

Anten Birleştirici ve Bölücüler



Baris DINC
TA7W / OH2UDS
Ekim 2021

Hikaye

“Uzun zamandır nasıl yaparım da çatıdaki YAGI antenlerimi birleştirebilirim, hatta yeni YAGI’ler eklerim de antenlerimin performansını artırırım?” diye araştırma yapıyordum. Bir anten birleştiricisi (antenna combiner) yapmam gerekiyordu ama o kadar değişik yazılar okumuştum ki kafam karmakarışık olmuştu; yok efendim antenlerin empedansı şu ise, yok efendim şu kabloyu kullanıyorsak, **90** derece faz kaydıracak isek şöyle olacak...vesaire, vesaire... Bu projem öyle aklımın bir köşesinde durup duruyordu, bir türlü de gidip malzeme alıp başlayamamıştım.



AMAÇ

- İki antenimizi nasıl birleştiririz
- Dört anten birleştirilir mi ?
- İki tane PA (güçlendirici) birleştirilir mi ?
- Bir anten iki telsize bağlanır mı ?
- Bir telsiz iki antene bağlanır mı ?
- Kablo imal edebilir miyim ?
- ...

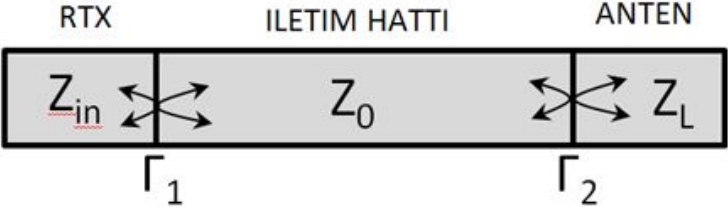
TA2T



Amaç: Elimizde 2 (veya 4) tane birbirine özdeş anten var. Örneğin 2 tane 14dBi kazançlı nefis YAGI antenlerimiz var, biz bunları birleştirip aynı yöne doğrultup birkaç desibellik daha kazanç elde etmek istiyoruz. Bu durumda bir anten birleştirici kullanmamız gerekeceği kaçınılmaz, direkt birbirine bağlasak olmaz... Ne yapmalı o zaman?



Problem: Telsiz veya alıcımızın anten çıkış empedansı **50 Ohm**'dur, normal şartlar altında **50 Ohm** iletim hattı ve **50 Ohm** anten kullanırız. Böylece hiçbir geçiş noktası arasında empedans farkı olmadığı için geri yansıma da olmaz.

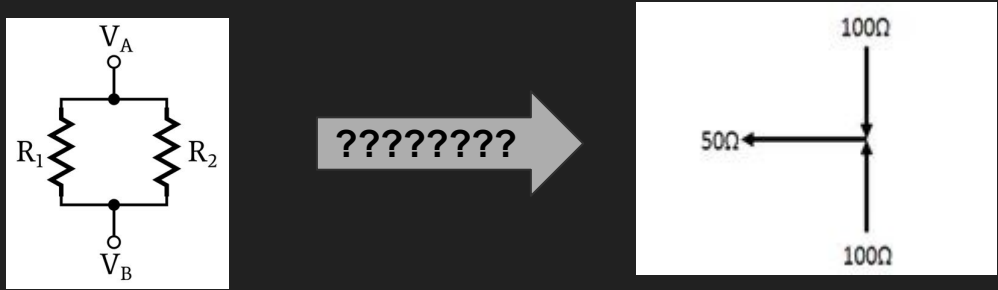


$$\Gamma_1 = \frac{Z_{in} - Z_0}{Z_{in} + Z_0} = 0$$

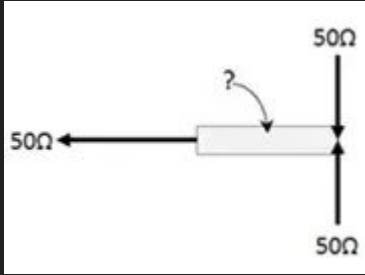
$$\Gamma_2 = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = 0$$

$$\begin{aligned} Z_{in} &= 50\Omega \\ Z_0 &= 50\Omega \\ Z_L &= 50\Omega \end{aligned}$$

