

## AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER (Doğrultucular)

AC-DC dönüştürücüler (doğrultucular), AC gerilimi DC gerilime dönüştüren güç elektroniği devreleridir. Güç elektroniğinin temel güç devrelerinden doğrultucuları 2 temel grup altında incelemek gerekmektedir.

Bunlar;

- 1) Kontrolsüz doğrultucular,
- 2) Kontrollü doğrultuculardır.

Kontrolsüz doğrultucular sabit DC gerilim çıkışlı, kontrollü doğrultucular ise değişken DC çıkışlı güç devreleridir ve genellikle DC motorların kontrolünde kullanılmaktadır. Kontrolsüz doğrultucularda kullanılan temel güç elemanı “diyot”dur. Diyot, kontrolsüz bir güç elemanı olduğu için bu doğrultucuya böyle bir isim verilmiştir.

Kontrollü doğrultucularda kullanılan temel güç elemanı ise “tristör”dür. Tristör, iletme geçmesi kontrol edilebilen bir eleman olduğu için bu doğrultucuya böyle bir isim verilmiştir.

Aşağıda kontrolsüz ve kontrollü doğrultucuların alt bölümleri verilmiştir.

Kontrolsüz doğrultucu türleri aşağıdaki gibi sıralanabilir,

1 fazlı doğrultucular;

- Yarım dalga doğrultucu,
- Simetrik tam dalga doğrultucu,
- Köprü tam dalga doğrultucu,

3 fazlı doğrultucular;

- Yarım dalga doğrultucu,
- Köprü tam dalga doğrultucu,

Bu temel doğrultucular dışında çok fazlı ve özel tasarım doğrultucu devreleri de bulunmaktadır.

Kontrollü doğrultucu türleri ise;

- 1 fazlı doğrultucular;
- Yarım dalga doğrultucu,
- Simetrik tam dalga doğrultucu,
- Yarım kontrollü köprü doğrultucu,
- Tam kontrollü köprü doğrultucu,

-Tam kontrollü çift köprü doğrultucu.

3 fazlı doğrultucular;

-Yarım dalga doğrultucu,

-Yarım kontrollü köprü doğrultucu,

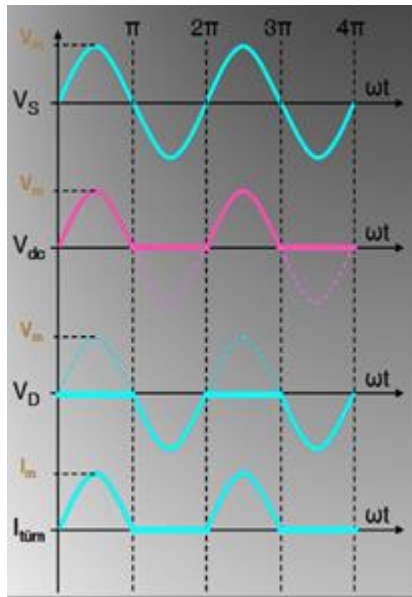
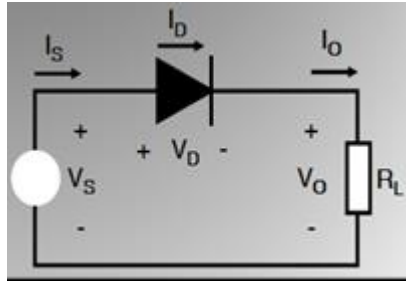
-Tam kontrollü köprü doğrultucu,

-Tam kontrollü çift köprü doğrultucu 'dur.

Doğrultucu türlerini bu şekilde sıraladıktan sonra ilk ve en basit doğrultucu devresi olan 1 fazlı yarım dalga doğrultucu devresinden itibaren tüm doğrultucular incelenmeye başlanacaktır. İnceleme sırasında doğrultucunun güç devresi bağlantısı, varsa uyarma devresi yapısı ve güç devresine bağlantısı, güç devresinin çalışmasını gösteren dalga şekilleri ve devredeki akım ve gerilimlerin hesaplanması yapılacaktır.

### 1 Fazlı Yarım Dalga Kontrolsüz Doğrultucu (rezistif yükte):

Aşağıdaki Şekil-4.1'de 1 fazlı yarım dalga kontrolsüz doğrultucu devre bağlantısı görülmektedir. Bu devrenin rezistif (R) yükte çalışmasını gösteren temel dalga şekilleri ise Şekil-4.2'de verilmiştir.



Şekil-4.2'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 ( $V$ ),
- 4) Kaynak akımı ( $I_s$ ),
- 5) Çıkışı (yük) akımı ( $I_o$ ),
- 6) Anahtar (diyot) akımı ( $I_D$ )'dir.

