

GPS Helis Anten Tasarımı

GPS Helixe Antenna Design

Eda Konakyeri¹, Selçuk Paker¹, Osman Palamutçuoğlu¹

¹Elektrik-Elektronik Fakültesi
İstanbul Teknik Üniversitesi
edakonakyeri@yahoo.com, spaker@itu.edu.tr, opal@itu.edu.tr

Özet

Yer belirleme işlemi günümüzde büyük önem taşımaktadır. Küresel Yer Belirleme Sistemi olarak bilinen GPS bu sistemlerden biri ve en yaygın olarak kullanılanıdır.

GPS askeri amaçla kurulmuş ve daha sonra sivil uygulamalarda da kendini göstermiş oldukça gelişmiş bir sistemdir. Kontrol, uzay ve kullanıcı olmak üzere üç kısımdan oluşur [1]. Kullanıcı kısmını oluşturan düzenekler alıcı antenlerdir. Bu antenler, belirli bir merkez frekansına, dar band genişliğine ve düşük yatay açılardan gelecek işaretleri alabilen bir demet genişliğine sahip ve sağ el dairesel polarizasyonlu yapıdadırlar.

Bu çalışmada GPS sivil uygulamalarında kullanılmak üzere helis biçiminde bir alıcı anten tasarımı gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan antenin aranılan kriterleri sağlamaması sonucunda anten ile iletim hattı arasında empedans uyumsuzluğu sorunu olduğu gözlemlenmiş ve bu sorunun giderilmesi için empedans uydurucu devre kullanılmıştır.

Abstract

Positioning process recently has great significance. GPS known as Global Positioning System is one of those systems and has the most common usage.

GPS is well-developed system which was initially established for military objectives and later showed itself in civil applications. It consists of three parts as control, space and user. Receiver antennas are the mechanism forming the user part. These antennas have specific central frequency, narrow bandwidth and a beam width capable of receiving signals coming from low horizontal angles and they are in structure of right-hand circular polarization.

In this study, a receiver antenna design in helix form has been implemented for using in civil GPS applications. In the case that designed antenna does not meet the required criteria it was observed that there is impedance mismatching problem between antenna and transmission line and for eliminating this problem impedance matching circuit has been used.

1. Giriş

Çok eski tarihlerden bu yana insanoğlu nerede oldukları ve nereye gittikleri bilgisi ile ilgilenmiştir. Bu bilgiyi elde etmek için uyguladıkları en eski tekniklerden biri gittikleri yerlerden dönebilmek için yollarına taş parçaları bırakmalarıydı. Daha sonra ise bu yöntemden oldukça iyi bir çözüm sunan haritalar ortaya çıktı. Yaklaşık 5000 yıl önce Mezopotamya'da kullanılmaya başlanan haritalar o günden beri konum bilgisini takip etme konusunda önemli bir araç olmuştur. Günümüzde ise yaşadığımız dünyada konum doğruluğu oldukça önemli bir yere sahiptir ve nerede olduğumuz ve nereye gittiğimiz bilgisi artık çok daha güvenilir hale gelmiştir. Bilimsel araştırmalar sonucunda şartıcı seviyelerde bir doğruluk sağlamak olanaklı olmuştur. Bunu sağlayan teknoloji ise Küresel Yer Belirleme Sistemi (GPS: Global Positioning System) 'dir [1]. Genel olarak, GPS'nin sivil ve askeri amaçlı olmak üzere iki ayrı kullanımını bulunmaktadır. Bu çalışmanın amacı, GPS sivil uygulamalarında kullanılmak üzere alıcı anten tasarlanmasıdır.

