

Güç Elektronik

Fatih Evran

Güç Elektroniklerinde Kullanılan Yarı İletken Elemanlar

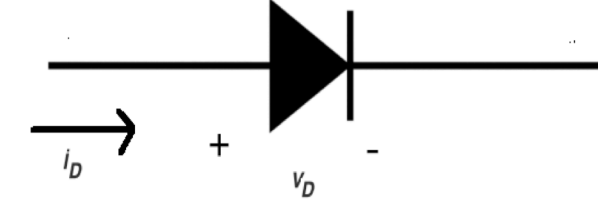
Güç elektroniği alanında kullanılan yarı iletken elemanlar, denetlenebilirlik derecelerine göre üç sınıfa ayrılabilirler.

- 1. Diyotlar:** İletim (on) ve tıkanım (off) durumları güç devresiyle denetlenir.
- 2. Tristörler:** Denetim işaretiyle iletime sokulurlar, devrenin koşullarına göre tıkamaya geçerler.
- 3. Denetlenebilir anahtarlar:** Denetim işaretiyle iletime ve tıkamaya geçirebilirler.

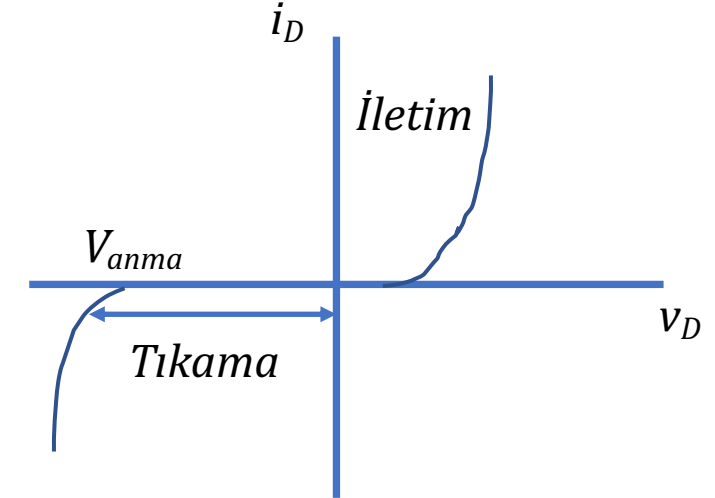
DİYOTLAR

- Diyot iletimde iken üzerinde 1 V düzeyinde bir gerilim düşer. Tıkama durumunda diyottan çok düşük bir sızıntı akımı akar. Diyotun iletme geçmesi için anot-katot arasında, eşik gerilimden büyük bir gerilim uygulanmalıdır. Bu gerilim negatifse diyot tıkamaya geçer. Diyotlara ters yönde kırılma gerilimi değeri kadar gerilim uygulanabilir.
- Diyotlar çok hızlı biçimde geçebilirler. Ancak tıkamaya geçişleri biraz daha zaman alır.
- Tıkama sırasında, diyot akımı önce yön değiştirir, sonra sıfır olur. Bu süreye, ters toparlanma süresi denir (t_{rr})

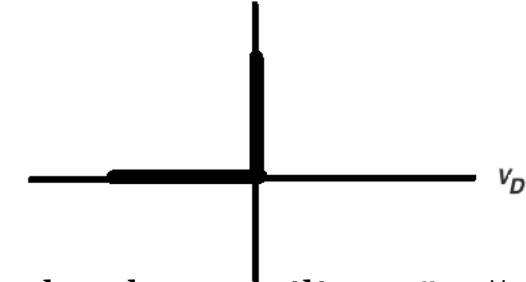
Anot Katot



Sembol



akım-gerilim özeğrisi



İdeal akım-gerilim özeğrisi

DİYOTLAR

t_a : Akımın sıfıra geçtiği anla ters tepe değerine ulaştığı an arasındaki süre.

t_b : Akımın ters tepe değerinden, bu değerin % 25'ine düşmesi için geçen süre.

