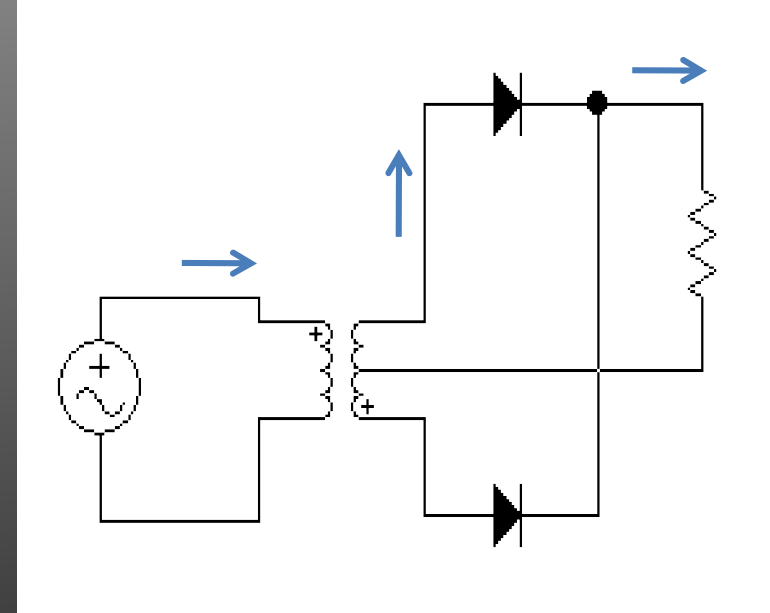


AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- **1 Fazlı Simetrik Tam Dalga Kontrolsüz Doğrultucu:**
- Bilindiği gibi, 1 fazlı gerilimi tam dalga doğrultabilmek için, simetrik AC kaynağın olduğu veya kolaylıkla elde edilebileceği yerlerde, sadece 2 adet güç anahtarı kullanarak tam dalga doğrultma yapmak mümkündür.
- Bu sayede daha az güç anahtarı kullanılarak anahtar kayıpları azaltılmaktadır. Fakat simetrik AC olmadığı durumlarda ayrıca bir kuruluş maliyeti ortaya çıkmaktadır.

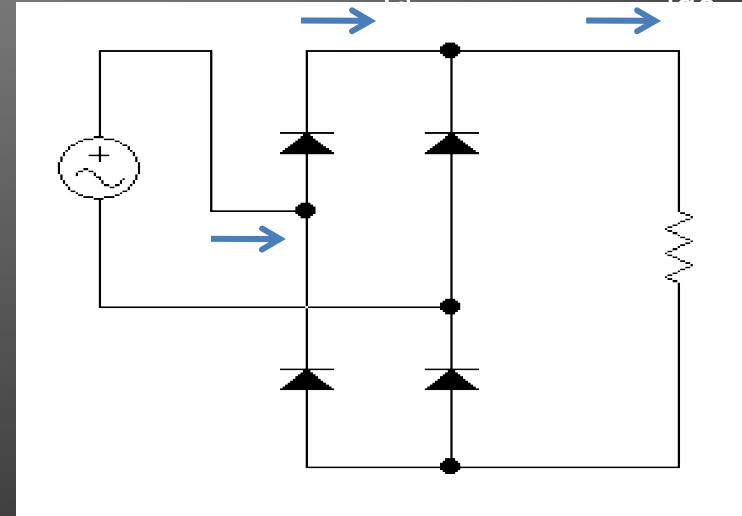
- Aşağıdaki Şekil-4.31'de 1 fazlı simetrik tam dalga kontrolsüz doğrultucu devre bağlantısı görülmektedir.
- Şekilden görüldüğü gibi kaynak gerilimi orta uçlu bir transfo ile çoğullanmaktadır.



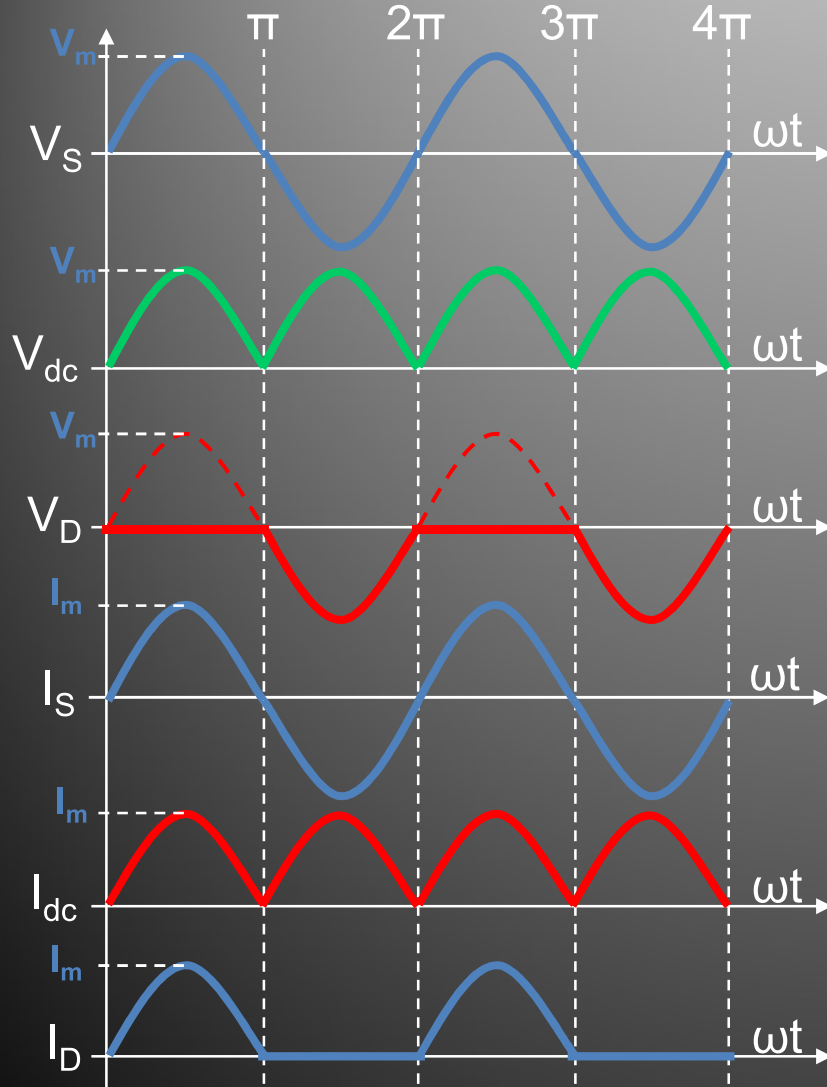
AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Şekil 4.31'de görülen 1 fazlı simetrik tam dalga kontrolsüz doğrultucu ile aynı işi yapan bir diğer devre de köprü bağlı kontrolsüz doğrultucu devresidir.
- 1 fazlı kontrolsüz köprü doğrultucu devresinde simetrik AC kaynağa ihtiyaç yoktur. Bu nedenle simetrik AC elde etmek için ayrıca transformatör kullanmaya da gerek yoktur.
- Her iki devreden elde edilen çıkış da tam dalga olduğu için analiz köprü doğrultucuya göre yapılacaktır.

- 1 Fazlı Kontrolsüz Köprü Doğrultucu (rezistif yükte):
- Şekil 4.32'de 1 fazlı tam dalga kontrolsüz köprü doğrultucu devre bağlantısı görülmektedir. Devrenin rezistif (R) yükte çalışması dalga şekilleri Şekil-4.33 'de verilmiştir.



AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER



- Şekil-4.33'den görüldüğü gibi, güç devrelerinin analizinde kullanılan 6 adet parametrenin dalga şekilleri gösterilmiştir.

Bunlar;

- 1) Kaynak gerilimi (V_S),
- 2) Çıkış (yük) gerilimi (V_O),
- 3) Anahtar (diyot) gerilimi (V_D),
- 4) Kaynak akımı (I_S),
- 5) Çıkış (yük) akımı (I_O),
- 6) Anahtar (diyot) akımı (I_D)'dir.

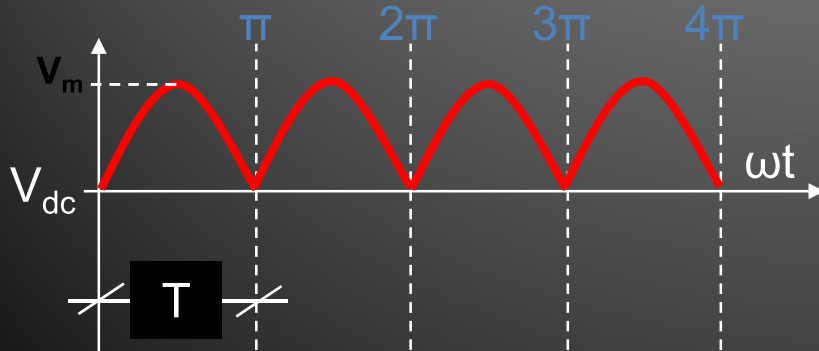
Burada kaynak, yük ve anahtar akımları devre bağlantısı nedeniyle farklı olduğu için ayrı şekillerle gösterilmiştir.

AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Şekil-4.33'ten görüldüğü gibi, □ (yük) üzerinde kaynaktan gelen pozitif alternanslar olduğu gibi negatif alternanslar ise pozitive katlanmış şekilde görülmektedir.
 - Bunun nedeni pozitif alternanslarda D1 ve D2, negatif alternanslarda ise D3 ve D4 diyotlarının iletimidir.
 - Diyotların yalıtımda kaldığı kendilerine göre ters olan alternanslarda ise kaynaktan gelen bu alternanslar her bir diyot üzerinde, bloke ettiği gerilim olarak görülmektedir.
- Şekil-4.33'de görülen temel dalga şekillerinden yararlanarak devrede gerekli hesaplamalar yapılabilir. Devrede yapılabilecek bazı hesaplamalar şunlardır;
 - 1) Çıkış gerilimi ortalama değeri,
 - 2) Çıkış akımının ortalama değeri,
 - 3) Ortalama çıkış gücü,
 - 4) Kaynaktan çekilen akımın etkin değeri,
 - 5) Kaynaktan çekilen etkin güç,
 - 6) Anahtar (diyot) gerilimi,
 - 7) Anahtar (diyot) akımı.
 - 8) Güç katsayısı,

AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Çıkış gerilimin ortalama değeri;
- 1 fazlı tam dalga kontrolsüz doğrultucunun rezistif yükte çalıştırılması durumunda, yük üzerinde aşağıdaki Şekil-4.34'de verilen dalga şeklinin görüleceğini belirtmiştik.
- Şimdi bu dalga şekline göre çıkış geriliminin ortalama değer eşitliğini bulalım.



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

$$V_{dc} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} V_m \cdot \sin(\omega t).d(\omega t)$$

$$V_{dc} = \frac{V_m}{\pi} \int_0^{\pi} \sin(\omega t).d(\omega t)$$

$$V_{dc} = \frac{V_m}{\pi} [-\cos(\omega t)]_0^{\pi}$$

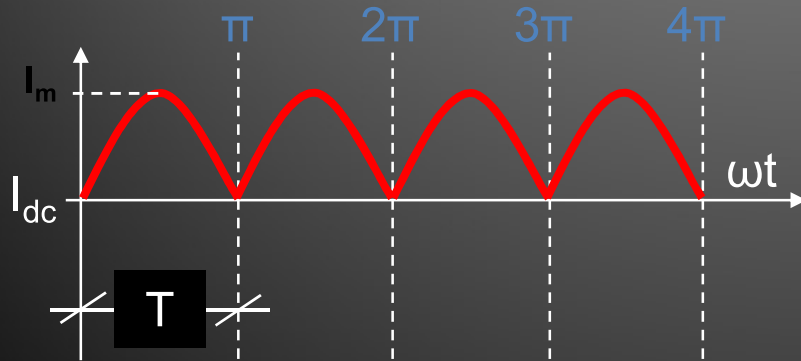
$$V_{dc} = \frac{V_m}{\pi} [-(\cos(\pi) - \cos(0))]$$

$$V_{dc} = \frac{V_m}{\pi} [-(-1) + (+1)]$$

$$V_{dc} = \frac{2.V_m}{\pi} = 0,636 .V_m$$

AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Çıkış akımı ortalama değeri;
- 1 fazlı tam dalga kontrolsüz doğrultucunun rezistif yükte çalıştırılması durumunda, yük üzerinden aşağıdaki Şekil-4.35'de görülen akımın geçeceğini belirtmiştik.
- Şimdi bu dalga şekline göre çıkış akımının ortalama değer eşitliğini bulalım.