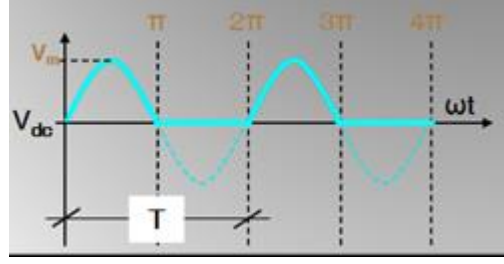
Burada kaynak, yük ve anahtar akımları devre bağlantısı nedeniyle aynı olduğu için tek şekilde ( $I_{tüm}$ ) gösterilmiştir. • Şekil-4.2'den görüldüğü gibi, çıkış (yük) üzerinde kaynaktan gelen pozitif alternanslar olduğu gibi görülmekte, negatif alternanslar ise görülmemektedir. • Bunun nedeni diyotun pozitif alternanslarda iletimde olması, negatif alternanslarda ise yalıtımda kalmasıdır. • Diyotun yalıtımda kaldığı negatif alternanslarda ise kaynaktan gelen bu negatif alternanslar diyot üzerinde, diyotun bloke ettiği gerilim olarak görülmektedir. Şekil-4.2'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,

### **Çıkış geriliminin ortalama değeri;**

Yarım dalga kontrolsüz doğrultucunun rezistif yükte çalıştırılması durumunda, yük üzerinde Aşağıdaki Şekil- 4.3'de görülen dalga seklinin görüleceğini belirtmiştik. Şimdi bu dalga sekline göre çıkış geriliminin ortalama değer eşitliğini bulalım.



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

$$V_{dc} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} V_m \cdot \sin(\omega t) \cdot d(\omega t)$$

$$V_{dc} = \frac{V_m}{2\pi} \int_0^{\pi} \sin(\omega t) \cdot d(\omega t)$$

$$V_{dc} = \frac{V_m}{2\pi} [-\cos(\omega t)]_0^{\pi}$$

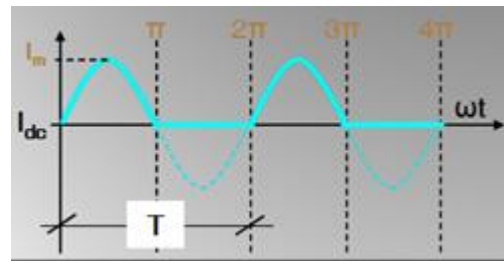
$$V_{dc} = \frac{V_m}{2\pi} [-(\cos(\pi) - \cos(0))]$$

$$V_{dc} = \frac{V_m}{2\pi} [ -(-1) + (+1) ]$$

$$V_{dc} = \frac{V_m}{\pi} = 0.318 \cdot V_m$$

### Çıkış akımı ortalama değeri;

Yarım dalga kontrolsüz doğrultucunun rezistif yükte çalıştırılması durumunda, yük üzerinden Aşağıdaki Şekil- 4.4'de görülen akımın geçeceğini belirtmiştik. Şimdi bu dalga şekline göre çıkış akımının ortalama değer eşitliğini bulalım.



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

$$I_{dc} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} I_m \cdot \sin(\omega t).d(\omega t)$$

$$I_{dc} = \frac{I_m}{2\pi} \int_0^{\pi} \sin(\omega t).d(\omega t)$$

$$I_{dc} = \frac{I_m}{2\pi} [-\cos(\omega t)]_0^{\pi}$$

$$I_{dc} = \frac{I_m}{2\pi} [-(\cos(\pi) - \cos(0))]$$

$$I_{dc} = \frac{I_m}{2\pi} [ -(-1) + (+1) ]$$

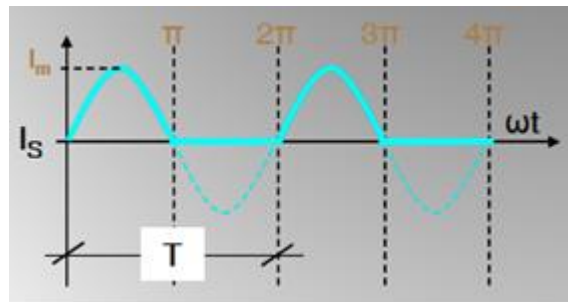
$$I_{dc} = \frac{I_m}{\pi} = 0,318 \cdot I_m = 0,318 \cdot \frac{V_m}{R}$$

### 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-4.5'deki gibidir. Buradan;



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

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

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

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

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

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

$$I_{S(rms)} = \sqrt{\frac{I_m^2}{4}} = \frac{I_m}{2} = 0,5 \cdot I_m = 0,5 \cdot \frac{V_m}{R}$$

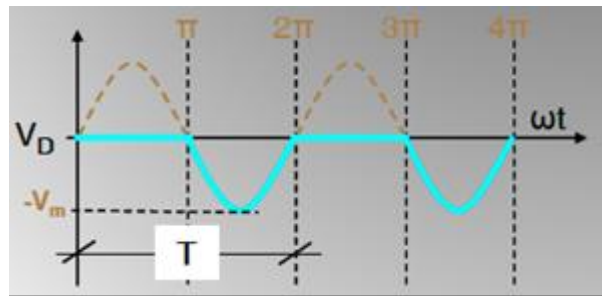
### Kaynaktan çekilen etkin güç;

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.



