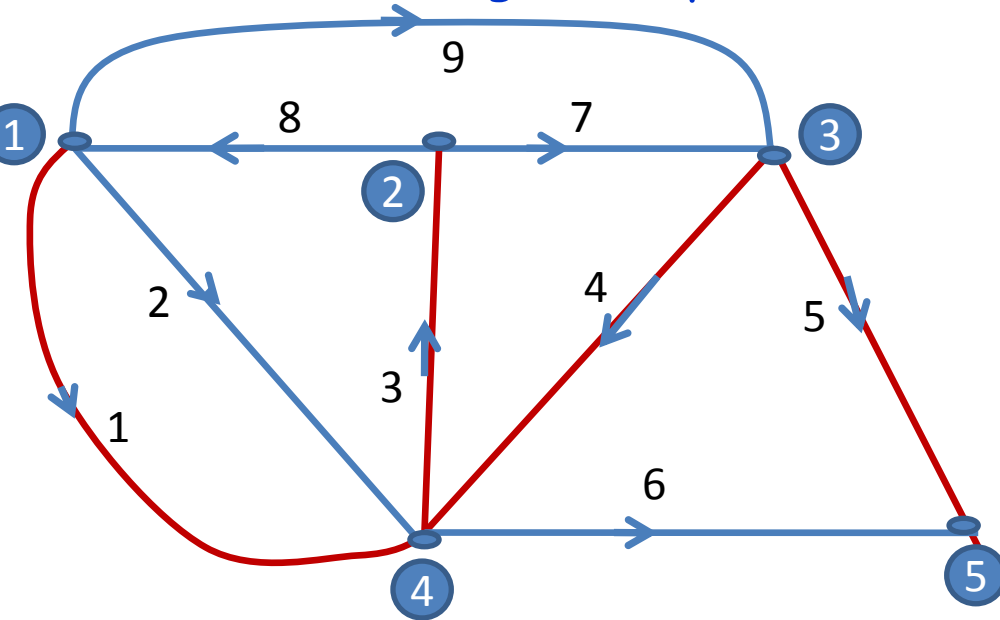


Bir ağaç seçip temel kesitlemeleri belirleyelim

Hatırlatma



Ağaç: {1,3,4,5}

temel kesitlemeler

TK<sub>1</sub>: {1,2,8,9}

TK<sub>2</sub>: {3,7,8}

TK<sub>3</sub>: {4,6,7,9}

TK<sub>4</sub>: {5,6}

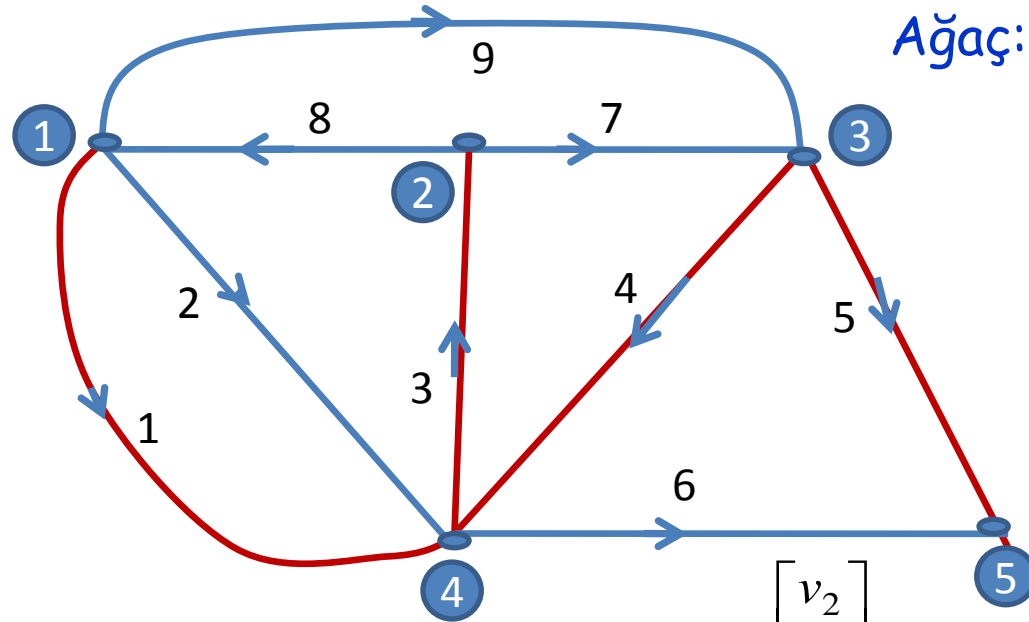
$$Qi = 0$$

$$\underbrace{\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}}_{I} \underbrace{\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & -1 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}}_{Q_L} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_3 \\ i_4 \\ i_5 \\ i_2 \\ i_6 \\ i_7 \\ i_8 \\ i_9 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$Q$

Şimdi de temel çevreleri belirleyelim

Hatırlatma



Ağaç: {1,3,4,5}    kirişler: {2,6,7,8,9}

temel çevreler

$\zeta_1 : \{1,2\}$      $\zeta_3 : \{3,4,7\}$

$\zeta_2 : \{4,5,6\}$      $\zeta_4 : \{1,3,8\}$

$\zeta_5 : \{1,4,9\}$

$$\underbrace{\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}}_{\mathbf{I}} \underbrace{\begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}}_{\mathbf{B}_+} \begin{bmatrix} v_2 \\ v_6 \\ v_7 \\ v_8 \\ v_1 \\ v_3 \\ v_4 \\ v_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$\mathbf{B}$

$$\mathbf{B}\mathbf{v} = \mathbf{0}$$

Dallar: {1,3,4,5}    Kirişler: {2,6,7,8,9}

$$Q = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & -1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_3 \\ i_4 \\ i_5 \\ i_2 \\ i_6 \\ i_7 \\ i_8 \\ i_9 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$Qi = 0 \quad Q^T v_t = v$$

$$B = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_2 \\ v_6 \\ v_7 \\ v_8 \\ v_9 \\ v_1 \\ v_3 \\ v_4 \\ v_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$Bv = 0 \quad B^T i_l = i$$

## Toplam Lineer Bağımsız Denklem Sayısı

$$Qi = 0 \quad n_d - 1 \text{ denklem}$$

$$Bv = 0 \quad n_e - n_d + 1 \text{ denklem}$$

$$\text{Toplam sayı} \quad n_e$$

Bilinmeyen sayısı kaç?  $2n_e$  Eksik denklemleri nereden bulacağız?

**Teorem:** Bir birleşik  $G$ 'nda seçilen  $T$  ağacı için  $Q$  ve  $B$  sırasıyla temel kesitleme ve temel çevre matrisi olsun  $\longrightarrow QB^T = 0$