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

$$I_{dc} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} I_m \cdot \sin(\omega t).d(\omega t)$$

$$I_{dc} = \frac{I_m}{\pi} \int_0^{\pi} \sin(\omega t).d(\omega t)$$

$$I_{dc} = \frac{I_m}{\pi} [-\cos(\omega t)]_0^{\pi}$$

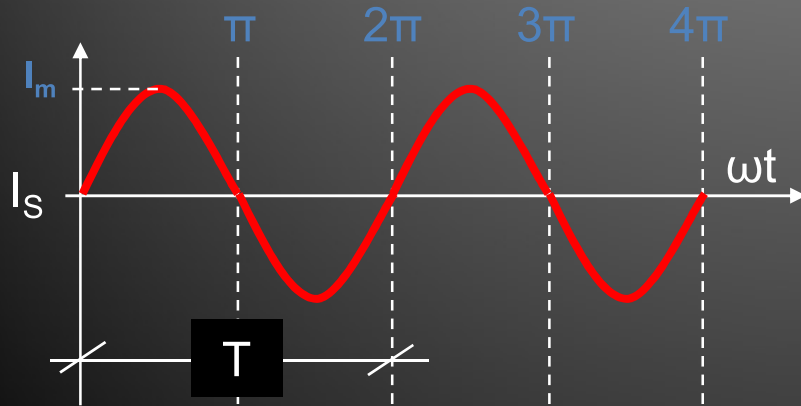
$$I_{dc} = \frac{I_m}{\pi} [-(\cos(\pi) - \cos(0))]$$

$$I_{dc} = \frac{I_m}{\pi} [-(-1) + (+1)]$$

$$I_{dc} = \frac{2.I_m}{\pi} = 0,636 . I_m = 0,636 . \frac{V_m}{R}$$

AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Ortalama çıkış gücü;
- Ortalama çıkış gücü, ortalama çıkış gerilimi ve akımının çarpımına eşittir.
- $P_{dc} = I_{dc} V_{dc}$
- Kaynak akımının etkin değeri;
- Kaynak akımının dalga şekli Şekil-4.36'daki gibidir.



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

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

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

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

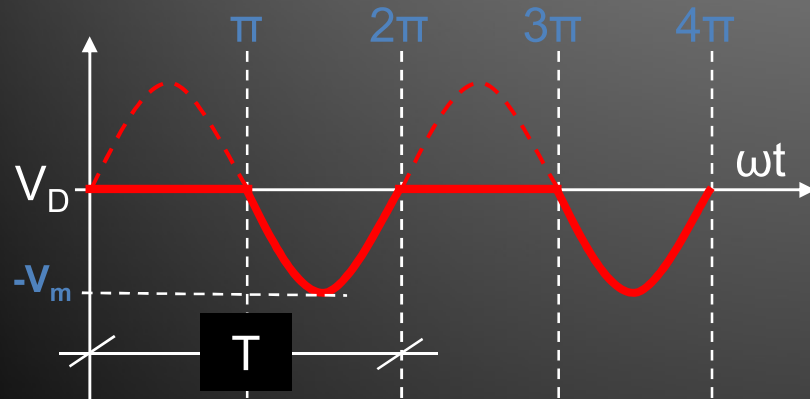
$$I_{S(rms)} = \sqrt{\frac{I_m^2}{2\pi} \left[\left(\frac{2\pi}{2} - \frac{\sin(4\pi)}{4} \right) - \left(\frac{0}{2} - \frac{\sin(2 \cdot 0)}{4} \right) \right]}$$

$$I_{S(rms)} = \sqrt{\frac{I_m^2}{2\pi} \left[\left(\frac{\pi}{1} \right) - (0) \right]} = \sqrt{\frac{I_m^2}{2\pi} \pi}$$

$$I_{S(rms)} = \sqrt{\frac{I_m^2}{2}} = 0,7 \cdot I_m = 0,7 \cdot \frac{V_m}{R}$$

AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Kaynaktan çekilen etkin güç;
- Bu devrenin kaynaktan çektiği etkin güç, kaynak gerilimi ve kaynaktan çekilen akımın etkin değerlerinin çarpımına eşittir.
- $P_{S(rms)} = I_{S(rms)} V_{S(rms)}$
- Anahtar (diyot) gerilimi;
- Anahtar (diyot) gerilimi,



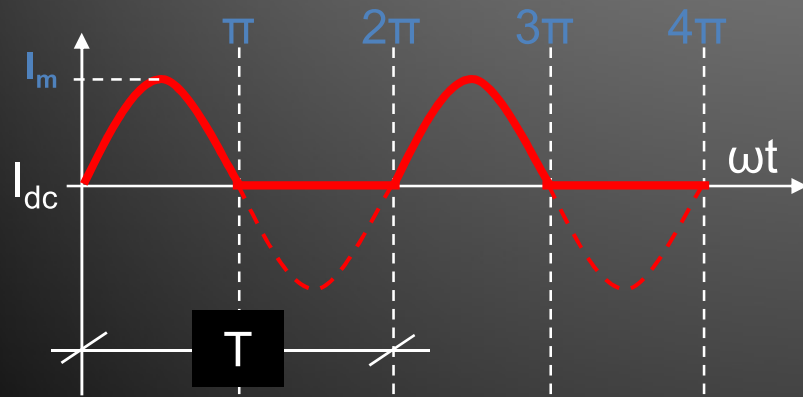
diyot tarafından bloke edilen gerilimdir. Yan tarafta Şekil-4.37’de görüldüğü gibi, kaynağın negatif alternanslarında diyot yalıtımda kalmakta ve tepe değeri “ V_m ” olan kaynak gerilimini bloke etmektedir.

- Bu durumda devrede kullanılacak olan diyodun çalışma gerilimi aşağıdaki eşitlikten bulunabilecektir.

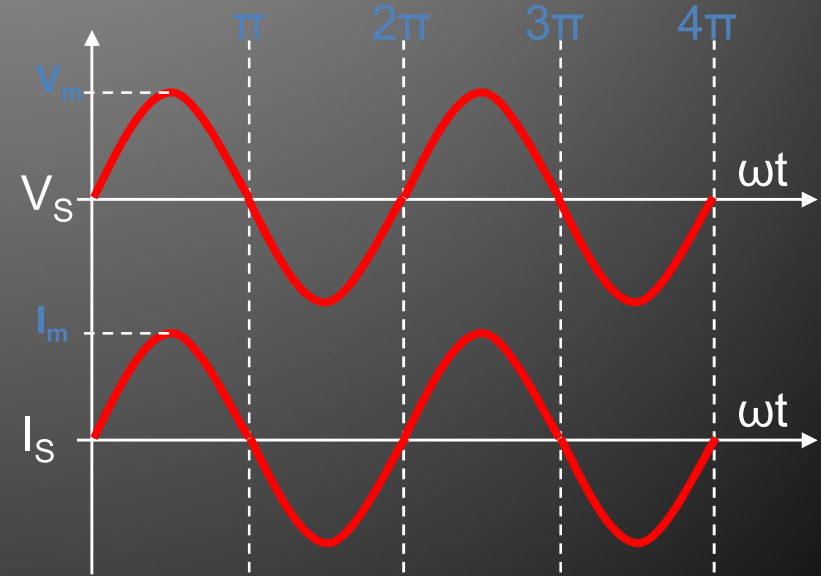
- $V_D \geq V_m + (\%30.V_m)$

AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Anahtar (diyot) akımı;
- Anahtar (diyot) akımı, aşağıda Şekil-4.38'de görüldüğü gibi yarım dalga bir akımdır.
- Bu durumda devrede kullanılacak olan diyodun çalışma akımı,
- $I_D \geq I_m + (\%30 \cdot I_m)$ eşitliğinden bulunabilmektedir.



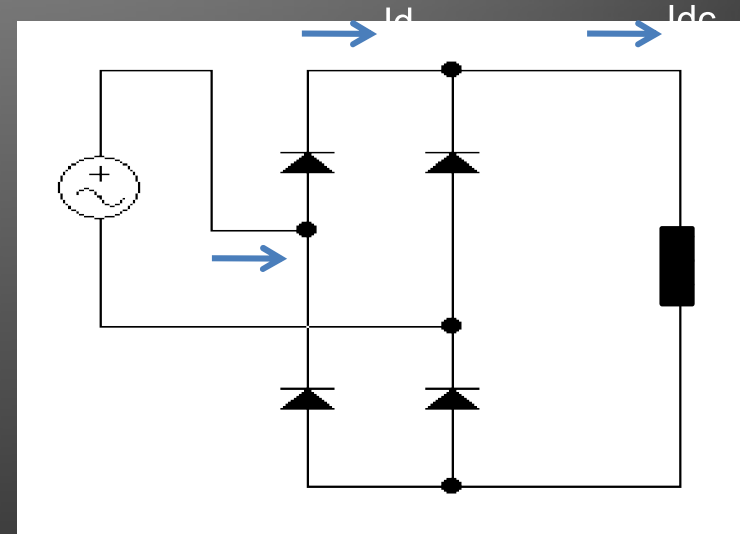
- Güç katsayısı ($\cos\phi$);
- Devrede kaynak gerilimi ve akımı Şekil-4.39'daki gibidir. Bu durumda kaynaktan her iki alternansta da ve kaynakla aynı fazda akım çekilmektedir. Bu durumda $\cos\phi = 1$ 'dir.



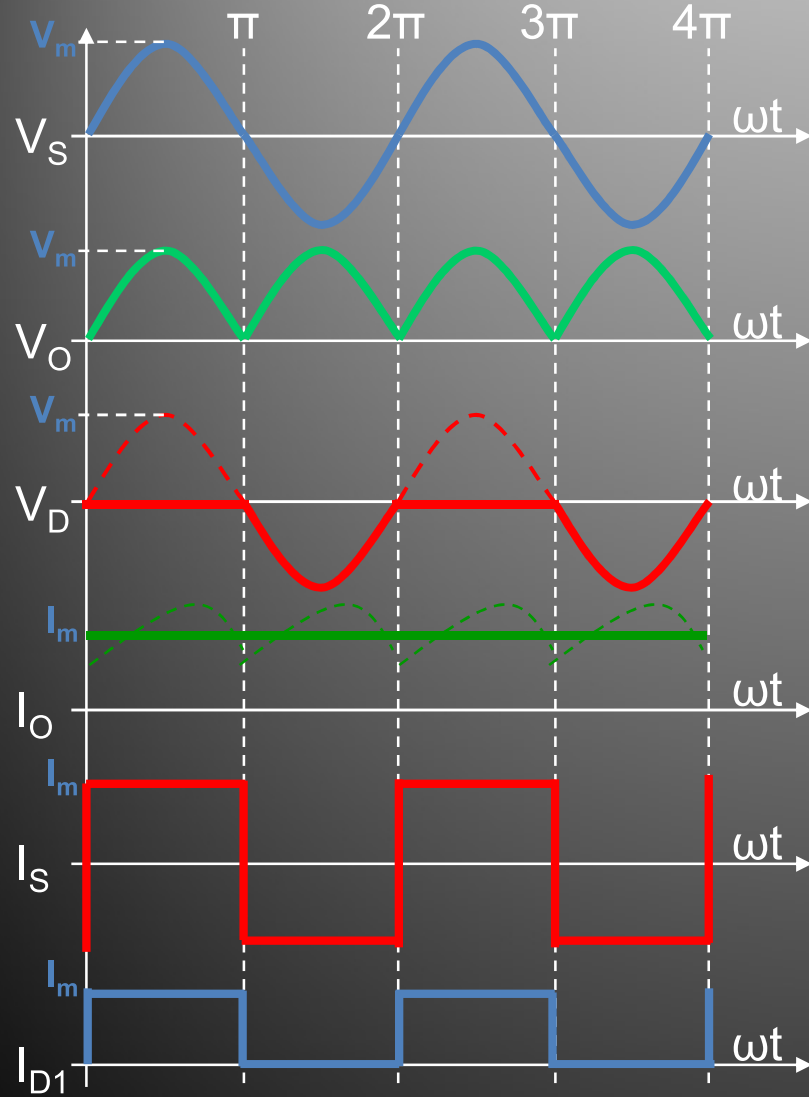
AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Bilindiği gibi endüstrideki yüklerin çok büyük bir bölümü endüktif karakterli (L+R) yüklerdir.
- Bu yüklere verilebilecek en önemli örnek elektrik motorlarıdır. Elektrik motorları içerdikleri bobinler ve bu bobinlerin dirençleri nedeniyle endüktif + rezistif (L+R) durumundadırlar.
- Tabii ki devrede endüktif yük olması başta devre akımları olmak üzere devrede pek çok parametreyi ve şartları değiştirmektedir.

- 1 Fazlı Kontrolsüz Köprü Doğrultucu (endüktif yükte):
- Şekil-4.40'da 1 fazlı tam dalga kontrolsüz köprü doğrultucu devre bağlantısı görülmektedir. Devrenin endüktif (L+R) yükte çalışmasını gösteren dalga şekilleri Şekil-4.41'de verilmiştir.



