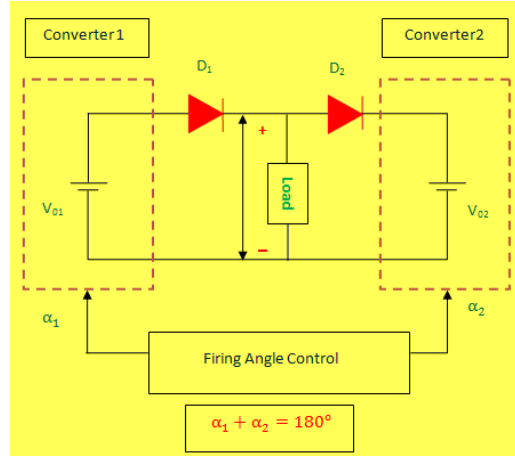


ÇİFT DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

Çoğunlukla değişken hızlı sürücülerde bulunan elektrikli bir cihazdır. İleri dönüştürücü ve ters dönüştürücü tarafından AC düzeltmesinden polarite DC'yi almak için bir güç elektroniği kontrol sistemidir. Çift dönüştürücüde, iki dönüştürücü arka arkaya birbirine bağlanır.

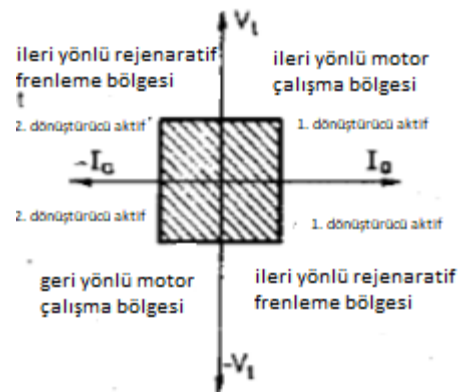
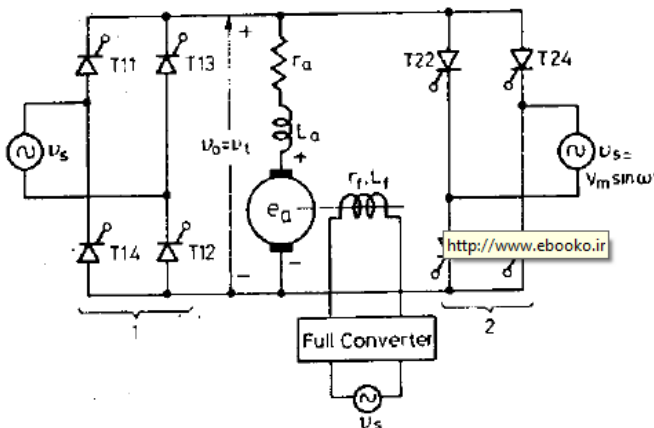
Köprülerden biri doğrultucu olarak çalışır (AC'yi DC'ye dönüştürür), diğer yarım köprü inverter olarak çalışır (DC'yi AC'ye dönüştürür) ve yaygın olarak bir DC yüküne bağlanır. Burada iki dönüştürme işlemi aynı anda gerçekleşir, bu nedenle çift dönüştürücü olarak adlandırılır. Çift dönüştürücü dört bölge çalışması sağlayabilir.



Çift dönüştürücüler idealdir, yani herhangi bir dalgalanma içermeyen saf DC çıkış terminalleri üretirler. Her iki dönüştürücünün, bir diyot ile seri olarak bağlanan kontrol edilebilir bir doğrudan voltaj kaynağı olduğu varsayılır. Burada Diyot D1 ve D2, dönüştürücülerin tek yönlü akım akış özelliklerini temsil eder. Bununla birlikte, akımın yönü herhangi bir şekilde olabilir. Dönüştürücü 1'in ortalama çıkış voltajının V01 ve dönüştürücü 2'nin V02 olduğunu varsayalım. İki dönüştürücünün çıkış voltajını aynı polarite ve büyüklükte yapmak için tristörlerin tetikleme açıları kontrol edilmelidir.