Yukarıdaki Şekil- 4.6’da görüldüğü gibi, kaynağın negatif alternanslarında diyot yalıtımda kalmakta ve tepe değeri “ $V_m$ ” olan kaynak gerilimini bloke etmektedir. Bu durumda devrede kullanılacak olan diyotun çalışma gerilimi Aşağıdaki eşitlikten bulunabilecektir.

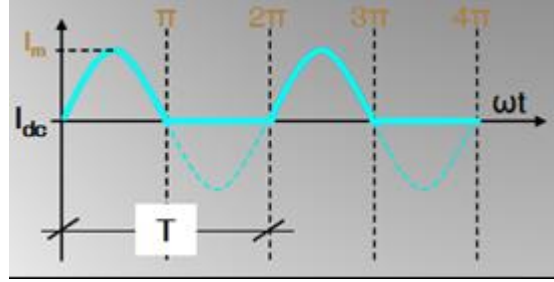
$$V_D \geq V_m + (\%30 \cdot V_m)$$

### Anahtar (diyot) akımı;

Anahtar (diyot) akımı, aşağıda Şekil-4.7’de görüldüğü gibi yarım dalga bir akımdır. Bu durumda devrede kullanılacak olan diyotun çalışma akımı,

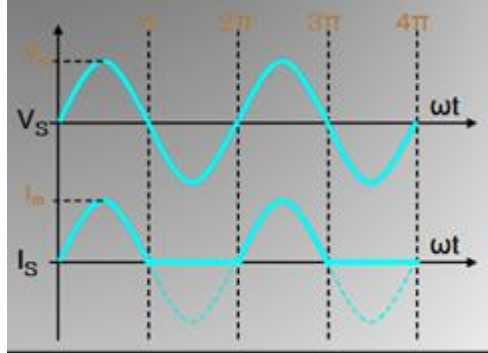
$$\bullet I_d \geq I_m + (\%30.I_m)$$

eşitliğinden bulunabilmektedir.



### Güç katsayısı (cosφ);

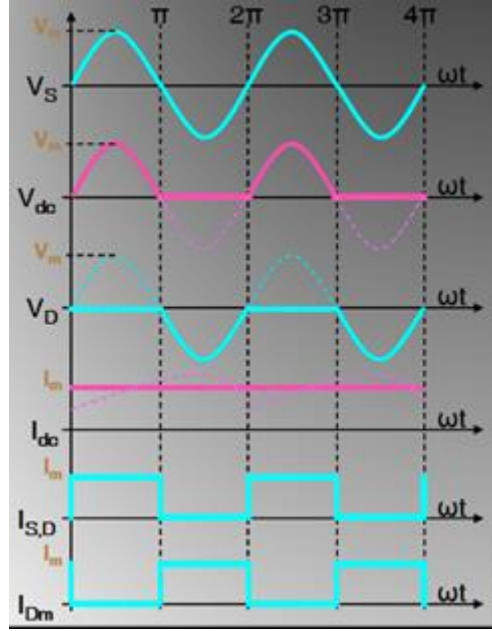
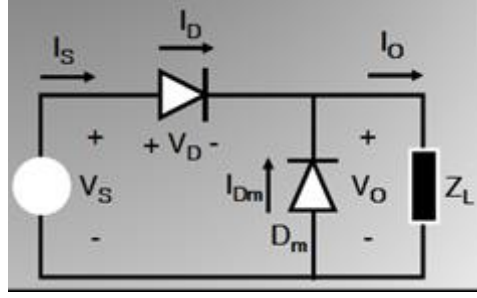
Devrede kaynak gerilimi ve akımı Şekil-4.8’deki gibidir. Bu durumda kaynaktan sadece pozitif alternanslarda ve kaynakla aynı fazda akım çekilmektedir.



Bilindiği gibi endüstrideki yüklerin çok büyük bir bölümü endüktif karakterli (L+R) yüklerdir. Bu yüklerle 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 basta devre akımları olmak üzere devrede pek çok parametreyi ve şartları değiştirmektedir.

### 1 Fazlı Yarım Dalga Kontrolsüz Doğrultucu (endüktif yükte):

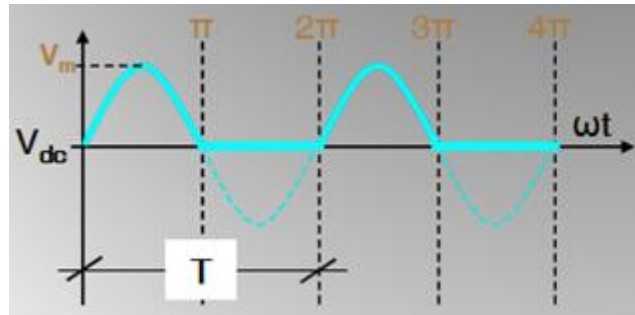
Aşağıdaki Şekil-4.9’da 1 fazlı yarım dalga kontrolsüz doğrultucu devre bağlantısı görülmektedir. Bu devrenin endüktif yükte çalışmasını gösteren temel dalga şekilleri ise Şekil-4.10’da verilmiştir.