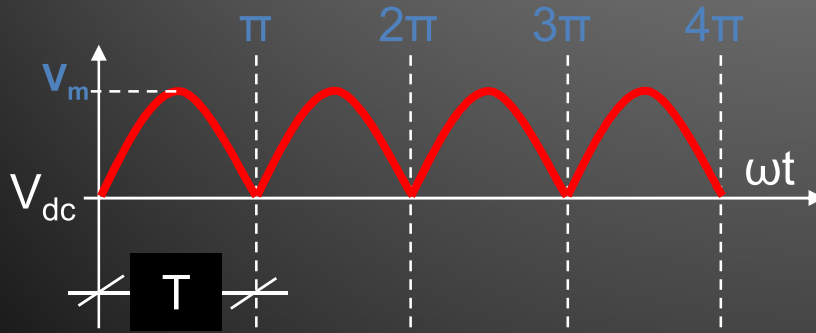
AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER



- Yan taraftaki Şekil-4.41'den görüldüğü gibi, yükün çok endüktif olduğu kabul edilirse, devrenin çıkış akımı (I_o) çok az dalgalanacaktır. Biz çizim ve hesaplama kolaylığı olması açısından bu akımı düz kabul edeceğiz.
- Yine şekilden görüldüğü gibi bu akım, pozitif ve negatif alternanslarda kaynaktan çift yönlü olarak çekilmekte, diyotlardan ise kendilerine uygun olan alternanslarda akım akmaktadır. Bu durumda parametreler;

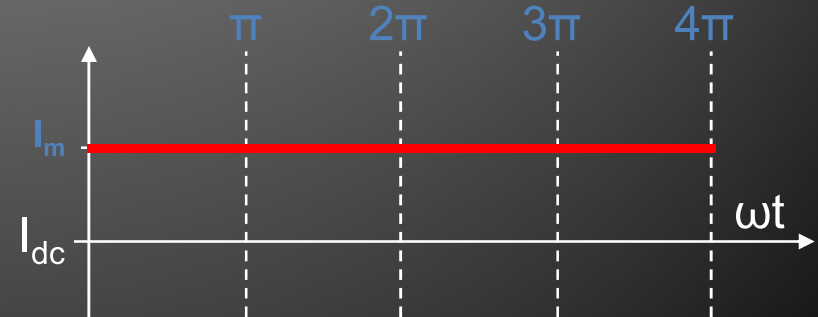
AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Çıkış gerilimin ortalama değeri;
- Yarım dalga kontrolsüz doğrultucunun endüktif yükte çalıştırılması durumunda, yük üzerinde aşağıdaki Şekil-4.42'de görülen dalga şekli, rezistif yük ile aynı olacaktır.
- Bu durumda resistif yük için elde edilen eşitlik endüktif yük için de aynen geçerlidir.



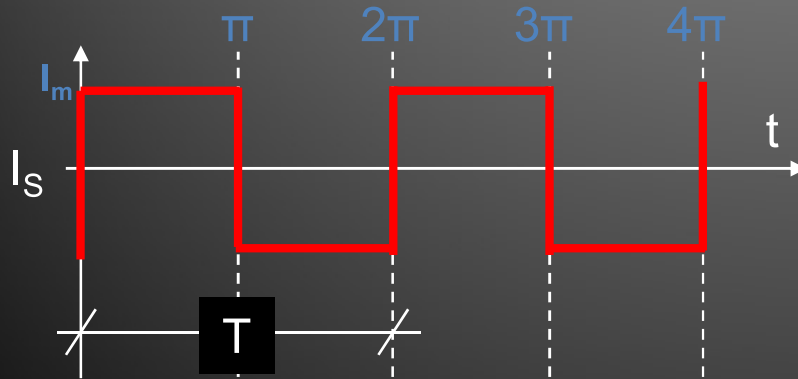
- Çıkış akımı ortalama değeri;
- Endüktif yükte yük üzerinden geçen akım Şekil-4.43'de görüldüğü gibi sürekli ve sabit (düz) kabul edilmektedir.
- Bu durumda ortalama değer,
- $I_{dc} = I_m = V_m / Z$

eşitliğinden doğrudan hesaplanabilecektir.



AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

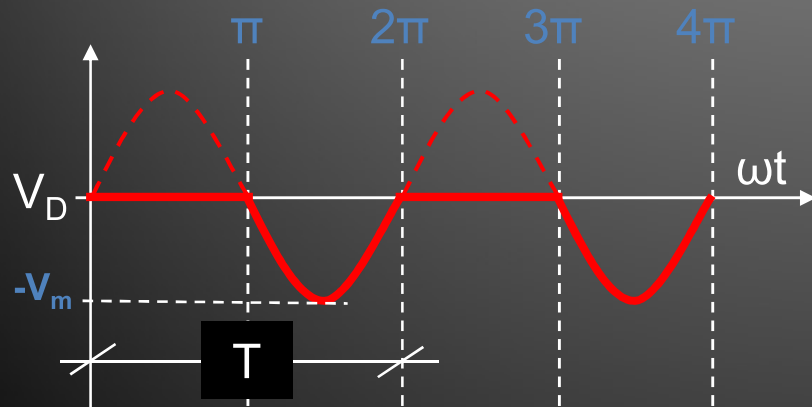
- Ortalama çıkış gücü;
- Endüktif yükte ortalama çıkış gücü, ortalama çıkış gerilimi ve akımının çarpımına eşittir.
- $P_{dc} = I_{dc} V_{dc}$
- Kaynak akımının etkin değeri;
- Kaynak akımının dalga şekli Şekil-4.44'deki gibidir.



- Şekil-4.44'de görülen çok endüktif yük için kaynak akımı şeklinden hareketle kaynak akımının etkin değeri kolaylıkla bulunabilecektir.
- Bilindiği gibi şebeke geriliminde etkin değer hesabı tek alternans için bulunmaktadır, çünkü kare alındığı için negatif alternansta da aynı sonuca ulaşılmaktadır.
- Bu durumda sadece “0- π ” aralığı için etkin değer doğrudan tepe değer (I_m) veya çıkış akımı değerine eşit olacaktır yani “ $I_{rms} = I_m$ ”dir.

AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Kaynaktan çekilen etkin güç;
- Bu devrenin kaynaktan çektiği etkin güç, kaynak gerilimi ve kaynaktan çekilen akımın etkin değerlerinin çarpımına eşittir.
- $P_{S(rms)} = I_{S(rms)} V_{S(rms)}$
- Anahtar (diyot) gerilimi;
- Anahtar (diyot) gerilimi,



Şekil-4.45'den görüldüğü gibi, rezistif yükteki şeklini koruduğuna göre aynı eşitlikle hesaplanabilecektir.

$$V_D \geq V_m + (\%30.V_m)$$

■ Anahtar (diyot) akımı;

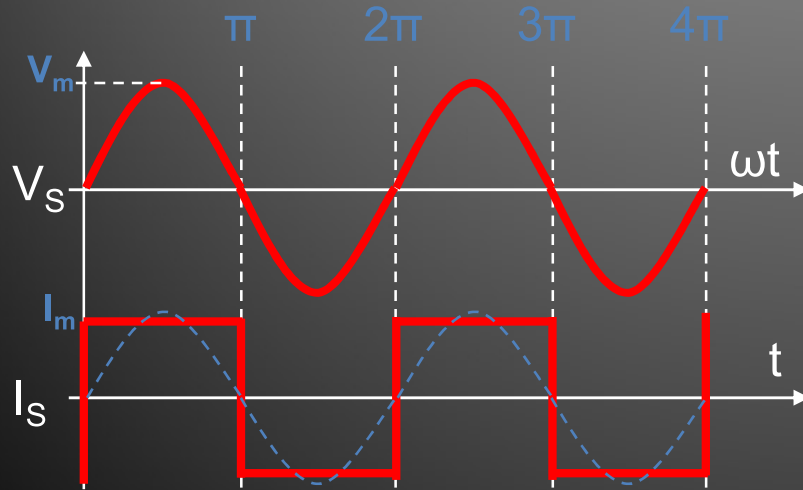
■ Anahtar (diyot) akımı, Şekil-4.41'den görüldüğü gibi, kaynak akımı ile aynı olduğuna göre ve diyot üzerinden akan en yüksek akım " I_m " olduğuna göre bu akım değeri,

$$I_D \geq I_m + (\%30.I_m)$$

eşitliğinden bulunabilecektir.

AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Güç katsayısı ($\cos\phi$);
- Devrede kaynak gerilimi ve akımı Şekil-4.46'daki gibidir. Bu durumda kaynaktan hem pozitif hem de negatif alternanslarda kaynak gerilimiyle aynı fazlı akım çekilmekte yani $\cos\phi = 1$ 'dir.



- Örnek:
- 220V-50Hz şebekede çalışan tam dalga köprü 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,
- $V_{dc} = 0,636.V_m$

AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

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

$$V_{dc} = 0,636 \cdot 311 = 197,79V$$

- Rezistif yükte çıkış akımının ortalama değeri,

$$I_{dc} = 0,636 \cdot I_m$$

$$I_m = V_m / R = 311 / 10 = 31,1A$$

$$I_{dc} = 0,636 \cdot 31,1 = 19,77A$$

- Rezistif yükte ortalama çıkış gücü,

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

$$P_{dc} = 19,77 \cdot 197,79 = 3,91kW$$

- Rezistif yükte kaynak akımının etkin değeri,

$$I_{S(rms)} = 0,7 \cdot I_m$$

$$I_{S(rms)} = 0,7 \cdot 31,1 = 21,77A$$

- Rezistif yükte kaynaktan çekilen etkin güç,

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

$$P_{S(rms)} = 21,77 \cdot 220 = 4,78kW$$

- Rezistif yükte anahtar (diyot) gerilimi,

$$V_D \geq V_m + (\%30 \cdot V_m)$$

$$V_D \geq 311 \cdot 1,3 \geq 400V$$

- Rezistif yükte anahtar (diyot) akımı,

$$I_D \geq I_m + (\%30 \cdot I_m)$$

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

AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

b) Çok endüktif yükte çıkış geriliminin ortalama değeri,

- $V_{dc} = 0,636 \cdot V_m$
 $V_m = V_{rms} \cdot \sqrt{2} = 220 \cdot \sqrt{2} = 311V$
 $V_{dc} = 0,636 \cdot 311 = 197,79V$
- Çok endüktif yükte çıkış akımının ortalama değeri,
 $I_{dc} = I_m = V_m / R = 311 / 10 = 31,1A$
- Endüktif yükte ort. çıkış gücü,
 $P_{dc} = I_{dc} \cdot V_{dc}$
 $P_{dc} = 31,1 \cdot 197,79 = 6,15kW$
- Çok endüktif yükte kaynak akımının etkin değeri,
 $I_{S(rms)} = I_m$
 $I_{S(rms)} = 31,1A$

- Çok endüktif yükte kaynaktan çekilen etkin güç,

$$P_{S(rms)} = I_{S(rms)} \cdot V_{S(rms)}$$
$$P_{S(rms)} = 31,1 \cdot 220 = 6,84kW$$

- Çok endüktif yükte anahtar (diyot) gerilimi,

$$V_D \geq V_m + (\%30 \cdot V_m)$$
$$V_D \geq 311 \cdot 1,3 \geq 400V$$

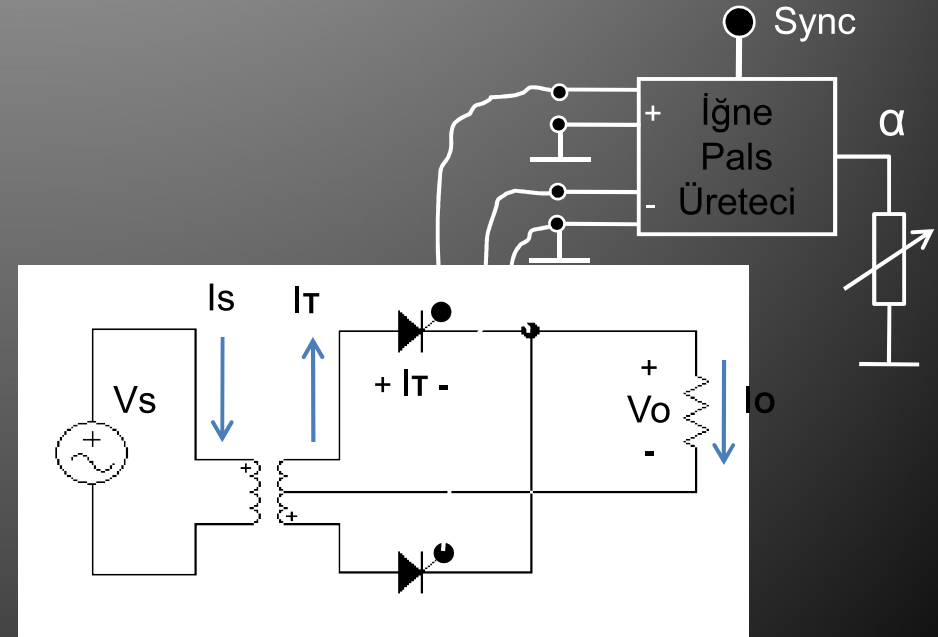
- Çok endüktif yükte anahtar (diyot) akımı,

$$I_D \geq I_m + (\%30 \cdot I_m)$$
$$I_D \geq 31,1 \cdot 1,3 \geq 40A$$

AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- **1 Fazlı Simetrik Tam Dalga Kontrollü Doğrultucu:**
- Bilindiği gibi, 1 fazlı gerilimi tam dalga doğrultabilmek ve kontrol edebilmek için, simetrik AC kaynağın olduğu veya kolaylıkla elde edilebileceği yerlerde, sadece 2 adet güç anahtarı kullanarak doğrultma yapmak mümkündür.
- Bu sayede daha az güç anahtarı kullanılarak anahtar kayıpları azaltılmaktadır. Fakat simetrik AC olmadığı durumlarda ayrıca bir kuruluş maliyeti ortaya çıkmaktadır.

