

## ომეგა ფორმის ანტენის პარამეტრების შესწავლა

თანახელმძღვანელი:

1

## სარჩევი

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| ანოტაცია.....                                             | 3  |
| Abstract.....                                             | 4  |
| 1. შესავალი.....                                          | 5  |
| 1.1 ნაშრომისმიზნები.....                                  | 6  |
| 1.2 ნაშრომისსტრუქტურა.....                                | 7  |
| 2. კვლევის მეთოდოლოგია .....                              | 7  |
| 3. ომეგა ანტენის პარამეტრები.....                         | 9  |
| 3.1 ომეგა ანტენის გეომეტრიული მახასიათებლები.....         | 11 |
| 3.2 ომეგა ანტენის კომპიუტერული მოდელი.....                | 12 |
| 3.3 ანტენის გამოსხივების დიაგრამის გამზომისისტემა.....    | 24 |
| 3.4 სიგნალის გენერატორები და მუდმივი დენის დეტექტორი..... | 26 |
| 4. ექსპერიმენტული შედეგები.....                           | 34 |
| დასკვნა                                                   |    |

## ანოტაცია

ანალოგურ-ციფრული ტელერადიო სიგნალების გადაცემა ხორციელდება გარკვეული სიხშირის (დიაპაზონის) ელექტრომაგნიტური ტალღების საშუალებით რომლებიც ვრცელდება გარემოში სინათლის სიჩქარით. ანტენა წარმოადგენს მოწყობილობას, ემ ველის მიღება გადაცემისათვის.

თანამედროვე სამყარო წარმოუდგენელია სხვადასხვა კავშირგაბმულობის საშუალებების გარეშე რომლებსაც ჩვენს ყოველდღიურობაში ვხვდებით , ტელევიზორები, რადიომიმღებები, მობილური ტელეფონები, რადარები, WI-FI-სისტემები, სხვადასხვა სამედიცინო თუ უკაბელო კავშირის დანადგარები და სხვა.ყველა ზემოთ ჩამოთვლილ ხელსაწყოების ეფექტური მუშაობისთვის საჭიროა მიმღები მოწყობილობის ანტენის შექმნა, რომელიც უზრუნველყოფს სიგნალის მაღალი ხარისხის ეფექტური, მიღება-გადაცემას და მთელ რიგ პარამეტრებს.

დღეისთვის არსებობს ანტენის მრავალი ტიპი როგორიცაა: დიპოლური ანტენები (სუსტად მიმართული), დირექტორული, ჩარჩოსებრი, ზიგზაგისებური, ლოგოპერიოდული, სინფაზური,დაფენილი ანტენები, ყველა ესენი განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან მიმართულების დიაგრამით, გაძლიერების კოეფიციენტით და სხვა პარამეტრებით.

წინამდებარე სამაგისტრო ნაშრომის ძირითადი მიზანია შევქმნათ ომეგას ტიპის ანტენა რომელიც იქნება კონსტრუქციულად მარტივი და სარეალიზაციოდ იაფი. მის მიერ გამოსხივებული ველი იყოს ერთ მხარეს მიმართული,ანუ ხასიათდებოდეს ერთ მხარეს მიმართული გამოსხივებისდიაგრამით, მივალწიოთ შეთანხმებას კოაქსიალურ ხაზთან და კვების წყაროსთან. პროგრამულად (პროგრამის სახელი) და ექსპერიმენტულად განვსაზღვროთ მიმართულების დიაგრამა , გაძლიერების კოეფიციენტი,რეზონანსული სიხშირე, VSWR, გამოვიკვლიოთ თუ როგორ არის დამოკიდებული ანტენის გეომეტრიული ფორმა დამოკიდებული მახასიათებელ პარამეტრებზე და მიღებული შედეგების ანალიზის საფუძველზე გავაკეთოთ სათანადო დასკვნები.

## **Abstract**

Analog-digital TV and radio signals is carried in a certain frequency (range) of electromagnetic waves which are spread the speed of light. The antenna is the device, that making the transmission of EM field.

The modern world can't be imagined without a variety of communication devices that we use in our everyday life, TV, radio, mobile phones, radars, WI-FI- systems, various medical equipment and other wireless communications. To working efficient all of these devices are needed the receiver antenna, which will provide a signal with high quality, delivery and transfer of a number of parameters.

At present, there are many types of antenna such as dipole antennas (weakly directed),

Yagi, Loop, zigzag, Logo periodic, phased array, printed antenna, they all differ from each other radiation pattern, expansion coefficient and other parameters.

The aim of this master work is to create the Omega type of antenna that will be constructively simple and cheap sale. The radiated field of it must be directed to one side, i.e. focus radiation, also the purpose is to reach an agreement with the coaxial line and a power source. Program (program name) and experimentally determine the radiation pattern, strengthening factor, resonant frequency, VSWR, examine how the antenna's geometric shape is dependent on the characteristic of the parameters and to do a proper analysis of the results and make proper conclusions.

## შესავალი

ანტენა წარმოადგენს მონყოფილობას რადიოტალღების მიღება - გადაცემისათვის. იმისათვის რომ ანტენამ მიიღოს ან გამოასხივოს ელექტრომაგნიტური ენერგია საჭიროა ის შეთანხმებული იყოს მის წყაროსთან (გენერატორთან). მარტივად რომ ვსთქვათ ანტენას ევალება მასში გამავალი მაღალსიხშირული დენი გარდაქმნას ელექტრომაგნიტურ ტალღად გადაცემის შემთხვევაში და პირიქით ელექტრომაგნიტურმა ტალღამ რომელიც ეცემა ანტენაზე მასში არძრას მაღალსიხშირული დენი.

ანტენის გარეშე შეუძლებელი იქნებოდა უსადენო კავშირი და ელექტრული სიგნალების გადაცემა ერთი ადგილიდან მეორეში. ანტენები განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან კონსტრუქციით, ფორმით, ზომებით და აგრეთვე მუშა სიხშირით. ანტენის კონსტრუირება არის თანამედროვე ტექნოლოგიის აქტუალური სფერო. მაღალსიხშირულ დიაპაზონში ჩვენ შეგვხვებით ომეგას ფორმის ანტენის ტიპს. ამ ანტენის შექმნის იდეა გაჩნდა იმ მოსაზრებიდან გამომდინარე რომ ის ხასიათდება ერთმხრივ მიმართული დიაგრამით და გარდა ამისა კონსტრუქციულად არის ძალზედ მარტივი. აღნიშნული ანტენის სწორად დაპროექტებისათვის საჭიროა მისი მახასიათებლის დეტალურად შესწავლა და საჭიროების შემთხვევაში მისი ოპტიმიზაცია.

წინამდებარე ნაშრომში გამოყენებულია ანტენური სიმულაციის კომპიუტერული პროგრამები რომელიც მძლავრი მათემატიკური მოდელის ბაზაზე (მომენტების მეთოდი) ითვლის მოდელს და იძლევა შედეგებს. ამ შედეგების ანალიზზე და შემდგომ რეალური ექსპერიმენტის ჩატარებით ჩვენ უნდა დავადგინოთ თუ რამდენად შეთანხმებულია რეალური შედეგები სიმულაციის შედეგებთან მიმართებაში.

### **ნაშრომის მიზნები.**

წინამდებარე სამაგისტრო ნაშრომის კვლევის მიზანს წარმოადგენს ანტენის შექმნა რომელსაც ექნება ერთმხარეს მიმართული მკვეთრი დიაგრამა. ანტენების თეორიაში მრავლადაა ცნობილი მიმართული ანტენები, ყველა ისინი განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან კონსტრუქციულად და გამოყენების სფეროებით. თანამედროვეობის ტექნიკური პროგრესი კაცობრიობას ახალ პირობებსა და მოთხოვნებს კარნახობს. გაჩნდა მთელი რიგი ტექნიკური ამოცანები რომელთაგანაც მოითხოვს ახალი ტიპის ანტენების შექმნა, რომელიც თავისი გაბარიტული ზომებით იქნებოდა მინიმუმირებული და ამასთან ერთად ქონოდა ერთმხრივ მიმართული დიაგრამა, კონსტრუქციულად იქნებოდა მარტივი და ამავდროულად კარგად იქნებოდა შეთანხმებული გადამცემთან. კვლევებმა აჩვენა რომ ომეგას ფორმის კომბინირებულ დიპოლს რომელიც იდეაში წარმოადგენს -ჰიუგენის გამომსხივებელს გააჩნია ერთმხრივ მიმართული დიაგრამა.

ჩვენი მიზანია შეიქმნას აღნიშნული ანტენის კომპიუტერული მოდელი შესაბამისი პროგრამული უზრუნველყოფაში, შეირჩეს ანტენის ოპტიმალური ზომები რომლებიც მოგვცემს ერთმხრივ მიმართულ დიაგრამას ხოლო შემდგომ შეიქმნას ანტენის რეალური მოდელი, გამოკვლეულ იქნას მისი ანტენური მახასიათებლები. გარდა ამისა შეიქმნას ანტენისთვის გენერატორი რომელიც საჭირო სიხშირულ დიაპაზონში უზრუნველყოფს მის კვებას. გაიზომოს ანტენის მიერ გამოსხივებული შორი ველის სიდიდე, ამისათვის შეიქმნას გამზომი კომპლექსი რომელიც შედგება მაღალსიხშირული დეტექტორისაგან , რომელიც წარმოადგენს მუდმივი დენის გამაძლიერებელს რამოდენიმე ტრანზისტორულ გაძლიერების კასკადზე. მოხდეს ანტენის მიერ გამოსხივებული ველის გაზომვა და კომპიუტერული დამუშავება. საბოლოოდ შეჯერდეს და გაანალიზდეს მიღებული რეალური და კომპიუტერული მდელირებით მიღებული შედეგები და გაკეთდეს დასკვნა.

## 1.2 ნაშრომის სტრუქტურა.

ნაშრომის პირველ თავში ზოგადად ნათქვამია ანტენის მნიშვნელობაზე ტელეკომუნიკაციის სფეროში. ნათქვამია თემის აქტუალობაზე და დასმულია კონკრეტული ამოცანა.

მეორე თავში განხილულია კვლევის ის მეთოდოლოგია რომელსაც ვიყენებთ დასმული ამოცანის გადასაწყვეტად, მოყვანილია ის თეორიული ასპექტები რაც არნიშნული ამოცანის ფიზიკურ არსს ასახავს.

მესამე თავში განმარტებებისა და ფორმულების სახით მოყვანილია ანტენის ის რადიოტექნიკური პარამეტრები რომლებსაც შევხებით დასმულ ამოცანაში და რაც უშუალოდ უნდა გაიზომოს მოცემულ რეალურ ექსპერიმენტში.

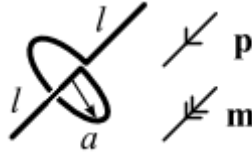
მეოთხე თავში ნაჩვენებია რეალური ექსპერიმენტის და კომპიუტერული მოდელის შედეგების გარჩევა და მათი შედარება ერთმანეთთან, მიღებული შედეგების ანალიზი გამოტანილია დასკვნა თუ რომელ სიხშირეებზე გააჩნია მოცემული გეომეტრიის ანტენას ერთმხრივ მიმართული გამოსხივების ველის დიაგრამა.

## 2. კვლევის მეთოდოლოგია.

შეიძლება ითქვას რომ ჯერ კიდევ ჰერცის ცდებიდან დიპოლური და მარყუჟისებრი ანტენები ფართოდ გამოიყენებოდა. ელემენტარულ ჰერცის დიპოლს წარმოადგენს მეტალის მავთული რომელშიც გაედინება მაღალსიხშირული დენი, ანალოგიურად მარყუჟისებრი გამტარი წარმოადგენს მაგნიტურ დიპოლს. მცირე ზომის სპირალურმა ანტენებმა რომლებიც წარმოადგენენ სწორხაზოვანი გამტრებისა და მარყუჟების კომბინაციას ფართო გამოყენება ჰპოვა თანამედროვე უსადენო კავშირგაბმულობაში

ამგვარი გეომეტრიის მქონე ანტენები წარმოადგენენ R-რადიუსიანი სიმრუდისა და l-სიგრძლის მქონე გამტართა ერთობლიობას რომლებიც წარმოადგენენ კომბინირებულ დიპოლს. აღსანიშნავია რომ ამ ანტენებში მაგნიტური ველი ერთგვაროვანია.

განვიხილოთ ე.წ კანონიკური კირალური ანტენის გეომეტრია რომელიც წარმოადგენს სპირალის კოჭას - კომბინირებულ დიპოლს.



ნახ. კირალური ელემენტი.

შორ ზონაში ამ ელემენტის მიერ გამოსხივებული E-ელექტრული და H-მაგნიტური ველების სიდიდე იქნება:

$$\vec{E} = -\omega^2 \mu_0 \frac{e^{-jkr}}{4\pi r} \vec{F} \quad (2.1)$$

სადაც გამოსხივების ვექტორი F:

$$\vec{F} = \vec{u} \times (\vec{u}_r \times \vec{p}) + \vec{u}_r \times \frac{m}{\mu_0} \quad (2.2)$$

სადაც  $\vec{u}_r$  -არის ერთეულოვანი რადიალური ვექტორი სფერულ კოორდინატებში, ხოლო  $\mu_0$  -თავისუფალი სივრცის ტალღური წინაღობა.

ელემენტარული ელექტრული დიპოლის განმარტებიდან გამომდინარე :

$$\vec{p} = \frac{\vec{Il}}{j\omega} \quad (2.3)$$

სადაც დიპოლის ელექტრული მომენტი არის  $Il$  , რაც სეეხება მაგნიტურ მომენტს ის განისაზღვრება როგორც:

$$\vec{m} = \mu_0 S \vec{I} \quad (2.4)$$

ანუ მაგნიტური მომენტი რიცხობრივად ტოლია იმ I დენის ნამრავლისა რომელიც გაედინება გამტარში რომლის სიმრუდის ფართი S-ის ტოლია.

### 3. ანტენის მახასიათებელი პარამეტრები.

ანტენის შემავალი წინაღობა (იმპედანსი) (ინგ. INPUT IMPEDANCE) განისაზღვრება როგორც ანტენის შესასვლელ პორტზე ან ტერმინალზე მოდებული ძაბვის ფარდობა ანტენასი გამავალ დენთან. ომის კანონის ანალოგიურად. იმპედანსი კომპლექსური სიდიდეა.

$$Z = R + jX \quad (3.1)$$

სადაც  $R$ -არის იმპერანსის ნამდვილი ანუ რეალური ნაწილი რომლის ფიზიკური არსი არის ის სიმძლავრის რაოდენობა რომელიც გამოსხივდება ან შთაინთქმება ანტენის მიერ.  $jX$ -კი კომპლექსური ანუ წარმოსახვითი ნაწილი. ამ უკანასკნელის ფიზიკური არსი მდგომარეობს ანტენის რეაქტულ ველში არსებულ სიმძლავრესთან.