Yan taraftaki Şekil-4.10'dan 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 alternanslarda kaynaktan ve diyot üzerinden ( $I_{S,D}$ ), negatif alternanslarda ise yüke ters paralel olarak bağlanmış serbest geçiş diyotu üzerinden dolaşmaktadır. Bu durumda parametreler;

#### Çıkış gerilimin ortalama değeri;

Yarım dalga kontrolsüz doğrultucunun endüktif yükte çalıştırılması durumunda, yük üzerinde Aşağıdaki Şekil- 4.11'de görülen dalga şekli, rezistif yük ile aynı olacaktır. Bu durumda rezistif yük için elde edilen eşitlik endüktif yük için de aynen geçerlidir.



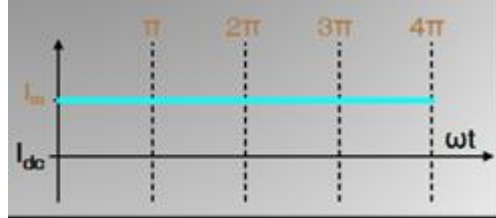


### Çıkış akımı ortalama değeri;

Endüktif yükte yük üzerinden geçen akım Şekil-4.12’de görüldüğü gibi sürekli ve sabit (düz) kabul edilmektedir. Bu durumda ortalama değer,

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

eşitliği kullanılarak doğrudan hesaplanabilecektir.



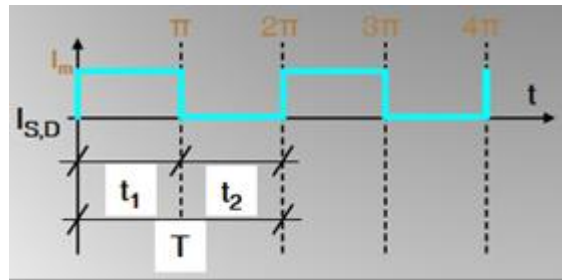
### Ortalama çıkış gücü;

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-4.13’deki gibidir.



Şekil-4.13’de belirtilen ve akımın aktif olduğu “t<sub>1</sub>” ve pasif olduğu göre “t<sub>2</sub>” süreleri kullanılarak, “etkin periyot (k)” hesaplaması yapılabilir.

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

(Burada, t<sub>1</sub> = t<sub>2</sub> olduğundan, k = 0,5’dir) Buradan, kare dalga şeklinde değişen kaynak akımının etkin değeri Aşağıdaki eşitlikten bulunabilecektir.

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

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

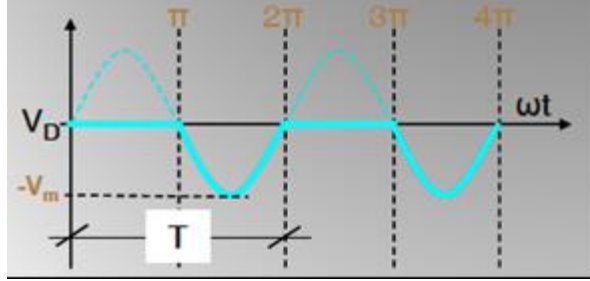
### Kaynaktan çekilen etkin güç;

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-4.14'den görüldüğü gibi, rezistif yükteki şeklini koruduğuna göre aynı eşitlikle hesaplanabilecektir.

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

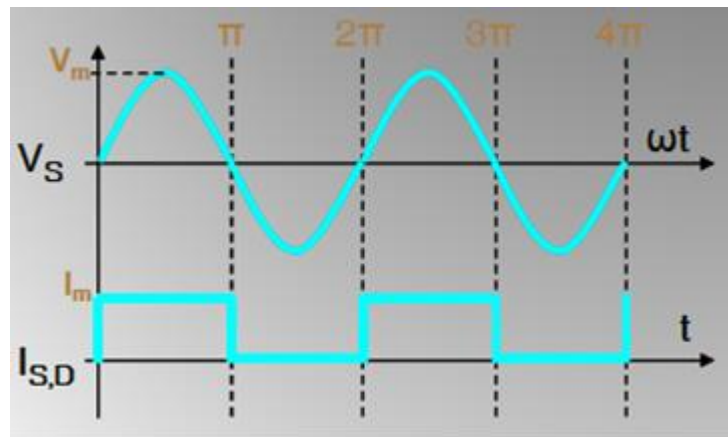
### Anahtar (diyot) akımı;

Anahtar (diyot) akımı, Şekil- 4.13'den görüldüğü gibi, kaynak akımı ile aynı olduğuna göre ve diyot üzerinden akan en yüksek akım " $I_m$ " olduğuna göre bu akım değeri,

$$I_D \geq I_m + (\%30 \cdot I_m) \text{ Eşitliğinden bulunabilecektir.}$$

### Güç katsayısı ( $\cos\phi$ );

Devrede kaynak gerilimi ve akımı Şekil-4.15'deki gibidir. Bu durumda kaynaktan sadece pozitif alternanslarda ve kaynakla aynı fazda akım çekilmektedir ve bu durumda güç katsayısı akım dc olduğu için belirsizdir.