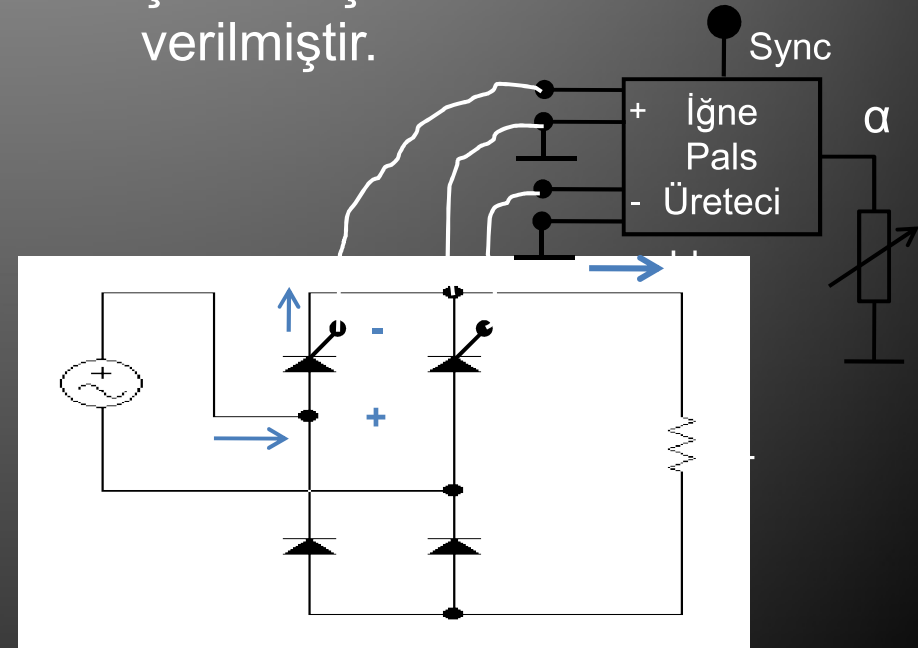
- Aşağıdaki Şekil-4.47'de 1 fazlı simetrik tam dalga kontrollü doğrultucu devre bağlantısı görülmektedir. Görüldüğü gibi kaynak gerilimi çoğullanmakta ve tristörlere uygulanmaktadır.



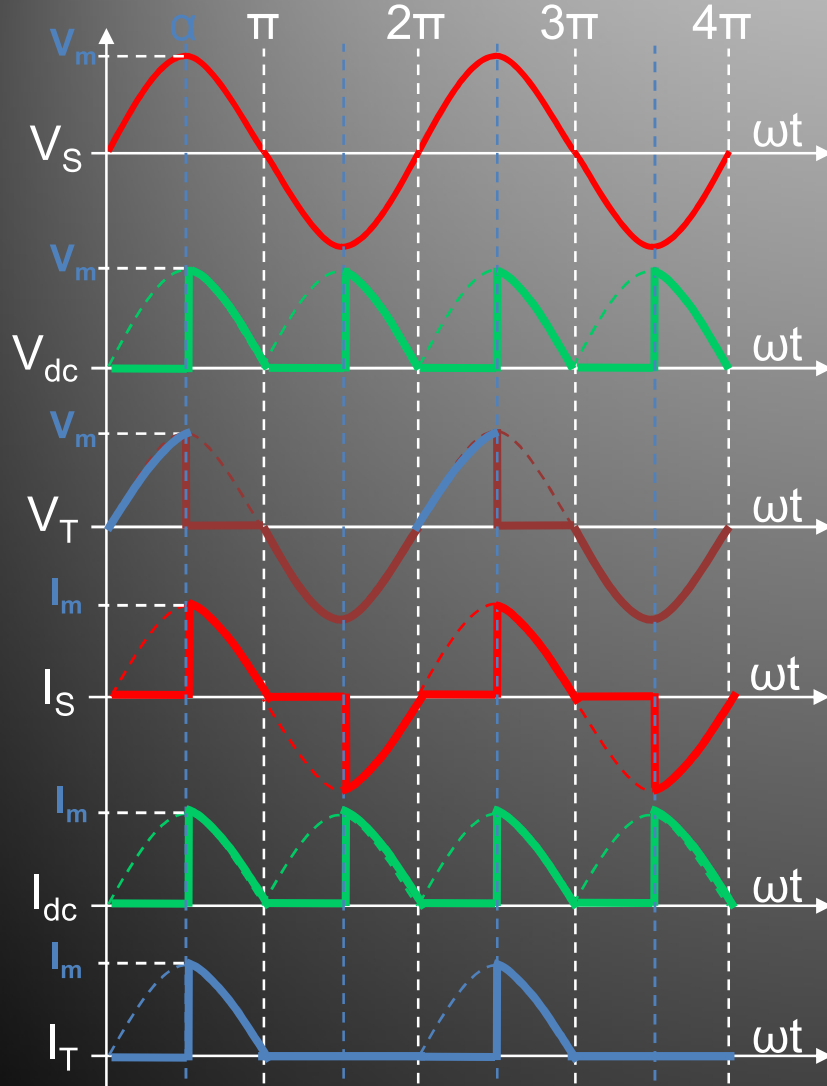
AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Şekil-4.47'de görülen 1 fazlı simetrik tam dalga kontrollu doğrultucu ile aynı işi yapan bir diğer devre de köprü bağlı kontrollu doğrultucu devresidir.
- 1 fazlı kontrollu köprü doğrultucu devresi, yarım kontrollu ve tam kontrollu olmak üzere iki şekilde yapılabilmektedir.
- Öncelikle yarım kontrollu köprü doğrultucu devresi, daha sonra da tam kontrollu köprü doğrultucu devresi hem rezistif hem de endüktif yükte ayrıntısıyla analiz edilecektir.

- 1 Fazlı Yarım Kontrollu Köprü Doğrultucu (rezistif yükte):
- Şekil-4.48'de 1 fazlı tam dalga yarım kontrollu köprü doğrultucu devre bağlantısı görülmektedir. Devrenin rezistif (R) yükte çalışma dalga şekilleri Şekil-4.49'da verilmiştir.



AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER



- Şekil-4.49'dan görüldüğü gibi, güç devrelerinin analizinde kullanılan 6 adet parametrenin dalga şekilleri gösterilmiştir.

Bunlar;

- 1) Kaynak gerilimi (V_s),
- 2) Çıkış (yük) gerilimi (V_o),
- 3) Anahtar (diyot) gerilimi (V_D),
- 4) Kaynak akımı (I_s),
- 5) Çıkış (yük) akımı (I_o),
- 6) Anahtar akımı (I_{D-T})'dir.

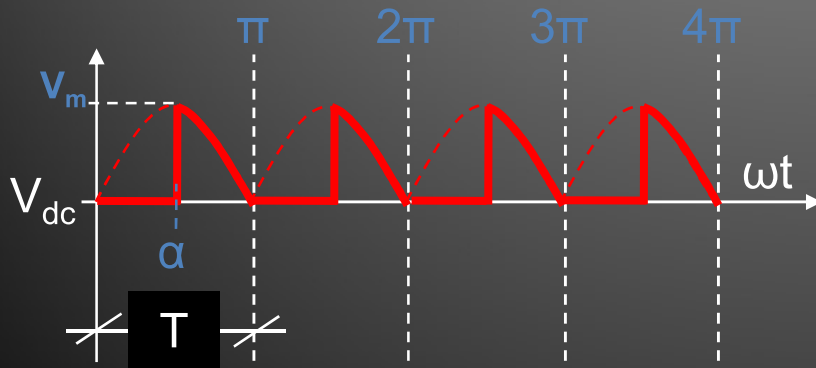
Burada kaynak, yük ve anahtar akımları devre bağlantısı nedeniyle farklı olduğu için ayrı şekillerle gösterilmiştir.

AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Şekil-4.49'dan görüldüğü gibi, çıkış (yük) direnci üzerinde kaynaktan gelen pozitif alternanslar " α " açısından itibaren, negatif alternanslar ise pozitive katlanmış şekilde yine " α " açısından itibaren görülmektedir.
 - Bunun nedeni , pozitif alternanslarda T1-D1, negatif alternanslarda ise T2-D2 elemanlarının birbirlerine seri olarak iletme geçmeleri ve pozitif alternanslarda T1'in, negatif alternanslarda ise T2'nin " α "da uyarılmasıdır.
- Şekil-4.49'da görülen temel dalga şekillerinden yararlanarak devrede gerekli hesaplamalar yapılabilir. Devrede yapılabilecek bazı hesaplamalar şunlardır;
 - 1) Çıkış gerilimi ortalama değeri,
 - 2) Çıkış akımının ortalama değeri,
 - 3) Ortalama çıkış gücü,
 - 4) Kaynaktan çekilen akımın etkin değeri,
 - 5) Kaynaktan çekilen etkin güç,
 - 6) Anahtar (diyot-tristör) gerilimleri,
 - 7) Anahtar (diyot-tristör) akımları,
 - 8) Güç katsayısı,

AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Çıkış gerilimin ortalama değeri;
- 1 fazlı yarım kontrollü köprü doğrultucunun rezistif yükte çalıştırılması durumunda, yük üzerinde aşağıdaki Şekil-4.50'de verilen dalga şeklinin görüleceğini belirtmiştik.
- Şimdi bu dalga şekline göre çıkış geriliminin ortalama değer eşitliğini bulalım.



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

$$V_{dc} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} V_m \cdot \sin(\omega t) \cdot d(\omega t)$$

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

$$V_{dc} = \frac{V_m}{\pi} [-\cos(\omega t)]_{\alpha}^{\pi}$$

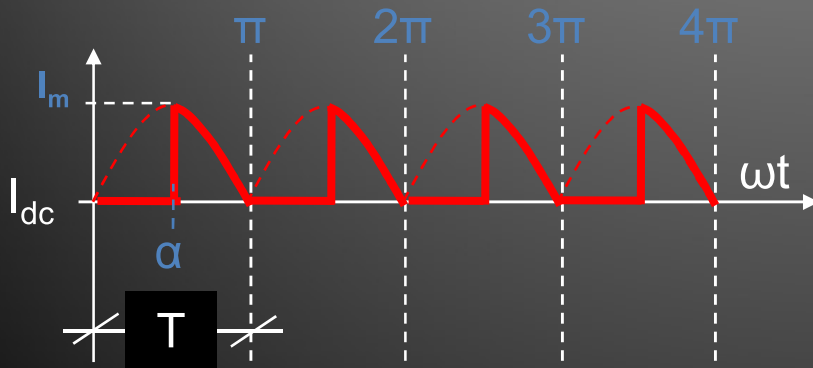
$$V_{dc} = \frac{V_m}{\pi} [-(\cos(\pi) - \cos(\alpha))]$$

$$V_{dc} = \frac{V_m}{\pi} [-(-1) + (\cos \alpha)]$$

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

AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Çıkış akımı ortalama değeri;
- 1 fazlı tam dalga kontrolsüz doğrultucunun rezistif yükte çalıştırılması durumunda, yük üzerinden aşağıdaki Şekil-4.51'de görülen akımın geçeceğini belirtmiştik.
- Şimdi bu dalga şekline göre çıkış akımının ortalama değer eşitliğini bulalım.



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

$$I_{dc} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} I_m \cdot \sin(\omega t) \cdot d(\omega t)$$

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

$$I_{dc} = \frac{I_m}{\pi} [-\cos(\omega t)]_{\alpha}^{\pi}$$

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

$$I_{dc} = \frac{I_m}{\pi} [-(-1) + (\cos \alpha)]$$

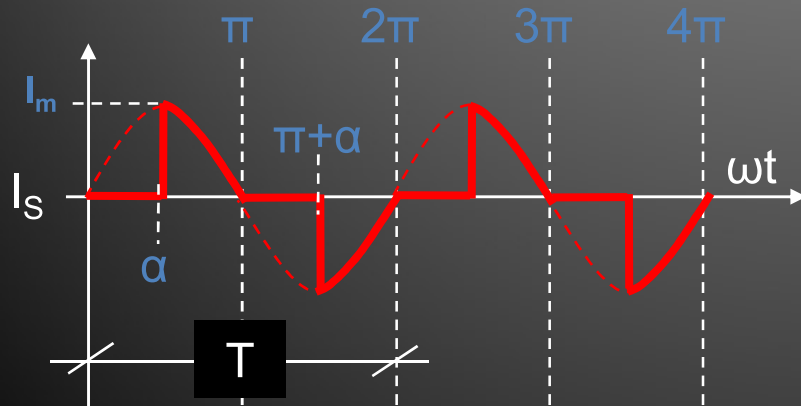
$$I_{dc} = \frac{I_m}{\pi} (1 + \cos \alpha) = \frac{V_{dc}}{R}$$

AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Ortalama çıkış gücü;
- Ortalama çıkış gücü, ortalama çıkış gerilimi ve akımının çarpımına eşittir.

