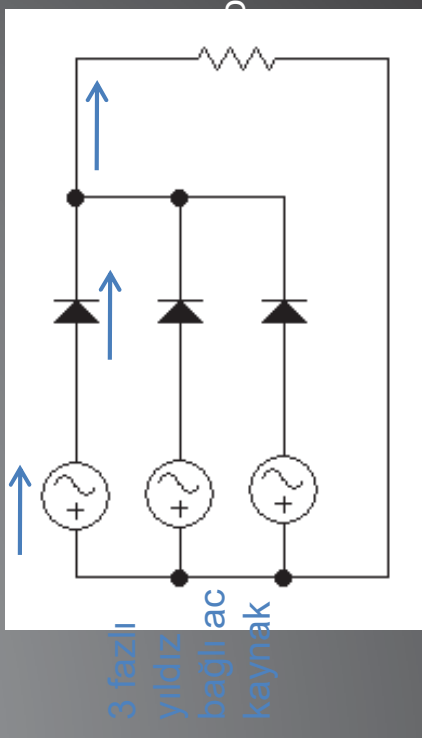


IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

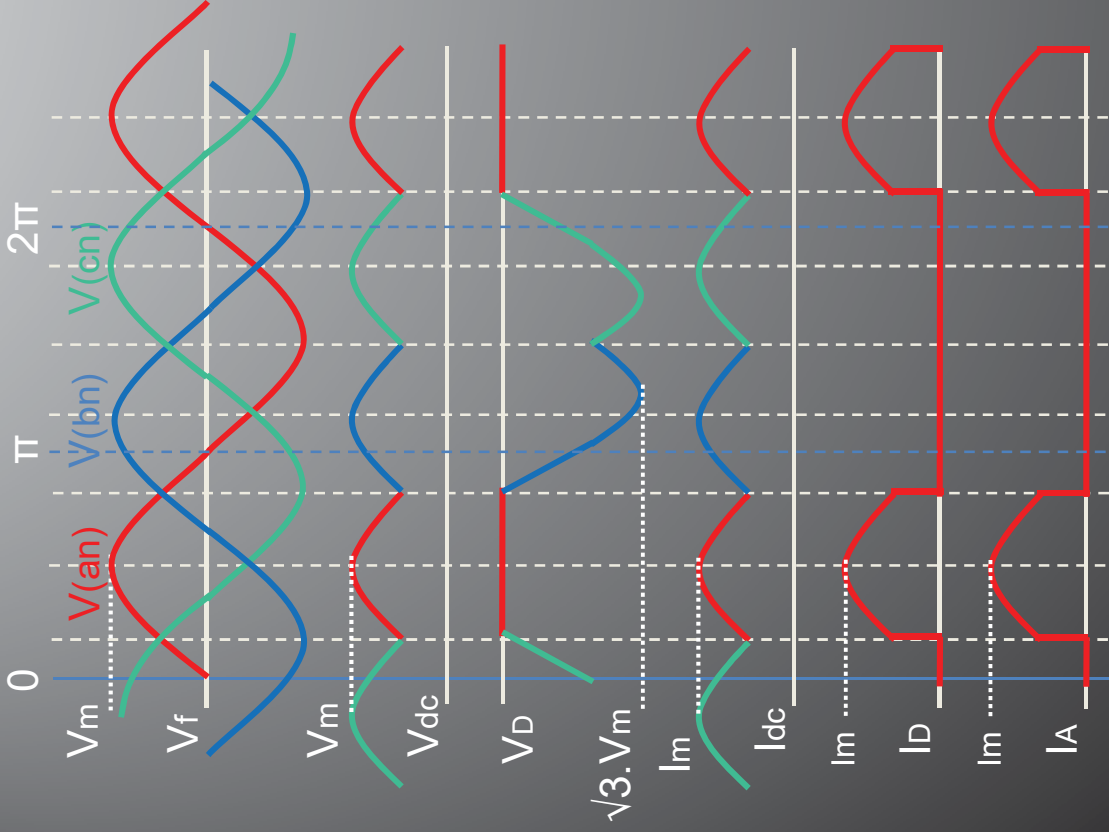
- 3 FAZLI DOĞRULTUCULAR:
- 3 fazlı doğrultucular hem daha yüksek güç elde etmek için hem de daha düzgün DC gerilim sağlamak için kullanılan güç elektroniği devreleridir.
- 1 fazlı doğrultucu devrelerle yaklaşık 15kW güçlere kadar çıkılmakta daha yüksek güçler için ise 3 faz kullanımı gerekmektedir.
- 3 fazlı doğrultucular da 1 fazlılar gibi önce kontrolsüz daha sonra da kontrollü olarak incelenecek ve analizi yapılacaktır.

- 3 fazlı yarım dalga kontrolsüz doğrultucu (rezistif yükte);
- 3 fazlı yarım dalga kontrolsüz doğrultucu bağlantısı rezistif yükte çalışma için Şekil-4.74'de gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi her fazın pozitif alternansı bir diyot tarafından iletilmektedir.
- Şekil-4.75'de ise devreye ait temel dalga şekilleri görülmektedir.



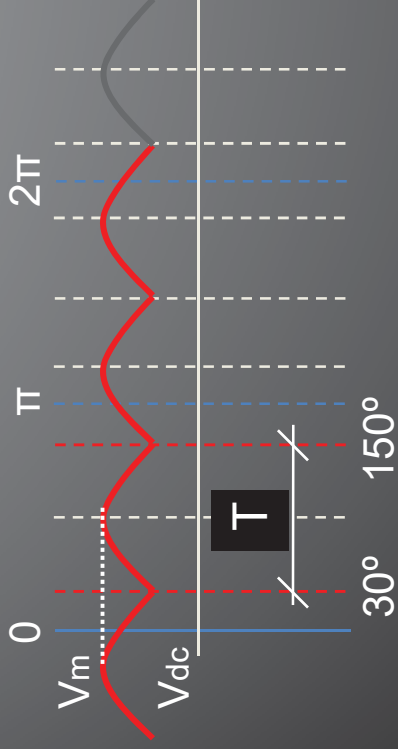
IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Yan taraftaki dalga temel şekillerinden görülebileceği gibi, yarım dalga doğrultma yapılmasına ve filtreleme kullanılmamasına rağmen her 3 faz gerilimi arasındaki 120° 'lik faz kaymalarından dolayı çıkış gerilimi oldukça düzgün oluşmuştur.
- Devrenin faz gerilimlerini doğrulttuğu görülmektedir. Fakat diyotlar üzerine gelen ters gerilimin hat gerilimi olduğu görülmektedir.
- Kaynaklardan çekilen akım ise kare dalga formatında olup 120° faz farklıdır.



IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Çıkış geriliminin ortalama değeri (V_{dc});
- 3 fazlı yarım dalga kontrolsüz doğrultucunun rezistif yükteki çıkış gerilim dalgası şekli aşağıdaki Şekil-4.76'da görüldüğü gibi olduğunu belirtmiştik. Bu durumda gerilimin ortalama değeri yan taraftaki gibi bulunabilecektir.



$$V_{dc} = \frac{1}{T} \int_0^T v_o(t) dt$$

$$V_{dc} = \frac{1}{2\pi/3} \int_{\pi/6}^{5\pi/6} V_m \sin \alpha d(\alpha)$$

$$V_{dc} = \frac{3}{2\pi} \int_{\pi/6}^{5\pi/6} V_m \sin \alpha d(\alpha)$$

$$V_{dc} = \frac{3V_m}{2\pi} (-\cos \alpha)_{\pi/6}^{5\pi/6}$$

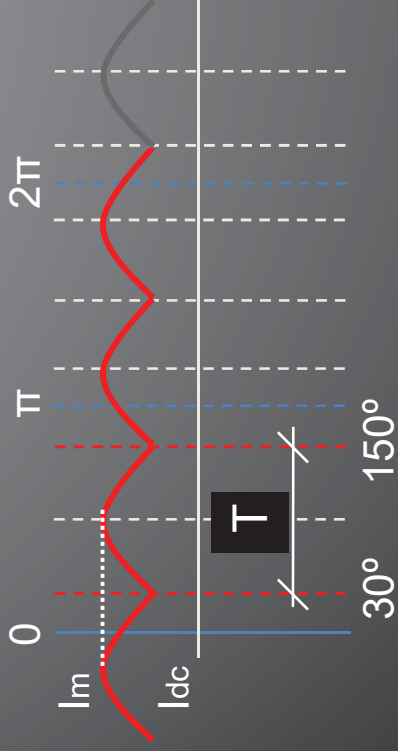
$$V_{dc} = \frac{3V_m}{2\pi} [-(\cos(5\pi/6) - \cos(\pi/6))]$$

$$V_{dc} = \frac{3V_m}{2\pi} [-(-0,866 - 0,866)] = \frac{3V_m}{2\pi} \cdot 1,732$$

$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{3}V_m}{2\pi} = 0,827V_m$$

IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Çıkış akımının ortalama değeri (I_{dc});
- 3 fazlı yarım dalga kontrolsüz doğrultucunun rezistif yükteki çıkış akımı dalgı şekli aşığıdaki Şekil-4.77’de görüldüğü gibi olduğunu belirtmiştik. Bu durumda akımın ortalama değeri yan taraftaki gibi bulunabilecektir.



$$I_{dc} = \frac{1}{T} \int_0^T i_o(t) dt$$

$$I_{dc} = \frac{1}{2\pi/3} \int_{\pi/6}^{5\pi/6} I_m \sin \alpha d(\alpha)$$

$$I_{dc} = \frac{3}{2\pi} \int_{\pi/6}^{5\pi/6} I_m \sin \alpha d(\alpha)$$

$$I_{dc} = \frac{3 \cdot I_m}{2\pi} (-\cos \alpha)_{\pi/6}^{5\pi/6}$$

$$I_{dc} = \frac{3 \cdot I_m}{2\pi} [-(\cos(5\pi/6) - \cos(\pi/6))]$$

$$I_{dc} = \frac{3 \cdot I_m}{2\pi} [-(-0,866 - 0,866)] = \frac{3 \cdot I_m}{2\pi} \cdot 1,732$$

$$I_{dc} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_m}{2\pi} = 0,827 I_m = \frac{V_{dc}}{R}$$

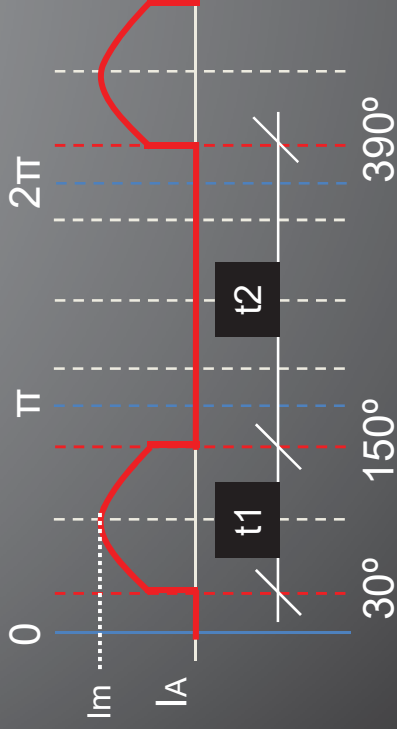
IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Ortalama çıkış gücü (P_{dc});

$$P_{dc} = I_{dc} \cdot V_{dc} \text{ 'den bulunabilir.}$$

- Kaynak akımının etkin değeri ($I_{A(rms)}$);

Kaynağın bir fazından çekilen akım Şekil-4.78'de görülmekte olup bu akımın etkin değeri yandaki gibi bulunabilecektir.



- Şekil-4.78'de verilen şekle göre kaynak akımını “ I_m ” tepe değerli kare dalga formatında bir akım olarak kabul edersek bu akımın yaklaşık etkin değeri

$$I_{A(rms)} = I_m \cdot \sqrt{k}$$

eşitliğinden bulunabilecektir. Burada etkin peryot (k), $k = t1 / (t1 + t2)$ 'den bulunacaktır.

- 5) Kaynaktan çekilen toplam etkin güç ($P_{S(rms)}$);

$$P_{A(rms)} = I_{A(rms)} \cdot V_{f(rms)}$$

Üç fazdan çekilen toplam güç;

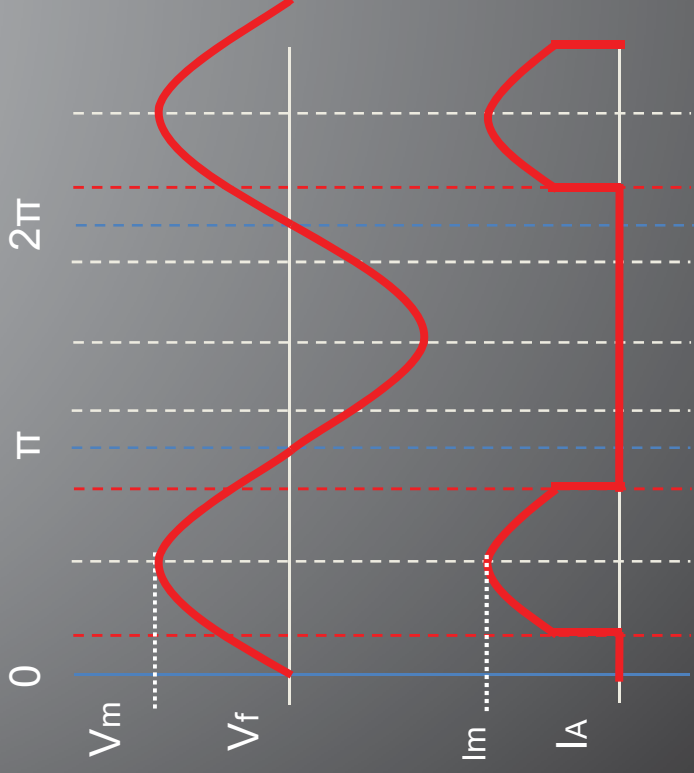
$$P_{S(rms)} = 3 \cdot P_{A(rms)}$$

IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Devrenin güç katsayısı ($\cos\phi$);

Kaynağın bir fazından çekilen akım ve ilgili faz gerilimi Şekil-4.79'da görülmektedir.

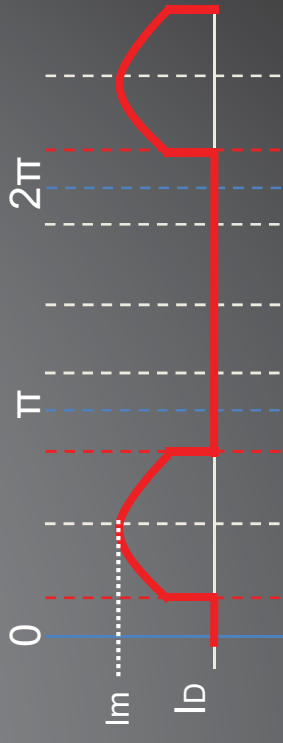
- Şekil-4.79'da verilen şekle göre kaynak akımı, kaynağın sadece pozitif alternanslarında çekildiği için dengesiz ve güç katsayısı da belirsizdir.



- Anahtar (diyot) akımı (I_D);

Anahtar (diyot) akımı dalga şekli Şekil-4.80'deki gibidir. Bu şekle göre anahtar akımı;

$$I_D = I_m + (\%30 \cdot I_m) = 1,3 \cdot V_m/R$$

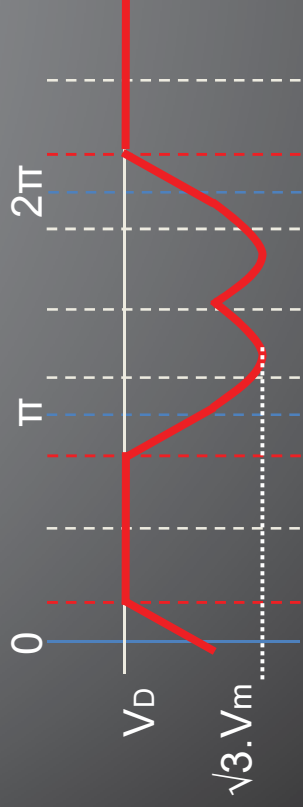


IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

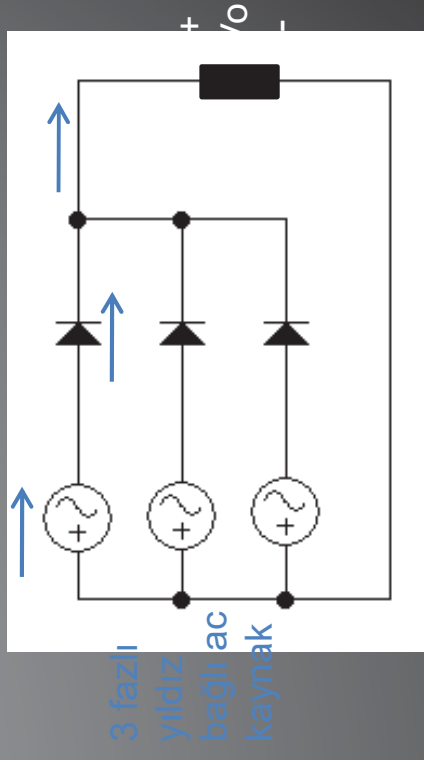
- Anahtar (diyot) gerilimi (V_D); Anahtar gerilimi aşağıdaki Şekil-4.81’de görülmektedir. Görüldüğü gibi anahtar üzerine doğrudan kaynağın hat gerilimi gelmektedir. Bu durumda anahtar gerilimi, hat gerilimi tepe değerinin ($\sqrt{3} \cdot V_m$) en az %30 daha fazlası olmalıdır.

$$V_D = \sqrt{3} \cdot V_m + \%30$$

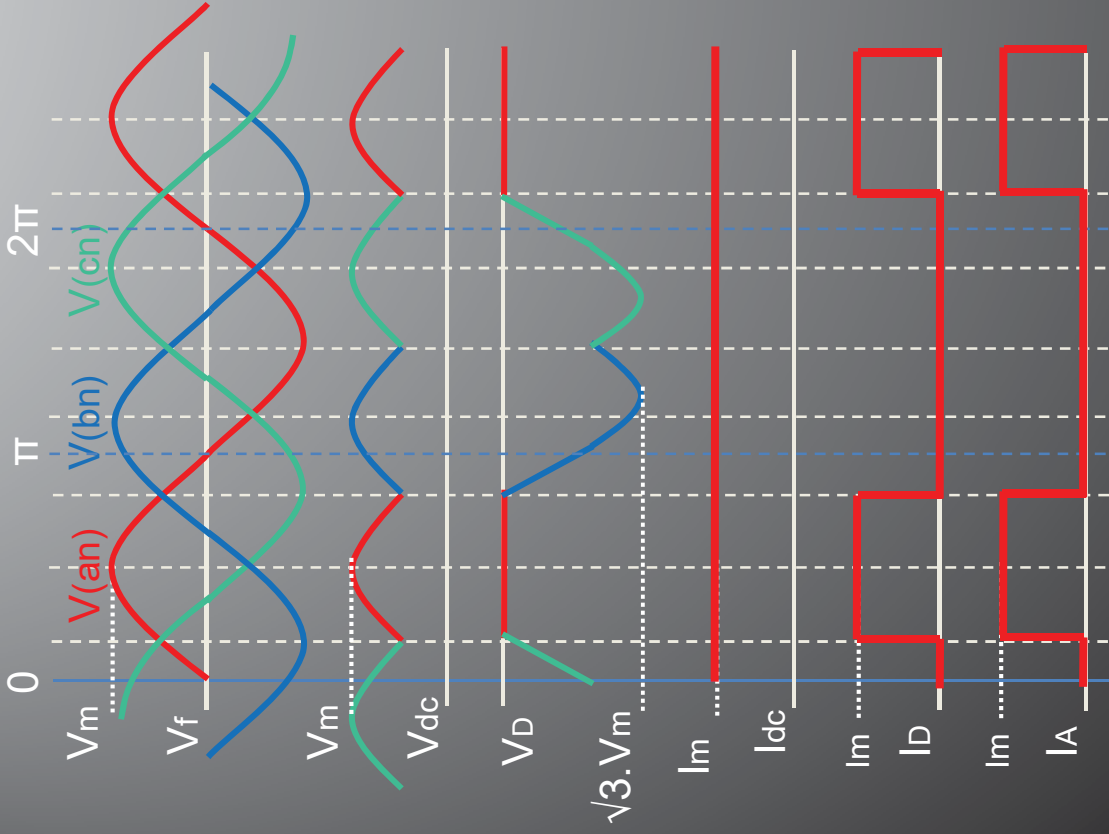
$$V_D = \sqrt{3} \cdot V_m \cdot 1,3 \text{ olur.}$$



- 3 fazlı yarım dalga kontrolsüz doğrultucu (endüktif yükte);
- 3 fazlı yarım dalga kontrolsüz doğrultucu bağlantısı endüktif yük için aşağıdaki Şekil-4.82’de gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi yüke ters paralel bir serbest geçiş diyodu bağlanmamıştır.
- Şekil-4.83’de ise devreye ait temel dalga şekilleri görülmektedir.



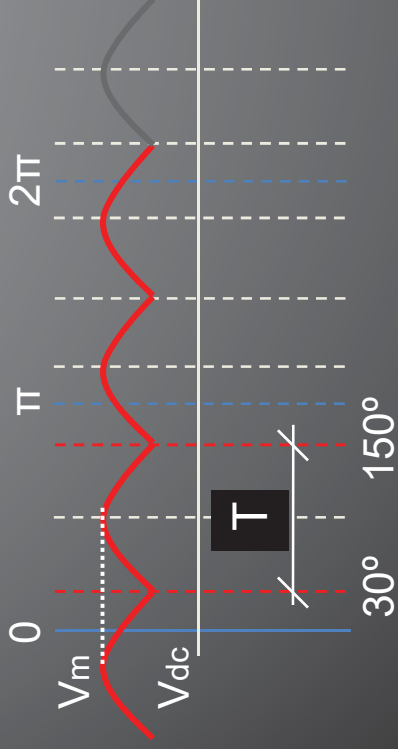
IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER



- Yan taraftaki dalga temel şekillerinden görülebileceği gibi, yarım dalga doğrultma yapılmasına ve filtreleme kullanılmamasına rağmen her 3 faz gerilimi arasındaki 120° 'lik faz kaymalarından dolayı çıkış gerilimi oldukça düzgün oluşmuştur.
- Devrenin faz gerilimlerini doğrulttuğu görülmektedir. Fakat diyotlar üzerine gelen ters gerilimin hat gerilimi olduğu görülmektedir.
- Kaynaklardan çekilen akım ise kare dalga formatında olup 120° faz farklıdır.

IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Çıkış geriliminin ortalama değeri (V_{dc});
- 3 fazlı yarım dalga kontrolsüz doğrultucunun endüktif yükteki çıkış gerilim dalga şekli aşağıdaki Şekil-4.84'de görüldüğü gibi olduğunu belirtmiştik. Bu durumda gerilimin ortalama değeri yan taraftaki gibi bulunabilecektir.



$$V_{dc} = \frac{1}{T} \int_0^T v_o(t) dt$$

$$V_{dc} = \frac{1}{2\pi/3} \int_{\pi/6}^{5\pi/6} V_m \sin \omega t d(\omega t)$$

$$V_{dc} = \frac{3}{2\pi} \int_{\pi/6}^{5\pi/6} V_m \sin \omega t d(\omega t)$$

$$V_{dc} = \frac{3V_m}{2\pi} (-\cos \omega t)_{\pi/6}^{5\pi/6}$$

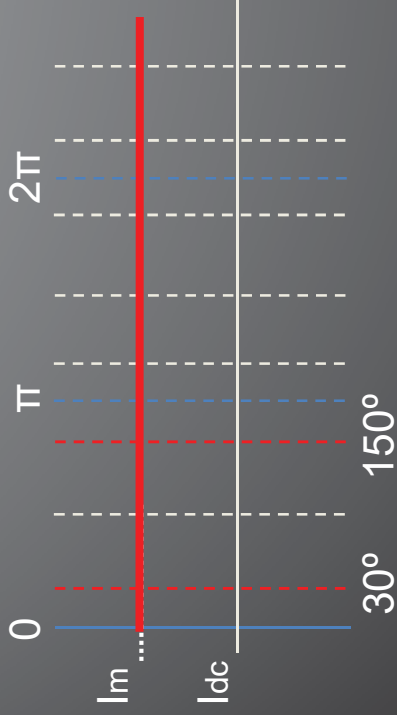
$$V_{dc} = \frac{3V_m}{2\pi} [-(\cos(5\pi/6) - \cos(\pi/6))]$$

$$V_{dc} = \frac{3V_m}{2\pi} [-(-0,866 - 0,866)] = \frac{3V_m}{2\pi} \cdot 1,732$$

$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{3}V_m}{2\pi} = 0,827V_m$$

IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- ❑ Çıkış akımının ortalama değeri (I_{dc});
- ❑ 3 fazlı yarım dalga kontrolsüz doğrultucunun endüktif yükteki çıkış akımı dalga şekli aşağıdaki Şekil-4.85’de görüldüğü gibi olduğunu belirtmiştik. Bu durumda akımın ortalama değeri yan taraftaki gibi bulunabilecektir.



- ❑ Burada yük çok endüktif kabul edilerek çıkış akımı da tamamen düz kabul edilmiştir.
- ❑ Bu akım her 120 derecede devreye giren fazlara ait diyotlar üzerinden sağlanmakta olup serbest geçiş diyoduna ihtiyaç kalmamaktadır.
- ❑ Bu nedenle serbest geçiş diyodu kullanılmamıştır.
- ❑ Bu durumda akımın ortalama değeri, etkin değeri, ani değeri tepe değere eşit olacaktır.
- ❑ $I_{dc} = I_m = V_m / Z$ olacaktır.

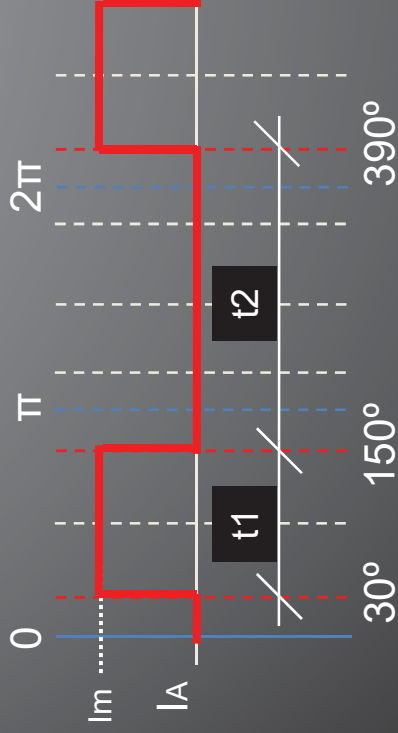
IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Ortalama çıkış gücü (P_{dc});

$$P_{dc} = I_{dc} \cdot V_{dc} \text{ 'den bulunabilir.}$$

- Kaynak akımının etkin değeri ($I_{A(rms)}$);

Kaynağın bir fazından çekilen akım Şekil-4.85’de görülmekte olup bu akımın etkin değeri yandaki gibi bulunabilecektir.



- Şekil-4.85’de verilen şekle göre kaynak akımını “ I_m ” tepe değerli kare dalga formatında bir akım olduğu görülmektedir. Buna göre akımın etkin değeri,

$$I_{A(rms)} = I_m \cdot \sqrt{k}$$

eşitliğinden bulunabilecektir. Burada etkin peryot (k), $k = t1 / (t1 + t2)$ ’den bulunacaktır.

- 5) Kaynaktan çekilen toplam etkin güç ($P_{S(rms)}$);

$$P_{A(rms)} = I_{A(rms)} \cdot V_{f(rms)}$$

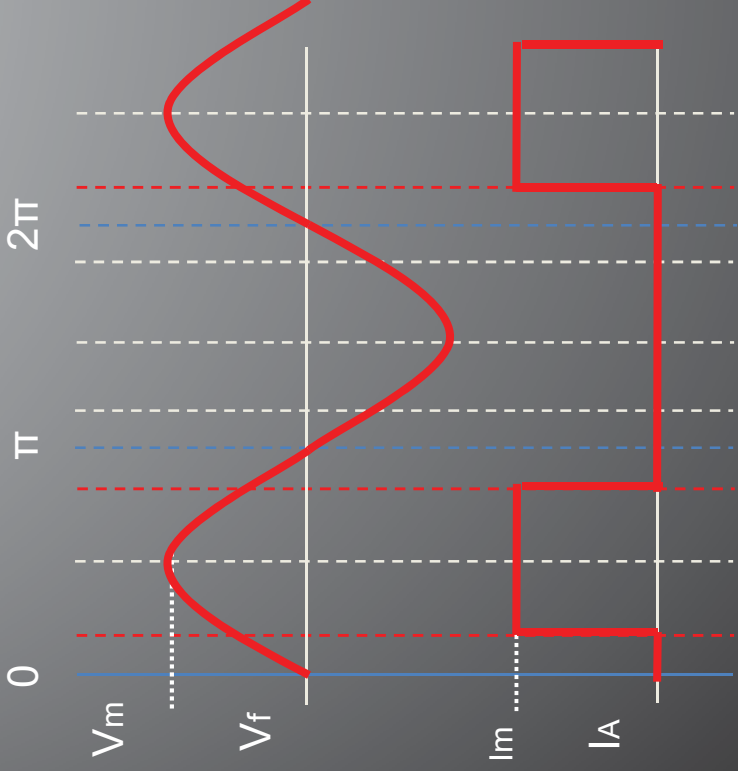
Üç fazdan çekilen toplam güç;

$$P_{S(rms)} = 3 \cdot P_{A(rms)}$$

IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

□ Devrenin güç katsayısı ($\cos\phi$);

Kaynağın bir fazından çekilen akım ve ilgili faz gerilimi Şekil-4.86'da görülmektedir.

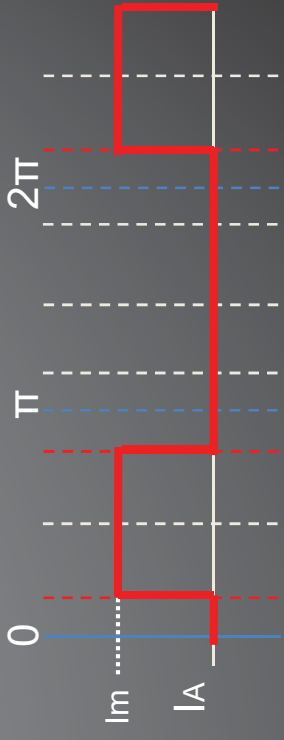


□ Şekil-4.86'da verilen şekle göre kaynak akımı, kaynağın sadece pozitif alternanslarında çekildiği için dengesiz ve güç katsayısı da belirsizdir.

□ Anahtar (diyot) akımı (I_D);

Anahtar (diyot) akımı dalga şekli Şekil-4.87'deki gibidir. Bu şekle göre anahtar akımı;

$$I_D = I_m + (\%30 \cdot I_m) = 1,3 \cdot V_m/R$$



IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

■ Anahtar (diyot) gerilimi (V_D);

Anahtar gerilimi aşağıdaki Şekil-4.88'de görülmektedir. Görüldüğü gibi anahtar üzerine doğrudan kaynağın hat gerilimi gelmektedir. Bu durumda anahtar gerilimi, hat gerilimi tepe değerinin ($\sqrt{3} \cdot V_m$) en az %30 daha fazlası olmalıdır.

$$V_D = \sqrt{3} \cdot V_m + \%30$$

$$V_D = \sqrt{3} \cdot V_m \cdot 1,3 \text{ olur.}$$



■ Örnek:

- 220V/380V-50Hz şebekede çalıştırılan 3 fazlı yarım dalga kontrolsüz doğrultucu,
- a) 10Ω 'luk rezistif bir yükü beslediğinde oluşacak tüm devre parametrelerini,
- b) 10Ω 'luk endüktif bir yükü beslediğinde oluşacak tüm devre parametrelerini hesaplayınız.

■ Çözüm:

- a) Rezistif yükte çıkış geriliminin ortalama değeri, $V_{dc} = 0,827 \cdot V_m$ 'den

IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

$$V_m = V_{rms} \cdot \sqrt{2} = 220 \cdot \sqrt{2} = 311V$$

$$V_{dc} = 0,827 \cdot 311$$

$$V_{dc} = 257,19V$$

- Çıkış akımı ortalama değeri,

$$I_{dc} = V_{dc} / R = 257,19 / 10$$

$$I_{dc} = 25,72A$$

Ortalama çıkış gücü,

$$P_{dc} = I_{dc} \cdot V_{dc}$$

$$P_{dc} = 25,72 \cdot 257,19 = 6,61kW$$

- Kaynak akımının etkin değeri,

$$I_{A(rms)} = I_m \cdot \sqrt{k}$$

$$I_{A(rms)} = V_m / R \cdot \sqrt{[t_1 / (t_1 + t_2)]}$$

$$I_{A(rms)} = 311 / 10 \cdot \sqrt{(6,66ms / 20ms)}$$

$$I_{A(rms)} = 17,94A$$

- Rezistif yükte kaynaktan çekilen etkin güç,

$$P_{S(rms)} = 3 \cdot I_{S(rms)} \cdot V_{S(rms)}$$

$$P_{S(rms)} = 3 \cdot 17,94 \cdot 220 = 11,84kW$$

- Rezistif yükte anahtar (diyot) gerilimi,

$$V_D \geq \sqrt{3} \cdot V_m + \%30$$

$$V_D \geq \sqrt{3} \cdot 311 \cdot 1,3 \geq 700V$$

- Rezistif yükte anahtar (diyot) akımı,

$$I_D \geq I_m + \%30$$

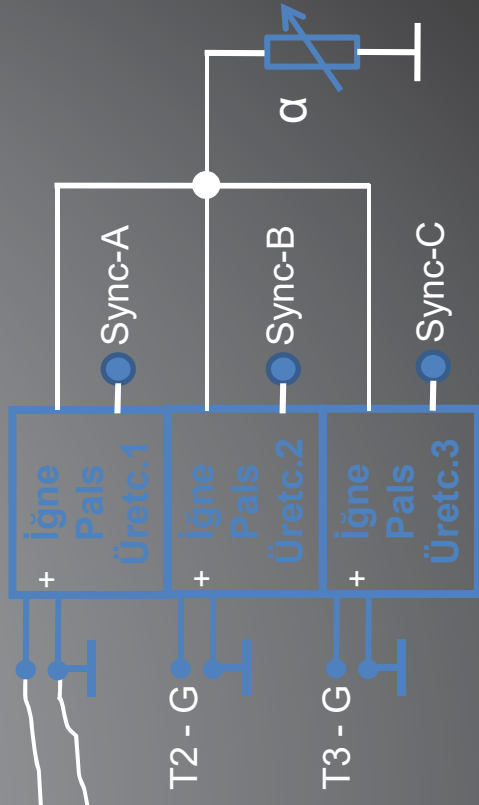
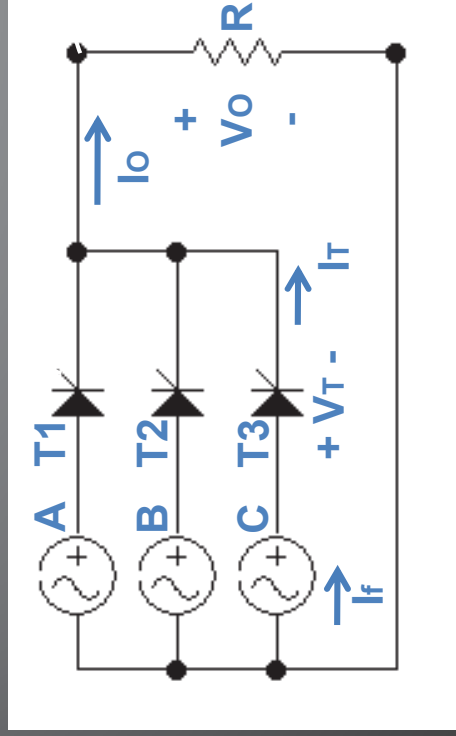
$$I_D \geq 31,1 \cdot 1,3 \geq 40A$$

IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

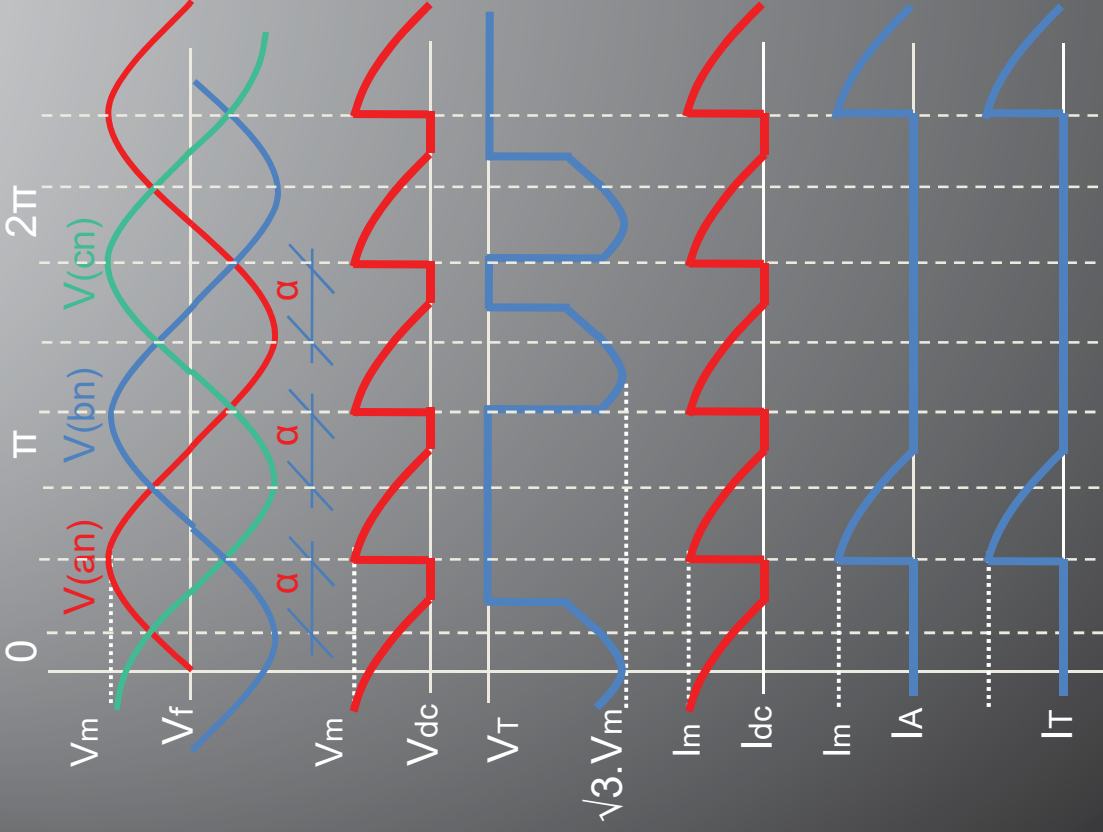
- b) Endüktif yükte çıkış geriliminin ortalama değeri, $V_m = V_{rms} \cdot \sqrt{2} = 220 \cdot \sqrt{2} = 311V$
 $V_{dc} = 0,827 \cdot 311 = 257,19V$
- Çıkış akımı ortalama değeri, $I_{dc} = I_m = V_m / Z = 311 / 10 = 31,1A$
- Ortalama çıkış gücü, $P_{dc} = I_{dc} \cdot V_{dc}$
 $P_{dc} = 31,1 \cdot 257,19 = 7,99kW$
- Kaynak akımının etkin değeri, $I_{A(rms)} = I_m \cdot \sqrt{k}$
 $I_{A(rms)} = V_m / Z \cdot \sqrt{[t_1 / (t_1 + t_2)]}$
 $I_{A(rms)} = 311 / 10 \cdot \sqrt{(6,66ms / 20ms)}$
 $I_{A(rms)} = 17,94A$
- Endüktif yükte kaynaktan çekilen etkin güç, $P_{S(rms)} = 3 \cdot I_{S(rms)} \cdot V_{S(rms)}$
 $P_{S(rms)} = 3 \cdot 17,94 \cdot 220 = 11,84kW$
- Endüktif yükte anahtar (diyot) gerilimi, $V_D \geq \sqrt{3} \cdot V_m + \%30$
 $V_D \geq \sqrt{3} \cdot 311 \cdot 1,3 \geq 700V$
- Endüktif yükte anahtar (diyot) akımı, $I_D \geq I_m + \%30$
 $I_D \geq 31,1 \cdot 1,3 \geq 40A$

IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 3 fazlı yarım dalga kontrollü doğrultucu (rezistif yükte);
- 3 fazlı yarım dalga kontrollü doğrultucu devre bağlantısı saf rezistif yükte çalışma için aşağıdaki Şekil-4.89'da gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi her fazın pozitif alternansı ayrı bir tristör tarafından kontrol edilmektedir.
- Şekil-4.89'da görülen devredeki tristörleri kontrol etmek için ise aşağıdaki Şekil-229'da görüldüğü gibi 3 fazlı bir uyarma devresine ihtiyaç duyulmaktadır.
- Şekil-4.90'da ise devrenin çalışmasını gösteren dalga şekilleri verilmiştir.



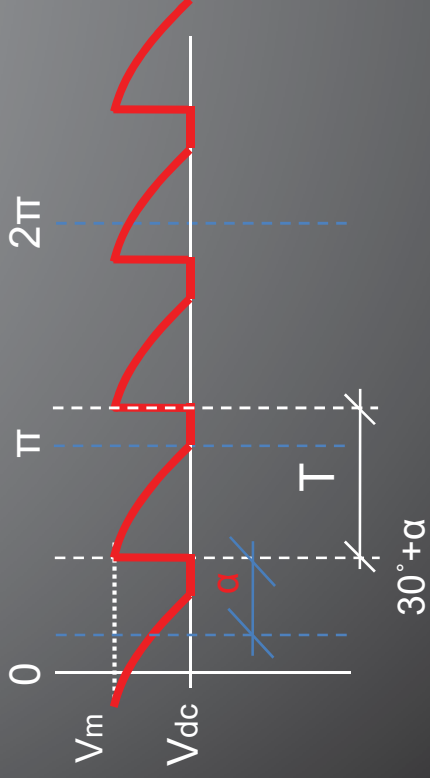
IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER



- Şekil-4.90'daki temel dalga şekillerinden görüldüğü gibi, her bir tristör kendi fazının pozitif alternansında ilk 30° 'den sonra kontrol edilmeye başlanmakta ve bu kontrol alternans sonuna kadar devam edebilmektedir.
- Devre faz gerilimlerini doğrultmakta fakat devredeki tristörler üzerine çalışma sırasında darbeler halinde hat gerilimi gelmektedir.
- Yük rezistif olduğu için çıkış akımının dalga şekli, çıkış geriliminin şekliyle tamamen aynıdır.

IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Çıkış geriliminin ortalama değeri (V_{dc});
- 3 fazlı yarım dalga kontrollu doğrultucunun rezistif yükteki çıkış gerilim dalga şekli aşağıdaki Şekil-4.91'de görüldüğü gibi olduğunu belirtmiştik. Bu durumda gerilimin ortalama değeri yan taraftaki gibi bulunabilecektir.



$\alpha \geq 30^\circ$ için

$$V_{dc} = \frac{1}{T} \int_0^T v_o(t).dt$$

$$V_{dc} = \frac{1}{2\pi / 3} \int_{\pi / 6 + \alpha}^{\pi} V_m \cdot \sin(\omega t).d(\omega t)$$

$$V_{dc} = \frac{3.V_m}{2\pi} \int_{\pi / 6 + \alpha}^{\pi} \sin(\omega t).d(\omega t)$$

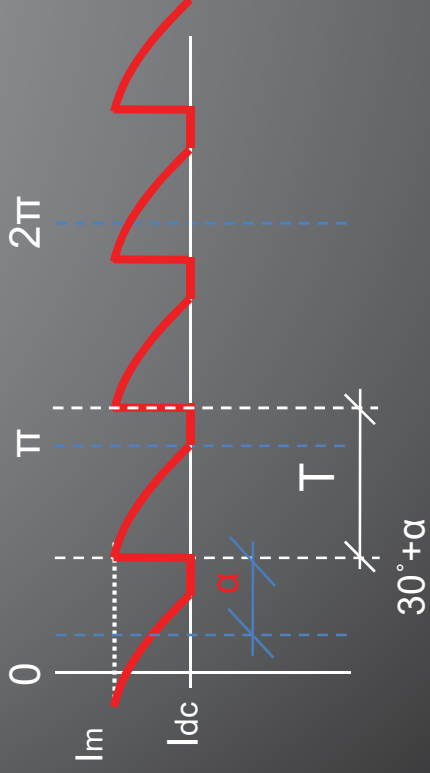
$$V_{dc} = \frac{3.V_m}{2\pi} [-\cos(\omega t)]_{\pi / 6 + \alpha}^{\pi}$$

$$V_{dc} = \frac{3.V_m}{2\pi} [-\cos \pi + \cos(\pi / 6 + \alpha)]$$

$$V_{dc} = \frac{3.V_m}{2\pi} [1 + \cos(30^\circ + \alpha)]$$

IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Çıkış akımının ortalama değeri (I_{dc});
- 3 fazlı yarım dalga kontrollu doğrultucunun rezistif yükteki çıkış akımının dalga şekli aşağıdaki Şekil-4.92’de görüldüğü gibi olduğunu belirtmiştik. Bu durumda akımın ortalama değeri yan taraftaki gibi bulunabilecektir.