**Tanıt:**  $Q^T v_t = v$

$$Bv = 0 \quad BQ^T v_t = 0 \quad \forall v_t \longrightarrow QB^T = 0$$



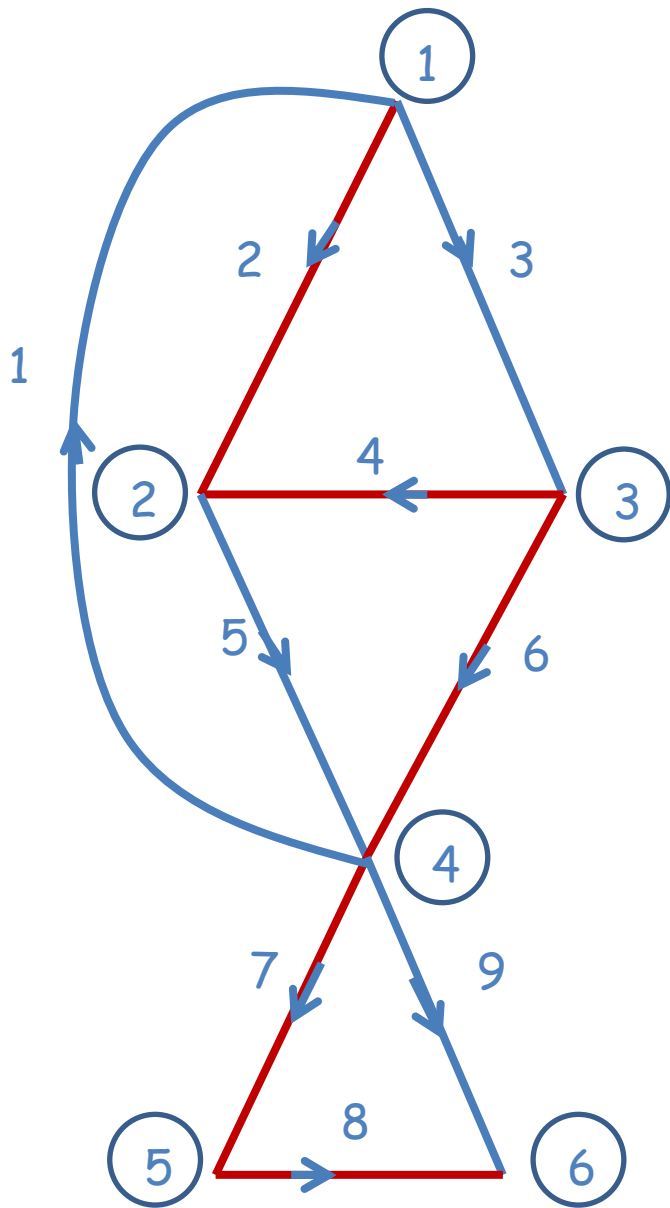
KGY kapalı düğüm dizileri, düğüm gerilimleri cinsinden eleman gerilimleri, çevreler için yazılıyor

KAY Gauss yüzeyleri, kesitlemeler, düğümler için yazılıyor

KAY'na ilişkin bağımsız denklem takımı  $n_d - 1$  düğüm için yazılan denklemler

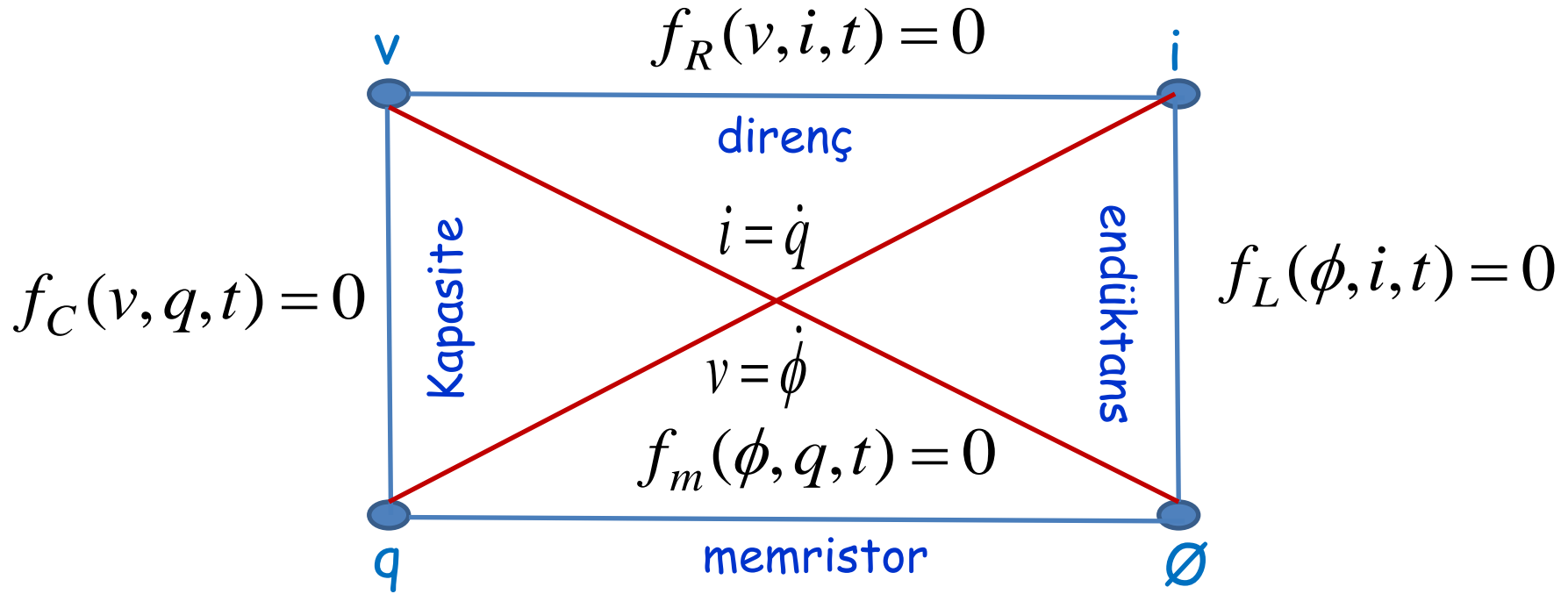
KAY'na ilişkin bağımsız denklem takımı temel kesitlemeler için yazılan denklemler