Geniş bantlı çalışma ihtiyacı duymayan bu antenin en büyük özelliği L1 frekansı olarak bilinen merkez frekansının 1575.42 MHz olmasıdır. Yaklaşık 20 MHz civarındaki bir band genişliği dahi kabul edilebilir. Bu amaçla bir çok tasarım öneri verilebilir. Bunlardan biri GPS yama antenidir [2]. Bu antenin diğer anten örneklerine göre ucuz olması, az yer kaplaması ve kolay yapılabilirliği açısından bir çok avantajlı yanı vardır. Ancak bu anten düşük açılarda yataya yaklaştıkça uyduları iyi bir şekilde izleyemez. GPS sivil uygulamaları ise alıcı antenin yataydan 5⁰ yukarıya kadar izleme işlemini gerçekleştirebilmesini gerektirmektedir. Başka bir deyişle demet genişliğinin bu açılara kadar olan alanı kapsayacak kadar olması beklenir. Bu özellik ise yama antenler tarafından karşılanamaz. Bu nedenle, daha farklı tasarımlar denenmiştir. Bu tasarımlardan biri helis antendir. GPS uyduları sağ el dairesel polarizasyonlu (RHCP: Right-Hand Circular Polarization) işaretler yayımlarlar. RHCP helis antenin istenilen özellikleri karşılaması hedeflenmektedir.

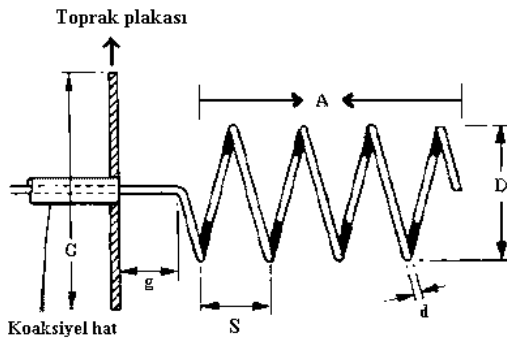
Tasarım işlemi sırasında HFSS ve MWO (Microwave Office) benzetim programlarından yararlanılarak GPS sivil uygulamalarında kullanılabilecek bir helis anten tasarımı ve analizinin yapılması, gerekli kriterlerin varlığı durumunda antenin gerçekleştirilmesi ve gerçekleştirilen antenin sonuçlarının gözlemlenmesi hedeflenmektedir.

2. GPS Helis Anten Tasarımı

GPS sivil uygulamalarında kullanılacak alıcı antende aranan özelliklerden biri düşük açılarda yataya yaklaştıkça uyduları izleme işleminin devamlılığının sürdürülebilmesidir. Bu özelliği sağlaması açısından tasarım için seçilen anten yapısı helis antendir. Bu anten hakkında gerekli bilgiler çalışma sırasında verilmiştir. Bu antenden beklenen diğer özellikler ise belirli bir merkez frekansını sağlaması, dar band genişliği ve sağ el dairesel polarizasyona sahip olmasıdır.

2.1. Helis Anten

Düz bir telin düzgün bir silindir üzerine sarılarak helis tel haline getirilmesiyle oluşturulan helis anten üç boyutlu bir geometriye sahiptir. Bu üç boyutlu geometri düzgün bir doğru, bir daire ve bir silindirden oluşmaktadır [3].



Şekil 1: Helis anten geometrisi.

Şekil 1'de helis anten ve toprak plakasına ilişkin boyutlandırılmalar sembolik olarak verilmiştir. Şekil üzerindeki semboller,

D : Helisin çapı

S : Dönmeler arasındaki boşluk (merkezden merkeze)

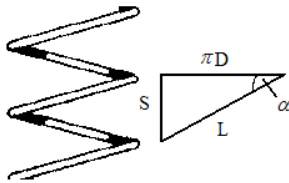
A : Eksenel uzunluk ($n \cdot S$)

d : Helis iletkeninin çapı

g : Toprak plakası ile helis arasındaki mesafe

G : Toprak plakasının çapı

şeklinde açıklanır. Dönme sayısı ise n ile gösterilir.



Şekil 2: Helis antenden bir kesit.

