



MİKRODALGA VE ANTENLER LABORATUVARI

Proje 1: VHF Yagi Anten Tasarımı

1 Amaç

1. VHF bandında çalışan, en az 3 elemanlı (3–5 arası) bir Yagi anteni tasarlamak ve üretmek.
2. Üretilen antenin temel parametrelerini (SWR, ışıma örüntüsü, kazanç, polarizasyon) hem laboratuvar ortamında hem de fakültenin atölyesinde ölçerek değerlendirmek.
3. Üretilen anteni küp uydulardan veya Uluslararası Uzay İstasyonundan (ISS) veri alma deneyinde kullanarak yalnızca anten tasarımını değil, gerçek bir uzay haberleşmesi uygulamasını da deneyimlemek.

2 Ön Hazırlık Soruları

1. Yagi-Uda antenin çalışma prensibini açıklayınız. Reflektör, yayıcı (driven) eleman ve director elemanlarının görevleri nelerdir?
2. 145 MHz’de serbest uzayda dalga boyu ve yarım dalga boyu kaç metredir? Yarım dalga dipol şeklindeki bir yayıcı elemanın gerçek boyu bu değerden neden biraz kısa seçilir? Hesabınızı gösteriniz.
3. $SWR = 2$ ve $SWR = 1.3$ değerleri için yansıma katsayısının büyüklüğünü ve yansıyan güç oranını hesaplayınız. Föyde neden $1 < SWR < 2$ aralığı isteniyor?
4. Doğrusal ve dairesel polarizasyon arasındaki farkı, eksenler arası oranı (axial ratio) ve polarizasyon uyumsuzluğunun alınan sinyale etkisini açıklayınız.
5. ISS 145.8 MHz’de yayın yaparken yaklaşık 7.66 km/s hızla yer çevresinde dönmektedir. Alıcıda gözlenebilecek en büyük Doppler kaymasının üst sınırını hesaplayınız.

3 Temel Kavramlar

3.1 Giriş

Bu projede temel amaç, VHF bandında çalışan bir Yagi anten tasarlayıp üretmek ve bu anteni uydu haberleşmesi için kullanabilmektir. Bu nedenle anten tipini, eleman sayısını, kullanılacak malzemeleri ve mekanik tasarımı belirlerken öğrenciler özgürdür. Tasarım sürecinde referans olarak literatürden Yagi dizilerini, eleman uzunluklarını, aralıklarını ve empedans uyumu yöntemlerini incelemek gerekmektedir.

Minimum 3 elemanlı bir yapı zorunlu olup (reflektör, driven element, director), 4 veya 5 elemanlı tasarımlar daha yüksek yönlü kazanç sunacağından önerilmektedir.

Proje çıktısı olarak öğrencilerin uydudan alınmış gerçek veri (telemetri, paket, SSTV görüntü vb.) göstermesi beklenmektedir. Ders saatleri dışında uydu geçişleri sırasında ölçüm yapılabilir. Proje sergisinde kullanılmak üzere uydu geçişi sırasında alınmış veriyi içeren (en az 1 dakika, en fazla 3 dakika uzunluğunda) bir video kaydı hazırlanmalıdır.

Amatör telsiz frekanslarında ürettiğiniz anten, bir A sınıfı amatör telsizci eşliğinde, amatör telsizden veri almada kullanılacaktır. **(Kesinlikle gönderme işlemi yapmayacaksınız.)**



3.2 Örnek Çalışmalar

- **Örnek 1:** ISS üzerinden alınmış SSTV görüntüsü (görüntü öğrenciler tarafından elde edilecektir). Örnek bir çalışma 1: <https://youtube.com/shorts/alpzuQhqpul?si=jOleG-w1jsDYbgWo>
- **Örnek 2:** ISS üzerindeki röleden amatör telsizci görüşmesi/dinleme (QSO on the ISS). Örnek bir çalışma 2: <https://youtube.com/shorts/lZXWkWbx-24?si=2x6YFRNrcfDTQRNu>
- **Örnek 3:** Küp uydu üzerinden telemetri verilerinin indirilmesi veya gözlemlenmesi. Örnek bir çalışma 3: <https://www.youtube.com/watch?v=CwjSmfwO73s>

4 Gerekli Ekipmanlar

- Vektör Network Analizörü (VNA)
- RF Sinyal Üretici (3 GHz)
- Spektrum Analizörü (3 GHz)
- Kablo ve Konnektörler
- Amatör telsiz (yalnızca alıcı olarak kullanılacak; bir A sınıfı amatör telsizci eşliğinde)
- Grupların projede ihtiyacı olabilecek sarf malzemeleri:
 - 100–120 cm plastik ya da tahta sap (çita)
 - 3–3.5 metre uzunluğunda iletken (alüminyum çubuk ya da 6 mm'den kalın kablo, şerit metre, herhangi bir metal çubuk; resimlere bakınız)
 - SMA veya BNC konnektör (dış dişli/jack ve dişi uçlu)
 - Kablo ve konnektör montaj ekipmanları
 - Cıvata ve somun (örnek resimleri dikkatli inceleyiniz)
- **Not:** Bu listenin dışında yazılmayan küçük eksiklikleri gidermek proje gruplarının sorumluluğundadır.