TEK FAZLI ÇİFT YÖNLÜ DÖNÜŞTÜRÜCÜ

Bu tip dönüştürücünün kaynağı tek fazlı besleme olacaktır. Bu dönüştürücüde iki tane birbirine ters paralel bağlı iki dönüştürücüden oluşur. Bu uygulama 15 KW kadar olan dc motor sürme uygulamalarında kullanılır. Dönüştürücünün dolaşım dışı çalışma modunda olduğunu düşünün. Birinci dönüştürücü doğrultucu olarak çalışır. Alternatif akım doğru akıma dönüştürülür daha sonra filtre uygulanarak yüke verilir.



$$1 \text{ nolu dönüştürücü için } Vt = \frac{2 Vm}{\pi} \cos \alpha_1 \quad 0 \leq \alpha_1 \leq \pi$$

$$2 \text{ nolu dönüştürücü için } Vt = \frac{2 Vm}{\pi} \cos \alpha_2 \quad 0 \leq \alpha_2 \leq \pi$$

$$\alpha_1 + \alpha_2 = \pi$$

- 1 nolu dönüştürücüde 1. bölgede ileri yönlü motor çalışma sağlanır $\alpha_1 < 90^\circ$ olmalıdır
- 1 nolu dönüştürücüde 4. Bölgede ileri yönlü rejeneratif frenleme modunda çalışma sağlanır $\alpha_1 > 90^\circ$ olmalıdır.
- 2 nolu dönüştürücüde 3. Bölgede geri yönlü motor çalışma sağlanır $\alpha_2 < 90^\circ$ olmalıdır
- 2 nolu dönüştürücüde 2. Bölgede geri yönlü rejeneratif frenleme modunda çalışma sağlanır $\alpha_2 > 90^\circ$ olmalıdır

3 FAZLI ÇİFT YÖNLÜ DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

Yüksek güçlü uygulamalarda tek fazlı çift dönüştürücüler yerine üç fazlı çift dönüştürücüler kullanılır. Düşük THD, dengeli üç faz giriş akımı gibi avantajları vardır. Birbirine ters paralel bağlı iki adet üç fazlı tam kontrollü köprü dönüştürücüden oluşur. Dönüştürücülerin biri 3 fazlı AC kaynağı DC dönüştürür üç fazlı doğrultucu kullanılır. Dönüştürücünün yapısı tek fazlı çift dönüştürücü ile aynıdır. Üç fazlı doğrultucunun çıkışı filtreye beslenir ve filtrelendikten sonra saf DC yüke beslenir. Sonunda, yükten gelen besleme ters çevrilen son köprüye verilir. Diğer dönüştürücü ise inverter olarak çalışır ve DC skımı 3 fazlı AC'ye dönüştürür.

1 nolu dönüştürücüde 1. Ve 4.bölgede çalışma sağlanır. 2 nolu dönüştürücüde 3. ve 2.bölgede çalışma sağlanır. Bu uygulamayı 2MW a kadar olan motor sürme uygulamalarında kullanabiliriz.

1 ve 2 nolu dönüştürücüler için ortalama çıkış voltajı;

