



**SAKARYA**  
UNIVERSITY

**Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER**

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk



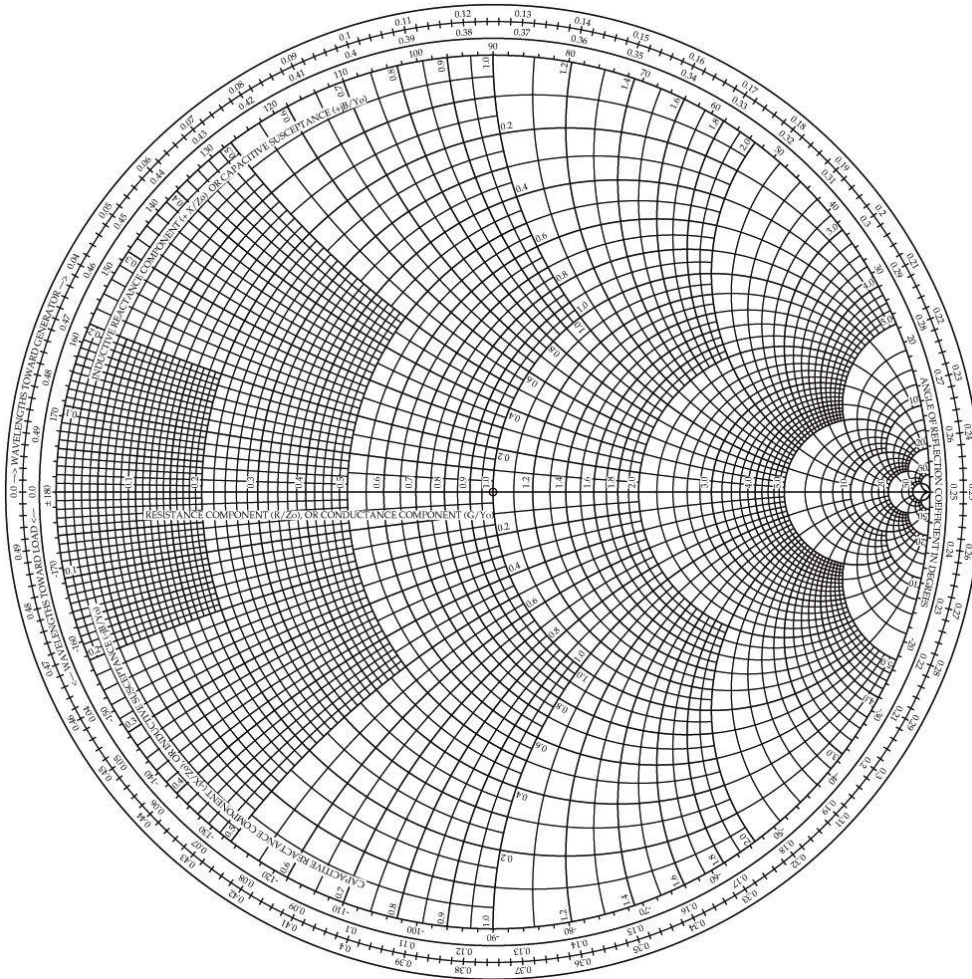
**6. Smith Chart (Smith Grafiği)**

# Smith Grafiği

- Smith Grafiği 1939'da P. Smith tarafından geliştirilen ve iletim hatlarının çözümünde son derece önemli ve pratik bir grafiksel yardımcıdır.
- Günümüzde elle çözüm yöntemlerine kıyasla çok daha kapsamlı ve hızlı çözüm olanakları saylayan bilgisayar destekli benzetim programları bulunmaktadır.
- Ayrıntılı sayısal hesap süreçlerine ihtiyaç duyulmadan görsel analiz imkanı sunan Smith grafiği bu benzetim programları ve network analizör gibi laboratuvar cihazlarının da bir parçasıdır.



