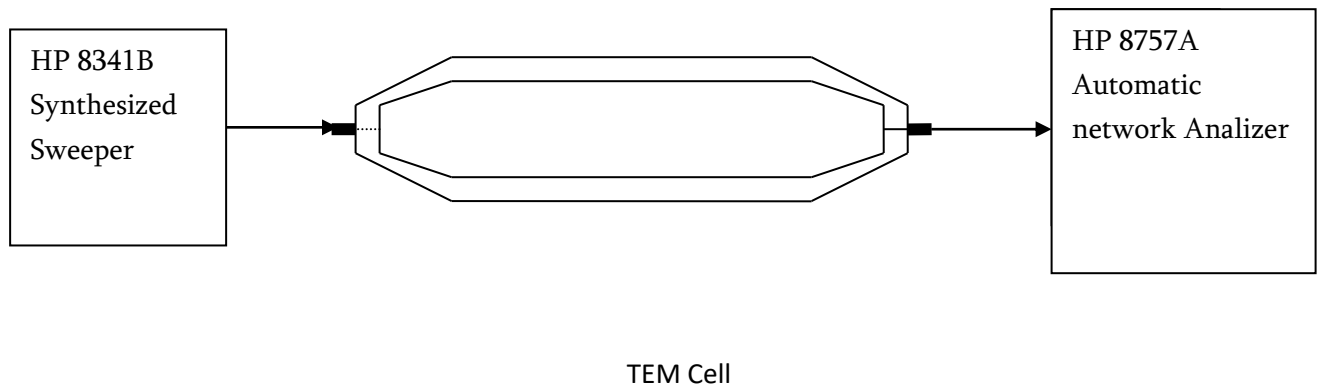
2. TEM Cell-ის ელექტრომაგნიტური მახასიათებლების გაზომვის ოქმი



სურ. 1 შექმნილი TEM Cell -ის ფოტო მობილურ ტელეფონთან ერთად

გაზომვები ჩატარდა HP 8757A Automatic network Analyzer და HP 8341B Synthesized Sweeper –ის გამოყენებით.

გაზომვების სქემატური გამოსახულება მოცემულია სურ. 2-ზე



სურ. 2 TEM Cell -ის გამოკვლევის სქემა

P_{in}/P_{out} გამოითვლება ფორმულით

$$P_{in}/P_{out} = 1 - [(KSW-1)/(KSW+1)]^2 = 4KSW/(KSW+1)^2$$

სადაც KSW არის მდგარი ტალღების კოეფიციენტი,

P_{in} არის TEM Cell-ში შესული ელექტრომაგნიტური ველის სიმძლავრე.

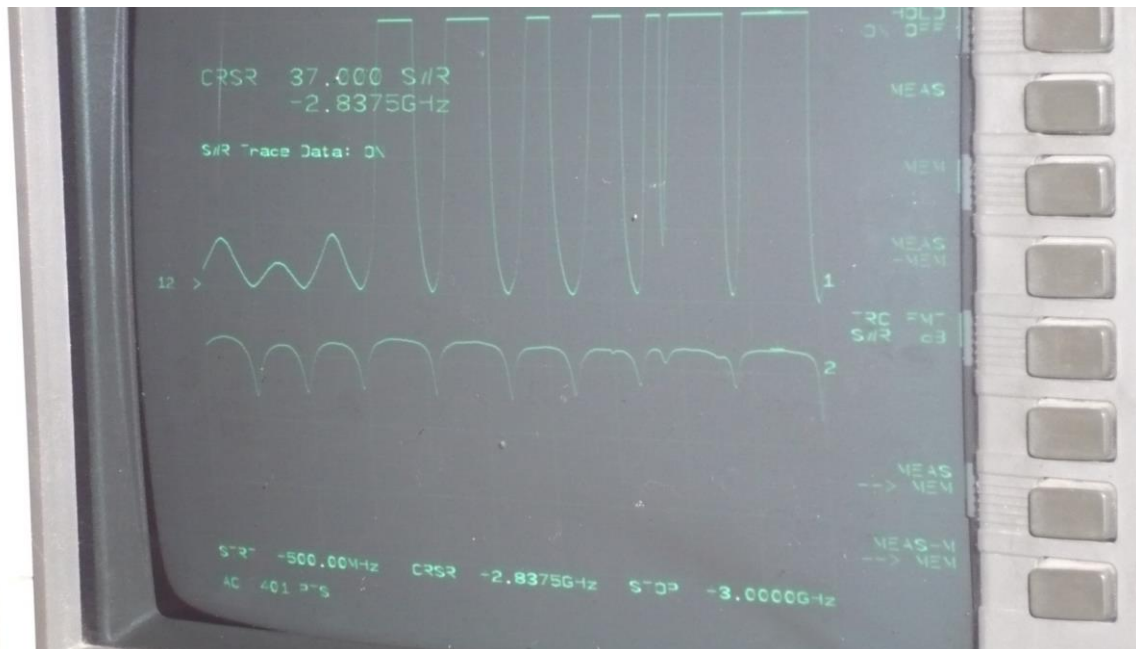
P_{out} არის –ის გამოსავალი ელექტრომაგნიტური ველის სიმძლავრე.