Şekil 2'de helis antenden bir kesit verilmiştir. Burada, α sargı açısı ve L bir dönüme ait telin uzunluğu şeklinde ifade edilir. Frekansın değişmesi durumunda D ve S değişse bile α sabit kalır. Genel olarak tasarım uygulamaları için boyutlar çalışılan merkez frekansındaki dalga boyu cinsinden verilebilir [4]. Bu boyutlar,

$$D = 0.32\lambda \quad (1)$$

$$S = 0.22\lambda \quad (2)$$

$$G \geq 0.8\lambda \quad (3)$$

$$d = 0.02\lambda \quad (4)$$

$$g = S/2 = 0,12\lambda \quad (5)$$

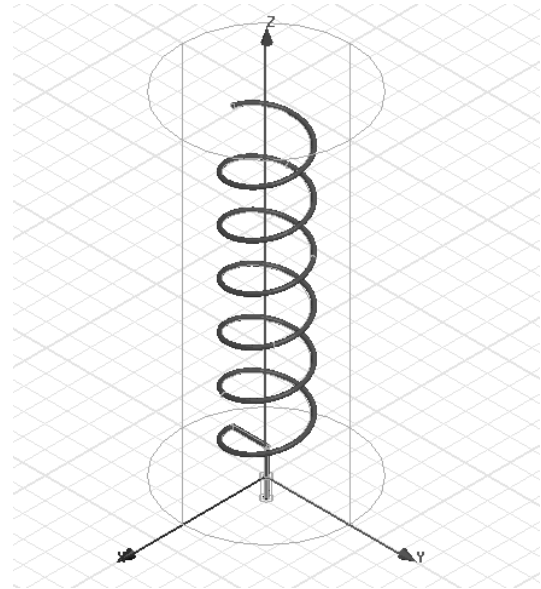
şekindedir.

Helis antenlerin ışın diyagramı ışın moduna bağlı olarak değişir. Eksenel modlu helis antenin azimut ve elevasyon diyagramları aynı, normal modlu helis antenin ise farklıdır. Eksenel modlu helis anten için ışınların en fazla olduğu yer helis ekseninin uzantısı doğrultusundadır.

2.2. Tasarım

Verilen bilgiler ışığında GPS sivil uygulamalarında kullanılmak üzere bir eksenel modlu helis anten tasarlanacaktır. Tasarlanacak olan antenin 1575.42 MHz frekansında ışın yapması istenmektedir. Bu amaçla ilk olarak tasarlanacak olan antenin boyutları merkez frekansına ilişkin dalga boyu cinsinden belirlenmiştir.

Bu aşamadan sonra HFSS benzetim programı yardımıyla eksenel modlu helis anten tasarımı gerçekleştirilecektir.



Şekil 3: Tasarlanan anten, toprak plakası ve koaksiyel hat.

Şekil 3'te tasarımı yapılan eksenel modlu helis anten verilmiştir. Tasarım aşamasında ilk olarak hesaplanan boyutlara göre helis anten HFSS benzetim programı yardımı ile tasarlanmıştır. Daha sonra uygun boyutlarda toprak plakası ve koaksiyel hat tasarıma eklenmiştir. Bu tasarım sırasında helis antenin oluşturulduğu tel mükemmel iletken bir tel olarak seçilmiştir. Anten karakteristik empedansı 50 Ω olan koaksiyel hat ile beslenmiştir. Bu hata ilişkin boyutlar koaksiyel hat karakteristik empedansı yardımıyla hesaplanmıştır.

$$Z_0 \approx \frac{138}{\sqrt{\epsilon_r}} \log\left(\frac{D}{d}\right) \quad (6)$$

(6) 'da verilen denklemde Z_0 koaksiyel hattın karakteristik empedansını, ϵ_r ortamın bağıl dielektrik sabitini, D hattın dış

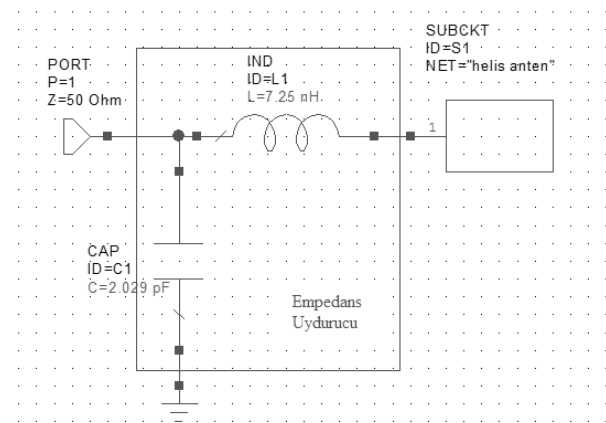
kesit alanının çapını ve d ise hattın iç iletkeninin çapını ifade etmektedir.