KGY'na ilişkin bağımsız denklem takımı temel çevreler için yazılan denklemler



- 1-a) 4 düğümünü referans alıp  $A$  matrisini yazınız.
- b) 4 düğümü referans iken KGY'ye ilişkin denklemleri yazınız.
- c)  $\{2,4,6,7,8\}$  ağacına ilişkin temel çevre ve temel kesitlemeleri belirleyiniz.
- d)  $v_2=2V$ ,  $v_4=4V$ ,  $v_6=6V$ ,  $v_7=7V$ ,  $v_8=8V$  ise diğer elemanlara ilişkin gerilimleri belirleyiniz.
- e)  $i_1=1A$ ,  $i_3=3A$ ,  $i_5=5A$ ,  $i_9=9A$  ise diğer elemanlara ilişkin akımları belirleyiniz.
- f) Tellegen Teoreminin sağlandığını gösteriniz.

## Eleman Tanım Bağlıntıları



Direnç Elemanı:  $v$  ve  $i$  arasında cebrik bağıntı ile temsil edilen eleman

Endüktans Elemanı:  $\emptyset$  ve  $i$  arasında cebrik bağıntı ile temsil edilen eleman

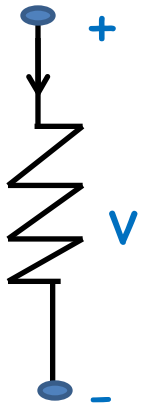
Kapasite Elemanı:  $v$  ve  $q$  arasında cebrik bağıntı ile temsil edilen eleman

Memristor Elemanı:  $\emptyset$  ve  $q$  arasında cebrik bağıntı ile temsil edilen eleman

## 2-Uçlu Direnç Elemanları

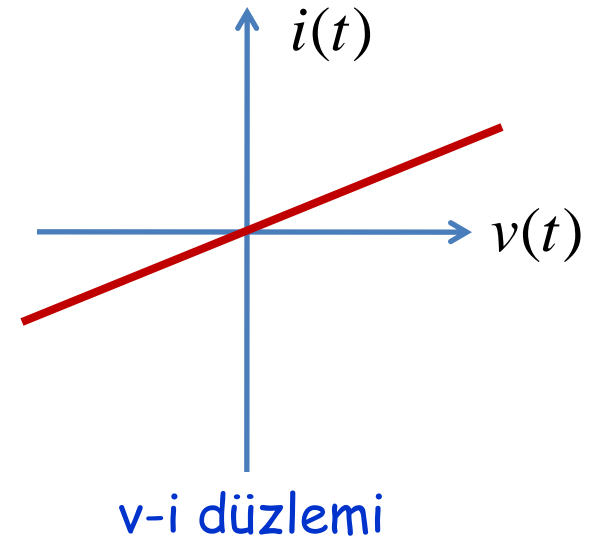
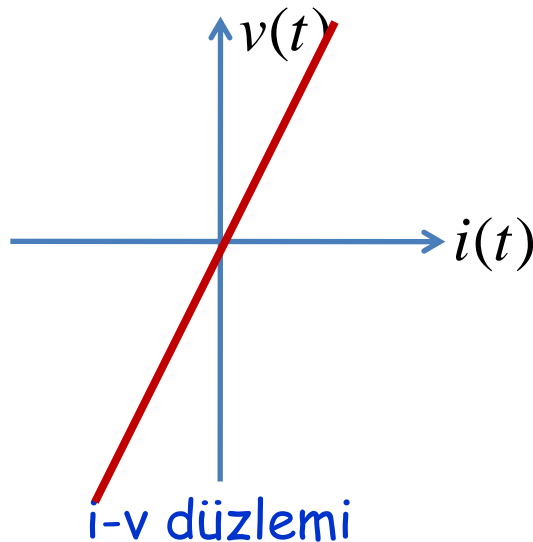
- lineer, lineer olmayan, zamanla değişen, değişmeyen, akım ve/veya gerilim kontrollü dirençlerin tanım bağıntıları,
- seri, paralel bağlı dirençlere ilişkin uç bağıntıları,
- lineer olmayan dirençlere ilişkin dc (doğru akım) çalışma noktasının belirlenmesi, küçük işaret analizi.

