

## İKİ KAPILI DEVRELER VE İKİLİLİK ÖZELLİĞİ

### Hazırlık Çalışması

1. T ve  $\pi$  devreleri nedir? Bu devreler için en uygun devre parametreleri yöntemi hangisidir?
2. a) Giriş ve çıkış uçları (giriş-çıkış); seri-seri, paralel-paralel, seri-paralel ve paralel-seri bağlı iki devre için en uygun devre parametreleri yöntemleri hangileridir?  
b) İki devrenin devre parametreleri ayrı ayrı biliniyorsa; bu değerleri kullanarak, oluşan büyük devrenin parametreleri nasıl hesaplanır?
3. İkिलilik (karşılıklık, reciprocity) özelliği nedir ve nasıl belirlenir?

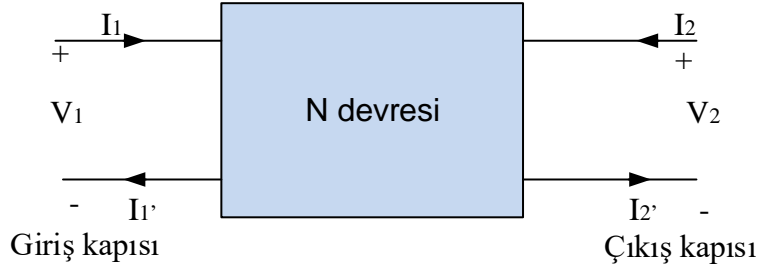
**NOT: Hazırlık çalışmalarını rapor halinde hazırlayarak (rapor kapağı ile birlikte) deneylere geliniz. Hazırlık raporu olmayanlar deneylere alınmayacaktır.**

### Deneyin Amacı

- İki kapılı devrelerde kullanılacak devre parametreleri türlerini öğrenmek.
- İki kapılı devrelerde y ve z parametrelerinin hesaplanması ve ölçülmesi
- Giriş ve çıkış uçları; seri-seri, paralel-paralel, seri-paralel ve paralel-seri bağlı birden fazla devre için en uygun devre parametreleri öğrenmek
- Bir devrenin ikililik (karşılıklık) özelliğini öğrenmek.

### GENEL BİLGİLER

İki kapılı (4-uçlu) devreler, giriş veya çıkış kapılarının bir ucundan giren ve aynı kapıların diğer ucundan çıkan akımların birbirine eşit olduğu devreler olarak tanımlanabilir. Örneğin, Şekil 1'deki iki kapılı devrede, giriş kapısı için  $I_1 = I_1'$  ve çıkış kapısı için  $I_2 = I_2'$  dir.



Şekil 1. İki kapılı devre gösterimi

Burada, doğrusal ve zamanla değişmeyen elemanlardan oluşan devreler ele alınacaktır. 2-kapılı N devresinin içinde bağımsız kaynakların olmadığı ve başlangıç koşullarının sıfır olduğu durumlar için devre parametreleri hesaplanabilmektedir ve s veya jw bölgelerinde formülize edilebilirler. Ayrıca ele alacağımız iki kapılı, daha büyük bir devrenin parçası ise; bu iki kapılı devre elemanlarının akım-gerilim değişkenleri ile, diğer bir parçadaki elemanların akım ve gerilimi arasında hiçbir kublaj veya bağımlı terim olmamalıdır.

İki kapılıyı tanımlayan değişkenler  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $I_1$  ve  $I_2$  dir. Bunlardan iki tanesi bağımlı diğer iki tanesi bağımsız değişken olarak tanımlanacaktır. Bağımsız 2 değişkenimizi ( $V_1, V_2$ ), ( $I_1, I_2$ ), ( $V_1, I_2$ ), ( $I_1, V_2$ ), ( $V_1, I_1$ ) ve ( $V_2, I_2$ ) olacak şekilde 6 farklı biçimde seçebiliriz. Bu seçime göre elde edilen parametre türleri Tablo1'de verildiği gibi tanımlanacaktır.