2.3. Tasarım

Analiz sırasında ilk incelenen parametre antene ilişkin yansıma katsayısıdır (S_{11}). Bu aşamada antenin 1575.42 MHz frekansında ışması sınanmıştır. Ancak analiz sonucunda ışmanın varlığını gösteren $|S_{11}|$ değerlerine yeteri kadar ulaşılamamıştır. Bunun sebebi antenin giriş terminali ile iletim hattı arasındaki empedans uyumsuzluğudur. Buradan yola çıkılarak antenin girişinden görülen empedans değeri hesaplanabilir.

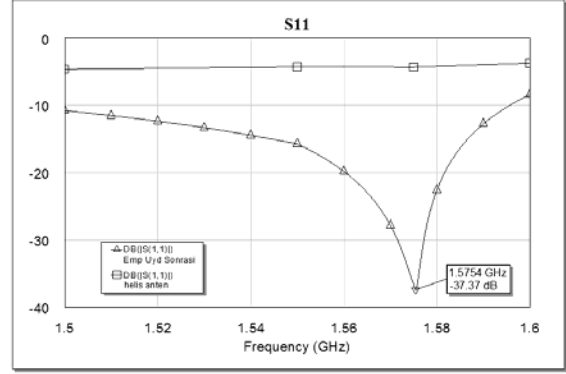
$$S_{11} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (7)$$

(7) 'de yansıma katsayısına ilişkin eşitlik verilmiştir. Z_L antenin giriş terminalinden görülen empedans değerini, Z_0 ise iletim hattının karakteristik empedansının değerini ifade etmektedir. Analiz sonucunda istenilen empedans ve aranan $|S_{11}|$ değeri yeteri kadar elde edilemediğinden buradaki empedans sorununu gidermek için empedans uydurucu devre tasarlamak gerekir. Antenin girişinden görülen empedans değeri 50Ω empedansını sağlamadığından bir kapasitif bir de endüktif yükten oluşan empedans uydurucu devre sorunu çözebilecektir. Antenin giriş terminaline seri bir endüktans ve paralel bir kapasite elemanı bağlanarak empedans uydurma işlemi gerçekleştirilmiştir.



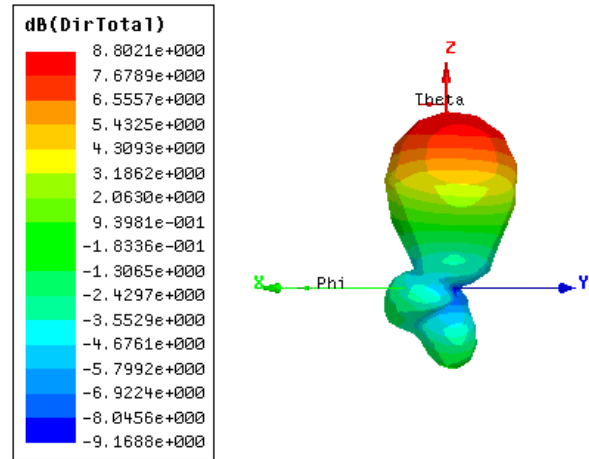
Şekil 4: Empedans uydurucu devre ile tasarlanan helis anten.

Şekil 4'te empedans uydurucu devre bağlanmış helis anten görülmektedir.



