

# Elektrik Devre Temelleri

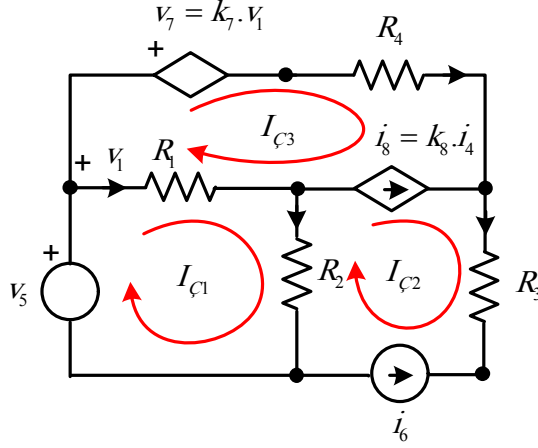
## Hafta 8

Yrd. Doç. Dr. Kürşat AYAN



### 6.1.2. Bağımsız çevrelere ilişkin çevre denklemleri

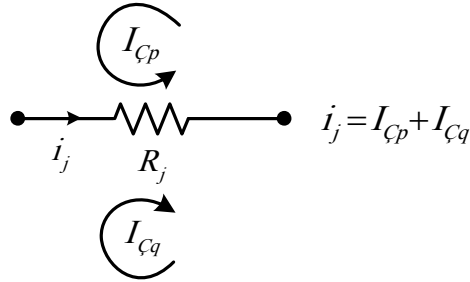
Örnek: Aşağıdaki devrenin çevre denklemlerini bağımsız çevreler için adım adım yazınız.



1. Bağımsız çevrelere ilişkin çevre denklemleri ve ardından direnç elemanlarının gerilimleri yerine tanım bağıntıları aşağıdaki gibi yazılır.

$$\begin{aligned} v_1 + v_2 - v_5 &= 0 & \Rightarrow & R_1 \cdot i_1 + R_2 \cdot i_2 - v_5 = 0 \\ -v_2 + v_3 - v_6 + v_8 &= 0 & \Rightarrow & -R_2 \cdot i_2 + R_3 \cdot i_3 - v_6 + v_8 = 0 \\ -v_1 + v_4 - v_8 + v_7 &= 0 & \Rightarrow & -R_1 \cdot i_1 + R_4 \cdot i_4 - v_8 + v_7 = 0 \end{aligned}$$

**Açıklama:** Herhangi bir devre elemanının (direnç, endüktans, kapasite, bağımlı ve bağımsız gerilim ve akım kaynağı v.b) akımı, çevre akımları cinsinden, çevre akımlarının yönleri esas alınmak suretiyle, aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi ifade edilir.



2. Daha sonra, direnç elemanının akımları çevre akımları cinsinden ifade edilir ve hemen ardından çevre akımları parantezine alındıklarında denklemler aşağıdaki hale gelir.

$$\begin{aligned} R_1 \cdot (I_{c1} - I_{c3}) + R_2 \cdot (I_{c1} - I_{c2}) &= v_5 & \Rightarrow & (R_1 + R_2) \cdot I_{c1} - R_2 \cdot I_{c2} - R_1 \cdot I_{c3} = v_5 \\ -R_2 \cdot (I_{c1} - I_{c2}) + R_3 \cdot I_{c2} &= v_6 - v_8 & \Rightarrow & -R_2 \cdot I_{c1} + (R_2 + R_3) \cdot I_{c2} + 0 \cdot I_{c3} = v_6 - v_8 \\ -R_1 \cdot (I_{c1} - I_{c3}) + R_4 \cdot I_{c3} &= v_8 - v_7 & \Rightarrow & -R_1 \cdot I_{c1} + 0 \cdot I_{c2} + (R_1 + R_4) \cdot I_{c3} = v_8 - v_7 \end{aligned}$$

Sonuçta elde edilen denklemleri matrisel forma sokacak olursak aşağıdaki sonuca ulaşırız.

$$\begin{bmatrix} R_1 + R_2 & -R_2 & -R_1 \\ -R_2 & R_2 + R_3 & 0 \\ -R_1 & 0 & R_1 + R_4 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_{\zeta 1} \\ I_{\zeta 2} \\ I_{\zeta 3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_5 \\ v_6 - v_8 \\ v_8 - v_7 \end{bmatrix}$$

Burada üç adet bağımsız denkleme sahibiz. Bununla birlikte  $I_{\zeta 1}$ ,  $I_{\zeta 2}$ ,  $I_{\zeta 3}$ ,  $v_6$ ,  $v_7$  ve  $v_8$  bilinmiyor. Yani altı (6) adet bilinmeyenimiz var. Bu nedenle üç (3) adet ek denkleme daha ihtiyaç duyarız. Bu ek denklemler aşağıda verilmiştir.