$$Vt = \frac{3 Vml}{\pi} \cos \alpha_1 \quad 0 \leq \alpha_1 \leq \pi$$

$$Vf = \frac{3 Vml}{\pi} \cos \alpha_2 \quad 0 \leq \alpha_2 \leq \pi$$

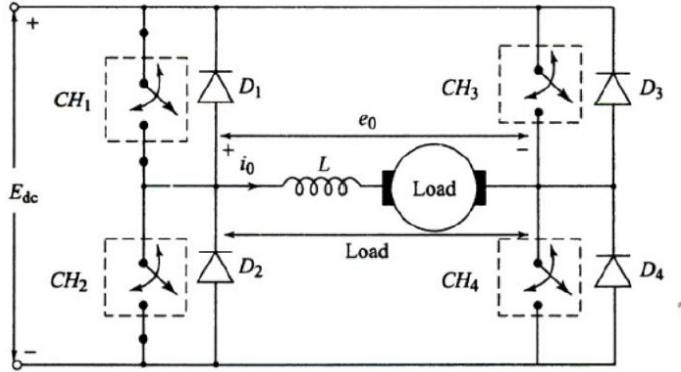
$$\alpha_1 + \alpha_2 = \pi$$

İki yönlü dönüştürücülerin kullanıldığı yerler;

- DC motorların yönü ve hız kontrolü.
- Tersinir DC'nin gerekli olduğu her yerde uygulanabilir.
- Endüstriyel değişken hızlı DC sürücüler.

DÖRT BÖLGELİ KIYICI DEVRE

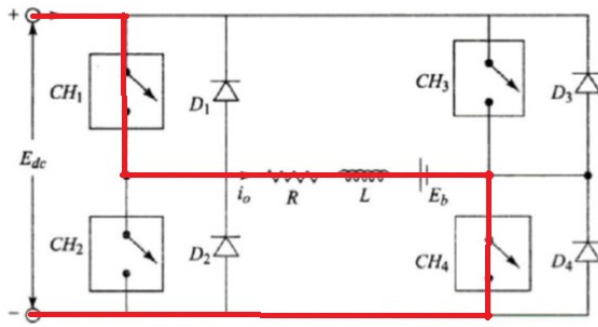
Aşağıdaki şekilde E şeklindeki kıyıcı güç devresi görülmektedir. 4 bölgeli kıyıcı C şeklindeki iki kıyıcının paralel kombinasyonu ile oluşturulur.



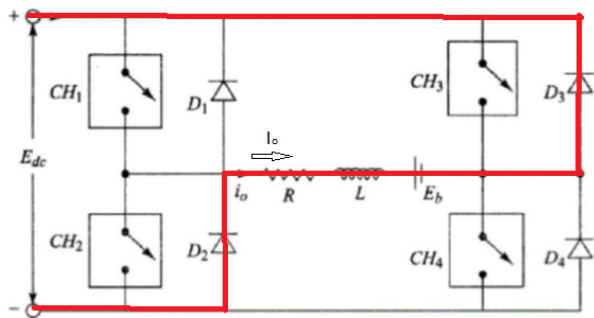
CH₄ anahtarı kesimde iken paralel bağlı olan D₄ diyodu kısa devredir ve üzerinden akım geçer. CH₃ anahtarı kapalı iken CH₄ anahtarı kısa devre edilmiştir.

CH₄ anahtarı iletimde, CH₃ anahtarı kesimde iken; CH₁ ve CH₂ anahtarları E₀ geriliminin her zaman pozitif olmasını ve I₀ akımının iki yönlü olmasını sağlarlar. Yani 1. ve 2. bölgede motor çalışmayı gerçekleştirmemizi sağlarlar. Diğer taraftan CH₂ iletimde, CH₁ anahtarı kesimde iken; CH₃ ve CH₄ E₀ geriliminin negatif ve I₀ akımının iki yönlü olmasını sağlarlar yani 3. ve 4. bölgede çalışma gerçekleşir.

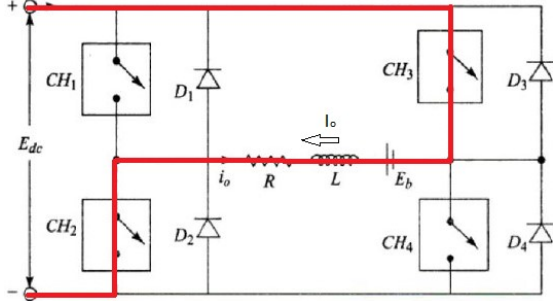
CH₁ ve CH₄ anahtarları iletimde olduğu durumda E₀ ve I₀ değerleri pozitif olur. Birinci bölgede çalışma sağlanır.