### Örnek:

220V-50Hz şebekede çalışan yarım dalga kontrolsüz doğrultucu,

a)  $10\Omega$ 'luk rezistif bir yükü beslediğinde oluşacak tüm devre parametrelerini,

b) 10  $\Omega$ 'luk endüktif bir yükü beslediğinde oluşacak tüm devre parametrelerini hesaplayınız.

Çözüm:

a) Rezistif yükte çıkış geriliminin ortalama değeri,

$$V_{dc} = 0,318 \cdot V_m$$

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

$$V_{dc} = 0,318 \cdot 311 = 98,89V$$

Rezistif yükte çıkış akımının ortalama değeri,

$$I_{dc} = 0,318 \cdot I_m$$

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

$$I_{dc} = 0,318 \cdot 31,1 = 9,88A$$

Rezistif yükte ortalama çıkış gücü,

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

$$P_{dc} = 9,88 \cdot 98,89 = 977W$$

Rezistif yükte kaynak akımının etkin değeri,

$$I_{S(rms)} = 0,5 \cdot I_m$$

$$I_{S(rms)} = 0,5 \cdot 31,1 = 15,55A$$

Rezistif yükte kaynaktan çekilen etkin güç,

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

$$P_{S(rms)} = 15,55 \cdot 220 = 3,42kW$$

Rezistif yükte anahtar (diyot) gerilimi,

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

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

Rezistif yükte anahtar (diyot) akımı,

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

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

b) Çok endüktif yükte çıkış geriliminin ortalama değeri,

$$V_{dc} = 0,318 \cdot V_m$$

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

$$V_{dc} = 0,318 \cdot 311 = 98,89V$$

Çıkış akımının ortalama değeri,

$$I = I = V / R = 311 / 10 = 31,1A$$

Ortalama çıkış gücü,

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

$$P_{dc} = 31,1 \cdot 98,89 = 3,07kW$$

Kaynak akımının etkin değeri,

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

$$I_{S(rms)} = \sqrt{(0,5)} \cdot 31,1 = 21,77A$$

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) 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,

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

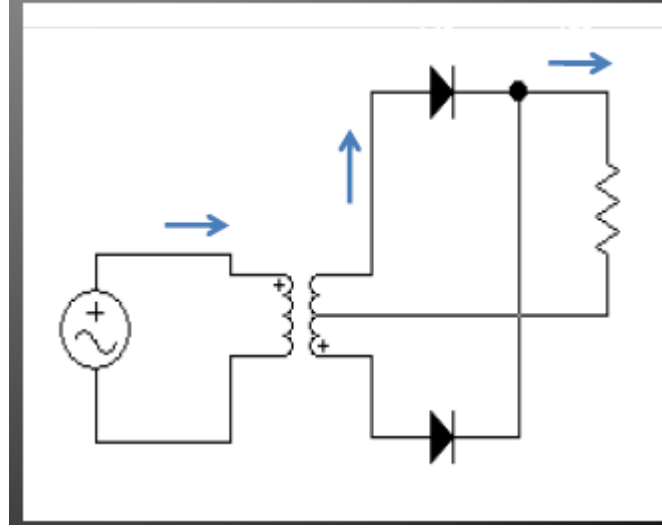
$$I_D \geq 31,1 \cdot 1,3 \geq 40A$$

Örnekten görüldüğü gibi akım ve gerilimlerin dalga şekillerine göre rezistif ve endüktif yüklere göre devreyle ilgili tüm parametreler (akım, gerilim, güç vb.) rahatlıkla hesaplanabilmektedir. • Elde edilen bu değerler, giriş gerilimi veya yük değişmedikçe sabittir. Şimdi ise aynı devreyi kontrollü versiyonunu inceleyelim. Bu durumda devrede diyot yerine tristör kullanılacak ve tristör pozitif alternansta 0° ile 180° arasında kontrol edilecektir.

## 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

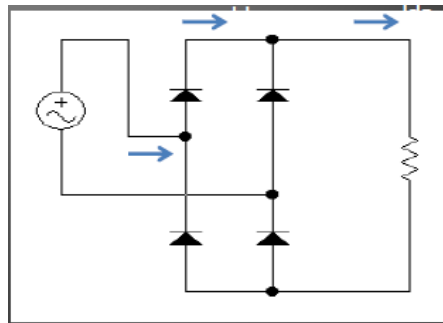
doğrultma yapmak mümkündür. Bu sayede daha az güç anahtarı kullanılarak anahtar kayıpları azaltılmaktadır. Fakat simetrik AC olmadığı durumlarda ayrıca bir kuruluş maliyeti ortaya çıkmaktadır. Aşağıdaki Şekil-4.31’de 1 fazlı simetrik tam dalga kontrolsüz doğrultucu devre bağlantısı görülmektedir. Şekilden görüldüğü gibi kaynak gerilimi orta uçlu bir transformatör ile çoğullanmaktadır.