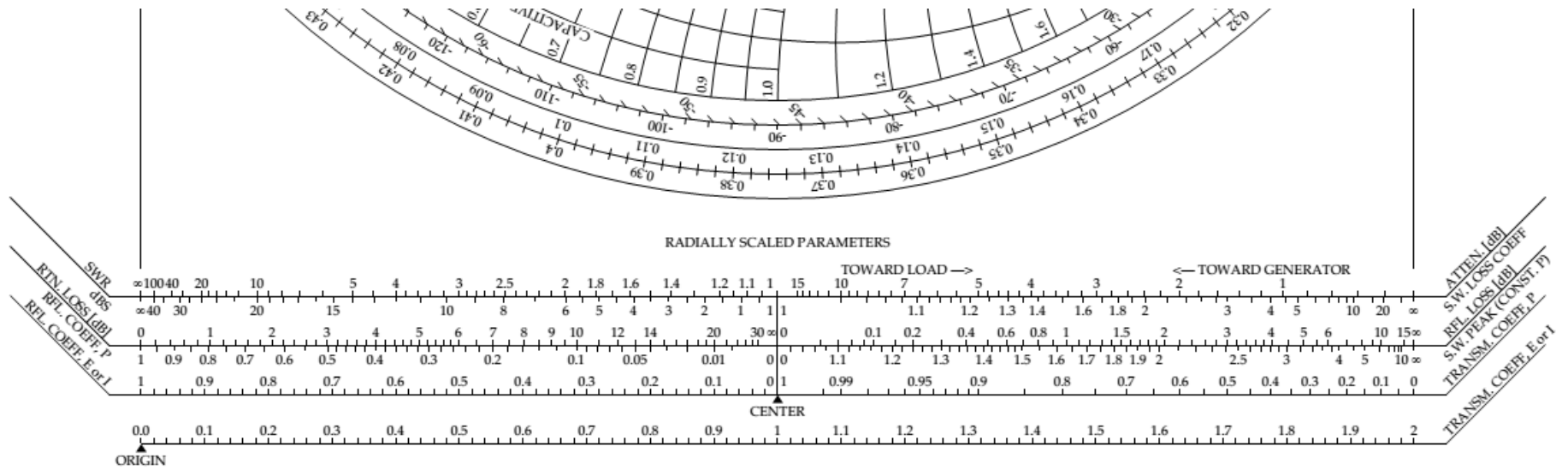
# Smith Grafiği



Smith Grafiği



# Smith Grafiği



## Smith grafiği ölçeği



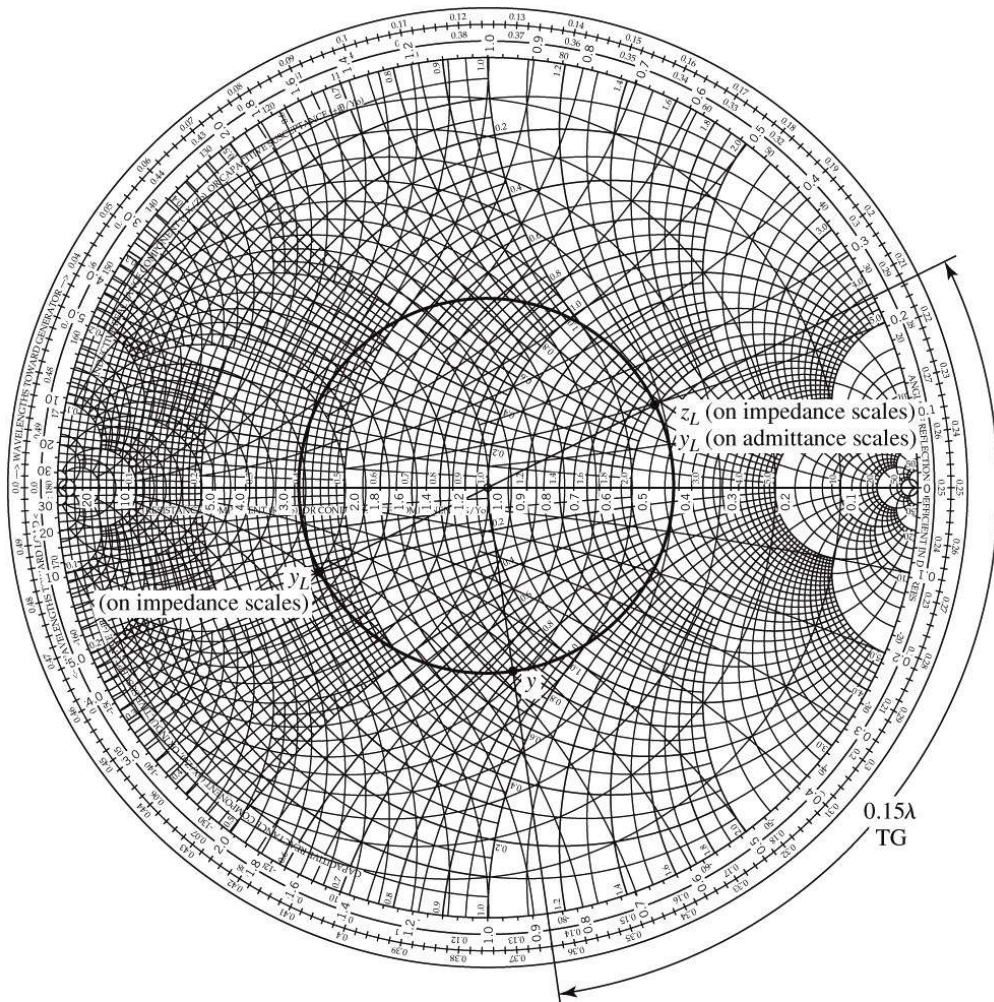
# Smith Grafiği

- Smith Grafiği kullanılarak Sürekli Hal koşulları altında iletim hatlarına ilişkin önemli parametereler hesaplamaya ihtiyaç olmaksızın grafiksel metotla belirlenebilir.
- Smith Grafiği kullanılarak aşağıdaki iletim hattı parametreleri üzerinde çalışılabilir:
  - Yansımakatsayısı ( $\Gamma$ )
  - İletim katsayısı (T)
  - Empedanslar ( $Z_L, Z_{in}, \dots$ )
  - Admitanslar ( $Y_L, Y_{in}, \dots$ )
  - Dalga boyu cinsinden kaynağa ya da yüke olan uzaklıklar
  - VSWR (dB ya da lineer)
  - $I_{min}, I_{max}$





# Smith Grafiği



**Empedans ve  
admitans eğrileri**

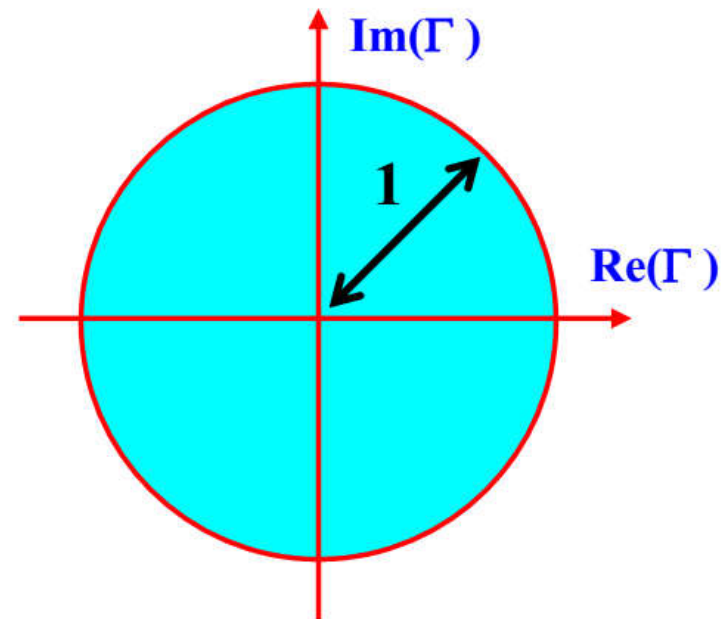


# Smith Grafiği - Yansımaya Katsayısı

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad z_L = \frac{Z_L}{Z_0}$$

$$\Gamma = \frac{z_L - 1}{z_L + 1} = |\Gamma| e^{j\theta}$$

- $Z_L = \infty \rightarrow \Gamma = 1$
- $Z_L = 0 \rightarrow \Gamma = -1$
- $-1 \leq \Gamma \leq 1$



Kutupsal düzlemde yansımaya katsayısı



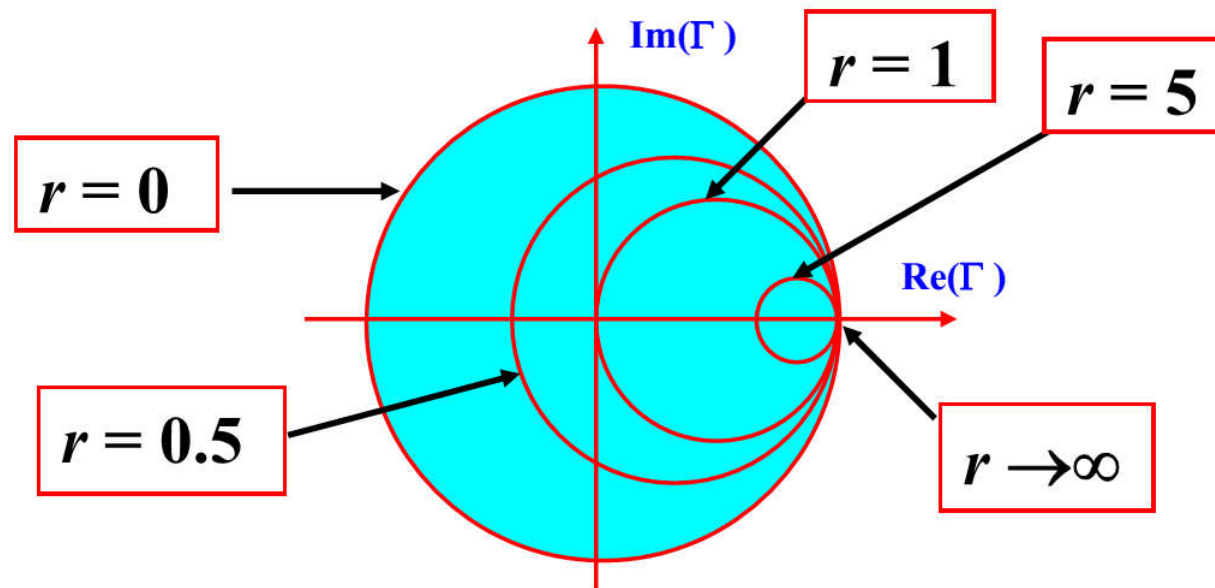
## Smith Grafiği - Yansım Katsayısı

- $Z_L = Z_0$  (Karakteristik empedans ile sonlandırma):  $\Gamma = 0$   
Yansım katsayısı sıfırdır. Verilen gücün tamamı yüke aktarılır.
- $Z_L = 0$  (Kısa devre durumu):  $\Gamma = -1$   
Yansım katsayısı -1 değerindedir. Gönderilen işaret zıt fazlı olarak kaynağa geri döner.
- $Z_L = \infty$  (Açık devre durumu):  $\Gamma = 1$   
Yansım katsayısı +1 değerindedir. Gönderilen işaret eş fazlı olarak kaynağa geri döner.
- $Z_L \neq Z_0$  (Farklı bir empedans ile sonlandırma):  $-1 < \Gamma < 1$   
Yansım katsayısının genliği -1 ile +1 aralığındadır. Z yükü kompleks sayı olabileceğinden yansıtma katsayısı da kompleks olabilir.



