



#### MİKRODALGA VE ANTENLER LABORATUVARI

## Proje 2: HF 49:1 UnUn Empedans Uyumlandırma Devresi (EFHW Tel Anten İçin)

### 1 Amaç

1. Antenlerde empedans uyumunu gerçekleştirecek bir empedans uyumlandırma devresi tasarlamak ve gerçek bir anten uygulamasında kullanabilmek.
2. 20 metre bandında (14 MHz) bir EFHW antenin empedans bilgilerini kullanarak bu empedans değerini gerçek bir cihaz empedansı olan  $50 \Omega$  ile uyumlu hâle getirmek.
3. Anten ve empedans uyumlandırma devresini birlikte bir direğe asarak amatör telsiz istasyonlarla uzak mesafe (DX) görüşme gerçekleştirmeye çalışmak.

### 2 Ön Hazırlık Soruları

1. Empedans uyumlandırma (matching) kavramını ve antenlerdeki önemini açıklayınız.
2. Balun ve UnUn nedir? Aralarındaki farkı açıklayınız.
3. 49:1 oranında bir empedans dönüştürücüde sargıların sarım oranı (primer/sekonder) teorik olarak ne olmalıdır? Hesabını gösteriniz.
4. EFHW (End-Fed Half-Wave) antenlerin çalışma prensibini kısaca açıklayınız.
5. Besleme ucunda  $50 \Omega$  gören 49:1 bir UnUn'un anten ucunda gördüğü empedans kaç  $\Omega$ 'dur? Bu değer EFHW antenin rezonans empedansı ile uyumlu mudur?
6. 14 MHz'de serbest uzayda yarım dalga boyu kaç metredir? Gerçek bir tel antenin boyu bu değerden neden biraz farklıdır?

### 3 Temel Kavramlar

#### 3.1 Giriş

HF bantlarında kullanılan yarım dalga tel antenler, elektriksel olarak yüksek uç empedansına sahip olmaları nedeniyle doğrudan  $50 \Omega$ 'luk telsiz çıkışına bağlanamazlar. Bu tür antenlerin verimli çalışabilmesi için uygun bir **empedans uyumlandırma devresine** ihtiyaç vardır. EFHW (End-Fed Half-Wave) antenler, mekanik sadeliği ve tek noktadan besleme avantajı sayesinde amatör telsizcilikte yaygın olarak tercih edilmektedir.

EFHW antenlerde yarım dalga rezonans noktasındaki empedans, tipik olarak birkaç kilo-ohm seviyesindedir. Bu nedenle pratik uygulamalarda en sık kullanılan çözüm, yaklaşık **49:1 dönüşüm oranına sahip bir UnUn (Unbalanced–Unbalanced) empedans dönüştürücü** kullanmaktır. Bu dönüşüm oranı, yüksek empedanslı antenin  $50 \Omega$  sistemlere bağlanmasını mümkün kılar ve kabul edilebilir SWR değerleri sağlar.

Bu projede öğrenciler, literatürde yaygın olarak kullanılan 49:1 UnUn yapılarını inceleyerek kendi devrelerini üretecek, VNA yardımıyla empedans uyumunu doğrulayacak ve ardından bu sistemi gerçek bir HF telsiz bağlantısında kullanarak Avrupa'daki amatör telsiz istasyonlarıyla QSO gerçekleştirmeye çalışacaktır.



### 3.2 Örnek Çalışmalar

- **Örnek 1:** 49:1 UnUn uyumlandırma devresi üretimi. Örnek bir çalışma 1: <https://www.youtube.com/watch?v=thuusY-qkHI>
- **Örnek 2:** 49:1 UnUn uyumlandırma devresi üretimi. Örnek bir çalışma 2: <https://www.youtube.com/watch?v=thuusY-qkHI&t=303s>
- **Örnek 3:** EFHW anten ve 49:1 UnUn uyumlandırma devresinin kurulumu. Örnek bir çalışma 3: <https://www.youtube.com/watch?v=FgEogV9-OQE>
- **Örnek 4:** EFHW anten ve 49:1 UnUn uyumlandırma devresinin uygulaması (QSO görüşmesi). Örnek bir çalışma 4: <https://www.youtube.com/watch?v=euXkDPMozqs&list=PLVGuFAwp8kOXp5dnANeMdYzcSbxUSR8fU>