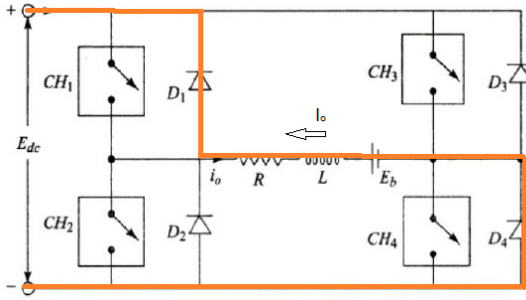
CH₁ ve CH₄ anahtarları kesimde olduğu durumda D₃ ve D₂ diyotları iletime girer ve I₀ pozitif ve E₀ negatif değer alır. Dördüncü bölgede çalışma sağlanır.



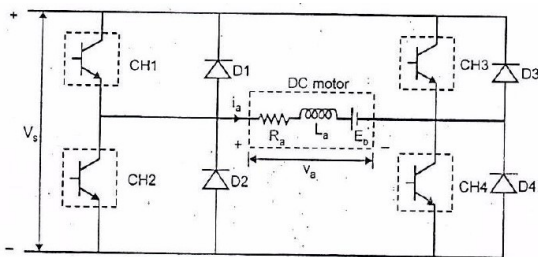
CH₂ ve CH₃ anahtarları iletimde olduğu durumda E_o ve I_o değerleri negatif olur. Üçüncü bölgede çalışma sağlanır.



CH₂ ve CH₃ anahtarları kesimde olduğu durumda D₁ ve D₄ diyotları iletime girer ve E_o pozitif ve I_o negatif değer alır. Dördüncü bölgede çalışma sağlanır.



Bölgeli çalışma devresi ileri ve geri yönlü olmak üzere iki köprünün birleşiminden oluşur. CH1 CH4 gibi anahtarlama elemanları ileri köprü dönüştürücüyü oluşturur ve enerji kaynaktan yüke doğru akar ve yük beslenir. D1 ve D4 diyotları ise geri yönlü köprü dönüştürücü elemanlarıdır. Enerjinin yükten kaynağa doğru akmasını sağlarlar.



İleri yönlü Motor çalışma

CH₁ ve CH₄ anahtarları iletimde olduğu durumda yük gerilimi kaynak akımına eşit olur ($V_a = V_s$) ve yükten I_a akım geçer. Hem çıkış gerilimi hemde yük akımı pozitif değer alır. CH₄ anahtarı kesime girerse onun serbest geçiş diyodu olan D₄ diyodu iletime girer. Bu şekilde birinci bölgede hem çıkış gerilimi hemde yük akımı kontrol edilebilir.

İleri yönlü Frenleme Modu

CH2 çalışır durumda ve diğer üç anahtar kapalı tutulacaktır. CH2 negatif olduğu için indüktör L'den akmaya başlar. CH2, E ve D4. CH2 anahtarı iletimde enerji endüktansda depolanır. CH2 kapalıyken akım, D1 ve D4 diyotları aracılığıyla akım kaynağa doğru akar. Burada Vs kaynak voltajı ($E + L \cdot di / dt$) daha fazla olacaktır. Güç yükten kaynağa doğru geri beslendiğinden, ikinci bölgede çalışma sağlanmış olacaktır.

Geri yönlü Motor çalışma Modu

CH1 anahtarı kapalı tutulacak, CH2 anahtarı açık olacak ve CH3 anahtarı çalıştırılacaktır. Bu çalışmada yükün uçlarındaki gerilim polaritesi ters çevrilmelidir. CH3 anahtarı açıkken, yüküne gerilimi kaynak Vs gerilimine eşit olur ve yük akımının değeri negatif olur. CH3 anahtarı kesime girdiğinde CH ve D4 elemanları iletimdedir. Bu yollar çıkış voltajı Va ve Yükleme akımı İa 3. çalışma bölgesinde kontrol edilir.