არეკვლის კოეფიციენტი. (ინგ. Reflection coefficient, S11-parameter)-რაოდენობრივად ასახავს თუ სიმძლავრის რა რაოდენობა აირეკლა ანტენიდან. იზომება ფარდობით ერთეულებში დბ.

$$S_{11} = \frac{V_r}{V_f} \quad (3.2)$$

სადაც  $V_r$  -არის არეკვლილი ძაბვის ამპლიტუდა,  $V_f$  -დაცემულის.

მდგარი ტალღის კოეფიციენტი. (ინგ. SWR-Stand wave rate). რაოდენობრივად გვიჩვენებს თუ როგორ არის შეთანხმებული ანტენა გადამცემ ხაზთან (კოაქსიალურ კაბელთან) და საკუთრივ გენერატორთან.

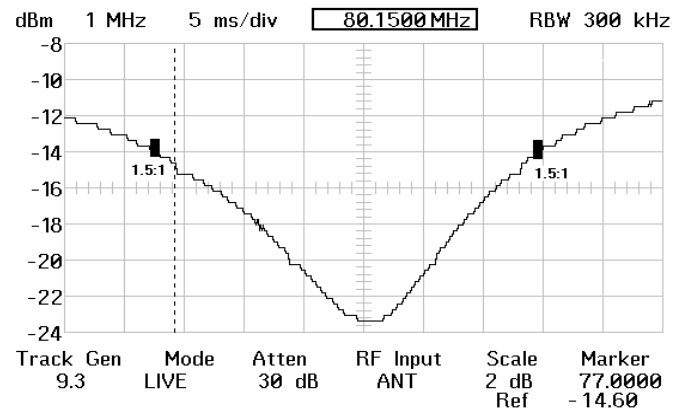
$$VSWR = \frac{1 + |S_{11}|}{1 - |S_{11}|} \quad (3.3)$$

გაძლიერების კოეფიციენტი. (ინგ. Gain) რაოდენობრივად გვიჩვენებს ანტენის მიერ მაქსიმალურად გამოსხივებული სიმძლავრის ფარდობას უდანაკარგო იზოტროპულ ანტენასთან მიმართებით. იზომება დეციბელებში .აღინიშნება dBi - იზოტროპულთან მიმართებით. ამ უკანასკნელის გამოსხივების დიაგრამა თავისუფალ სივრცესი წარმოადგენს სფეროს. მისი გაძლიერების კოეფიციენტი 1-ის ტოლია ხოლო მექ100%. პრაქტიკაში გამოიყენება აგრეთვე dBd - აქ ეტალონად მიღებულია ნახევარტალღური დიპოლი.

რაც შეეხება თანადობას :  $dBd = dBi + 2.15dB$  (3.4)

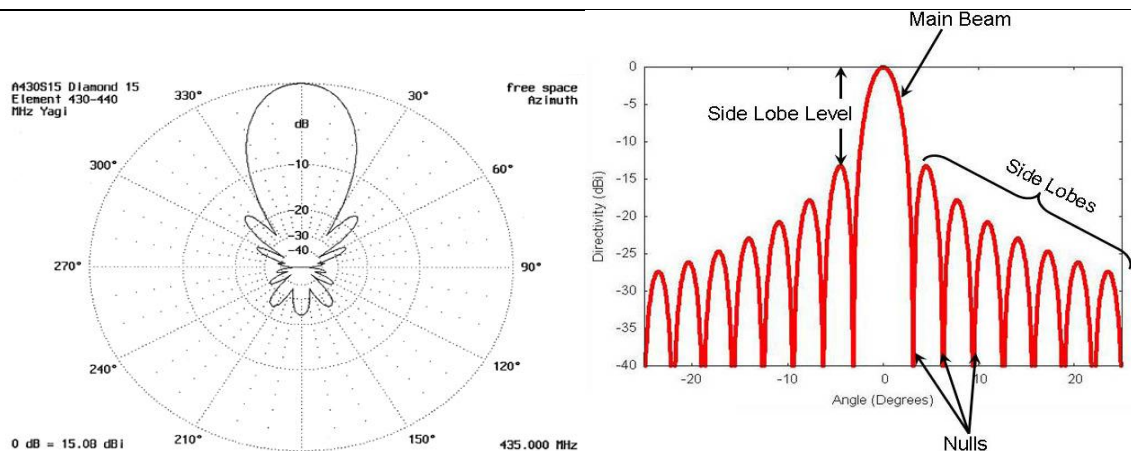
ანტენის გატარების ზოლი. (ინგ. Bandwidth) წარმოადგენს იმ სიხშირეთა დიაპაზონს რომლისთვისაც  $S_{11} \leq 10dB$ , ან  $VSWR \leq 2$ . მუშა დიაპაზონი განისაზღვრება როგორც სხვაობა ზედა და ქვედა სიხშირეებს შორის.

$$BW = f_h - f_L \quad (3.5)$$



სურ.2.1. ანტენის გატარების ზოლი.

ანტენის მიმართულების დიაგრამა. (ინგ. Radiation Pattern) რიცხობრივად გვიჩვენებს ანტენის მიერ გამოსხივებული ემ ველის დაძაბულობის დამოკიდებულებას სივრცის კოორდინატზე. მიმართულების დიაგრამა შეიძლება აიგოს პოლარულ ან დეკარტის მართკუთხა კოორდინატებში.



სურ.2.2 ანტენის მიმართულების დიაგრამა პოლარულ და მართკუთხა კოორდინატებში

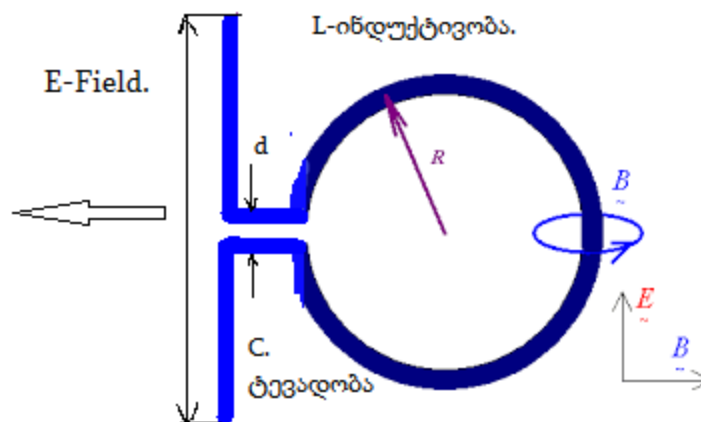
### 3.1 ომეგა ანტენის მახასიათებლები.

საკუთრივ ომეგას ფორმის ანტენა წარმოადგენს ე.წ კომბინირებულ დიპოლს რომელიც თავისმხრივ შედგება ელექტრული ველის დიპოლისა და მაგნიტური ველის დიპოლისაგან.

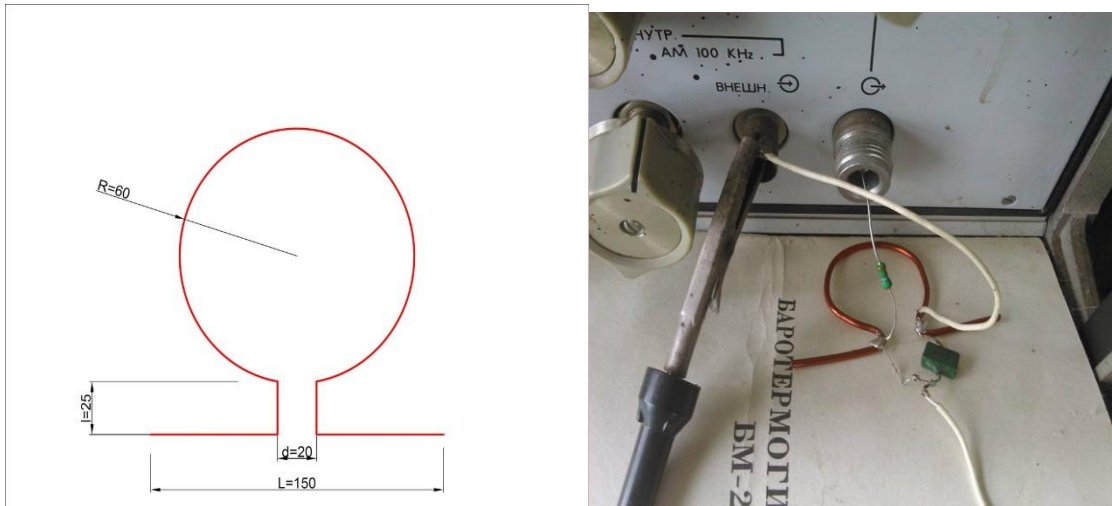
ქვემოთ მოყვანილ სურათზე ნაჩვენებია ომეგა ანტენის ფორმა. როგორც ცნობილია ნებისმიერი ანტენა წარმოადგენს ღია რხევით კონტურს რომელსაც გააჩნია საკუთარი L-ინდუქტივობა და C-ტევადობა. LC-პარამეტრები საზღვრავენ ანტენის საკუთარ რეზონანსულ სიხშირეს. აღნიშნული ტიპის გამომსხივებელში C-ტევადობის როლს ასრულებს d-ნაწილი რომელშიც აღიძვრება ელექტრული E-ველი. R-იუსიანი მომრგვალება წარმოადგენს მაგნიტურ დიპოლს რომელშიც აღიძვრება H-მაგნიტური ველი. ცხადია რომ ანტენის რეზონანსულ სიხშირეს განსაზღვრავს თვით მავთულის გეომეტრია, მომრგვალება, დიამეტრი, მავთულის სიგრძე გამომდინარე იმისა რომ მავთულის ერთეულოვან სიგრძეს გააჩნია საკუთრივი L და C.

ჩვენი მიზანია ანტენის გეომეტრიული ზომების შერჩევა ისე რომ აღნიშნულ ანტენას გააჩნდეს ერთმხრივ მიმართული გამოსხივების ველი.

კომბინირებული დიპოლი.



სურ.3.1.1 ომეგა ანტენის ფორმა.



სურ.3.1.2 ომეგა ანტენა.

სურათზე არის გამოსახული ომეგას ფორმის ანტენის გეომეტრიული მახასიათებლები.

L-სიგრძე.

l-მანძილი d-ნაწილებს შორის.

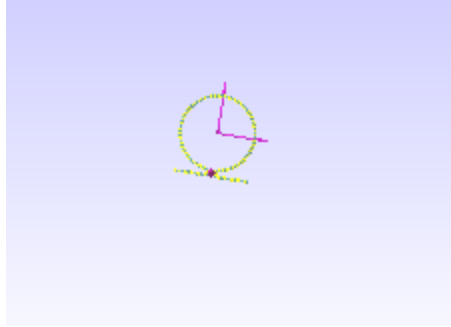
d-ანტენის ბოლოებს (ტერმინალებს) შორის მანძილი.

R-მომრგვალების რადიუსი.

### 3.2. EMC-Studio -ში ომეგა ანტენის კომპიუტერული მოდელი.

მოცემული ტიპის ანტენის კვლევის საწყის ეტაპზე აღნიშნული ანტენის კომპიუტერული მოდელი შეიქმნა VMC-Studio-სა და MMANA-GAL-პროგრამების საშუალებით. აღნიშნული პროგრამები წარმოადგენენ მძლავრ მათემატიკურ აპარატზე მომუშავე საშუალებებს რომელთა საშუალებით ხორციელდება სხვადასხვა ტიპის ანტენების გამოსხივების ველის დიაგრამისა და სხვა რადიოტექნიკური პარამეტრების განსაზღვრა.

EMS-Studio-ში შევქმენით ომეგა ანტენის კომპიუტერული მოდელი რომლის ზომები იყო:



სურ.3.2.1 ომეგა ანტენის კომპიუტერული მოდელი მოდელი.

$$L = 65\text{მმ.}$$

$$l=5\text{მმ.}$$

$$D=5\text{მმ.}$$

$$R=32,5\text{მმ}$$

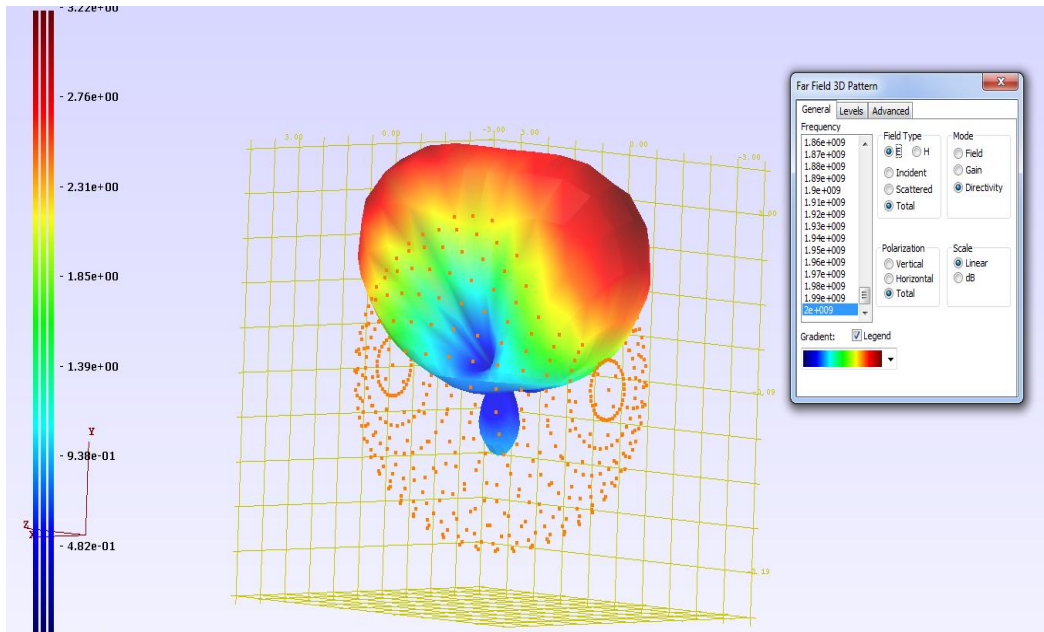
ომეგა ანტენის პარამეტრები ისე შევარჩიეთ რომ მომრგვალებული ნაწილის დიამეტრი ტოლი ყოფილიყო ვერტიკალური ნაწილის სიგრძისა.