1.  $v_5$  bilinen bir fonksiyondur.
2.  $i_6 = i_k(t) = -I_{\zeta 2}$  olur. Bu nedenle  $I_{\zeta 2}$  artık biliniyor demektir.
3.  $v_7 = k_7 \cdot v_1 = k_7 \cdot R_1 \cdot i_1 = k_7 \cdot R_1 \cdot (I_{\zeta 1} - I_{\zeta 3})$
4.  $i_8 = k_8 \cdot i_4 \Rightarrow I_{\zeta 2} - I_{\zeta 3} = k_8 \cdot I_{\zeta 3} \Rightarrow I_{\zeta 2} = (1 + k_8) \cdot I_{\zeta 3}$

### İrdeleme:

#### 1. Denklem sayısı:

$$n_e - n_d + 1 = 8 - 6 + 1 = 3$$

#### 2. Karşılaştığımız değişkenler:

- a.)  $(n_e - n_d + 1)$  adet çevre akımı
- b.)  $(n_v + n_{vb})$  adet bağımlı ve bağımsız gerilim kaynaklarının gerilimleri
- c.)  $(n_i + n_{ib})$  adet bağımlı ve bağımsız akım kaynaklarının akımları

#### 3. Bilinmeyenler:

- a.) Çevre akımları
- b.) Bağımlı gerilim kaynaklarının gerilimleri
- c.) Bağımlı ve bağımsız akım kaynaklarının gerilimleri

#### 4. Bilinmeyenlerin toplam sayısı:

$$(n_e - n_d + 1) + (n_{vb}) + (n_i + n_{ib})$$

## 5. Ek denklemlerin toplam sayısı:

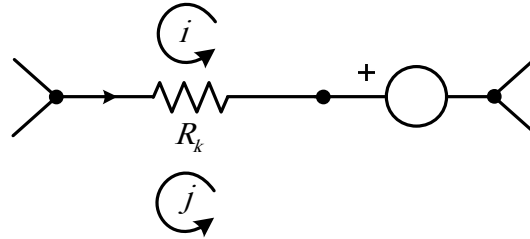
$$(n_{vb}) + (n_i + n_{ib})$$

### 6.1.3. Genel çevrelere ilişkin çevre denklemleri

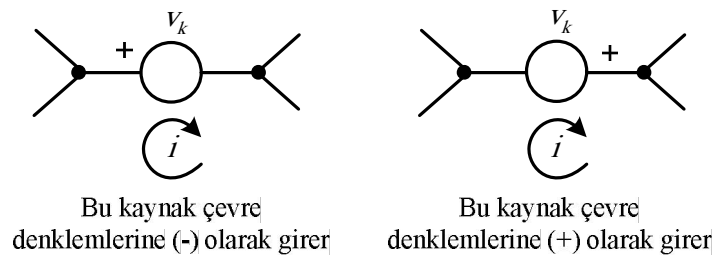
$$\begin{aligned} R_{11} \cdot I_{\zeta 1} + R_{12} \cdot I_{\zeta 2} + \dots + R_{1n} \cdot I_{\zeta n} &= v_{k1} \\ R_{21} \cdot I_{\zeta 1} + R_{22} \cdot I_{\zeta 2} + \dots + R_{2n} \cdot I_{\zeta n} &= v_{k2} \\ \vdots &\vdots \\ R_{n1} \cdot I_{\zeta 1} + R_{n2} \cdot I_{\zeta 2} + \dots + R_{nn} \cdot I_{\zeta n} &= v_{kn} \end{aligned}$$

$$\underbrace{\begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & \cdots & R_{1n} \\ R_{21} & R_{22} & \cdots & R_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ R_{n1} & R_{n2} & \cdots & R_{nn} \end{bmatrix}}_{\text{Çevre direnç matrisi}} \cdot \underbrace{\begin{bmatrix} I_{\zeta 1} \\ I_{\zeta 2} \\ \vdots \\ I_{\zeta n} \end{bmatrix}}_{\text{Çevre akımları}} = \underbrace{\begin{bmatrix} v_{k1} \\ v_{k2} \\ \vdots \\ v_{kn} \end{bmatrix}}_{\text{Çevre kaynak gerilimleri}}$$

1.  $R_{ji}$  :  $i$  nci çevreye giren pasif devre elemanlarının (dirençlerin) direnç değerleri
2.  $R_{ij} (i \neq j)$  :  $i$  nci çevre ile  $j$  nci çevredeki ortak dirençlerin toplamının (+) lısı veya (-) lisi. Çevre akımlarının yönü aynı ise, işaret (+), ters ise (-) alınır.



3.  $v_{ki}$  :  $i$  nci çevreye giren kaynakların gerilimlerinin cebrik toplamıdır.  $i$  nci çevreye giren kaynağın gerilim referans yönü çevre yönü ile aynı ise toplamı (-) olarak girecek, tersinde ise (+) olarak girecek.



Şayet çevrede bağımsız akım ve gerilim kaynakları varsa matris diagonal simetrik olur.