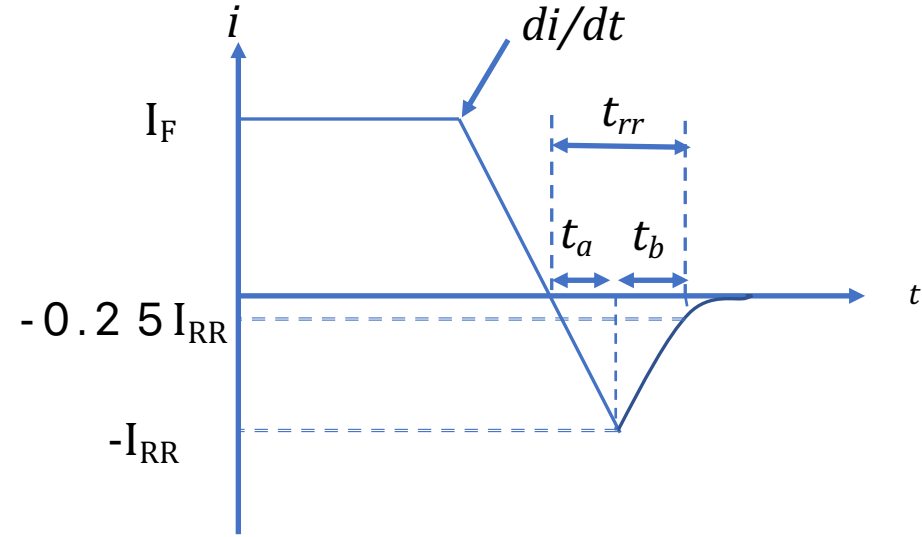
$t_{rr}=t_a+t_b$ (ters toparlanma süresi)

$s=t_b/t_a$ (softness factor-yumuşaklık katsayısı)

s değerinin küçük olması, ters toparlanmanın keskin (hızlı) olduğunu gösterir. s değerinin büyük olması da, ters toparlanmanın yavaş (yumuşak) olduğunu gösterir.

Akımın tıkamaya geçiş sırasındaki eğimi di/dt ise,

$$I_{RR}=t_a di/dt$$



DİYOTLAR

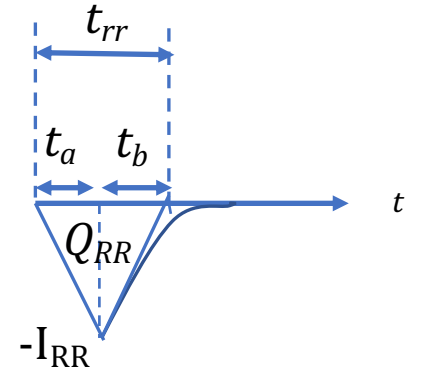
Ters toparlanma süresi içinde depolanan yük, bu süre içinde $i(t)$ eğrisinin altında kalan alana eşittir. Bu alanın bir üçgen olduğu varsayımıyla Q_{RR} bulabilir.

$$Q_{RR} \cong 0.5 I_{RR} (t_a + t_b) = 0.5 I_{RR} t_{rr} \quad \text{ya da} \quad I_{RR} \cong 2 Q_{RR} / t_{rr}$$
$$t_{rr} = t_a + t_b = t_a + s t_a = (1 + s) t_a \quad \longrightarrow \quad I_{RR} = t_a di/dt = t_{rr} / (1 + s) di/dt$$
$$Q_{RR} \cong 0.5 I_{RR} t_{rr} = 0.5 t_{rr} (t_{rr} / (1 + s) di/dt) = 0.5 t_{rr}^2 / (1 + s) di/dt$$