$\alpha \geq 30^\circ$ için

$$I_{dc} = \frac{1}{T} \int_0^T i_o(t) \cdot dt$$

$$I_{dc} = \frac{1}{2\pi/3} \int_{\pi/6+\alpha}^{\pi} I_m \cdot \sin(\omega t) \cdot d(\omega t)$$

$$I_{dc} = \frac{3 \cdot I_m}{2\pi} \int_{\pi/6+\alpha}^{\pi} \sin(\omega t) \cdot d(\omega t)$$

$$I_{dc} = \frac{3 \cdot I_m}{2\pi} [-\cos(\omega t)]_{\pi/6+\alpha}^{\pi}$$

$$I_{dc} = \frac{3 \cdot I_m}{2\pi} [-\cos \pi + \cos(\pi/6 + \alpha)]$$

$$I_{dc} = \frac{3 \cdot I_m}{2\pi} [1 + \cos(30^\circ + \alpha)] = \frac{V_{dc}}{R}$$

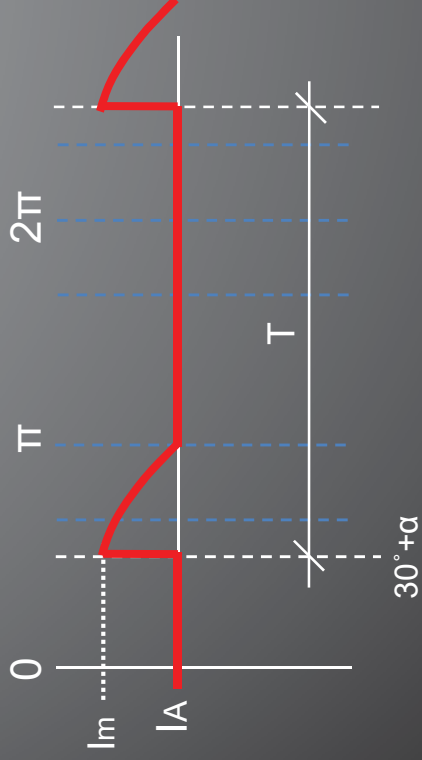
IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Ortalama çıkış gücü (P_{dc});

$$P_{dc} = I_{dc} \cdot V_{dc} \text{ 'den bulunabilir.}$$

- Kaynak akımının etkin değeri ($I_{A(rms)}$);

Kaynağın bir fazından çekilen akım Şekil-4.93'da görülmekte olup bu akımın etkin değeri yandaki gibi bulunabilecektir.



$$I_{A(rms)} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [i_s(t)]^2 \cdot dt}$$

$$I_{A(rms)} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} [I_m \cdot \sin(\omega t)]^2 \cdot d(\omega t)}$$

$$I_{A(rms)} = \sqrt{\frac{I_m^2}{2\pi} \int_{\pi/6+\alpha}^{\pi} \sin^2(\omega t) \cdot d(\omega t)}$$

$$I_{A(rms)} = \sqrt{\frac{I_m^2}{2\pi} \left[\frac{\omega t}{2} - \frac{\sin(2\omega t)}{4} \right]_{\pi/6+\alpha}^{\pi}}$$

$$I_{A(rms)} = \frac{I_m}{2} \sqrt{\frac{5}{6} - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin(\pi/3 + 2\alpha)}{2\pi}}$$

Kaynaktan çekilen toplam etkin güç ($P_{S(rms)}$);

$$P_{A(rms)} = I_{A(rms)} \cdot V_{f(rms)}$$

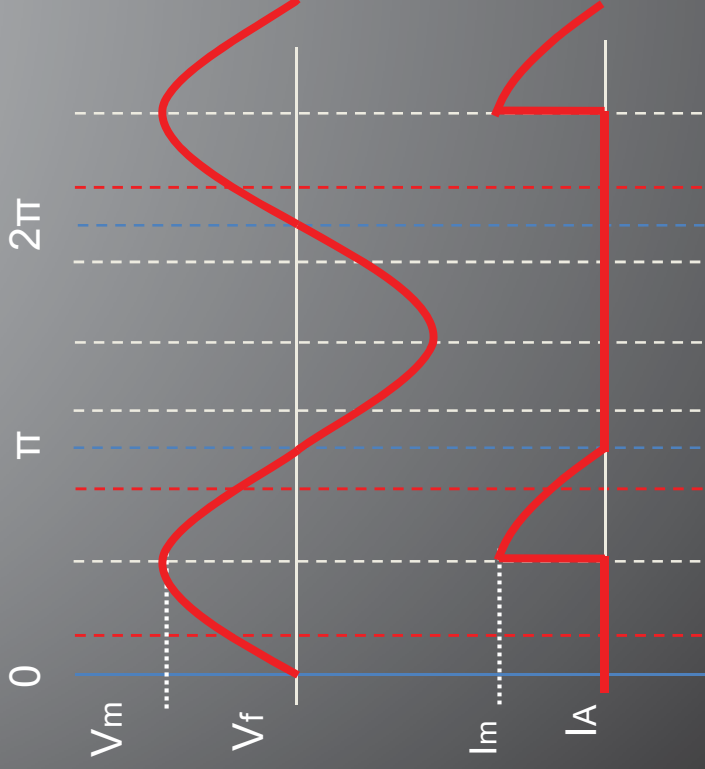
Üç fazdan çekilen toplam güç;

$$P_{S(rms)} = 3 \cdot P_{A(rms)}$$

IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Devrenin güç katsayısı ($\cos\phi$);

Kaynağın bir fazından çekilen akım ve ilgili faz gerilimi Şekil-4.94'de görülmektedir.

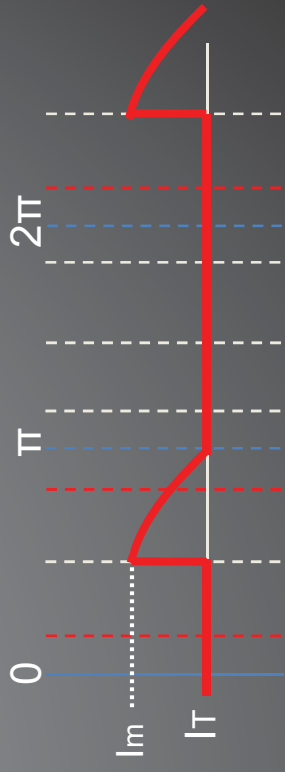


- Şekil-4.94'de verilen şekle göre kaynak akımı, kaynağın sadece pozitif alternanslarında çekildiği için dengesiz ve güç katsayısı da belirsizdir.

- Anahtar (tristör) akımı (I_T);

Anahtar (tristör) akımı dalga şekli Şekil-4.95'deki gibidir. Bu şekle göre anahtar akımı;

$$I_T = I_m + (\%30 \cdot I_m) = 1,3 \cdot V_m/R$$

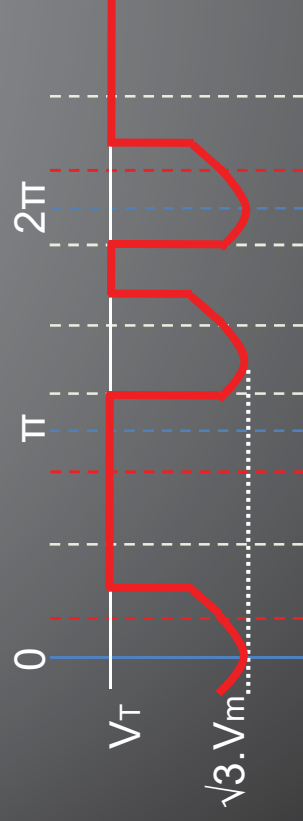


IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

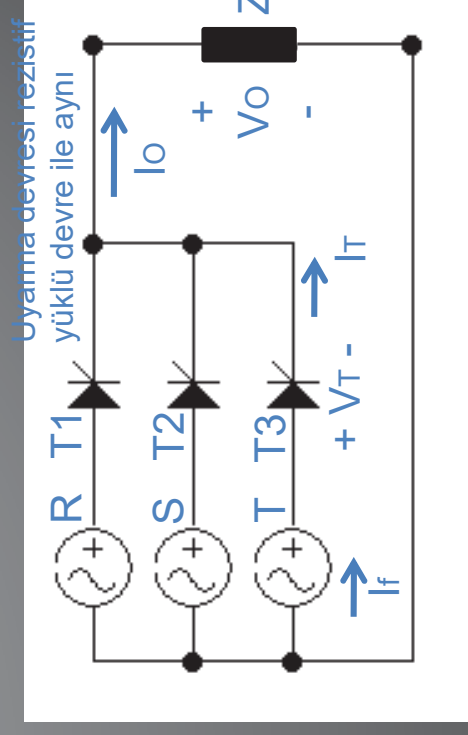
- Anahtar (trist.) gerilimi (V_T);
- Anahtar gerilimi aşağıdaki
Şekil-4.96’da görülmektedir.
Görüldüğü gibi anahtar üzerine
doğrudan kaynağın hat gerilimi
gelmektedir. Bu durumda
anahtar gerilimi, hat gerilimi
tepe değerinin ($\sqrt{3} \cdot V_m$) en az
%30 daha fazlası olmalıdır.

$$V_T = \sqrt{3} \cdot V_m + \%30$$

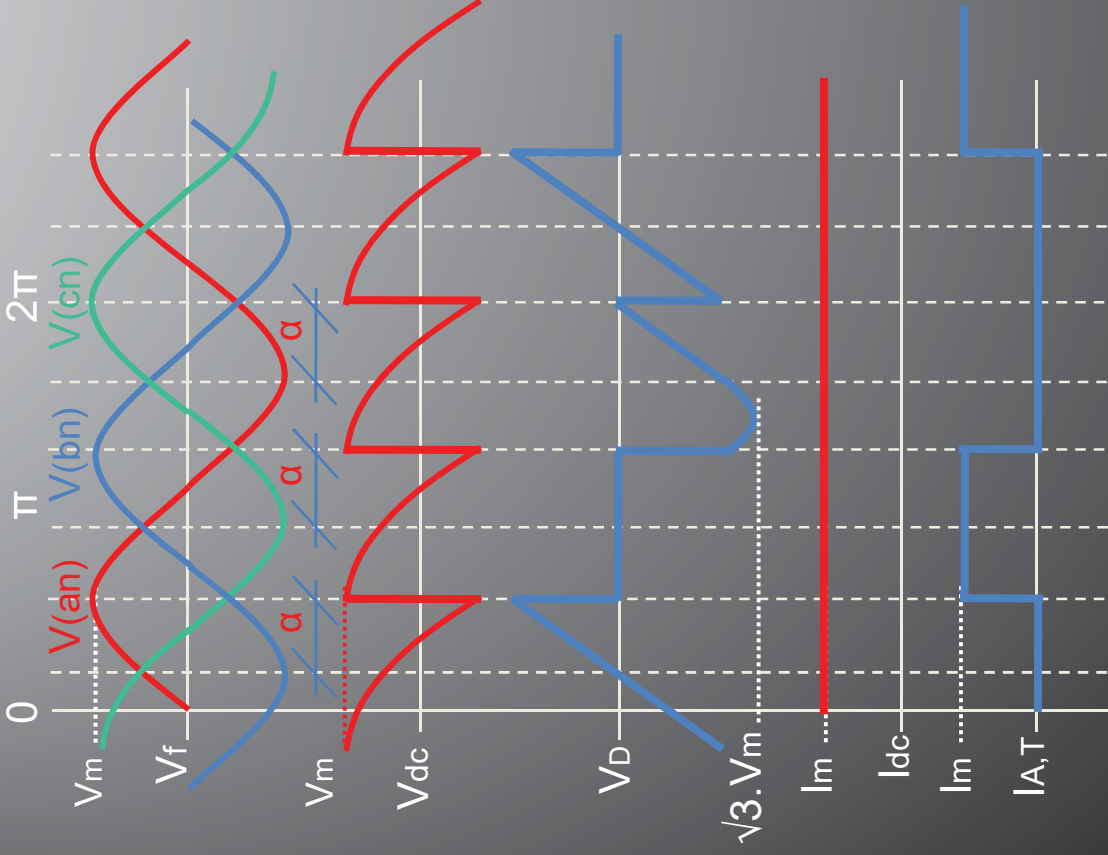
$V_T = \sqrt{3} \cdot V_m \cdot 1,3$ olur.



- 3 fazlı yarım dalga kontrollu doğrultucu (endüktif yükte);
- 3 fazlı yarım dalga kontrollu doğrultucu devre bağlantısı endüktif yük için Şekil-4.97’de gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi yüke ters paralel bir serbest geçiş diyonu bağlanmamıştır.
- Şekil-4.98’de ise devreye ait temel dalga şekilleri görülmektedir



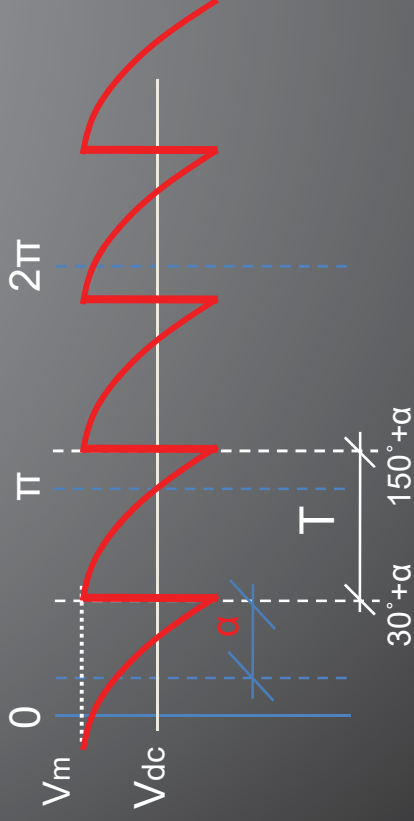
IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER



- Şekil-4.98'deki temel dalga şekillerinden görüldüğü gibi, çok endüktif yükte her bir tristör yine kendi fazının pozitif alternansında ilk 30° 'den sonra kontrol edilmeye başlanmakta ve bu iletim diğer tristör uyarılana kadar sürmektedir.
- Şekilden görüldüğü gibi, çıkış akımı tamamen düz kabul edilmiştir. Serbest geçiş diyoduna gerek kalmaksızın her bir tristör diğeri uyarılana kadar iletimde kalarak bu devamlılığı sağlamaktadır.
- Devre çıkışına serbest geçiş diyodu bağlanacak olursa, çıkış geriliminin negatife geçişleri kesilecektir.

IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Çıkış geriliminin ortalama değeri (V_{dc});
- 3 fazlı yarım dalga kontrollu doğrultucunun endüktif yükteki çıkış gerilim dalga şekli aşağıdaki Şekil-4.99'da görüldüğü gibi olduğunu belirtmiştik. Bu durumda gerilimin ortalama değeri yan taraftaki gibi bulunabilecektir.



$$V_{dc} = \frac{1}{T} \int_0^T v_o(t) \cdot dt$$

$$V_{dc} = \frac{1}{2\pi/3} \int_{\pi/6+\alpha}^{5\pi/6+\alpha} V_m \cdot \sin(\omega t) \cdot d(\omega t)$$

$$V_{dc} = \frac{3 \cdot V_m}{2\pi} \int_{\pi/6+\alpha}^{5\pi/6+\alpha} \sin(\omega t) \cdot d(\omega t)$$

$$V_{dc} = \frac{3 \cdot V_m}{2\pi} [-\cos(\omega t)]_{\pi/6+\alpha}^{5\pi/6+\alpha}$$

$$V_{dc} = \frac{3 \cdot V_m}{2\pi} [-\cos(5\pi/6 + \alpha) + \cos(\pi/6 + \alpha)]$$

$$V_{dc} = \frac{3 \cdot V_m}{2\pi} [-(\cos 150^\circ \cdot \cos \alpha - \sin 150^\circ \cdot \sin \alpha)]$$

$$V_{dc} = \frac{3 \cdot V_m}{2\pi} 1,73 \cdot \cos \alpha = \frac{3 \cdot \sqrt{3} \cdot V_m \cos \alpha}{2\pi}$$

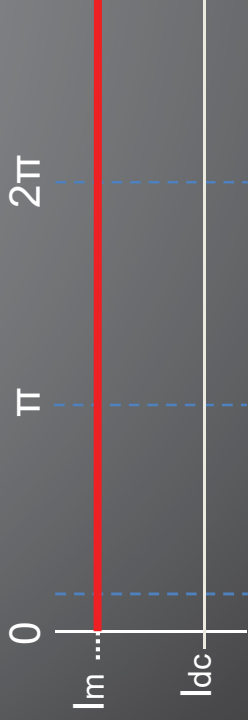
IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Çıkış akımının ortalama değeri (I_{dc});

- 3 fazlı yarım dalga kontrollu doğrultucunun endüktif yükteki çıkış akımının dalga şekli aşağıdaki Şekil-4.100'de görüldüğü gibi olduğunu belirtmiştik. Bu durumda akımın ortalama değeri,

$$I_{dc} = I_m = V_m / Z$$

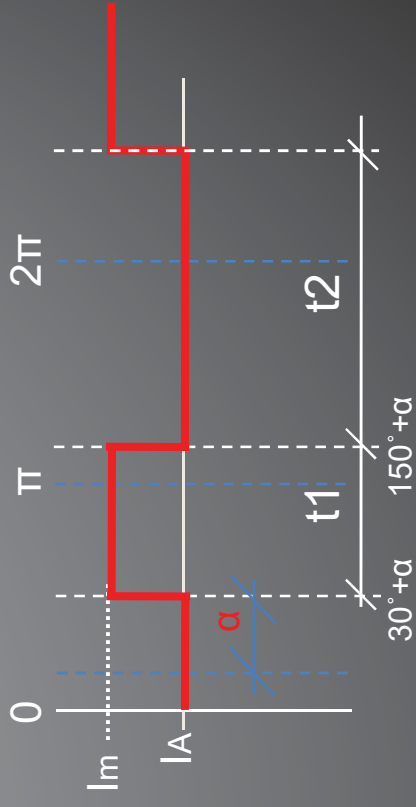
eşitliğinden bulunabilecektir.



- Ortalama çıkış gücü (P_{dc});
 $P_{dc} = I_{dc} \cdot V_{dc}$ 'den bulunabilir.

- Kaynak akımının etkin değeri ($I_{A(rms)}$);

Kaynağın bir fazından çekilen akım Şekil-4.101'de görülmekte olup, etkin değeri etkin peryoda göre bulunabilir.



IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

Şekil-4.101'e göre, kaynak akımının etkin peryodu,

$$k = t_1 / (t_1 + t_2)$$

Buradan akımın etkin değeri,

$$I_{A(rms)} = I_m \cdot \sqrt{k}$$

ifadesinden bulunabilecektir.

- Kaynaktan çekilen toplam etkin güç ($P_{S(rms)}$);

Bir fazdan çekilen güç,

$$P_{A(rms)} = I_{A(rms)} \cdot V_{f(rms)}$$

olduğuna göre buradan,

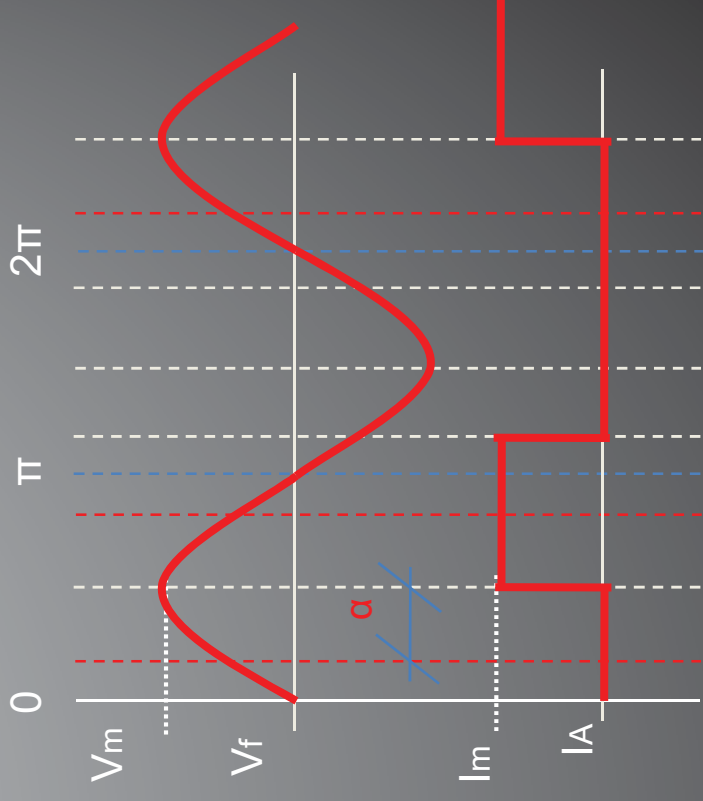
üç fazdan çekilen toplam güç;

$$P_{S(rms)} = 3 \cdot P_{A(rms)}$$

olur.

- Devrenin güç katsayısı ($\cos\phi$);

Kaynağın bir fazından çekilen akım ve ilgili faz gerilimi Şekil-4.102'de görülmektedir.



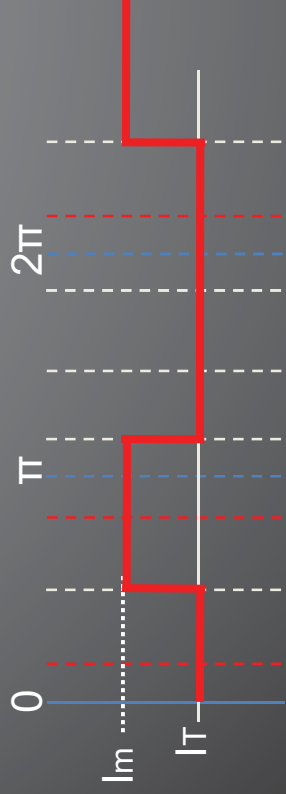
IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Şekil-4.102'de verilen şekilde göre kaynak akımı, kaynaktan sadece tek yönlü olarak (pozitif yönde) çekildiği için dengersiz ve güç katsayısı da belirsizdir.