### Lineer Direnç



$$v(t) = Ri(t) \quad \text{direnç } (\Omega)$$

$$i(t) = Gv(t) \quad \begin{array}{l} \text{iletkenlik, siemens } (S) \\ \text{mho } (\Uparrow) \end{array}$$



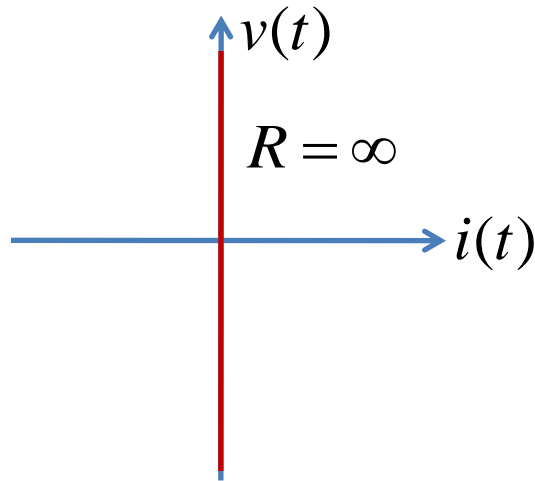


## Hatırlatma: Lineerlik

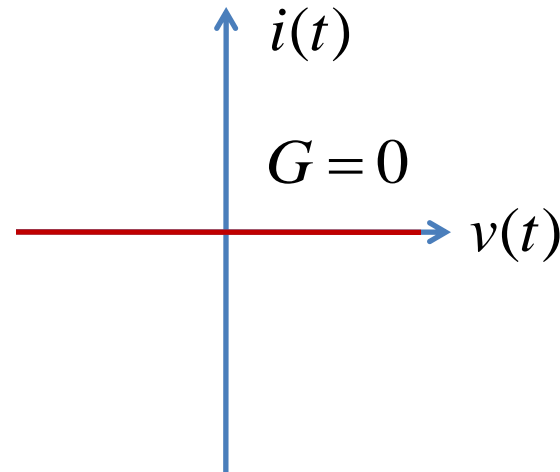
$$f(x_1) = y_1 \quad f(x_2) = y_2 \xrightarrow{f(.) \text{ lineer}} f(\alpha x_1 + \beta x_2) = \alpha f(x_1) + \beta f(x_2) \\ = \alpha y_1 + \beta y_2$$