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

- Kaynak akımının etkin değeri;
- Kaynak akımının dalga şekli Şekil-4.52'deki gibidir.



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

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

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

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

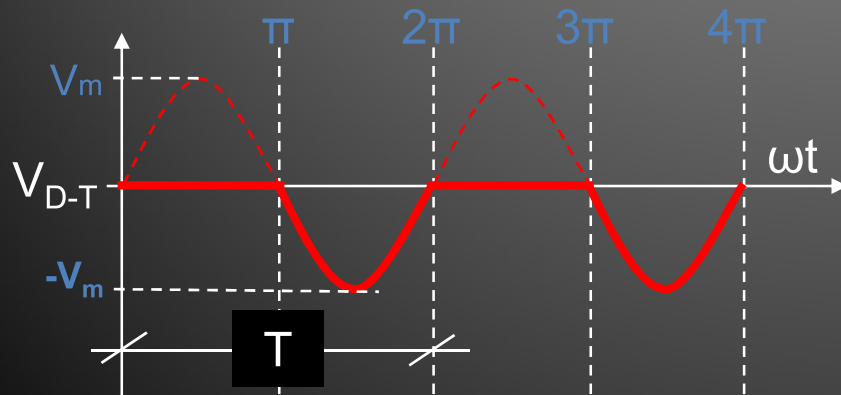
$$I_{S(rms)} = \sqrt{\frac{I_m^2}{\pi} \left[\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\sin(2\pi)}{4} \right) - \left(\frac{\alpha}{2} - \frac{\sin 2\alpha}{4} \right) \right]}$$

$$I_{S(rms)} = \sqrt{\frac{I_m^2}{\pi} \left(\frac{\pi}{2} - \frac{\alpha}{2} + \frac{\sin 2\alpha}{4} \right)}$$

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

AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Kaynaktan çekilen etkin güç;
- Bu devrenin kaynaktan çektiği etkin güç, kaynak gerilimi ve kaynaktan çekilen akımın etkin değerlerinin çarpımına eşittir.
- $P_{S(rms)} = I_{S(rms)} V_{S(rms)}$
- Anahtar (diyot-tristör) gerilimi;
- Diyot ve tristörlerin gerilimi,



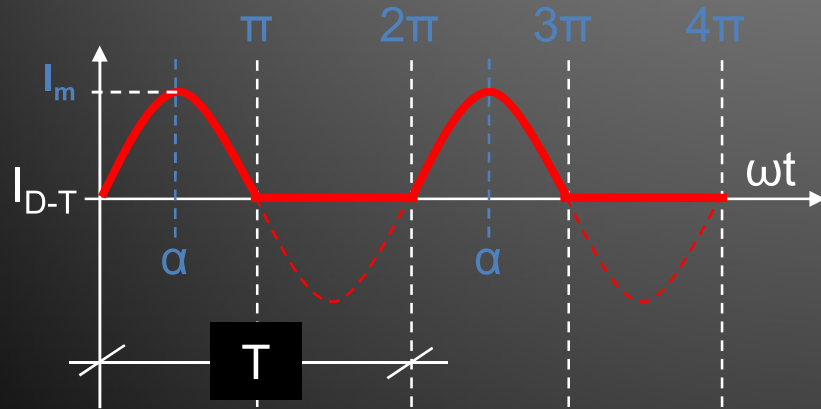
diyot ve tristörler tarafından bloke edilen gerilimdir. Yan tarafta Şekil-4.53'de görüldüğü gibi, kaynağın negatif ve pozitif alternanslarında anahtarlar yalıtmada kalabilmekte ve kaynak gerilimini bloke etmektedir.

- Bu durumda devrede kullanılacak olan anahtarların çalışma gerilimleri aşağıdaki eşitlikten hesaplanabilir.

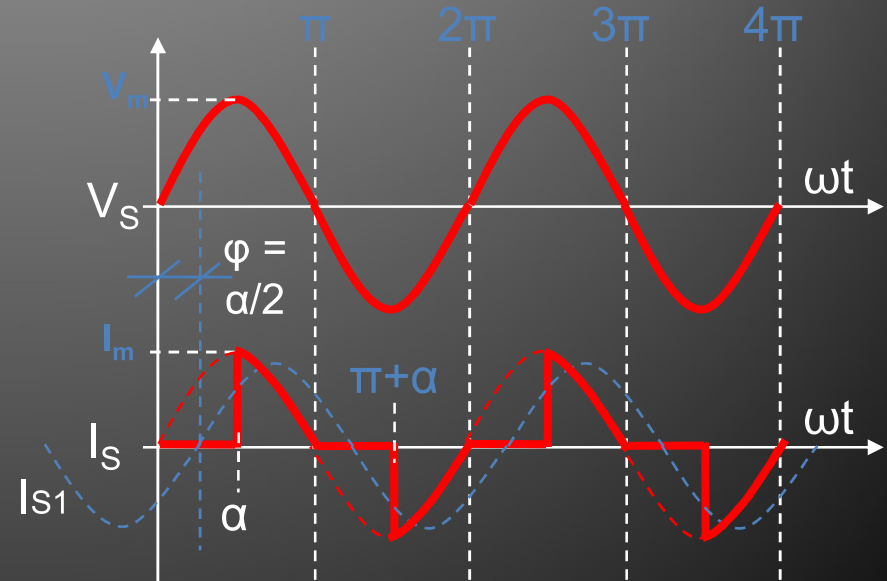
- $V_D \geq V_m + (\%30.V_m)$

AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Anahtar (diyot-tristör) akımı;
- Diyot ve tristörlerin akımı, Şekil-4.54'de görüldüğü gibi en fazla yarım dalga bir akımdır.
- Bu durumda devrede kullanılacak olan diyodun çalışma akımı,
- $I_D \geq I_m + (\%30 \cdot I_m)$ eşitliğinden bulunabilmektedir.



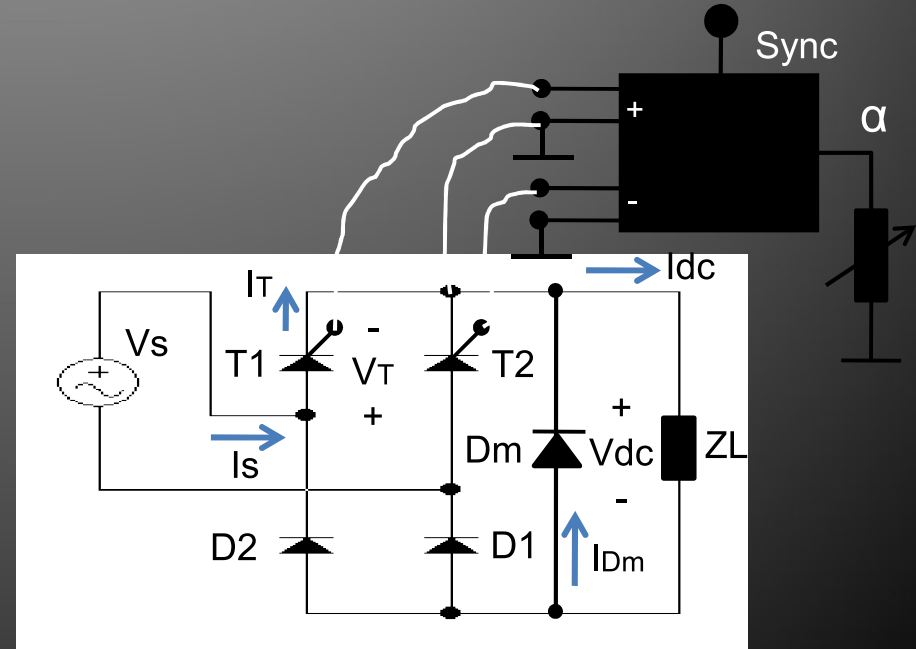
- Güç katsayısı ($\cos\phi$);
- Devrede kaynak gerilimi ve akımı Şekil-4.55'deki gibidir. Bu durumda kaynaktan her iki alternansta da ve kaynakla farklı fazda akım çekilmektedir. Bu durumda $\cos\phi = \cos(\alpha/2)$ 'dir



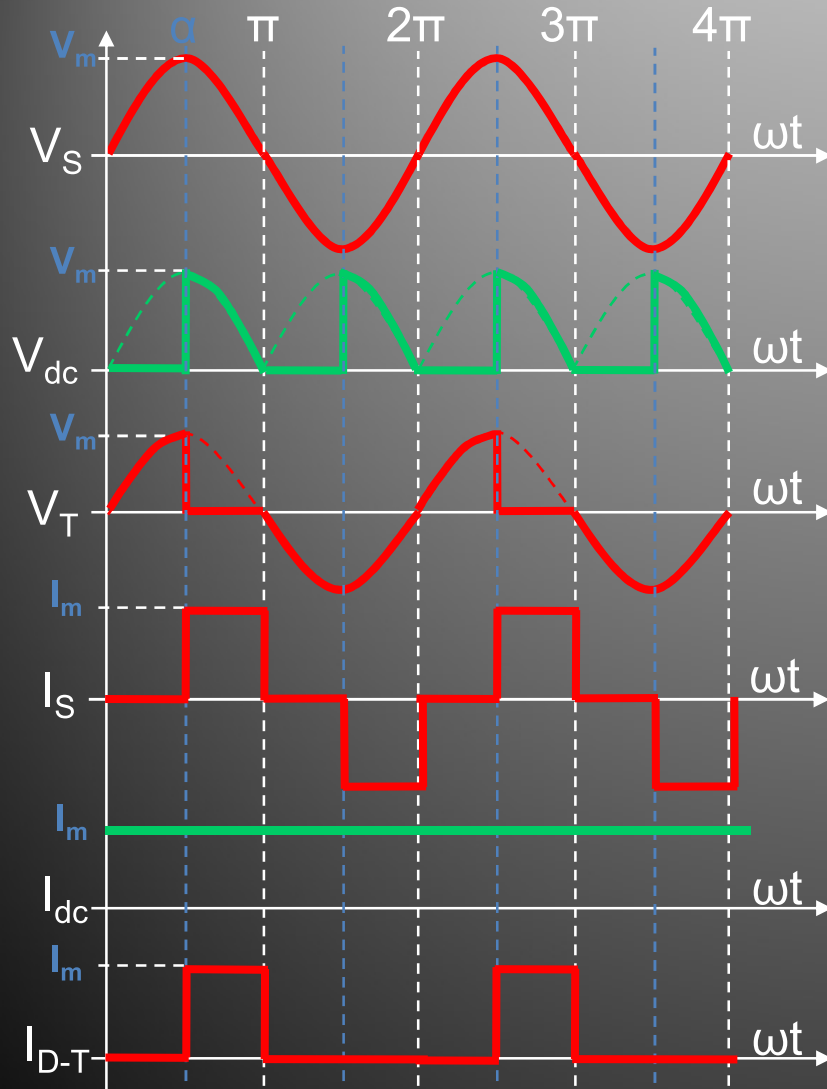
AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Şekil-4.55'den görüldüğü gibi kaynak gerilimi ile kaynaktan çekilen akımın aralarındaki faz farkını bulabilmek için kaynak akımının temel bileşeni (I_{s1}) çizilmiştir.
- Temel bileşen çizilirken kaynak akımı kare dalga gibi kabul edilmiş ve bunun sinüs eşdeğerinin nasıl olabileceği düşünülmüştür.
- Yan tarafta ise 1 fazlı yarım kontrollü köprü doğrultucu devresinin endüktif ($L+R$) yükteki davranışı ayrıntısıyla incelenmeye başlanmıştır.

- 1 Fazlı Yarım Kontrollü Köprü Doğrultucu (endüktif yükte):
- Şekil-4.56'da 1 fazlı tam dalga yarım kontrollü köprü doğrultucu devre bağlantısı görülmektedir. Devrenin endüktif ($L+R$) yükte çalışmasını gösteren dalga şekilleri Şekil-4.57'de verilmiştir.



AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER



- Şekil-4.57'den görüldüğü gibi, güç devrelerinin analizinde kullanılan 6 adet parametrenin dalga şekilleri gösterilmiştir.

Bunlar;

- 1) Kaynak gerilimi (V_S),
- 2) Çıkış (yük) gerilimi (V_O),
- 3) Anahtar (diyot) gerilimi (V_D),
- 4) Kaynak akımı (I_S),
- 5) Çıkış (yük) akımı (I_O),
- 6) Anahtar akımı (I_{D-T})'dir.