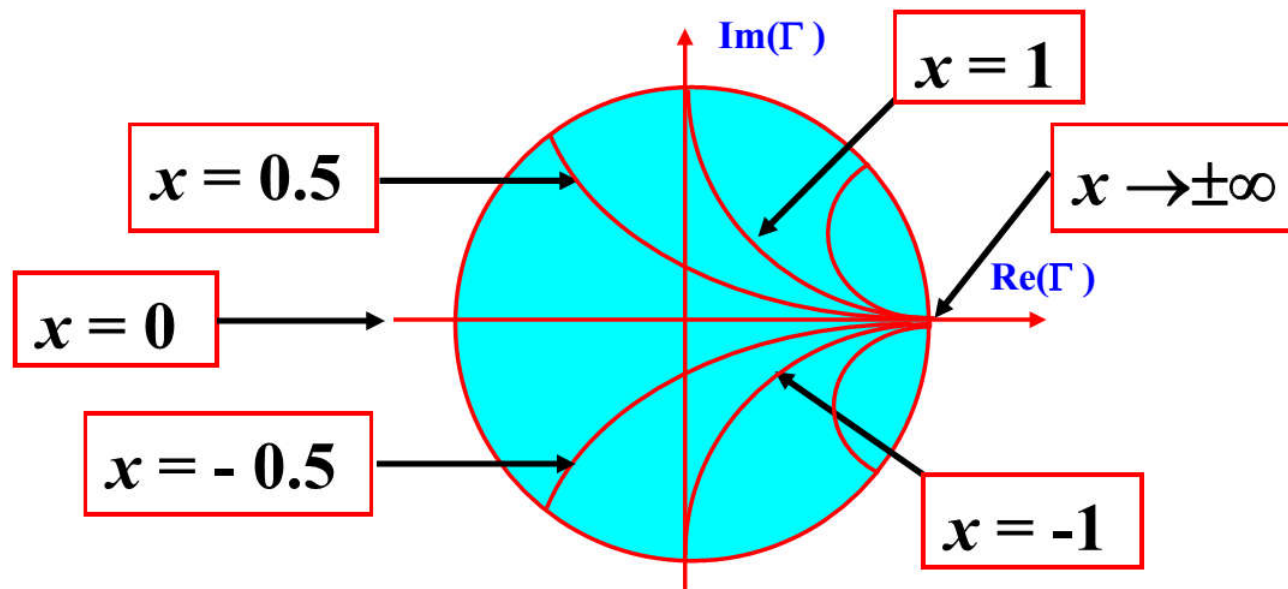


# Smith Grafiği – Empedans Gerçek Bileşeni



Sabit yarıçaplı gerçek kısım çemberleri

# Smith Grafiği – Empedans Sanal Bileşeni



Sanal kısım eğrileri.

# Smith Grafiği – Empedans → Yansım

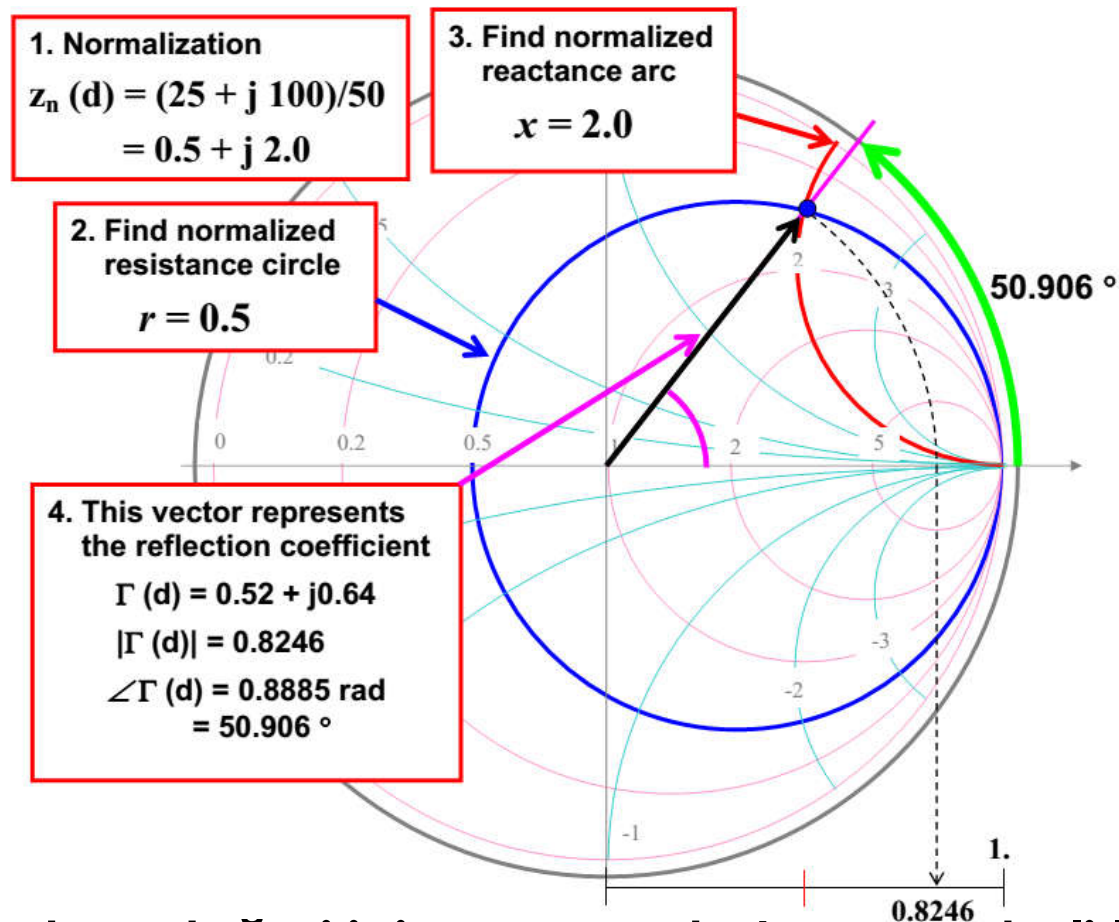
11

## Katsayısı

- Verilen empedans değerinden yansım katsayısının belirlenmesi:
  1. Empedansın normalize edilmesi,
  2. Gerçel bileşene karşılık gelen çemberin belirlenmesi,
  3. Sanal bileşene karşılık gelen yayın belirlenmesi,
  4. İki eğrinin kesişim noktasından empedansın gösteriminin belirlenmesi, bu nokta aynı zamanda kutupsal gösterimde yansım katsayısının gerçel ve sanal bileşenlerine karşılık gelir.