### Özel Lineer Dirençler:

*Açık devre elemanı*  $f(i, v) = i = 0$

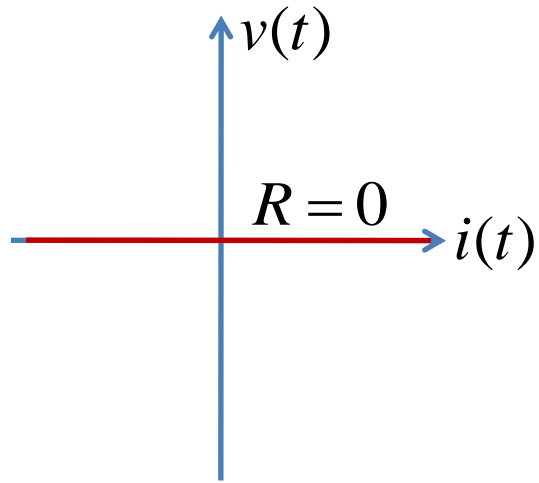


$i$ - $v$  düzlemi

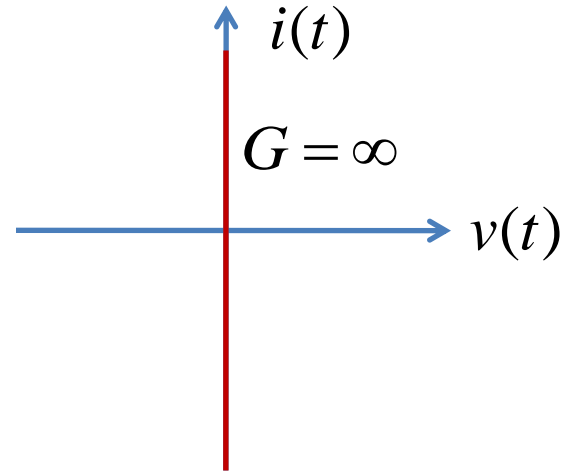


$v$ - $i$  düzlemi

*Kısa devre elemanı*  $f(i, v) = v = 0$

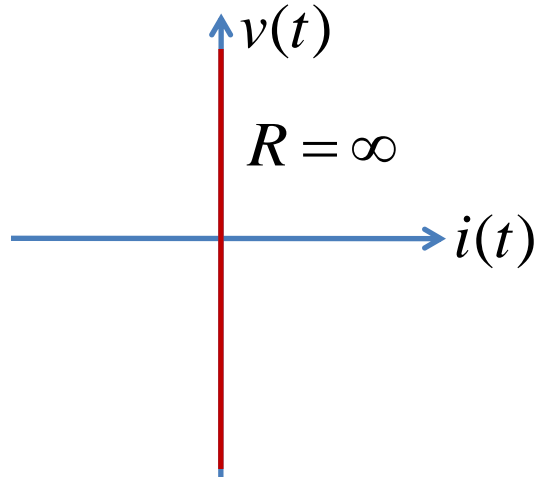


i-v düzlemi

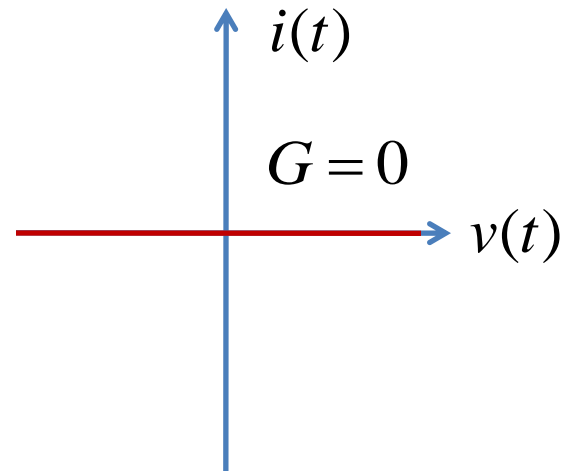


v-i düzlemi

Açık devre elemanı ve kısa devre elemanının i-v, v-i karakteristiklerine dikkat edelim !!!



i-v düzlemi



v-i düzlemi

## Tanım: (Dual Dirençler)

A direncinin v-i karakteristiği B direncinin i-v karakteristiği ile aynıdır.

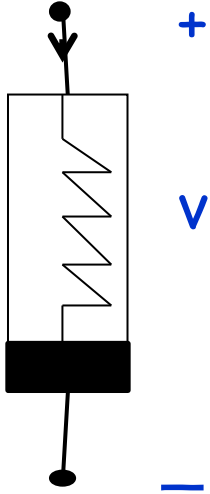


A direnci B direncinin dual'idir.

Ne diyebilirsiniz bu  
ani güç için?