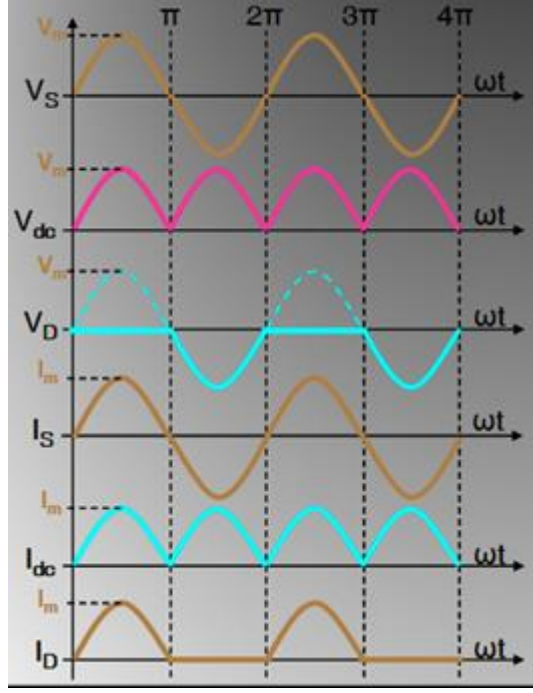


Şekil-4.31’de görülen 1 fazlı simetrik tam dalga kontrolsüz doğrultucu ile aynı işi yapan bir diğer devre de köprü bağlı kontrolsüz doğrultucu devresidir. 1 fazlı kontrolsüz köprü doğrultucu devresinde simetrik AC kaynağa ihtiyaç yoktur. Bu nedenle simetrik AC elde etmek için ayrıca transformatör kullanmaya 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.





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 ( $V$ ),
- 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. Şekil-4.33'den görüldüğü gibi, çıkış (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.

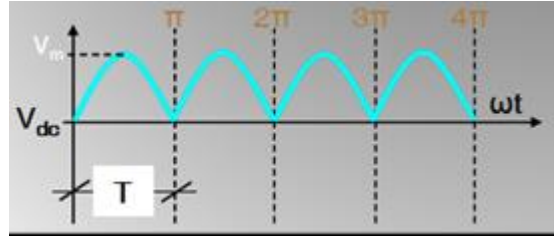
Devrede yapılabilecek bazı hesaplamalar şunlardır;

- 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,

Çıkış geriliminin 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 sekline göre çıkış geriliminin ortalama değer eşitliğini bulalım.



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

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

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

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

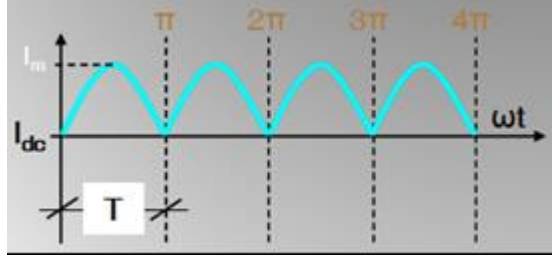
$$V_{dc} = \frac{V_m}{\pi} [-(\cos(\pi) - \cos(0))]$$

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

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

### 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 sekline göre çıkış akımının ortalama değer eşitliğini bulalım.



$$\begin{aligned} I_{dc} &= \frac{1}{T} \int_0^T i_o(t).dt \\ I_{dc} &= \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} I_m \cdot \sin(\omega t).d(\omega t) \\ I_{dc} &= \frac{I_m}{\pi} \int_0^{\pi} \sin(\omega t).d(\omega t) \\ I_{dc} &= \frac{I_m}{\pi} [-\cos(\omega t)]_0^{\pi} \\ I_{dc} &= \frac{I_m}{\pi} [-(\cos(\pi) - \cos(0))] \\ I_{dc} &= \frac{I_m}{\pi} [ -(-1) + (+1) ] \\ I_{dc} &= \frac{2 \cdot I_m}{\pi} = 0.636 \cdot I_m = 0.636 \cdot \frac{V_m}{R} \end{aligned}$$

### Ortalama çıkış gücü;

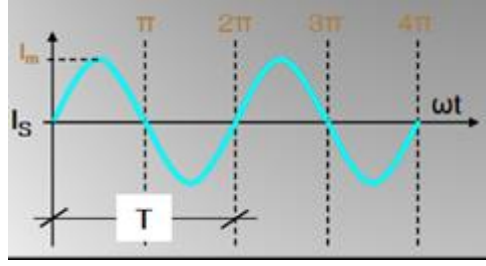
Ortalama çıkış gücü, ortalama çıkış gerilimi ve akımının çarpımına esittir.

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

### Kaynak akımının etkin değeri;

Kaynak akımının dalga sekli Şekil-4.36'daki gibidir.