# Empedans → Yansım Katsayısı – Örnek 1



Verilen empedans değeri için yansım katsayısının belirlenmesi



## → Empedans

- Verilen yansımaya katsayısı değerinden empedansın belirlenmesi:
  1. Verilen yansımaya katsayısı için kutupsal gösterimde ifadenin ve karşılık gelen noktanın belirlenmesi,
  2. Çizimdeki noktaya karşılık gelen normalize empedans değeri için gerçel bileşen ( $r$ ) ve sanal bileşenin ( $x$ ) belirlenmesi,
  3. Normalize empedans karakteristik empedans ile çarpılarak gerçek empedansın bulunması



## Katsayısı $\rightarrow$ Admitans

- Verilen empedans (ya da yansım katsayısı) değerinden admitansın belirlenmesi:
  1. Normalize empedansın (ya da yansım katsayısının kutupsal gösterimde) Smith grafiği üzerinde belirlenmesi,
  2. Smith grafiğinin merkezini merkez ve bu noktayı yay üzerinde kabul eden çemberin çizilmesi,
  3. Bu noktanın çember merkezine göre simetriğinde yer alan noktanın normalize admitans olarak belirlenmesi,
  4. Gerçek admitansın bu değer karakteristik empedansa bölünerek belirlenmesi

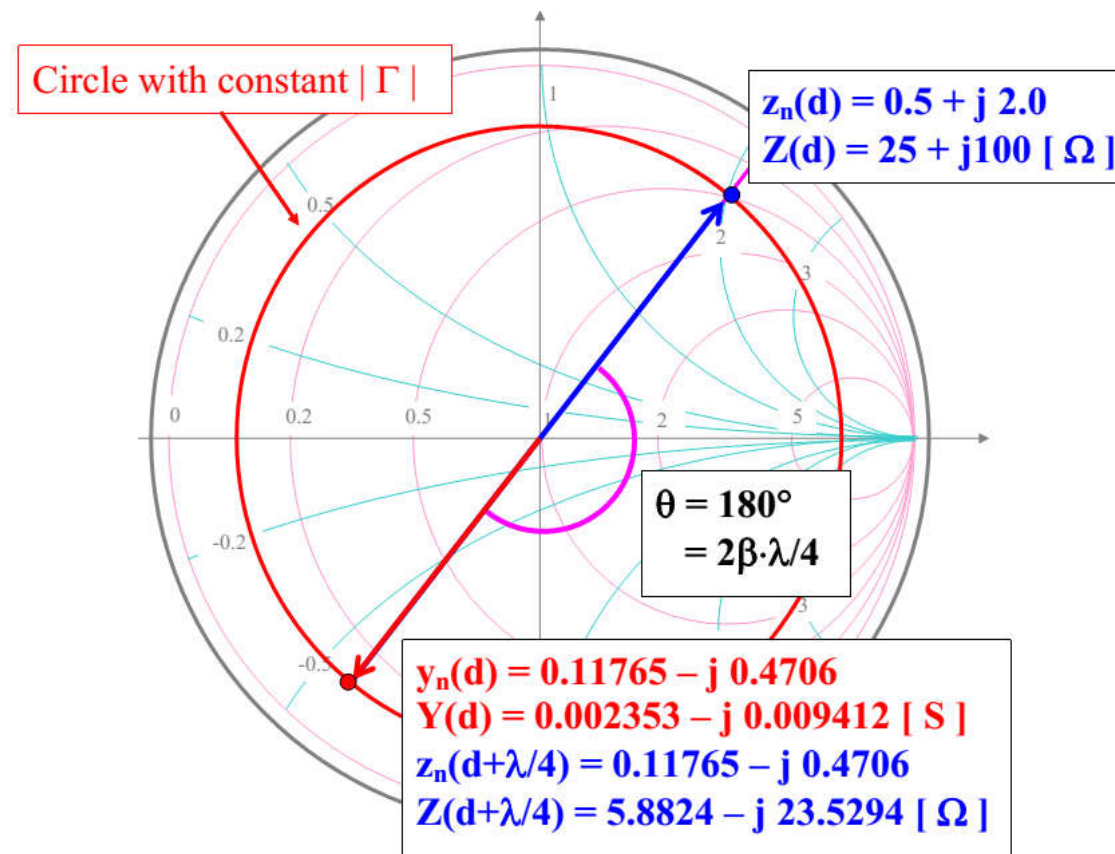




# Smith Grafiği – Empedans ya da Yansırma

15

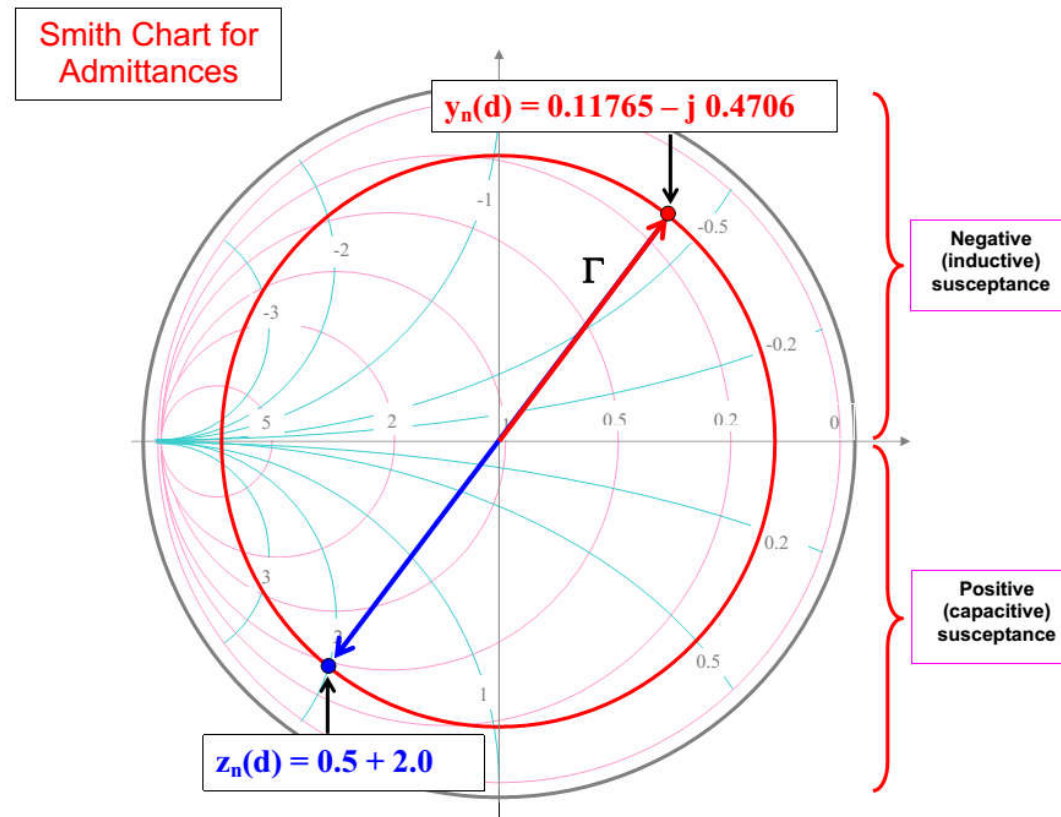
## Katsayısı $\rightarrow$ Admitans – Örnek 2



Verilen empedans değeri için admitansın belirlenmesi



## Örnek 2



Verilen empedans değeri için admitansın belirlenmesi



## Gösterimleri

- Empedans ve admitanslar Smith grafiğinin karşı taraflarında gösterildiğinden, sanal bileşenler her zaman ters işarete sahiptir.
- Bu nedenle pozitif (endüktif) bir reaktans negatif (endüktif) bir suseptansa; negatif (kapasitif) bir reaktans pozitif (kapasitif) bir suseptansa karşılık gelir.