## 4 Gerekli Ekipmanlar

- Vektör Network Analizörü (VNA)
- RF Sinyal Üretici (3 GHz)
- Spektrum Analizörü (3 GHz)
- Kablo ve Konnektörler
- Grupların projede ihtiyacı olabilecek sarf malzemeleri:
  - Plastik muhafaza kutusu (düşük kaliteli, kırılğan olan plastik kutuları tercih etmeyiniz.)
  - Ferrit toroid nüve (FT-240-43)
  - PL-259 UHF konnektör (önerilen: dış dişli/jack ve dişi uçlu)
  - Emaye kaplı bakır tel (1.5 mm çapında, ~2 m)
  - Kablo ve konnektör montaj ekipmanları
  - 100 pF kapasitör
  - Cıvata, somun, bağlama halkası, karabina, plastik kelepçe vb. mekanik bağlantı elemanları
- **Not:** Örnek görsellerde yer alan ancak listede açıkça belirtilmeyen küçük yardımcı hırdavat malzemelerin temini proje grubunun sorumluluğundadır.

## 5 Deneyin Yapılışı

### 5.1 Balun / UnUn Üretimi ve Karakterizasyonu – Hazırlık Çalışmaları

1. FT-240-43 ferrit nüve üzerine uygun sarım oranı seçilerek 49:1 empedans dönüşümü sağlanacaktır.
2. Sarımların sıkı ve düzenli olması sağlanmalı, gevşek sarımların oluşturacağı istenmeyen indüktif ve kayıp etkilerinden kaçınılmalıdır.
3. Üretilen UnUn devresi, anten bağlı değilken ve anten bağlıyken VNA üzerinden ölçülmelidir.
4. 14–14.35 MHz bandında SWR veya S11 ölçümleri yapılarak uyum başarımı değerlendirilecektir.

#### Önemli:

Bu projenin temel başarı ölçütü, daha uzak istasyonlarla güvenilir HF haberleşmesi kurabilmektir. Bu çalışmada iki aşamalı bir uygulama yapılacaktır:

Laboratuvar aşamasında; ürettiğiniz 49:1 UnUn devresi, size verilen EFHW antene bağlanacak ve empedans uyumu VNA ile ölçülecektir.

Saha uygulamasında ise; önce ürettiğiniz UnUn devresi ve anten uygun bir yükseklikte (direk/ağaç vb.) asılarak telsize bağlanacaktır. Ardından da 20 m bandında (14 MHz) İstasyOF çağrı kodu YM7XOF işareti kullanılarak Avrupa'daki amatör telsiz istasyonları ile QSO yapılmaya çalışılacaktır.

## 5.2 Uygulama/Deney Adımları

1. Tasarım, 14 MHz'de ve en az 100 W çıkış gücüne dayanabilecek şekilde yapılmalıdır.
2. Tipik bir 49:1 UnUn yapısında sarım oranı ve bağlantı noktaları literatüre uygun olarak belirlenmelidir.
3. Besleme ucu, PL-259 UHF konnektör üzerinden yapılabilir.
4. EFHW anten, 14–14.35 MHz amatör bantta SSB görüşmeler için uygun uzunlukta İstasyOF'ta öğretim elemanları tarafından temin edilecektir.
5. Balun/UnUn devresinin yer aldığı kutu yerleşimi de puanlanacağından kapağı yapıştırmayınız.