**Tablo 1:** İki Kapılı Devrelerde Parametre Modelleri

Devre Parametreleri	Bağımsız Değişkenler (Girişler)	Bağımlı Değişkenler (Çıkışlar)
Z Empedans	$I_1, I_2$	$V_1, V_2$
Y Admitans	$V_1, V_2$	$I_1, I_2$
Karışık g	$V_1, I_2$	$I_1, V_2$
Karışık h	$I_1, V_2$	$V_1, I_2$
Transmisyon	$V_2, I_2$	$V_1, I_1$
Ters Transmisyon	$V_1, I_1$	$V_2, I_2$

**Tablo 2:** İki Kapılı Devrelerde Parametre Tanımları

Parametre Türü	Tanımları
Z empedans parametreleri	$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix}$
Y admitans parametreleri	$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} \\ y_{21} & y_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix}$
Karışık h- parametreleri	$\begin{bmatrix} V_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ V_2 \end{bmatrix}$
Karışık g- parametreleri	$\begin{bmatrix} I_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} \\ g_{21} & g_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ I_2 \end{bmatrix}$
Zincir parametreleri	$\begin{bmatrix} V_1 \\ I_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_2 \\ -I_2 \end{bmatrix}$
Ters zincir parametreleri	$\begin{bmatrix} V_2 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ -I_1 \end{bmatrix}$

### Z Açık Devre Empedans Parametrelerinin Bulunması

İki kapılı gerilim tanımları

$$V_1 = Z_{11}I_1 + Z_{12}I_2$$

$$V_2 = Z_{21}I_1 + Z_{22}I_2$$

olarak verilmiştir.  $Z_{11}, Z_{12}, Z_{21}, Z_{22}$  parametreleri hesaplanırken aşağıdaki işlemler uygulanacaktır.

- $I_2=0$  alındığı durumda, yani çıkış kapısının iki ucu açık devre yapıldığında,  $Z_{11}$  ve  $Z_{21}$  parametreleri bulunacaktır.

$$V_1 = Z_{11}I_1 \rightarrow Z_{11} = \left. \frac{V_1}{I_1} \right|_{I_2=0} \quad : \text{Açık devre giriş empedans işlevi}$$

$$V_2 = Z_{21}I_1 \rightarrow Z_{21} = \left. \frac{V_2}{I_1} \right|_{I_2=0} \quad : \text{Açık devre ileri geçiş empedans işlevi}$$

2.  $I_1=0$  alındığı durumda  $Z_{12}$  , ve  $Z_{22}$  parametreleri bulunur.

$$V_1 = Z_{12}I_2 \rightarrow Z_{12} = \frac{V_1}{I_2} \Big|_{I_1=0} \quad : \text{Açık devre tersine empedans geçiş işlevi}$$

$$V_2 = Z_{22}I_2 \rightarrow Z_{22} = \frac{V_2}{I_2} \Big|_{I_1=0} \quad : \text{Açık devre çıkış empedans işlevi}$$

**Not 1:** 2-kapılı devrelerde bağımlı kaynak olmadığı durumda ve devre pasif RLCM elemanlarından oluşmuş ise  $Z_{12}=Z_{21}$  dir, yani bu devre ikililik özelliği gösterir.

**Not 2:** Girişlerden ve çıkışlardan seri bağlı devrelerin oluşturduğu yeni devrenin toplam empedansı, bağlanan bu devrelerin ayrı ayrı empedanslarının toplamıdır.  $Z_T=Z_1+Z_2+\dots$

### Y Kısa Devre Admitans Parametrelerinin Bulunması

İki kapılı devrenin tanımları

$$I_1 = y_{11}V_1 + y_{12}V_2$$

$$I_2 = y_{21}V_1 + y_{22}V_2$$

olarak verilmiştir.  $y_{11}$  ,  $y_{12}$  ,  $y_{21}$  ,  $y_{22}$  parametreleri hesaplanırken aşağıdaki işlemler uygulanacaktır.

1.  $V_2=0$  alındığında, yani çıkış kapısının iki ucu kısa devre yapıldığında  $y_{11}$  , ve  $y_{21}$  parametreleri bulunacaktır.

$$I_1 = y_{11}V_1 \Big|_{v_2=0} \rightarrow y_{11} = \frac{I_1}{V_1} \Big|_{v_2=0} \quad : \text{Kısa devre giriş admitans işlevi}$$

$$I_2 = y_{21}V_1 \Big|_{v_2=0} \rightarrow y_{21} = \frac{I_2}{V_1} \Big|_{v_2=0} \quad : \text{Kısa devre ileri geçiş admintans işlevi}$$

2.  $V_1=0$  alındığı durumda,  $y_{12}$  , ve  $y_{22}$  parametreleri bulunur.

$$I_1 = y_{12}V_2 \Big|_{v_1=0} \rightarrow y_{12} = \frac{I_1}{V_2} \Big|_{v_1=0} \quad : \text{Kısa devre tersine geçiş admintans işlevi}$$

$$I_2 = y_{22}V_2 \Big|_{v_1=0} \rightarrow y_{22} = \frac{I_2}{V_2} \Big|_{v_1=0} \quad : \text{Kısa devre çıkış admintans işlevi}$$

**Not 1:** 2-kapılı devrelerde bağımlı kaynak olmadığı durumda devre pasif RLCM parametrelerinden oluşmuş ise  $y_{12}=y_{21}$  olacaktır.