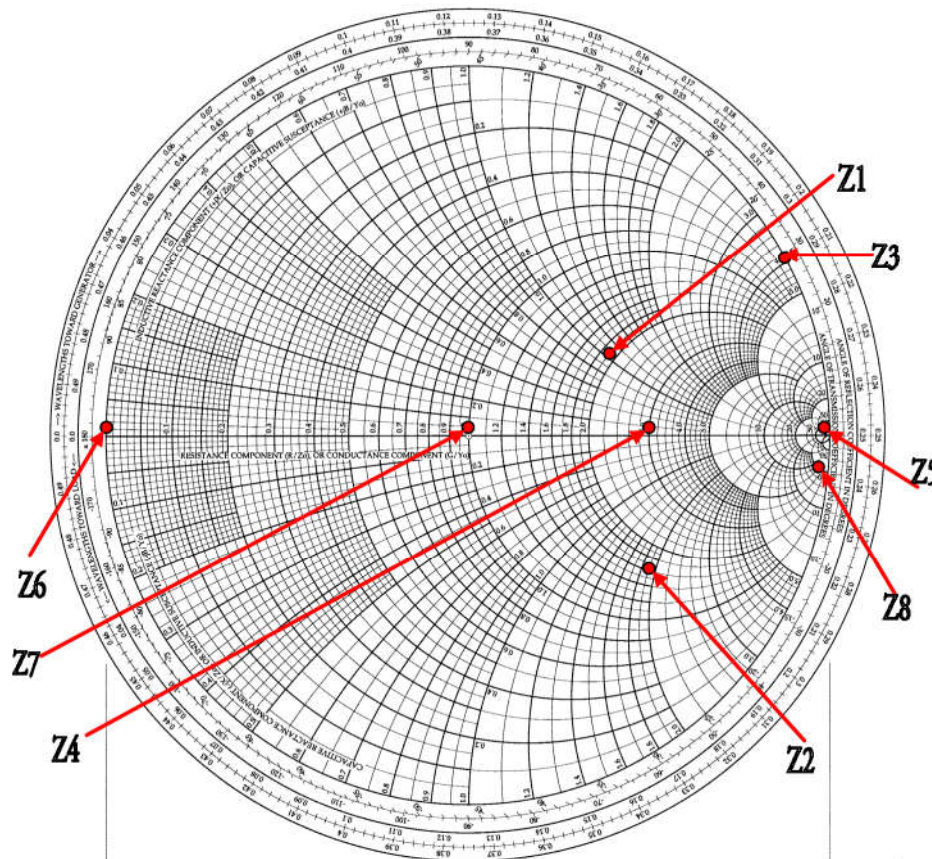
## Örneği 3

- Karakteristik empedans  $Z_0 = 50 \Omega$  olmak üzere aşağıda verilen empedans değerlerini Smith Grafiği üzerinde çiziniz:
- $Z_1 = 100 + j50 \Omega$
- $Z_2 = 75 - j100 \Omega$
- $Z_3 = j200 \Omega$
- $Z_4 = 150 \Omega$
- $Z_5 = \infty$
- $Z_6 = 0$
- $Z_7 = 50 \Omega$
- $Z_8 = 184 - j900 \Omega$



# Smith Grafiği Empedans Hesaplama -

## Örneği 3



Normalize empedanslar elde edilerek:

$$z_1 = 2 + j \Omega$$

$$z_2 = 1.5 - j2 \Omega$$

$$z_3 = j4 \Omega$$

$$z_4 = 3 \Omega$$

$$z_5 = \infty$$

$$z_6 = 0$$

$$z_7 = 1 \Omega$$

$$z_8 = 3.68 - j18 \Omega$$



## Örneği 3

- Bu noktaların yansımaya katsayıları aşağıdaki gibi elde edilir:
- $\Gamma_1 = 0.4 + j0.2 \Omega$
- $\Gamma_2 = 0.51 + j0.4 \Omega$
- $\Gamma_3 = 0.875 + j0.48 \Omega$
- $\Gamma_4 = 0.5 \Omega$
- $\Gamma_5 = 1 \Omega$
- $\Gamma_6 = -1 \Omega$
- $\Gamma_7 = 0 \Omega$
- $\Gamma_8 = 0.96 - j0.1 \Omega$





# Smith Grafiği Kullanarak Hesaplama -

## Örneği 4

- Smith grafiği kullanarak aşağıdaki parametrelere sahip iletim hattı için yükteki yansımaya katsayısı, girişteki yansımaya katsayısı, giriş empedansı, duran dalga oranı ve geri dönüş kaybını değerlerini hesaplayınız:
- Yük Empedansı:  $40 + j70 \, \Omega$
- Hat uzunluğu:  $0.3\lambda$
- Karakteristik empedans:  $100 \, \Omega$



# Smith Grafiği Kullanarak Hesaplama -

## Örneği 4

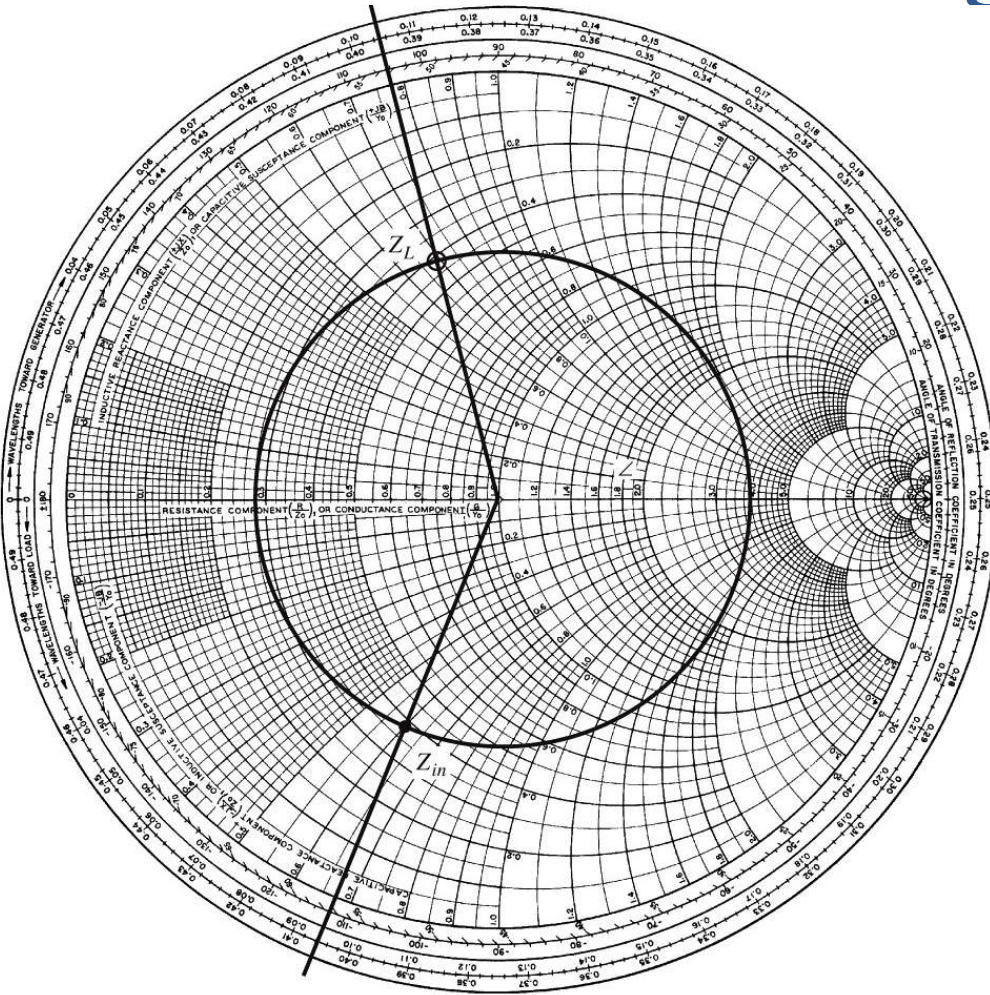
Normalize empedans:

$$z_L = 0.4 + j0.7 \Omega$$

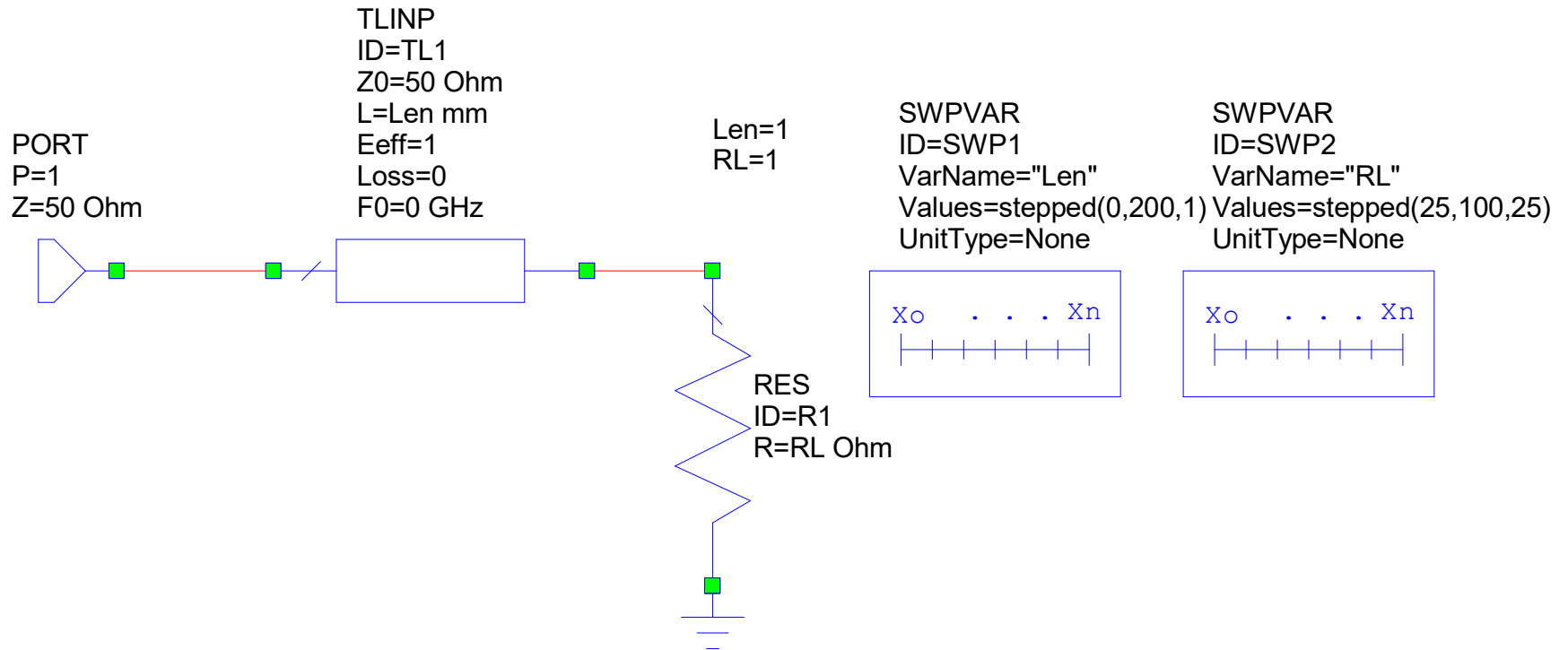
ve aşağıdaki parametre değerleri elde edilir.

$$|\Gamma| = 0.59, \text{SWR} = 3.87, \text{RL} = 4.6 \text{ dB}$$

Yük empedansı için  $0.106\lambda$  okunur.  $0.3\lambda$  geri (kaynağa) doğru gidilmesi ile  $0.406$  elde edilir. Buradan,  $z_{in} = 0.365 - j0.611 \Omega$  ve  $Z_{in} = 36.5 - j61.1 \Omega$  Girişteki yansıma katsayısı için halen  $|\Gamma| = 0.59$  değerindedir. Ancak fazı  $248^\circ$  olarak belirlenir.



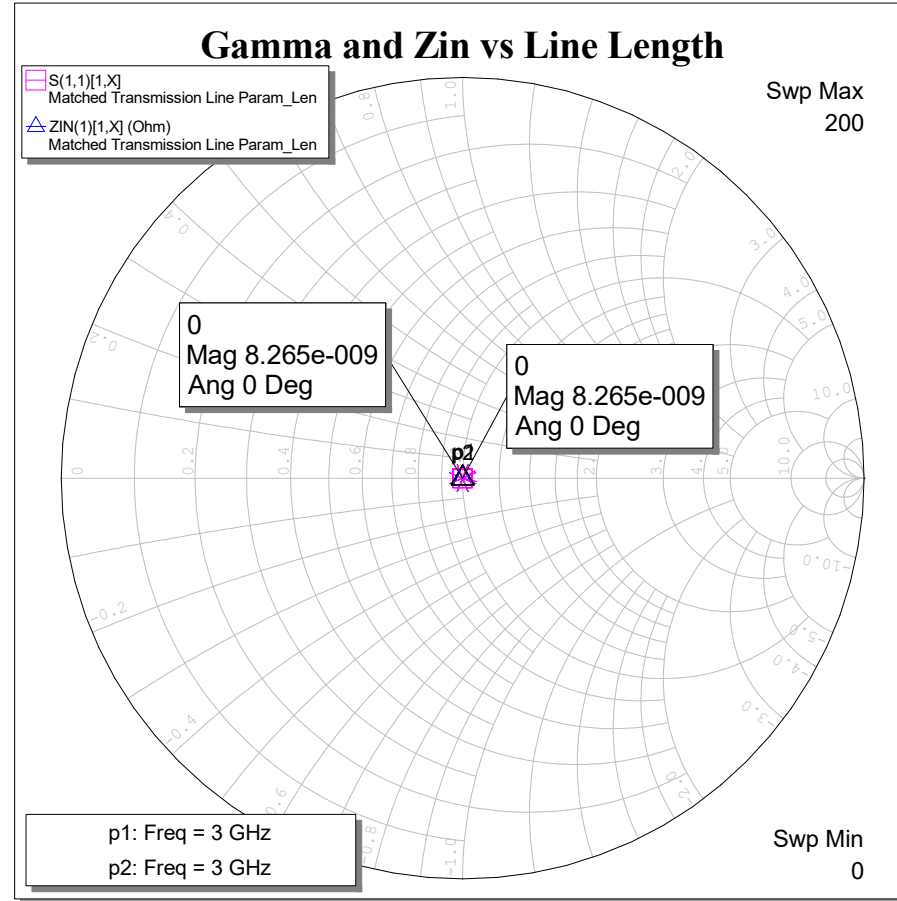
# İletim Hattının Sonlandırılması - Örnek 5