#### **ომეგა ანტენის გამოსხივების შორი ველის განაწილება.**

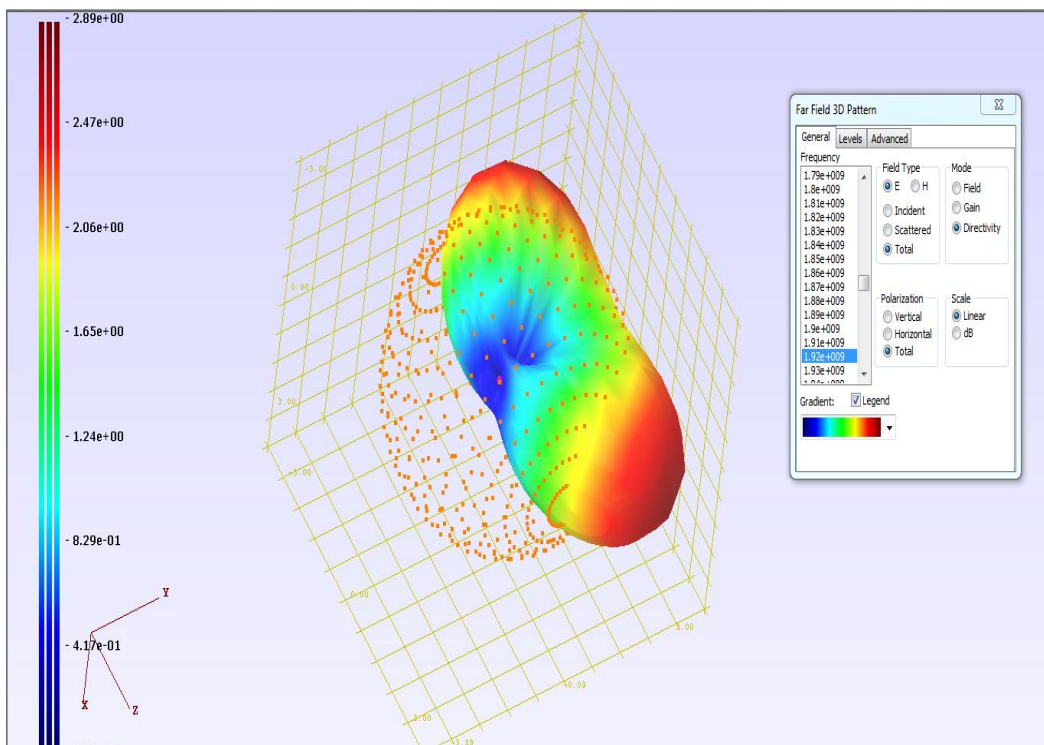
მას მერე რაც EMS-Studio-ში ავაგეთ ომეგა ანტენის მოდელი მივუთითეთ 800მჰც-2000გჰც სიხშირული დიაპაზონი რომელშიც გავზომეთ ქვემოთ მოყვანილი პარამეტრები.

პროგრამულად ველის ანტენის მიერ გამოსხივებული შორი ველის დიაგრამა დათვლილია შორ ზონაში დაახლოებით  $10\lambda$ -ტოლ მანძილზე.

დადგინდა რომ აღნიშნული ზომის ანტენას ერთმხრივ მიმართული დიაგრამა გააჩნია 2გჰც სიხშირეზე.

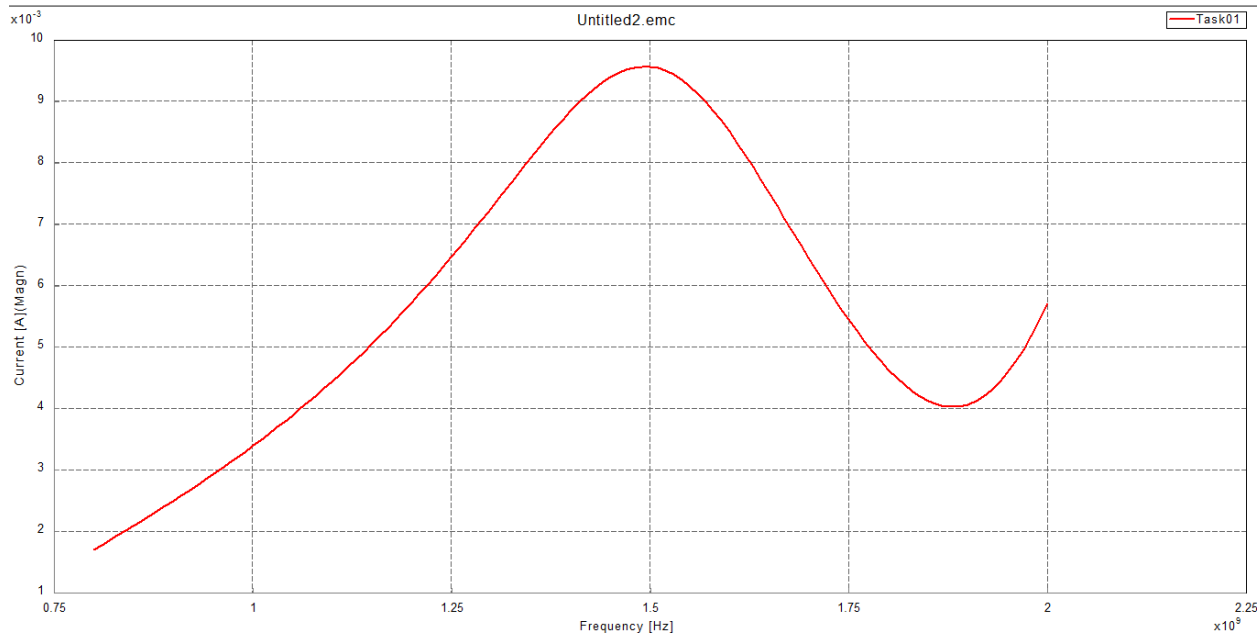


სურ.3.2.2 EMS-Studio -ის საშუალებით დათვლილი ომეგა ელემენტის გამოსხივების ველი.



### რეზონანსული სიხშირე.

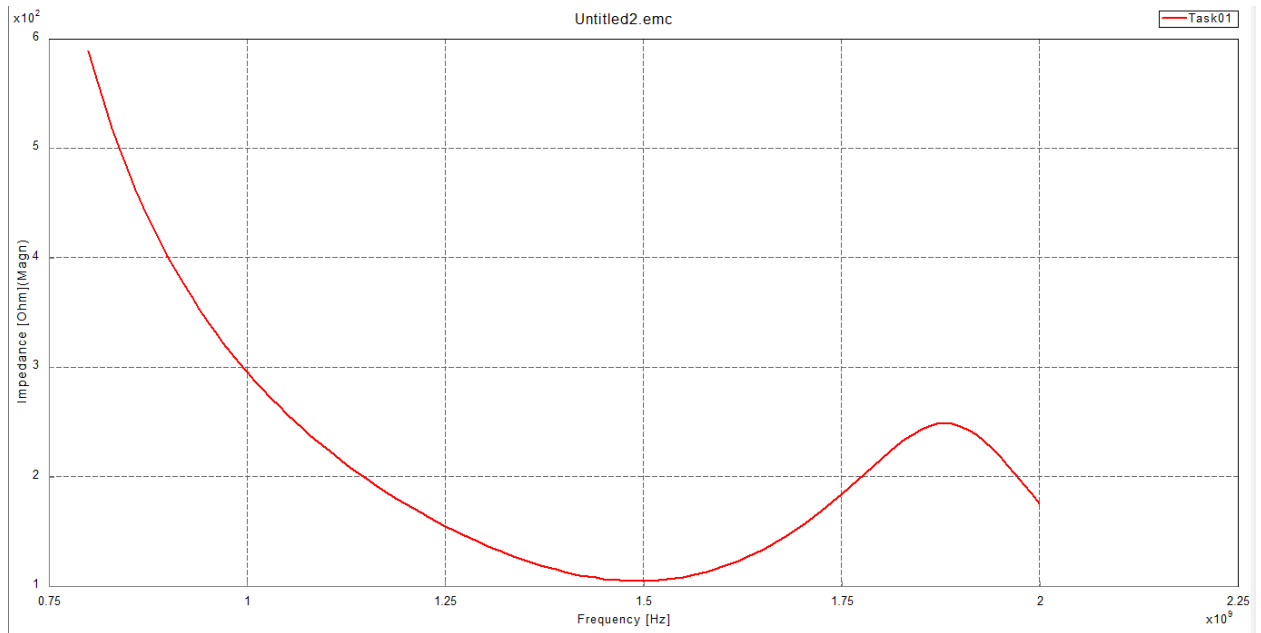
მოცემულ ანტენას რეზონანსული სიხშირე აღმოაჩნდა 1.5 გჰც. როგორც გრაფიკიდან ჩანს რეზონანსი განიერია და დენის მნიშვნელობა მაქსიმუმს აღწევს მოცემულ სიხშირეზე.



სურ.3.2.3 რეზონანსული სიხშირე.

### ანტენის იმპედანსი.

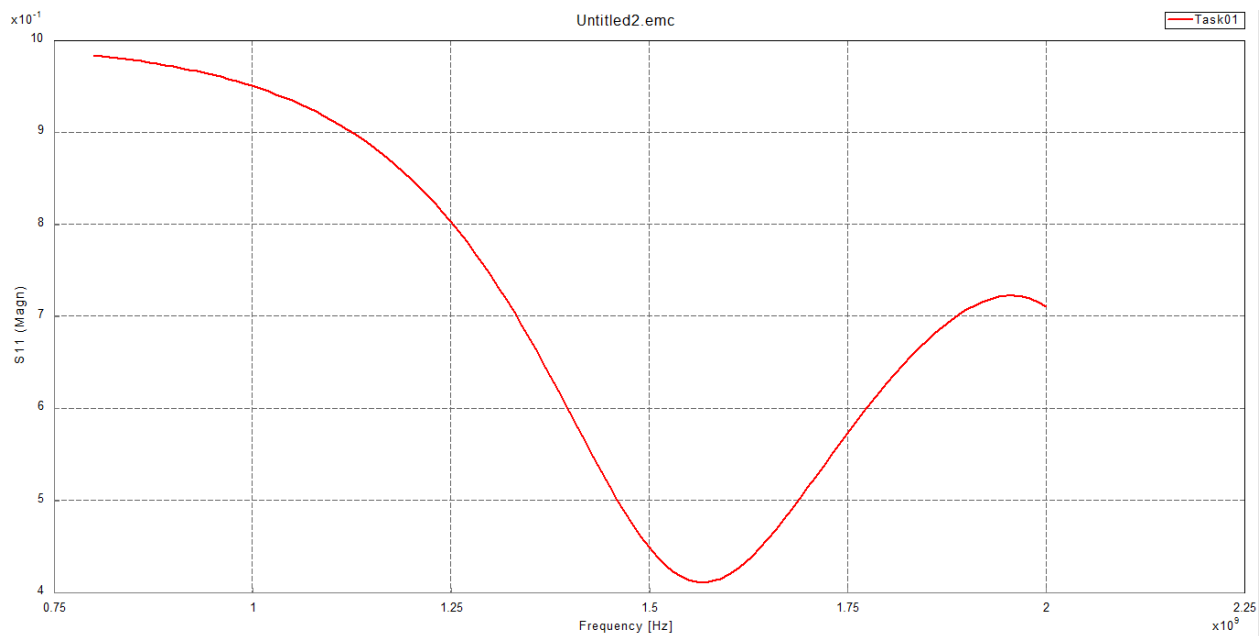
მოცემული ანტენის სრული წინაღობა ანუ იმპედანსი აღენიშნება 1,5 გჰც სიხშირეზე, ამ სიხშირეზე ანტენა მუშაობს როგორც წმინდა აქტიური დატვირთვა და აქედან გამომდინარე შეგვიძლია ვთქვათ რომ მოცემულ სიხშირეზე ანტენა ასხივბს გარემოში.



სურ.3.2.4 ანტენის იმპედანსი.

### S11-პარამეტრი (არეკვლის კოეფიციენტი).

პროგრამულად დავითვალეთ ომეგა ანტენის S11-პარამეტრი (არეკვლის კოეფიციენტი ) განმარტებიდან ცნობილია რომ ანტენა ასხივებს მაშინ როდესაც მისი არეკვლის კოეფიციენტი  $S_{11} \leq -10\text{dB}$ -ზე .როგორც მიღებული გრაფიკიდან ჩანს აღნიშნული ანტენა მაქსიმალურად ასხივებს 1.52 გჰც სიხშირეზე. აღსანიშნავია ისიც რომ უფრო დაბალ სიხშირეებზე გამოსხივება არ ხდება. მიღებული მონაცემებიდან გამომდინარე ანტენის გატარების ზოლის სიგანე:  $BW = 1.8 - 1.3 = 0.5$  გჰც.

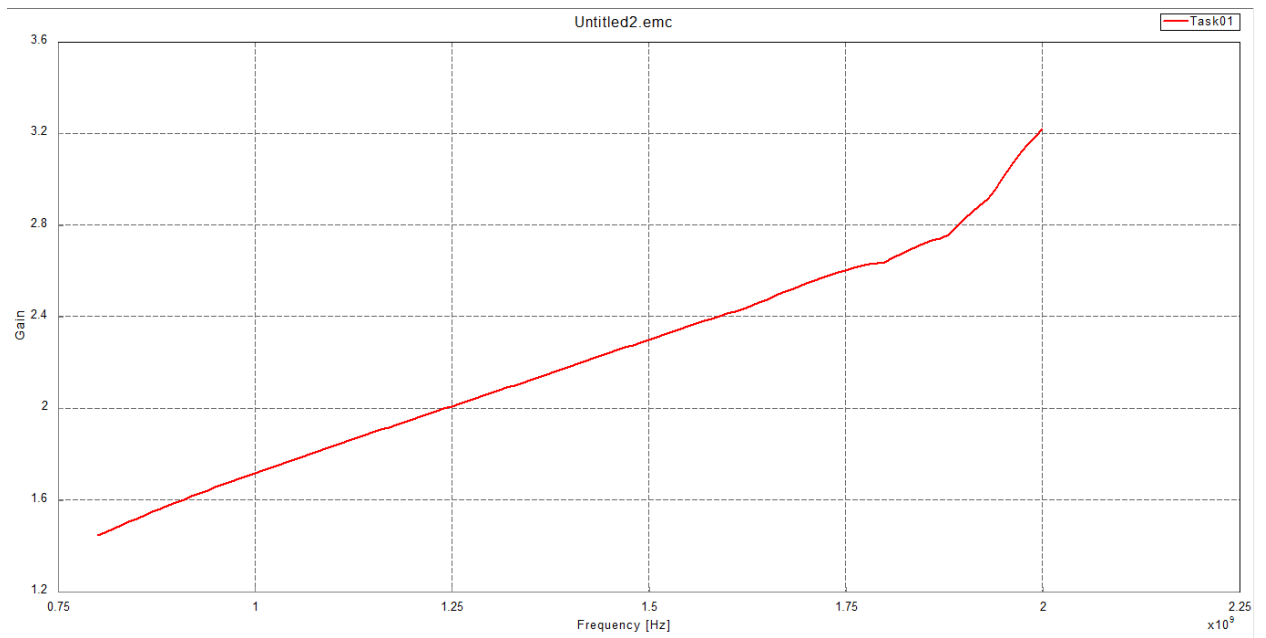


სურ.3.2.5 ანტენის S11-პარამეტრი(არეკვლის კოეფიციენტი.