Geri yönlü Frenleme Modu

CH4 çalıştırılacak ve CH1, CH2 ve CH3 kapalı olacaktır. Kırıyıcı CH4 açıldığında pozitif akım CH4 anahtarı ve D2 diyodu üzerinden yüke doğru akmaya başlar ve L endüktansında enerji depolanır. CH4 kapatıldığında akım, D2 ve D3 diyotları aracılığıyla kaynağa geri döner, yük gerilimi negatif olur, ancak yük akımı pozitif olduğu için işlem dördüncü bölgededir. Güç yükten kaynağa geri döndüğünden geri yönlü frenleme modunda çalışma sağlanır.

ÖRNEK SORULAR VE ÇÖZÜMLERİ

Soru 1: Bir fazlı iki yönlü dönüştürücü 220V 50Hz lik AC kaynakla beslenmektedir. Tristörün tetikleme açısı $\alpha_1 = 30^\circ$ ve $\alpha_2 = 150^\circ$. Yükleme direnci 15 ohm. Maksimum sirkülasyon akımı 10,5 A olduğuna göre;

- a) Endüktansın değeri nedir?
- b) Dönüştürücünün maksimum akımı nedir?

Çözüm:

a) $V_m = \sqrt{2} \times 220 = 311.12 \text{ V}$

$\alpha_1 = 30^\circ$, $\alpha_2 = 150^\circ$ ve $\omega = 100\pi$

Sirkülasyon akımının maksimum olduğu değer $\omega t = 2\pi$ anında olur

$$I_r = \frac{2V_m}{\omega L_r} [\cos \omega t - \cos \alpha_1]$$

$$L_r = \frac{2 \times 311,12 \times [\cos 2\pi - \cos 30]}{100\pi \times I_r} = \frac{2 \times 311,12 \times [1 - 0,886]}{100\pi \times 10,5}$$

$$L_r = 0,0252 \text{ H}$$

b) Maksimum yük akım $311.12/15 = 20.74 \text{ A}$

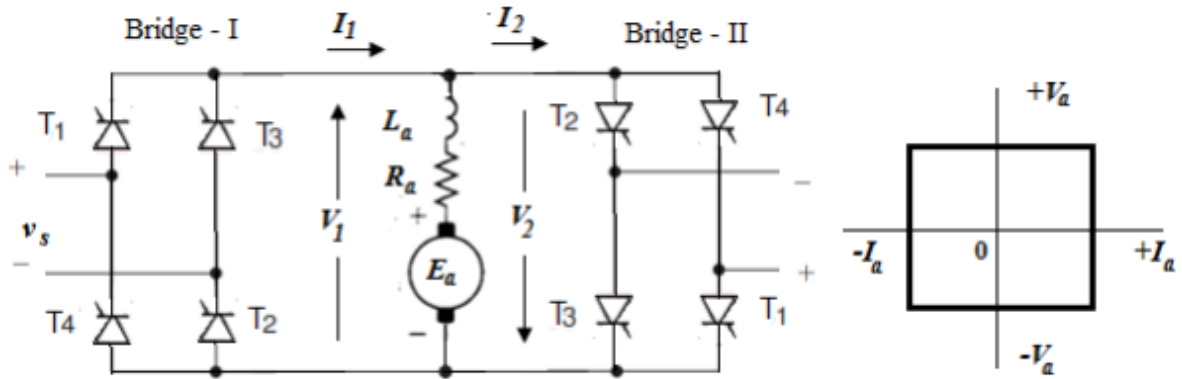
1.dönüştürücünün maksimum akımı ile yük akımının maksimum değerinin toplamı maksimum sirkülasyon akımını verir.