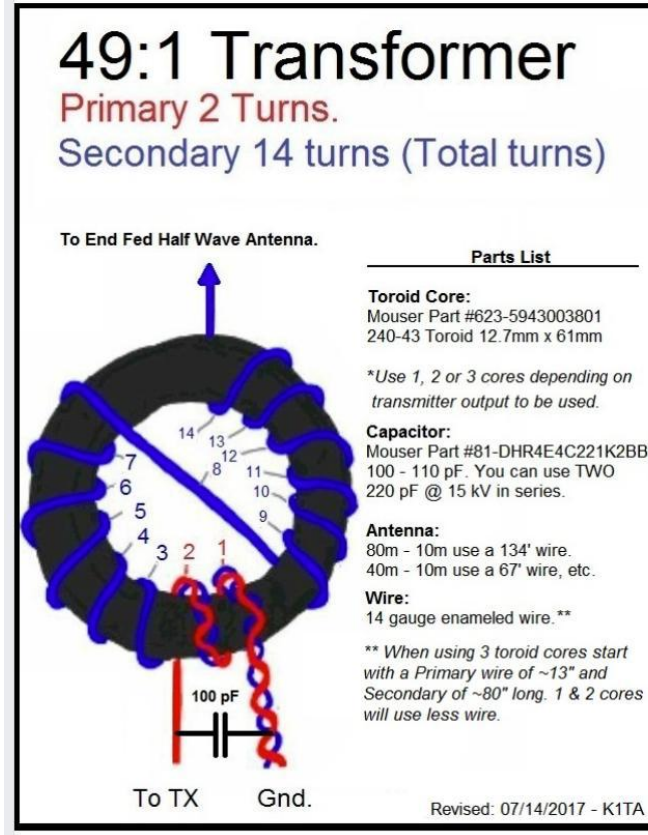
Projenin ikinci adımı olan amatör telsizcilik faaliyetleri kapsamında kısa dalga karasal yayın gerçekleştirme imkânımız olacaktır. Proje gruplarının esas görevi Avrupa istasyonları ile QSO görüşmesi başarısı göstermek ve bunu 1 dakikalık bir video ile kanıtlamaktır.

### Örnek Balun Uyumlandırma Devresi Tasarımları



**Şekil 2-1.** Örnek bir UnUn montajı ve kutulaması: kapalı kutu (solda), kapağı açık kutu içinde toroid nüve ve sargılar (ortada), kapak ve vidalar (sağda).

*(Bu tasarım örnektir; detayları sizin araştırmanız gerekmektedir. Ayrıca sargı yaparken ilk 2 veya 3 tur çift sargı yapıldığına, 8. turda karşıya atlama yapıldığına ve kondansatörü lehimlemek için telin emaye kısmının kazınması gerektiğini unutmayınız.)*



**Şekil 2-2.** 49:1 transformatör sarım şeması ve malzeme listesi (Primary 2 Turns: primer 2 tur; Secondary 14 turns (Total turns): sekonder toplam 14 tur).

### 5.3 Proje Raporunda Bulunması Gerekenler

1. Ürettiğiniz uyumlandırma devresi için bir katalog (datasheet) oluşturmanız istenmektedir. Bu katalogta anten bağlı iken SWR ölçümü frekansa göre çizdirilmelidir. Ayrıca hangi malzemeleri kullandığınızı ve kutuyu nasıl oluşturduğunuzu da belirtmeniz, tekrarlanabilirlik açısından önemlidir.
2. Uyumlandırma devrenizi proje sergisi sonunda kendinizle götürebilirsiniz. Dilerseniz Mikrodalga Anten Laboratuvarına ya da İstasyon'a da daha sonra sergilenmek üzere bırakabilirsiniz.
3. Yaptığınız QSO görüşmesine dair (en az 1 dakikalık) videoyu sosyal medya platformlarında paylaşabilirsiniz. Linkini de bölüm web sitesine veya sosyal medya hesaplarına ulaştırmanız, değerlendirme notu verilmesi açısından araştırma görevlilerinin işini kolaylaştırır.
4. Bölümün kalite komisyonundaki rapora ve stratejik planda etkinlikler sayfasına konulmak üzere 1 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)



#### 6 Deney Sonu Soruları

---

1. Ürettiğiniz UnUn devresinin ideal bir 49:1 transformatöre kıyasla kayıpları (insertion loss) nelerden kaynaklanıyor olabilir?
2. Saha uygulamasında ölçülen SWR değeri laboratuvardakinden farklı çıkarsa bunun temel nedenleri neler olabilir?
3. Kullandığınız FT-240-43 ferrit nüvesinin malzeme özellikleri (permeabilite, frekans cevabı vb.) neden HF bandı için uygundur?
4. VNA ile ölçtüğünüz SWR/S11 sonuçlarına göre ürettiğiniz UnUn'un 14–14.35 MHz bandındaki uyum başarımını (anten bağlı ve anten bağlı değilken) yorumlayınız.