□ 8) Anahtar (tristör) akımı (I_T);

Anahtar (tristör) akımı dalga şekli Şekil-4.103'deki gibidir. Bu şekilde göre anahtar akımı;

$$I_T = I_m + (\%30 \cdot I_m) = 1,3 \cdot V_m / R$$

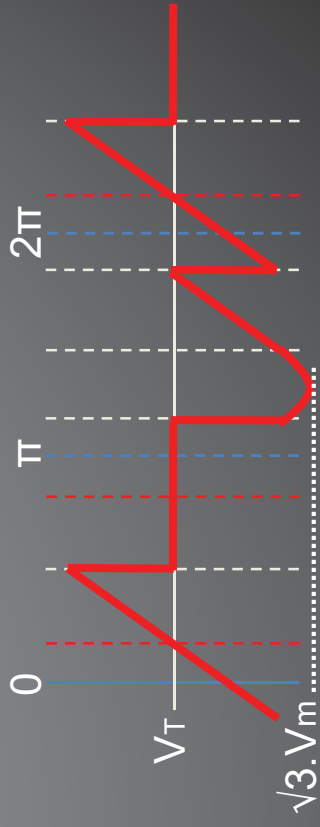


□ 9) Anahtar (trist.) gerilimi (V_T);

Anahtar gerilimi aşağıdaki Şekil-4.104'de görülmektedir. Görüldüğü gibi anahtar üzerine doğrudan kaynağın hat gerilimi gelmektedir. Bu durumda anahtar gerilimi, hat gerilimi tepe değerinin ($\sqrt{3} \cdot V_m$) en az %30 daha fazlası olmalıdır.

$$V_T = \sqrt{3} \cdot V_m + \%30$$

$$V_T = \sqrt{3} \cdot V_m \cdot 1,3 \text{ olur.}$$



IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- ❑ Üç fazlı yarım dalga kontrollü doğrultucunun rezistif ve tam endüktif yükler altında çalıştırılmasında yapılan analizlerde her bir güç elemanın 360 derecelik bir peryot içinde 120'şer derece çalıştığı, 240 derece ise yalıtımda kaldığı görülmüştür.
- ❑ Bu çalışma sırasında her bir elemandan faz akımı akmakta ve her bir eleman hat gerilimine dayanmak zorunda kalmaktadır.
- ❑ Kaynaktan çekilen akım tek yönlü olduğu için dengesizdir.

■ Örnek:

- 220V/380V-50Hz şebekede 90° uyarda çalıştırılan 3 fazlı yarım dalga kontrollü doğrultucu,
- a) 10Ω'luk rezistif bir yükü beslediğinde oluşacak tüm devre parametrelerini,
- b) 10Ω'luk endüktif bir yükü beslediğinde oluşacak tüm devre parametrelerini hesaplayınız.

■ Çözüm:

- a) Rezistif yükte çıkış geriliminin ortalama değeri,

$$V_{dc} = \frac{3 \cdot V_m}{2\pi} [1 + \cos(30^\circ + \alpha)]$$

IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

$$V_m = V_{rms} \cdot \sqrt{2} = 220 \cdot \sqrt{2} = 311V$$

$$V_{dc} = 3.311/6,28 \cdot (1 + \cos 120^\circ)$$

$$V_{dc} = 74,28V$$

- Çıkış akımı ortalama değeri,

$$I_{dc} = V_{dc} / R = 74,28 / 10$$

$$I_{dc} = 7,42A$$

Ortalama çıkış gücü,

$$P_{dc} = I_{dc} \cdot V_{dc}$$

$$P_{dc} = 7,42 \cdot 74,28 = 551,15W$$

- Kaynak akımının etkin değeri,

$$I_{S(rms)} = \frac{I_m}{2} \sqrt{\frac{5}{6} - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin(\pi/3 + 2\alpha)}{2\pi}}$$

$$I_{S(rms)} = (31,1 / 2) \cdot \sqrt{0,197} = 6,9A$$

- Rezistif yükte kaynaktan çekilen etkin güç,

$$P_{S(rms)} = 3 \cdot I_{S(rms)} \cdot V_{S(rms)}$$

$$P_{S(rms)} = 3 \cdot 6,9 \cdot 220 = 4,55kW$$

- Rezistif yükte anahtar (tristör) gerilimi,

$$V_D \geq \sqrt{3} \cdot V_m + \%30$$

$$V_D \geq \sqrt{3} \cdot 311 \cdot 1,3 \geq 700V$$

- Rezistif yükte anahtar (tristör) akımı,

$$I_D \geq I_m + \%30$$

$$I_D \geq 31,1 \cdot 1,3 \geq 40A$$

IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- b) Çok endüktif yükte çıkış geriliminin ortalama değeri,
 $V_m = V_{rms} \cdot \sqrt{2} = 220 \cdot \sqrt{2} = 311V$
 $V_{dc} = (3 \cdot \sqrt{3} \cdot V_m / 2\pi) \cdot \cos\alpha$
 $V_{dc} = 257 \cdot \cos 90^\circ = 0V$
- Çıkış akımı ortalama değeri,
 $I_{dc} = I_m = V_m / Z = 311 / 10 = 31,1A$
- Ortalama çıkış gücü,
 $P_{dc} = I_{dc} \cdot V_{dc}$
 $P_{dc} = 31,1 \cdot 0 = 0W$
(ani değer).
- Kaynak akımının etkin değeri,
 $I_A(rms) = I_m \cdot \sqrt{k}$
 $I_A(rms) = V_m / Z \cdot \sqrt{[t_1 / (t_1 + t_2)]}$
 $I_A(rms) = 311 / 10 \cdot \sqrt{(6,66ms / 20ms)}$
 $I_A(rms) = 17,94A$
- Endüktif yükte kaynaktan çekilen etkin güç,
 $P_{S(rms)} = 3 \cdot I_{S(rms)} \cdot V_{S(rms)}$
 $P_{S(rms)} = 3 \cdot 17,94 \cdot 220 = 11,84kW$
- Endüktif yükte anahtar (tristör) gerilimi,
 $V_D \geq \sqrt{3} \cdot V_m + \%30$
 $V_D \geq \sqrt{3} \cdot 311 \cdot 1,3 \geq 700V$
- Endüktif yükte anahtar (tristör) akımı,
 $I_D \geq I_m + \%30$
 $I_D \geq 31,1 \cdot 1,3 \geq 40A$

ÖDEV-9

9.1) 380V/220V-50Hz şebekede 19Ω 'luk saf rezistif bir yükü besleyen 3 fazlı yarım dalga kontrolsüz doğrultucunun,

- a) Devre şemasını tam olarak çiziniz, akım ve gerilim yönlerini devre üzerinde gösteriniz.
- b) Devrenin temel dalga şekillerini değerleriyle birlikte çiziniz.
- c) Çizilen dalga şekillerine göre temel parametreleri hesaplayınız.

9.2) 380V/220V-50Hz şebekede, 60° uyarma açısında, 22Ω 'luk rezistif bir yükü besleyen 3 fazlı yarım dalga kontrollu doğrultucunun,

- a) Devre şemasını tam olarak çiziniz, akım ve gerilim yönlerini devre üzerinde gösteriniz.
- b) Devrenin temel dalga şekillerini değerleriyle birlikte çiziniz.
- c) Çizilen dalga şekillerine göre temel parametreleri hesaplayınız.

Quiz-1

A grubu:

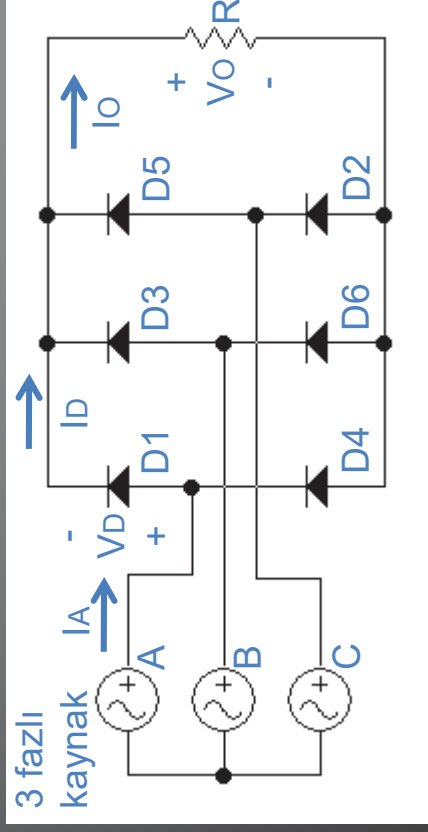
220V/50Hz şebekede, 5Ω çok endüktif yükü besleyen bir fazlı tam dalga tam kontrollü doğrultucu devresini ve 60° çalışma açısı için giriş-çıkış gerilim dalga şekillerini çiziniz.

B grubu:

220V/380V-50Hz şebekede, 15Ω rezistif yükü besleyen üç fazlı yarım dalga kontrollü doğrultucu devresini ve 60° çalışma açısı için giriş-çıkış gerilim dalga şekillerini çiziniz.

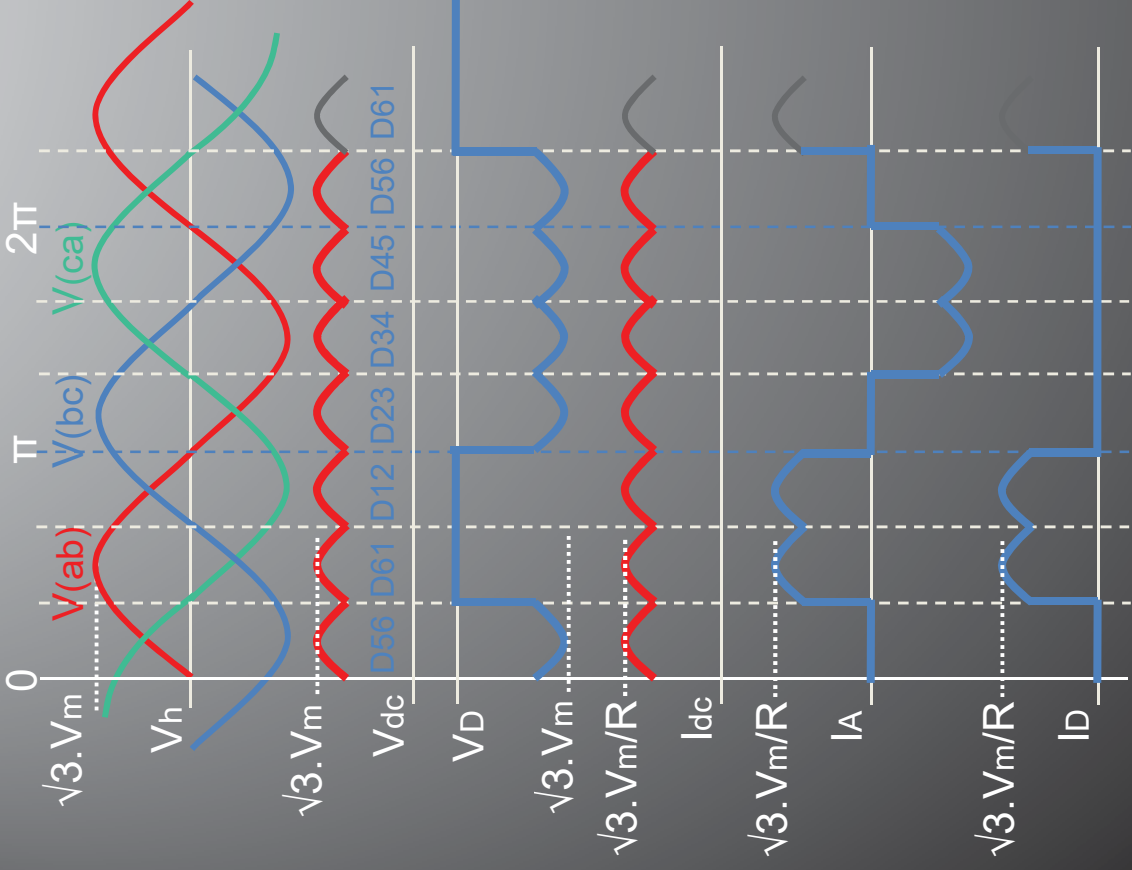
IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 3 fazlı tam dalga kontrolsüz köprü doğrultucu (rezistif yük);
- 3 fazlı tam dalga kontrolsüz doğrultucu bağlantısı rezistif yükte çalışma için Şekil-4.105'de gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi kaynağın nötr (N) ucu çıkışta kullanılmamış sadece 3 fazın canlı uçları kullanılmıştır. Bu durumda köprü hat gerilimlerini doğrultur.



- Köprüdeki diyotlardan D1 ve D4, A fazına bağlanmış olup, D1 pozitif, D4 ise negatif alternansı iletmekle görevlendirilmiştir. Aynı şekilde D3 ve D6 diyotları B fazının pozitif ve negatif alternanslarını, D5 ve D2 diyotları ise C fazının pozitif ve negatif alternanslarını iletmektedirler.
- Diyotlara verilen bu numaralar standarttır ve asla değiştirilmez, çünkü bu numaralar 120 derece faz farklı 3 fazlı gerilim altında çalışma sırasında köprüdeki diyotların iletime geçme sırasını ifade etmektedir.
- Devreye ait dalga şekilleri Şekil-4.106'da ayrıntılı olarak verilmiştir.

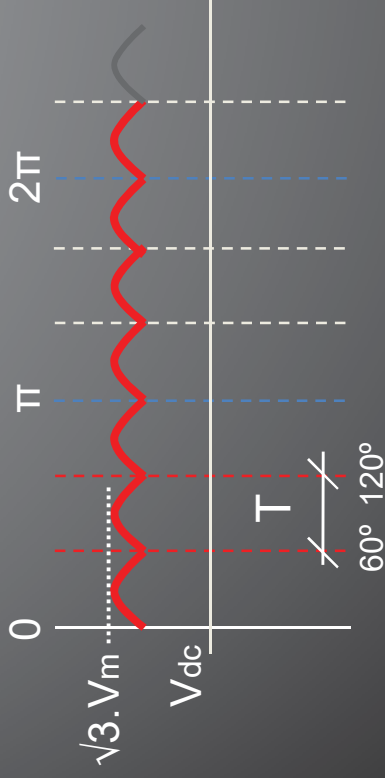
IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER



- Yan taraftaki dalga temel şekillerinden görülebileceği gibi, tam dalga doğrultma yapılması halinde filtreleme kullanılmamasına rağmen her 3 faz gerilimi arasındaki 120°'lik faz kaymalarından dolayı çıkış gerilimi çok düzgün bir şekilde oluşmuştur.
- Devrenin hat gerilimlerini doğrulttuğu görülmektedir. Her bir diyot 120 derece iletimde kalmakta fakat 60 derecede bir eş değiştirmektedir.
- Kaynaklardan çekilen akım ise AC kare dalga formatında olup 120° faz farklıdır.

IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Çıkış geriliminin ortalama değeri (V_{dc});
- 3 fazlı kontrolsüz köprü doğrultucunun rezistif yükteki çıkış gerilim dalga şekli aşağıdaki Şekil-4.107’de görüldüğü gibi olduğunu belirtmiştik. Bu durumda gerilimin ortalama değeri yan taraftaki gibi bulunabilecektir.



$$V_{dc} = \frac{1}{T} \int_0^T v_o(t).dt$$

$$V_{dc} = \frac{1}{\pi/3} \int_{\pi/3}^{2\pi/3} \sqrt{3}.V_m \sin \omega t .d(\omega t)$$

$$V_{dc} = \frac{3}{\pi} \int_{\pi/3}^{2\pi/3} \sqrt{3}.V_m \sin \omega t .d(\omega t)$$

$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{3}.V_m}{\pi} (-\cos \omega t)_{\pi/3}^{2\pi/3}$$

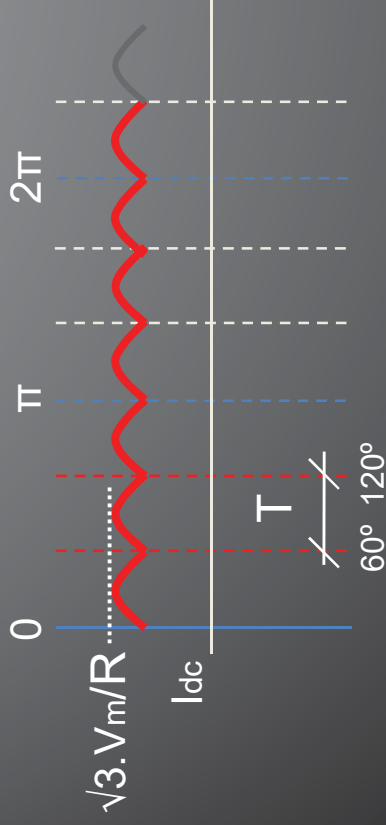
$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{3}.V_m}{\pi} [-(\cos(2\pi/3) - \cos(\pi/3))]$$

$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{3}.V_m}{\pi} [-(-0,5 - 0,5)] = \frac{3\sqrt{3}.V_m}{\pi} .1$$

$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{3}.V_m}{\pi}$$

IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Çıkış akımının ortalama değeri (I_{dc});
- 3 fazlı kontrolsüz köprü doğrultucunun rezistif yükteki çıkış akımının dalga şekli aşağıdaki Şekil-4.108'de görüldüğü gibi olduğunu belirtmiştik. Bu durumda gerilimin ortalama değeri yan taraftaki gibi bulunabilecektir.



$$I_{dc} = \frac{1}{T} \int_0^T i_o(t) dt$$

$$I_{dc} = \frac{1}{\pi/3} \int_{\pi/3}^{2\pi/3} \sqrt{3} I_m \sin \omega t d(\omega t)$$

$$I_{dc} = \frac{3}{\pi} \int_{\pi/3}^{2\pi/3} \sqrt{3} I_m \sin \omega t d(\omega t)$$

$$I_{dc} = \frac{3\sqrt{3} I_m}{\pi} (-\cos \omega t) \Big|_{\pi/3}^{2\pi/3}$$

$$I_{dc} = \frac{3\sqrt{3} I_m}{\pi} [-(\cos(2\pi/3) - \cos(\pi/3))]$$

$$I_{dc} = \frac{3\sqrt{3} I_m}{\pi} [-(-0,5 - 0,5)] = \frac{3\sqrt{3} I_m}{\pi} \cdot 1$$

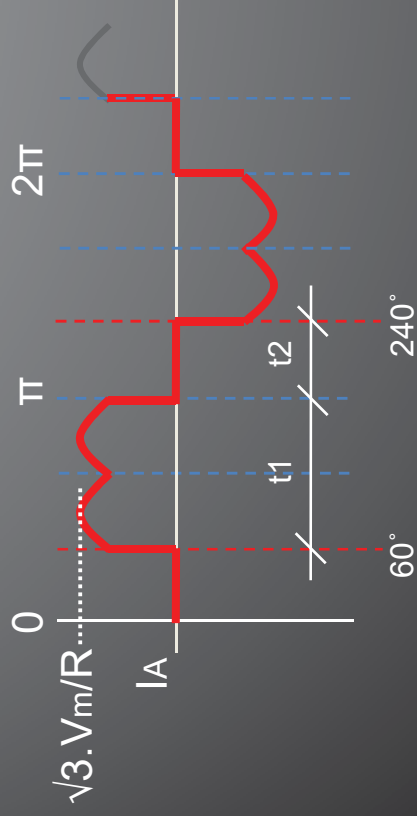
$$I_{dc} = \frac{3\sqrt{3} I_m}{\pi} \frac{V_{dc}}{R}$$

IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Ortalama çıkış gücü (P_{dc});
 $P_{dc} = I_{dc} \cdot V_{dc}$ 'den bulunabilir.

- Kaynak akımının etkin değeri ($I_{A(rms)}$);

Kaynağın bir fazından çekilen akım Şekil-4.109'da görülmekte olup etkin değeri yandaki gibi bulunabilecektir.



Şekil-4.109'da verilen kaynak akımını " $\sqrt{3} \cdot V_m / R$ " tepe değerli bir kare dalga olarak kabul edersek çözüm kolaylaşacaktır. Bu durumda akımın etkin peryodu, $k = t_1 / (t_1 + t_2)$ olacaktır. Buradan akımın etkin değeri, $I_{A(rms)} = I_m \cdot \sqrt{k}$ veya, $I_{A(rms)} = (\sqrt{3} \cdot V_m / R) \cdot \sqrt{k}$ olur.

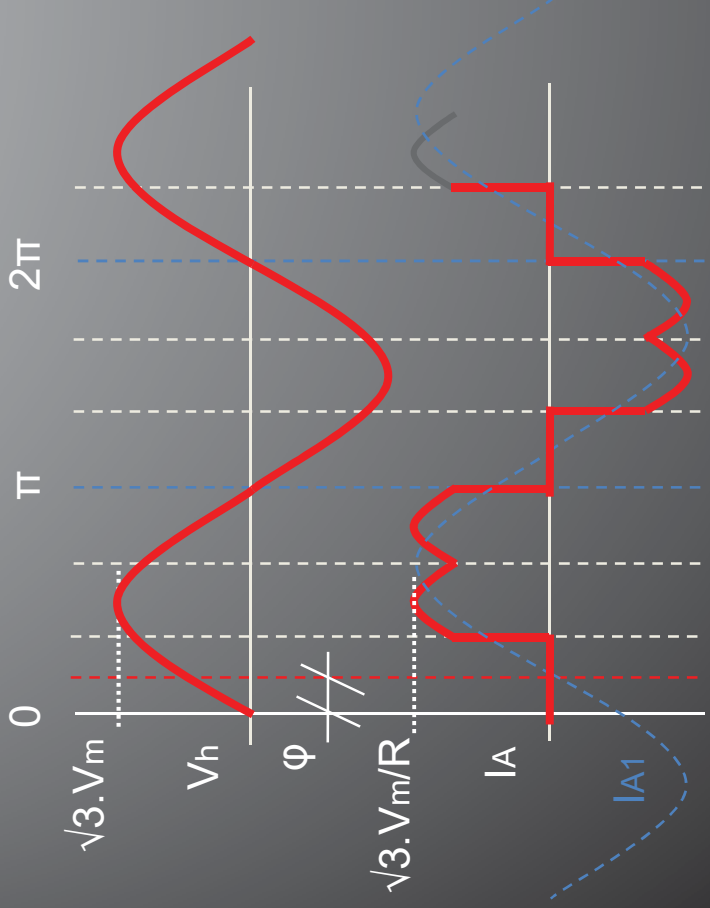
- Kaynaktan çekilen toplam etkin güç ($P_{S(rms)}$);
 $P_{A(rms)} = I_{A(rms)} \cdot V_{f(rms)}$
Üç fazdan çekilen toplam güç;
 $P_{S(rms)} = 3 \cdot P_{A(rms)}$

IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Devrenin güç katsayısı ($\cos\varphi$);

Kaynağın bir fazından çekilen akım ve ilgili hat gerilimi Şekil-4.110'da görülmektedir.

- Şekil-4.110'da verilen şekle göre kaynak akımı, kaynak gerilimine göre " φ " kadar (30°) geridedir. Bu durumda, $\cos\varphi = \cos 30^\circ = 0,866$ 'dır.