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

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

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

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

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

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

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

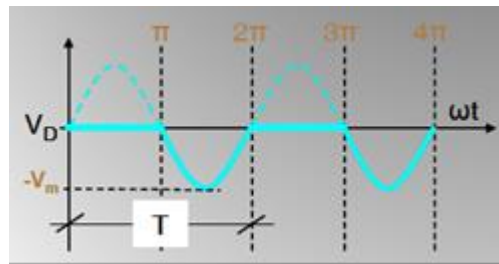
### Kaynaktan çekilen etkin güç;

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. Yukarıdaki Şekil- 4.37’de görüldüğü gibi, kaynağın negatif alternanslarında diyot yalıtımda kalmakta ve tepe değeri “V<sub>m</sub>” olan kaynak gerilimini

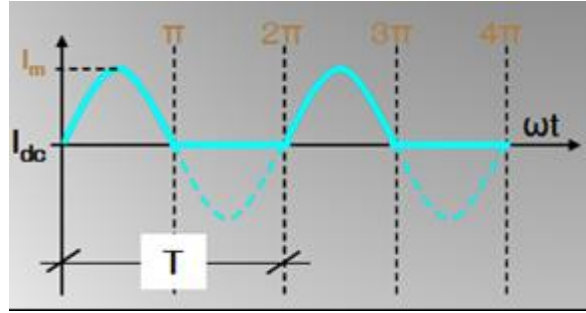
bloke etmektedir. Bu durumda devrede kullanılacak olan diyotun çalışma gerilimi Aşağıdaki eşitlikten bulunabilecektir.

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

### Anahtar (diyot) akımı;

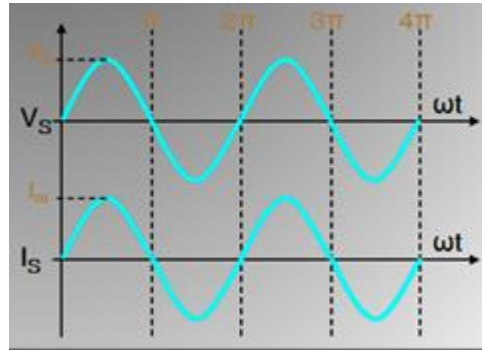
Anahtar (diyot) akımı, aşağıda Şekil-4.38’de görüldüğü gibi yarım dalga bir akımdır. Bu durumda devrede kullanılacak olan diyotun çalışma akımı,

$I_d \geq I_m + (\%30.I_m)$  eşitliğinden bulunabilmektedir.



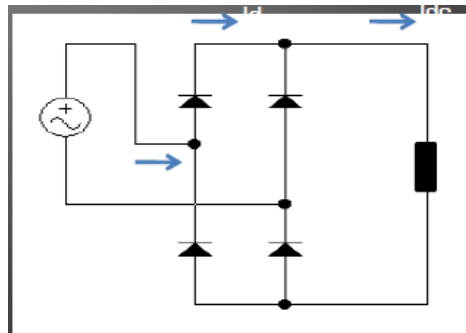
### Güç katsayısı (cosφ);

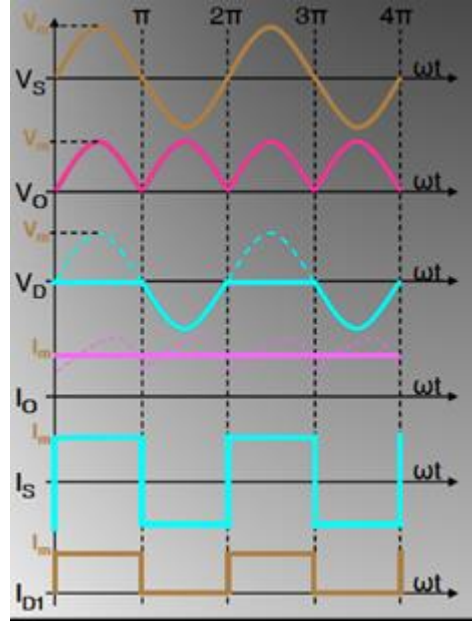
Devrede kaynak gerilimi ve akımı Şekil-4.39’daki gibidir. Bu durumda kaynaktan her iki alternansta da ve kaynakla aynı fazda akım çekilmektedir Bu durumda  $\cos\phi = 1$ ’dir.



### 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.

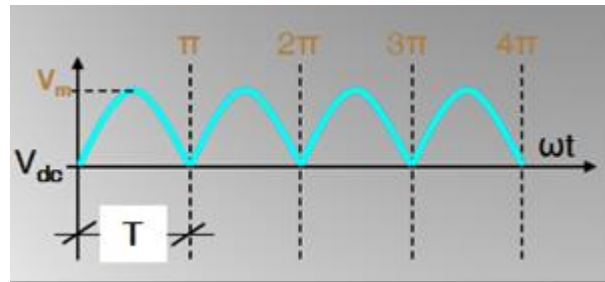




Yan taraftaki Şekil-4.41'den görüldüğü gibi, yükün çok endüktif olduğu kabul edilirse, devrenin çıkış akımı ( $I_O$ ) çok az dalgalanacaktır. Biz çizim ve hesaplama kolaylığı olması açısından bu akımı düz kabul edeceğiz. Yine Şekilden görüldüğü gibi bu akım, pozitif ve negatif alternanslarda kaynaktan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