1.dönüştürücünün maksimum akımı: $10,5 + 20,74 = 31,24 \text{ A}$

Soru 2: 3 fazlı çift yönlü dönüştürücü 400 V 50H lik kaynakla beslenmektedir. Endüktansın değeri 60 mH. Sirkülasyon akımının $\omega t = 0^\circ$, $\omega t = 30^\circ$, $\omega t = 90^\circ$ için bulunuz. Tristörlerin tetikleme açısını 0° olarak kabul ediniz. Ayrıca sirkülasyon akımının maksimum değerini bulunuz.

- a) $V_m = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \times 400 = 326,56V$
 $\omega L_r = 2\pi \times 50 (60 \times 10^{-3}) = 18,85 \text{ ohm}$
 $I_r = \frac{3V_m}{\omega L_r} [\sin \omega t - 30 - \sin \alpha_1]$
 $\omega t = 0, \alpha_1 = 0$ için,
 $I_r = \frac{3 \times 326,56}{18,85} [\sin(-30) - \sin 0] = -25,99 \text{ A}$
 $\omega t = 30, \alpha_1 = 0$ için,
 $I_r = \frac{3 \times 326,56}{18,85} [\sin(0) - \sin 0] = 0 \text{ A}$
 $\omega t = 90, \alpha_1 = 0$ için,
 $I_r = \frac{3 \times 326,56}{18,85} [\sin(60) - \sin 0] = 45 \text{ A}$
- b) Sirkülasyon akımının maksimum değeri $\omega t = 120$ olduğunda gerçekleşir.
 $\omega t = 120, \alpha_1 = 0$ için,
 $I_r = \frac{3 \times 326,56}{18,85} [\sin(90) - \sin 0] = 51,97 \text{ A}$

Soru 3: 3 fazlı 400 V gerilimle beslenen 50 H frekanslı dalgalanma miktarı 15 olan AC kaynakla beslenen iki dönüştürücü kullanılarak dört bölgeli çalışma sağlayan dc motor kontrolü yapılmaktadır. Kontrolü yapılan motor $E_a=220V$ $I_a=30A$, $N=1500 \text{ rpm}$ verilerine sahiptir.



1.adım Doğrultucu mod da çalışma için;

Toplam Dc voltaj $E_{dca} = 220 + 220 \times 0,15 = 253 \text{ V}$

3 fazlı tam dalga dönüştürücü için;

$E_{dca} = 1,35 \times E_{ac} \cos \alpha_1$ $E_{ac} = \text{AC gerilimin rms değeri}$

$253 = 1,35 \times 400 \times \cos \alpha_1$

$\cos \alpha_1 = 0,469$

$\alpha_1 = 62^\circ$

AC hat akımı;

$I_{ac} = 0,817 \times I_{dc} = 0,817 \times 30 = 24,51 \text{ A}$

$$P_{ac} = \sqrt{3} \times E_{ac} \times I_{ac} = \sqrt{3} \times 400 \times 24,51 = 16,98 \text{ kW}$$

$$P_{ac} = 1,05 \times P_{dc}$$

$$P_{dc} = \frac{P_{ac}}{1,05} = \frac{16,98}{1,05} = 16,17 \text{ kW}$$

2.adım;

$$L_c \text{ endüktansının akım limiti } L_c = \frac{2 \times 1,35 \times E_{ac}}{6 \times \omega \times I_{ripple}} \times \left[\frac{1}{7} + \frac{1}{5} \right]$$

3fazlı tam dalga dönüştürücüler için ;

$$I_{ripple} = \frac{I_d}{0,5} = \frac{30}{0,5} \text{ A}$$

$$L_c = \frac{2 \times 1,35 \times 400}{6 \times 2\pi \times 50 \times 6} \times \left[\frac{1}{7} + \frac{1}{5} \right] = 33 \text{ mH}$$

3.adım

Tetikleme acısı; $\alpha_2 = 180^\circ - \alpha_1 = 180^\circ - 62^\circ = 118^\circ$

$$\text{Voltaj genişliği } PIV = 2\sqrt{2} \times I_{ac} = 2\sqrt{2} \times 24,51 = 69,32 \text{ A}$$