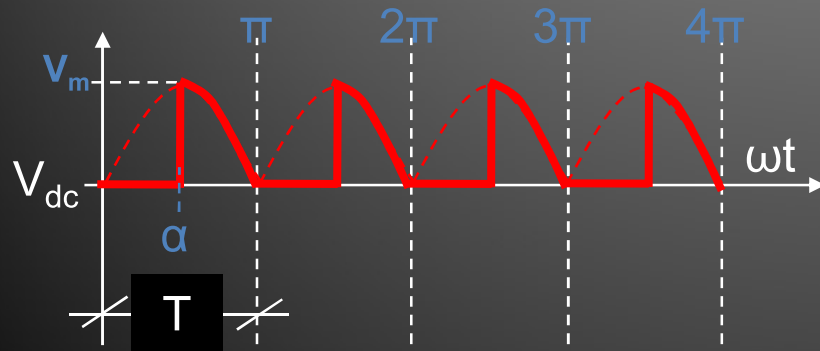
Burada kaynak, yük ve anahtar akımları devre bağlantısı nedeniyle farklı olduğu için ayrı şekillerle gösterilmiştir.

AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

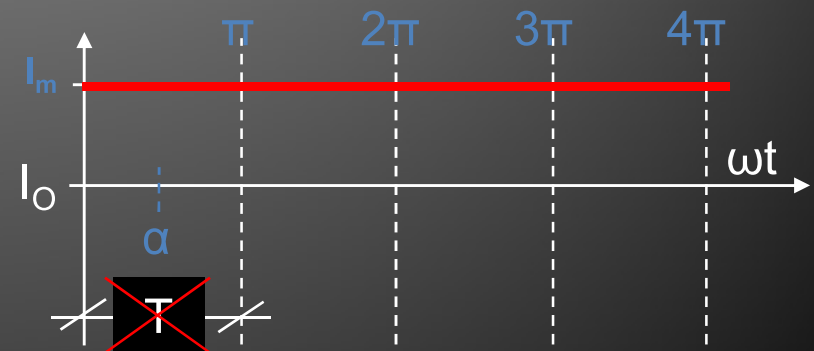
- Şekil-4.57'den görüldüğü gibi, çıkış (yük) direnci üzerinde kaynaktan gelen pozitif alternanslar " α " açısından itibaren, negatif alternanslar ise pozitive katlanmış şekilde yine " α " açısından itibaren görülmektedir.
 - Devre çıkışına bağlı yük çok endüktif kabul edildiğinde devrenin çıkış akımı da tepe değerinde düz olarak kabul edilmiş ve çizilmiştir.
 - Köprüdeki elemanların yalıtımda olduğu durumlarda akım " D_m " üzerinden dolaşır.
- Şekil-4.57'de görülen temel dalga şekillerinden yararlanarak devrede gerekli hesaplamalar yapılabilir. Devrede yapılabilecek bazı hesaplamalar şunlardır;
 - 1) Çıkış gerilimi ortalama değeri,
 - 2) Çıkış akımının ortalama değeri,
 - 3) Ortalama çıkış gücü,
 - 4) Kaynaktan çekilen akımın etkin değeri,
 - 5) Kaynaktan çekilen etkin güç,
 - 6) Anahtar (diyot-tristör) gerilimleri,
 - 7) Anahtar (diyot-tristör) akımları,
 - 8) Güç katsayısı,

AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Çıkış gerilimin ortalama değeri;
- 1 fazlı yarım kontrollü köprü doğrultucunun endüktif yükte çalıştırılması durumunda, yük üzerinde aşağıdaki Şekil-4.58'de verilen dalga şeklinin görüleceğini belirtmiştik.
- Bu durumda çıkış gerilimi eşitliği rezistif yük eşitliği ile aynı olacaktır.

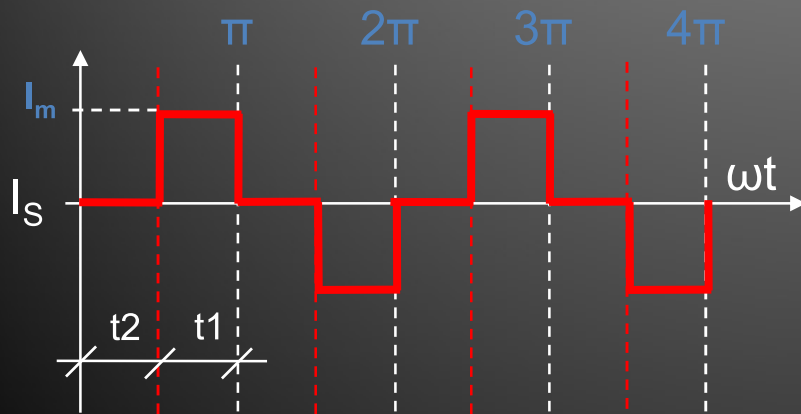


- Çıkış gerilimin ortalama değeri;
- 1 fazlı yarım kontrollü köprü doğrultucunun endüktif yükte çalıştırılması durumunda, yük üzerinden aşağıdaki Şekil-4.59'da verilen akımın geçeceğini belirtmiştik.
- Bu durumda çıkış akımı;
 $I_{dc} = I_m = V_m / R$ olacaktır.



AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Ortalama çıkış gücü;
- Ortalama çıkış gücü, ortalama çıkış gerilimi ve akımının çarpımına eşittir.
- $P_{dc} = I_{dc} V_{dc}$
- Kaynak akımının etkin değeri;
- Kaynak akımının dalga şekli Şekil-4.60'deki gibidir.



- Önceden açıklandığı gibi kaynak akımının etkin periyodu;
 $k = t1 / (t1 + t2)$
eşitliği ile bulunup, buradan da akımın etkin değeri;
 $I_{s(rms)} = I_m \cdot \sqrt{k}$
eşitliğinden bulunabilmektedir.

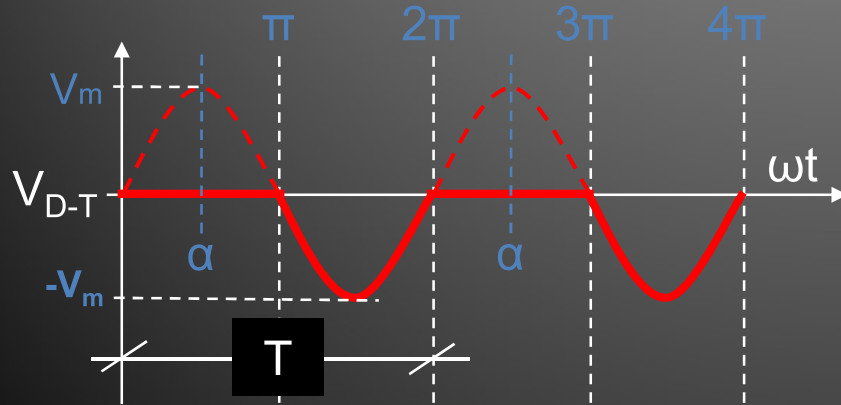
- Kaynaktan çekilen etkin güç;
Kaynaktan çekilen etkin güç değeri, kaynak gerilimi ve kaynaktan çekilen akımın etkin değerlerinin çarpımıdır;
Bu durumda,
 $P_{S(rms)} = I_{S(rms)} \cdot V_{S(rms)}$ olacaktır.

AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Anahtar (diyot-tristör) gerilimi;
- Diyot ve tristörlerin gerilimi aşağıdaki Şekil-4.61'deki gibi olduğundan anahtar gerilimi,

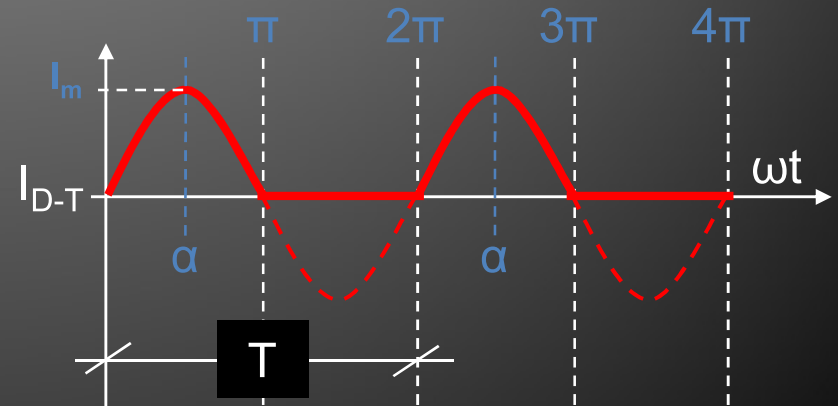
$$V_{D-T} \geq V_m + (\%30.V_m)$$

olacaktır.



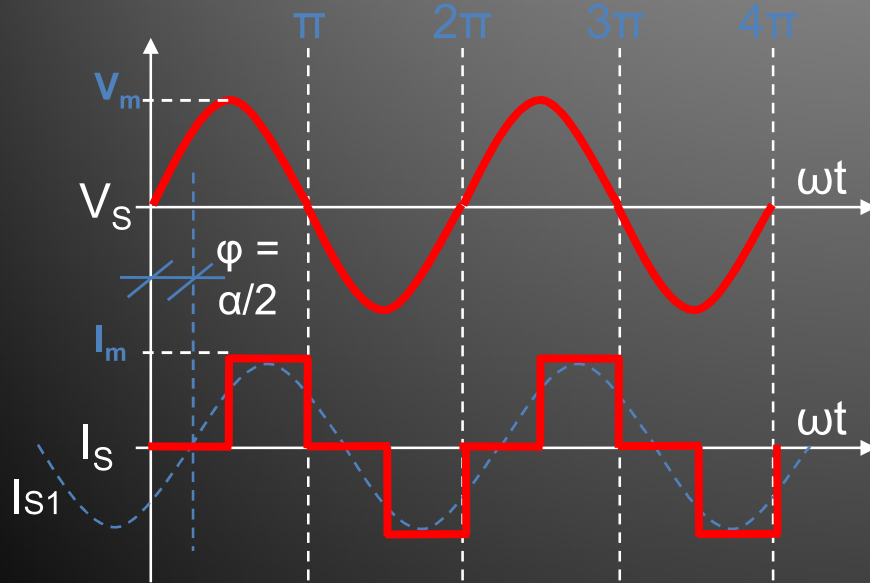
- Anahtar (diyot-tristör) akımı;
- Diyot ve tristörlerin akımı aşağıdaki Şekil-4.62'deki gibi olduğundan anahtar akımları,
- $I_{D-T} \geq I_m + (\%30.I_m)$ olacaktır.

- Kısacası, devrede kullanılan diyot ve tristörler aynı akım ve gerilimde olmalıdır.



AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Güç katsayısı ($\cos\phi$);
- Devrede kaynak gerilimi ve akımı Şekil-4.63'deki gibidir. Bu durumda kaynaktan her iki alternansta da ve kaynakla farklı fazda akım çekilmektedir. Bu durumda $\cos\phi = \cos(\alpha/2)$ 'dir



- Örnek:
- 220V-50Hz şebekede 90° 'de uyarılan tam dalga yarım kontrollü köprü 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,
- $V_{dc} = (V_m / \pi) \cdot (1 + \cos\alpha)$ 'dan

AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

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

$$V_{dc} = (311/3,14) \cdot (1 + \cos 90)$$

$$V_{dc} = 99,04V$$

- Çıkış akımı ortalama değeri,

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

$$I_{dc} = 99,04 / 10 = 9,9A$$

- Ortalama çıkış gücü,

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

$$P_{dc} = 9,9 \cdot 99,04 = 980,49W$$

- Kaynak akımının etkin değeri,

$$I_m = V_m / R = 311 / 10 = 31,1A$$

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

$$I_{S(rms)} = \frac{31,1}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{1}{3,14} \left(3,14 - \frac{3,14}{2} + \frac{\sin(2 \cdot 90)}{2} \right)}$$

$$I_{s(rms)} = 15,43A$$

- Rezistif yükte kaynaktan çekilen etkin güç,

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

$$P_{S(rms)} = 15,43 \cdot 220 = 3,39kW$$

- Rezistif yükte anahtar (diyot-tristör) gerilimi,

$$V_D \geq V_m + (\%30 \cdot V_m)$$

$$V_D \geq 311 \cdot 1,3 \geq 400V$$

- Rezistif yükte anahtar (diyot-tristör) akımı,

$$I_D \geq I_m + (\%30 \cdot I_m)$$

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

AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

b) Çok endüktif yükte çıkış geriliminin ortalama değeri,

- $V_{dc} = (V_m / \pi) \cdot (1 + \cos \alpha)$ 'dan
 $V_{dc} = (311/3,14) \cdot (1 + \cos 90)$
 $V_{dc} = 99,04V$

- Çok endüktif yükte çıkış akımının ortalama değeri,
 $I_{dc} = I_m = V_m / R = 311 / 10 = 31,1A$