**Not 2:** Girişlerden ve çıkışlardan paralel bağlı devrelerin oluşturduğu yeni devrenin toplam admitansı, bağlanan bu devrelerin ayrı ayrı admitanslarının toplamıdır.  $Y_T=Y_1+Y_2+\dots$

### ÖN HAZIRLIK

- Şekil 2' deki devre için  $Z_1= 680\Omega$ ,  $Z_2=10k\Omega$  ve  $Z_3=4.7k\Omega$  olacak şekilde devrenin Z empedans parametrelerini deneye gelmeden önce bulunuz ve Tablo 1'de gerekli yerlere yazınız.
- Bu Z parametre matrisinin tersini alarak Y admitans matrisini bulunuz ve Tablo 2'de gerekli yerlere yazınız.
- Şekil 3' deki devre için  $Z_A=4.7k\Omega$ ,  $Z_B=10k\Omega$  ve  $Z_C=680\Omega$  olacak şekilde devrenin Y admitans parametrelerini deney öncesi bulunuz ve Tablo 3'de gerekli yerlere yazınız.

4. Bu Y parametre matrisinin tersini alarak Z empedans matrisini bulunuz ve Tablo 4’de gerekli yerlere yazınız.
5. Yukarıda bulduğunuz parametrelerden yararlanarak; Deney 2 ve Deney 3’ de hazırladığınız devreleri, girişlerinden ve çıkışlarından seri bağlı düşünerek, empedansın değerini  $Z_T=Z_1+Z_2$  bağıntısından hesaplayınız.
6. Girişlerinden ve çıkışlarından paralel bağlı düşünerek, admitansın değerini  $Y_T=Y_1+Y_2$  bağıntısından hesaplayınız.

## DENEYİN YAPILIŞI

### Deneyde Kullanılacak Elemanlar

- Devre modülü, İşaret üretici, 20 mA AC ve 20 V AC aralığında ölçme yapabilen iki ölçü aleti, Osiloskop, Bağlantı elemanları.
- 4 adet 4.7 k  $\Omega$  direnç
- 3 adet 680  $\Omega$  direnç
- 3 adet 10 k  $\Omega$  direnç

### DENEY 1.

1. Şekil 2’deki devreyi  $Z_1=680\Omega$ ,  $Z_2=10k\Omega$  ve  $Z_3=4.7k\Omega$  olacak şekilde kurunuz ve aşağıdaki adımları kullanarak devrenin Z empedans parametrelerini bulunuz ve bilgileri Tablo 1’de gerekli yerlere yazınız.

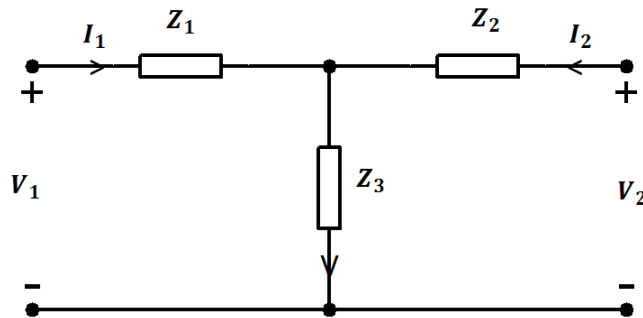
**Adım 1.**  $Z_{11}$  ve  $Z_{21}$  değerlerini bulmak için iki kapılının çıkış uçlarını açık devre yapınız ve giriş uçlarına  $V_1=1$  Volt değerinde gerilim kaynağı bağlayınız.

**Adım2.**  $I_1$  ve  $V_2$  değerlerini ölçünüz.  $Z_{11}=V_1/I_1$  ve  $Z_{21}=V_2/I_1$  değerlerini hesaplayınız.

**Adım 3.**  $Z_{22}$  ve  $Z_{12}$  yi hesaplamak için giriş uçlarını açık devre yapınız ve çıkış uçlarına  $V_2=1$  Volt değerinde gerilim kaynağı bağlayınız.