#### Çıkış gerilimin ortalama değeri;

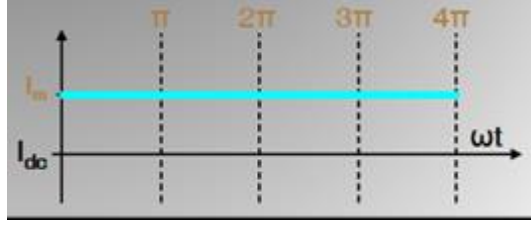
Yarım dalga kontrolsüz doğrultucunun endüktif yükte çalıştırılması durumunda, yük üzerinde Aşağıdaki Şekil- 4.42'de görülen dalga şekli, rezistif yük ile aynı olacaktır. Bu durumda rezistif yük için elde edilen eşitlik endüktif yük için de aynen geçerlidir.



#### 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.



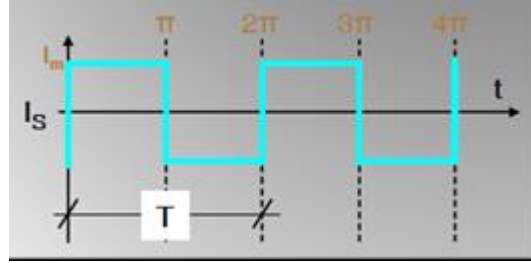
### Ortalama çıkış gücü;

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.

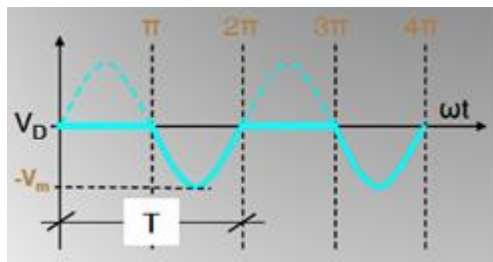
### Kaynaktan çekilen etkin güç;

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 seklini koruduğuna göre aynı eşitlikle hesaplanabilecektir.

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

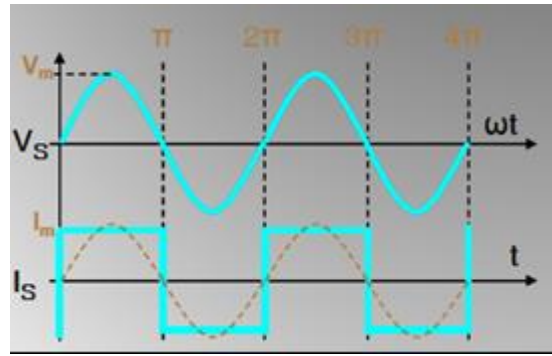
### Anahtar (diyot) akımı;

Anahtar (diyot) akımı, Şekil- 4.41'den görüldüğü gibi, kaynak akımı ile aynı olduğuna göre ve diyot üzerinden akan en yüksek akım "I<sub>m</sub>" olduğuna göre bu akım değeri,

$$I_D \geq I_m + (\%30.I_m) \text{ eşitliğinden bulunabilecektir.}$$

### Güç katsayısı (cosφ);

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 cosφ= 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,

$$V_{dc} = 0,636.V_m$$

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

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

Rezistif yükte çıkış akımının ortalama değeri,

$$I_{dc} = 0,636.I_m$$

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

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

Rezistif yükte ortalama çıkış gücü,

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

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

Rezistif yükte kaynak akımının etkin değeri,

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

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

Rezistif yükte kaynaktan çekilen etkin güç,

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

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

Rezistif yükte anahtar (diyot) gerilimi,

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

$$V_D \geq 311 \cdot 1,3 \geq 400 \text{ V}$$

Rezistif yükte anahtar (diyot) akımı,

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

$$I_D \geq 31,1 \cdot 1,3 \geq 40 \text{ A}$$

b) Çok endüktif yükte çıkış geriliminin ortalama değeri,

$$V_{dc} = 0,636 \cdot V_m$$

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

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

Çok endüktif yükte çıkış akımının ortalama değeri,

$$I = I = V / R = 311 / 10 = 31,1 \text{ A}$$

Endüktif yükte ort. çıkış gücü,

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

$$P_{dc} = 31,1 \cdot 197,79 = 6,15 \text{ kW}$$

Çok endüktif yükte kaynak akımının etkin değeri,

$$I_{S(rms)} = I_m$$

$$I_{S(rms)} = 31,1 \text{ A}$$

Çok endüktif yükte kaynaktan çekilen etkin güç,

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

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

Çok endüktif yükte anahtar (diyot) gerilimi,

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

$$V_D \geq 311 \cdot 1,3 \geq 400 \text{ V}$$

Çok endüktif yükte anahtar (diyot) akımı,

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

$$I_D \geq 31,1 \cdot 1,3 \geq 40 \text{ A}$$