1.dönüştürücünün ortalama çıkış votajı;

$$V_{dc1} = \frac{2V_m}{\pi} \cos \alpha_1$$

2.dönüştürücünün ortalama çıkış votajı;

$$V_{dc2} = \frac{2V_m}{\pi} \cos \alpha_2$$

$$\frac{2V_m}{\pi} \cos \alpha_1 = - \frac{2V_m}{\pi} \cos \alpha_2$$

$$\cos \alpha_1 = - \cos \alpha_2$$

$$\alpha_1 + \alpha_2 = 180$$

$$I_{sir} = \frac{2V_m}{\omega L_r} [\cos \omega t - \cos \alpha_1]$$

Soru 4: 3 fazlı tam köprü dönüştürücü 3 fazlı 50Hz kaynak endüktansı 5 mH olan kaynakla beslenmektedir Yük akımı 20 A dir. Ygk sabit olduğunda dc voltaj 400 V lık kaynaktan beslenmektedir iç direnci 1 ohm dur. Tristörlerin tetikleme acısını ve üst üste binem acısını bulunuz.

Dc kaynak şarj durumundaki bir batarya olabilir.

Dönüştürücünün çıkış voltajı $V_o = 400 + 20 \times 1 = 420 \text{ V}$

$$V_o = \frac{3V_{ml}}{\pi} \cos \alpha - \frac{3\omega L_s}{\pi} I_o$$

$$420 = \frac{3 \times 400 \times \sqrt{2}}{\pi} \cos \alpha - \frac{3 \times 2\pi \times 50 \times 5}{1000}$$

$$\alpha = 33,58^\circ$$

$$420 = \frac{3 \times 400 \times \sqrt{2}}{\pi} \cos(\alpha + \mu) + \frac{3 \times 2\pi \times 50 \times 5}{1000} \times 20$$

$$(\alpha + \mu) = 42,78^\circ$$

$$\mu = 9,2^\circ$$

Soru 5: 4 bölgeli kıyıcı devre ile dc motor kontrolü yapılmaktadır. Motor direnci $R=1$ ohm, $L=10$ mH dir. 200V dc kaynakla beslenmektedir. Motor akımı 10A iken

- c) $E_b = 150$ V iken kıyıcı devrenin doluluk oranı,
d) $E_b = -110$ V iken kıyıcı devrenin doluluk oranını bulunuz.

$$E_o = 2 E_{dc} (\alpha - 0,5)$$

$$\begin{aligned} \text{a) } i_o &= \frac{E_o - E_b}{R} = \frac{2 E_{dc} (\alpha - 0,5) - E_b}{R} \\ 10 &= \frac{2 \times 200 \times (\alpha - 0,5) - 150}{0,1} \end{aligned}$$

$$\alpha = 0,876$$

$\alpha > 0,5$ olduğundan dolayı ileri yönlü motor çalışma modunda çalışır.

$$\begin{aligned} \text{b) } i_o &= \frac{E_o - E_b}{R} = \frac{2 E_{dc} (\alpha - 0,5) - E_b}{R} \\ 10 &= \frac{2 \times 200 \times (\alpha - 0,5) - 110}{0,1} \end{aligned}$$

$$\alpha = 0,228$$

$\alpha < 0,5$ olduğundan dolayı geri yönlü motor çalışma modunda çalışır.

Soru 6: Tek Bölgeli dc kıyıcı devresinde yükün direnci 10ohm ve giriş voltajı 230V dur. Kıyıcının frekansı 1kHz ve $T_{on}=0,4$ ms dir. Ortalama yük akımını ve çıkış gücünü bulunuz.