**Adım4.**  $I_2$  ve  $V_1$  değerlerini ölçerek  $Z_{22}=V_2/I_2$  ve  $Z_{12}=V_1/I_2$  hesaplayınız.

2. Bu devre ikililik özelliği gösteriyor mu? Neden?
3. Bulduğunuz bu Z empedans matrisi değerlerini kullanarak, aynı devrenin Y admitans matrisini hesaplayınız ve Tablo 2’de yerlerine yazınız.
4. Tablo 2’deki ilk iki satırdaki Y değerlerinin aralarındaki farkını bularak, son satırına yazınız ve sebebini açıklayınız



Şekil 2. T devresi

### DENEY 2.

1. Şekil 3’deki devreyi  $Z_A=4.7k\Omega$ ,  $Z_B=10k\Omega$  ve  $Z_C=680\Omega$  olacak şekilde kurunuz ve aşağıdaki adımları kullanarak devrenin Y admitans parametrelerini bulunuz ve bilgileri Tablo 3’de gerekli yerlere yazınız.

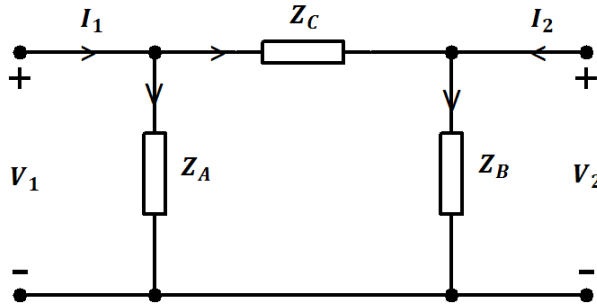
**Adım 1.**  $y_{11}$  ve  $y_{21}$  değerlerini bulmak için iki kapılının çıkış uçlarını kısa devre yapınız ve giriş uçlarına  $V_1=1$  Volt değerinde gerilim kaynağı bağlayınız.

**Adım2.**  $I_1$  ve  $I_2$  değerlerini ölçünüz.  $y_{11}=I_1/V_1$  ve  $y_{21}=I_2/V_1$  değerlerini hesaplayınız.

**Adım 3.**  $y_{22}$  ve  $y_{12}$  yi hesaplamak için giriş uçlarını kısa devre yapınız ve çıkış uçlarına  $V_2 =1$  Volt değerinde gerilim kaynağı bağlayınız.

**Adım4.**  $I_2$  ve  $I_1$  değerlerini ölçerek  $y_{22}=I_2/V_2$  ve  $y_{12}=I_1/V_2$  hesaplayınız.

2. Bu devre ikililik özelliği gösteriyor mu? Neden?
3. Bulduğunuz bu Y admitans matrisi değerlerini kullanarak, aynı devrenin Z empedans matrisini hesaplayınız ve Tablo 4’de yerlerine yazınız.
4. Tablo 4’deki ilk iki satırdaki Z değerlerinin aralarındaki farkını bularak, son satırına yazınız ve sebebini açıklayınız



Şekil 3.  $\pi$  devresi

### DENEY 3.

1. Deney 2 ve Deney 3’ de hazırladığınız devreleri, girişlerinden ve çıkışlarından seri bağlayınız. Oluşan iki kapılının Z empedans parametrelerini, Deney 1’deki adımları kullanarak elde ediniz ve sonuçları Tablo 5 ‘de yerleştiriniz.
2. Deney 2 ve Deney 3’ de hazırladığınız devreleri, girişlerinden ve çıkışlarından paralel bağlayınız. Oluşan iki kapılının Y admitans parametrelerini, Deney 2’deki adımları kullanarak elde ediniz ve sonuçları Tablo 6’de yerleştiriniz.
3. Bulduğunuz bu Z empedans(Tablo 5) ve Y admitans(Tablo 6) değerleri, Deney 1 ve Deney 2’de bulduğunuz değerlerin toplamlarına (Bu değerleri toplayıp Tablo 5 ve 6’ da yerleştiriniz) eşit oluyor mu? Açıklayınız.

### ÖNEMLİ NOT

Deneylerin düzgün bir şekilde yapılabilmesi için hazırlık sorularının yapılması ve yöntemlerin teorik kısmının iyi bilinmesi gerekmektedir.