**Yük empedansı ve hat uzunluğunun iletim hattı karakteristiğine etkisi**



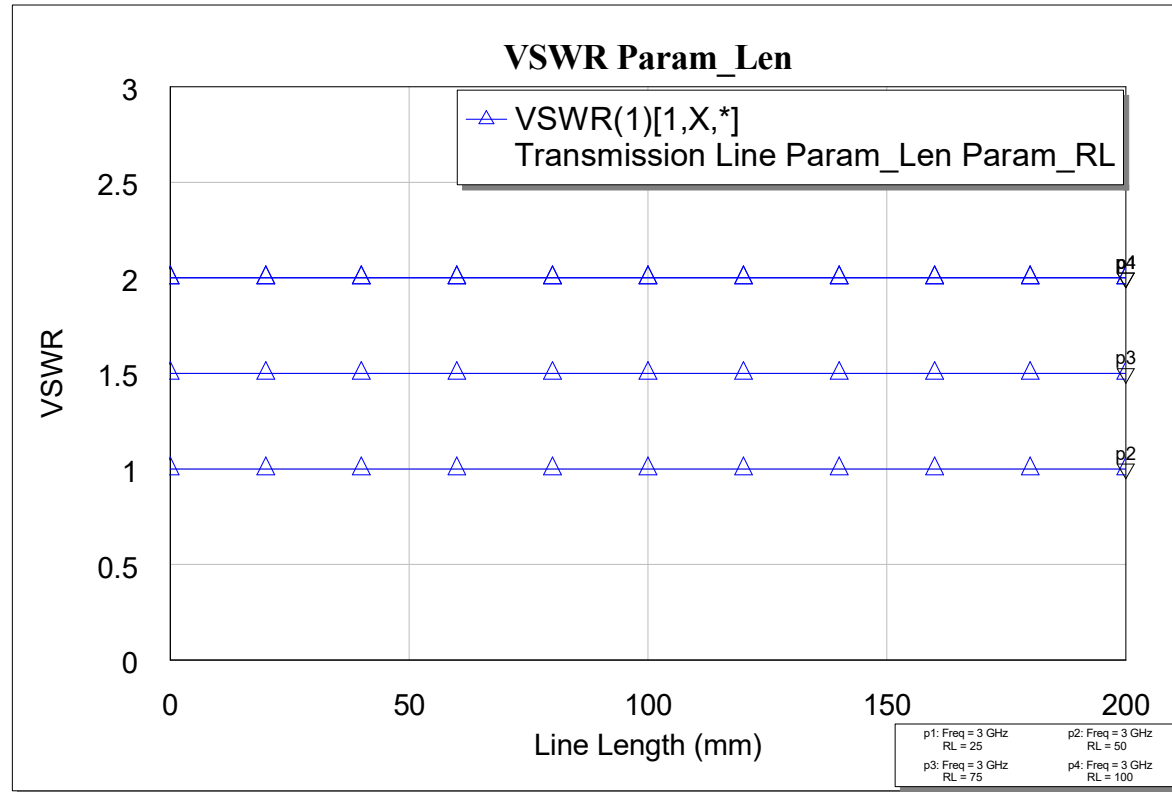
## İletim Hattı - Örnek 5



Karakteristik empedans ile eşleşmiş iletim hattı



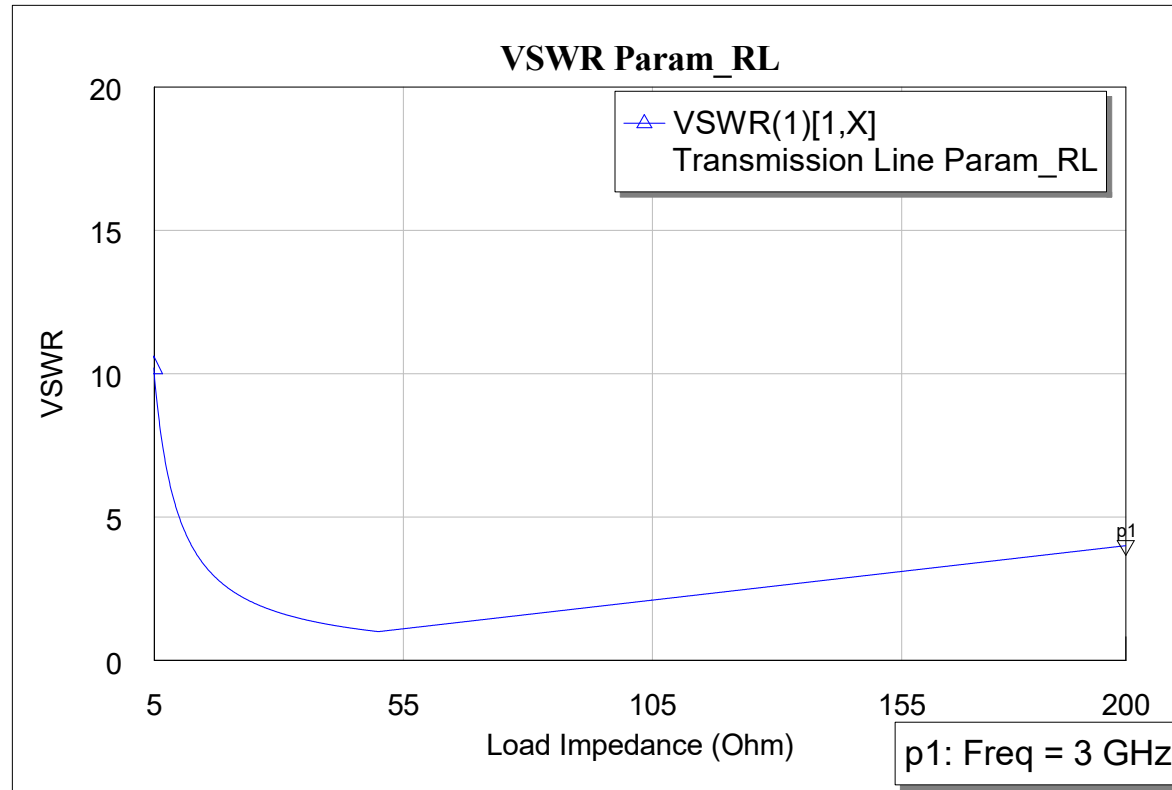
# İletim Hattının Sonlandırılması - Örnek 5