### ანტენის გაძლიერების კოეფიციენტი.

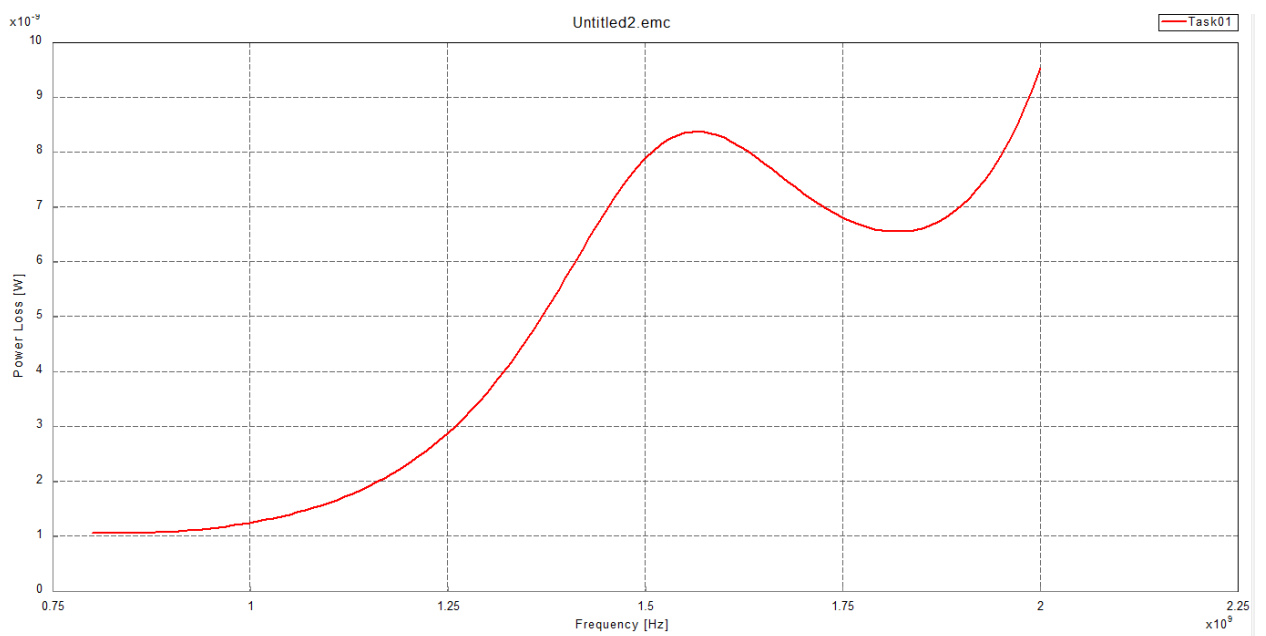
დავითვალეთ ანტენის გაძლიერების კოეფიციენტი. დავადგინეთ ანტენის გაძლიერების კოეფიციენტის დამოკიდებულება სიხშირეზე. როგორც გრაფიკიდან ჩანს სიხშირის ზრდასთან ერთად. დაკვირვება მოხდა 800-2000 მჰც სიხშირის დიაპაზონში.როგორც გრაფიკიდან ჩანს თავდაპირველად გაძლიერების კოეფიციენტი წრფივად იზრდება.

1.75 გჰც ზევით აღინიშნება გაძლიერების კოეფიციენტის კვადრატული გაზრდა.



სურ.3.2.6 ანტენის გაძლიერების კოეფიციენტის დამოკიდებულება სიხშირეზე.

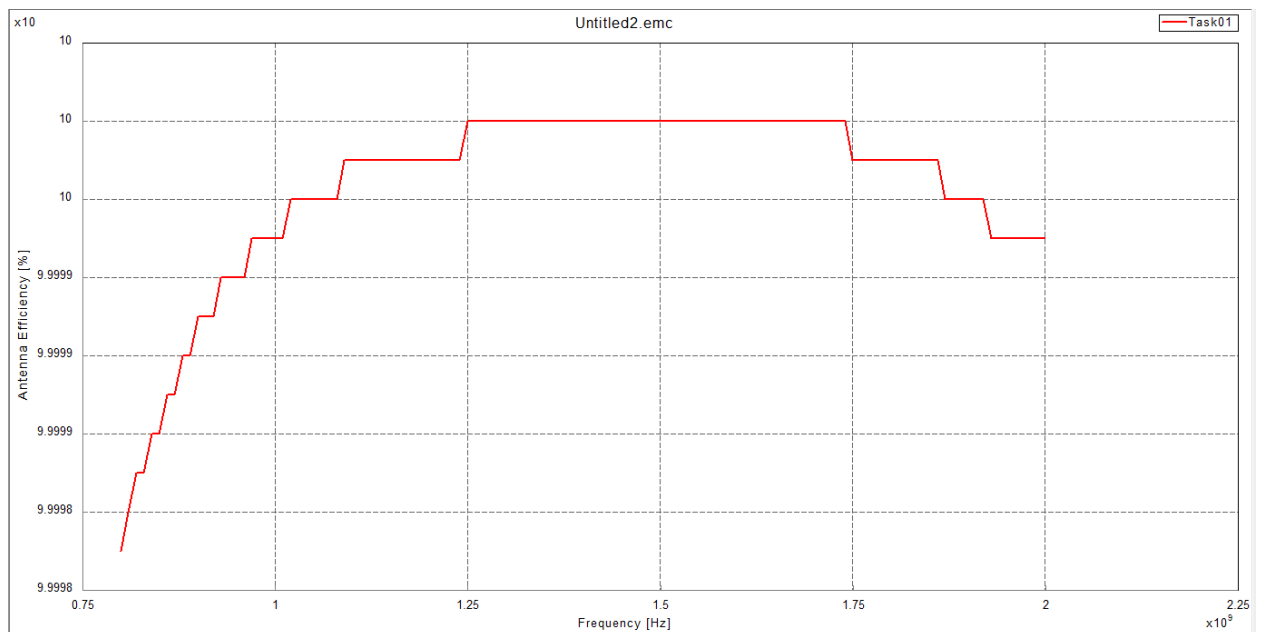
ანტენის გამოსხივების სიმძლავრის დანაკარგები.



სურ.3.2.7 ანტენის გამოსხივების სიმძლავრის დამოკიდებულება სიხშირეზე.

### ანტენის ეფექტურობის კოეფიციენტი.

გავზომეთ ანტენის მქკ ანუ იგივე ეფექტურობის კოეფიციენტი რომელიც გვიჩვენებს თუ რა სიხშირულ დიაპაზონში ანტენა ასხივებს მაქსიმალურ სიმძლავრეს. როგორც მიღებული გრაფიკიდან ჩანს 1.25-1.75 გჰც სიხშირის დიაპაზონში ანტენა მაქსიმალურად ასხივებს და აქედან გამომდინარე ამ სიხშირულ დიაპაზონში ის კარგადაა შეთანხმებული კვების წყაროსთან-გენერატორთან და აქედან გამომდინარე მისი VSWR-ის მნიშვნელობა 1-თან ახლოსაა.



სურ.3.2.6 ანტენის ეფექტურობის კოეფიციენტის დამოკიდებულება სიხშირეზე.

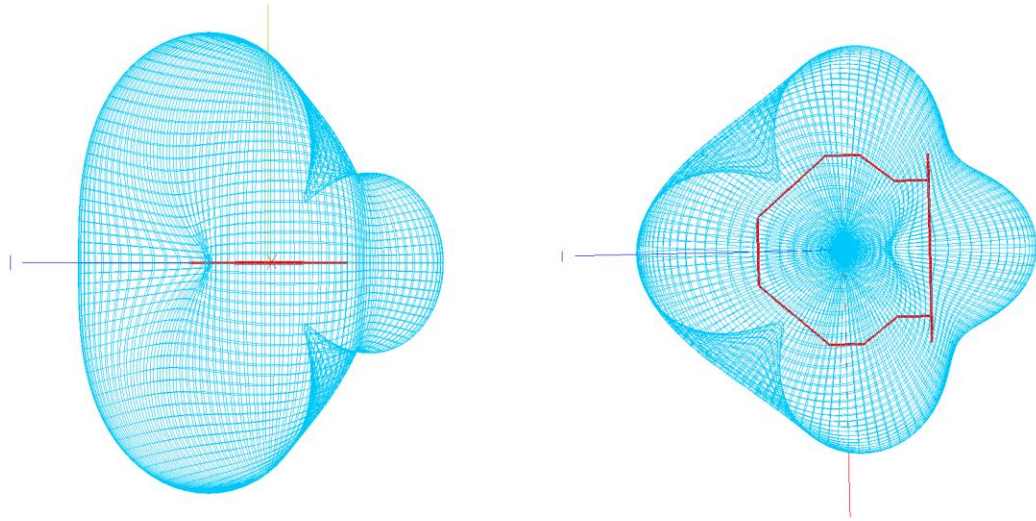
### MMANA-GAL-ში აგებული ომეგა ელემენტის მოდელი.

#### მოდელირების შედეგები.

ქვემოთ დეტალურად მოყვანილია ომეგა ელემენტის მოდელირებისას მიღებული შედეგები MMANA-GAL-პროგრამული პაკეტის საშუალებით.

### შორი ველის განაწილება.

ანალოგიური ზომის ომეგა ტიპის ანტენის კომპიუტერული მოდელი ავაგეთ MMANA-GAL-ში და დავითვალეთ აღნიშნული ანტენის შორი ველის გამოსხივების დიაგრამა.

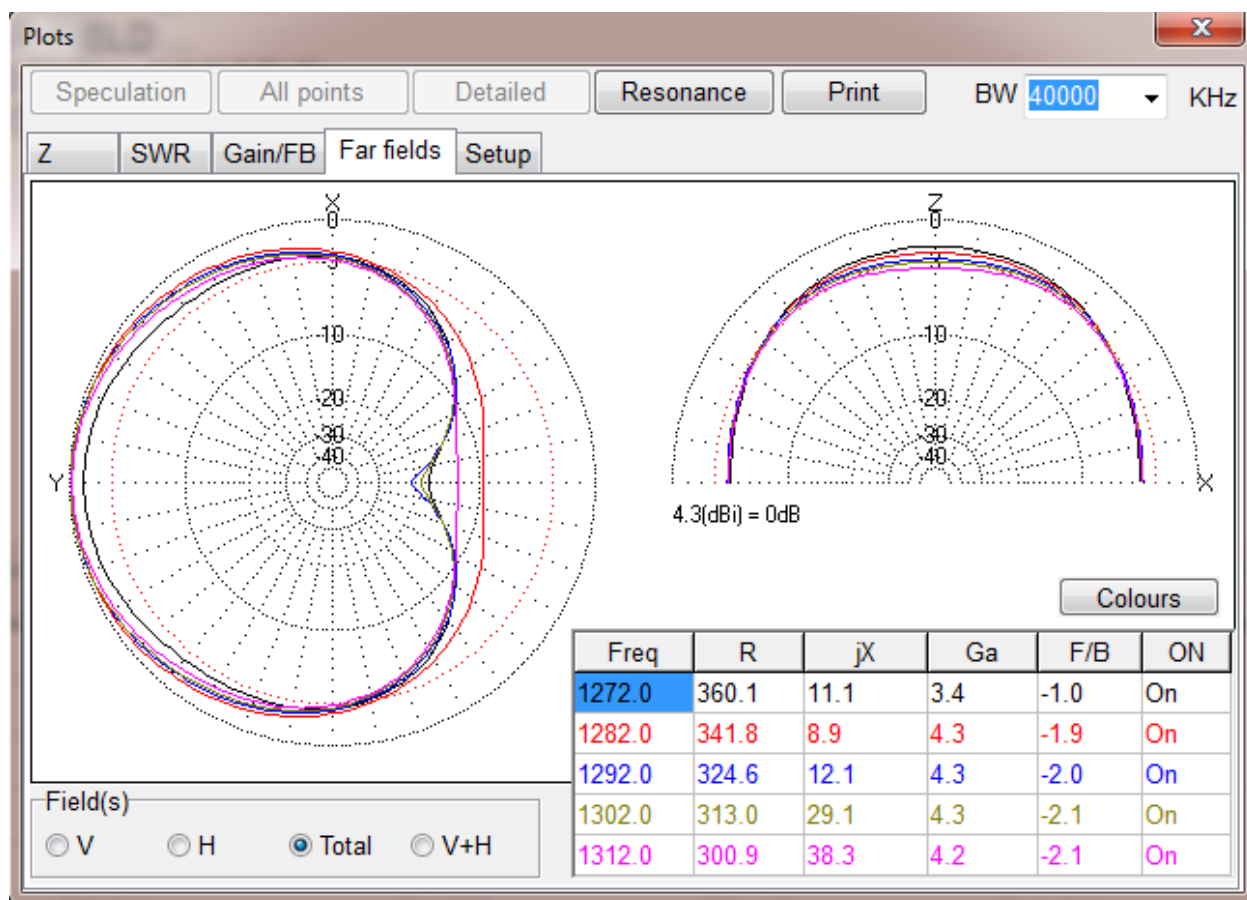


სურ.3.2.7 ვერტიკალურ და ჰორიზონტალურ კვეთში ომეგა ანტენის ველის განაწილება.