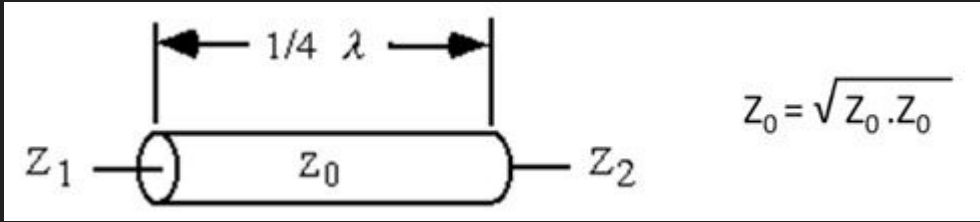
Eğer antenlerimiz **50 Ohm** değil de **100 Ohm** olsaydı, işimiz çok kolay olacaktı. Bunları bir konnektörde birleştirerek paralel hale getirecek olsaydık; **100 Ohm** ile **100 Ohm** paralel direnç, eşdeğer direncimiz **50 Ohm**, direk **50 Ohm** iletim hattı ile sistemimize bağlayabilirdik.



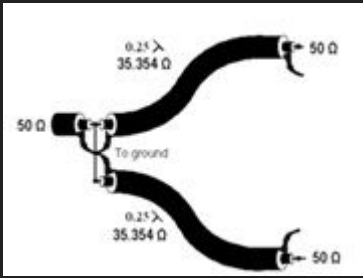
Ama ne yazık ki bizim antenlerimiz **100 Ohm** değil, **50 Ohm**, paralel bağlarsak **25 Ohm** olur. O zaman **25 Ohm**'u **50 Ohm**'a uyumlaştıran bir ara bağlantı elemanı kullanmalıyız. Buna çeyrek dalga empedans uyumlama transformatörü (lambda/4 impedance matching transformer) deniliyor.



Çözüm: Burada yükümüz **2** tane özdeş **50** Ohm anten ve bunlardan aynı uzunlukta iletim hattı (koaksiyel)'den oluşmaktadır. Yani cihazımız **50** Ohm, iletim hattımız **50** Ohm, antenimiz **2** tane paralel **50** Ohm, kısacası **25** Ohm. Uyumlama yapmamız gereken nokta iletim hattımız ile antenlerin birleşim noktasıdır. Bu iş için kullanacağımız formül ise şu şekilde;



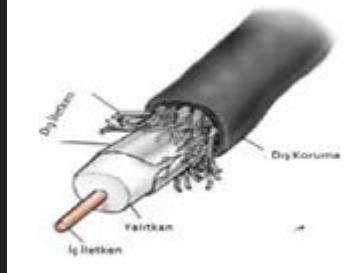
Bu hesabı yapacak olursak arada kullanmamız gereken çeyrek dalga uyumlayıcının empedansını **35.355** Ohm olarak hesaplarız. Aslında elimizde bu empedansta kablomuz var olsa işimiz çok kolay; bu kablonun bir ucuna telsizden gelen **50** Ohm iletim hattını karşılayacak bir konnektör bağlarız, diğer ucuna ise antenlerimizden gelen iletim hatlarını bağlayacağımız birbirine paralel iki konnektör lehimleriz, bu da tüm problemimizi çözmüş olur. Ama ne yazık ki böyle bir kablo bulmak kolay değil, problemimizin karmaşıklığına göre bazen ihtiyacımız çok değişik değerlerdeki empedanslara sahip kablolar olabilir, üstelik kablo kullanmamız durumunda bir de velosite faktörü gibi bir değişken daha işin içine girecek ve bizi iyice zorlayacak.