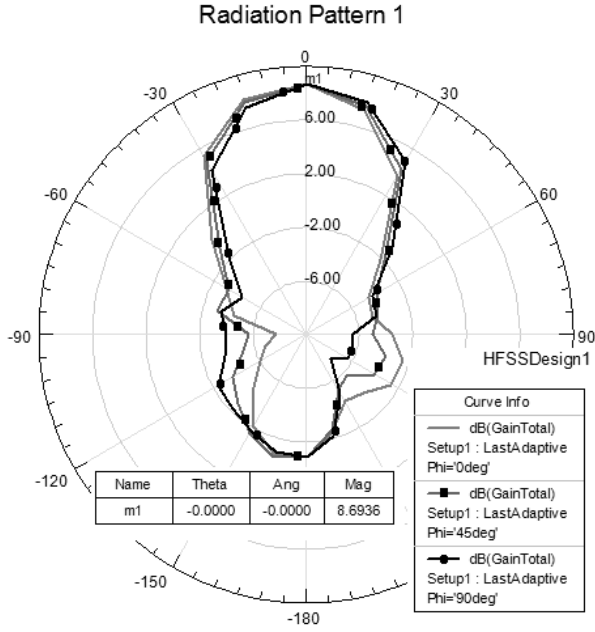
Şekil 5: Yansıma katsayısı ($|S_{11}|$).

Şekil 5'te empedans uydurma işlemi uygulandıktan sonraki antene ilişkin $|S_{11}|$ değerleri verilmiştir. Görüldüğü gibi empedans uydurucu devre elemanları eklendikten sonra antene ilişkin $|S_{11}|$ değeri 1575.42 MHz merkez frekansında -37.37 dB olarak okunmuştur. Bu değer antenin bu frekansta ışdığını gösterir. Buradaki çalışma boyunca $|S_{11}|$ değerinin -10 dB olduğu duruma karşılık düşen frekans aralığı antenin band genişliği olarak kabul edilecektir. Bu durumda, antenin band genişliği yaklaşık olarak 100 MHz'dir.



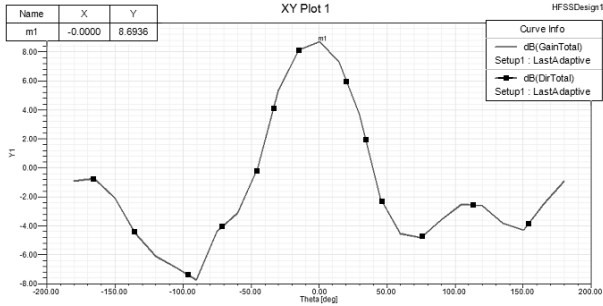
Şekil 6: Üç boyutlu ışma diyagramı.

Şekil 6'da tasarlanan antene ilişkin üç boyutlu ışma diyagramı verilmiştir. Görüldüğü gibi anten kendi eksenine doğrultusundaki z yönünde maksimum ışma yapmaktadır.



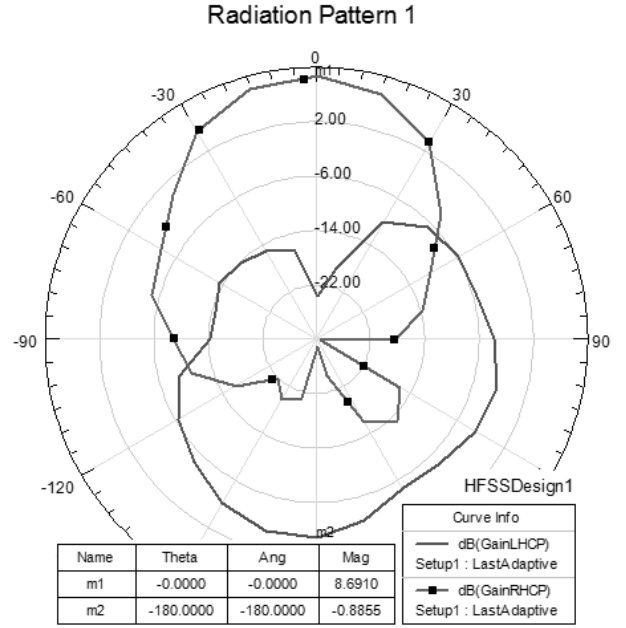
Şekil 7: Işıma diyagramları.