$$t_{rr} = \sqrt{\frac{2(1 + s) Q_{RR}}{di/dt}}$$

veya

$$I_{RR} = \sqrt{\frac{2 Q_{RR}}{(1 + s) di/dt}}$$



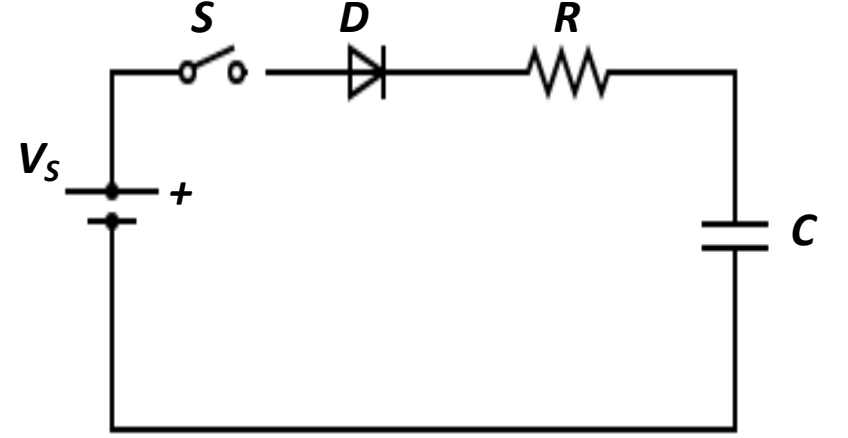
DİYOTLAR

Bazı diyot türleri:

- 1) **Schottky diyotlar:** Gerilim düşümleri yaklaşık olarak 0.3 V seviyesindedir. Tıkayabildikleri gerilim sınırı 50 ile 100 V arasındadır. İdealde $t_{rr}=0$ olarak kabul edilir. Yüksek frekanslarda çalışabilmektedir.
- 2) **Hızlı toparlanabilen diyotlar (fast recovery diodes):** Yüksek frekanslarda çalışabilmektedir. $t_{rr}<5\text{ }\mu\text{s}$ (birkaç yüz V ve birkaç yüz A).
- 3) **Şebeke frekansı diyotları (line frequency diodes):** Şebeke frekansında çalışan ($50\text{ - }60\text{ Hz}$) devrelerde kullanırlar (çünkü bu diyotların hızlı olması gerekmez). Bu diyotların anma akım ve gerilim değerleri oldukça yüksektir.

ÖRNEK- 1

S anahtarı $t=0$ anında kapanmaktadır. Buna göre devre üzerinden geçen akımın ve kondansatör geriliminin bağıntısını bulunuz ($v_C(t=0)=0$ ve diyotu kayıpsız alınız)



ÖRNEK- 1

$t=0$ anında anahtar kapandığında oluşan denklem;

$$V_s = v_R + v_c = iR + v_c$$

$$i = C \frac{dv_c}{dt}$$

$$V_s = RC \frac{dv_c}{dt} + v_c$$

Genel çözüm:

$$\frac{dv_c}{dt} + \frac{v_c}{RC} = \frac{V_s}{RC}$$

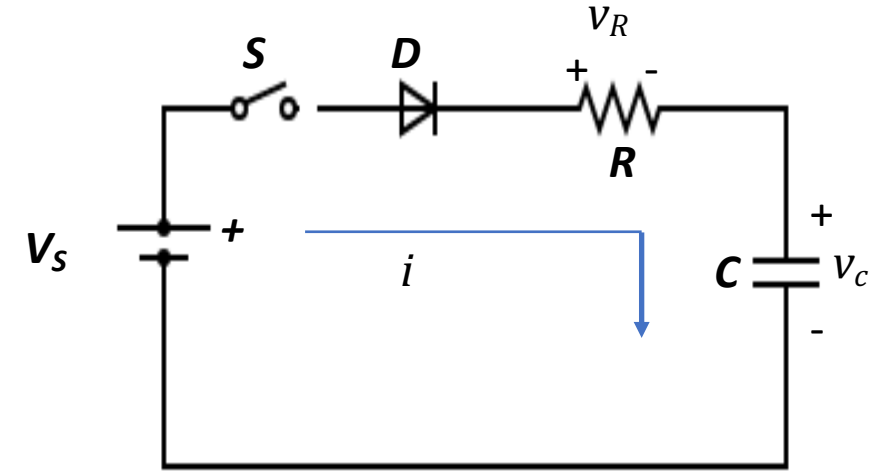
$$v_c = v_{cd} + v_{cö}$$

Burada v_{cd} : doğal çözümdür ve $v_{cö}$: özel çözümdür.

Doğal çözümde genel çözüm eşitliğinin sağ tarafı sıfıra eşitlenir. Bu durumda oluşan denklem:

$$\frac{dv_{cd}}{dt} + \frac{v_{cd}}{RC} = 0$$

olmaktadır.



ÖRNEK- 1

$$\frac{dv_{cd}}{dt} + \frac{v_{cd}}{RC} = 0$$

Bu denklemin çözümünde doğal çözüm yani $v_{cd} = Ae^{-\frac{t}{\tau}}$ olarak bulunmaktadır.