Lineer direnç elemanına ilişkin ani güç  $p(t) = v(t)i(t) = Ri^2(t)$

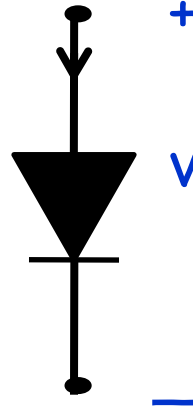
## Lineer Olmayan Direnç



$$f(v, i) = 0$$

## Bazı Özel Lineer Olmayan Dirençler

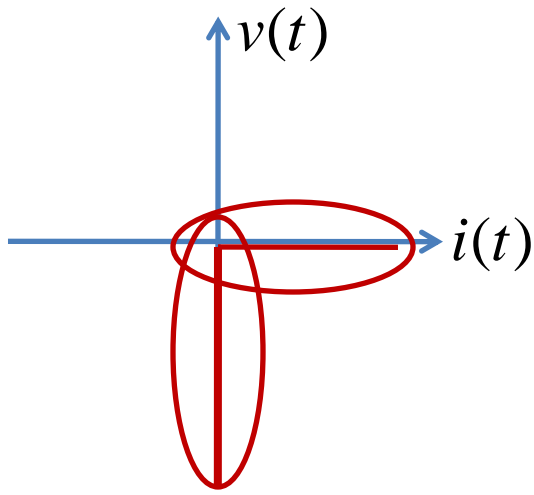
*İdeal Diyot*



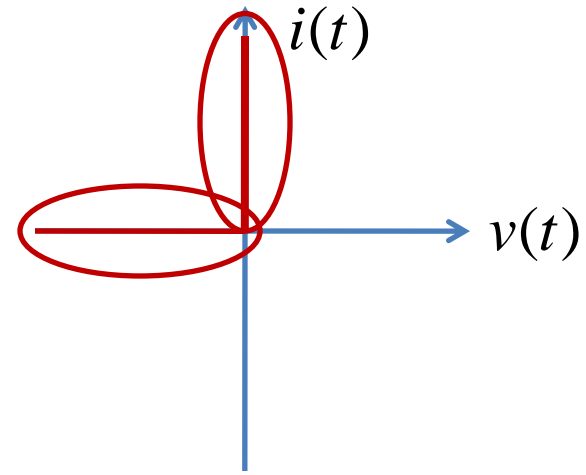
$$R_{ID} = \{(v, i) : vi = 0, i = 0, v < 0 \text{ ve } v = 0, i > 0\}$$

Diyot tıkamada  $(v < 0), \quad i = 0$

Diyot iletimde  $(i > 0), \quad v = 0$



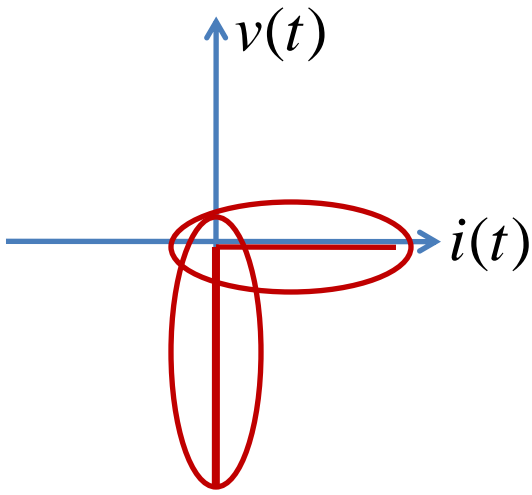
$i$ - $v$  düzlemi



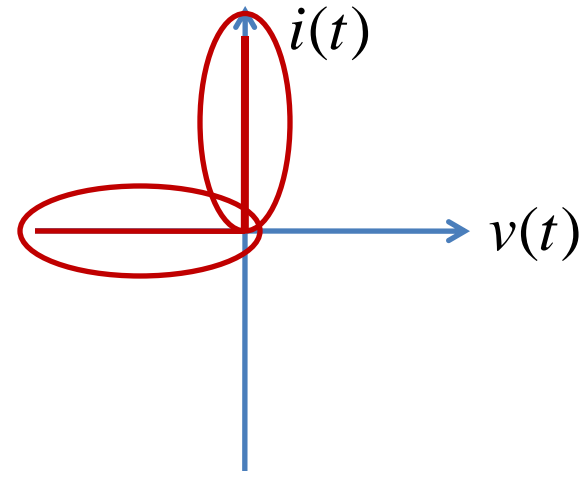
$v$ - $i$  düzlemi

Diyot tıkmada iken davranışı hangi eleman gibi?

Diyot iletimde iken davranışı hangi eleman gibi?



$i$ - $v$  düzlemi



$v$ - $i$  düzlemi

Diyot tıkmada iken davranışı hangi eleman gibi?

Diyot iletimde iken davranışı hangi eleman gibi?

$I_s$