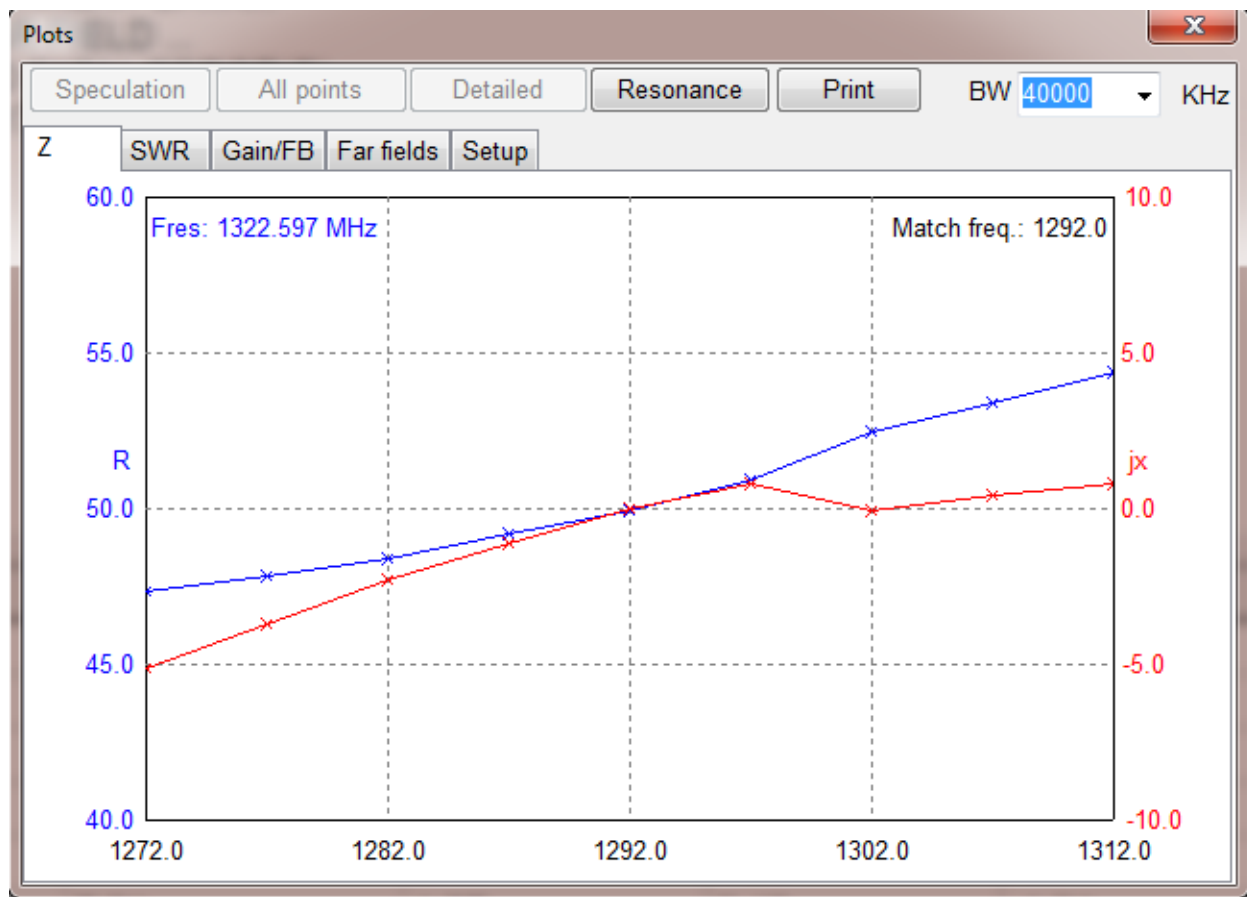
ვინაიდან აღნიშნული პროგრამა გრაფიკული ვიზუალიზაციის შესაძლებლობით ბევრად ჩამოუვარდება ზემოთხსენებულ VMS-LAB-ამისგამო ქვემოთ მოგვყავს ომეგა ანტენის გამოსხივების ველის დიაგრამის დამოკიდებულება სიხშირის მიხედვით. გარდა ამისა მოცემულ სურათზე ნაჩვენებია ანტენის სრული წინაღობის (იმპედანსის) რეალური  $R$  და წარმოსახვითი  $jX$ -ნაწილების რიცხვითი მნიშვნელობა. გაძლიერების კოეფიციენტი Gain.

კვლევაში აჩვენა რომ ერთმხრივ მიმართული კარდიოიდის ფორმის დიაგრამა აღინიშნება  $f=1272$  მჰც სიხშირეზე. ამ სიხშირეზე ანტენის სრული იმპედანსი კარგად არის შეთანხმებული გარემოს იმპედანსთან რაც იმას ნიშნავს რომ ანტენის მიერ გამოსხივებული ველის სიმძლავრე მთლიანად გადასხივდება გარემოში. როგორც ცნობილია თავისუფალი სივრცის წინაღობა  $Z=120\pi=377$  ომის ტოლია. რაც უფრო ახლოსაა ანტენის იმპედანსი მით უფრო კარგია შეთანხმება.

შემდგომ აღნიშნული პროგრამის საშუალებით დავითვალეთ ანტენის იმპედანსის მდგარი ტალღის კოეფიციენტის VSWR, გაძლიერების კოეფიციენტის (gain) დამოკიდებულება სიხშირეზე. არნისნული სედეგები წარმოდგენილია გრაფიკების სახით.

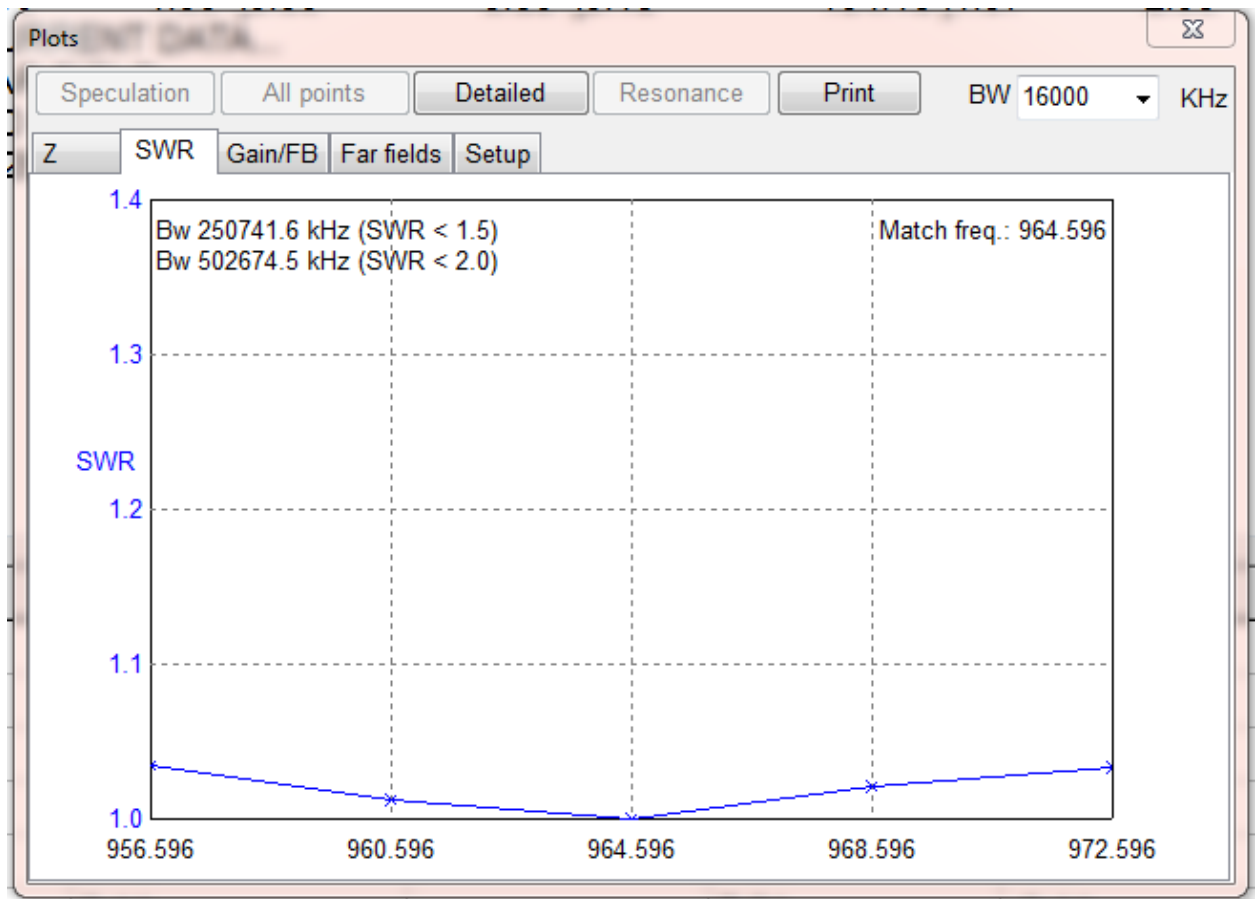


სურ.3.2.8 სიხშირის დამოკიდებულება მიმართულების დიაგრამაზე.



სურ.3.2.9 ანტენის იმპედანსის დამოკიდებულება სიხშირეზე.

როგორც გრაფიკიდან ჩანს  $F=1292$ მჰ-ს სიხშირეზე ანტენის იმპედანსი ხდება წმინდა აქტიური, ანუ ანტენა მუშაობს როგორც აქტიური დატვირთვა.



სურ.3.2.10 ომეგა ანტენის VSWR-ის დამოკიდებულება სიხშირეზე.

დადგინდა არეკვლის კოეფიციენტის VSWR-მდგარი ტალღის კოეფიციენტის დამოკიდებულება სიხშირეზე.

VSWR=1 ,  $F = 964.596$  მჰც- სიხშირეზე. ამ სიხშირეზე ანტენა ყველაზე კარგადაა შეთანხმებული კვების წყაროსთან- გენერატორთან.

ანტენის გაძლიერების კოეფიციენტის დადგენა.



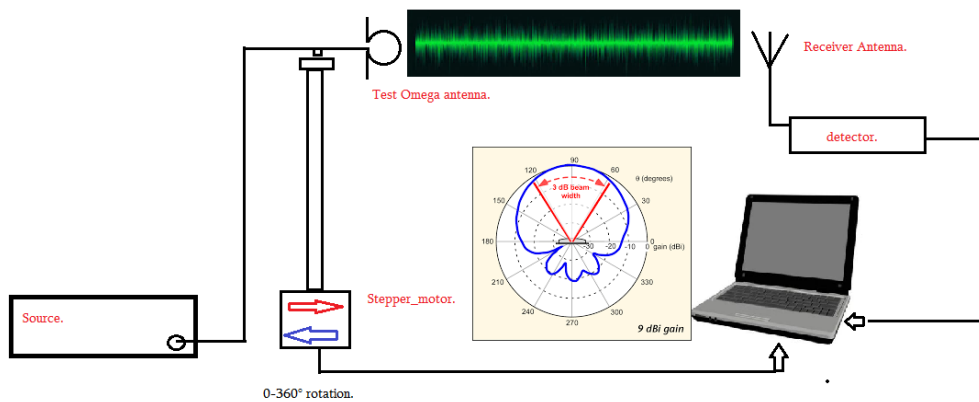
სურ.3.2.10 ანტენის გაძლიერების კოეფიციენტის დამოკიდებულება სიხშირეზე.

### 3.3. ანტენის გამოსხივების დიაგრამის გამზომი სისტემა

ვინაიდან ექსპერიმენტულად დადასტურდა რეალური ანტენის კარგი შეთანხმება გარემოსთან, უკვე ჯერი მიდგა გამოსხივების დიაგრამის გამოვლენას, რაც გულისხმობს დიაგრამის რეალურ დროში გადაღებას და დაკვირვებას, თუ რამდენად მიმართულია მოცემულია ანტენის გამოსხივება. ამ მიზნით საჭიროა შეიქმნას სხვადასხვა დიაპაზონის სიხშირის გენერატორი, რომელიც საშუალებას მოგვცემს ექსპერიმენტი ჩატარდეს სიხშირეთა ფართო დიაპაზონისთვის, რაც საშუალებას მოგვცემს სხვადასხვა აპერტურის ანტენებზე

ჩატარდეს ექსპერიმენტები. ასევე მნიშვნელოვანია შეიქმნას გამოსხივებული ველის დეტექტორი, რომელიც წარმოადგენს მუდმივი დენის გამაძლიერებელს. ამ დენს დეტექტორის ანტენაზეაღძრავს ანტენის მიერ გამოსხივებული ველი. შესაბამისად დეტექტორი მოგვცემს სხვადასხვა დენის ამპლიტუდებს, რომელიც შესაბამისობაშია ველის ინტენსივობასთან. გარდა ამისა საჭიროა შეიქმნას სისტემა, რომელიც საშუალებას მოგვცემს მოვახდინოთ გასაზომი ანტენის სასურველი კუთხით მობრუნება და ამავედროილად მის მიერ გამოსხივებული ველის შესაბამისი დენის მნიშვნელობების ჩანერა, რომელიც მოგვცემს დიაგრამის გამოსახულებას. ამ მიზნით შეირჩა ბიჭური ძრავა, რომელიც უზრუნველყოფს სასურველი სიზუსტით ანტენის ბრუნვას. ანტენის სამართავად და მონაცემების ჩასანერად გამოყენებულია AVR არქიტექტურის მქონე მიკროკონტროლერი Atmega 2560, რომელიც საშუალებას გვაძლევს მოვახდინოთ სისტემის ავტომატიზაცია პროგრამული უზრუნველყოფის საშუალებით, ამასთან შევძლოთ მიღებული სიგნალების ჩანრა ტექსტური ფაილის სახით და ეს ყველაფერი დავაკავშიროთ კომპიუტერთან. ეს ყოველივე საშუალებას იძლევა მოვახდინოთ ექსპერიმენტული შედეგების შედარება მოდელირების შედეგებთან.

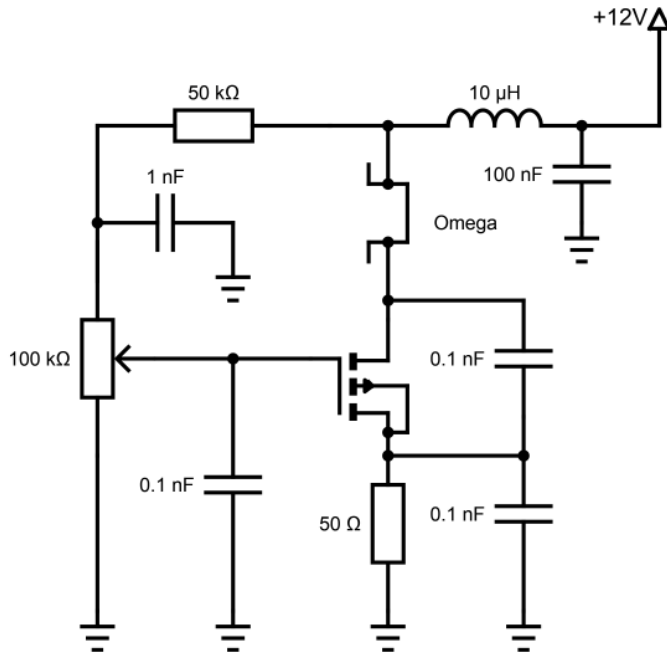




სურ.3.3.1 ანტენის გამოსხივების დიაგრამის გამზომის ბლოკ-სქემა.