- Endüktif yükte ort. çıkış gücü,
 $P_{dc} = I_{dc} \cdot V_{dc}$
 $P_{dc} = 31,1 \cdot 99,04 = 3,08kW$

- Çok endüktif yükte kaynak akımının etkin değeri,
 $I_{S(rms)} = I_m \cdot \sqrt{k} = 31,1 \cdot \sqrt{(5/10)}$
 $I_{S(rms)} = 21,77A$

- Çok endüktif yükte kaynaktan çekilen etkin güç,

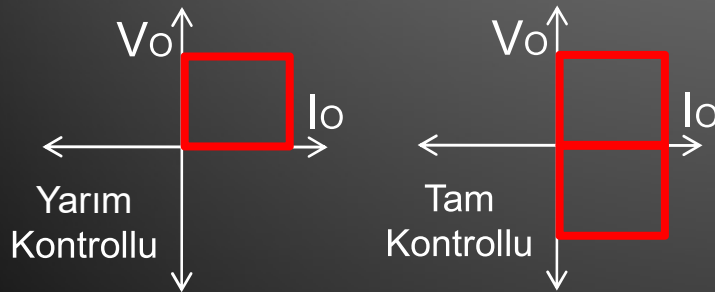
$$P_{S(rms)} = I_{S(rms)} \cdot V_{S(rms)}$$
$$P_{S(rms)} = 21,77 \cdot 220 = 4,78kW$$

- Çok endüktif yükte anahtar (diyot-tristör) gerilimi,
 $V_D \geq V_m + (\%30 \cdot V_m)$
 $V_D \geq 311 \cdot 1,3 \geq 400V$

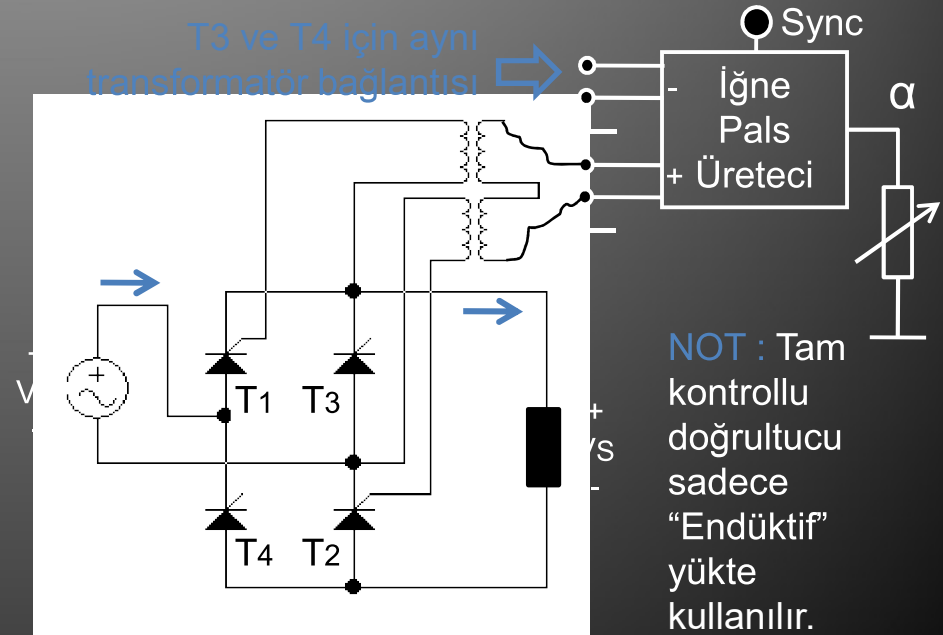
- Çok endüktif yükte anahtar (diyot-tristör) akımı,
 $I_D \geq I_m + (\%30 \cdot I_m)$
 $I_D \geq 31,1 \cdot 1,3 \geq 40A$

AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

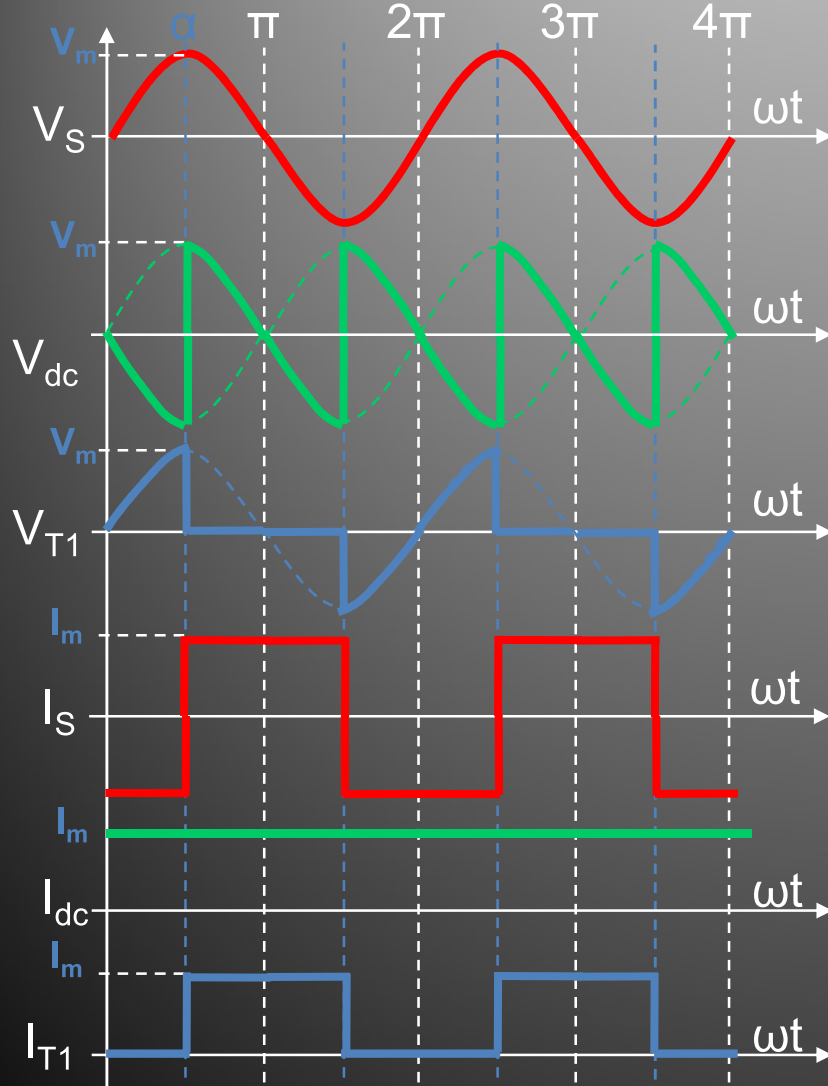
- Yarım kontrollu doğrultucularda, endüktif yükte çalıştırılırken, köprüdeki elemanların korunması için, yüke ters paralel olarak bir serbest geçiş diyodu bağlama zorunluluğu vardır. Bu durumda doğrultucu Şekil-4.64'deki gibi sadece 1.bölgede çalışacak ve kaynaktan yüke doğru enerji transferine izin verecektir. Eğer doğrultucunun çift yönlü enerji transferine izin vermesi isteniyorsa "Tam Kontrollü" kullanılmalıdır.



- 1 Fazlı Tam Kontrollü Köprü Doğrultucu (endüktif yükte):
- Şekil-4.65'de 1 fazlı tam dalga tam kontrollü köprü doğrultucu devre bağlantısı görülmektedir. Devrenin rezistif yükte çalışmasını gösteren dalga şekilleri Şekil-4.66'da dır.



AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER



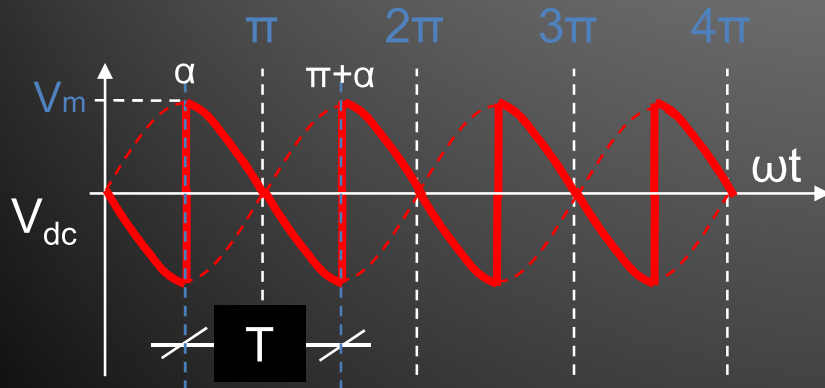
- Şekil-4.66'dan görüldüğü gibi, yükün çok endüktif olduğu kabul edilirse, devrenin çıkış gerilimi tristörlerin uyarma açısı değiştiği halde hiç sıfıra düşmemekte, ya pozitifte ya da negatifte yer almaktadır.
- Uyarma açısına göre değişen sadece pozitif ya da negatifteki alanlardır. Bu sayede tetikleme açısının 0-180 derece arasındaki hareketinde çıkış gerilimi en yüksek pozitif değerden en düşük negatif değere kadar çift yönlü değiştirilebilmektedir.
- Çıkış akımı ise tamamen tek yönlü ve düz olmaktadır. Bunu nedeni tristörlerin iletme devam etmesidir.

AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Çıkış geriliminin zaman zaman pozitif zaman zaman negatif olmasına rağmen çıkış akımının hep pozitifte olması, güç akış yönünün de zaman zaman değişmesine neden olmaktadır.
 - Çıkış gerilimi pozitif olduğu zamanlarda kaynaktan yüke doğru pozitif güç akışı ($+V \cdot +I = +P$), çıkış geriliminin negatif olduğu zamanlarda ise yükten kaynağa doğru negatif güç akışı gerçekleşmektedir ($-V \cdot +I = -P$).
 - Devredeki tristörler ters polarma altında olsalar bile içlerinden geçen akım sıfıra düşmeden yalıtıma geçemedikleri için bu olay gerçekleşmektedir.
- Şekil-4.66'da görülen temel dalga şekillerinden yararlanarak devrede gerekli hesaplamalar yapılabilir. Devrede yapılabilecek bazı hesaplamalar şunlardır;
 - 1) Çıkış gerilimi ortalama değeri,
 - 2) Çıkış akımının ortalama değeri,
 - 3) Ortalama çıkış gücü,
 - 4) Kaynaktan çekilen akımın etkin değeri,
 - 5) Kaynaktan çekilen etkin güç
 - 6) Güç katsayısı,
 - 7) Anahtar (diyot-tristör) gerilimleri,
 - 8) Anahtar (diyot-tristör) akımları,

AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Çıkış gerilimin ortalama değeri;
- 1 fazlı tam kontrollü köprü doğrultucunun endüktif yükte çalıştırılması durumunda, yük üzerinde aşağıdaki Şekil-4.67'de verilen dalga şeklinin görüleceğini belirtmiştik.
- Bu durumda çıkış gerilimi eşitliği yan tarafta olduğu gibi bulunabilecektir.



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

$$V_{dc} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} V_m \cdot \sin(\omega t) \cdot d(\omega t)$$

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

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

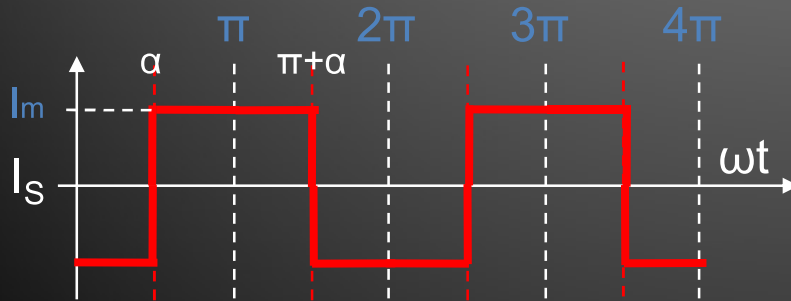
$$V_{dc} = \frac{V_m}{\pi} [-(\cos(\pi + \alpha) - \cos(\alpha))]$$

$$V_{dc} = \frac{V_m}{\pi} [-(\cos\pi \cdot \cos\alpha - \sin\pi \cdot \sin\alpha) + (\cos\alpha)]$$

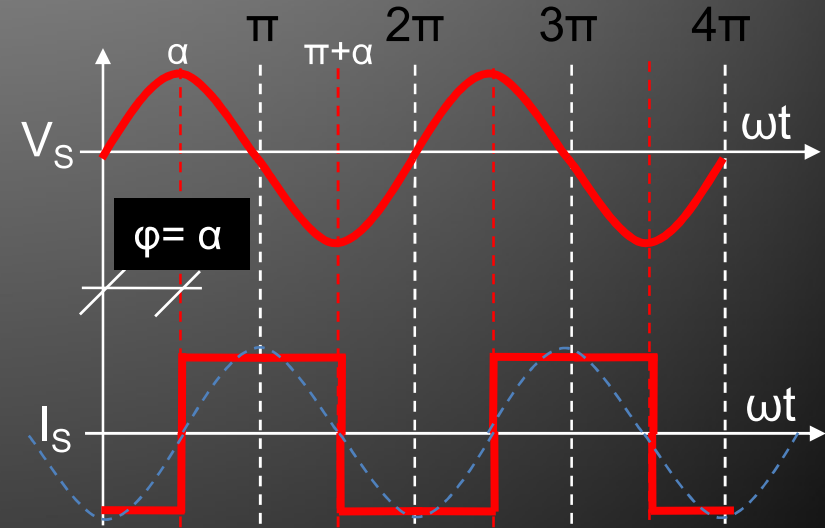
$$V_{dc} = \frac{V_m}{\pi} (2\cos\alpha) = \frac{2V_m}{\pi} \cos\alpha = 0,636 \cdot V_m \cdot \cos\alpha$$

AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Çıkış akımının ortalama değeri;
Çıkış akımı düz kabul edildiğinden
 $I_{dc} = I_m = V_m / Z$
- Ortalama çıkış gücü;
- Çıkış akım ve geriliminin çarpımı,
- $P_{dc} = I_{dc} V_{dc}$
- Kaynak akımının etkin değeri;
- Kaynak akımının dalga şekli Şekil-4.68'deki gibidir ve " $I_{S(rms)} = I_m$ " dir.