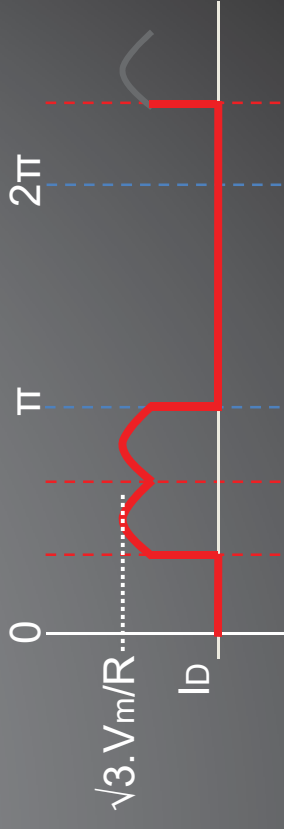


- Anahtar (diyot) akımı (I_D);

Anahtar (diyot) akımı dalga şekli Şekil-4.111'deki gibidir.

Bu şekle göre anahtar akımı;

$$I_D = I_m + (\%30 \cdot I_m) = 1,3 \cdot \sqrt{3} \cdot V_m / R$$



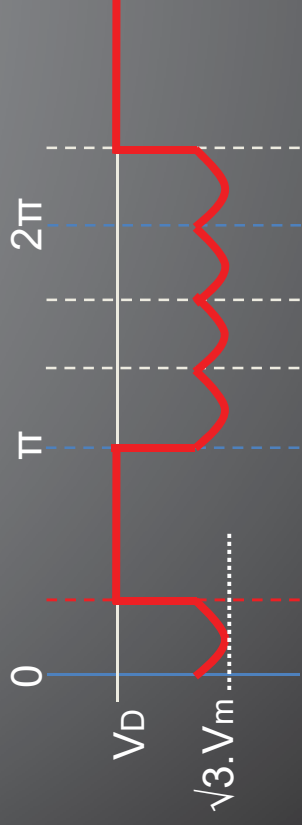
IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

□ Anahtar (diyot) gerilimi (V_D);

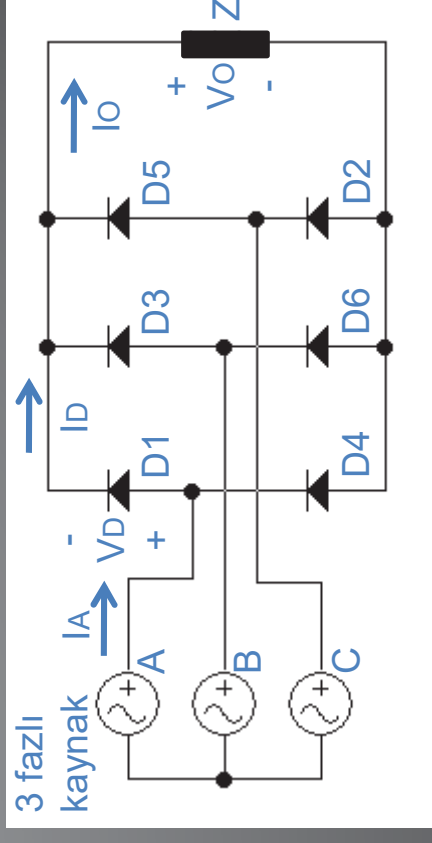
Anahtar gerilimi aşağıdaki Şekil-4.112'de görülmektedir. Görüldüğü gibi anahtar üzerine doğrudan kaynağın hat gerilimi gelmektedir. Bu durumda anahtar gerilimi, hat gerilimi tepe değerinin ($\sqrt{3} \cdot V_m$) en az %30 daha fazlası olmalıdır.

$$V_D = \sqrt{3} \cdot V_m + \%30$$

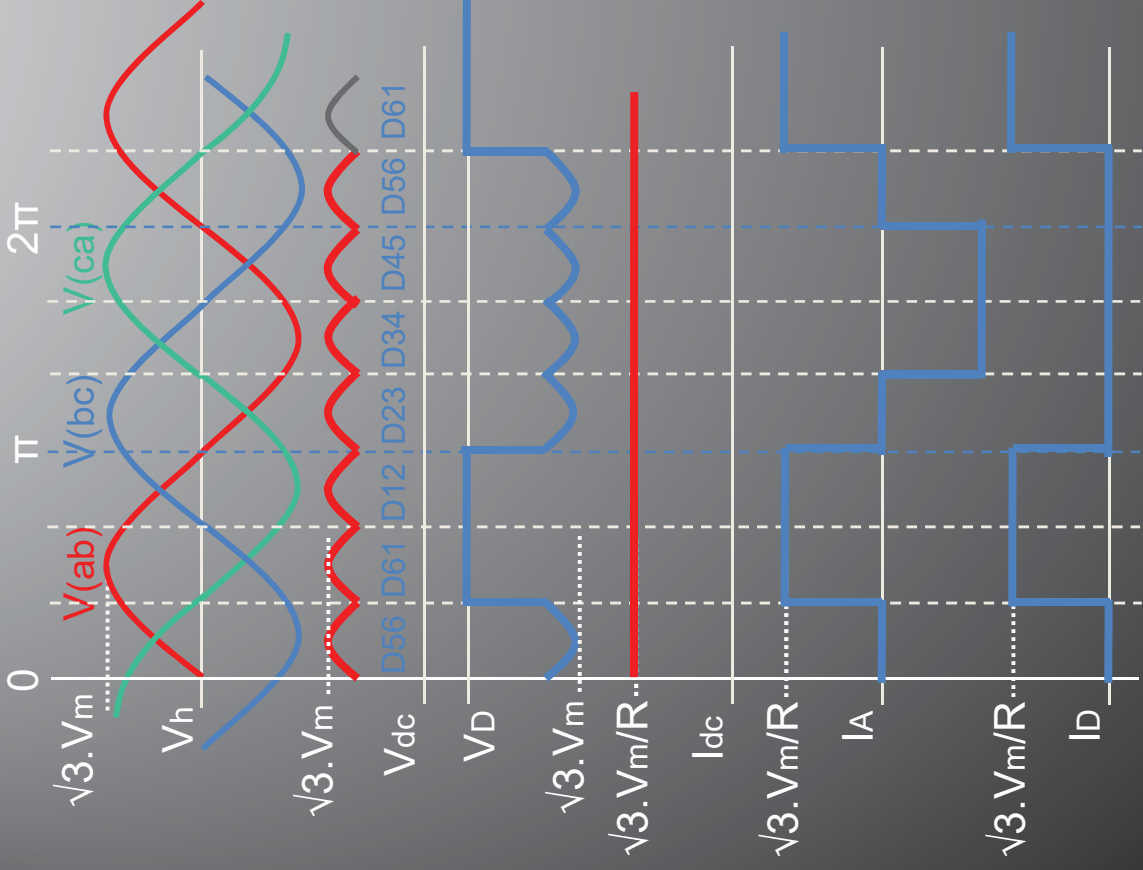
$$V_D = \sqrt{3} \cdot V_m \cdot 1,3 \text{ olur.}$$



- 3 fazlı kontrolsüz köprü doğrultucu (endüktif yükte);
- 3 fazlı kontrolsüz köprü doğrultucu devre bağlantısı endüktif yük için Şekil-4.113'de gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi yüke ters paralel bir serbest geçiş diyodu bağlanmamıştır.
- Şekil-4.114'de ise devreye ait temel dalga şekilleri görülmektedir.



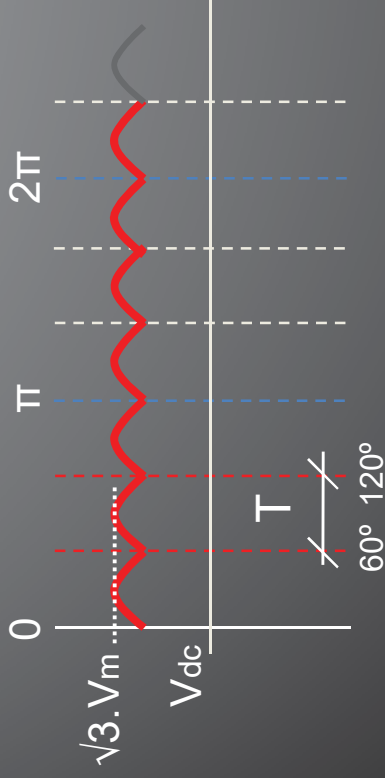
IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER



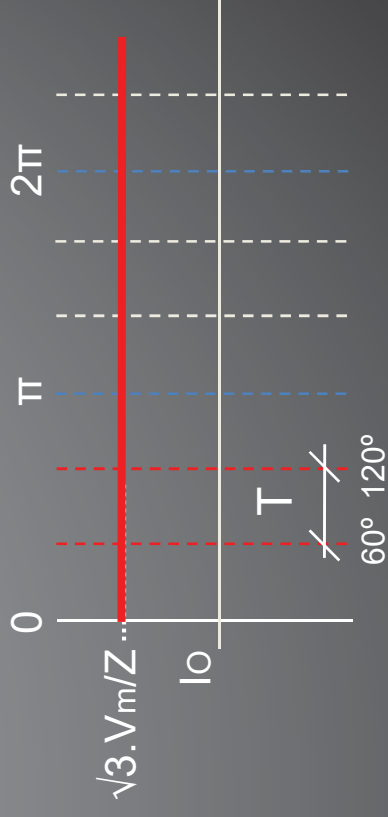
- Yan taraftaki dalga temel şekillerinden görülebileceği gibi, tam dalga doğrultma yapılması halinde filtreleme kullanılmamasına rağmen her 3 faz gerilimi arasındaki 120°'lik faz kaymalarından dolayı çıkış gerilimi çok düzgün bir şekilde oluşmuştur.
- Devrenin hat gerilimlerini doğrulttuğu görülmektedir. Her bir diyot 120 derece iletimde kalmakta fakat 60 derecede bir eş değiştirmektedir.
- Kaynaklardan çekilen akım ise AC kare dalga formatında olup 120° faz farklıdır.

IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Çıkış geriliminin ortalama değeri (V_{dc});
- 3 fazlı kontrolsüz köprü doğrultucunun endüktif yükteki çıkış gerilim dalga şekli aşağıdaki Şekil-4.115’de görüldüğü gibi olduğunu belirtmiştik. Bu durumda gerilimin ortalama değeri rezistif yükteki eşitlikle aynıdır.



- Çıkış akımının ortalama değeri (I_{dc});
- 3 fazlı kontrolsüz köprü doğrultucunun endüktif yükteki çıkış akımının dalga şekli aşağıdaki Şekil-4.116’da görüldüğü gibi olduğunu belirtmiştik. Bu durumda gerilimin ortalama değeri, $I_{dc} = I_m = \sqrt{3} \cdot V_m / Z$ olacaktır.



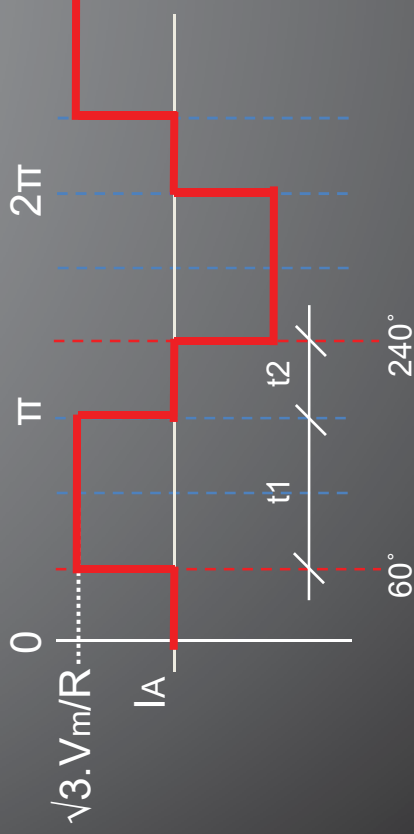
IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Ortalama çıkış gücü (P_{dc});

$$P_{dc} = I_{dc} \cdot V_{dc} \text{ 'den bulunabilir.}$$

- Kaynak akımının etkin değeri ($I_{A(rms)}$);

Kaynağın bir fazından çekilen akım Şekil-4.117’de görülmekte olup, etkin değeri yandaki gibi bulunabilecektir.



Şekil-4.117’de verilen kaynak akımını “ $\sqrt{3} \cdot V_m / R$ ” tepe değerli bir kare dalga olarak kabul edersek çözüm kolaylaşacaktır. Bu durumda akımın etkin periyodu, $k = t_1 / (t_1 + t_2)$ olacaktır.

Buradan akımın etkin değeri,

$$I_{A(rms)} = I_m \cdot \sqrt{k} \text{ veya,}$$

$$I_{A(rms)} = (\sqrt{3} \cdot V_m / R) \cdot \sqrt{k} \text{ olur.}$$

- 5) Kaynaktan çekilen toplam etkin güç ($P_{S(rms)}$);

$$P_{A(rms)} = I_{A(rms)} \cdot V_{f(rms)}$$

Üç fazdan çekilen toplam güç;

$$P_{S(rms)} = 3 \cdot P_{A(rms)}$$

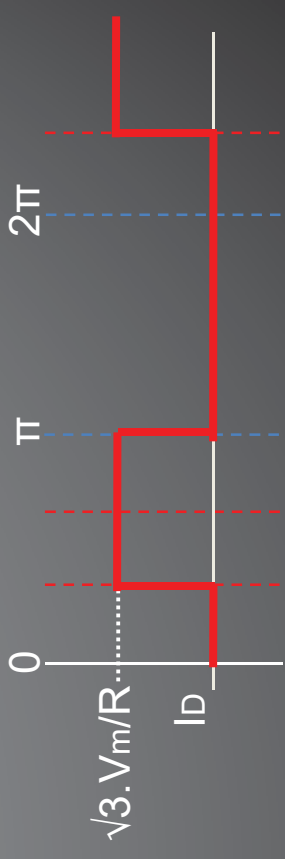
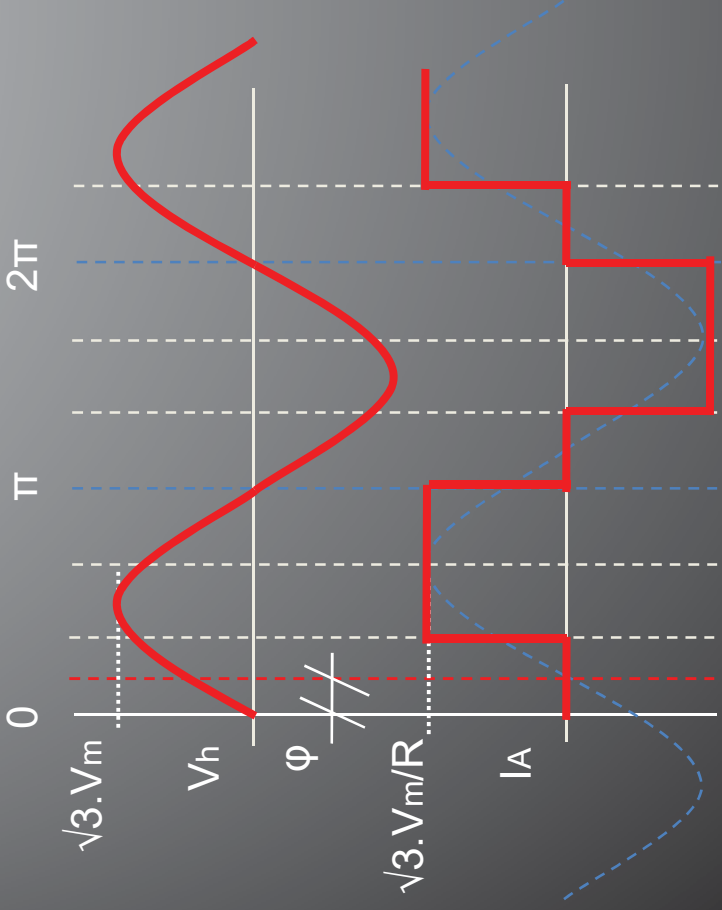
IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Devrenin güç katsayısı ($\cos\varphi$);

Kaynağın bir fazından çekilen akım ve ilgili hat gerilimi Şekil-4.118'de görülmektedir.

- Şekil-4.118'de verilen şekle göre kaynak akımı, kaynak gerilimine göre " φ " kadar (30°) geridedir. Bu durumda, $\cos\varphi = \cos 30^\circ = 0,866$ 'dır.

- Anahtar (diyot) akımı (I_D);
Anahtar (diyot) akımı dalga şekli Şekil-4.119'daki gibidir. Bu şekle göre anahtar akımı;
 $I_D = I_m + (\%30 \cdot I_m) = 1,3 \cdot \sqrt{3} \cdot V_m / R$



IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

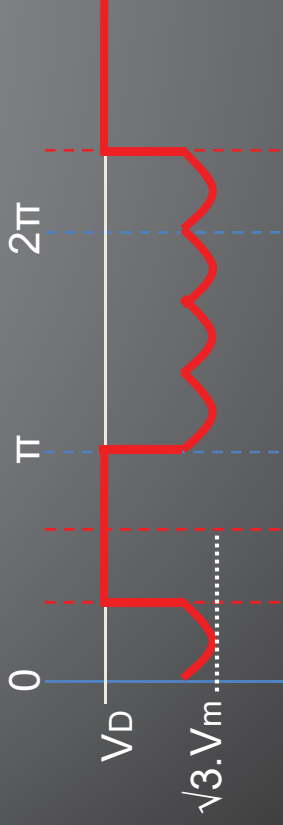
■ Anahtar (diyot) gerilimi (V_D);

Anahtar gerilimi aşağıdaki Şekil-4.120'de görülmektedir.

Şekilden görüldüğü gibi hat geriliminin tepe değerine blokaj yapmaktadır. Bu durumda anahtar gerilimi, hat gerilimi tepe değerinin ($\sqrt{3} \cdot V_m$) en az %30 daha fazlası olmalıdır.

$$V_{D-T} = \sqrt{3} \cdot V_m + \%30$$

$$V_{D-T} = \sqrt{3} \cdot V_m \cdot 1,3 \text{ olur.}$$



■ Örnek:

- 220V/380V-50Hz şebekede çalıştırılan 3 fazlı tam dalga kontrolsüz doğrultucu,
- a) 10Ω 'luk rezistif bir yükü beslediğinde oluşacak tüm devre parametrelerini,
- b) 10Ω 'luk endüktif bir yükü beslediğinde oluşacak tüm devre parametrelerini hesaplayınız.

■ Çözüm:

- a) Rezistif yükte çıkış geriliminin ortalama değeri, $V_{dc} = 3 \cdot \sqrt{3} \cdot V_m / \pi$

IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

$$V_m = V_{rms} \cdot \sqrt{2} = 220 \cdot \sqrt{2} = 311V$$

$$V_{dc} = 3 \cdot 1,73 \cdot 311 / 3,14$$

$$V_{dc} = 514V$$

- Çıkış akımı ortalama değeri,

$$I_{dc} = V_{dc} / R = 514 / 10$$

$$I_{dc} = 51,4A$$

Ortalama çıkış gücü,

$$P_{dc} = I_{dc} \cdot V_{dc}$$

$$P_{dc} = 51,4 \cdot 514 = 26,42kW$$

- Kaynak akımının etkin değeri,

$$k = t_1 / T = 6,66ms / 10ms = 0,66$$

$$I_{A(rms)} = (\sqrt{3} \cdot V_m / R) \cdot \sqrt{k}$$

$$I_{A(rms)} = (\sqrt{3} \cdot 311 / 10) \cdot \sqrt{0,66}$$

$$I_{A(rms)} = 43,7A$$

- Rezistif yükte kaynaktan çekilen etkin güç,

$$P_{S(rms)} = 3 \cdot I_{S(rms)} \cdot V_{S(rms)}$$

$$P_{S(rms)} = 3 \cdot 43,7 \cdot 220 = 28,84kW$$

- Rezistif yükte anahtar (diyot) gerilimi,

$$V_D \geq \sqrt{3} \cdot V_m + \%30$$

$$V_D \geq \sqrt{3} \cdot 311 \cdot 1,3 \geq 700V$$

- Rezistif yükte anahtar (diyot) akımı,

$$I_D \geq \sqrt{3} \cdot V_m / R + \%30$$

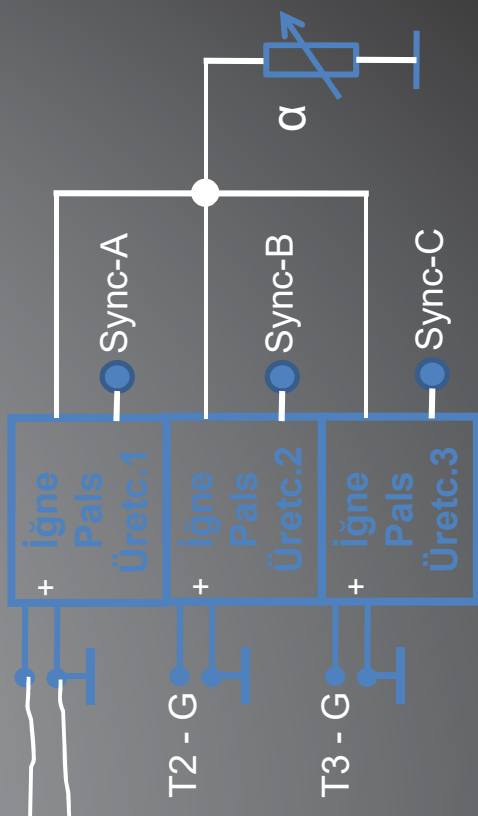
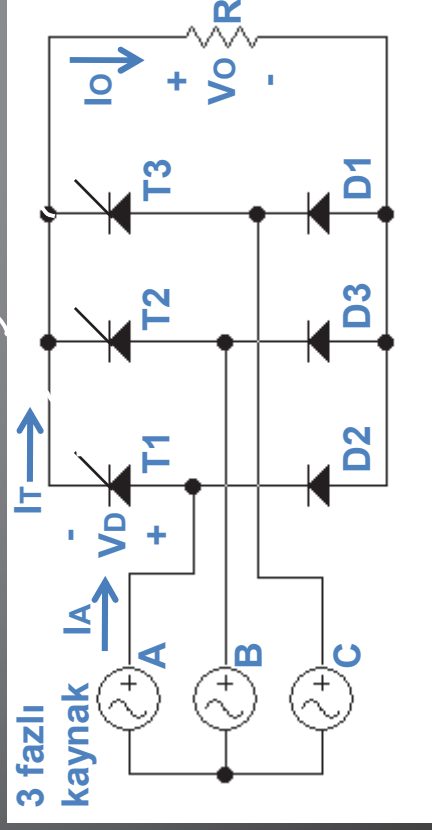
$$I_D \geq 53,8 \cdot 1,3 \geq 70A$$

IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

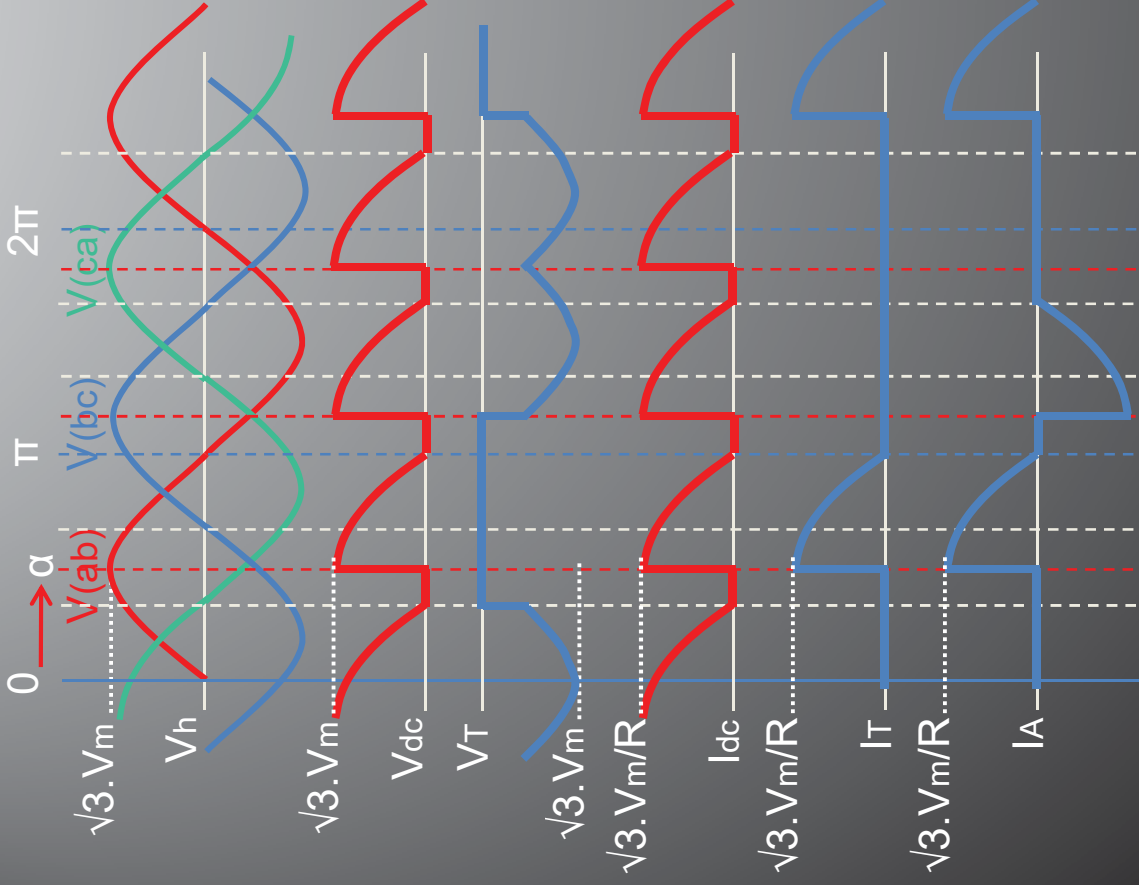
- b) Çok endüktif yükte çıkış geriliminin ortalama değeri,
 $V_m = V_{rms} \cdot \sqrt{2} = 220 \cdot \sqrt{2} = 311V$
 $V_{dc} = 3 \cdot \sqrt{3} \cdot V_m / \pi$
 $V_{dc} = 3 \cdot \sqrt{3} \cdot 311 / 3,14$
 $V_{dc} = 514V$
- Çıkış akımı ortalama değeri,
 $I_{dc} = I_m = \sqrt{3} \cdot V_m / Z = 538 / 10 = 53,8A$
- Ortalama çıkış gücü,
 $P_{dc} = I_{dc} \cdot V_{dc}$
 $P_{dc} = 53,8 \cdot 514 = 27,65kW$
- Kaynak akımının etkin değeri,
 $I_A(rms) = I_m \cdot \sqrt{k}$
 $I_A(rms) = \sqrt{3} \cdot V_m / Z \cdot \sqrt{[t1/(t1+t2)]}$
 $I_A(rms) = 538/10 \cdot \sqrt{(6,66ms / 10ms)}$
 $I_A(rms) = 43,7A$
- Endüktif yükte kaynaktan çekilen etkin güç,
 $P_{S(rms)} = 3 \cdot I_{S(rms)} \cdot V_{S(rms)}$
 $P_{S(rms)} = 3 \cdot 43,7 \cdot 220 = 28,84kW$
- Endüktif yükte anahtar (diyot) gerilimi,
 $V_D \geq \sqrt{3} \cdot V_m + \%30$
 $V_D \geq \sqrt{3} \cdot 311 \cdot 1,3 \geq 700V$
- Endüktif yükte anahtar (diyot) akımı,
 $I_D \geq \sqrt{3} \cdot V_m / R + \%30$
 $I_D \geq 53,8 \cdot 1,3 \geq 70A$

IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 3 fazlı yarım kontrollu köprü doğrultucu (rezistif yükte);
- 3 fazlı yarım kontrollu köprü doğrultucu güç devresi bağlantısı rezistif yük için Şekil-4.121'de gösterilmiştir.
- Bu devrede de 1 fazlı köprüde olduğu gibi sürme kolaylığı açısından üstteki elemanlar tristör, alttaki elemanlar ise diyottur.
- Şekilden görüldüğü gibi, 3 faz yarım kontrollu köprü doğrultucu devresini sürmek için, daha önce 3 faz yarım dalga kontrollu doğrultucu devresini sürmekte kullanılan 3 fazlı uyarma devresi aynen kullanılmıştır.
- Bu devreye ait temel dalga şekilleri aşağıda Şekil-4.122'de ayrıntılı olarak verilmiştir.



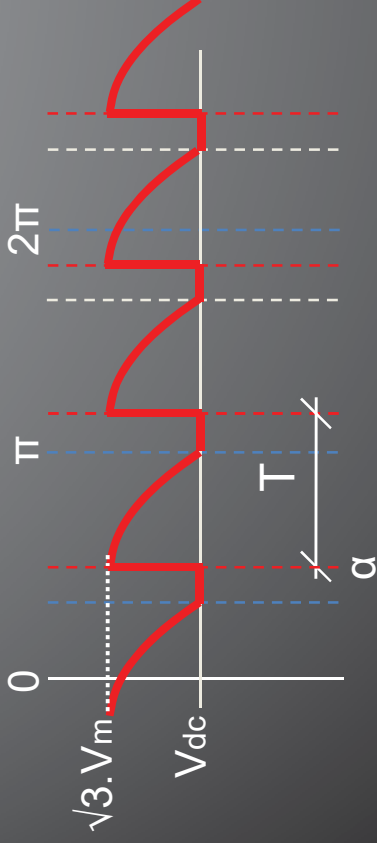
IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER



- Yan taraftaki dalga temel şekillerinden görülebileceği gibi, T1 tristörü V_{ab} geriliminin, T2 tristörü V_{bc} geriliminin, T3 tristörü ise V_{ca} geriliminin 90'inci derecesinde uyarılmıştır.
- Bunun sonucunda çıkış gerilimi ve çıkış akımı kesikli olarak oluşmuştur.
- A fazından çekilen akım ise T1 iletimde olduğunda pozitif, T2 iletimde olduğunda negatif olarak akmakta, T3 iletimde olduğuna ise A fazından herhangi yönde bir akım akmamaktadır.

IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Çıkış geriliminin ortalama değeri (V_{dc});
- 3 fazlı yarım kontrollü köprü doğrultucunun rezistif yükteki çıkış gerilim dalga şekli aşağıdaki Şekil-4.123'de görüldüğü gibi olduğunu belirtmiştik. Bu durumda gerilim ortalama değeri $\alpha \geq 60$ derece için yandaki gibidir.



$\alpha \geq 60^\circ$ için

$$V_{dc} = \frac{1}{T} \int_0^T v_o(t) \cdot dt$$

$$V_{dc} = \frac{1}{2\pi / 3} \int_{\alpha}^{\pi} \sqrt{3} \cdot V_m \sin \omega t \cdot d(\omega t)$$

$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{3} \cdot V_m}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \sin \omega t \cdot d(\omega t)$$

$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{3} \cdot V_m}{2\pi} (-\cos \omega t)_{\alpha}^{\pi}$$

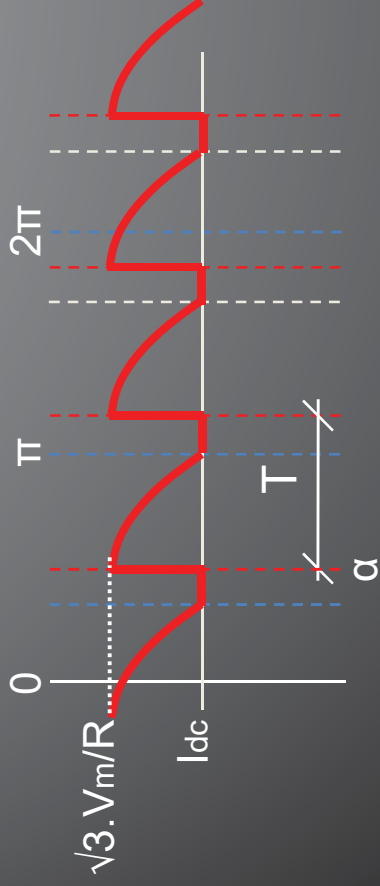
$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{3} \cdot V_m}{2\pi} [-(\cos \pi - \cos \alpha)]$$

$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{3} \cdot V_m}{2\pi} (1 + \cos \alpha)$$

IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

Çıkış akımının ortalama değeri (I_{dc});

3 fazlı yarım kontrollü köprü doğrultucunun rezistif yükteki çıkış akımının dalga şekli aşağıdaki Şekil-4.124'de görüldüğü gibi olduğunu belirtmiştik. Bu durumda akımın ortalama değeri $\alpha \geq 60$ derece için yandaki gibidir.



$\alpha \geq 60^\circ$ için

$$I_{dc} = \frac{1}{T} \int_0^T i_o(t).dt$$

$$I_{dc} = \frac{1}{2\pi / 3} \int_{\alpha}^{\pi} \sqrt{3}.I_m \sin \omega t.d(\omega t)$$

$$I_{dc} = \frac{3\sqrt{3}.I_m}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \sin \omega t.d(\omega t)$$

$$I_{dc} = \frac{3\sqrt{3}.I_m}{2\pi} (-\cos \omega t)_{\alpha}^{\pi}$$

$$I_{dc} = \frac{3\sqrt{3}.I_m}{2\pi} [-(\cos \pi - \cos \alpha)]$$

$$I_{dc} = \frac{3\sqrt{3}.I_m}{2\pi} (1 + \cos \alpha) = \frac{V_{dc}}{R}$$

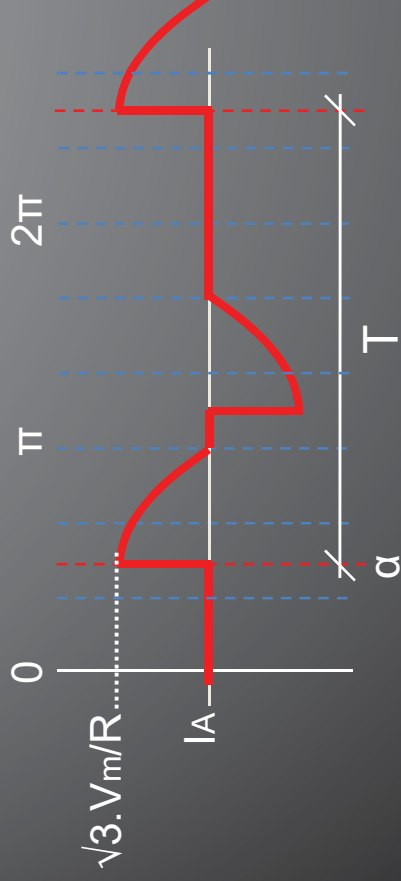
IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Ortalama çıkış gücü (P_{dc});

$$P_{dc} = I_{dc} \cdot V_{dc} \text{ 'den bulunabilir.}$$

- Kaynak akımının etkin değeri ($I_{A(rms)}$);

Kaynağın bir fazından çekilen akım Şekil-4.125'de görülmekte olup, etkin değeri yandaki gibi bulunabilecektir.



$$I_{A(rms)} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [i_s(t)]^2 \cdot dt}$$

$$I_{A(rms)} = \sqrt{\frac{2}{2\pi} \int_0^\pi [I_m \cdot \sin(\omega t)]^2 \cdot d(\omega t)}$$

$$I_{A(rms)} = \sqrt{\frac{I_m^2}{\pi} \int_0^\pi \sin^2(\omega t) \cdot d(\omega t)}$$

$$I_{A(rms)} = \sqrt{\frac{I_m^2}{\pi} \left[\frac{\omega t}{2} - \frac{\sin(2\omega t)}{4} \right]_0^\pi}$$

$$I_{A(rms)} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \sqrt{\left[\frac{\omega t}{\pi} - \frac{\sin(2\omega t)}{2\pi} \right]_0^\pi}$$

$$I_{A(rms)} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \sqrt{\left[\left(\frac{\pi}{\pi} - \frac{\sin(2\pi)}{2\pi} \right) - \left(\frac{\alpha}{\pi} - \frac{\sin(2\alpha)}{2\pi} \right) \right]_0^\pi}$$

$$I_{A(rms)} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}}$$

IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Kaynaktan çekilen toplam etkin güç ($P_{S(rms)}$);

$$P_{A(rms)} = I_{A(rms)} \cdot V_{f(rms)}$$

Üç fazdan çekilen toplam güç;

$$P_{S(rms)} = 3 \cdot P_{A(rms)}$$

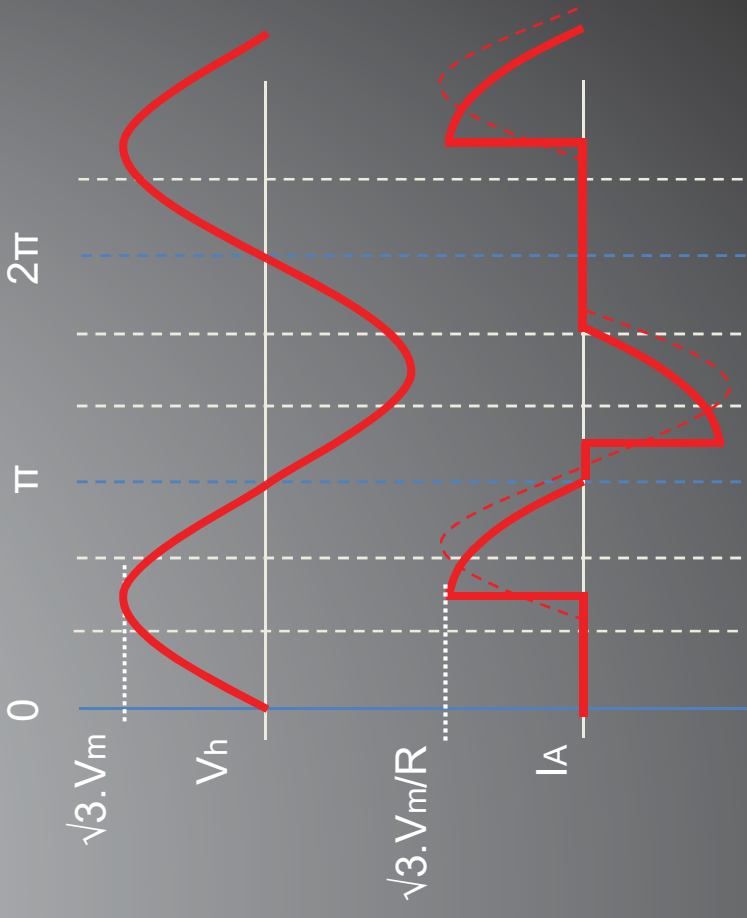
- Devrenin güç katsayısı ($\cos\phi$);

Kaynağın bir fazından çekilen akım ve ilgili hat gerilimi yan tarafta Şekil-4.126'da görülmektedir.

Şekilden görüldüğü gibi, kaynak akımı, kaynaktan kesikli olarak çekilmekte ve güç katsayısı aşağıdaki şekil üzerinden tam olarak belirlenmemektedir.

- Bu durumda güç katsayısı, aktif gücün görünür güce oranından yani,

$$\cos\phi = P / S \text{ den bulunabilir.}$$

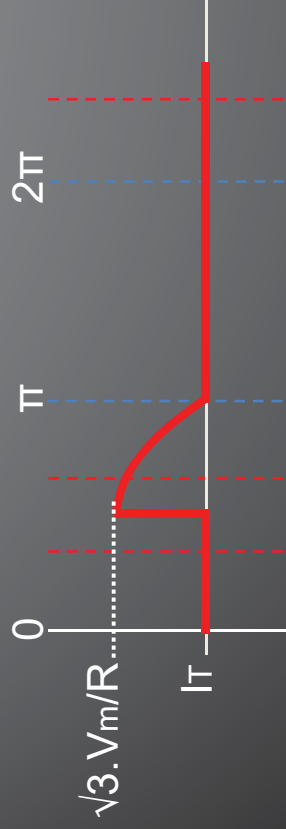


IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Anahtar (diyot-tristör) akımı (I_D);

Devredeki anahtar (diyot-tristör) akımının dalga şekli Şekil-4.127'deki gibidir. Bu şekle göre anahtar akımı, diğer uygulamalarda da olduğu gibi, üzerinden geçen akımın tepe değerine en az %30 tolerans payı eklenerek bulunabilir.

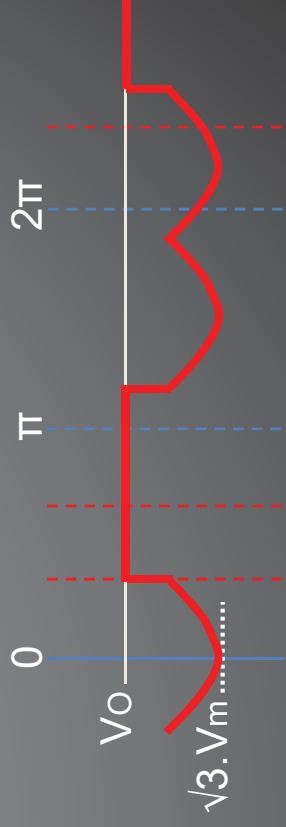
$$I_D = I_m + (\%30 \cdot I_m) = 1,3 \cdot \sqrt{3} \cdot V_m / R$$



- Anahtar (diyot-tristör) gerilimi (V_D);

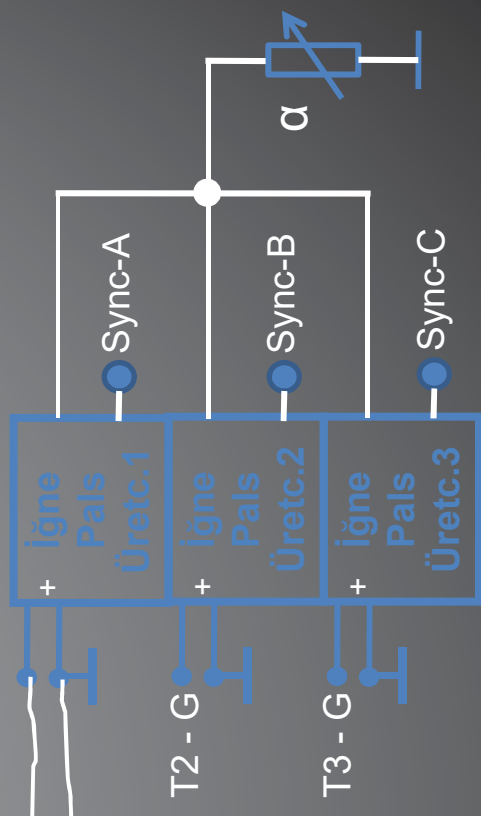
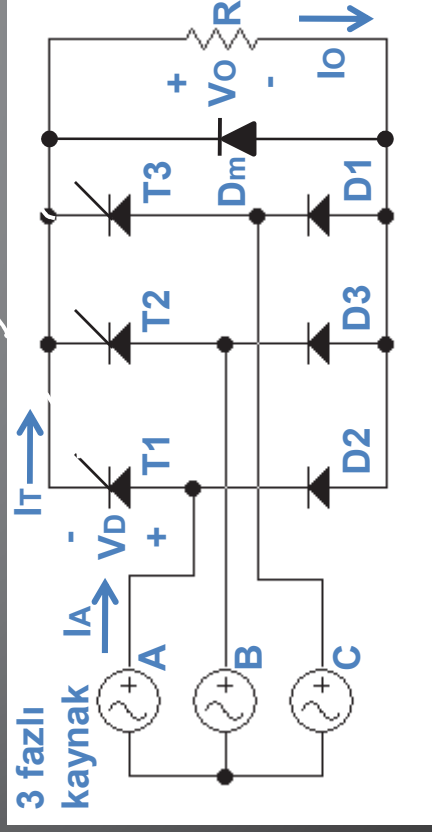
Devredeki anahtar (diyot-tristör) geriliminin dalga şekli Şekil-4.128'deki gibidir. Bu şekle göre anahtar gerilimi de, diğer uygulamalarda da olduğu gibi, üzerindeki gerilimin tepe değerine en az %30 tolerans payı eklenerek bulunabilir.

$$V_D = 1,3 \cdot \sqrt{3} \cdot V_m$$

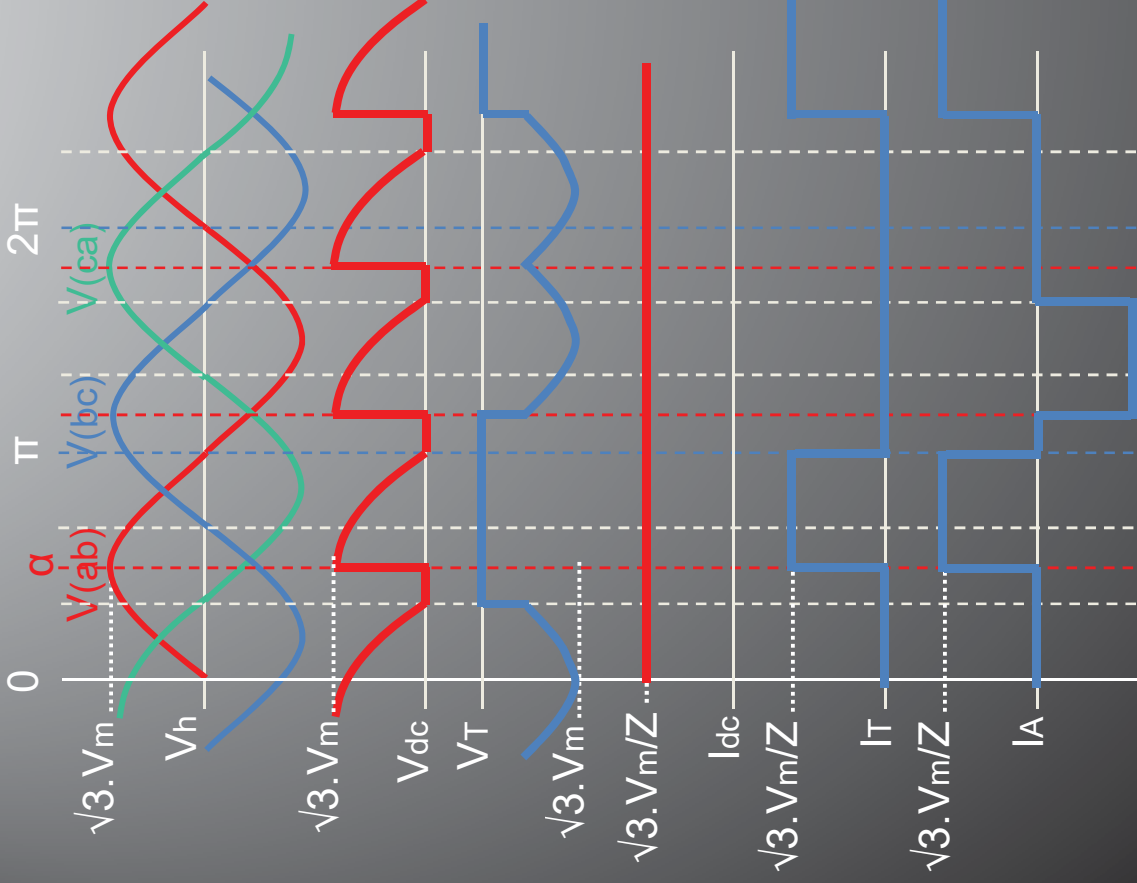


IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 3 fazlı yarım kontrollu köprü doğrultucu (endüktif yükte);
- 3 fazlı yarım kontrollu köprü doğrultucu güç devresi bağlantısı endüktif yük için Şekil-4.129'da gösterilmiştir.
- Bu devrede de 1 fazlı köprüde olduğu gibi sürme kolaylığı açısından üstteki elemanlar tristör, alttaki elemanlar ise diyottur.
- Şekilden görüldüğü gibi, 3 faz yarım kontrollu köprü doğrultucu devresini sürmek için, daha önce 3 faz yarım dalga kontrollu doğrultucu devresini sürmekte kullanılan 3 fazlı uyarma devresi aynen kullanılmıştır.
- Bu devreye ait temel dalga şekilleri aşağıda Şekil-4.130'da ayrıntılı olarak verilmiştir.