Burada $\tau = RC$.

Özel çözüm: Genel çözümde eşitliğin sağ tarafında doğru akım kaynağı olduğundan dolayı (V_s/RC) , özel çözüm sabit bir sayıdır.

$$v_{cö} = V_{dc}$$

$$\frac{dV_{cö}}{dt} + \frac{V_{cö}}{RC} = \frac{V_s}{RC} \Rightarrow \frac{dV_{dc}}{dt} + \frac{V_{dc}}{RC} = \frac{V_s}{RC} \Rightarrow V_{dc} = V_s$$

ÖRNEK- 1

Genel çözüm:

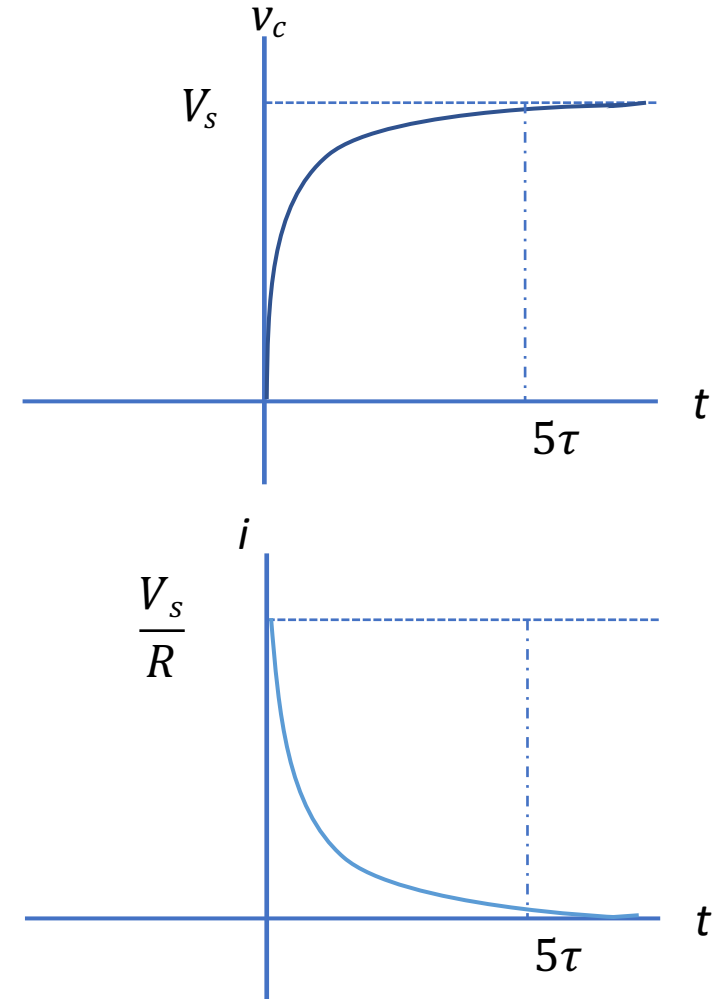
$$v_c(t) = v_{cd} + v_{c\ddot{o}} = Ae^{-\frac{t}{\tau}} + V_s$$

$$v_c(t = 0) = A + V_s = 0 \Rightarrow A = -V_s$$

$$v_c(t) = -V_s e^{-\frac{t}{\tau}} + V_s = V_s (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

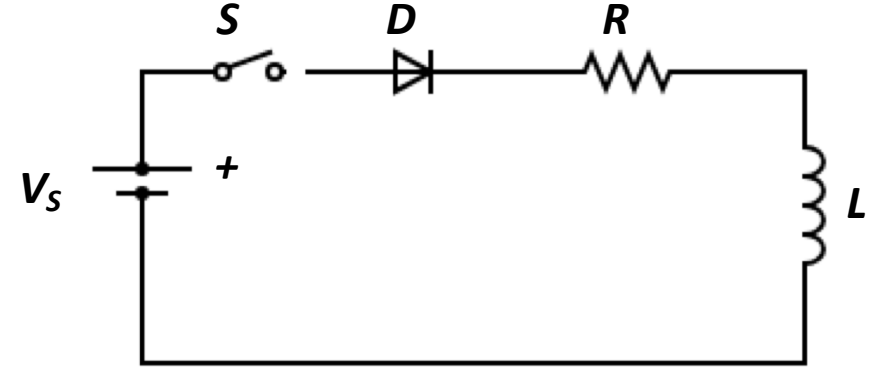
$$i(t) = C \frac{dv_c}{dt} = C \frac{d}{dt} \left(V_s (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \right)$$