Şekil 7’de silindirik koordinatlarda $\phi = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ açıları için θ açıları taranarak elde edilen antene ilişkin ışım diyagramları verilmiştir. Her üç açı değeri için de yaklaşık olarak aynı ışım diyagramının var olduğunu görülmektedir. En yüksek ışım yönünü kapsayan lob olarak bilinen ana lob dışında kalan tüm loblara küçük loblara adı verilir [5]. Burada farklılık küçük loblarda kendini göstermektedir. Kazanç yaklaşık olarak 8.7 dB kadardır. Ayrıca ışım diyagramından anlaşıldığı gibi elde edilen anten yönlü bir antendir.



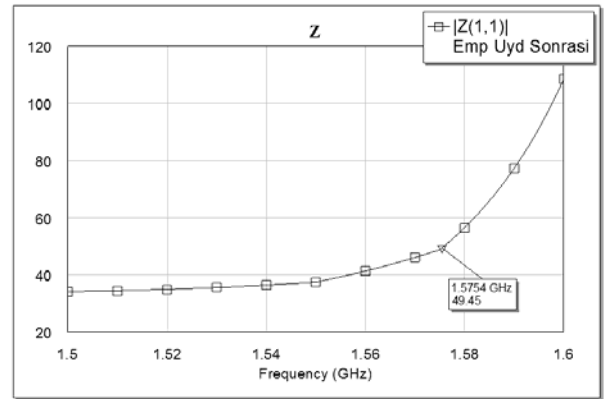
Şekil 8: Yöneltilik ve kazanç eğrisi.

Şekil 8’de antenin iki boyutlu olarak yöneltilik ve kazanç eğrileri verilmiştir. Burada $\phi = 0^\circ$ açısı için θ açıları taranmış ve yöneltilik ve kazanç eğrilerinin aynı olduğu görülmüştür. Yöneltilik antenin ışım gücüyle, kazanç ise antene gelen güç ile belirlenen büyüklüklere sahiptir. Şekil 8’den anlaşıldığı gibi empedans uydurma işlevinden sonra anten ısı kayıp ve empedans uyumsuzluğundan kaynaklı kayıplardan etkilenmemektedir. Buradan yola çıkılarak bu tasarım için yöneltilik ve kazancın aynı anlama geldiği söylenebilir.



Şekil 9: Sağ ve sol el dairesel polarizasyonları.

Şekil 9’da tasarlanan antenin sağ el dairesel polarizasyonu ve sol el dairesel polarizasyonu (LHCP: Left-Hand Circular Polarization) verilmiştir. Kazanç değerleri dikkate alındığında antenin sağ el dairesel polarizasyonlu olduğu görülmektedir.



Şekil 10: Antenin giriş empedansı.

Şekil 10’da antene ilişkin giriş empedansının değeri verilmiştir. Görüldüğü gibi empedans uydurma işlemi ile birlikte 50Ω empedans değeri sağlanmıştır.

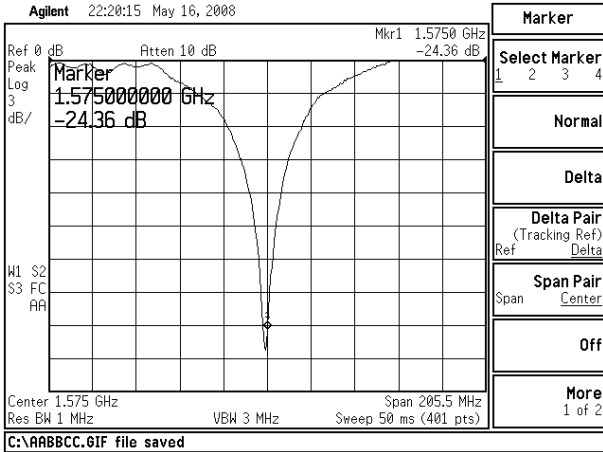
2.4. Gerçekleme

Elde edilen grafik değerleri ve hesaplamalardan sonra anten bakır tel ile gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar spektrum analizör ile gözlemlenmiştir. Antenin $|S_{11}|$ parametresi incelenmiş ve elde edilen antenin gerekli ışımı sağlamadığı görülmüştür. Bunun üzerine daha önce belirtildiği gibi ilgili empedans uydurucu devre elemanları antene bağlanmıştır. Şekil 4’te verilen empedans uydurucu devredeki endüktans elemanı devrede kullanılmamış bunun yerine antenin boyutları ile oynanarak endüktans işlevinin yerine getirilmesi sağlanmıştır.