### 3.4. სიგნალის გენერატორები და მუდვივი დენის დეტექტორი.

მუშაობის პროცესში შეიქმნა გენერატორების რამოდენიმე ტიპი, რომლებიც იძლევიან საშუალებას გენერირონ სხვადასხვა სიხშირეები ომეგა ელემენტის რეზონანსულ სიხშირეზე. ქვემოთ მოყვანილი გენერატორის სქემა გენერირებს ომეგა ელემენტის რეზონანსულ სიხშირეზე. ამ უკანასკნელის რეზონანსულ სიხშირეს საზღვრავს თვითონ მისი ტევადობა და ინდუქტივობა და საკუთრივ ფორმა.

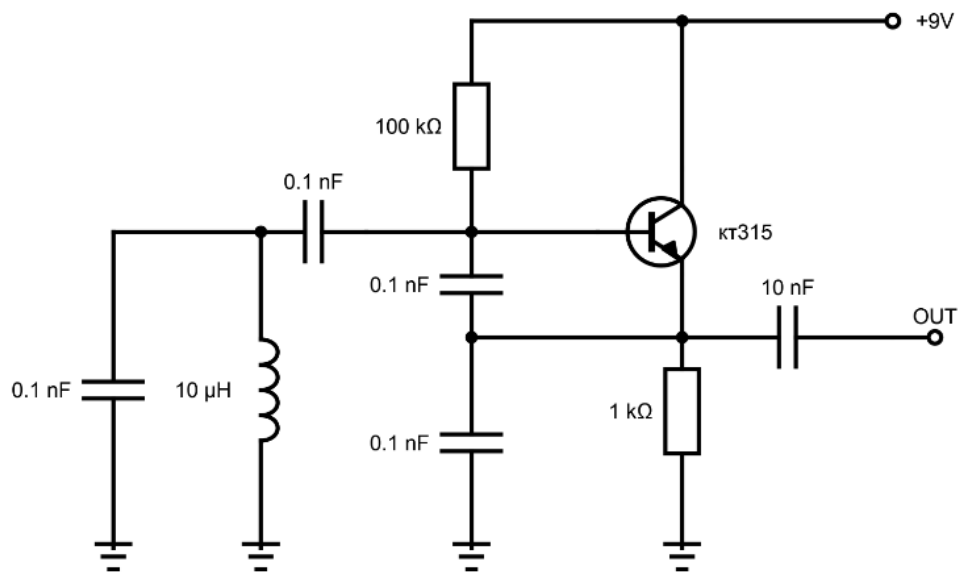


ნახ. 3.4.1 გენერატორის სქემა ველის ტრანზისტორის გამოყენებით

მოცემულ სქემაში გამოყენებულია ველის ტრანზისტორი  $\text{KP907}$ , რომლის Gate ფეხზე ჩართულია  $100 \text{ Kohm}$  პოტენციომეტრი, რომელიც უზრუნველყოფს ტრანზისტორის გახსნისათვის საჭირო ძაბვის შერჩევას. იმისათვის რომ სქემამ მოგვცეს გენერაციის საჭიროა უკუკავშირი ტრანზისტორის Drain ფეხსა და Gate ფეხს შორის, რაც უზრუნველყოფლია  $50 \text{ Kohm}$  წინალობით. ფაზის წანაცვლებისთვის დამატებით გამოყენებულია  $10 \text{ uH}$  ინდუქტივობის კოჭა და  $100 \text{ pF}$  ტევადობის კონდენსატორები. ტრანზისტორის Gate ფეხში ჩართული ომეგა ელემენტი დაიწყებს გამოსხივებას, როცა ტრანზისტორის გენერაციის სიხშირე გაუტოლდება ომეგა ელემენტის რეზონანსულ სიხშირეს.

შემდეგი კონსტრუქციის გენერატორი, რომელიც ჩვენს მიერ იქნა შედგენილი წარმოადგენს  $100 \text{ MHz}$  სიხშირის გენერატორს (ნახ.18). ჩვენი მიზანი იყო მიგველოგენერატორი  $800 \text{ MHz}$  სიხშირეზე რაც, სამწუხაროდ, მოცემული სქემით ვერ

მოხერხდა. მაქსიმალური სიხშირე რაც გენერატორმა გამოიმუშავა იყო 300მჰც.იმის გათვალისწინებით რომ აღნიშნული ტრანზისტორის ზრვრული სიხშირე 350 მჰც ტოლია.



ნახ. 3.4.2 გენერატორის სქემა ბიპოლარული ტრანზისტორის გამოყენებით

მოცემულ სქემაში გამოყენებულია ტრანზისტორი KT315, რომლის გენერაციის რეჟიმში მოყვანას უზრუნველყოფს 100 Kohm-იანი უკუკავშირი კოლექტორ-ბაზას შორის, ასევე კონდენსატორული კავშირი ბაზა-ემიტერს შორის. გენერაციის სიხშირეს განსაზღვრავს კოჭის ინდუქტივობა და პირველი კონდენსატორის ტევადობა. გენერირებული სიგნალის მოხსნა ხდება OUT გამოყვანიდან, რომელიც უნდა შეუერთდეს გამომსხივებელ ანტენას კოაქსიალური კაბელით.

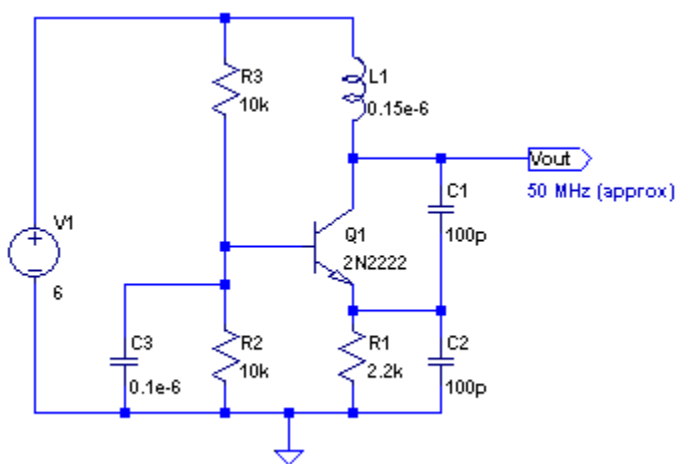
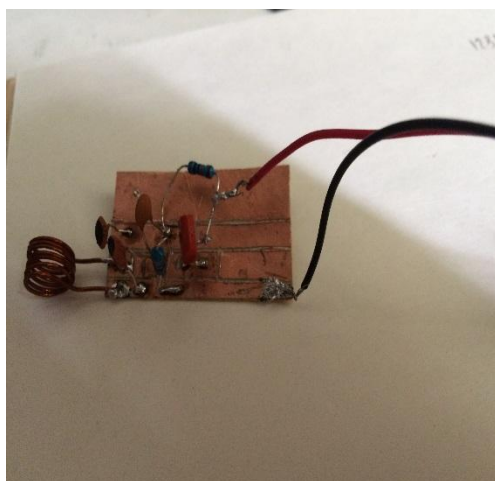
### კოლპიტის გენერატორი ბიპოლარულ ტრანზისტორზე.

აღნიშნული სქემა წარმოადგენს ჰარმონიული სიგნალების მაღალსიხშირულ გენერატორს.

გენერატორში გამოყენებულია ინდუქტივობის კოჭა (L) და ტევადობა (C) რომლების საზღვრავენ გენერატორის სიხშირეს, აქედან გამომდინარე მას უწოდებენ LC გენერატორს. მისი უპირატესობა სხვა გენერატორებთან მიმართებაში არის კონსტრუქციული სიმარტივე(საჭიროებს მხოლოდ ერთ კოჭას შუა გამოყვანის გარეშე)

უკუკავშირის ძაბვა იხსნება ძაბვის ტევადური გამყოფიდან.

ქვემოთ მოყვანილია გენერატორის პრინციპიალური და ტოპოლოგიური სქემა.



სურ 3.4.5.კოლპიტის გენერატორი.

### გენერაციის სიხშირე.

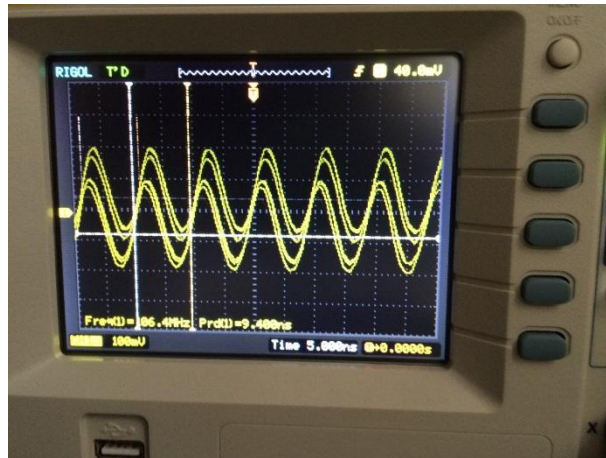
გენერაციის იდეალური სიხშირე გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}}}$$

ექსპერიმენტალურად გენერატორი გენერირებს ნაკლებ სიხშირეს.

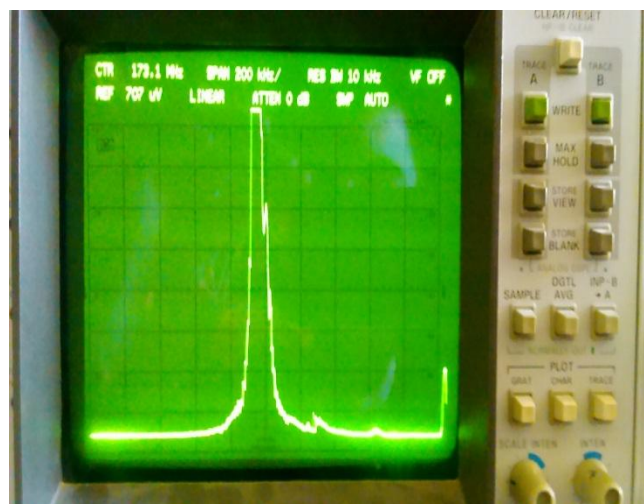
ჩვენს შემთხვევაში გამოვიყენეთ ბიპოლარული ტრანზისტორი KT-315Г.რომლის ზღვრული მუშა სიხშირე 300 მჰც-ია . კერამიკული კონდენსატორები 10 პიკოფარადის ნომინალით კიდული მონტაჟით ფოლგირებულ ტექსტოლიტზე დავამაგრეთ.

რაც შეეხება ინდუქტივობის კოჭას ავიღეთ 5 ხვია 0.8 მმ დიამეტრის მავთული და 10მმ-იან ღეროზე .

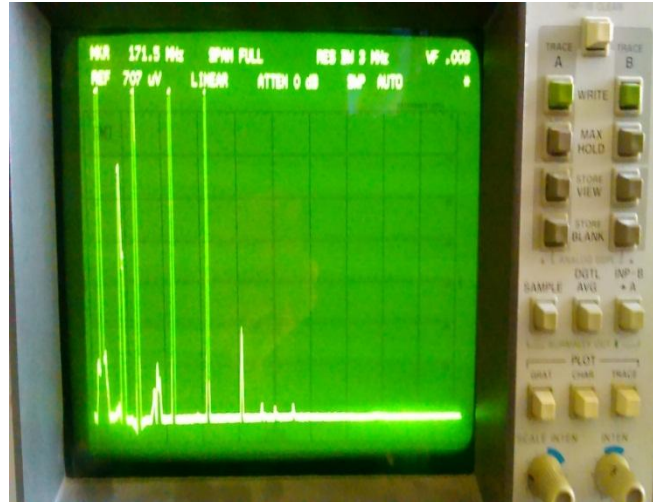


სურ.3.4.6 კოლპიტის გენერატორიდან გამომავალი სიგნალი.  $f_0 = 171.5\text{MHz}$  .

სპექტრის ანალიზატორზე ვაკვირდებოდით გენერატორიდან გამოსული სიგნალის მთლიან სპექტრს თავისი ჰარმონიკებით.



სურ. 3.4.7 კოლპიტის გენერატორიდან გამომავალი სიგნალის სპექტრი.



სურ.15 ინდუქტივობის ცვლილებით მიღებული პირველი, მეორე, მესამე ჰარმონიკების სპექტრი

სპექტრის ანალიზატორზე ნაჩვენებია  $f_0 = 171.5 \text{ MHz}$  - რეზონანსული სიხშირე და მისი სამი ჰარმონიკა. როგორც სპექტრიდან ჩანს მესამე ჰარმონიკის ძირითადი და მესამე ჰარმონიკის ამპლიტუდა ტოლია.

საზოგადონ  $n$ -ური ჰარმონიკისთვის სიხშირე გამოითვლება გორმულით:

$$f_n = n f_0$$

სადაც  $f_0$  - არის ძირითადი ანუ პირველი ჰარმონიკა.

ჩვენს შემთხვევაში მესამე ჰარმონიკის სიხშირე იქნება: 514.5 მგჰც.

ინდუქტივობის უფრო შემცირებით გენერაცია არ აღინიშნებოდა.

**VCO-(Voltage-Controlled oscillator). დაბვით მართვადი გენერატორი.**

VCO- წარმოადგენს დაბვით მართულ ჰარმონიული სიგნალის გენერატორს რომელშიც სასურველი სიხშირის სიგნალის მიღება ხორციელდება მოდებული დაბვის სიდიდით.

მაღალსიხშირული სიგნალის მისაღებად გამოვიყენეთ VCO-მიკროსქემა FDK IK004.

რომელიც დაბვით ცვლილებით გენერირებს სხვადასხვა სიხშირეს.



სურ. 3.4.8 IK004-ის კორპუსი და გამოსავლენები.

+Vtune-სამართავი ძაბვის

GND-დამინება.

+Vcc -კვების ძაბვა.

NC- (non connection)-არ გამოიყენება.