5 Deneyin Yapılışı

5.1 Anten Üretim ve Karakterizasyon Hazırlık Çalışması

1. SWR (Standing Wave Ratio) ölçümü:
 - (1) Antenin rezonans frekansı 144–146 MHz aralığına gelecek şekilde ayarlanmalıdır.
 - (2) Frekans düşük kalırsa elemanlar milim milim kısaltılarak rezonans yukarı çekilebilir.
 - (3) SWR değeri $1 < SWR < 2$ aralığında olmalıdır; ideal değer 1.05–1.30 arasındır.
 - (4) Ölçüm VNA üzerinden yapılacaktır.
2. Anten kazancı ve ışıma örüntüsü:
 - (1) Açık alanda veya laboratuvar düzeninde antenin yönlü kazancı ölçülecek, azimut–yükseleme düzlemleri için örüntü grafiği çıkarılacaktır. Polar grafik oluşturulacaktır.
3. Polarizasyon ölçümü:
 - (1) Eksenler arası oran (axial ratio) tespit edilerek antenin polarizasyon bilgisi değerlendirilecektir.

Önemli:

Anten karakterizasyonu ölçümlerinde RF sinyal üretici, spektrum analizörü ve vektör network analizörü kullanılacaktır. Anten ölçümünden sonra telsiz kullanılarak yönlü anten ile uydu haberleşmesi uygulaması yapılacaktır.

lacaktır.

5.2 Uygulama/Deney Adımları

1. Tasarım en az 3 elemanlı olacaktır. 5 eleman kullanılması önerilir.
2. Tipik bir Yagi diziliminde:
 - (1) En arkada reflektör,
 - (2) ortada driven element (yayıcı eleman),
 - (3) önde ise en az 1 director bulunmalıdır.
3. Antenin beslemesi, driven elementin iki ucuna bağlanacak BNC veya SMA konnektör üzerinden yapılacaktır. Gerekli konnektörler öğrenciler tarafından temin edilmelidir.
4. Rezonans frekansı 144–146 MHz bandında ayarlanmalıdır. Böylece anten, amatör telsizcilik hizmeti kapsamında çalışan küp uyduların ve ISS'in VHF downlink sinyallerini alabilecek hâle gelir.
5. Antenin yansıma katsayısı S11 yerine SWR üzerinden değerlendirilecektir. SWR, VNA ile ölçülerek antenin empedans uyumu belirlenecektir. (Bu ölçümler laboratuvarında ilgili asistanlar eşliğinde gerçekleştirilecektir.)
6. Antenin direğe montajı zorunlu değildir; elle tutulabilir veya hafif bir taşıyıcı üzerinde kullanılabilir. Hafiflik ve taşınabilirlik önemlidir.

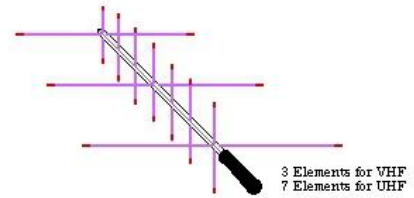
Örnek Anten Tasarımları



3 Eleman Yagi Anten



5 Eleman Yagi Anten

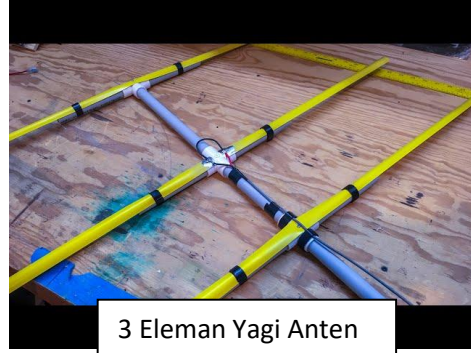


3 Eleman VHF, 7 Eleman
UHF Arrow (Ok) Anten

Şekil 1-1. Örnek anten tasarımları (1): 3 elemanlı Yagi anten (solda), 5 elemanlı Yagi anten (ortada), 3 elemanlı VHF, 7 elemanlı UHF Arrow (ok) anten (sağda).