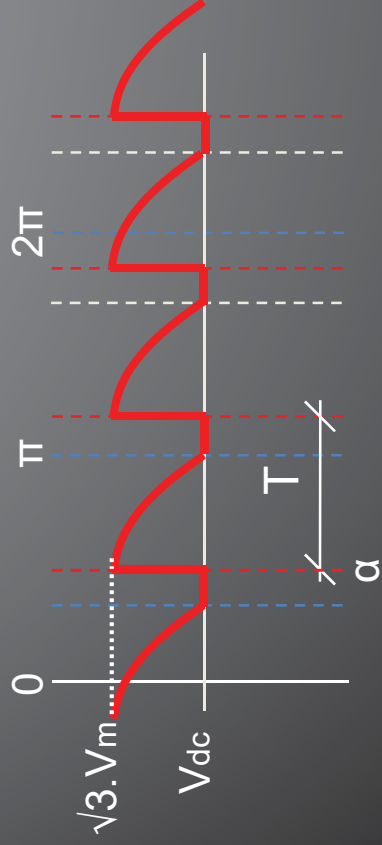
IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER



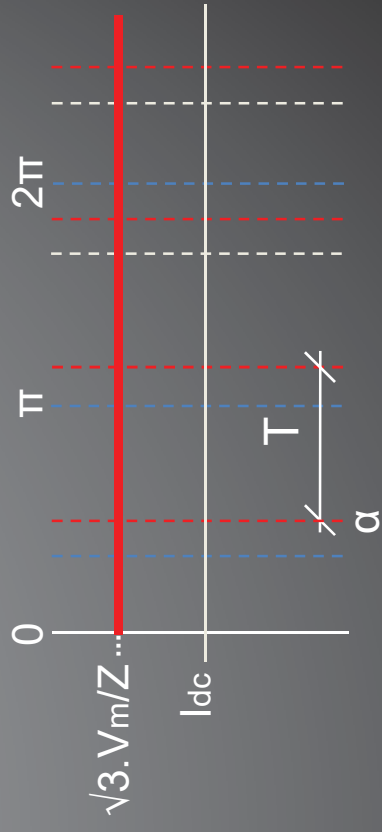
- Yan taraftaki dalga temel şekillerinden görülebileceği gibi, T1 tristörü V_{ab} geriliminin, T2 tristörü V_{bc} geriliminin, T3 tristörü ise V_{ca} geriliminin 90'inci derecesinde uyarılmıştır. Bu durumda çıkış akımı serbest geçiş diyodunun etkisiyle düz olarak gerçekleşmiştir.
- A fazından çekilen akım ise T1 iletimde olduğunda pozitif, T2 iletimde olduğunda negatif olarak akmakta, T3 iletimde olduğuna ise A fazından herhangi yönde bir akım akmamaktadır.

IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Çıkış geriliminin ortalama değeri (V_{dc});
- 3 fazlı yarım kontrollü köprü doğrultucunun endüktif yükteki çıkış gerilim dalgası Şekil-4.131'de görüldüğü gibi olduğunu belirtmiştik. Bu durumda gerilim ortalama değeri rezistif yükle aynıdır.



- Çıkış akımının ortalama değeri (I_{dc});
- 3 fazlı yarım kontrollü köprü doğrultucunun endüktif yükteki çıkış akımı dalgası Şekil-4.132'de görüldüğü gibi olduğunu belirtmiştik. Bu durumda akımın ortalama değeri, $I_{dc} = I_m = \sqrt{3} \cdot V_m / Z$ olacaktır.



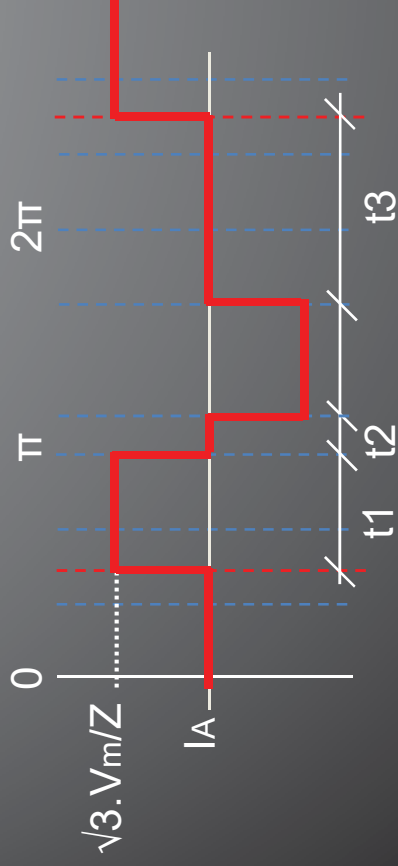
IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Ortalama çıkış gücü (P_{dc});

$P_{dc} = I_{dc} \cdot V_{dc}$ 'den bulunabilir.

- Kaynak akımının etkin değeri ($I_{A(rms)}$);

Kaynağın bir fazından çekilen akım Şekil-4.133'de görülmekte olup, etkin değeri yandaki gibi bulunabilecektir.



- Şekil-4.133'den görüldüğü gibi AC kare dalga formatında olan kaynak akımı ancak etkin peryotla yaklaşık olarak hesaplanabilecektir.
- Bu durumda etkin peryot, $k = t_1 / [t_1 + (t_2 + t_3)/2]$
- Etkin peryodu kullanarak kaynak akımının etkin değeri, $I_{S(rms)} = I_m \cdot \sqrt{k}$ veya, $I_{S(rms)} = (\sqrt{3} \cdot V_m / Z) \cdot \sqrt{k}$ eşitliğinden hesaplanabilecektir.

IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Kaynaktan çekilen toplam etkin güç ($P_{S(rms)}$);

$$P_{A(rms)} = I_{A(rms)} \cdot V_{f(rms)}$$

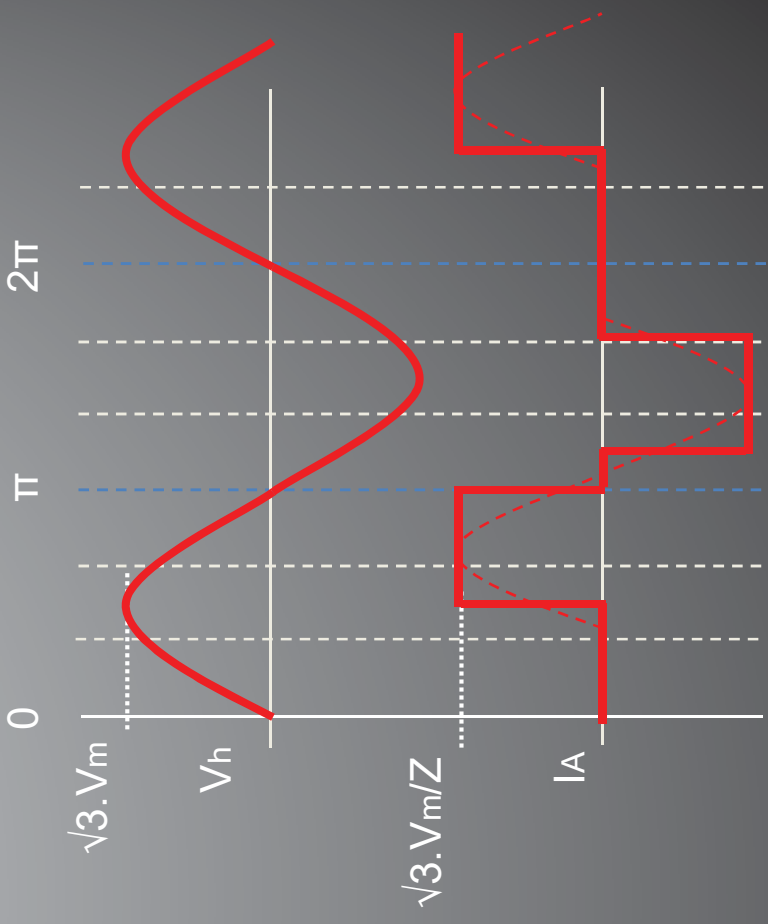
Üç fazdan çekilen toplam güç;

$$P_{S(rms)} = 3 \cdot P_{A(rms)}$$

- Devrenin güç katsayısı ($\cos\phi$);

Kaynağın bir fazından çekilen akım ve ilgili hat gerilimi yan tarafta Şekil-4.134'de görülmektedir. Şekilden görüldüğü gibi, kaynak akımı, kaynaktan kesikli olarak çekilmekte ve güç katsayısı aşağıdaki şekil üzerinden tam olarak belirlenmemektedir.

- Bu durumda güç katsayısı, aktif gücün görünür güce oranından yani, $\cos\phi = P / S$ 'den bulunabilir.

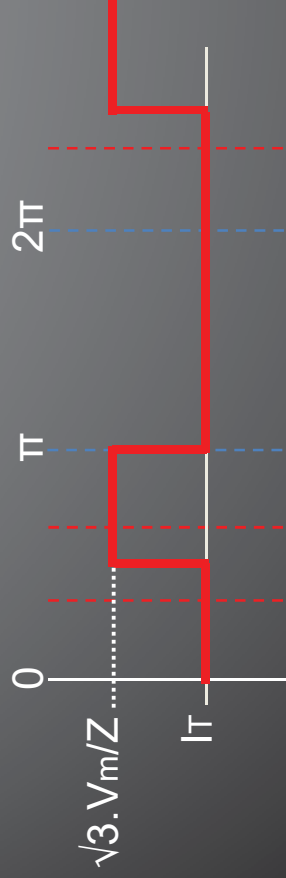


IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Anahtar (diyot-tristör) akımı (I_D);

Devredeki anahtar (diyot-tristör) akımının dalga şekli Şekil-4.135'deki gibidir. Bu şekle göre anahtar akımı, diğer uygulamalarda da olduğu gibi, üzerinden geçen akımın tepe değerine en az %30 tolerans payı eklenerek bulunabilir.

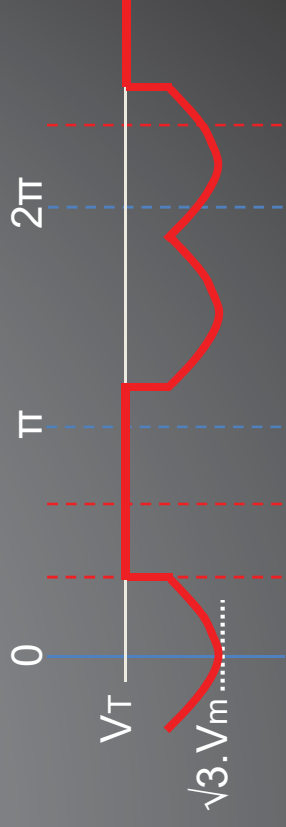
$$I_D = I_m + (\%30 \cdot I_m) = 1,3 \cdot \sqrt{3} \cdot V_m / Z$$



- Anahtar (diyot-tristör) gerilimi (V_D);

Devredeki anahtar (diyot-tristör) geriliminin dalga şekli Şekil-4.136'daki gibidir. Bu şekle göre anahtar gerilimi de, diğer uygulamalarda da olduğu gibi, üzerindeki gerilimin tepe değerine en az %30 tolerans payı eklenerek bulunabilir.

$$V_D = 1,3 \cdot \sqrt{3} \cdot V_m$$



IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

■ Örnek:

- 220V/380V-50Hz şebekede çalıştırılan 3 fazlı tam dalga yarım kontrollu doğrultucu,
- a) 10Ω 'luk rezistif bir yükü beslediğinde oluşacak tüm devre parametrelerini,
- b) 10Ω 'luk endüktif bir yükü beslediğinde oluşacak tüm devre parametrelerini hesaplayınız.

■ Çözüm:

- a) Rezistif yükte çıkış geriliminin ortalama değeri,

$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{3} \cdot V_m}{2\pi} (1 + \cos \alpha)$$

$$\begin{aligned} V_m &= V_{rms} \cdot \sqrt{2} = 220 \cdot \sqrt{2} = 311V \\ V_{dc} &= 3 \cdot 1,73 \cdot 311 / 6,28 (1 + \cos 90) \\ V_{dc} &= 257V \end{aligned}$$

- Çıkış akımı ortalama değeri,
$$I_{dc} = V_{dc} / R = 257 / 10$$
$$I_{dc} = 25,7A$$
Ortalama çıkış gücü,
$$P_{dc} = I_{dc} \cdot V_{dc}$$
$$P_{dc} = 25,7 \cdot 257 = 6,6kW$$
- Kaynak akımının etkin değeri,
$$k = t_1 / T = 5ms / 10ms = 0,5$$
$$I_{A(rms)} = (\sqrt{3} \cdot V_m / Z) \cdot \sqrt{k}$$
$$I_{A(rms)} = (\sqrt{3} \cdot 311 / 10) \cdot \sqrt{0,5}$$
$$I_{A(rms)} = 37,66A$$

IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Rezistif yükte kaynaktan çekilen etkin güç,

$$P_{S(rms)} = 3 \cdot I_{S(rms)} \cdot V_{S(rms)}$$

$$P_{S(rms)} = 3 \cdot 37,66 \cdot 220 = 24,85 \text{ kW}$$
- Rezistif yükte anahtar (diyot-tristör) gerilimi,

$$V_D \geq \sqrt{3} \cdot V_m + \%30$$

$$V_D \geq \sqrt{3} \cdot 311 \cdot 1,3 \geq 700 \text{ V}$$
- Rezistif yükte anahtar (diyot-tristör) akımı,

$$I_D \geq \sqrt{3} \cdot V_m / R + \%30$$

$$I_D \geq 53,8 \cdot 1,3 \geq 70 \text{ A}$$
- Çok endüktif yükte çıkış geriliminin ortalama değeri,

$$V_m = V_{rms} \cdot \sqrt{2} = 220 \cdot \sqrt{2} = 311 \text{ V}$$

$$V_{dc} = (3 \cdot \sqrt{3} \cdot V_m / \pi) \cdot (1 + \cos 90)$$

$$V_{dc} = (3 \cdot \sqrt{3} \cdot 311 / 6,28) \cdot (1 + 0)$$

$$V_{dc} = 257 \text{ V}$$
- Çıkış akımı ortalama değeri,

$$I_{dc} = I_m = \sqrt{3} \cdot V_m / Z = 538 / 10 = 53,8 \text{ A}$$
- Ortalama çıkış gücü,

$$P_{dc} = I_{dc} \cdot V_{dc}$$

$$P_{dc} = 53,8 \cdot 257 = 13,82 \text{ kW}$$
- Kaynak akımının etkin değeri,

$$I_{A(rms)} = I_m \cdot \sqrt{k}$$

$$I_{A(rms)} = \sqrt{3} \cdot V_m / Z \cdot \sqrt{[t_1 / (t_1 + t_2)]}$$

$$I_{A(rms)} = 538 / 10 \cdot \sqrt{(5 \text{ ms} / 10 \text{ ms})}$$

$$I_{A(rms)} = 37,66 \text{ A}$$

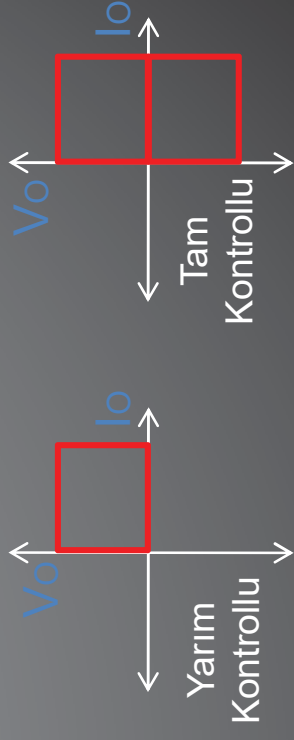
IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Endüktif yükte kaynaktan çekilen etkin güç,
 $P_{S(rms)} = 3 \cdot I_{S(rms)} \cdot V_{S(rms)}$
 $P_{S(rms)} = 3 \cdot 37,66 \cdot 220 = 24,85 \text{ kW}$

- Endüktif yükte anahtar (diyot-tristör) gerilimi,
 $V_D \geq \sqrt{3} \cdot V_m + \%30$
 $V_D \geq \sqrt{3} \cdot 311 \cdot 1,3 \geq 700 \text{ V}$

- Endüktif yükte anahtar (diyot-tristör) akımı,
 $I_D \geq \sqrt{3} \cdot V_m / R + \%30$
 $I_D \geq 53,8 \cdot 1,3 \geq 70 \text{ A}$

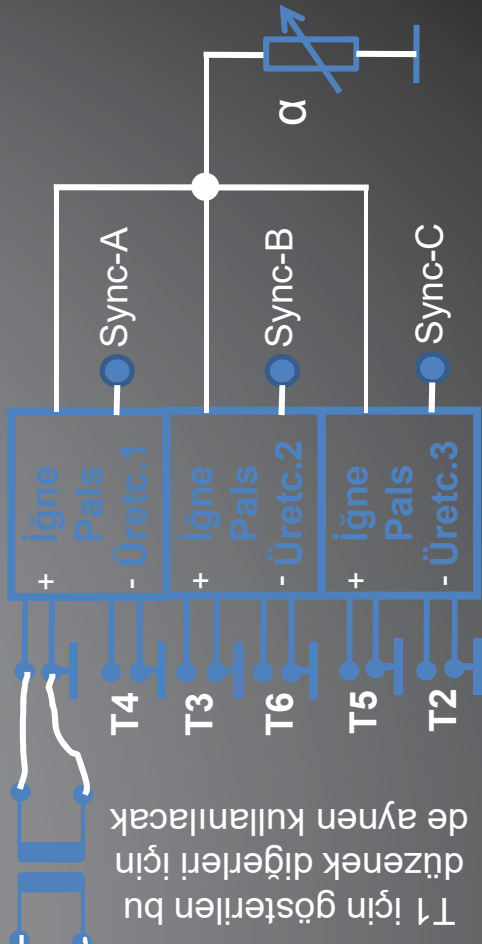
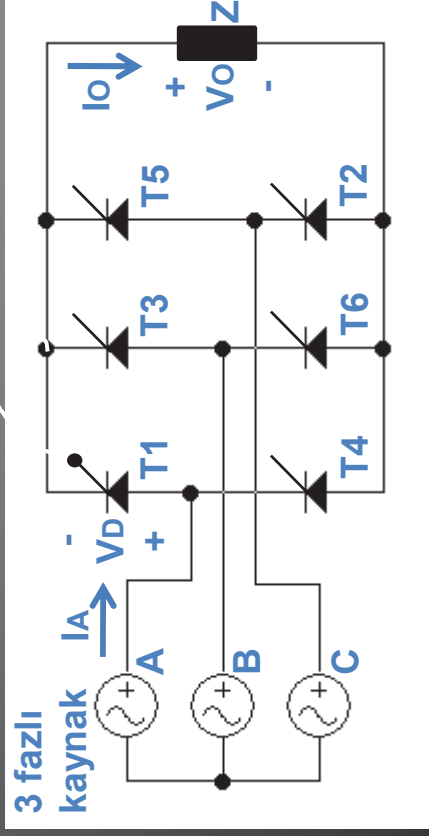
- Bilindiği gibi yarım kontrollu köprünün endüktif yükte çalıştırılması durumunda yükten kaynağa doğru enerji transferi olamamakta ve aşağıdaki Şekil-4.137'den görüldüğü gibi doğrultucu sadece 1. bölgede çalışmaktadır. Doğrultucunun çift bölgede çalışabilmesi için tam kontrollu doğrultucu olması gerekecektir.