- Etkin giriş gücü;
- Giriş akımı ve geriliminin çarpımı,
- $P_{S(rms)} = I_{S(rms)} V_{S(rms)}$
- Güç katsayısı ($\cos\phi$);
- Kaynak akımının dalga şekli Şekil-4.69'daki gibidir. Buradan;
" $\cos\phi = \cos\alpha$ " olacaktır.

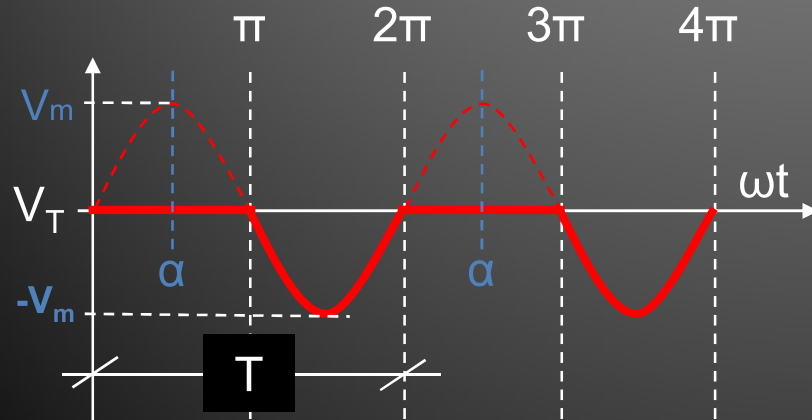


AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

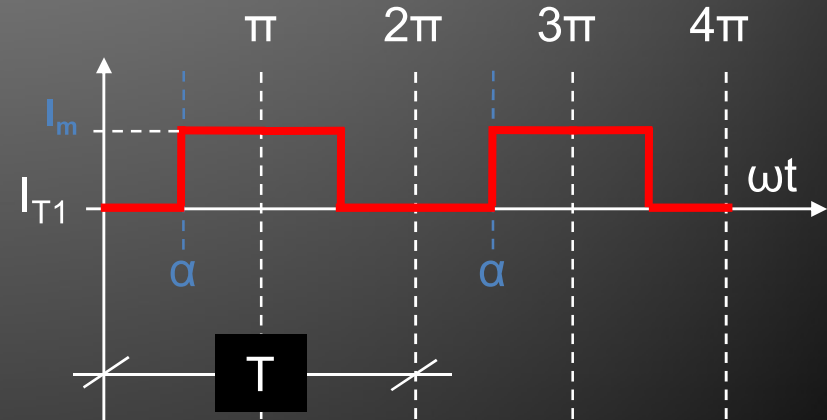
- Anahtar (tristör) gerilimi;
- Devredeki tristörlerin gerilimi aşağıdaki Şekil-4.70'deki gibi olduğundan anahtar gerilimi,

$$V_T \geq V_m + (\%30.V_m)$$

olacaktır.



- Anahtar (tristör) akımı;
- Devredeki tristörlerin akımı aşağıdaki Şekil-4.71'deki gibi olduğundan anahtar akımları,
- $I_T \geq I_m + (\%30.I_m)$ olacaktır.
- Uyarma açısının artması yada azalması tristör gerilim ve akımını etkilememektedir.



AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 1 fazlı tam kontrollü doğrultucu devreleri, özellikle doğru akım motorlarının tek yönlü kontrolü için kullanılan güç elektroniği devreleridir.
- Devrede serbest geçiş diyodu kullanılmadığı için yük üzerindeki enerjiden dolayı dolaşmak isteyen akım, doğrudan köprüdeki tristörler ve kaynak üzerinden dolaşmakta ve çift yönlü enerji transferi gerçekleşmektedir.
- Bu özellik sayesinde doğru akım motorlarında enerjiyi geri kazanarak yapılan frenleme yöntemi olan “rejeneratif frenleme” yapabilme olanağı da ortaya çıkmaktadır.

■ Örnek:

- 220V-50Hz şebekede 90° 'de uyarılan tam dalga tam kontrollü köprü doğrultucu devresi 10Ω 'luk endüktif bir yükü beslediğinde oluşacak tüm devre parametrelerini hesaplayınız.

■ Çözüm:

- Endüktif yükte çıkış geriliminin ortalama değeri,
- $V_{dc} = (2.V_m / \pi) \cdot \cos\alpha$ 'dan

AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

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

$$V_{dc} = (2 \cdot 311 / 3,14) \cdot \cos 90$$

$$V_{dc} = 0V$$

- Çıkış akımı ortalama değeri,

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

$$I_{dc} = 311 / 10 = 31,1A$$

90 derecelik uyarma açısında çıkış gerilimi sıfır olmasına rağmen akım devam eder.

- Ortalama çıkış gücü,

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

$$P_{dc} = 31,1 \cdot 0 = 0W$$

- Kaynak akımının etkin değeri,

$$I_{s(rms)} = I_m = V_m / Z = 31,1A$$

- Endüktif yükte kaynaktan çekilen etkin güç,

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

$$P_{S(rms)} = 31,1 \cdot 220 = 6,84kW$$

- Endüktif yükte anahtar (tristör) gerilimi,

$$V_D \geq V_m + (\%30 \cdot V_m)$$

$$V_D \geq 311 \cdot 1,3 \geq 400V$$

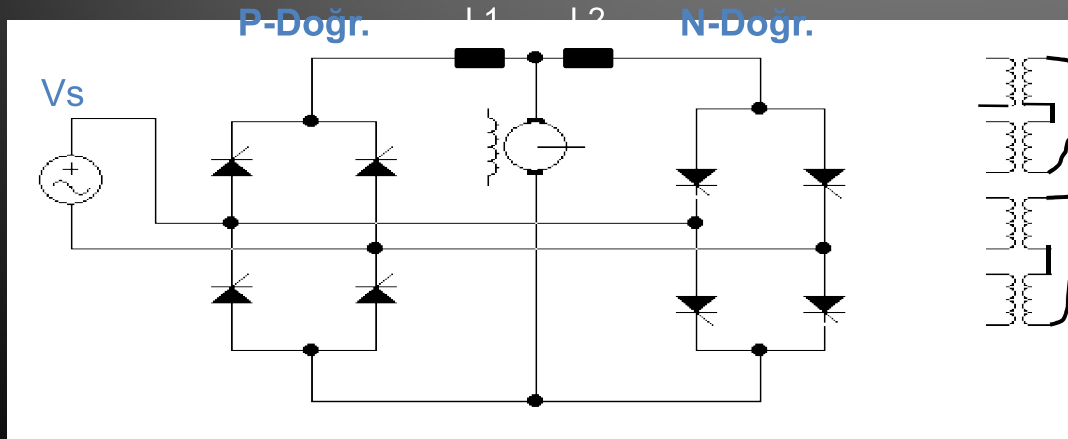
- Endüktif yükte anahtar (tristör) akımı,

$$I_D \geq I_m + (\%30 \cdot I_m)$$

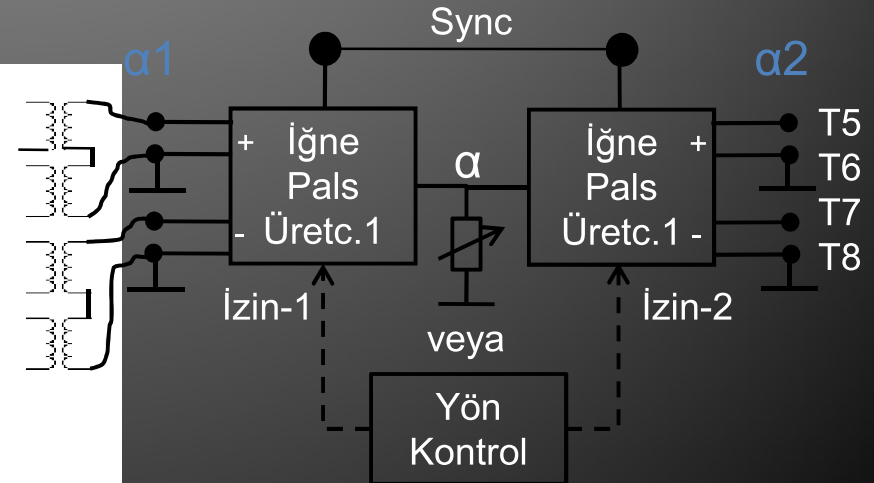
$$I_D \geq 31,1 \cdot 1,3 \geq 40A$$

AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 1 Fazlı çiftli tam kontrollu köprü;
- Tam kontrollu doğrultucular kullanılarak DC motor kontrolu yapıldığında, motorun yön kontrolu dışındaki kontrolleri gerçekleştirilebilir.
- Eğer motorda rotor devresinde yön kontrolu da yapılmak isteniyorsa “çiftli tam kontrollu köprü doğrultucu” kullanılmalıdır.



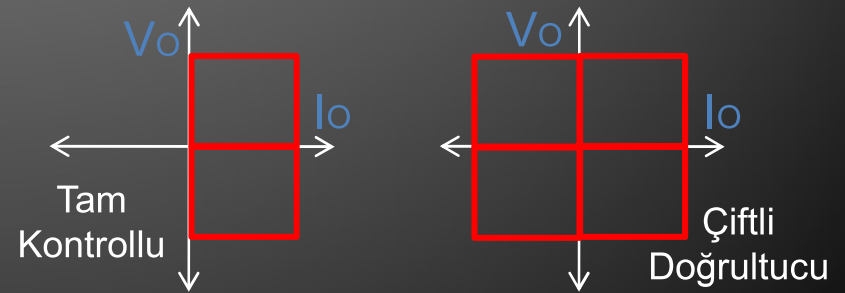
- Çiftli doğrultucu devresi aşağıdaki Şekil-4.72’de görülmektedir. Görüldüğü gibi iki tam kontrollu köprünün çıkışları birbirine ters paralel olarak yüke bağlanmıştır.
- Şekil-4.72’den görüldüğü gibi her iki doğrultucu için de ayrı ayrı uyarma devresi kullanılmış fakat her ikisinin de kontrolu tek noktadan yapılmıştır.



AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Bir fazlı tam kontrollü çiftli doğrultucu, iki farklı yöntemle çalıştırılabilmektedir.
- Bu yöntemlerden birincisinde, kontrol devrelerinin izin girişleri bir yön kontrol devresi yardımıyla 1 veya 0 yapılarak istenilen doğrultucu çalıştırılmakta, dolayısıyla da istenen yöne dönüş sağlanabilmektedir.
- İkinci yöntemde ise her iki kontrol devresi, dolayısıyla da her iki doğrultucu aynı anda çalıştırılmakta fakat uyarma açıları arasında aşağıdaki eşitlik daima korunmaktadır.
Kontrol eşitliği;
 $\alpha_1 + \alpha_2 = 180^\circ$ 'dir.

- Bu durumda 1. doğrultucunun (P), 60° ile uyarılması gerekirse 2. doğrultucu (N) 120° açı ile uyarılacaktır.
- Böylelikle doğrultuculardan birincisi aktif bölgede çalışıp kaynağa yüke güç aktarırken, ikinci doğrultucu ise pasif bölgede çalışıp yükten kaynağa doğru güç aktaracaktır.
- Bu durumda Şekil-4.73'de görüldüğü gibi 4 bölgeli çalışma sağlanacaktır.



ÖDEV-8

- 8.1) 220V-50Hz şebekede, 120° uyarma açısında, 9Ω 'luk saf rezistif bir yükü besleyen 1 fazlı tam dalga yarım 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.
- 8.2) 220V-50Hz şebekede, 60° uyarma açısında, 2Ω 'luk çok endüktif bir yükü besleyen 1 fazlı tam dalga tam 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.