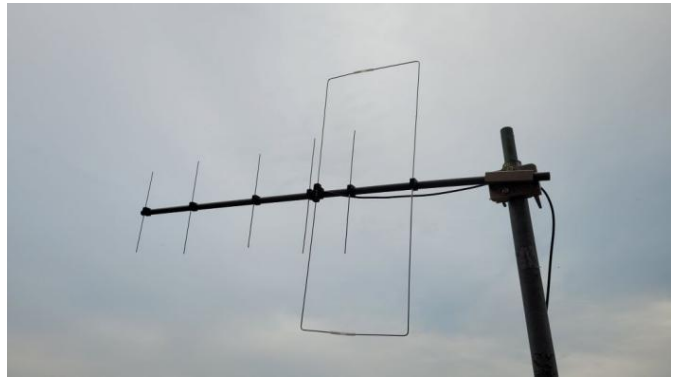
3 Eleman VHF, 5 Eleman
UHF Yagi Anten



3 Eleman Yagi Anten



3 Eleman Yagi Anten



6 Eleman Moxon Anten
(önerilir)

Şekil 1-2. Örnek anten tasarımları (2): 3 elemanlı VHF, 5 elemanlı UHF Yagi anten (solda üstte); 3 elemanlı Yagi anten (sağda üstte ve solda altta); 6 elemanlı Moxon anten (sağda altta, önerilir).



Şekil 1-3. Yagi Driven Element (Besleme Elemanı) için faydalı resimler: Yagi anten besleme teknikleri (driven elemanın besleme noktasında kutu, konnektör ve bağlantı düzenlerine ait örnek fotoğraflar).



5.3 Proje Raporunda Bulunması Gerekenler

1. Ürettiğiniz anten için bir katalog (datasheet) oluşturmanız istenmektedir. Bu katalogda SWR veya S11 ölçümü frekansa göre çizdirilmelidir. Ayrıca ışıma örüntüsü polar grafikte ve logaritmik olmalıdır. Antenin polarizasyonu hakkında bilgi verilmelidir.
2. Anten tasarımlarınızı proje sergisi sonunda kendinizle götürebilirsiniz. Dilerseniz Mikrodalga Anten Laboratuvarına ya da İstasyON'a da daha sonra sergilenmek üzere bırakabilirsiniz.
3. 3 dakikalık videoyu sosyal medya platformlarında paylaşabilirsiniz. Linkini de bölüm web sitesine veya sosyal medya hesaplarına ulaştırmanız, notlandırma açısından araştırma görevlilerinin işini kolaylaştırır.
4. Bölümün kalite komisyonundaki rapora ve stratejik planda etkinlikler sayfasına konulmak üzere 3 dakikalık videoya ek olarak üretim esnasındaki resimlerinizi ve uydu verilerinizi de içeren 15 saniyelik bir edit video üretmenizi rica ediyorum. Mümkün olursa sosyal medyada paylaşmayı hedefliyorum. (Ömer KASAR)
5. Tüm takımların 3 elemanlı Yagi yapmasını istemiyoruz. Farklı antenlerin de özelliklerini görmek isteriz; tasarımı size bıraktık, fakat gruplar arasında iletişim kurarak farklı antenler üretmenizi bekliyoruz. (Bu bir zorunluluk değildir; eğitimin bir parçası olarak farklı anten karakteristikleri görmeyi umuyoruz.)

6 Deney Sonu Soruları

1. Ölçtüğünüz rezonans frekansı ve SWR değeri tasarım sırasında hedeflediğiniz değerlerden ne kadar farklı çıktı? Farkın nedenlerini ve rezonansı ayarlamak için yaptığınız değişiklikleri açıklayınız.
2. Eleman sayısı arttıkça yönlü kazanç, ön-arka oranı ve bant genişliği nasıl değişir? Kendi antenizin ölçüm sonuçlarını bu beklentiyle karşılaştırarak yorumlayınız.
3. Polar ışıma örüntüsünden yarım güç hüzmesi genişliğini ve ön-arka oranını belirleyiniz. Bu değerler uydu geçişi sırasında antenin yönlendirilmesini nasıl etkiler?
4. Ölçtüğünüz eksenler arası orana (axial ratio) göre antenin polarizasyonunu yorumlayınız. Uydudan gelen sinyalin polarizasyonu ile anteninizin polarizasyonu uyuşmazsa alınan sinyal seviyesi nasıl etkilenir?