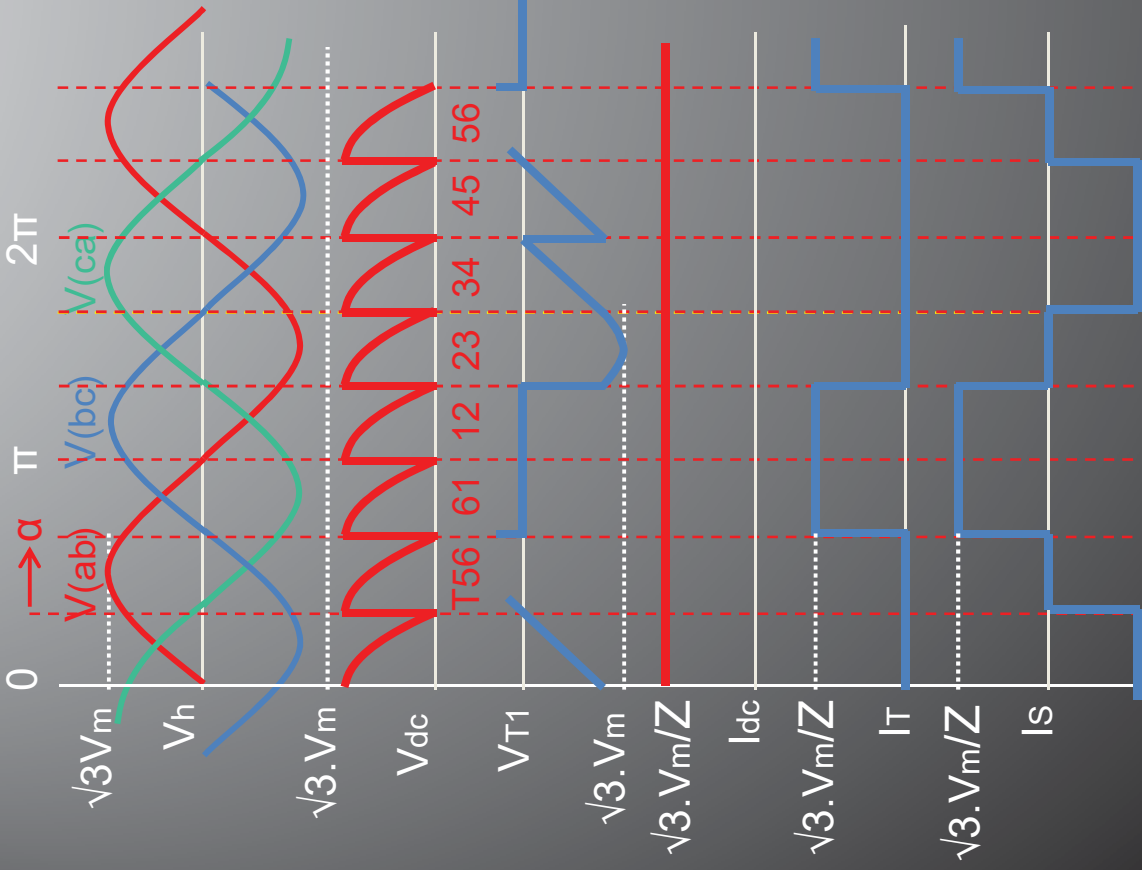
IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 3 fazlı tam kontrollü köprü doğrultucu (endüktif yükte);
- 3 fazlı tam kontrollü köprü doğrultucu güç devresi bağlantısı endüktif yük için Şekil-4.138'de gösterilmiştir.
- Bu devrede de 1 fazlı köprüde olduğu gibi köprüdeki tüm elemanlar tristördür ve serbest geçiş diyodu kullanılmamıştır.

- Şekilden görüldüğü gibi, 3 faz tam kontrollü köprü doğrultucu devresini sürmek için, daha önce 3 faz yarım dalga kontrollü doğrultucu devresini sürmekte kullanılan 3 fazlı uyarma devresi yalıtma yapılarak kullanılmıştır.
- Bu devreye ait temel dalga şekilleri aşağıda Şekil-4.139'da ayrıntılı olarak verilmiştir.



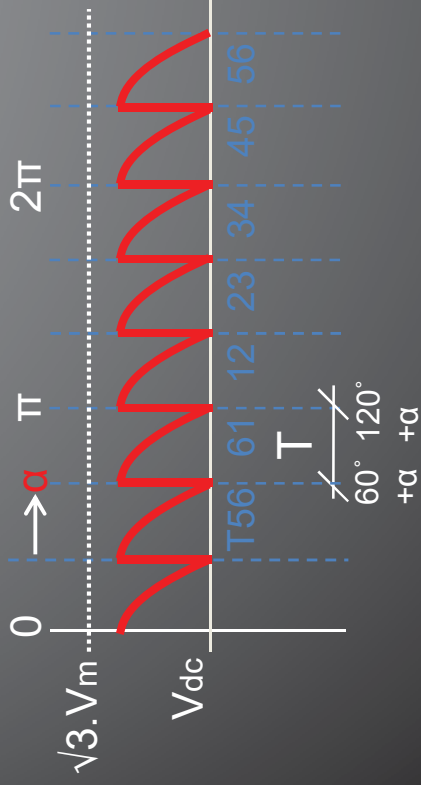
IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER



- Yan taraftaki dalga temel şekillerinden görülebileceği gibi, devredeki tristörler tıpkı 3 fazlı kontrolsüz köprüdeki diyotların doğal hareketlerinde olduğu gibi uyarılmışlardır.
- Burada kullanılan uyarma tekniği ile her bir tristör 120 derece iletimde tutulmakta, her 60 derecede eş değiştirmekte ve çıkışta hat gerilimini doğrultarak kontrol etmektedir.
- 60 derecelik uyarma açısı için çizilen bu şekilde negatif kısımlar oluşmamıştır. Açılı büyüdükçe gerilim negatife doğru sarkmaktadır.

IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Çıkış geriliminin ortalama değeri (V_{dc});
- 3 fazlı tam kontrollü köprü doğrultucunun endüktif yükteki çıkış gerilim dalga şekli aşağıdaki Şekil-4.140'da görüldüğü gibi olduğunu belirtmiştik. Bu durumda gerilim ortalama değeri için yandaki gibi olacaktır.



$$V_{dc} = \frac{1}{T} \int_0^T v_o(t).dt$$

$$V_{dc} = \frac{1}{\pi/3} \int_{\pi/3+\alpha}^{2\pi/3+\alpha} \sqrt{3}.V_m \sin \omega t.d(\omega t)$$

$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{3}.V_m}{\pi} \int_{\pi/3+\alpha}^{2\pi/3+\alpha} \sin \omega t.d(\omega t)$$

$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{3}.V_m}{\pi} (-\cos \omega t) \Big|_{\pi/3+\alpha}^{2\pi/3+\alpha}$$

$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{3}.V_m}{\pi} [-\cos(2\pi/3 + \alpha) + \cos(\pi/3 + \alpha)]$$

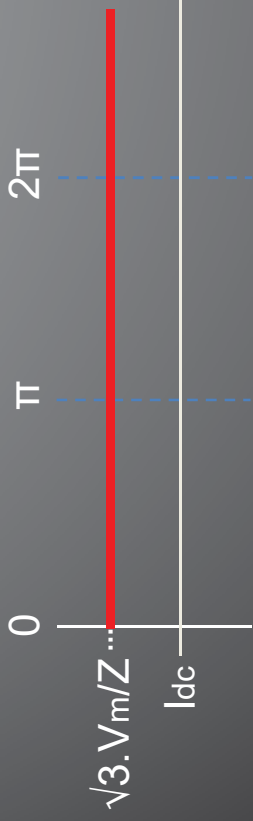
$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{3}.V_m}{\pi} \cos \alpha$$

IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Çıkış akımının ortalama değeri (V_{dc});

- 3 fazlı tam kontrollü köprü doğrultucunun endüktif yükteki çıkış akımı dalga şekli aşağıdaki Şekil-4.141’de görüldüğü gibidir. Bu durumda akımın ortalama değeri,

$$I_{dc} = I_m = \sqrt{3} \cdot V_m / Z \text{ olacaktır.}$$



- Ortalama çıkış gücü (P_{dc});

$$P_{dc} = I_{dc} \cdot V_{dc} \text{ 'den bulunabilir.}$$

- Kaynak akımının etkin değeri ($I_{A(rms)}$);

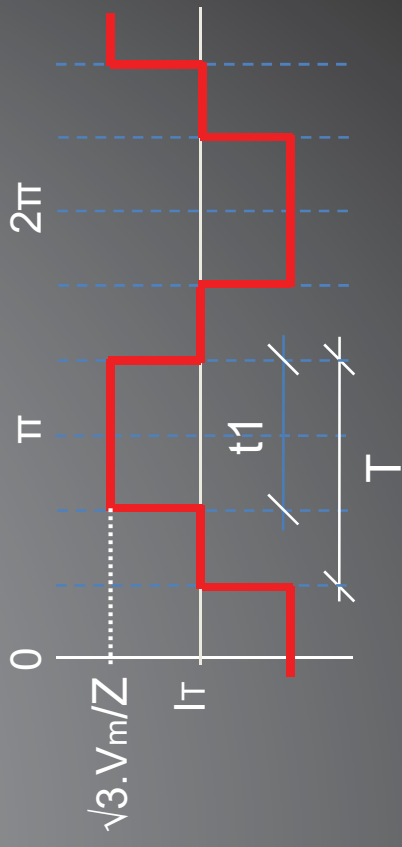
Kaynağın bir fazından çekilen akım Şekil-4.142’de görülmekte olup etkin değeri,

$$k = t_1 / (t_1 + t_2)$$

$$I_{S(rms)} = I_m \cdot \sqrt{k}$$

$$I_{S(rms)} = (\sqrt{3} \cdot V_m / Z) \cdot \sqrt{k}$$

eşitliğinden bulunabilecektir.



IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Kaynaktan çekilen toplam etkin güç ($P_{S(rms)}$);

$$P_{A(rms)} = I_{A(rms)} \cdot V_{f(rms)}$$

Üç fazdan çekilen toplam güç;

$$P_{S(rms)} = 3 \cdot P_{A(rms)}$$

- Devrenin güç katsayısı ($\cos\varphi$);

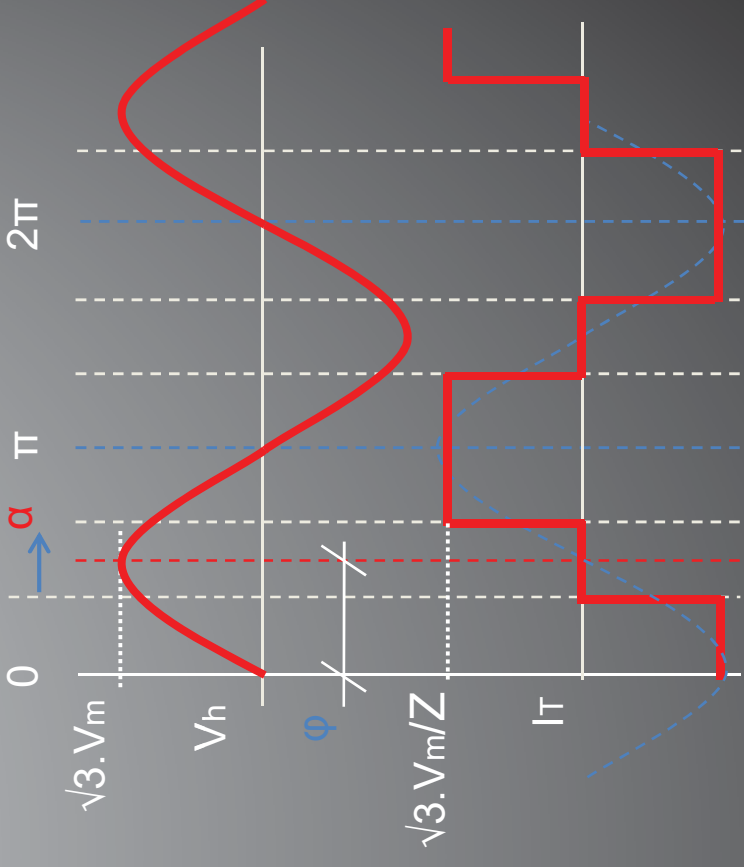
Kaynağın bir fazından çekilen akım ve ilgili hat gerilimi yan tarafta Şekil-4.143'de görülmektedir.

Şekilden görüldüğü gibi, kaynak akımı, kaynaktan çift yönlü ve kesikli olarak çekilmekte ve bu akım periyodik olarak değişmektedir.

- Bu durumda güç katsayısı,

$$\cos\varphi = \cos(60^\circ + \alpha/2)$$

eşitliğinden bulunabilecektir.

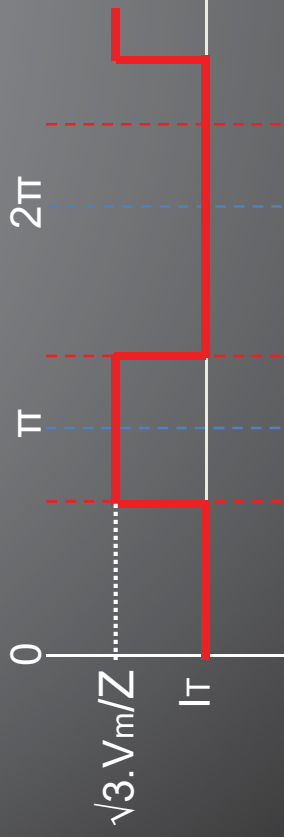


IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Anahtar (diyot-tristör) akımı (I_T);

Devredeki anahtar (diyot-tristör) akımının dalga şekli Şekil-4.144'deki gibidir. Bu şekle göre anahtar akımı, diğer uygulamalarda da olduğu gibi, üzerinden geçen akımın tepe değerine en az %30 tolerans payı eklenerek bulunabilir.

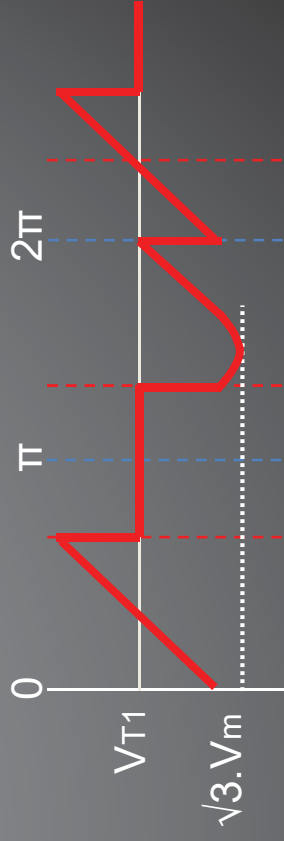
$$I_T = I_m + (\%30 \cdot I_m) = 1,3 \cdot \sqrt{3} \cdot V_m / Z$$



- Anahtar (diyot-tristör) gerilimi (V_T);

Devredeki anahtar (diyot-tristör) geriliminin dalga şekli Şekil-4.145'deki gibidir. Bu şekle göre anahtar gerilimi de, diğer uygulamalarda da olduğu gibi, üzerindeki gerilimin tepe değerine en az %30 tolerans payı eklenerek bulunabilir.

$$V_T = 1,3 \cdot \sqrt{3} \cdot V_m$$



IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

Örnek:

- 220V/380V-50Hz şebekede 90° uyarda çalıştırılan 3 fazlı tam dalga tam kontrollü doğrultucu,
- a) 10Ω 'luk rezistif bir yükü beslediğinde oluşacak tüm devre parametrelerini,
- b) 10Ω 'luk endüktif bir yükü beslediğinde oluşacak tüm devre parametrelerini hesaplayınız.

Çözüm:

- a) Rezistif yükte çıkış geriliminin ortalama değeri,

Bu tür bir doğrultucu rezistif yükte kullanılmaz, kullanılacak olursa yarım kontrollü gibi olur.

- b) Çok endüktif yükte çıkış geriliminin ortalama değeri,
 $V_m = V_{rms} \cdot \sqrt{2} = 220 \cdot \sqrt{2} = 311V$
 $V_{dc} = (3 \cdot \sqrt{3} \cdot V_m / \pi) \cdot \cos 90$
 $V_{dc} = (3 \cdot \sqrt{3} \cdot 311 / 6,28) \cdot 0$
 $V_{dc} = 0V$
- Çıkış akımı ortalama değeri,
 $I_{dc} = I_m = \sqrt{3} \cdot V_m / Z = 538 / 10 = 53,8A$
- Ortalama çıkış gücü,
 $P_{dc} = I_{dc} \cdot V_{dc}$
 $P_{dc} = 53,8 \cdot 0 = 0kW$ (ani değer).
- Kaynak akımının etkin değeri,
 $I_{A(rms)} = I_m \cdot \sqrt{k}$
 $I_{A(rms)} = \sqrt{3} \cdot V_m / Z \cdot \sqrt{[t_1/(t_1+t_2)]}$
 $I_{A(rms)} = 538/10 \cdot \sqrt{(6,66ms / 10ms)}$
 $I_{A(rms)} = 43,9A$

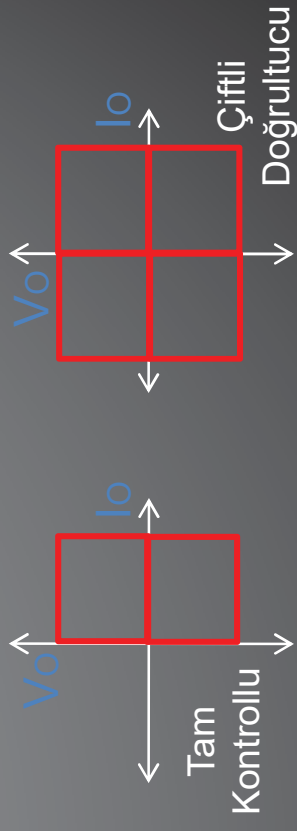
IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Endüktif yükte kaynaktan çekilen etkin güç,
 $P_{S(rms)} = 3 \cdot I_{S(rms)} \cdot V_{S(rms)}$
 $P_{S(rms)} = 3 \cdot 43,9 \cdot 220 = 28,97 \text{ kW}$

- Endüktif yükte anahtar (diyot-tristör) gerilimi,
 $V_D \geq \sqrt{3} \cdot V_m + \%30$
 $V_D \geq \sqrt{3} \cdot 311 \cdot 1,3 \geq 700 \text{ V}$

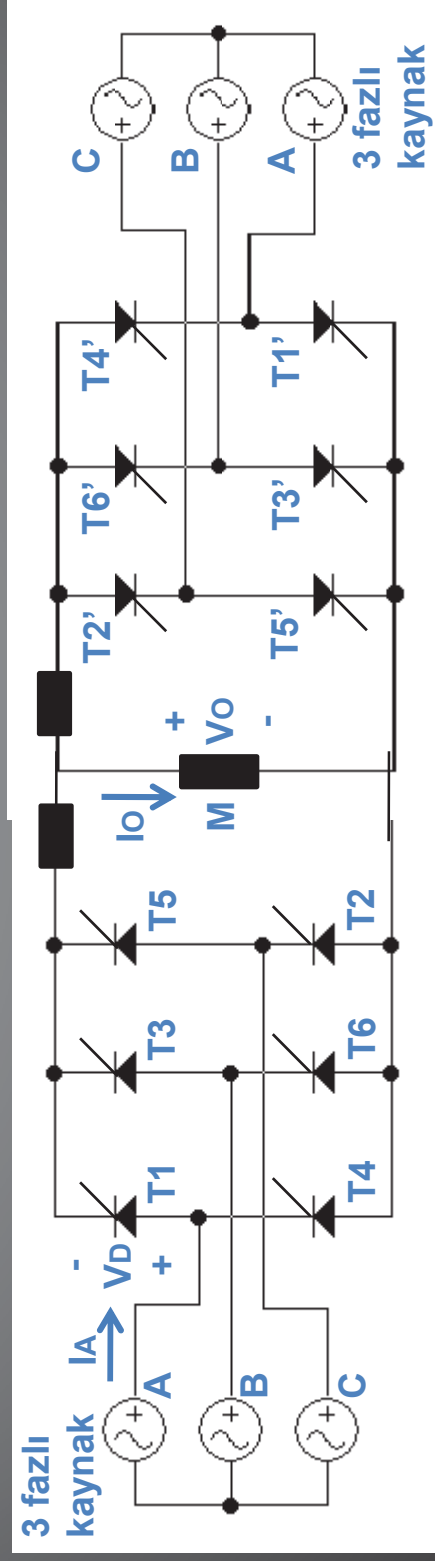
- Endüktif yükte anahtar (diyot-tristör) akımı,
 $I_D \geq \sqrt{3} \cdot V_m / R + \%30$
 $I_D \geq 53,8 \cdot 1,3 \geq 70 \text{ A}$

- Bilindiği gibi tam kontrollü köprü doğrultucu çıkış gerilimi çok endüktif yükte, pozitif maksimum ile negatif maksimum arasında değişmekte ve doğrultucu çift yönlü çalışmaktadır.
- DC motorlarda yön değişimi için çiftli kullanılan bu devre ile Şekil-4.146'da görüldüğü gibi 4 bölge çalıştırma sağlanabilir.



IV – AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 3 fazlı tam kontrollü çift köprü doğrultucu;
- 3 fazlı tam kontrollü çift köprü doğrultucu güç devresi bağlantısı endüktif yük için Şekil-4.147’de gösterilmiştir.
- Bu devrede de 1 fazlı uygulamada olduğu gibi iki tan kontrollü köprü birbirine ters paralel olarak bağlanmıştır.
- Devrenin uyarmasında ise daha önce açıklanan tam kontrollü uyarma düzeniğinden iki adet kullanılmalı ve bu devreler de 1 fazlı çift köprü doğrultucuda olduğu gibi bir lojik kontrol devresiyle kontrol edilmelidir.
- Bilindiği gibi bu devre tek tek ya da daima “ $\alpha_1 + \alpha_2 = 180^\circ$ ” şartını sağlayacak şekilde uyarılmalıdır.



ÖDEV-10

- 10.1) 380V/220V-50Hz şebekede 19Ω 'luk saf rezistif bir yükü besleyen 3 fazlı tam dalga kontrolsüz doğrultucunun,
- a) Devre şemasını tam olarak çiziniz, akım ve gerilim yönlerini devre üzerinde gösteriniz.
 - b) Devrenin temel dalga şekillerini değerleriyle birlikte çiziniz.
 - c) Çizilen dalga şekillerine göre temel parametreleri hesaplayınız.
- 10.2) 380V/220V-50Hz şebekede, 120° uyarma açısında, 22Ω 'luk rezistif bir yükü besleyen 3 fazlı tam dalga yarım kontrollü doğrultucunun,
- a) Devre şemasını tam olarak çiziniz, akım ve gerilim yönlerini devre üzerinde gösteriniz.
 - b) Devrenin temel dalga şekillerini değerleriyle birlikte çiziniz.
 - c) Çizilen dalga şekillerine göre temel parametreleri hesaplayınız.
- 10.2) 380V/220V-50Hz şebekede, 60° uyarma açısında, 10Ω 'luk rezistif bir yükü besleyen 3 fazlı tam dalga tam kontrollü doğrultucunun,
- a) Devre şemasını tam olarak çiziniz, akım ve gerilim yönlerini devre üzerinde gösteriniz.
 - b) Devrenin temel dalga şekillerini değerleriyle birlikte çiziniz.
 - c) Çizilen dalga şekillerine göre temel parametreleri hesaplayınız.