Gelin Şimdi de istediğimiz empedansta iletim hattı yapalım

İletim hattı, örneğin koaksiyel kablo, temel olarak içinden bir parça iletken geöen, dışını işe biz başka iletkenin öepeöevre kapladığı bir yapıdır.

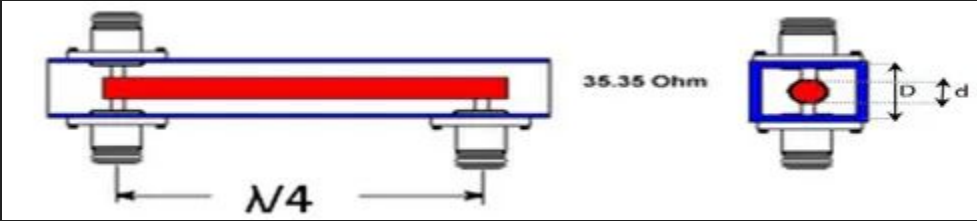
Fabrikasyon üretimlerde bu iki iletken birbirine dokunmasın diye, dielektik iletkenliği Er ile gösterebileceğimiz, bir köpük ya da yalıtkan ile birbirinden eşit mesafede tutulurlar. Çünkü bu mesafe ve kullanılan malzeme kablonun empedansını direkt olarak belirleyen etkenlerdir.



Peki ama biz nasıl bir koaksiyel kablo yapacağız ?

Öncelikle problemi basitleştirelim, dielektrik katsayısı belirli bir malzeme aramak yerine boşluk/hava kullanalım, çünkü biliyoruz ki havanın dielektrik sabiti **1**.

Bu durumda yukarıdaki koaksiyel kablomuzun yerine iç içe geçmiş iki tane boru kullanabiliriz, hatta işimizi kolaylaştırmak ve uçlarına konnektör monte edebilmeyi kolaylaştırabilmek için dışardaki kısmını yuvarlak değil de kare alüminyum profilden içindeki iletkeni ise bakır borudan yapalım.



$$Z_0 = 1,38.\log(1,08.D/d)$$

~1.0 dielektrik sabiti

İhtiyacımız olan empedans değeri **35.354 Ohm**, buna göre piyasadan bulabileceğimiz “D” ve “d” değerlerini hesaplayacak olursak, piyasada bulunabilecek birkaç değer için aşağıdaki gibi bir tablo yapabiliriz;

Kare Profil (mm)	D (mm)	D (mm)	Z (Ω)
30x2	26	15,5	35,6
29,5x2.4	24,7	15	34,4
23,5x1,5	20,5	12	36,6
19,5x1,5	16,5	10	34,6
30x2	26	15	37,5

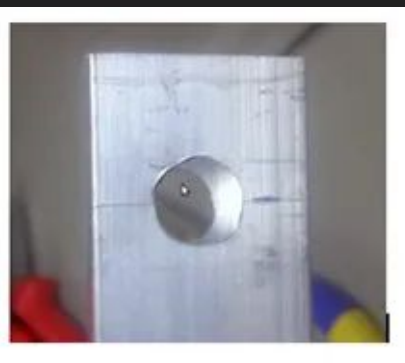
Elimizdeki malzeme çeyrek dalga boyunda olacağına göre şimdi bir de uzunluğumuzu hesaplamamız gerekiyor, biz şimdi bunu

VHF’de uydu çalışmak için yapıyoruz, öyleyse merkez frekansımızı **145.900** MHz. olarak seçelim;

$\lambda = \text{Işık Hızı (C)} / \text{Frekans (F)} = 300000000 / 145900000 = \mathbf{2,056}$

$\lambda / 4 = 51,4 \text{ cm} = \mathbf{514 \text{ mm}}$

Takacağımız konnektörlerin birbirlerine mesafesi **51,4** cm olmalıdır. Dışardaki alüminyum üzerine konnektörlerimizi ve su girmesin diye takacağımız plastik tıpaları da hesaba katarak profilimizi **54** cm keselim. Bakınız aşağıdaki resim 😊