Doluluk oranı: $k=0,4$

Ortalama yük akımı: $V_o = V_s \times k$

$$V_o = 230 \times 0,4 = 92V$$

Ortalama yük akımı: $I_{o,av} = V_o / R$

$$I_{o,av} = 92 / 10 = 9,2 A$$

Çıkış gücü: $P_o = (V_o)^2 / R$

$$V_{or} = V_s \sqrt{k} = 230 \times \sqrt{0,4} = 145,46V$$

$$P_o = 145,46^2 / 10 = 2115,85 W$$

Soru 7: H köprü bağlantılı dc-dc kıyıcı devre ile direnci 10 ohm , endüktansı 50mH, ve back EMF değeri 55V olan motor beslenmektedir. Kaynak gerilimi 340V dur. Kıyıcı devrenin çalışma frekansı 200Hz ve doluluk oranı 0,25dir. Ortalama çıkış voltajı ve T1 anahtarının iletimde kalma süresini, rms çıkış voltajı ve ac voltaj dalgalanmasını, ortalama çıkış akımını ve kaçınıcı bölgede çalışma gerçekleştiğini Motor tarafından üretilen elektriksel gücünü bulunuz. Ayrıca yük akımı yarıya düşürüldüğündeki doluluk oranını çıkış gücünü, gerilimini ve elektriksel gücü bulunuz?

- Ortalama çıkış voltajı ve T1 anahtarının iletimde kalma süresini

$$T_{periyot} = \frac{1}{f} = \frac{1}{200} 5 \text{ ms}$$

$$V_o = (2\lambda - 1)V_s = \left(2\frac{1}{4} - 1\right) \times 340 = -170V$$

$$T_{on} = 2\lambda T = 2 \times \frac{1}{4} \times \frac{5}{2} = 1,25 \text{ ms}$$

$$T_{of} = 5 - 1,25 = 3,75 \text{ ms}$$

T1 ve T4 1,25ms iletimde kalırken, T2 ve T3 anahtarları 3,75 ms iletimde kalırlar.

- Rms çıkış voltajı ve ac voltaj dalgalanması

$$V_{rms} = \sqrt{1 - 2\lambda} \times V_s = \sqrt{1 - 2\frac{1}{4}} \times 340 = 240 \text{ V}$$

$$V_{ripple} = \sqrt{2} \times V_s \times \sqrt{\lambda(1 - 2\lambda)} = \sqrt{2} \times 340 \times \sqrt{\frac{1}{4} \left(1 - 2\frac{1}{4}\right)} = 170V$$

- Ortalama çıkış akımını ve kaçınıcı bölgede çalışma gerçekleştiğini bulunuz.

$$I_o = \frac{V_o - E}{R} = \frac{(2\lambda - 1)V_s - E}{R} = \frac{\left(2\frac{1}{4} - 1\right) \times 340 - 55}{10} = -22,5 \text{ A}$$

$V_o = -170V$, $I_o = -22,5 \text{ A}$ olduğundan ve ikisinin de değerleri negatif olmasından dolayı 3. Bölgede çalışma gerçekleşir.

- Motor elektriksel güç

$$P_E = I_o \times E = 55 \times (-22,5) = -1237,5 \text{ W}$$

- $\lambda = 0,415$ olduğunda ortalama çıkış akımı

$$I_o = \frac{V_o - E}{R} = \frac{(2\lambda - 1)V_s - E}{R} = \frac{(2 \times 0,415 - 1) \times 340 - 55}{10} = -11,25 \text{ A}$$

$$V_o = E + R \times I_o = 55 - 11,25 \times 10 = -57,5 \text{ A}$$

Doluluk oranı tekrar hesaplanır;

$$\lambda = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{V_o}{V_s} \right) = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{-57,5}{340} \right) = 0,415$$

T1 ve T4 anahtarlarının iletimde olduğu süre;

$$T_{on} = 2\lambda T = 2 \times 0,415 \times \frac{5}{2} = 2,07 \text{ ms}$$

$$P_E = I_o \times E = 55 \times (-11,25) = -618,75 \text{ W}$$