RFout- მაღალი სიხშირის გამოსასვლელი.

| გამომავალი სიგნალის დონე $V_s$ , კვება. |    |                                |    |                              |                             |
|-----------------------------------------|----|--------------------------------|----|------------------------------|-----------------------------|
| V                                       | mA | RF-გამოსავალი<br>სიმძლავრე dBm |    | გამოსხივების<br>სიხშირე. მჰც | გამოსხივების<br>სიხშირე მჰც |
| 3                                       | 4  | -6                             | -8 | 1100                         | 1200                        |
| 4                                       | 5  | -2                             | -4 | 1100                         | 1200                        |
| 5                                       | 9  | 0                              | -1 | 1100                         | 1200                        |
| 6                                       | 11 | +3                             | +2 | 1100                         | 1200                        |
| 8                                       | 15 | +6                             | +5 | 1110                         | 1200                        |

ქვემოთ მოყვანილ ცხრილში ნაჩვენებია VCO-ს მიერ გენერირებული სიგნალის სიხშირის დამოკიდებულება +Vtune მმართველ ძაბვაზე.

| გამომავალი სიხშირის დამოკიდებულება +Vtune მმართველ ძაბვასთან. ნვ კვებაზე |              |
|--------------------------------------------------------------------------|--------------|
| +Vtune-tuning voltage.                                                   | სიხშირე მჰც. |
| 0                                                                        | 980          |
| 3                                                                        | 1027         |
| 6                                                                        | 1076         |
| 9                                                                        | 1129         |
| 12                                                                       | 1188         |
| 15                                                                       | 1216         |

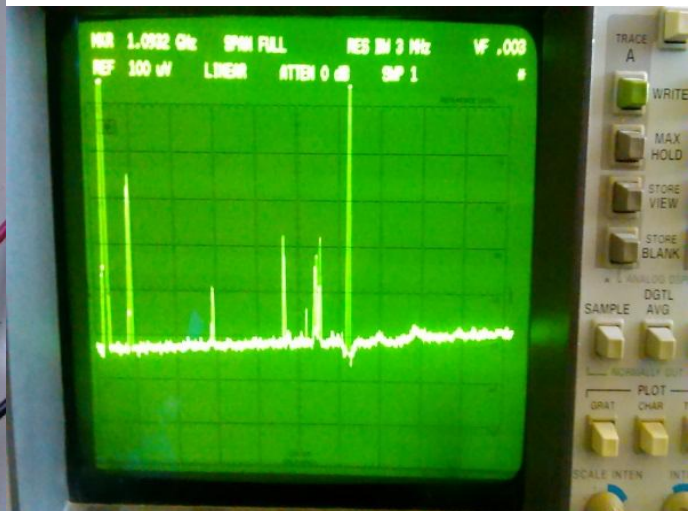
ქვემოთ მოყვანილია აღნიშნული VCO-ს ექსპერიმენტული შედეგები.

VCO-ს მივანოდეთ კვება  $+V_{cc} = 9$ ვ. გენერაციას ვაკვირდებოდით სპექტრის ანალიზატორზე.

დაკვირვებისას გენერაციის სიხშირე  $f_0 = 1.0982 \text{GHz}$



სურ.3.3.4.9 ძმგ IK004-8ე.

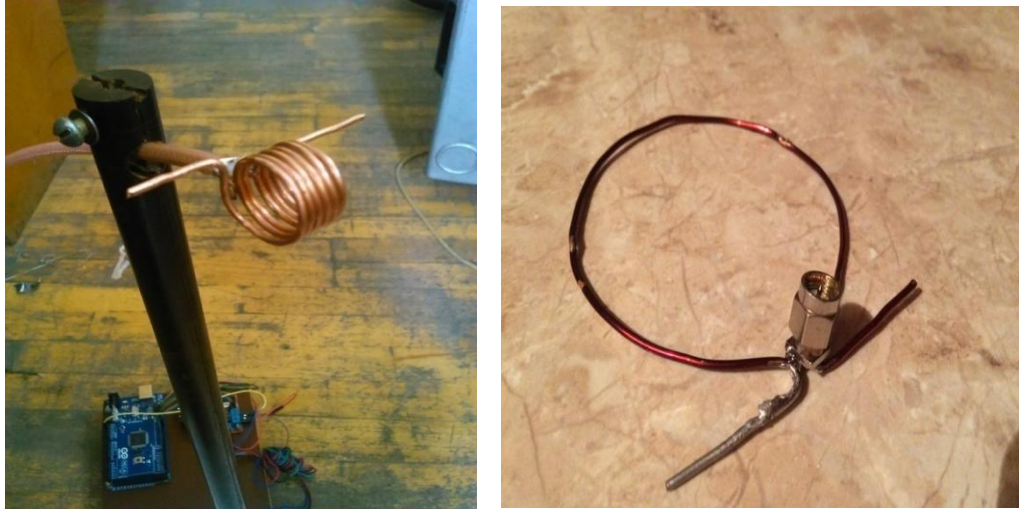


სურ.3.4.10 IK004- სიგნალის სპექტრი.

#### 4.ექსპერიმენტული შედეგები.

ამ თავში განვიხილავთ ომეგა ანტენის გამოსხივების ველის დიაგრამის და S11-პარამეტრის (არეკვლის-კოეფიციენტის) რეალურ გაზომვას. როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ აღნიშნული პარამეტრის გაზომვად შეიქმნა სპეციალური კომპლექსი რომელიც შედგება კომპიუტერით მართვადი ბიჭური ძრავისაგან რომელზედაც მაგრდება საკვლევი ანტენა და შესაძლებელია მისი მობრუნება გარკვეული ბიჭით-კუთხით. აგრეთვე მუდმივი დენის დეტექტორი რომელიც ზომავს ანტენის მიერ გამოსხივებული ველის დაძაბულობის სიდიდეს სინქრონულ რეჟიმში. მონაცემები კომპიუტერში ინახება რიცხვების სახით. საბოლოოდ საჭიროა პოლარულ კოორდინატთა სიბრტყეზე მათი დატანა რაც მოცემული ანტენის გამოსხივების ველის დიაგრამას წარმოადგენს.

ქვემოთ ნაჩვენებია ომეგა ანტენის რეალური მოდელი რომლის ზომები ემთხვევა კომპიუტერული მოდელის ზომებს.



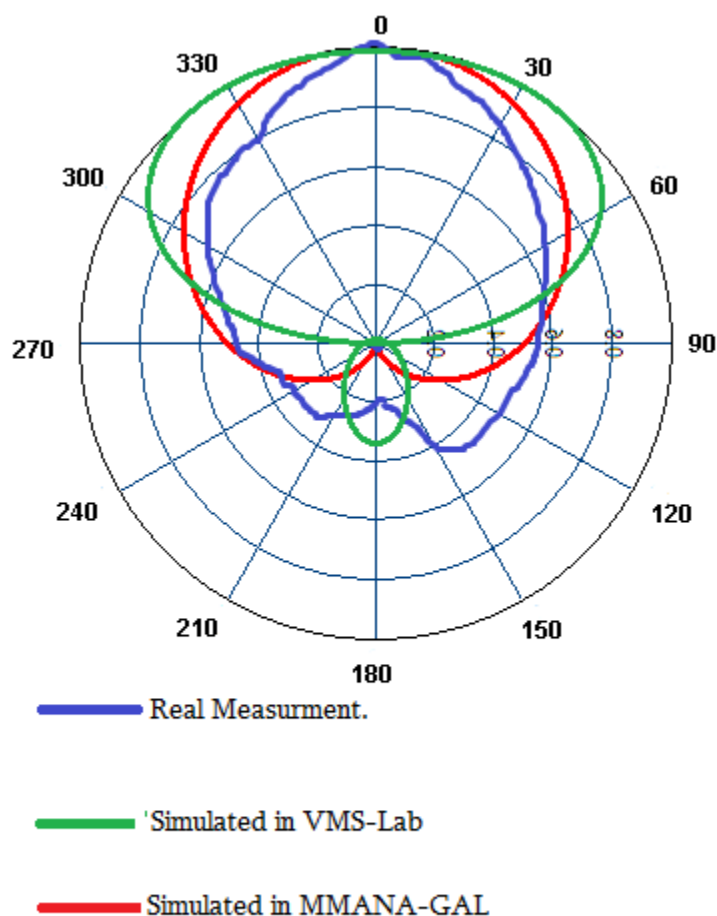
სურ.4.1 ომეგა ელემენტი პრაქტიკაში.

#### 4.1 ომეგა ანტენის მიმართულების დიაგრამის გაზომვა.

რეალურ ექსპერიმენტზე მოხდა ომეგა ანტენის გამოსხივების ველის დიაგრამის გაზომვა. აღნიშნული დიაგრამა სათანადო ანათვლებით პოლარულ კოორდინატა სისტემაში აიგო გარდა ამისა ამავე გრაფიკზე დავიტანეთ კომპიუტერული სიმულაციის შედეგები. გრაფიკზე ომეგა ანტენის რეალური ექსპერიმენტული დიაგრამა ნაჩვენებია მწვანე ფერის გრაფიკით. წითელი ფერის გრაფიკით ნაჩვენებია მიღებული შედეგები MMANA-GAL-ით. ხოლო EMS-Studio-თ დათვლილი მწვანედ.

გრაფიკებიდან გამომდინარე აშკარაა რომ სამივე შემთხვევაში ვღებულობთ ერთმხრივ მიმართულ გამოსხივების დიაგრამას. რაც ცხადყოფს იმას რომ აღნიშნული ტიპის ანტენა წარმოადგენს მიმართულ გამომსხივებელს. სამივე შედეგი განსხვავებულია ერთმანეთისაგან რაც შეიძლება აიხსნას იმით რომ რეალური ექსპერიმენტის დროს მაქსიმალურად ვეცადეთ საკვლევი ანტენა კარგად ყოფილიყო შეთანხმებული კვების წყაროსთან-გენერატორთან რომ თავიდან აგვეცილებინა სიმძლავრის არეკვლები და

დანაკარგები. გასათვალისწინებელია ისიც რომ გაზომილი დიაგრამის არასიმეტრიულობა შესაძლოა გამოწვეული იყოს სპეციალური RP-SMA-ტიპის კონექტორის და ანტენის შეერთების ადგილზე არეკვლებით, გარდა ამისა საკუთრივ ანტენის გეომეტრიის არასიმეტრიულობიდან. მუდმივი დენის დეტექტორის ეფექტურობიდან და სხვა ფაქტორებიდან.



სურ.4.2 ომეგა ელემენტის შორი ველის დიაგრამა.

#### 4.2 ომეგა ანტენის S11-პარამეტრის(არეკვლის კოეფიციენტის) განსაზღვრა.

აღნიშნული პარამეტრის დასადგენად გამოვიყენეთ ჩვენს ხელთ არსებული ქსელის ვექტორული ანალიზატორი.Vector Network Analyser Agilent-8722ES. რომლის მუშა დიაპაზონი 50მჰც-40გჰც შეადგენს.

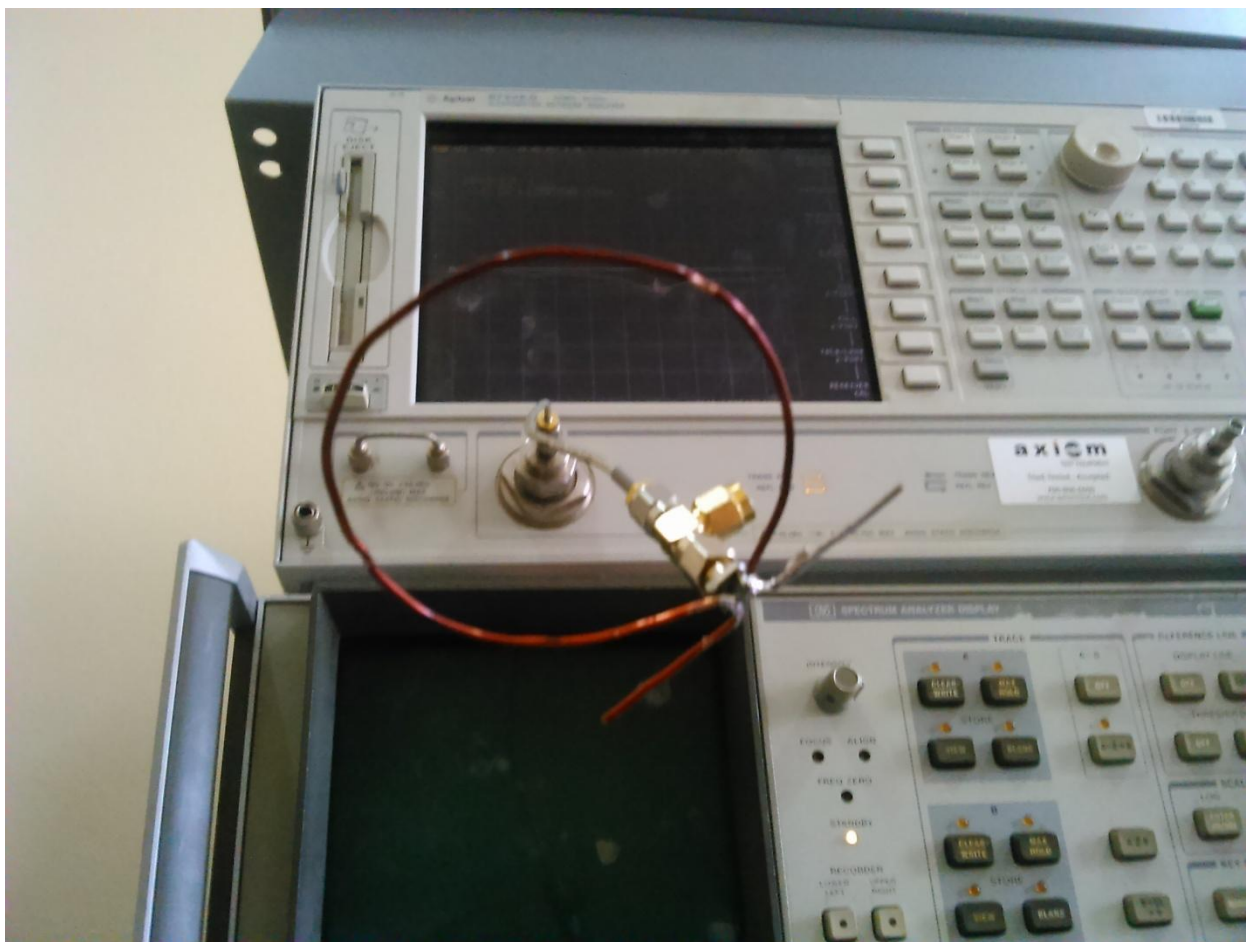


სურ.4.2.1 Agilent-8722ES-ვექტორული ანალიზატორი.