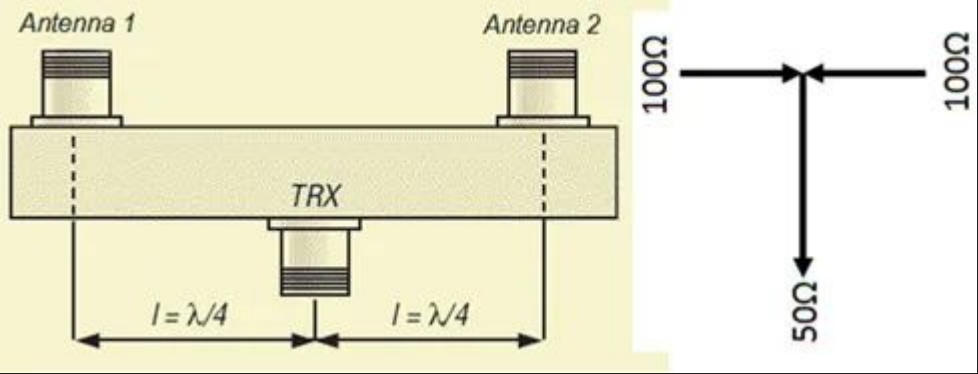
Nasıl test edebiliriz?

Amacımız **2** tane **50 Ohm** anteni bu yaptığımız uyumlayıcıya bağlayarak bunu telsizimize bağlamak, ve telsiz tarafından sisteme bakıldığında geri dönen sinyal (duran dalga, SWR) görmemek. Öyle ise aşağıdaki gibi bir test ile başlayabiliriz, telsizimizi girişe takıyoruz, çıkışlara ise **50 Ohm** luk suni yükler takıyoruz (benim elimde **1** tane küçük **1** tane büyük suni yük olduğu için, küçük olanı direkt konnektöre taktım, büyük olana ise sarı koaksiyel kablo -**50 Ohm**- ile bağlantı yaptım, ideal deney ortamı iki özdeş minik suni yük ile deney yapmak olurdu).

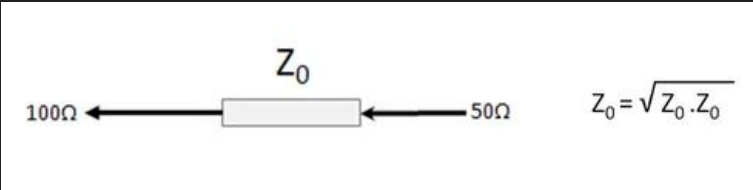


Başka nasıl olabilirdi?

Anlattığım empedans uyumlama çalışması temel olarak **50** ile **25** Ohm arasında uyumlama yapan çeyrek dalga boyundaki **35.45** Ohm'luk empedans uyumlayıcıydı. Aslında aynı problemi farklı şekilde de çözebilirdik. Örnek olarak aşağıdaki çizime bir göz atalım;



Bu çizimde telsiz iletim hattına giden noktayı düşünecek olursak, bu noktada sağlı sollu iki ayrı empedansı paralel yapıp **50** Ohm elde etmemiz gerekiyor. Öyle ise basit bir direnç hesabı ile, soldaki direncin **100** Ohm, sağdaki direncin (empedansın) da **100** Ohm olması durumunda bileşkeleri tam konnektör üzerinde **50** Ohm olacaktı. O zaman problemimiz, ucundan bakıldığında **100** Ohm olarak görünen, diğer ucunda ise **50** Ohm empedans olan **2** tane çeyrek dalga empedans uyumlayıcı yapmak. Formüllerimiz madem aynı, hesaplayalım öyleyse;



SONUÇ
70,7 OHM

NEREDE KULLANABİLİRİZ ?