$$= \frac{V_s}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$$



ÖRNEK- 2

S anahtarı $t=0$ anında kapanmaktadır. Buna göre devre üzerinden geçen akımın bağıntısını bulunuz ($i_L(t=0)=0$ ve diyotu kayıpsız alınız)



ÖRNEK- 2

$t=0$ anında anahtar kapandığında oluşan denklem;

$$V_s = v_R + v_L = iR + L \frac{di}{dt}$$

Genel çözüm: $\frac{di}{dt} + i \frac{R}{L} = \frac{V_s}{L}$

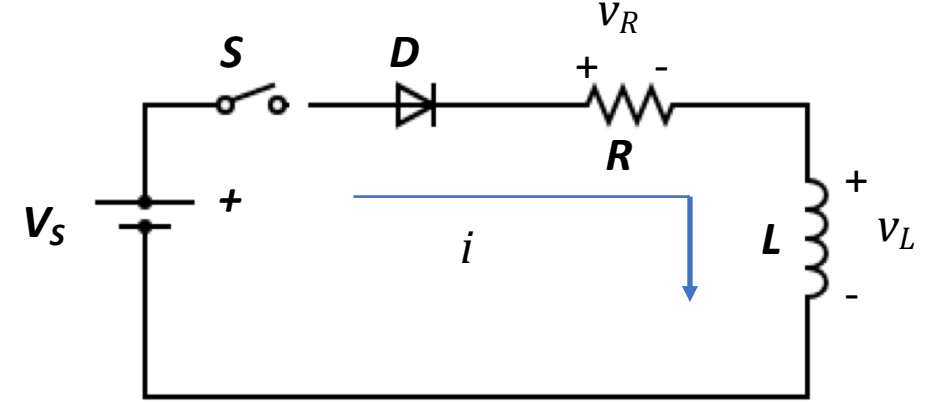
$$i = i_d + i_{\bar{o}}$$

Burada i_d : doğal çözümdür ve $i_{\bar{o}}$: özel çözümdür

Doğal çözümde yukarıdaki eşitliğin sağ tarafı sıfıra eşitlenir, yani denklem homojen hale getirilir. Bu durumda oluşan denklem:

$$\frac{di_d}{dt} + i_d \frac{R}{L} = 0$$

olmaktadır.



ÖRNEK- 2

$$\frac{di_d}{dt} + i_d \frac{R}{L} = 0$$

Bu denklemin çözümünde doğal çözüm yani $i_d = Ae^{-\frac{t}{\tau}}$ olarak bulunmaktadır.

Burada $\tau = \frac{L}{R}$.

Özel çözüm: Genel çözümde eşitliğin sağ tarafında doğru akım kaynağı olduğundan dolayı (V_s/L), özel çözüm sabit bir sayıdır.

$$i_{\text{ö}} = I_{dc}$$

$$\frac{di_{\text{ö}}}{dt} + i_{\text{ö}} \frac{R}{L} = \frac{V_s}{L} \Rightarrow \cancel{\frac{dI_{dc}}{dt}} + I_{dc} \frac{R}{L} = \frac{V_s}{L} \Rightarrow I_{dc} = \frac{V_s}{R}$$

ÖRNEK- 2

Genel çözüm:

$$i(t)=i_d+i_{\ddot{o}}=Ae^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{V_s}{R}$$

$$i(t = 0) = A + \frac{V_s}{R} = 0 \Rightarrow A = -\frac{V_s}{R}$$

$$i(t) = -\frac{V_s}{R}e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{V_s}{R} = \frac{V_s}{R}(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

$$v_L = L \frac{di}{dt} = L \frac{d}{dt} \left(\frac{V_s}{R} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \right)$$

$$= V_s e^{-\frac{t}{\tau}}$$