Şekil 11: Gerçekleştirilen helis anten.

Şekil 11’de gerçekleştirilen helis anten ve empedans uydurma işlemi için antene bağlanan kapasite elemanı görülmektedir. Analiz sırasında helis antenin dönme sayısı altı olarak verilirken gerçekleştirme esnasında endüktans etkisi dikkate alınarak istenilen frekansta ışımanın olmasını sağlamak amacıyla dönme sayısı beşe indirilmiştir.



Şekil 12: Gerçekleştirilen antenin yansıma katsayısı.

Şekil 12’de gerçekleştirilen ve empedans uyumu yapılan antenin 1575 MHz frekansında $|S_{11}|$ değerinin -24.36 dB olduğu görülmektedir. Band genişliği ise yaklaşık olarak 20 MHz’dir. Band genişliğinin dar olması beklenen bir sonuçtur.

Analiz sırasında empedans uydurucu devre bağlandıktan sonraki durumda yansıma katsayısının değeri -37.37 dB olarak elde edilmişti. Burada ise bu değer değişmiştir. Bu durumun sebeplerinden biri empedans uydurucu devre uygulaması sırasında endüktans elemanı yerine helis antenin boyutlarının değiştirilmesi sonucuna gidilmesidir. Bir diğer sebebi de antenin gerçekleştirilmesi sırasında gerekli olan simetrisinin tam olarak sağlanamamasıdır. En önemli sebep ise simülasyon ortamında başta iletken tel olmak üzere her bir parametrenin ideal olmasıdır.



Şekil 13: Ölçüm düzeni.

Şekil 13’te ilgili antene ilişkin ölçüm düzeni verilmiştir.

3. Sonuçlar

Bu çalışmada, GPS sivil uygulamalarında kullanılmak üzere bir helis alıcı anten tasarımı gerçekleştirilmiştir.

Çalışma sırasında ilk olarak GPS alıcı anten tasarımında aranan özellikler verilmiş ve bu özelliklere uygun olduğu düşünülen helis anten tasarımı ele alınmıştır. Tasarım sonucunda helis antenin giriş empedansı ve iletim hattının karakteristik empedansı arasında empedans uyumsuzluğu olduğu görülmüş ve bu sorun empedans uydurucu devre yardımıyla giderilmiştir. Sonuçta bir GPS alıcı anteninde aranan merkez frekansı, dar band genişliği, yeterli demet genişliği ve sağ el dairesel polarizasyonu özelliklerinin tasarlanan helis anten tarafından sağlandığı görülmüştür. İstenilen kriterlerin sağlanması sonucunda antenin gerçekleştirilmesi aşamasına geçilmiş ve gerçekleştirme sırasında empedans uydurucu devreye ilişkin endüktans elemanı etkisinin anten boyutlarının değiştirilmesi ile elde edilebildiği görülmüştür. Gerekli kapasite elemanının antene bağlanması ve anten boyutlarının değiştirilmesi sonucunda aranan merkez frekansı ve band genişliği değerleri sağlanmıştır.

4. Kaynaklar

- [1] French, G.T., *Understanding the GPS*, GeoResearch, Inc., United State of America, 1996.
- [2] Wong, K., *Compact and Broadband Microstrip Antennas*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 2002.
- [3] Kraus, J.D., *Antennas*, McGraw-Hill, New York, 1988.
- [4] Jasik, H., *Antenna Engineering Handbook*, McGraw-Hill, New York, 1961.
- [5] Balanis, C.A., *Antenna Theory*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1997.