სურ-3 ზე ნაჩვენებია HP 8757A Automatic network Analyzer –ის ეკრანიდან გადაღებული ჩვენება, რომელიც ასახავს დამუშავებული TEM Cell-ის KSW –ბს 1700 მჰც-1900 მჰც სიხშირეების დიაპაზონში.



სურ. 3 TEM Cell-ის მდგარი ტალღის კოეფიციენტები 1700 მგჰზ-1900 მგჰც დიაპაზონში.

სურ 4 –ზე ნაჩვენებია TEM Cell –ის KSW –ბი 500 მგჰც-დან 3 გჰერც სიხშირეების დიაპაზონში.



სურ. 4 TEM Cell-ის მდგარი ტალღის კოეფიციენტები 500 მგჰზ-3 გჰც დიაპაზონში.

ქვემოთ მოცემულია TEM Cell –ის KSW –ბი და გამოსავალ სიმძლავრეების ფარდობები შესავალ სიმძლავრეებთან სისშირეთა იმ დიაპაზონებში, რომლებიც შეესაბამებიან მობილური ტელეფონების გამოსხივების სისშირეებს.

1,77-1,92 Ghz ინტერვალი.

f=1,847 Ghz

SW=1,154

$P_{out}/P_{in}=99,5\%$

2,27- 2,38 Ghz ინტერვალი.

f=2,3441 Ghz

KSW=1,36

$P_{out}/P_{in}=97,7\%$

980 MHz ინტერვალი.

KSW= 1,14

$P_{out}/P_{in}=99,5\%$

3. ჰელმჰოლცის კოჭების გამოცდის ოქმი

1-20 პერცი სისშირის მქონე ელექტრომაგნიტური ველების ნეირონის აქტივობაზე ზემოქმედების შესწავლის მიზნით დამუშავდა ჰელმჰოლცის კოჭები. კოჭების წყვილის ცენტრში მაგნიტური ველის მნიშვნელობა გამოითვლება ფორმულით:

$$B = \mu H \approx 0.899 \mu \frac{NI}{R}$$

სადაც:

B არის მაგნიტური ნაკადი გამოსახული გაუსებში,

μ არის გარემოს მაგნიტური შეღწევადობა,

N არის ხვიათა რიცხვი

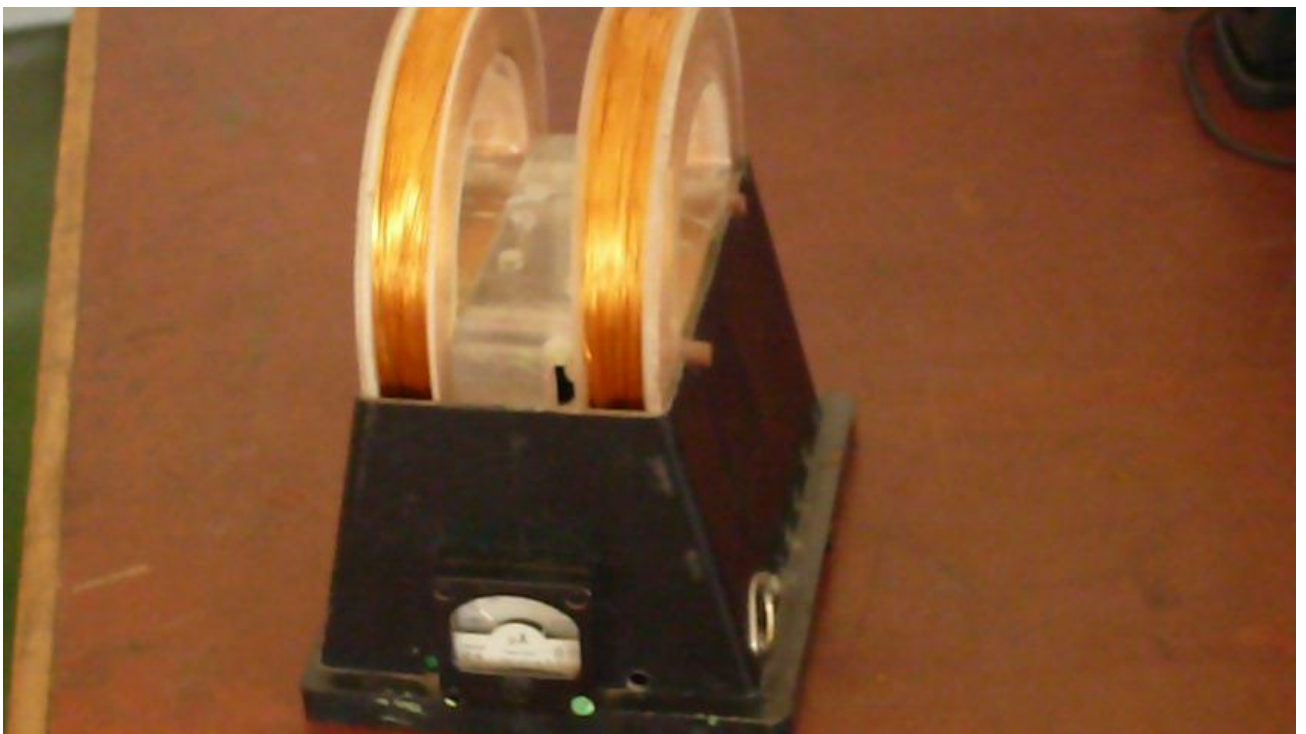
I არის დენის ძალა მავთულში.

R არის კოჭის დიამეტრი მეტრებში.

ჩვენს შემთხვევაში $N=523$, $I_{max}=1$ ამპერს. $R=0,1$ მ. ამრიგად მაქსიმალური მაგნიტური ველი ცენტრში 6 მილი ტესლაა.

ტესლა-გაუსმეტრი "Koshava-4"-ით კოჭებს შუა არეში სხვადასხვა წერტილებში ველის გაზომვის შედეგად დადგინდა, რომ კოჭებს შუა, ცენტრში, ველი ერთგვაროვანია და მისი ზომებია $2 \times 2 \times 2$ სმ. ეს მოცულობა ბევრად მეტია საკვლევი ბიოლოგიური ობიექტის – მოლუსკის ნერვული სისტემის ზომებზე. ერთგვაროვნება ინახება დენის ყველა მნიშვნელობისათვის.

სურათზე ქვემოთ მოცემულია შექმნილი ჰელმჰოლცის კოჭების სურათი.



სურ. 1 ჰელმჰოლცის კოჭები

ჰელმჰოლცის კოჭების კეება ხდება დაბალი სიხშირის გენერატორიდან. იმის გამო, რომ გენერატორ იძლევა უაღრესად სუსტ დენებს (მილიამპერის რიგისა) ხოლო მაქსიმალური ძაბვა 15 ვოლტის ფარგლებშია, შეიქმნა სიმძლავრის გამაძლიერებელი, რომელიც ამ დენების პიკურ მნიშვნელობას აძლიერებს 1 ამპერამდე.

ცხრილი გვიჩვენებს დენის მნიშვნელობებს შესავალ წრედსა და ჰელმჰოლცის კოჭების ხვევებში (გაძლიერებულს) და ასევე მაგნიტური ველის ინდუქციის მნიშვნელობას კოჭის შუა არეში.

ცხრილი

დენის მნიშვნელობა შესავალ წრედში მილიამპერებში	დენის მნიშვნელობა ჰელმჰოლცის კოჭების ხვევებში მილიამპერებში	მაგნიტური ველის ინდუქცია მილი ტესლებში
1	100	0.6
2	200	1.14
3	300	1.68
4	400	2.22
5	500	2.76
6	600	3.3
7	700	3.84
8	800	4.38
9	900	4.83
10	1000	6