**Hat uzunluğunun duran dalga oranına etkisi**



# İletim Hattının Sonlandırılması - Örnek 5

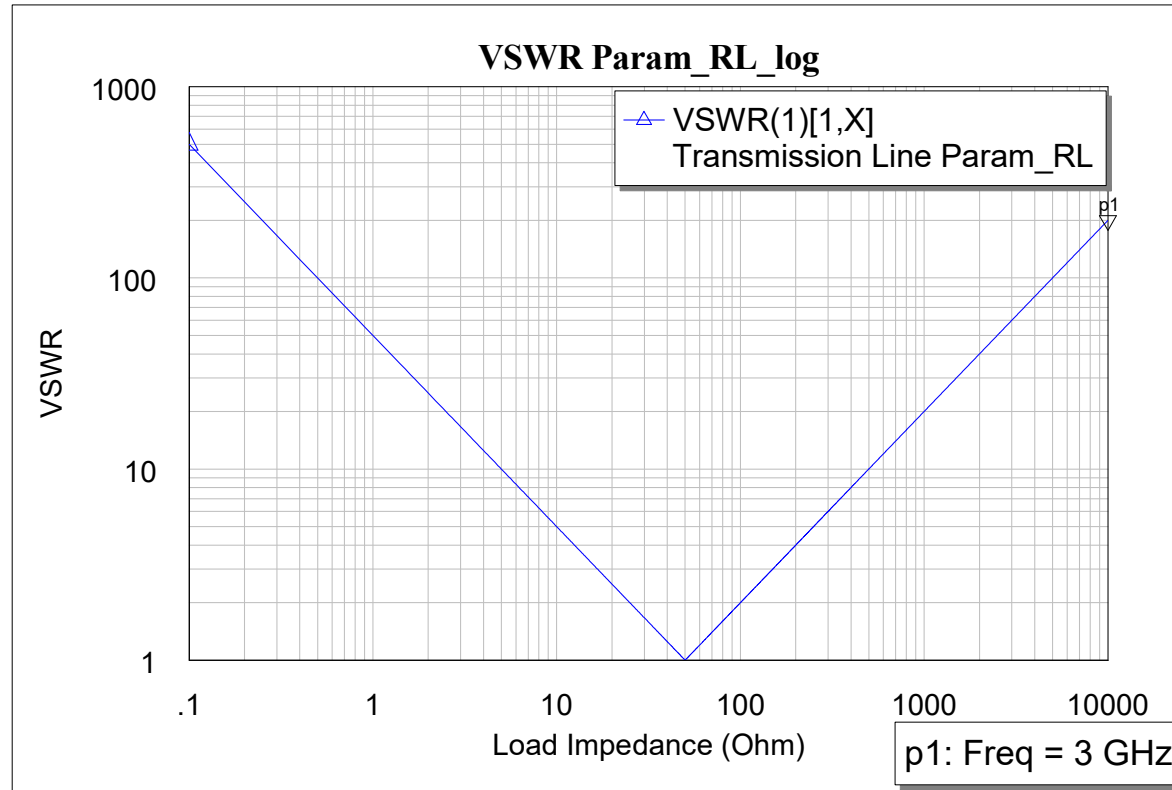


Yük empedansının duran dalga oranına etkisi





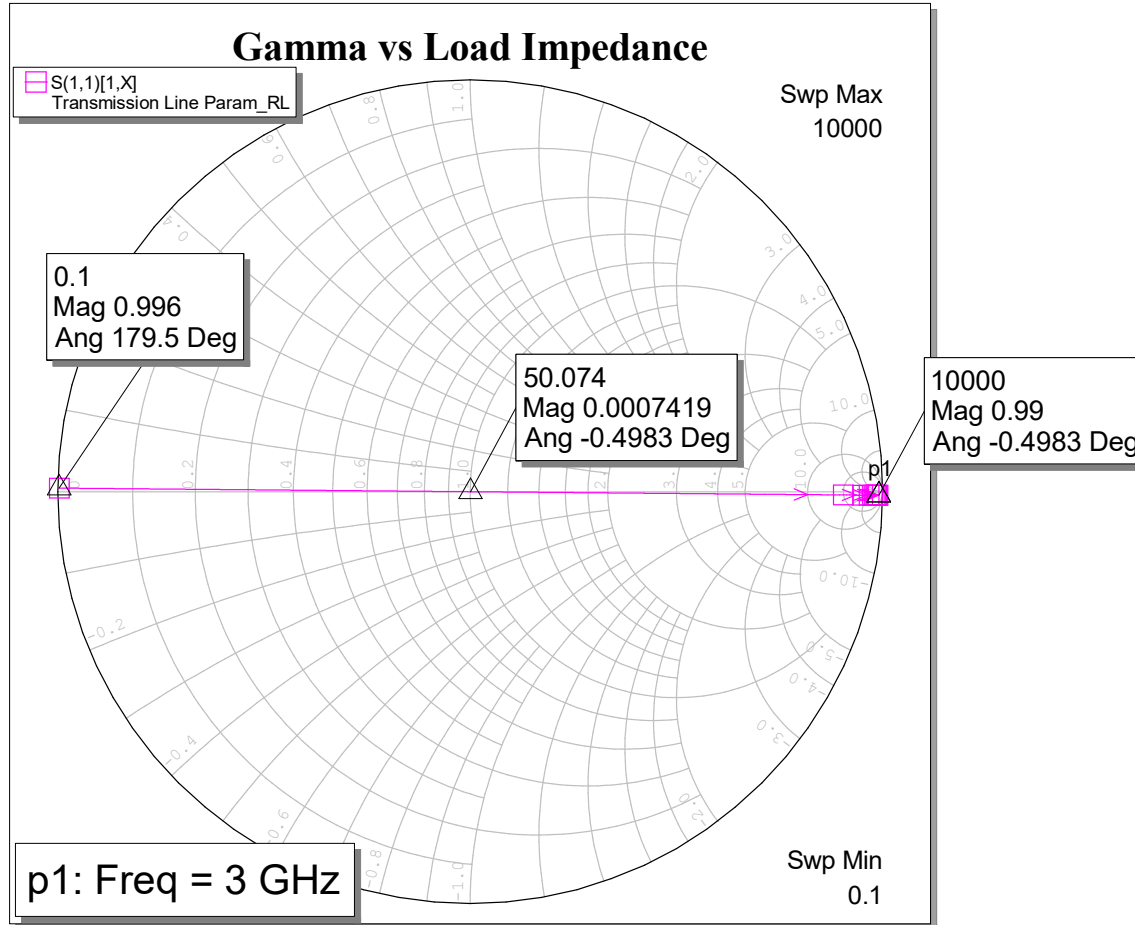
# İletim Hattının Sonlandırılması - Örnek 5



Yük empedansının duran dalga oranına etkisi



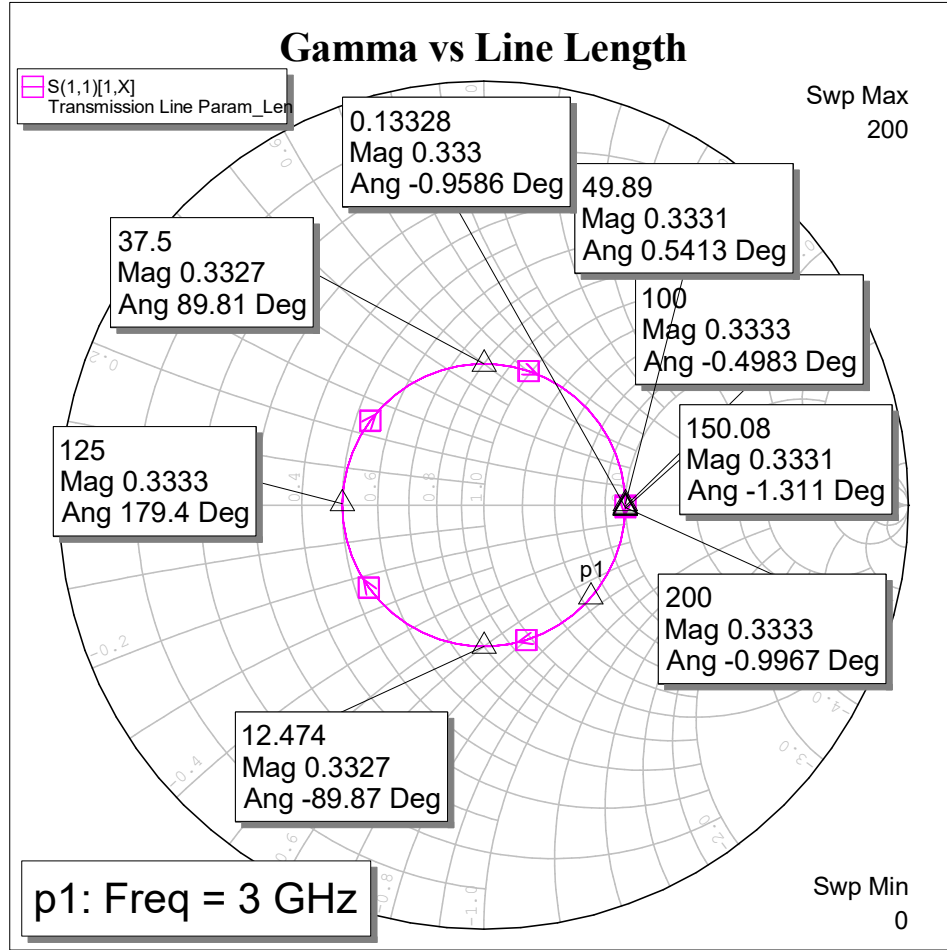
# İletim Hattının Sonlandırılması - Örnek 5



**Yük empedansının  
yansımaya katsayısına  
etkisi**



# İletim Hattının Sonlandırılması - Örnek 5



**Hat uzunluğunun  
yansımaya katsayısına  
etkisi**