ქსელის ვექტორული ანალიზატორი წარმოადგენს კომბინირებულ ზუსტ ხელსაწყოს, რომლის საშუალებით ხორციელდება მაღალსიხშირული კომპონენტების წრფივი მახასიათებლების დადგენა, ხელსაწყო გააჩნია მთლიანი სიგნალის ამპლიტუდის, ფაზის, სიხშირის, საკვლევი კომპონენტის იმპედანსის გაზომვის საშუალება, აგრეთვე აგებს დიაგრამებს. ანალიზატორი ადარებს დაცემული სიგნალის დონეს არეკვლილ სიგნალთან. ჩვენ შემოვიფარგლებით მხოლოდ S11-პარამეტრის(არეკვლის კოეფიციენტის) გაზომვით. Agilent-8722ES-ანალიზატორზე მივაერთეთ საკვლევი ომეგა ანტენა. ხელსაწყოზე მივუთითეთ ის სიხშირული დიაპაზონი რომელსაც გვინდოდა S11-პარამეტრის გაზომვა. ომეგა ანტენის

ანალიზატორთან კარგი შეთანხმებისათვის რათა თავიდან აგვეცილებინა სიმძლავრეთა არეკვლები გამოვიყენეთ ზმს-კოაქსიალური კაბელი და სპეციალური RP-SMA-ტიპის კონექტორი.

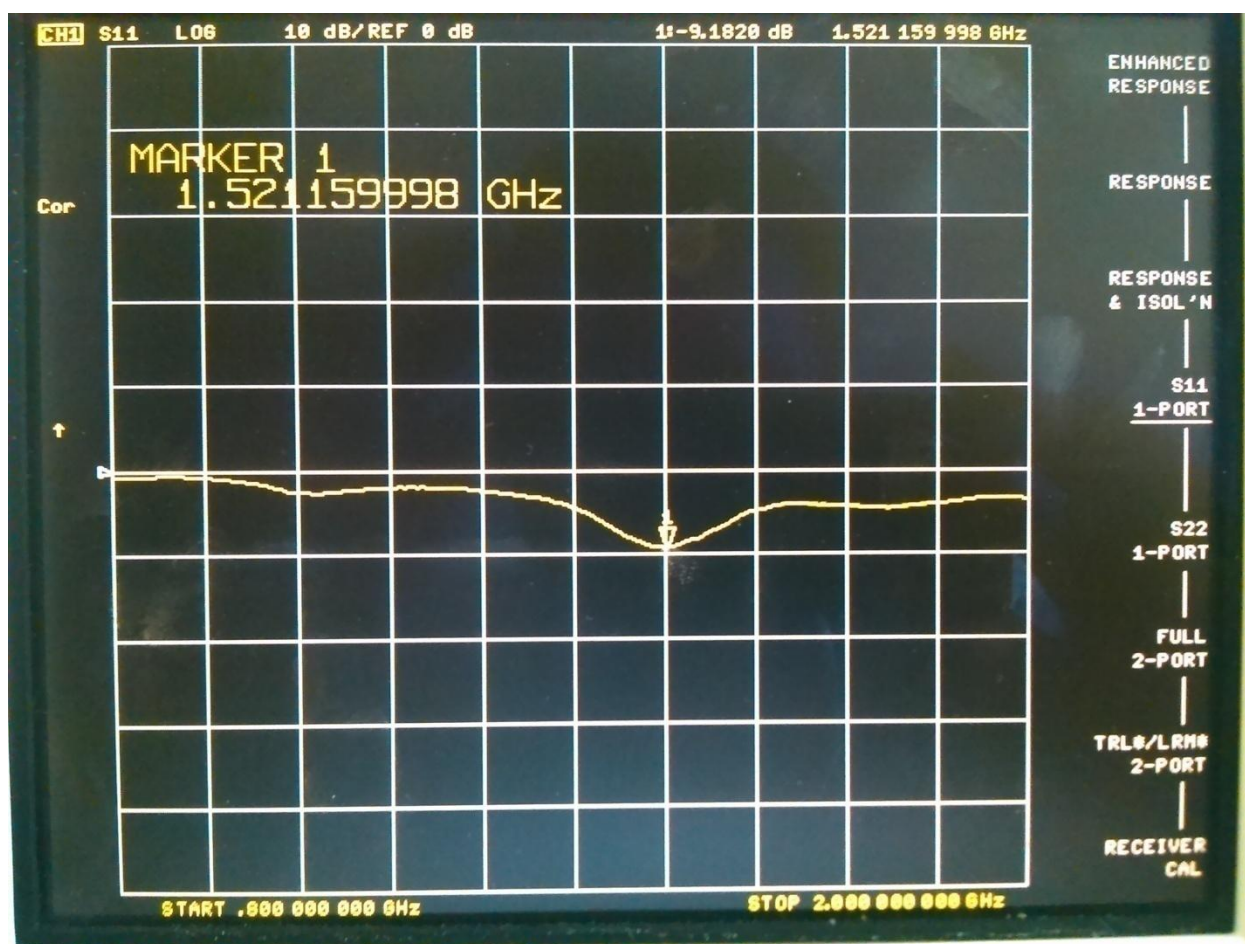
ქვემოთ მოყვანილ სურათზე ნაჩვენებია ომეგა ანტენის შეერთება Agilent-8722ES-ანალიზატორზე.



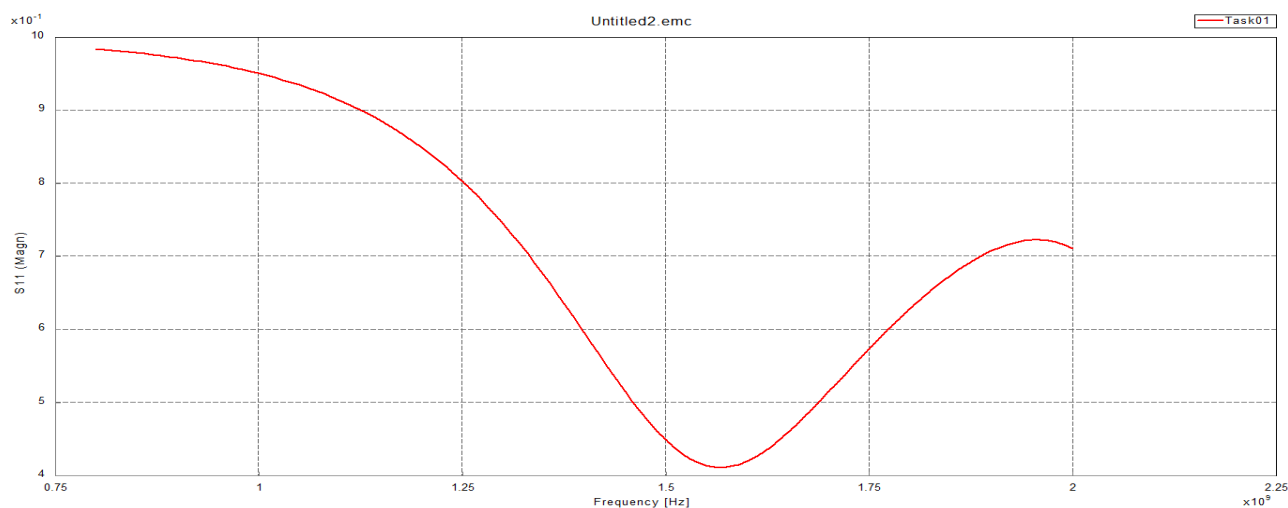
სურ.4.2.2 Agilent-8722ES-ვექტორული ანალიზატორზე მიერთებული საკვლევი ომეგა ანტენა.

### S11-პარამეტრის გაზომვის შედეგი.

ვექტორულ ანალიზატორის ეკრანზე გრაფიკის სახით მივიღეთ S11-პარამეტრის დამოკიდებულება სიხშირეზე. ჩვენს მიერ არჩეულ სიხშირულ დიაპაზონში 800-2000 მჰც-მდე. ანალიზატორის გამზომი კურსორის გადაადგილებით აღმოჩნდა რომ ამ სიხშირულ არეში აღნიშნული ანტენა ასხივებს მხოლოდ  $F=1.52$  გჰც-სიხშირეზე. ხოლო S11-პარამეტრის სიდიდე შეადგენს 9,18 დეციბელს. რაც შეეხება ომეგა ანტენის კომპიუტერული მოდელისა და რეალური მოდელის S11-პარამეტრების თანხვედრას ისინი ზუსტად ემთხვევიან ერთმანეთს სიხშირის მიხედვით. ქვემოთ მოყვანილ გრაფიკებზე ნაჩვენებია VMS-Lab-ში აგებული ანტენის მოდელისა და რეალური ანტენის S11-პარამეტრები.



სურ.4.2.3 Agilent-8722ES-ვეტორულ ანალიზატორზე გაზომილი ომეგა ანტენის S11.



სურ.4.2.4 EMS-Studio-ში აგებული ანტენის მოდელის S11-პარამეტრი.

## დასკვნა

აღნიშნული სამაგისტრო ნაშრომის მიზანი იყო შექმნილიყო ომეგა ფორმის ანტენა რომელიც იქნებოდა კონსტრუქციულად მარტივი, სარეალიზაციოდ იაფი, ერთმხრივ მიმართული გამოსხივების დიაგრამის მქონე. სამუშაოს მსვლელობისას სპეციალურ კომპიუტერული პროგრამების საშუალებით EMS-Studio-ს და MMANA-GAL-ის საშუალებით აიგო აღნიშნული ანტენის კომპიუტერული მოდელი. შემდგომ მოხდა ამ ანტენის კომპიუტერული მოდელის გამოსხივების ველის დიაგრამის შორ ზონაში დაკვირვება და გრაფიკული ვიზუალიზაცია. აგრეთვე გაიზომა ანტენის მთელი რიგი რადიოტექნიკური მახასიათებლები როგორიცაა: რეზონანსული სიხშირე, იმპედანსის დამოკიდებულება სიხშირეზე, არეკვლის კოეფიციენტი, გაძლიერების კოეფიციენტის დამოკიდებულება სიხშირეზე, ანტენაში სიმძლავრის დანაკარგები. ზემოთ ჩამოთვლილი პარამეტრები ნაშრომში გრაფიკების სახითაა წარმოდგენილი.

შემდგომში ჯერი მიდგა რეალური ომეგა ანტენის შექმნაზე და მისი მახასიათებელი პარამეტრების გაზომვაზე. ჩვენს მიერ შეიქმნა კომპიუტერული მოდელის იდენტური რეალური

მოდელი. გარდა ამისა პარალელურად გახდა საჭირო ანტენის გამოსხივების დიაგრამის გამზომი კომპლექსისა და ანტენის კვებისთვის საჭირო წყარო - გენერატორის შექმნა. განვიხილეთ რამოდენიმე ვარიანტი და შევარჩიეთ ოპტიმალური.

რეალურ ექსპერიმენტზე გაიზომა ანტენის შორი ველის მიმართულების დიაგრამა 800-2000 მჰც-სიხშირის დიაპაზონში. შემდგომში მოხდა რეალური დიაგრამისა და კომპიუტერული მოდელირების შედეგად მიღებული დიაგრამების შედარება და ანალიზი. დადგინდა რომ აღნიშნული ტიპის ომეგა ანტენას გააჩნია ერთმხრივ მიმართული გამოსხივების დიაგრამა და ის საკმაოდ კარგ მიახლოებაშია ე.წ ჰიუგენსის ელემენტარული გამომსხივებელის დიაგრამასთან. აგრეთვე Agilent-8722ES - ვექტორული ანალიზატორის საშუალებით გაიზომა რეალური ანტენის S11-პარამეტრები და მოხდა შედეგების გრაფიკის სახით ვიზუალიზაცია. ანალოგიურად მოხდა შედეგების შედარება და დადგინდა რომ რეალური ექსპერიმენტის შედეგი ზუსტად ემთხვევა კომპიუტერული მოდელის შედეგებს.

საბოლოოდ ვასკვნით აღნიშნული ტიპის ომეგა ანტენის უპირატესობა იმაში მდგომარეობს მას გააჩნია მცირე ზომები, რაც საშუალებას გვაძლევს ის გამოვიყენოთ პორტატულ რადიოაპარატურაში მოცემულ სიხშირულ დიაპაზონში. აგრეთვე დადგინდა აღნიშნული ანტენის რეზონანსული სიხშირის სტაბილურობა რაც ძალზედ მნიშვნელოვანია.

## გამოყენებული ლიტერატურა.

- [1] N. N. Voitovich. Antenna Design for Given Pattern of Amplitude of the Radiation (Semenov's Method). Radio Eng. & Electron. Phys., 1972, vol. 17, No 12, pp. 2000-2005.
- [2] B. Z. Katsenelenbaum, E. N. Korshunova, L. I. Pangonis, A. N. Sivov. The Method of Antenna's Synthesis with the Given Directional Pattern. Copyright certificate to the invention, 07.02.1982. Bull. No 5. (In Russian).
- [3] M. I. Andriychuk, I. P. Bolotova. Synthesis of Resonant Antenna with an Arbitrary Outside Boundary. Radiotekhnika i Elektronika, 1990, vol. 35, No 6, pp. 1330-1333. (In Russian).
- [4] V. Slyusar. Antenna Synthesis Based on Genetic Algorithms. First Mile. – Part 1: 2008, No 6, pp. 16-23: Part 2. – 2009, No 1, pp. 22-25. (Bibl. SibGUTI). (In Russian).
- [5] R. S. Zaridze, I. M. Petoev, V. A. Tabatadze, **B. V. Poniava**, "The Method of Auxiliary Sources for Antenna Synthesis Problems", DIPED, Tbilisi, 2013.
- [6] A. Balanis, "Antenna Theory: Analysis and Design", A JOHN WILEY & SONS, INC., PUBLICATION, 2005.
- [7] I. Petoev, V. Tabatadze, D. Kakulia, R. Zaridze, "The Method of Auxiliary Sources Applied to Problems of Electromagnetic Wave Diffraction by Certain Metal–Dielectric Structures". Journal of Communications Technology and Electronics, Vol. 58, No. 5, pp. 451–463, 2013.
- [8] V. Tabatadze, R. Zaridze, V. Tabatadze, **B. Poniava**, T. Chabukiani, "Application of the Method of Auxiliary Sources in the 3D Antenna Synthesis Problems", XX International Seminar-Workshop Direct and Inverse problems of electromagnetic and acoustic wave theory (DIPED-2015), Lvov, 2015, pp. 85-89

